



**PORADNIK TECHNICZNY  
KURTYNY POWIETRZNE**

# Poradnik techniczny

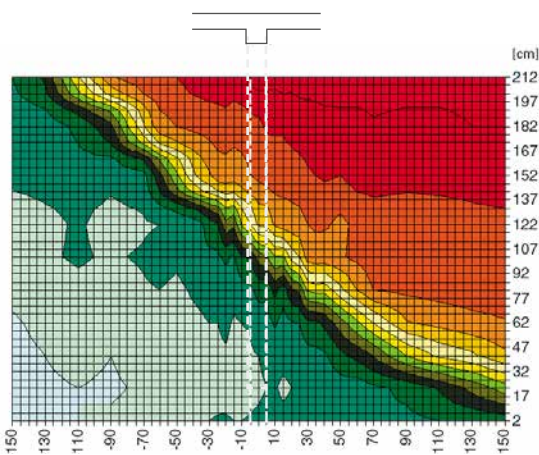
- 187 Niewidoczne drzwi
- 188 Dlaczego w wejściu powstaje przeciąg?
- 190 Zoptymalizowane kurtyny powietrzne
- 192 Optymalna wydajność
- 201 Cicha praca
- 204 Oszczędność energii dzięki kurtynom powietrznym
- 206 Regulacja
- 207 Wystarczy kliknąć
- 208 Tabele do wymiarowania

## Niewidoczne drzwi

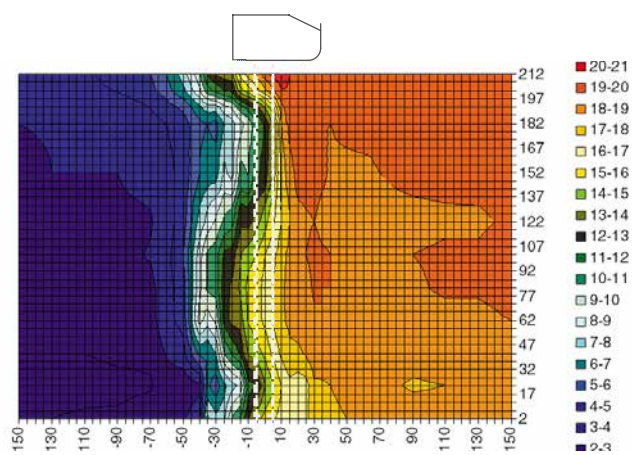
Otwarte drzwi stanowią zaproszenie i łatwo przez nie przejść, lecz oznaczają także niekorzystne warunki pracy oraz straty energii. Kurtyna powietrzna sprawia, że warunki te stają się komfortowe, ograniczając straty energii do minimum. Kurtyny powietrzne Frico skutecznie oddzielają wnętrze budynku od warunków zewnętrznych, ciepło od zimna.

Kurtyny powietrzne tworzą barierę powietrzną między ciepłem i zimnem, aby zapobiegać napływowi chłodu z zewnątrz, zatrzymywać ogrzane powietrze wewnątrz, a także chronić klimatyzowane budynki i pomieszczenia chłodnicze.

Prawidłowo zainstalowana kurtyna powietrzna ogranicza przeciągi, tworzy komfortowe środowisko w pomieszczeniu i ogranicza straty energii przy przejściach.



Powietrze wpyływa przez niezabezpieczony otwór.



Prawidłowo skonfigurowana kurtyna powietrzna wyraźnie oddziela strefy o różnych temperaturach.

# Poradnik techniczny

## Dlaczego w wejściu powstaje przeciąg?

Ilość powietrza, które wypływa przez otwarte drzwi, zależy od różnic ciśnienia między powietrzem wewnątrz i na zewnątrz.

Ta różnica ciśnień zależy od trzech czynników:

- Różnej temperatury wewnątrz i na zewnątrz
- Różnego ciśnienia wewnątrz i na zewnątrz
- Prędkości wiatru wiejącego przy otworze drzwiowym

Jednym słowem, jeśli warunki po jednej stronie drzwi różnią się w jakikolwiek sposób od warunków po drugiej stronie, w drzwiach powstanie przeciąg. Powietrze ucieka przez otwarte drzwi, aby wyrównać różnice w ciśnieniu i temperaturze. W ogrzewanych budynkach oznacza to ucieczkę gorącego powietrza i napływ chłodu. Wiatr wiejący w stronę drzwi także oddziałuje na przepływ powietrza.

### Różnica temperatur wewnątrz/na zewnątrz

Ciepłe powietrze w pomieszczeniu ma niższą gęstość i jest lżejsze od zimnego powietrza na zewnątrz. Dlatego przy otworze drzwiowym występuje różnica ciśnień. Zimne powietrze napływa przez dolną część otworu i spycha gorące powietrze przez jego górną część. Natężenie przepływu powietrza zależy od różnicy temperatur między powietrzem wewnątrz i na zewnątrz. Oznacza to, że wymiana powietrza jest uzależniona od różnic termicznych ciśnienia. Jeśli temperatura wewnątrz i na zewnątrz jest znana, można określić gęstość powietrza wewnątrz i na zewnątrz, co pozwoli obliczyć różnicę ciśnień i przepływ powietrza przez otwór.

Przepływ powietrza ( $Q_T$ ) można obliczyć za pomocą następującego wzoru:

$$Q_T = \frac{W}{3} \cdot H^{1.5} \cdot C_d \cdot \sqrt{g \cdot \frac{\Delta\rho}{\rho_m}}$$

Otwór	$Q_T$	=	przepływ powietrza, temperatura [m <sup>3</sup> /s]
	$W$	=	szerokość drzwi [m]
	$H$	=	wysokość drzwi [m]
	$C_d$	=	współczynnik przepływu 0,6-0,9
	$g$	=	współczynnik grawitacji (9,81 m/s <sup>2</sup> )
	$\Delta\rho$	=	różnica gęstości mas powietrza
	$\rho_m$	=	średnia gęstość mas powietrza

### Różnica ciśnień wewnątrz/na zewnątrz

Aby umożliwić prawidłowe działanie kurtyny powietrznej, w budynku nie może występować zbyt duże nadciśnienie ani podciśnienie.

Niemal wszystkie systemy wentylacyjne są regulowane mechanicznie i bazują na przeważających warunkach panujących w czasie konfiguracji. Kiedy warunki zewnętrzne ulegają zmianie, na przykład w wyniku zmian temperatury, ciśnienia powietrza, wpływu wiatru i wilgotności, równowaga zostaje zaburzona i zastąpiona przez nadciśnienie lub podciśnienie (zazwyczaj przez to drugie).

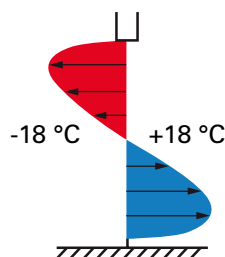
W zależności od warunków, kurtyny powietrzne radzą sobie z maksymalną różnicą ciśnień rzędu 5 Pa. Jednak nawet małe różnice w ciśnieniu mogą istotnie wpływać na ich wydajność.

Różnicę ciśnień między budynkiem i jego otoczeniem można zniwelować, stosując zrównoważoną wentylację, która poprawia komfort i obniża koszty energii. Taką wentylację uzyskuje się dzięki regulacji ciśnienia za pomocą systemu wentylacji, choć najbardziej skutecznym sposobem jest ciągły pomiar różnicy między ciśnieniem wewnątrz i na zewnątrz oraz wykorzystanie go do sterowania przepływem wentylacji. Dodatkowe informacje można uzyskać, kontaktując się z firmą Frico.

Przepływ powietrza zależny od różnicy ciśnień ( $Q_P$ ) można obliczyć za pomocą następującego wzoru:

$$Q_P = W \cdot H \cdot \sqrt{\frac{\Delta P \cdot 2}{\rho}} \cdot C_d \quad (\Delta P \leq 5 \text{ Pa})$$

Otwór	$Q_P$	=	przepływ powietrza, ciśnienie [m <sup>3</sup> /s]
	$W$	=	szerokość drzwi [m]
	$H$	=	wysokość drzwi [m]
	$\Delta P$	=	różnica ciśnień
	$\rho$	=	gęstość powietrza
	$C_d$	=	współczynnik przepływu 0,6-0,9



Przepływ powietrza spowodowany przez różnicę termiczne ciśnienia.

## Napór wiatru

Wiatr wiejący w stronę drzwi sprawia, że przepływa przez nie powietrze. Zakłada się, że przepływ powietrza jest równomierny na całej powierzchni otworu. Przepływ powietrza jest wtedy proporcjonalny do prędkości wiatru wiejącego prostopadłe do otworu drzwiowego. (Kiedy wzrośnie ciśnienie, przepływ powietrza zostanie ograniczony do powietrza przenikającego przez nieszczelności budynku). Prędkość wiatru 3 m/s odpowiada ciśnieniu 5 Pa.

Przepływ powietrza ( $Q_V$ ) można obliczyć za pomocą następującego wzoru:

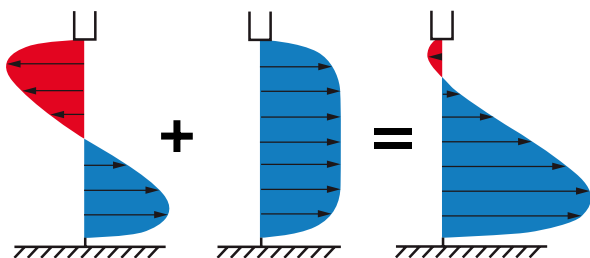
$$Q_V = W \cdot H \cdot C_v \cdot v$$

Otwór	$Q_V$	=	przepływ powietrza, wiatr [m <sup>3</sup> /s]
	$W$	=	szerokość drzwi [m]
	$H$	=	wysokość drzwi [m]
	$v$	=	prędkość wiatru
	$C_v$	=	współczynnik kierunku wiatru = 0,5-0,6 w przypadku prostopadłego naporu wiatru na otwór drzwiowy 0,25-0,36 w przypadku ukośnego naporu wiatru na otwór drzwiowy

## Całkowity przepływ powietrza

Całkowity przepływ powietrza przez otwarte drzwi jest sumą przepływu wynikającego z różnic temperatury i ciśnienia oraz naporu wiatru.

$$Q_{tot} = Q_T + Q_V + Q_P$$



Całkowity przepływ powietrza jest sumą przepływu wynikającego z różnic temperatury i ciśnienia oraz naporu wiatru.

## Rzeczy, o których należy pamiętać

- Podciśnienie w budynku znacznie obniża sprawność kurtyny powietrznej. Dlatego należy odpowiednio zbilansować wentylację! Kurtyna powietrzna nie chroni przed niedoborem ilości powietrza, który wynika z niezrównoważonej wentylacji (podciśnienia).
- Jeśli otwór jest narażony na działanie wiatru, wpływa to na wydajność kurtyny powietrznej. Kurtyna powietrzna wytrzymuje prędkość wiatru do 3 m/s, w zależności od warunków. W istniejącym otworze, który jest narażony na większy napór wiatru, można zastosować mocniejsze ogrzewanie, aby poprawić komfort.
- W przypadku dużego naporu wiatru dobrze jest uzupełnić kurtynę powietrzną drzwiami obrotowymi lub służą powietrzną, najlepiej z otworami przesuniętymi względem siebie.
- Konstrukcja budynku wpływa na działanie kurtyny powietrznej. Duże budynki, które są bardzo podatne na wpływ wiatru, budynki z klatkami schodowymi, gdzie występuje efekt kominowy oraz budynki z przeciągami wymagają mocniejszych kurtyn.
- Zwykle kurtynę powietrzną umieszcza się w wejściu do budynku, który ma chronić. Kiedy urządzenie jest używane do zabezpieczania komór chłodniczych lub mroźniczych, należy je zamontować po stronie ciepłej.
- Kurtyny powietrzne muszą także znajdować się jak najbliżej otworu i pokrywać całą jego szerokość.
- Kierunek i prędkość przepływu powietrza należy dostosować do warunków panujących w otworze drzwiowym. Napór wiatru i podciśnienie wpływają na pracę kurtyn powietrznych i usiłują odchylić strumień powietrza do wewnątrz. Dlatego należy skierować strumień na zewnątrz, aby stawiał opór naporowi powietrza zewnętrznego.

## Zoptymalizowane kurtyny

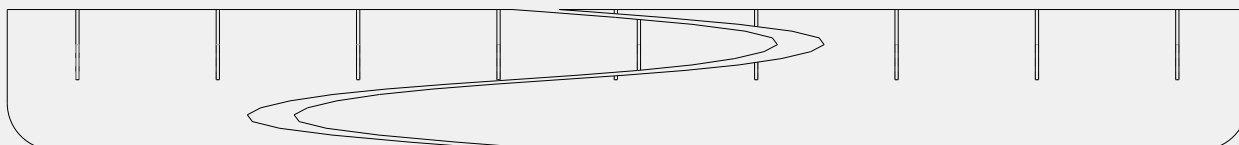
### powietrzne

Wymagania dotyczące tylko temperatur, oddzielenie stref klimatycznych jest stosunkowo proste. Znacznie trudniej jest zarządzać otworem drzwiowym narażonym na wiatr, różnice ciśnień i niezrównoważoną wentylację. Kurtyny powietrzne Frico pomagają ograniczyć te problemy, tworząc barierę powietrzną o doskonałej równowadze między ilością i prędkością powietrza oraz o wysokiej równomierności strumienia powietrza.

Firma Frico od 50 lat projektuje kurtyny powietrzne dla wymagającego skandynawskiego klimatu. Nasze doświadczenie i wiedza doprowadziły do opracowania technologii Thermozone, podstawy teoretycznej, na której opieramy rozwój naszych kurtyn powietrznych.

Technologia Thermozone oferuje optymalny efekt kurtyny o doskonałej równowadze między ilością i prędkością powietrza oraz o wysokiej równomierności strumienia powietrza. Ta równowaga nie tylko poprawia wydajność kurtyny powietrznej, ale ma także inne zalety. Obniżenie poziomu głośności i turbulencji zapewnia bardziej komfortowy klimat pomieszczeń i niższe koszty energii.

Kurtyny powietrzne z technologią Thermozone cechuje optymalna wydajność i minimalny poziom głośności. Dodatkowe informacje na temat technologii Thermozone zostały podane na kolejnych stronach.





## Od początku do końca

Rozpoczynając prace nad nowym produktem, na pierwszym miejscu stawiamy jego wydajność oraz poziom głośności. Projektanci krok po kroku testują poszczególne rozwiązania, aby znaleźć optymalne wartości tych parametrów.

W urządzeniu należy ograniczyć turbulencje, aby zapobiec wysokim spadkom ciśnienia i obniżyć zużycie energii, a także zapewnić jak najcięższą pracę. Aby zminimalizować turbulencje, projektanci śledzą drogę, jaką pokonuje powietrze od kratki wlotowej do wylotu. Kształt obudowy wentylatora ma duży wpływ na jego wydajność oraz zdolność do zwiększania ciśnienia. Powietrze musi być kierowane do i od wentylatorów w naturalny sposób, aby ostatecznie opuścić urządzenie przez kratkę wylotową. Duże znaczenie ma szerokość i budowa wylotu. Zasięg będzie największy, kiedy przepływ powietrza opuszczającego kurtynę powietrzną jest laminarny i jednorodny na całej szerokości wylotu.

Od samego początku przy projektowaniu uwzględnia się łatwość montażu, instalacji i serwisowania produktu.

Projektanci uczestniczą we wszystkich etapach powstawania produktu, w tym produkcję i wprowadzenie na rynek, aby mieć pewność, że konstrukcja sprawdza się w warunkach produkcyjnych i spełnia oczekiwania klientów.



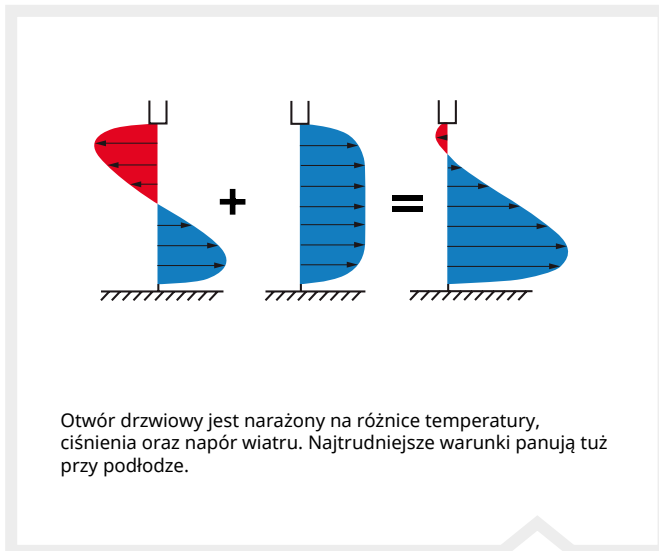
# Poradnik techniczny

## Optymalna wydajność

Niezależne testy pokazują, że prawidłowo zainstalowana kurtyna powietrzna może zmniejszyć straty energii przy otwartych drzwiach nawet o 80%. Poprawnie zainstalowana kurtyna pokrywa całą szerokość i wysokość otworu i jest przystosowana do obciążeń, na które jest narażona.

### Zabezpieczenie całego otworu drzwiowego

Poprawnie zainstalowana kurtyna powietrzna tworzy barierę powietrzną, która pokrywa cały otwór drzwiowy i jest przystosowana do obciążeń, na które jest narażona. Poza ilością powietrza, przy wymiarowaniu kurtyny powietrznej należy określić wymogi dotyczące prędkości powietrza i równomierności strumienia powietrza na poziomie podłogi, ponieważ właśnie tam występują największe obciążenia. Wtedy można mieć pewność, że bariera powietrzna sięgnie do samego dołu i zapewni najlepszą ochronę.



Określenie wymogów dla prędkości powietrza i równomierności strumienia powietrza na poziomie podłogi pozwoli otrzymać kurtynę powietrzną, która pokryje cały otwór drzwiowy.

### ...nie tylko tam, gdzie to najmniej potrzebne

Wiele osób ocenia kurtyny powietrzne na podstawie ilości wydmuchiwanego powietrza, nie biorąc pod uwagę zasięgu bariery powietrznej. Ilość powietrza mierzy się jak najbliżej urządzenia, gdzie obciążenia są najmniejsze. Wybierając kurtynę tylko na podstawie ilości powietrza, otrzymamy urządzenie, które zapewni dobrą ochronę jedynie przy wylocie.



Wybierając kurtynę powietrzną tylko na podstawie ilości powietrza, otrzymamy urządzenie, które zapewni dobrą ochronę jedynie przy wylocie, gdzie napór na otwór drzwiowy jest mniejszy.

## Moc bariery powietrznej = impuls

Do oceny wydajności kurtyny powietrznej używa się pojęcia impulsu, które opisuje siłę danej bariery powietrznej.

Impuls = ilość powietrza x gęstość x prędkość powietrza

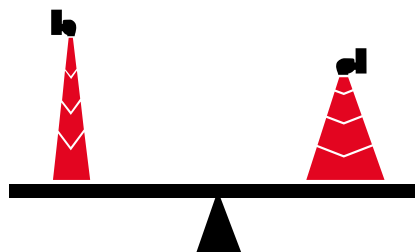
$$[\text{kgm/s}^2] = [\text{m}^3/\text{s}] \times [\text{kg}/\text{m}^3] \times [\text{m}/\text{s}]$$

Jednostką impulsu jest  $[\text{kgm/s}^2]$ , czyli niuton (N), jednostka siły w układzie SI. Impuls można uzyskać na różne sposoby. Produkt o wysokiej prędkości i małym przepływie powietrza może mieć taki sam impuls, co produkt o niskiej prędkości i dużym przepływie powietrza.

Aby uzyskać skuteczną barierę powietrzną w całym otworze drzwiowym, impuls musi być odpowiednio silny do samej podłogi. Dlatego przy wymiarowaniu należy koniecznie uwzględnić prędkość powietrza.

13 m/s  
1900 m<sup>3</sup>/h/m

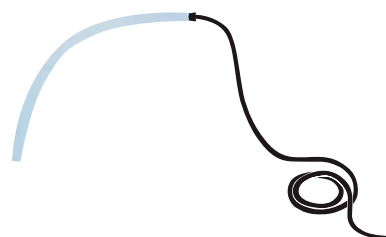
8 m/s  
3100 m<sup>3</sup>/h/m



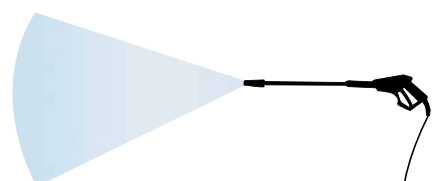
Produkt o wysokiej prędkości i małym przepływie powietrza może mieć taki sam impuls, co produkt o niskiej prędkości i dużym przepływie powietrza.

## Równowaga między ilością i prędkością powietrza

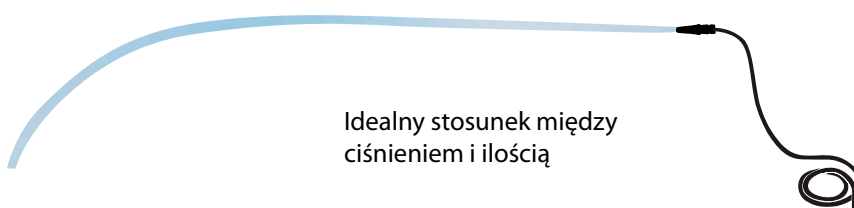
Technologia Thermozone tworzy równowagę między ilością i prędkością powietrza, zapewniając optymalną wydajność. Podstawowym warunkiem uzyskania tej równowagi jest kształt kratki wylotowej. Aby to wyjaśnić, często stosujemy analogię do węża ogrodowego, ponieważ przepływ powietrza przypomina fizycznie przepływ wody. W przypadku węża bez końcówki wylotowej (duża ilość wody i niskie ciśnienie) zasięg będzie niewielki, ponieważ prędkość wody opuszczającej wąż jest zbyt mała. Po podłączeniu węża do myjki ciśnieniowej (mała ilość wody i wysokie ciśnienie), woda opuszcza ją z dużą prędkością, lecz jej zasięg nadal nie przekracza kilku metrów z powodu turbulencji, jakie myjka wytwarza w przepływie wody. Natomiast po podłączeniu do węża końcówki wylotowej można regulować ilość i ciśnienie wody, optymalizując i zwiększając zasięg strumienia. W ten sam sposób ogranicza się wydajność kurtyn powietrznych o niskiej prędkości i dużym przepływie powietrza lub o wysokiej prędkości i małym przepływie powietrza. Mają zbyt krótki zasięg. Duże ilości powietrza wymagają także dostarczenia większej ilości ciepła, zużywając tym samym więcej energii. Technologia Thermozone tworzy równowagę między ilością i prędkością powietrza, oszczędzając energię poprzez wykorzystanie minimalnej ilości powietrza i zapewnienie optymalnej wydajności w całym otworze drzwiowym.



Duża ilość, niskie ciśnienie



Mała ilość, wysokie ciśnienie



Idealny stosunek między ciśnieniem i ilością

# Poradnik techniczny

## Wysoka równomierność profilu prędkości powietrza

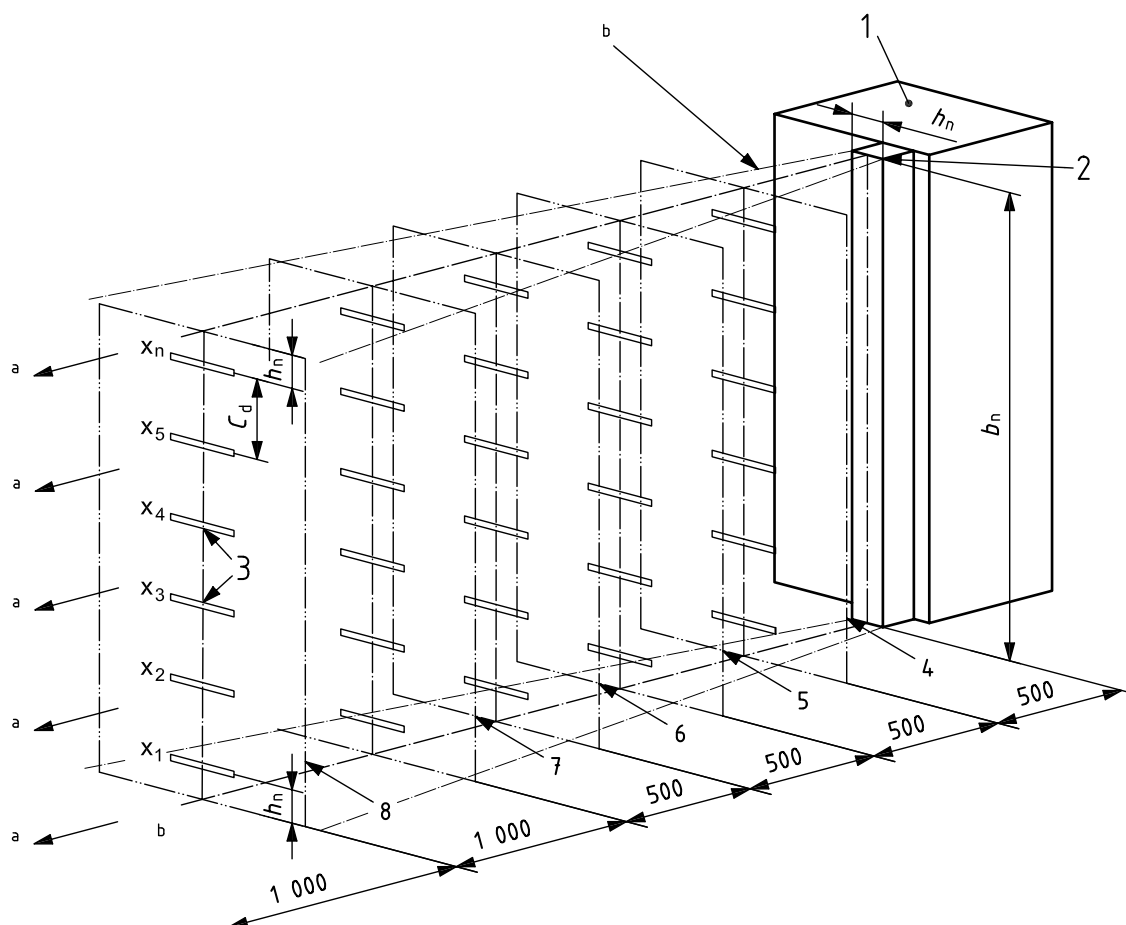
Równomierność przedstawia profil prędkości na jego całej szerokości. Równomierność strumienia powietrza jest ważna dla uzyskania optymalnej wydajności. Strumień powietrza o wysokiej równomierności zapewni dobre pokrycie całej szerokości wejścia.

## Metoda pomiaru

Równomierność strumienia powietrza jest wyrażana jako wartość procentowa i mierzona poprzez porównanie prędkości powietrza w różnych miejscach na całej szerokości kurtyny powietrznej. Równomierność na poziomie 100% oznacza, że strumień powietrza ma taką samą prędkość na całej szerokości kurtyny powietrznej.

## Dlaczego wysoka równomierność jest tak ważna?

Siłę strumienia powietrza określa się przy jego najniższej prędkości na poziomie podłogi. Dlatego strumień powietrza o niskiej równomierności będzie wymagał dodatkowego powietrza, aby zapewnić uzyskanie prędkości minimalnej w całym wejściu. Więcej powietrza w obszarach strumienia powietrza o wysokiej prędkości tworzy turbulencje, które mają negatywny wpływ na komfort. Strumień powietrza o wysokiej równomierności uderza w podłogę jednocześnie z tą samą prędkością w całym wejściu, co minimalizuje turbulencje i utrzymuje siłę strumienia powietrza.



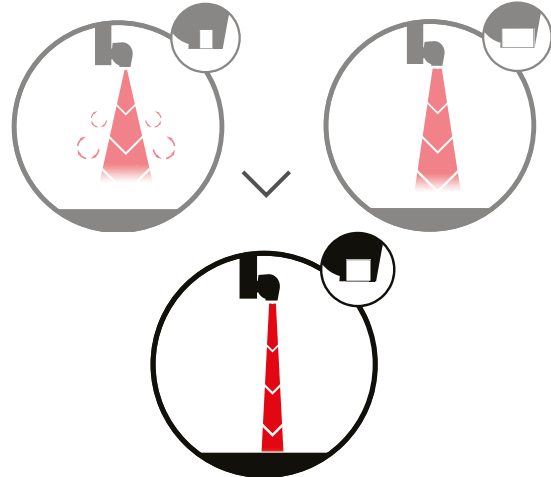
## Optymalna geometria przepływu powietrza

Budowa wylotu i wnętrza urządzenia to kluczowe czynniki w tworzeniu bariery powietrznej, która oferuje skuteczną ochronę i minimalny poziom głośności.

# 1

### Głębokość wylotu

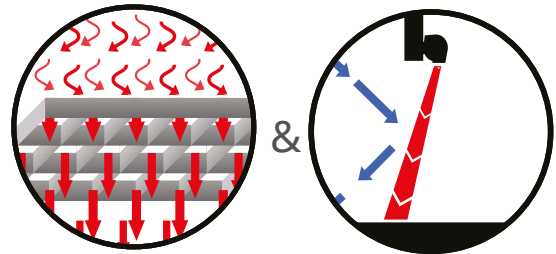
Przy dowolnej ilości powietrza to głębokość wylotu określa jego prędkość. Zbyt mały wylot tworzy turbulencje z powodu nadmiernej prędkości powietrza, skracając zasięg. Jeśli wylot jest zbyt głęboki, ogranicza prędkość powietrza i również skraca zasięg. W kurtynach powietrznych Frico zasięg przepływu powietrza jest optymalizowany za pomocą głębokości wylotu.



# 2

### Kratka wylotowa

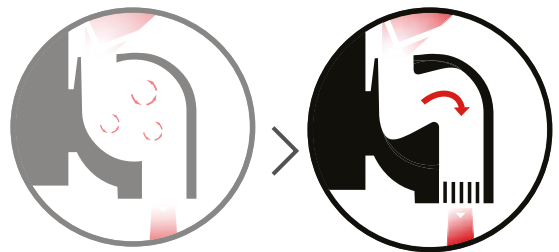
Przy projektowaniu kratki wylotowej uwzględnia się jej wysokość, szerokość oraz rozstaw lameli, aby móc odpowiednio skierować powietrze i zminimalizować turbulencje. W rezultacie powstaje równomierny strumień powietrza i efektywna bariera powietrzna. Kratki wylotowe Frico ułatwiają odpowiednie kierowanie powietrza, aby powstrzymać napór ciśnienia w otworze drzwiowym i zminimalizować straty energii.



# 3

### Minimalne turbulencje

Turbulencje wewnątrz kurtyny powietrznej powodują wyższe spadki ciśnienia i zużycie energii, a także mniej równomierny strumień powietrza. W kurtynach powietrznych Frico turbulencje są minimalne, a pobór energii ograniczony.

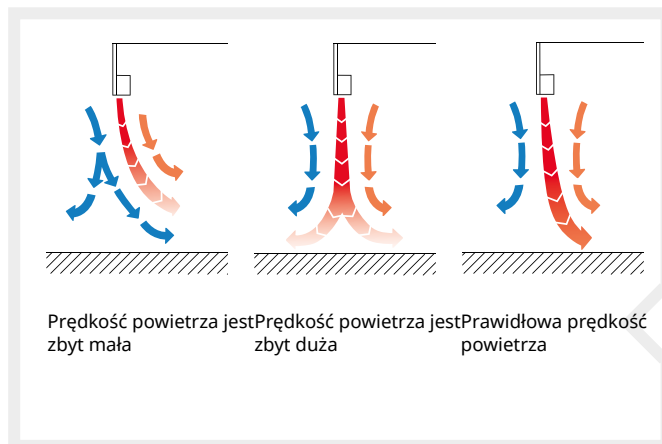


# Poradnik techniczny

## Zapewnienie maksymalnej ochrony na poziomie podłogi

Zbyt niska prędkość powietrza przy podłodze sprawia, że kurtyna nie wytrzymuje obciążeń. Zbyt wysoka prędkość powoduje turbulencje, które obniżają skuteczność bariery powietrznej i powodują wysoki poziom głośności.

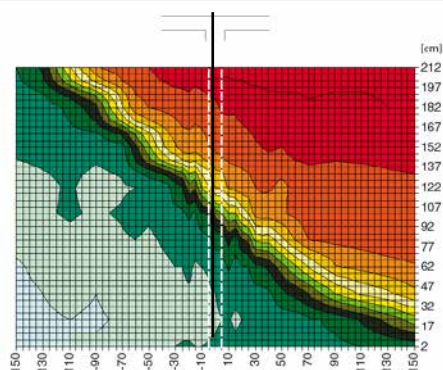
Prawidłowa prędkość i wysoka równomierność strumienia powietrza zapewnią najlepszą ochronę. Technologia Thermozone oferuje najskuteczniejszą barierę powietrzną, ponieważ strumień powietrza sięga podłogi z optymalną prędkością i równomiernością. Technologia Thermozone rozwiązuje problem minimalnej ilości powietrza.



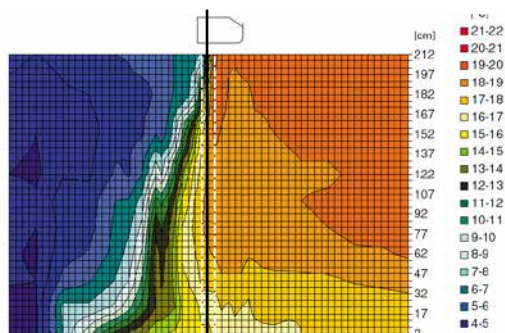
## Test – skuteczność zabezpieczenia

Środowisko odtworzone w tym teście to dział nabiatałowy bezpośrednio sąsiadujący z pomieszczeniem o normalnej temperaturze pokojowej. Analiza objęła różne przypadki w przekrojowym pomiarze temperatury, a otrzymane wartości zestawiono na wykresie, który pokazuje, jak strumienie powietrza wpływają na temperaturę w obszarze wokół otworu wejściowego.

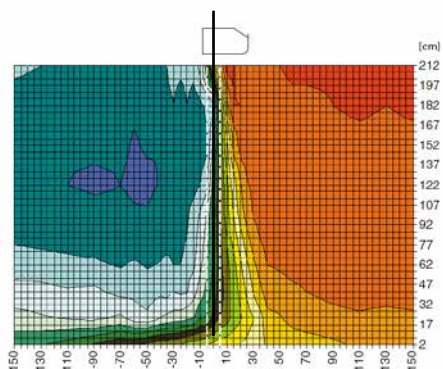
Kolor czerwony oznacza normalną temperaturę pokojową, a kolor ciemnoniebieski temperaturę w chłodni. Wartości na osi X to odległość w centymetrach od urządzenia, a wartości na osi Y to odległość w centymetrach od podłogi.



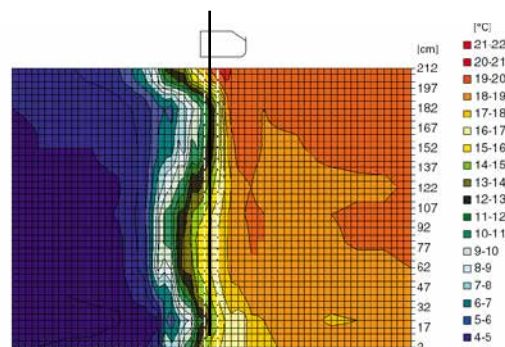
Otwór bez kurtyny powietrznej  
Zimne powietrze wypływa przez niezabezpieczony otwór i w chłodni robi się zbyt ciepło.



Otwór z kurtyną powietrzną, nieprawidłowy kąt  
Jeśli kąt jest zbyt mały, gorące powietrze będzie wydmuchiwane do chłodni.



Otwór z kurtyną powietrzną, zbyt duża prędkość  
Nadmierna prędkość generuje turbulencje, co powoduje straty energii i zwiększa temperaturę w chłodni.



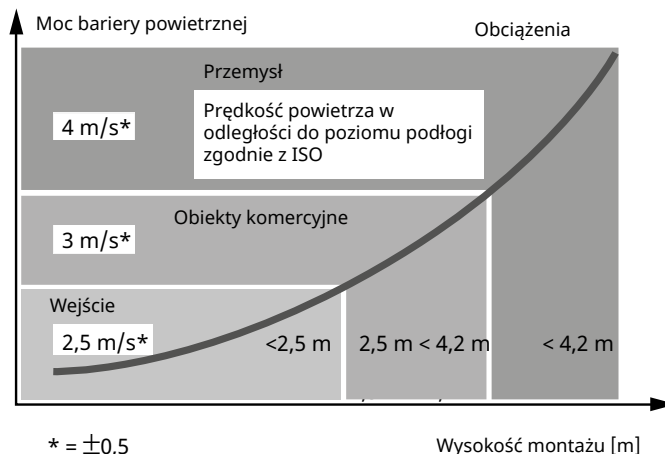
Otwór z prawidłowo ustawioną kurtyną powietrzną  
Prawidłowo skonfigurowana kurtyna powietrzna wyraźnie oddziela strefy o różnych temperaturach.

## Wymiarowanie

Firma Frico od ponad 50 lat oferuje kurtyny powietrzne, a nasze doświadczenie w wymiarowaniu można przedstawić na wykresie.

Zależność między rozmiarem drzwi i wymaganą mocą kurtyny powietrznej nie jest liniowa. Im większe drzwi, tym wymagana jest większa moc. Jako odniesienie postanowiliśmy wykorzystać odległość do podłogi oraz prędkość powietrza i równomierność strumienia powietrza, zmierzone zgodnie z normą ISO 27327-1. W przypadku wysokości montażu poniżej 2,5 metra, zazwyczaj dobrze jest wybrać kurtynę powietrzną, która może zapewnić ok. 2,5 m/s w warunkach laboratoryjnych w odległości równej wysokości montażu. Dane dotyczące innych wysokości podano na wykresie. Ponadto, aby zapewnić niskie turbulencje i maksymalną siłę strumienia powietrza, jego równomierność powinna wynosić  $\geq 90\%$ . Należy zwrócić uwagę, że prędkość powietrza przy wymiarowaniu nie jest prędkością, jaką powietrze powinno mieć na poziomie podłogi w rzeczywistej instalacji, lecz mocą, jaką musi posiadać urządzenie, aby skompensować napór wiatru i różnicę ciśnienia, występujące w rzeczywistym przejściu. W wielu

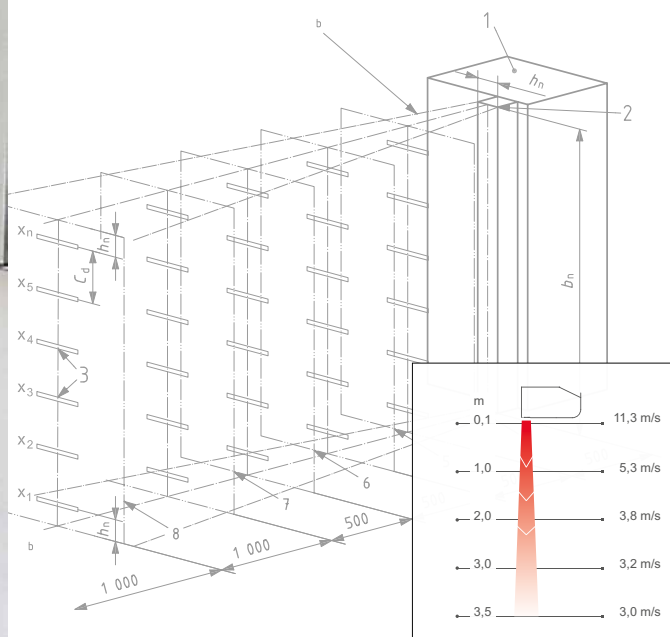
przypadkach należy także uwzględnić inne czynniki – patrz sekcja „Rzeczy, o których należy pamiętać” wcześniej w tym poradniku. Podczas instalacji należy ustawić kierunek i prędkość strumienia powietrza, aby zapewnić optymalną pracę kurtyny powietrznej. Dodatkowe informacje na temat regulacji zostały podane w dalszej części poradnika.



## Prędkość i równomierność bariery powietrznej

Pomiar prędkości i równomierności bariery powietrznej reguluje norma ISO (ISO 27327-1 Laboratoryjne metody testowania wydajności aerodynamicznej).

Firma Frico mierzy wszystkie kurtyny powietrzne zgodnie z normą ISO, a wyniki pomiarów znajdują się w profilu prędkości powietrza danego produktu.



Pomiary ISO w naszym laboratorium w Skinnskattebergu, które należy do najbardziej zaawansowanych ośrodków badań nad ogrzewaniem i wentylacją w Europie.

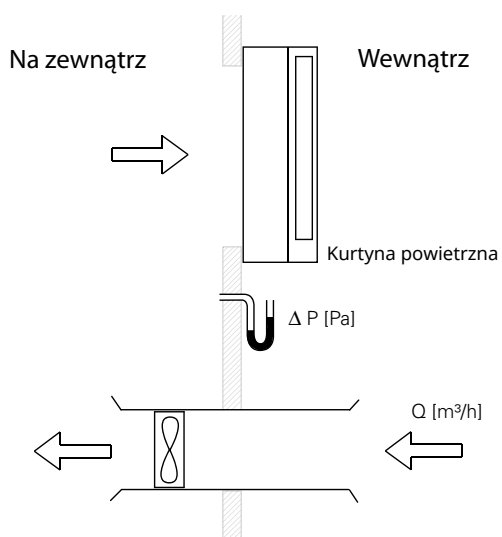
Profil prędkości powietrza Pamir 3500

# Poradnik techniczny

## Testy - wydajność

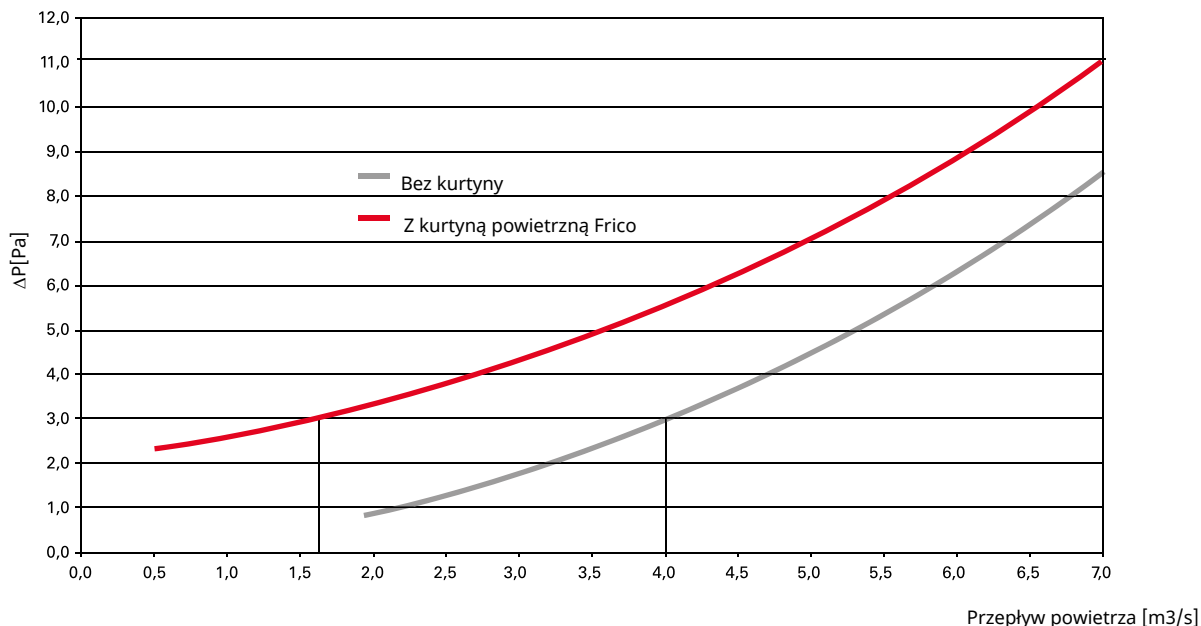
### Sprawność kurtyny powietrznej

Firma Frico opracowała metodę testowania wydajności kurtyn powietrznych. Test obejmuje pełną skalę. Celem jest pomiar ilości powietrza, które przepływa przez drzwi z zainstalowaną kurtyną powietrzną w porównaniu z drzwiami bez kurtyny. Wszystkie obciążenia w teście zostały zamienione na ciśnienie równomiernie rozłożone na powierzchnię drzwi.



Instalacja testowa składa się z dwóch pomieszczeń, które odpowiadają warunkom panującym wewnątrz i na zewnątrz. Między pomieszczeniami znajduje się mocny wentylator wyposażony w urządzenie do pomiaru przepływu powietrza. Kurtyna powietrzna jest zainstalowana nad otworem. Po włączeniu wentylatora powstaje przepływ powietrza między pomieszczeniami – dokładnie taka sama ilość powietrza przepływa przez wentylator, co przez otwór. Powoduje to wzrost różnicy ciśnień (DP) między dwoma pomieszczeniami. Wentylator zaczyna pracować z niską prędkością, która następnie stopniowo rośnie. Informacje o przepływie powietrza i różnicy ciśnień są zapisywane na komputerze. Otrzymane dane zostają następnie wykorzystane do utworzenia krzywej – patrz wykres 1.

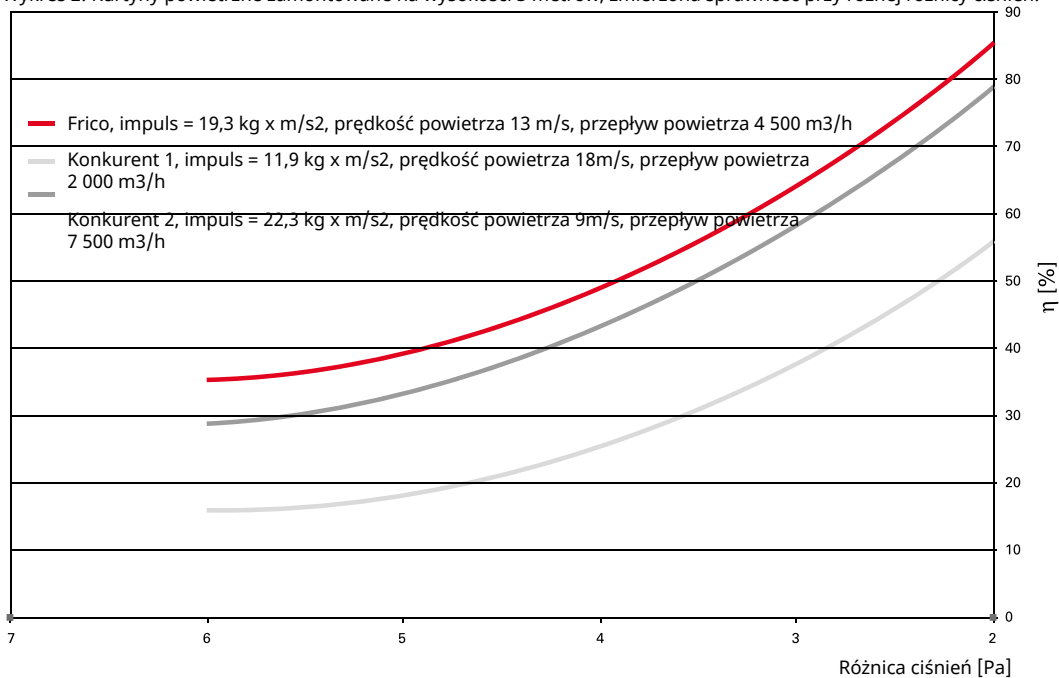
Wykres 1: Przepływ powietrza przez otwór z kurtyną powietrzną i bez kurtyny przy różnej różnicy ciśnień.



Ciśnienie i przepływ przez otwór są mierzone z kurtyną powietrzną i bez kurtyny. Wynikiem są dwie krzywe, gdzie można porównać przepływ powietrza przy określonej różnicy ciśnień.

Przykład: Przy różnicy ciśnień 3 Pa, przepływ powietrza przez otwór bez kurtyny powietrznej wynosi 4 m³/s, a z kurtyną 1,6 m³/s. Różnica w przepływie powietrza pokazuje sprawność kurtyny powietrznej. W tym przypadku jest to  $(4-1,6)/4 \times 100 = 60\%$  mniejszy przepływ z kurtyną powietrzną niż bez kurtyny.

Wykres 2: Kurtyny powietrzne zamontowane na wysokości 3 metrów, zmierzona sprawność przy różnej różnicy ciśnień.



Można także porównać sprawność różnych produktów w tych samych warunkach. Wykres 2 przedstawia wyniki testu trzech kurtyn powietrznych, które zostały zaprojektowane z wykorzystaniem innych koncepcji podstawowych. Konkurent 1 ma wyższą prędkość i mniejszy przepływ powietrza, a konkurent 2 ma średnią prędkość i duży przepływ powietrza.

Kurtyna powietrzna firmy Frico ma zoptymalizowaną prędkość i przepływ powietrza, co czyni ją bardziej wydajną od konkurenta 2, pomimo  $(22,3-19,3)/22,3 = \text{ok. } 13\%$  mniejszego impulsu.

# Poradnik techniczny

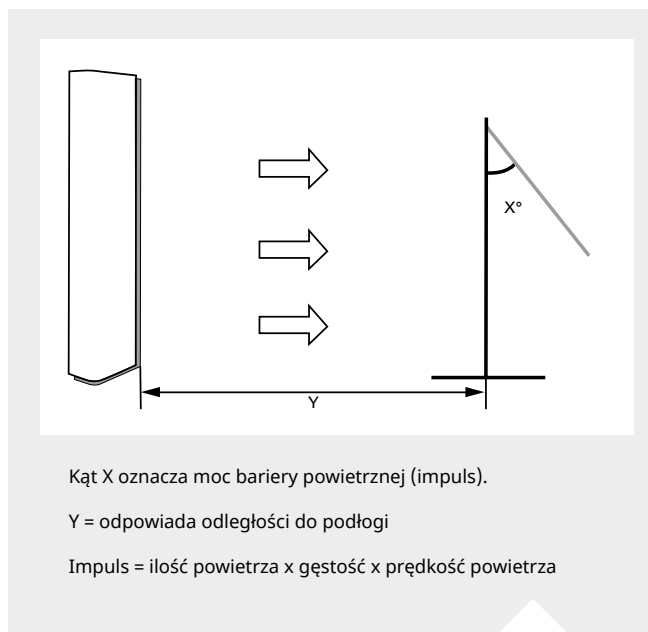
## Testy - wydajność

### Impuls przy podłodze

Test praktyczny różnych kurtyn powietrznych na poziomie podłogi można przeprowadzić, porównując zasięg i moc bariery powietrznej za pomocą wiszącej płyty testowej.

Aby bezpośrednio porównać zasięg i moc różnych kurtyn powietrznych, można umieścić je w jednakowej odległości po obu stronach płyty i sprawdzić, w którą stronę się poruszy.

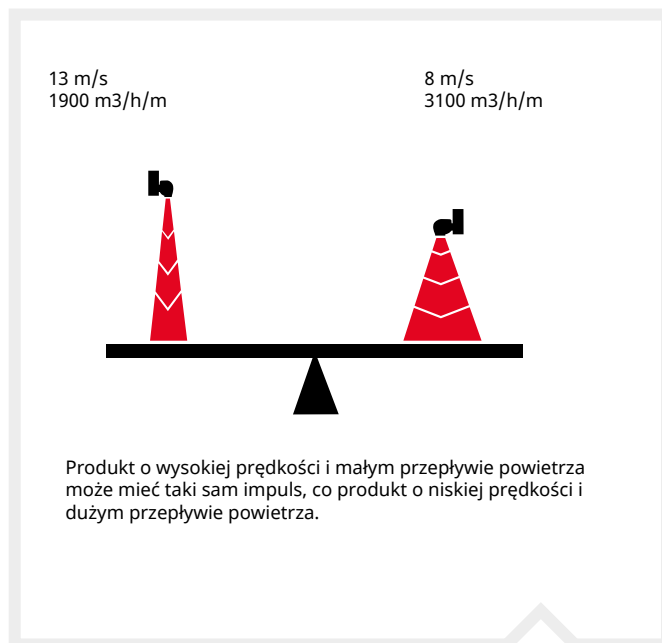
Przy takiej samej ilości powietrza, kurtyny powietrzne firmy Frico oferują silniejszy impuls na poziomie podłogi w porównaniu z konkurencją, co oznacza lepszą ochronę. Kurtyny Frico utrzymują impuls na całym odcinku do podłogi, co oznacza niższy koszt eksploatacji, ponieważ można uzyskać taką samą moc bariery powietrznej, zużywając mniej powietrza.



### Duże ilości powietrza sporo kosztują

Aby zapewnić ochronę przy podłodze, niską prędkość można skompensować większą ilością powietrza. Duże ilości powietrza wymagają więcej ogrzewania i dlatego więcej kosztują. Jak wykazał powyższy test, kurtyny powietrzne firmy Frico potrafią zapewnić taką samą moc bariery powietrznej na poziomie podłogi przy mniejszej ilości powietrza.

Obliczenie mocy kurtyny powietrznej firmy Frico oraz kurtyny powietrznej o niskiej prędkości i dużym przepływie powietrza pokazuje, że w tym przykładzie produkt Frico zużywa o 40% mniej energii, niż konkurenci, zapewniając taki sam impuls.



### Warunki:

Taki sam impuls  
Żądany wzrost temperatury: 15°C  
Temperatura pomieszczenia: 20°C  
Szerokość otworu: 2 m

$$T = 20^{\circ}\text{C} \Rightarrow \rho = 1,2$$

Konkurent (3100 m<sup>3</sup>/h/m, 8 m/s)  
 $P = Q \cdot \Delta T \cdot \rho \cdot c_p = 2 \cdot 3100/3600 \cdot 15 \cdot 1,2 \cdot 1 = \text{ok. } 31 \text{ kW}$

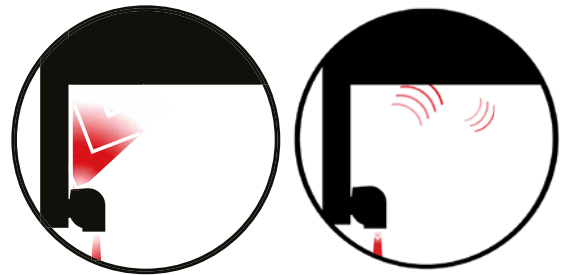
Frico (1900 m<sup>3</sup>/h/m, 13 m/s)  
 $P = Q \cdot \Delta T \cdot \rho \cdot c_p = 2 \cdot 1900/3600 \cdot 15 \cdot 1,2 \cdot 1 = \text{ok. } 19 \text{ kW}$

## Cicha praca

Komfort wnętrza w dużym stopniu zależy od głośności. W firmie Frico przywiązujemy dużą wagę do głośności naszych produktów. Stosowane przez nas wentylatory, w połączeniu ze zoptymalizowaną geometrią przepływu powietrza, zapewniają możliwie jak najniższe poziomy głośności.

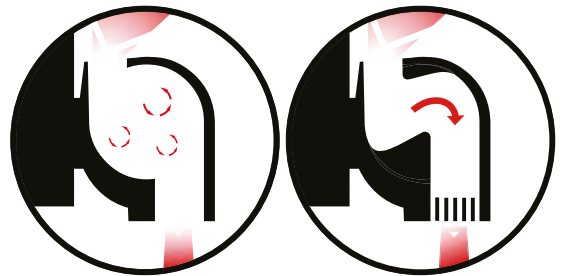
### Górny wlot powietrza

Z wlotem powietrza umieszczonym na górze kurtyny powietrznej, odbierany poziom głośności zostaje ograniczony, ponieważ ściany i sufit częściowo pochłaniają dźwięk.



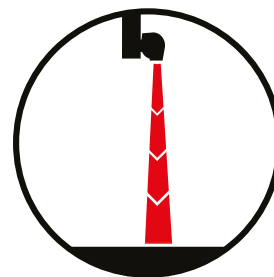
### Turbulencje

Turbulencje wewnątrz kurtyny powietrznej powodują większy hałas. W kurtynach powietrznych Frico turbulencje są minimalne, a głośność ograniczona.



### Optymalna ilość powietrza

Poziom głośności przy wylocie zależy od ilości powietrza – większa ilość powietrza zwiększa hałas. Optimalny przepływ powietrza w połączeniu z kratką wylotową zapewnia kontrolowany strumień o mniejszej ilości powietrza i niższym poziomie głośności.



# Poradnik techniczny

## Fakty dotyczące dźwięku

Dźwięk jest ważnym czynnikiem środowiskowym, mającym równie duże znaczenie, co dobre oświetlenie, świeże powietrze czy ergonomia. To co zazwyczaj nazywamy poziomem dźwięku produktu to poziom ciśnienia akustycznego. Poziom ciśnienia akustycznego zależy od odległości do źródła dźwięku, lokalizacji źródła dźwięku i akustyki pomieszczenia. Oznacza to, że najważniejszy jest cichy produkt, ale aby uzyskać komfortowy poziom dźwięku, należy też uwzględnić całe otoczenie.

## Czym jest dźwięk?

Dźwięk powstaje w wyniku wahań ciśnienia powietrza, powstających podczas drgań źródła dźwięku. Wytwarzane fale dźwiękowe są skupieniem i rozproszeniem cząsteczek nieruchomego powietrza. Fala dźwiękowa może mieć różną prędkość w różnych warunkach. W powietrzu dźwięk rozchodzi się z prędkością 340 m/s.

## Sposób pomiaru głośności

Głośność jest mierzona w decybelach (dB). Jest to wartość logarymiczna, używana do określenia proporcji. Jeśli poziom głośności zostanie zwiększony o 10 dB, głośność wzrośnie dwukrotnie (matematycznie będzie to 6 dB, ale ludzkie ucho odbiera je jako 10 dB).

Należy także wiedzieć, że dwa jednakowo silne źródła dźwięku zwiększają poziom głośności o 3 dB. Załóżmy, że są dwa wejścia z dwiema kurtynami powietrznymi w każdym z nich, a poziom głośności wszystkich czterech urządzeń wynosi 50 dB. A zatem całkowity poziom głośności będzie równy 56 dB. Przy pierwszym otwarciu całkowity poziom głośności będzie wynosił 53 dB plus dodatkowe 3 dB z drugiego otworu.

## Podstawowe pojęcia

### Ciśnienie akustyczne

Ciśnienie powstaje w wyniku ruchu fal ciśnienia, na przykład w powietrzu. Ciśnienie akustyczne jest mierzone w paskalach (Pa). Do określania ciśnienia akustycznego stosuje się skalę logarymiczną, która opiera się na różnicach między rzeczywistym poziomem ciśnienia akustycznego i ciśnieniem akustycznym na progu słyszalności. Jednostkami skali są decybele (dB(A)), gdzie próg słyszalności wynosi 0 dB(A), a próg bólu 120 dB(A).

Ciśnienie akustyczne maleje wraz ze wzrostem odległości od źródła. Wpływa na nie także akustyka pomieszczenia.

### Moc akustyczna

Moc akustyczna to energia na jednostkę czasu (W), emitowana przez obiekt. Podobnie jak w przypadku ciśnienia akustycznego, do określania mocy akustycznej służy skala logarymiczna w decybelach (dB(A)). Moc akustyczna nie zależy od źródła dźwięku ani akustyki pomieszczenia, co ułatwia porównywanie różnych obiektów.

### Częstotliwość

Częstotliwość to okresowe drgania źródła dźwięku. Częstotliwość mierzy się jako liczbę drgań na sekundę, gdzie jedno drgnięcie na sekundę to 1 herc (Hz).

## Wartości orientacyjne – dB

0	Najsłabszy dźwięk, jaki może usłyszeć człowiek
10	Normalne oddychanie
30	Zalecany maks. poziom dla sypialni
40	Ciche biuro, biblioteka
50	Duże biuro
60	Normalna rozmowa
80	Dzwonek telefonu
85	Głośna restauracja
110	Krzyk w ucho
120	Próg bólu



## Poziom mocy akustycznej i poziom ciśnienia akustycznego

Jeśli źródło dźwięku emituje pewien poziom mocy akustycznej, na poziom ciśnienia akustycznego mają wpływ następujące czynniki:

1. Współczynnik kierunkowy Q  
Określa, jak dźwięk rozchodzi się wokół źródła dźwięku. Patrz rysunek poniżej.
2. Odległość od źródła dźwięku  
Odległość od źródła dźwięku w metrach.
3. Powierzchnia absorpcji odpowiadająca pomieszczeniu  
Zdolność powierzchni do pochłaniania dźwięku można wyrazić jako współczynnik absorpcji,  $\alpha$ , który ma wartość między 0 i 1. Wartość 1 odpowiada powierzchni całkowicie chłonnej, a wartość 0 odpowiada powierzchni całkowicie odbijającej. Powierzchnię absorpcji odpowiadającą pomieszczeniu podaje się w m<sup>2</sup>. Można ją obliczyć, mnożąc powierzchnię pomieszczenia przez współczynnik absorpcji powierzchni.

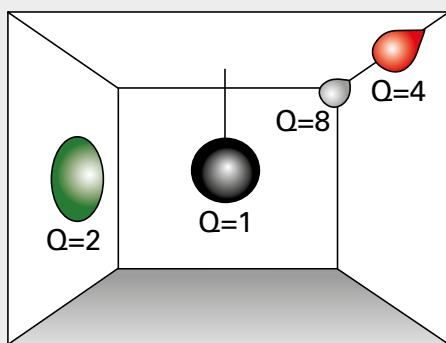
Znając te czynniki można obliczyć ciśnienie akustyczne, jeśli znany jest także poziom mocy akustycznej.

## Testujemy – głośność

Nasze laboratorium powietrza i dźwięku należy do najnowocześniejszych w Europie. Regularnie przeprowadzamy testy i pomiary podczas prac nad nowymi produktami, ale także aby doskonalić istniejące produkty. Pomiary są prowadzone zgodnie z normami AMCA i ISO.

Poniższa ilustracja przedstawia naszą komorę akustyczną, gdzie mierzymy poziom głośności naszych produktów. Komora akustyczna obejmuje komorę dźwiękową ustawioną na mocnych sprężynach z szumem tła na poziomie niższym, niż potrafi wychwycić ludzkie ucho.

Poziomy głośności naszych produktów zostały podane dla każdego z nich. Nasze pomiary głośności są prowadzone zgodnie z międzynarodowymi normami ISO27327-2 i ISO3741. Odległość do produktu wynosi 5 m, współczynnik kierunkowy 2, a odpowiadająca powierzchnia absorpcji 200 m<sup>2</sup>.



Rozchodzenie się dźwięku wokół źródła dźwięku.

- Q = 1 Środek pomieszczenia
- Q = 2 Ściana lub dach
- Q = 4 Między ścianą i dachem
- Q = 8 W kącie



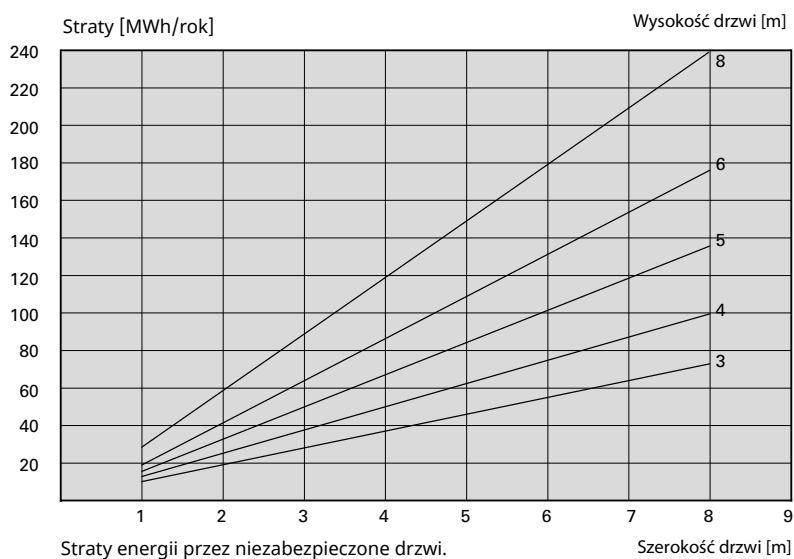
# Poradnik techniczny

## Oszczędność energii dzięki kurtynom powietrznym

Poniższy wykres ilustruje, jak duże mogą być straty energii przez drzwi niezabezpieczone za pomocą kurtyń powietrznych.

Warunki:

Duże budynki  
Średnia temperatura roczna 6,5 °C  
Średnia roczna prędkość wiatru  $u_{10} 4 \text{ m/s}$   
Czasy otwarcia 1 godzina/dziennie



## Obliczenie zaoszczędzonej energii

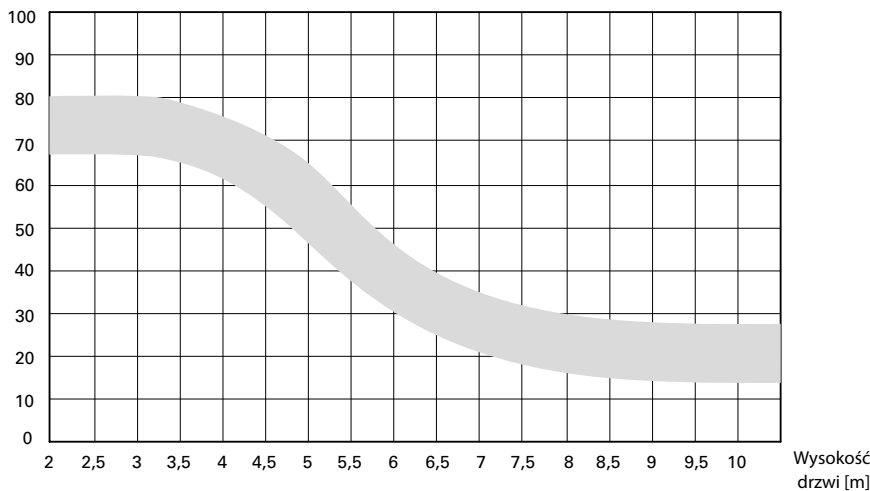
Wysokość drzwi	5	m
Szerokość drzwi	4	m
Liczba dni działania w tygodniu	5	dni
Czas otwarcia drzwi w ciągu dnia	1	godzin
Średni czas otwarcia na otwór	5	minuty
Temperatura obl. wewnętrzna	18	°C
Temperatura obl. zewnętrzna	-18	°C
Średnia temperatura roczna	5	°C/s
Prędkość wiatru	4	m <sup>3</sup>
Kubatura pomieszczenia	6400	

Porównamy straty energii przez otwarte, niezabezpieczone drzwi z podobnymi drzwiami, gdzie zainstalowano kurtyny powietrzne. Obliczenie należy traktować tylko w przybliżeniu. Obliczanie oszczędności energii nie jest nauką ścisłą. Trudno jest określić wpływ przeciągów, szczelność budynku, efekt kominowy, prędkość i kierunek wiatru. Możemy jednak zobaczyć, że zostawienie całkowicie niezabezpieczonego otworu spowoduje wysokie straty energii.

Jeśli porównamy wartości z wykresu na poprzedniej stronie z poniższym wykresem, zobaczymy, że kurtyna powietrzna eliminuje do 65% wymiany powietrza przez drzwi.

Strata energii, drzwi niezabezpieczone: 69 MWh/rok  
Strata energii, drzwi zabezpieczone kurtyną: 24 MWh/rok  
Oszczędność energii: 45 MWh/rok

Oszczędność [%]



Szacunkowe możliwe oszczędności (wydajność) w drzwiach o różnej wysokości. Porównanie dotyczy drzwi zabezpieczonych przez kurtynę powietrzną w porównaniu z podobnymi drzwiami bez zabezpieczenia.

### Zapraszamy do kontaktu z Frico w celu uzyskania porady

Serdecznie zapraszamy do kontaktu, jeśli chcą Państwo omówić wymogi posiadanych drzwi. Po otrzymaniu określonych informacji możemy oszacować możliwe oszczędności energii.



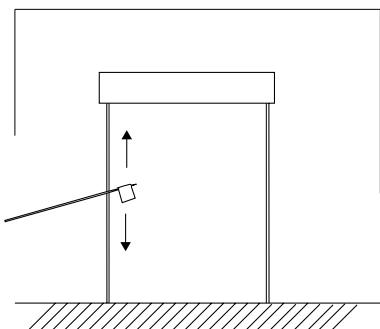
# Poradnik techniczny

## Regulacja

Wymiarowanie należy przeprowadzić zgodnie z zaleceniami podanymi wcześniej w tym poradniku. Aby osiągnąć optymalny efekt, zawsze należy później odpowiednio ustawić kierunek i prędkość strumienia powietrza w kurtynie powietrznej. Jeśli prędkość powietrza będzie zbyt duża, wystąpią turbulencje, co zmniejszy skuteczność zabezpieczenia i komfort w pomieszczeniu. Jeśli prędkość będzie zbyt niska, bariera nie dotrze do podłogi i nie zabezpieczy otworu.

### Komory chłodnicze i mroźnicze

Do regulacji można użyć anemometru (wiatromierza) lub zwykłego przyrządu do regulacji, który umieszcza się ok. 0,5 m po stronie zimnej. Początkowo wylot urządzenia należy skierować prostopadłe w dół i wybrać wysoką prędkość wentylatora. Ustawić wstępnie kąt (5-15° na zewnątrz) oraz prędkość wentylatora, aż powietrze będzie wydychane całkowicie pionowo (może być nieco skierowane na zewnątrz).



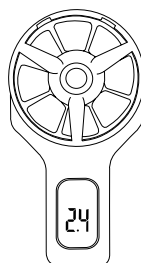
Mały przyrząd do regulacji wykonany ze zwykłego stojaka i zawieszanej na nim chusteczki ustawia się w pobliżu drzwi do budynku.



### Wejścia i otwory drzwiowe

Wpływ warunków zewnętrznych jest największy przy wejściach i otworach drzwiowych, choć można sprawdzić poprawność montażu, wykorzystując anemometr (wiatromierz) lub zwykły przyrząd do regulacji. Przyrząd do regulacji (lub anemometr) umieszcza się nieco dalej, niż w przypadku komory chłodniczej lub mroźniczej. Ustawić wstępnie kąt (5-15° na zewnątrz) oraz prędkość wentylatora, minimalizując strumień powietrza do wewnątrz.

Wskazówka! W witrynie [www.frico.net](http://www.frico.net) znajdują się filmy pokazujące regulację.



Przykładowy anemometr.

### Prawidłowa prędkość powietrza

Prędkość powietrza przy wymiarowaniu należy dostosować do panujących warunków i wysokości montażu (patrz wykres w punkcie Wymiarowanie wcześniej w tym poradniku). W przypadku instalacji poza warunkami laboratoryjnymi, prędkość powietrza na poziomie podłogi będzie uzależniona od naporu wiatru i różnic ciśnienia. Nasze zalecenia dotyczące wymiarowania (dla prędkości powietrza przy podłodze) mają zapewnić ochronę przed typowym wiatrem i różnicami ciśnienia w rzeczywistych warunkach. Kurtynę powietrzną należy koniecznie prawidłowo wyregulować dla konkretnego otworu drzwiowego, a następnie dostosować prędkość powietrza do zmieniających się warunków.

### Regulacja pozwala dostosować posiadaną instalację

W poszczególnych instalacjach występują różne obciążenia, a dzięki regulacji kurtyna powietrzna doskonale sprawdzi się w konkretnej instalacji.

### Sterowanie zajmie się resztą

Regulację zwykle przeprowadza się raz, a zmiany warunków zewnętrznych kompensuje się za pomocą sterowania.

# Wystarczy kliknąć

## Inteligentne narzędzia

Informacje na temat wszystkich naszych produktów można znaleźć na naszej stronie internetowej. Mamy także inteligentne narzędzia, pomocne w znalezieniu właściwego produktu, obliczaniu ogrzewania i tworzeniu specyfikacji.

## Program doboru

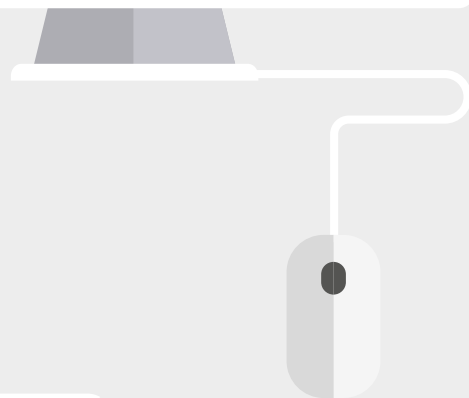
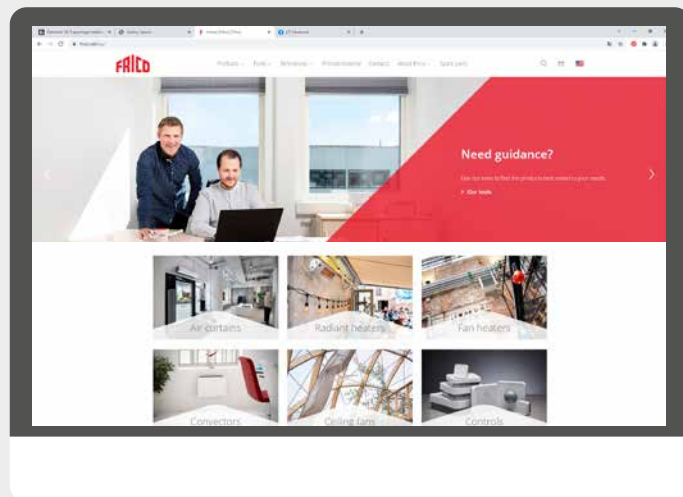
Poradnik wyboru produktów oferuje poziom podstawowy i zaawansowany. Wybór poziomu zależy od ilości informacji dotyczących instalacji. Program wyboru produktów pozwala zorientować się, jakie produkty będą odpowiednie.

## Specyfikacja

To narzędzie umożliwia wybór akcesoriów dla wybranego produktu, obliczanie ogrzewania oraz uzyskanie wszystkich danych technicznych na karcie specyfikacji.

## Obliczanie ogrzewania

Obliczenia ogrzewania mogą także być używane jako oddzielne narzędzie. Obliczenia wykonuje się w celu łatwiejszego porównania różnych temperatur wody, ustawień wentylatorów itp.



# Poradnik techniczny

## Tabele do wymiarowania

### Podstawowe wzory elektryczne

#### Natężenie

Prąd stały i 1-fazowy prąd przemienny przy $\cos\phi=1$	3-fazowy prąd przemienny, połączenie w gwiazdę	3-fazowy prąd przemienny, połączenie w trójkąt
$I=U/R=P/U$	$I_r=I$	$I=I_r \cdot 3$

#### Napięcie

Prąd stały i 1-fazowy prąd przemienny przy $\cos\phi=1$	3-fazowy prąd przemienny, połączenie w gwiazdę	3-fazowy prąd przemienny, połączenie w trójkąt
$U=RI$	$U=U_r \cdot 3$	$U_r=U$

#### Moc

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

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<sub>f</sub> = napięcie między fazą i zerem oraz zero w przewodzie 3-fazowym.

$\sqrt{3} \approx 1.73$

I = natężenie w amperach

If = natężenie w amperach w przewodzie fazowym

R = rezystancja w omach

P = moc w watach

### Symbole stopnia ochrony

#### Stopnie ochrony urządzeń elektrycznych

IP, pierwsza cyfra	Ochrona przed ciałami stałymi
0	Brak ochrony
1	Ochrona przed ciałami stałymi $\geq 50$ 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

Kable głównego zasilania		Przewody zasilające		
Średnica [mm <sup>2</sup> ]	Bezpiecznik [A]	Średnica [mm <sup>2</sup> ]	Obciążenie [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.



