

# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

## ► Chłodzenie szaf sterowniczych i procesów





Mgr inż. Heinrich Styppa, do czasu odejścia z firmy ze względu na wiek, był w Rittal w Herborn kierownikiem działu i w ramach tej funkcji odpowiadał na płaszczyźnie międzynarodowej za klimatyzację szaf sterowniczych i chłodzenie procesów. Był pomysłodawcą i inicjatorem wielu innowacji produktów w tej dziedzinie, jak np. wprowadzanie niezawierających freonu klimatyzatorów ProOzon i techniki mikroprocesorowej, wymienników ciepła powietrze/woda, nanotechnologii i energooszczędnych klimatyzatorów do szaf sterowniczych.

W licznych publikacjach fachowych i podręcznikach specja-

listycznych oraz wielu wykładach w stowarzyszeniach oraz u klientów, pan Heinrich Styppa przedstawiał innowacyjne możliwości odprowadzania ciepła z szaf sterowniczych i maszyn produkcyjnych.

Pan Styppa otrzymywał szerokie wsparcie ze strony pana Ralfa Schneidera, szefa działu International Business Development Climatisation, Rittal GmbH & Co. KG.

## Biblioteka techniczna Rittal, Tom 2

Wydawca Rittal GmbH & Co. KG  
Herborn, wrzesień 2013

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Wszelkiego rodzaju powielanie i rozpowszechnianie bez wyraźnej zgody jest zabronione.

Wszystkie teksty i ilustracje zostały opracowane przez wydawcę i autorów z maksymalną starannością. Niemniej nie możemy zagwarantować prawidłowości, kompletności i aktualności tych treści. Wydawca i autorzy w żadnym przypadku nie odpowiadają za jakiegokolwiek szkody pośrednie i bezpośrednie wynikające z zastosowania tych informacji.

Prawa autorskie:

© 2013 Rittal GmbH & Co. KG

Realizacja:

Rittal GmbH & Co. KG

Martin Kandziora, Dagmar Liebegut

ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Słowo wstępne

W obliczu rosnących globalnych problemów klimatycznych oraz coraz wyższych cen energii, w przemysłowych procesach produkcji centralnym tematem związanym z przyszłością jest efektywność energetyczna.

Zaawansowana technologia niemieckiego producenta obrabiarek otrzymuje dodatkowe wzmocnienie w postaci efektywności energetycznej.

Na zalety produktów i cechy odróżniające od międzynarodowej konkurencji składa się nie tylko precyzja, wydajność, jakość i bezpieczeństwo, lecz także mniejsze zużycie energii! W międzyczasie zareagowała również Unia Europejska wprowadzając obrabiarki na listę produktów objętych dyrektywą EUP.

Coraz wydajniejsza technologia procesów produkcji spowodowała, że znacznie wzrosła również moc tracona w szafach sterowniczych.

Odpowiedzią Rittal na ten rozwój są wysokowydajne rozwiązania klimatyzacji, w których główny akcent położono na efektywność energetyczną, a opracowane komponenty klimatyzacji i systemy chłodzenia cechują się ciągłym wzrostem sprawności o ponad 40% w stosunku do starych systemów.

Nie bez powodu Rittal, na płaszczyźnie międzynarodowej, należy nie tylko do liderów rynku, lecz przede wszystkim także do liderów technologii klimatyzacji szaf sterowniczych, maszyn, szaf serwerowych i centrów danych.

W niniejszej książce ukazane zostały możliwości ukierunkowanego na przyszłość, efektywnego energetycznie chłodzenia szaf sterowniczych i maszyn.

Heinrich Styppa

# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Całość to zawsze coś więcej niż suma części

Dotyczy to również „Rittal – The System.“ dlatego skupiliśmy nasze innowacyjne produkty z zakresu szaf sterowniczych, rozdziału mocy, klimatyzacji i infrastruktury IT w jednej platformie systemowej. Uzupełniając je o bogate oprogramowanie narzędziowe i serwis na całym świecie, tworzymy jedyną w swoim rodzaju wartość dodaną dla całego obszaru przemysłu: zakładów produkcyjnych, instalacji badawczych, automatyki budynku i centrów danych. Zgodnie z naszą zasadą „Faster – better – everywhere“ optymalnie łączymy innowacyjne produkty z wydajnym serwisem.

**Szybciej** dzięki modułowemu programowi rozwiązań „Rittal – The System.“, który dzięki kompatybilności systemowej zapewnia szybsze projektowanie, montaż, przebudowę i uruchomienie.

**Lepiej** dzięki szybszemu wdrażaniu w produktach trendów rynku. Nasza innowacyjność zapewnia Państwu konkurencyjność.

**Wszędzie** dzięki 150 lokalizacjom połączonym w ogólnosiwiatową sieć. Rittal posiada ponad 60 spółek córek na całym świecie, więcej niż 250 partnerów serwisowych i ponad 1000 techników serwisu. Od ponad 50 lat bezpośrednio na miejscu służymy Państwu radą, wsparciem i produktami.

IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

## » nextlevel

for industry

Dzięki programowi Therm i innowacyjnej aplikacji Therm obliczanie zapotrzebowania indywidualnej zabudowy szaf sterowniczych na klimatyzację staje się dziecinnie proste, a w programie klimatyzacji Rittal można znaleźć właściwe rozwiązanie dla każdego zadania.

### Rittal – The System.

- Rittal – Therm
- Rittal – sprawdzone systemy klimatyzacji



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

## Klimatyzacja od S do XXL

- Chłodzenie powietrzem
- Klimatyzatory
- Chłodzenie cieczą
- Grzałki



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL



- Moc z atestem TÜV – w klimatyzatorach TopTherm
- Przyjazne dla środowiska – bezfreonowe chłodziwa od ponad 20 lat



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

## Zalety

Firma Rittal jest światowym dostawcą wydajnych, energooszczędnych i przyjaznych dla środowiska systemów klimatyzacji procesów technologicznych.

**Szybciej** – łatwe projektowanie z aplikacją Therm

**Lepiej** – efektywna i energooszczędna technika klimatyzacji

**Wszędzie** – serwis na całym świecie



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

Informacje do składowania zamówień

## Katalog

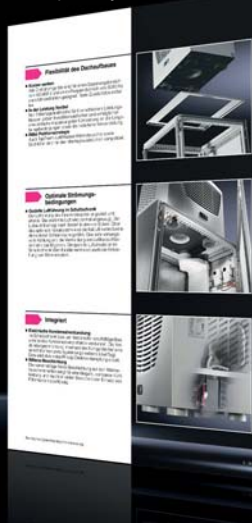
- Informacje o produkcji
- Informacje dotyczące zamówień



Korzyści

## Podręcznik techniczny systemu Rittal

- Korzyści
- Argumenty
- Zalety
- Informacje o systemie



Druk	■	–
CD	■	–
www.rittal.pl	■	■

ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

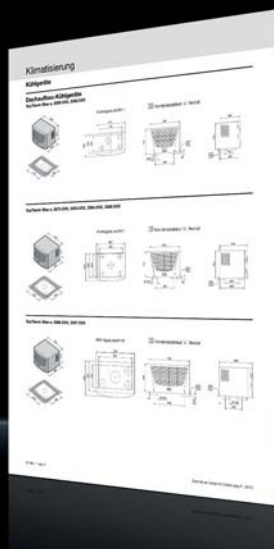
CLIMATE CONTROL

# Struktura informacyjna

## Technika

### Szczegóły techniczne

- Rysunki techniczne
- Pola charakterystyk



## Kontekst

### Biblioteka techniczna

- Informacje dodatkowe



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Spis treści

## Podstawy

Dlaczego odprowadzanie ciepła z szafy sterowniczej jest niezbędne? .....	20
Rodzaje odprowadzania ciepła .....	21
Podstawy fizyczne obliczania odprowadzania ciepła .....	23
Dlaczego grzałki do szaf sterowniczych? .....	28

## Aktywne odprowadzanie ciepła

Odprowadzanie ciepła przez wymuszoną cyrkulację powietrza .....	32
Odprowadzenie ciepła przez wentylatory filtrujące .....	33
Odprowadzanie ciepła przez wymienniki ciepła powietrze/powietrze .....	37
Odprowadzanie ciepła przez chłodzenie termoelektryczne .....	40
Odprowadzanie ciepła przez wymienniki ciepła powietrze/woda .....	42
Odprowadzanie dużych mocy traconych (moce chłodnicze > 10 kW) .....	48
Bezpośrednie chłodzenie wodne .....	50
Klimatyzacja aktywna za pomocą klimatyzatorów szaf sterowniczych .....	53
Przegląd ogólny .....	61
Obliczanie i rozplanowanie rozwiązań klimatyzacji za pomocą programu Therm .....	62

## Uwagi dotyczące projektowania i eksploatacji

Ważne i przydatne uwagi dotyczące projektowania i eksploatacji .....	66
Obieg zewnętrzny – otwarte przestrzenie .....	68
Konserwacja .....	71

## Czym jest chłodzenie maszyn i procesów?

Koniczność chłodzenia maszyn i procesów .....	76
---	----

## Indeksy

Indeks alfabetyczny .....	90
Glosariusz .....	91
Źródła .....	92

## Wskazówka:

IT-Cooling (klimatyzacja) - termin wydania: marzec 2014  
Budowa rozdzielnic i sterownic zgodnie z normą  
(wydane)

# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL



# Podstawy

<b>Dlaczego potrzebujemy szafy sterowniczej? .....</b>	<b>18</b>
<b>Dlaczego odprowadzanie ciepła z szafy sterowniczej jest niezbędne? .....</b>	<b>20</b>
<b>Rodzaje odprowadzania ciepła .....</b>	<b>21</b>
■ Chłodzenie przez powierzchnię szafy sterowniczej .....	21
■ Chłodzenie strumieniem powietrza .....	22
<b>Podstawy fizyczne obliczania odprowadzania ciepła .....</b>	<b>23</b>
<b>Dlaczego grażki do szaf sterowniczych? .....</b>	<b>28</b>

## ■ Dlaczego potrzebujemy szafy sterowniczej?

Głównym zadaniem szafy sterowniczej jest ochrona komponentów elektronicznych i urządzeń przed agresywnymi mediami, jak wilgoć, woda, powietrze otoczenia zawierające olej, agresywne opary, a także pył w otaczającym powietrzu.

Przy braku takiej ochrony dochodzi do awarii komponentów elektronicznych i w końcu do zatrzymania całych linii produkcyjnych. W wyniku awarii linii produkcyjnej powstają koszty, które mogą się sumować do ogromnych kwot.

Zatem zadanie obudowy lub szafy sterowniczej polega na trwałej ochronie wrażliwej i drogiej mikroelektroniki oraz komponentów elektronicznych.

Istnieją różne stopnie ochrony dotyczącej warunków otoczenia w zależności od miejsca zainstalowania szafy sterowniczej.

Stopnie ochrony są określane za pomocą **kodów IP** lub **NEMA Type Ratings**.

Skrót IP oznacza Ingress Protection (po polsku: **zabezpieczenie przed wnikaniem**). Stopnie ochrony podawane są poprzez oznaczenie skrótowe, które składa się z dwóch niezmiennych liter identyfikacyjnych oraz dwóch cyfr znamionowych.

Normą obowiązującą dla budowy szaf lub aparatury sterowniczej jest EN 60 529 (VDE 0470-1).

### Klasyfikacja IP, stopień ochrony przed ciałami obcymi i ochrony przed dotykiem

1. prefiks	Znaczenie	
EN 60 529	Ochrona przed ciałami obcymi	Ochrona przed dotykiem
0	Brak ochrony	Brak ochrony
1	Ochrona przed ciałami o wielkości ponad 50 mm	Zabezpieczenie przed dotykiem wierzchem dłoni
2	Ochrona przed ciałami o wielkości ponad 12,5 mm	Zabezpieczenie przed dotykiem palcem
3	Ochrona przed ciałami o wielkości ponad 2,5 mm	Zabezpieczenie przed dostępem za pomocą narzędzia
4	Ochrona przed ciałami o wielkości ponad 1 mm	Zabezpieczenie przed dostępem za pomocą drutu
5	Zabezpieczenie przed szkodliwą ilością pyłu	Pełna ochrona przed dotykiem
6	Pyłoszczelność	Pełna ochrona przed dotykiem

**Klasyfikacja IP, stopnie ochrony przed wnikaniem wody**

2. prefiks	Znaczenie
EN 60 529	Ochrona przed wodą
0	Brak ochrony
1	Ochrona przed kroplami wody spadającymi pionowo
2	Ochrona przed kroplami wody padającymi na obudowę pod kątem 15°
3	Ochrona przed kroplami padającymi pod kątem 60° od pionu
4	Ochrona przed kroplami padającymi pod dowolnym kątem, ze wszystkich stron
5	Ochrona przed strumieniem wody (z dyszy) z dowolnego kierunku
6	Ochrona przed silnym strumieniem wody
7	Ochrona przed zalaniem przy chwilowym zanurzeniu
8	Ochrona przed zalaniem przy ciągłym zanurzeniu

**Klasyfikacja NEMA**

Typ	Znaczenie
1	Ustawienie wewnątrz, zabezpiecza przed opadającym brudem
4	Ustawienie na zewnątrz lub wewnątrz, zabezpiecza przed naniesionym przez wiatr kurzem oraz deszczem, bryzgami wodnymi i strumieniami wodnymi; oprócz tego zabezpieczenie przed uszkodzeniami spowodowanymi oblodzeniem na zewnątrz szafy
4X	Ustawienie na zewnątrz lub wewnątrz, zabezpiecza przed pyłem naniesionym przez wiatr oraz deszczem, bryzgami wodnymi, strumieniami wody i korozją; oprócz tego zabezpieczenie przed uszkodzeniami spowodowanymi oblodzeniem na zewnątrz szafy
12	Ustawienie wewnątrz, zabezpiecza przed opadającym brudem, kurzem oraz kroplami niepowodujących korozji cieczy

**NEMA oznacza National Electrical Manufacturers Association.**

Obecnie w nowoczesnych szafach sterowniczych wymaga się wysokich stopni ochrony, dlatego szafy muszą być wględnie szczelne.

Skutkiem tego jest, że wpływy otoczenia nie mogą wnikać do szafy sterowniczej, ale jednocześnie także ciepło generowane przez komponenty elektroniczne nie może być odprowadzane na zewnątrz.

## ■ Dlaczego odprowadzanie ciepła z szafy sterowniczej jest niezbędne?

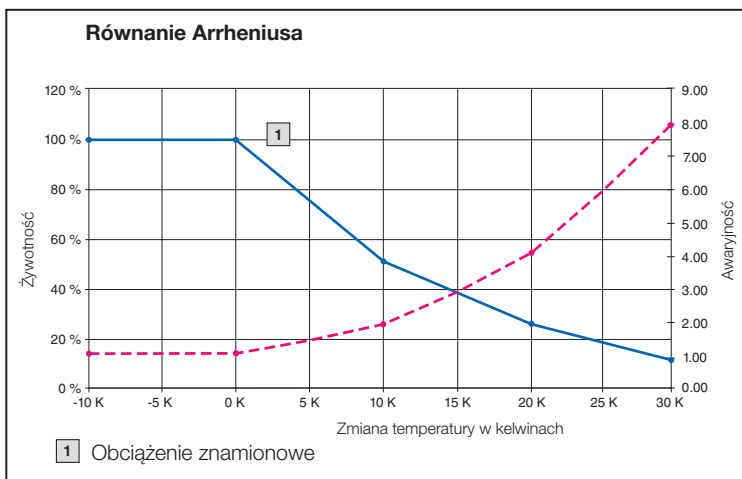
Obok negatywnych wpływów zewnętrznych, jak powietrze zawierające olej i wilgoć oraz pył, wrogiem numer jeden dzisiejszej wysokowydajnej elektroniki i komponentów elektronicznych w szafie sterowniczej jest przede wszystkim ciepło.

W odniesieniu na każdy pojedynczy komponent, straty mocy podzespołów elektronicznych stały się w ostatnich latach wyraźnie mniejsze. Jednocześnie jednak w szafach sterowniczych znacznie wzrosła gęstość upakowania, co doprowadziło do 50-60 procentowego wzrostu strat mocy w szafach sterowniczych.

Wraz z pojawieniem się mikroelektroniki i nowych komponentów elektronicznych zmieniły się wymagania dotyczące profesjonalnego budowania szaf sterowniczych, a przez to także wymagania odnośnie odprowadzania ciepła z szaf sterowniczych i obudów elektroniki.

Nowoczesna klimatyzacja szaf sterowniczych musi w pełni odpowiadać nowym warunkom w odniesieniu do najlepszych rozwiązań technicznych i z uwzględnieniem efektywności energetycznej.

Jak już wspomniano, główną odpowiedzialność za to, że w szafie sterowniczej dochodzi do awarii podzespołów elektronicznych ponosi ciepło. Po podwyższeniu temperatury o 10 K powyżej maksymalnej dopuszczalnej temperatury pracy, żywotność tych podzespołów spada o połowę, a awaryjność podwaja się (patrz równanie Arrheniusa).



## ■ Rodzaje odprowadzania ciepła

Bezzakłóceńowa praca i funkcjonowanie linii produkcyjnych silnie zależy od sposobu, w jaki ciepło powstające w komponentach elektrycznych i elektronicznych jest odprowadzane z szafy sterowniczej na zewnątrz.

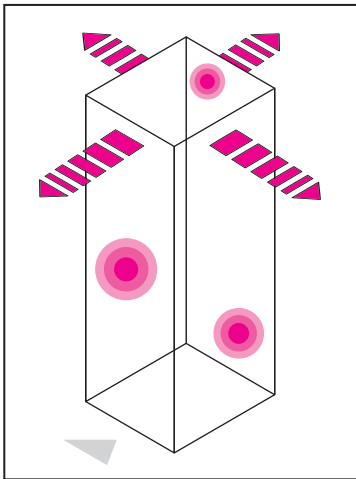
Istnieją trzy różne rodzaje / możliwości przenoszenia ciepła:

- Przewodzenie ciepła
- Konwekcja
- Promieniowanie cieplne

W szafach sterowniczych i obudowach elektroniki mamy do czynienia przede wszystkim z przewodzeniem ciepła i konwekcją. W przypadku promieniowania cieplnego ciepło jest przenoszone bez nośnika z jednego ciała do drugiego w formie energii promieniowania i odgrywa tutaj podrzedną rolę.

To, czy chodzi o przewodzenie ciepła, czy o konwekcję, zależy od tego, czy szafa sterownicza jest otwarta i przepuszcza powietrze, czy zamknięta i nie przepuszcza powietrza. W otwartej szafie sterowniczej ciepło, czyli moc tracona, może być odprowadzane z szafy przez strumień powietrza, czyli przewodzenie ciepła od wewnątrz na zewnątrz. Jeżeli szafa sterownicza musi pozostać zamknięta, odprowadzanie ciepła jest możliwe początkowo tylko przez ściany, czyli przez konwekcję.

### Chłodzenie przez ściany szafy sterowniczej, czyli konwekcja od wewnątrz na zewnątrz przy dodatniej różnicy temperatur $T_{wew} > T_{zew}$



#### Metoda:

- Chłodzenie przez powierzchnię szafy

#### Stopień ochrony:

- Do IP 68

#### Maks. moc chłodnicza:

- 350 W

#### Zalety:

- Brak dodatkowych kosztów
- Wysoki stopień ochrony

#### Wady:

- W szafie mogą powstawać gniazda ciepła

## Chłodzenie strumieniem powietrza, czyli przewodzenie ciepła od wewnątrz na zewnątrz przy dodatniej różnicy temperatur $T_{wew} > T_{zew}$

### Metoda:

- Chłodzenie przez konwekcję

### Stopień ochrony:

- Do IP 21

### Maks. moc chłodnicza:

- 500 W

### Zalety:

- Brak dodatkowych kosztów

### Wady:

- Brak wysokiego stopnia ochrony
- W szafie mogą powstawać gniazda ciepła

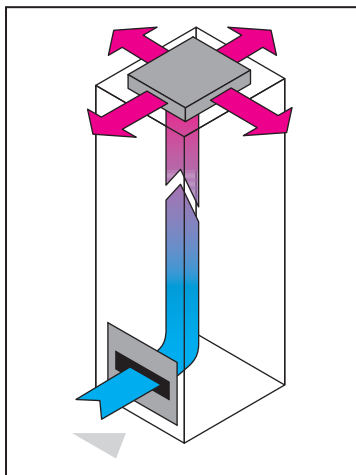
To, jaki rodzaj odprowadzania ciepła jest możliwy, zależy nie tylko od tego, czy szafa sterownicza jest otwarta czy zamknięta, lecz przede wszystkim od maksymalnej temperatury otoczenia w miejscu zainstalowania szaf sterowniczych oraz od maksymalnej temperatury wewnętrznej w szafie. Czy konwekcja własna wystarczy do odprowadzenia mocy traconej ( $Q_v$ ) z zamkniętej szafy sterowniczej przez ściany na zewnątrz, zależy od temperatury otoczenia ( $T_{zew}$ ) i maksymalnej dopuszczalnej temperatury wewnętrznej ( $T_{wew}$ ) w szafie. Maksymalny wzrost temperatury w szafie sterowniczej w stosunku do otoczenia można wyznaczyć z następującego równania:

$$(T_{wew} - T_{zew}) = \frac{Q_v}{k \cdot A}$$

gdzie  $k$  oznacza współczynnik przepływu ciepła (blacha stalowa,  $k = 5,5$  W/m<sup>2</sup> K), natomiast  $A$  (m<sup>2</sup>) powierzchnię szafy sterowniczej wyznaczaną na podstawie DIN 57 660 część 500.

Przykład obliczeń:

Wyznaczona moc tracona w szafie sterowniczej  $Q_v = 400$  W



Powierzchnia szafy sterowniczej (szer. x wys. x głęb. 600x2000x600 mm)  
 $A = 5,16$  m<sup>2</sup>;  $T_{zew} = 22^\circ\text{C}$

$$(T_{wew} - T_{zew}) = \frac{400}{5,5 \cdot 5,16} > 22 - 14 = 8^\circ\text{K}$$

### Wynik:

Temperatura wewnętrzna szafy sterowniczej ( $T_{wew}$ ) przy mocy traconej 400 W i powierzchni 5,16 m<sup>2</sup> w stosunku do temperatury otoczenia +22°C wzrośnie do ok. +30°C.

### Podsumowanie:

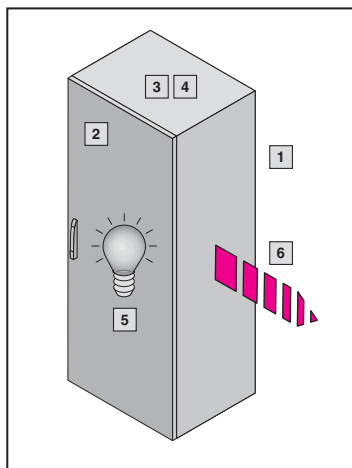
Taka moc tracona przy wyżej wymienionych parametrach może być odprowadzona przez powierzchnię szafy sterowniczej na zewnątrz.

Chodzi tutaj o pasywne odprowadzanie ciepła z szafy sterowniczej, ponieważ nie są stosowane żadne wentylatory lub inne komponenty klimatyzacji.

## ■ Podstawy fizyczne obliczania odprowadzania ciepła

W celu wyznaczenia niezbędnych rozwiązań klimatyzacji szaf sterowniczych należy obliczyć moc traconą  $\dot{Q}_v$  w szafie. Dodatkowo niezbędne jest określenie następujących parametrów:

Parametry	
$\dot{Q}_v$	Zainstalowana w szafie moc tracona [W]
$\dot{Q}_s$	Promieniowanie ciepłe przez powierzchnię szafy [W] $\dot{Q}_s = k \cdot A \cdot \Delta T$
$\dot{Q}_k$	Wymagana użytkowa moc chłodnicza [W]
$\Delta T$	Różnica między temperaturą wewnętrzną a zewnętrzną [K] $\Delta T = (T_{wew} - T_{zew})$
$\dot{Q}_e$	Wymagana moc chłodnicza [W] $\dot{Q}_e = \dot{Q}_v - \dot{Q}_s$
V	Wymagany strumień objętości wentylatora filtrującego [m <sup>3</sup> /h] Przybliżona kalkulacja: $V = \frac{3,1 \cdot \dot{Q}_v}{\Delta T}$



1	$T_{zew}$	Maksymalna temperatura otoczenia
2	$T_{wew}$	Maksymalna temperatura wewnętrzna szafy sterowniczej
3	A	Efektywna powierzchnia szafy sterowniczej (VDE)
4	k	Współczynnik przepływu ciepła
5	$\dot{Q}_v$	Moc tracona
6	$\dot{Q}_s$	Promieniowanie ciepłe przez powierzchnię szafy
	IP XX	Stopień ochrony
		Rodzaj ustawienia patrz strona 24

Maksymalna temperatura wewnętrzna szafy sterowniczej ( $T_{wew}$ ) musi zostać wyznaczona na podstawie zainstalowanych w szafie komponentów elektrycznych i elektronicznych.

Zgodnie z IEC 60 204-1 „Bezpieczeństwo maszyn”, elektryczne wyposażenie maszyn musi być w stanie prawidłowo pracować w przewidzianej temperaturze powietrza otoczenia.








Minimalny wymóg to prawidłowa praca w temperaturach otoczenia między  $+5^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ . Odnośnie zalecanej temperatury wewnętrznej

szafy sterowniczej przyjęła się średnia wartość  $+35^{\circ}\text{C}$ . Ta temperatura wewnętrzna stanowi również podstawę do wszystkich obliczeń dla niezbędnych rozwiązań klimatyzacji w szafach sterowniczych.

Poza opisanymi wcześniej wartościami fizycznymi, musi zostać również określona powierzchnia szafy sterowniczej z uwzględnieniem rodzaju ustawienia.

Odpowiednie parametry, w zależności od miejsca zainstalowania, zostały określone w DIN VDE 0660 część 500/IEC 890.

### Rodzaj ustawienia obudowy wg IEC 60 890

	Obudowa pojedyncza wolnostojąca z każdej strony $A = 1,8 \cdot H \cdot (B + T) + 1,4 \cdot B \cdot T$
	Obudowa pojedyncza przyścienna $A = 1,4 \cdot B \cdot (H + T) + 1,8 \cdot H \cdot T$
	Obudowa początkowa lub końcowa wolnostojąca $A = 1,4 \cdot T \cdot (B + H) + 1,8 \cdot B \cdot H$
	Obudowa początkowa lub końcowa przyścienna $A = 1,4 \cdot H \cdot (B + T) + 1,4 \cdot B \cdot T$
	Obudowa środkowa wolnostojąca $A = 1,8 \cdot B \cdot H + 1,4 \cdot B \cdot T + H \cdot T$
	Obudowa środkowa przyścienna $A = 1,4 \cdot B \cdot (H + T) + H \cdot T$
	Obudowa środkowa przyścienna, z osłoniętą powierzchnią dachu $A = 1,4 \cdot B \cdot H + 0,7 \cdot B \cdot T + H \cdot T$

A = efektywna powierzchnia szafy sterowniczej [ $\text{m}^2$ ]

B = szerokość szafy sterowniczej [m]

H = wysokość szafy sterowniczej [m]

T = głębokość szafy sterowniczej [m]

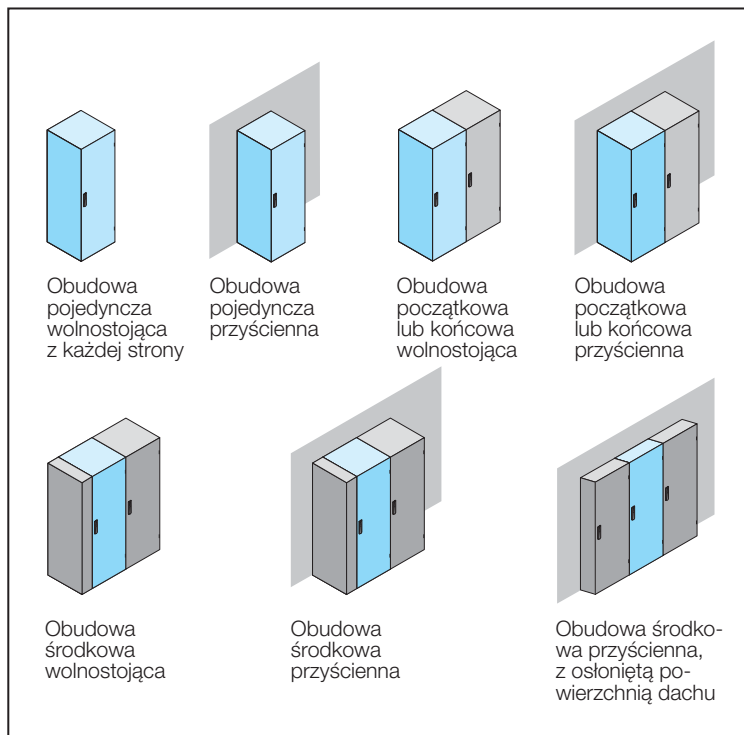
Jaka moc promieniowania z szafy do otoczenia czy moc promieniowania z otoczenia do szafy znajduje zastosowanie, zależy od rodzaju ustawienia szafy sterowniczej.

Obudowa pojedyncza wolnostojąca z każdej strony może oddać przez swoją powierzchnię do otoczenia więcej mocy traconej (przy dodatniej różnicy temperatur,  $T_{wew} > T_{zew}$  między temperaturą wewnętrzną a zewnętrzną), niż szafa umieszczona we wnęce lub zintegrowana z maszyną.



## Efektywna powierzchnia szafy sterowniczej [m<sup>2</sup>] (VDE 0660 część 507)

Rodzaj ustawienia szafy sterowniczej ma wpływ na efektywną powierzchnię.



## Kryteria wyłączenia

Na podstawie stosunku temperatury otoczenia ( $T_{zew}$ ) do żądanej temperatury wewnętrznej szafy sterowniczej ( $T_{wew}$ ) można z góry określić rodzaj możliwej klimatyzacji.

<b>Klimatyzacja pasywna</b>	
Naturalna konwekcja	$T_{wew} > T_{zew}$
<b>Klimatyzacja aktywna</b>	
Cyrkulacja powietrza	$T_{wew} > T_{zew}$
Wentylatory filtrujące i filtry wylotowe	$T_{wew} > T_{zew}$
Wymienniki ciepła powietrze/powietrze	$T_{wew} > T_{zew}$
Wymienniki ciepła powietrze/woda	$T_{wew} < T_{zew}$
Systemy schładzania / zimnej wody	$T_{wew} < T_{zew}$
Klimatyzatory szaf sterowniczych	$T_{wew} < T_{zew}$

Poniższa tabela powinna pomóc w zorientowaniu się, kiedy i jakie rozwiązanie klimatyzacji może znaleźć zastosowanie przy uwzględnieniu stopnia ochrony i mocy chłodniczej.

Prezentacja aktywnych metod klimatyzacji w szczególności, patrz punkt 2, od strony 31.

## Przegląd metod chłodzenia według stopnia ochrony i mocy chłodniczej

Metoda	Stopień ochrony	Moc chłodnicza	Strona
Chłodzenie za pomocą wentylatorów	IP 20	8000 W	33
Chłodzenie przez konwekcję	IP 21	500 W	32
Chłodziarka termoelektryczna	IP 54	1000 W	40
Wymienniki ciepła powietrze/powietrze	IP 54	1000 W	37
Klimatyzatory sprężarkowe	IP 54	10000 W	53
Wentylatory filtrujące	do IP 54/IP 55	2000 W	33
Wymienniki ciepła powietrze/woda	IP 55	10000 W	42
Chłodzenie przez powierzchnię szafy	do IP 68	250 W	21
Chłodzenie przez wymuszoną cyrkulację powietrza	do IP 68	350 W	32
Płyta montażowa chłodzona wodą	do IP 68	3000 W	50



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



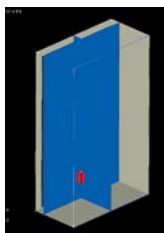
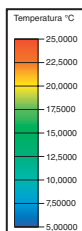
## ■ Dlaczego grzałki do szaf sterowniczych?

Zagrożenie bezpieczeństwa działania podzespołów elektrycznych i elektronicznych w szafie sterowniczej występuje nie tylko przy zbyt wysokich, lecz także przy zbyt niskich temperaturach. Temperatura wewnątrz szafy sterowniczej musi być podnoszona szczególnie w celu uniknięcia wilgoci i w celu ochrony przed mrozem. Ponadto nie wolno doprowadzić do osadzania się warstwy kondensatu na komponentach.

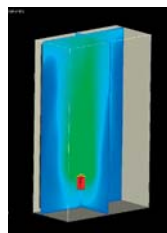
Dzięki wsparciu licznych analiz CFD (= Computational Fluid Dynamics) opracowana została najnowsza generacja grzałek do szaf sterowniczych. Elementarne znaczenie dla równomiernego rozkładu temperatur

w szafie sterowniczej ma położenie grzałki. W celu uzyskania optymalnego rozkładu temperatur, a przez to także skuteczności, zalecane jest umieszczenie grzałki w części podłogowej szafy.

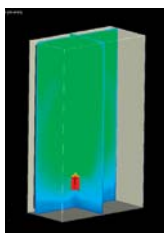
Dzięki technologii PTC, przy maksymalnej temperaturze powierzchni grzałki zredukowany został pobór prądu. Wraz z termostatem uzyskano dopasowane do potrzeb, energooszczędne ogrzewanie. Niezbędna moc ogrzewania zależy od temperatury otoczenia i rzeczywistej powierzchni szafy wg VDE 0660 część 507.



Start



Po 5 minutach



Po 15 minutach



Po 30 minutach

**Przykład:**

Szafa sterownicza wolnostojąca  
szer. x wys. x głęb.  
= 600 · 2000 · 500 mm

Najniższa temperatura otoczenia  
 $T_{zew} = -5^{\circ}\text{C}$

Najniższa temperatura wewnętrzna  
szafy sterowniczej  $T_{wew} = +10^{\circ}\text{C}$

Niezbędną moc ogrzewania  $Q_s$  oblicza się według znanego już równania na napromieniowanie

$$\dot{Q} = A \cdot k \cdot (T_{wew} - T_{zew})$$

$k$  = współczynnik przepływu ciepła  
 $5,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$A = 4,38 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_h = 4,38 \text{ m}^2 \cdot 5,5 \text{ W/m}^2 \text{ K} (+10 + 5) > 361 \text{ W}$$

**Wynik:**

Musi zostać dobrana grzałka o mocy ogrzewania co najmniej 361 watów.

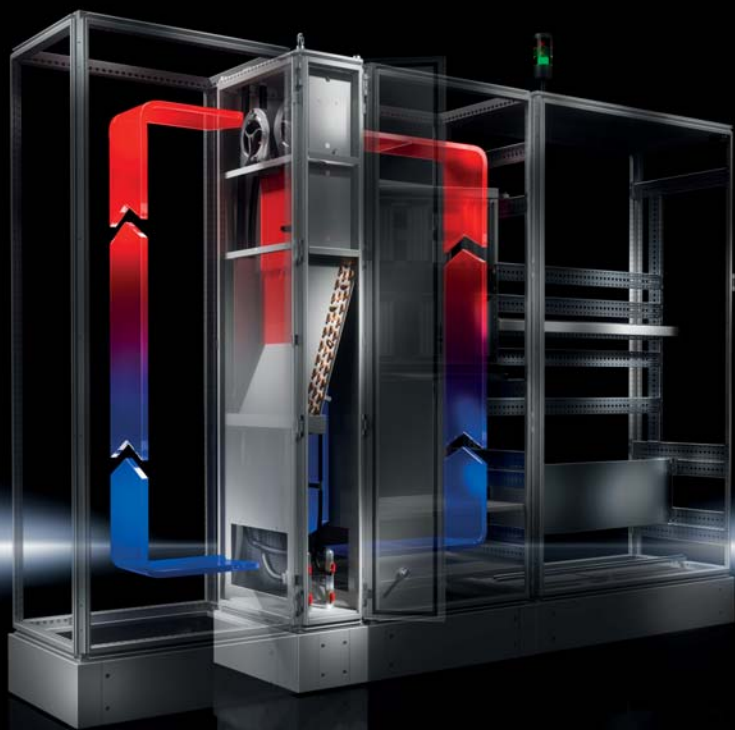
Przy montażu grzałek do szaf sterowniczych powinny być przestrzegane następujące punkty:

- Montaż możliwie centralnie, w części podłogowej
- Odległość od płyty podłogi > 100 mm
- Grzałki umieszczają poniżej chronionych podzespołów
- Odległość od powierzchni bocznych > 50 mm
- Odległość od materiałów termoplastycznych > 35 mm
- W celu osiągnięcia dokładnej regulacji temperatury przy zbyt wysokiej wilgotności powietrza, należy zastosować higrostat



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Aktywne odprowadzanie ciepła

<b>Odprowadzanie ciepła przez wymuszoną cyrkulację powietrza .....</b>	<b>32</b>
<b>Odprowadzenie ciepła przez wentylatory filtrujące .....</b>	<b>33</b>
■ Obliczanie strumienia objętości wentylatora w odniesieniu do wysokości w miejscu zainstalowania .....	35
<b>Odprowadzanie ciepła przez wymienniki ciepła powietrze/powietrze .....</b>	<b>37</b>
<b>Odprowadzanie ciepła przez chłodzenie termoelektryczne .....</b>	<b>40</b>
<b>Odprowadzanie ciepła przez wymienniki ciepła powietrze/woda.....</b>	<b>42</b>
■ Zalety chłodzenia wodnego.....	44
■ Porównanie efektywności klimatyzatorów – chillerów z wymiennikami ciepła .....	46
■ Odprowadzanie dużej mocy traconych (moce chłodnicze > 10 kW) .....	48
<b>Bezpośrednie chłodzenie wodne .....</b>	<b>50</b>
<b>Klimatyzacja aktywna za pomocą klimatyzatorów szaf sterowniczych.....</b>	<b>53</b>
■ Technologia klimatyzatorów .....	54
■ Dlaczego elektroniczne odparowywanie kondensatu? .....	59
<b>Przegląd ogólny .....</b>	<b>61</b>
<b>Obliczanie i rozplanowanie rozwiązań klimatyzacji za pomocą programu Therm .....</b>	<b>62</b>

## ■ Odprowadzanie ciepła przez wymuszoną cyrkulację powietrza $T_{wew} > T_{zew}$

(dodatnia różnica między temperaturą wewnętrzną a zewnętrzną)

W celu polepszenia konwekcji, czyli przechodzenia ciepła, przy ścianach szafy sterowniczej od wewnątrz na zewnątrz, stosuje się tzw. wentylatory recyrkulacji powietrza. Wentylatory te przetłaczają powietrze wewnątrz szafy, co powinno spowodować lepszy rozkład ciepła w szafie sterowniczej i przy jej ścianach.

### Metoda:

- Chłodzenie przez wymuszoną cyrkulację powietrza

### Stopień ochrony:

- Do IP 68

### Maks. moc chłodnicza:

- 350 W

### Zalety:

- Dzięki cyrkulacji nie powstają skupiska ciepła

### Wady:

- Tylko ograniczona moc chłodnicza

Strumień objętości powietrza, jak musi wytworzyć wentylator, oblicza się z następującego równania:

$$V = \frac{f \cdot \dot{Q}_v}{T_{wew} - T_{zew}}$$

$V$  = wydajność wentylatora

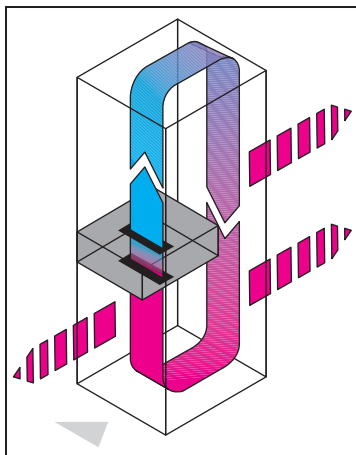
$f$  = stała powietrza, patrz tabela strona 35

$\dot{Q}_v$  = zainstalowana moc tracona (oddawanie ciepła przez podzespół)

$T_{wew}$  = dopuszczalna temperatura przy podzespołe

$T_{zew}$  = zasysane powietrze

Wynik takiego rozwiązania jest jednak bardzo ograniczony.



### Wskazówka:

Prosimy zwrócić uwagę na rodzaj ustawienia, patrz strona 24/25.



## ■ Odprowadzanie ciepła przez wentylatory filtrujące $T_{wew} > T_{zew}$

Brak pewności z reguły występuje przy wyznaczaniu mocy traconej w szafie sterowniczej, przy czym obecnie prawie wszyscy producenci części i komponentów elektronicznych podają te parametry w specyfikacjach i dokumentacjach urządzeń, których projektant może je odczytać.

W większości przypadków do osiągnięcia wspomnianej już, wymaganej stałej temperatury wewnętrznej szafy sterowniczej 35°C, nie wystarczy tylko sama konwekcja.

**Najprostszym rozwiązaniem mogą być tutaj wentylatory filtrujące.**

### Metoda:

- Wentylator filtrujący

### Stopień ochrony:

- Do IP 54/IP 55

### Maks. moc chłodnicza:

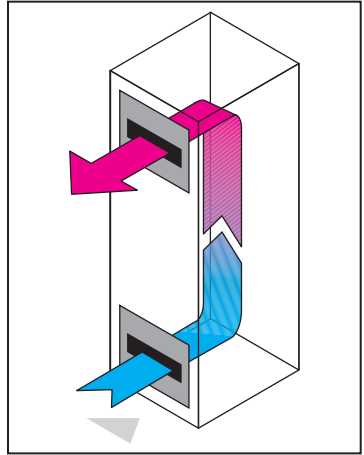
- 2000 W

### Zalety:

- Niedroga i łatwa metoda chłodzenia

### Wady:

- W zanieczyszczonym powietrzu koszty konserwacji w wyniku wymiany filtrów



Te innowacyjne wentylatory (z technologią diagonalną), dzięki nowemu rodzajowi konstrukcji oferują równomierną i stałą wydajność powietrza przy optymalnym prowadzeniu powietrza i bardzo małej głębokości montażowej, a przez to więcej miejsca w szafie sterowniczej w porównaniu ze zwykłymi wentylatorami filtrującymi z technologią osiową.



$T_{wew} > T_{zew}$

- Połączenie wentylatora filtrującego i filtra wylotowego
- Strumień objętości powietrza 20 – 900 m<sup>3</sup>/h
- Napięcia robocze: 230 V, 115 V, 50/60 Hz, 24 V (DC), 48 V (DC)
- Stopień ochrony IP54 (opcjonalnie IP56)
- Wszystkie warianty również jako wersja EMC

W zależności od wymagań wentylatory filtrujące mogą być instalowane zarówno „z nadmuchem” do szafy, jak i „z wydmuchem” z szafy. Zaleca się jednak, aby wentylatory instalować z nadmuchem w celu uniknięcia podciśnienia w szafie sterowniczej. Podciśnienie powoduje niekontrolowany przepływ dopływającego powietrza

w szafie sterowniczej, tzn. nie tylko przez filtr, lecz także przez wszystkie przepusty kablowe i inne nieszczelne miejsca. W ten sposób napływające, niefiltrowane powietrze otoczenia wraz z pyłem może prowadzić do problemów.

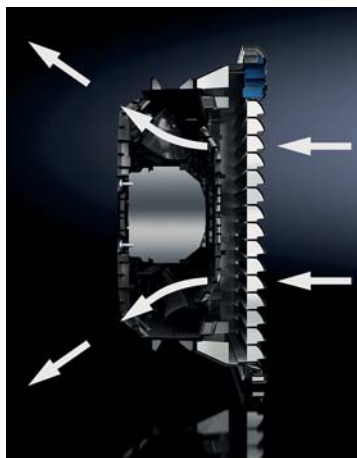
W przypadku nadmuchu powietrze jest precyzyjnie prowadzone w szafie sterowniczej, niekontrolowany dopływ powietrza otoczenia jest wykluczony.

### Zastosowanie wentylatorów diagonalnych jako wentylatorów filtrujących

- Zakres wydajności: 20 – 900 m<sup>3</sup>/h
- Napięcie robocze: 230 V, 115 V, 400 V, 3~, 50/60 Hz, 24 V (DC)

### Zalety:

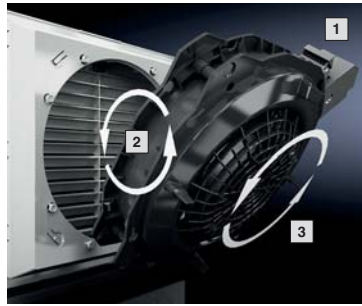
- Wyższa stabilność ciśnienia, dzięki temu bardziej stała wydajność powietrza w stanie zainstalowanym i przy zabrudzonej macie filtracyjnej
- Bardziej równomierne rozprowadzanie powietrza w szafie dzięki wydmuchowi skierowanemu diagonalnie na zewnątrz



Diagonalny kierunek wydmuchu = bardziej równomierny rozkład temperatur w szafie



Sprawdzony system montażu w szafie



- 1 Beznarzędziowe przyłącze elektryczne przez zacisk sprężynowy
- 2 Zamknięcie bagnetowe do zmiany kierunku tłoczenia powietrza
- 3 Zamknięcie bagnetowe do zmiany kierunku przyłącza elektrycznego (4 x 90°) bez użycia narzędzi

## Obliczanie strumienia objętości wentylatora w odniesieniu do wysokości w miejscu zainstalowania

Potrzebną wydajność powietrza wentylatora filtrującego oblicza się z mocy traconej  $\dot{Q}_v$  i różnicy maksymalnej dopuszczalnej temperatury wewnętrznej i zewnętrznej ( $T_{wew} - T_{zew}$ ).

$$V = \frac{f \cdot \dot{Q}_v}{T_{wew} - T_{zew}}$$

Współczynnik  $f = c_p \cdot \rho$  (pojemność cieplna właściwa x gęstość powietrza na poziomie morza)

Pojemność cieplna właściwa powietrza oraz gęstość powietrza zależą od wielu czynników, jak temperatura, wilgotność i ciśnienie powietrza. Średnie wartości tych czynników zmieniają się w zależności od wysokości nad poziomem morza w miejscu zainstalowania.

Wartości średnie dla różnych wysokości można odczytać z poniższej tabeli:

Wysokość (m)	$c_p$ (kJ/kg · K)	kg/m <sup>3</sup>	f (m <sup>3</sup> /k)/Wh
0	0,9480	1,225	3,1
500	0,9348	1,167	3,3
1000	0,9250	1,112	3,5
1500	0,8954	1,058	3,8
2000	0,8728	1,006	4,1
2500	0,8551	0,9568	4,4
3000	0,8302	0,9091	4,8
3500	0,8065	0,8633	5,2



## Aktywne odprowadzanie ciepła

Przy wyznaczonej mocy traconej  $\dot{Q}_v$  i różnicy temperatur ( $T_{wev} - T_{zew}$ ), można bardzo szybko i łatwo dobrać wentylator filtrujący za pomocą schematu wyboru.

### Przykład:

Moc tracona  $\dot{Q}_v = 600 \text{ W}$

Różnica temperatur

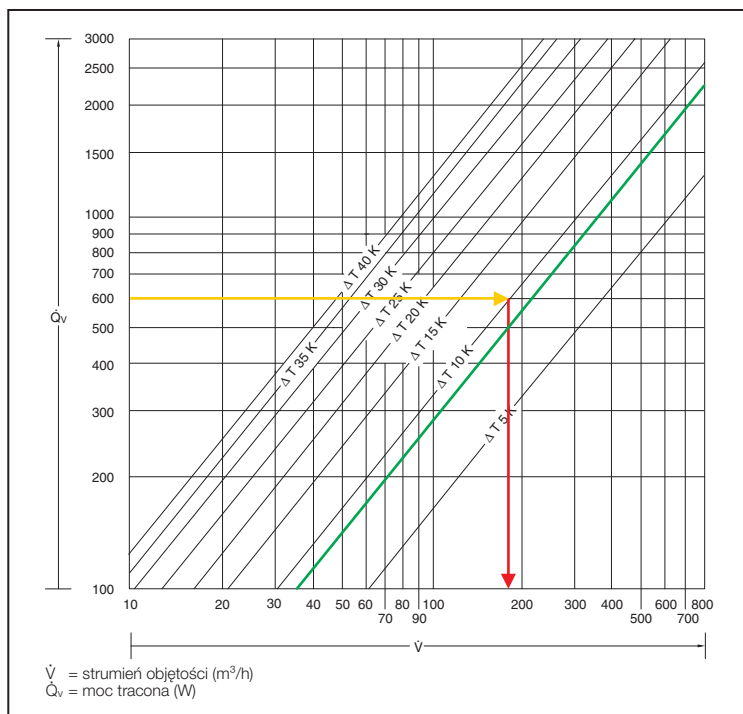
$$T_{wev} - T_{zew} = 35 - 25 = 10 \text{ K}$$

Wynik:

Wymagana ilość powietrza ze schematu ok. **180 m<sup>3</sup>/h**.

Zaleca się, aby dobierać wentylatory filtrujące o wydajności powietrza większej o ok. 20 % do wyniku kalkulacji, czyli w naszym przykładzie ok. 220 m<sup>3</sup>/h. Dzięki temu uwzględnia się zabrudzenie maty filtracyjnej w zależności od zanieczyszczenia powietrza otoczenia.

## Schemat wyboru



## ■ Odprowadzanie ciepła przez wymienniki ciepła powietrze/powietrze $T_{wew} > T_{zew}$

Jeżeli szafa sterownicza musi spełniać stopień ochrony IP 54, a różnica temperatur między powietrzem otoczenia a wnętrzem szafy jest dodatnia ( $T_{wew} > T_{zew}$ ), można zastosować wymienniki ciepła powietrze/powietrze. Im większa jest różnica temperatury wewnętrznej i zewnętrznej, tym większą moc traconą można odprowadzić na zewnątrz szafy sterowniczej.

### Metoda:

- Wymienniki ciepła powietrze/powietrze

### Stopień ochrony:

- Do IP 54

### Maks. moc chłodnicza:

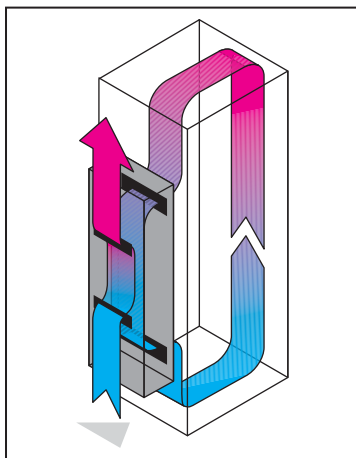
- 1000 W

### Zalety:

- Wymagające względnie niewielkiej konserwacji w porównaniu z wentylatorami filtrującymi

### Wady:

- Niższa sprawność niż przy wentylatorach filtrujących

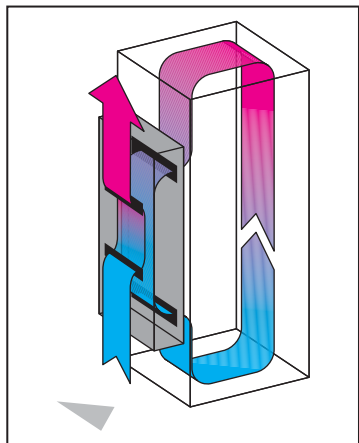


Zasada działania jest prosta, ale bardzo skuteczna. Ciepłe powietrze wewnętrzne szafy sterowniczej jest zasysane w górnej części przez wentylator i prowadzone przez krzyżowy wymiennik ciepła. Zimniejsze powietrze otoczenia również jest zasysane przez wentylator i także doprowadzane do krzyżowego wymiennika ciepła, przy czym oba prądy nie mieszają się ze sobą.

Następnie zimniejszy prąd powietrza otoczenia chłodzi wymiennik ciepła i odprowadza przyjętą przez wymiennik moc traconą na zewnątrz. Po stronie szafy sterowniczej powietrze wewnętrzne zostaje schłodzone w wymienniku i skierowane do dolnej części szafy.

## Wymienniki ciepła powietrze/powietrze

### Właściwości funkcjonalne

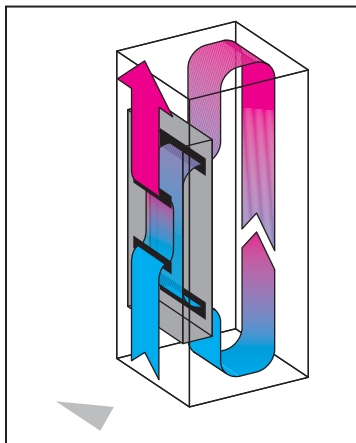


Montaż zewnętrzny

Obowiązuje zasada: im większa różnica temperatur między temperaturą zewnętrzną (np.  $+22^{\circ}\text{C}$ ) i żądaną temperaturą wewnętrzną w szafie sterowniczej (np.  $+35^{\circ}\text{C}$ ), tym większą moc traconą można odprowadzać za pomocą wymiennika ciepła powietrze/powietrze.

### Właściwości produktu

- Osobny obieg wewnętrzny i zewnętrzny
- Moc od 17,5 do ok. 100 W/K
- Gwarantowany wysoki stopień ochrony (np. przed pyłem, olejem i wilgocią)
- Stopień ochrony obiegu wewn. IP 54
- Stopień ochrony obiegu zewn. IP 34
- Niższe koszty konserwacji dzięki osobnej regulacji wentylatorów wewnętrznego i zewnętrznego
- Łatwe czyszczenie dzięki wyjmowalnej kasecie
- Regulacja z cyfrowym wskaźnikiem temperatury
- Bezpotencjałowy zestyk alarmu przy przekroczeniu temperatury



Montaż wewnętrzny

W zależności od zapotrzebowania na miejsce i wymagań, wymienniki ciepła powietrze/powietrze mogą być instalowane na szafie sterowniczej lub w jej wnętrzu.



**Przykład:**

- Szafa sterownicza wolnostojąca szerokość = 600 mm, wysokość = 2000 mm, głębokość 500 mm
- Moc tracona  $\dot{Q}_v = 900 \text{ W}$
- Temperatura otoczenia  $T_{zew} = 25^\circ\text{C}$
- Temperatura wewnętrzna szafy sterowniczej  $T_{wew} = 35^\circ\text{C}$

**Krok 1**

Obliczenie mocy wypromieniowanej z szafy sterowniczej na zewnątrz przez powierzchnię szafy.

$$\dot{Q}_s = k \cdot A \cdot (T_{wew} - T_{zew})$$

**Krok 2**

Obliczenie powierzchni szafy sterowniczej A (m<sup>2</sup>) wg VDE 0660 część 500 według wzoru

$$A = 1,8 \cdot H \cdot (B + T) + 1,4 \cdot B \cdot T$$

$$A = 1,8 \cdot 2,0 \cdot (0,6 + 0,5) + 1,4 \cdot 0,6 \cdot 0,5$$

**A = 4,38 m<sup>2</sup>**

$$\dot{Q}_s = 5,5 \cdot 4,38 \cdot 10 = \mathbf{242 \text{ W}}$$

= moc wypromieniowana

$$\dot{Q}_e = \dot{Q}_v - \dot{Q}_s = 900 \text{ W} - 242 \text{ W} = \mathbf{658 \text{ W}}$$

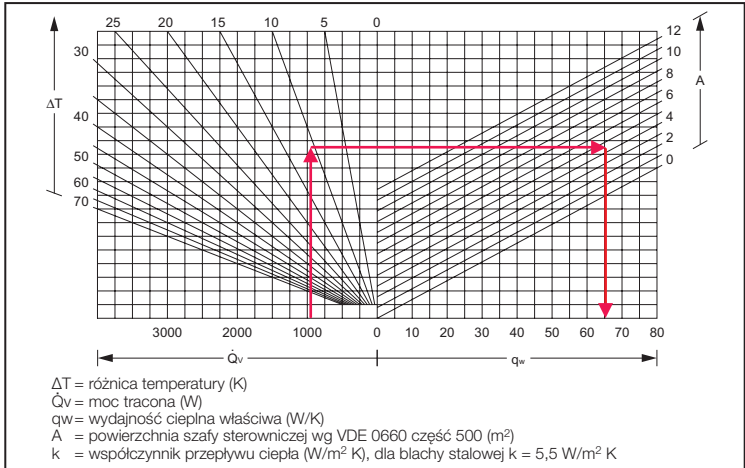
= moc tracona, która jeszcze musi być odprowadzona przez wymiennik ciepła powietrze/powietrze

**Uwaga:**  
Przy opracowywaniu diagramu nie uwzględniono ciepła wypromieniowanego w celu otrzymania rezerwy mocy wymiennika ciepła.

Potrzebny jest więc wymiennik ciepła, który cechuje się wydajnością cieplną właściwą **65,8 W/K**.

Wymiennik ciepła powietrze/powietrze łatwiej jest dobrać za pomocą diagramu wyboru.

**Diagram wyboru wymienników ciepła powietrze/powietrze**



## ■ Odprowadzanie ciepła przez chłodzenie termoelektryczne $T_{wew} < T_{zew}$

Chłodziarki termoelektryczne są również znane pod nazwą chłodziarek Peltiera. Francuski fizyk Jean Charles Peltier odkrył „efekt termiczny” już w roku 1834.

### Chłodzenie termoelektryczne za pomocą klimatyzatorów Peltiera

#### Zasada

Jeżeli przez obwód składający się z dwóch różnych metali płynie prąd stały, to miejsce styku schładza się, podczas gdy reszta się rozgrzewa.

Chłodzenie metodą Peltiera zyskało w ostatnich latach na znaczeniu przede wszystkim dzięki opracowaniu przez Rittal innowacyjnego Thermo-electric Cooler.

W zastosowaniach w obudowach małogabarytowych i obudowach obsługi z wymaganym w obiegu wewnętrznym stopniem ochrony IP 54 chłodzenie metodą Peltiera jest bardzo często właściwym i optymalnym technicznie rozwiązaniem.

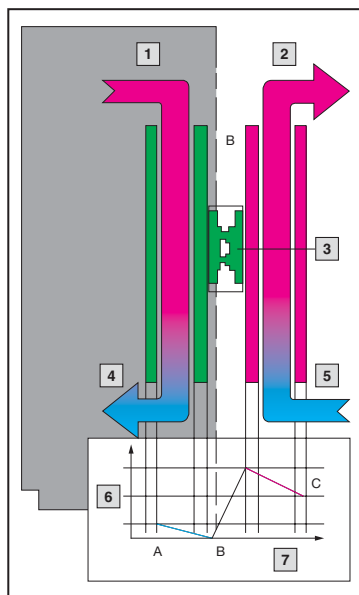
Przy bardzo małej masie zaledwie ok. 3,0 kg i wymiarach szer. x wys. x głęb. 125 x 155 x 400 mm, odprowadzane są moce tracone rzędu 100 W, bez wibracji i hałasu (brak sprężarki).

#### Budowa elementu Peltiera

- Dwa różne bloki są połączone ze sobą tak, że tworzą układ szeregowy.
- Doprowadzony stały prąd elektryczny przepływa kolejno przez wszystkie bloki.
- Zależnie od natężenia i kierunku prądu, górne punkty przyłączeniowe schładzają się, podczas gdy dolne nagrzewają.

#### Zasada działania Thermo-electric Cooler

- 1 Powietrze, ciepłe, wewnątrz
- 2 Powietrze, ciepłe, na zewnątrz
- 3 Element Peltiera
- 4 Powietrze, zimne, wewnątrz
- 5 Powietrze, zimne, na zewnątrz
- 6 Temperatura T
- 7 Przebieg temperatury przez komponenty





**Metoda:**

- Chłodzenie termoelektryczne

**Stopień ochrony:**

- Do IP 54

**Maks. moc chłodnicza:**

- 1000 W

**Zalety:**

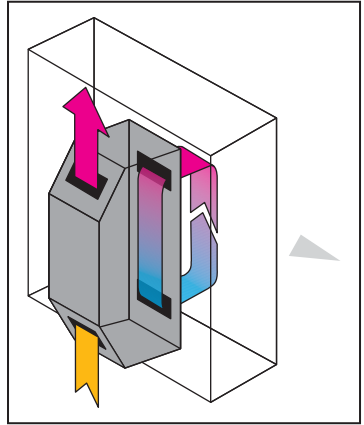
- Mała wielkość zabudowy
- Zasilanie prądem stałym
- Możliwa dodatkowa funkcja ogrzewania

**Wady:**

- Niska sprawność
- Duże zużycie energii

Techniczna zaleta Rittal Thermoelectric Cooler polega na tym, że dzięki modułowej konstrukcji i małej masie możliwe jest łączenie szeregowo i równoległe do pięciu urządzeń. Elastyczność w technice przyłączeniowej umożliwia nie tylko tryb chłodzenia, lecz także tryb ogrzewania.

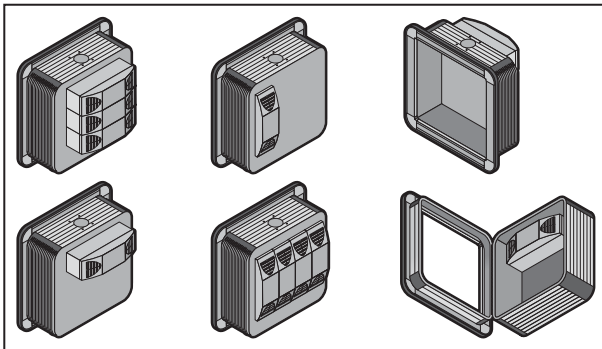
Innowacyjna budowa i system prowadzenia powietrza gwarantują optymalny przepływ przez elementy Peltiera, dzięki czemu osiągnięto sprawność na poziomie 1.0 (współczynnik COP, np. 100 W zużytej energii elektrycznej odpowiada 100 W mocy chłodniczej).



Urządzenia są dostępne w dwóch wariantach, tzn. 24 V DC i 94 – 264 V AC.

**Właściwości produktu**

- Modułowa rozbudowa mocy
- Łatwa skalowalność
- Elastyczne położenie montażowe:
  - poziome
  - pionowe
  - montaż wewnętrzny
  - montaż zewnętrzny
- Kompletna jednostka gotowa do podłączenia



## ■ Odprowadzanie ciepła przez wymienniki ciepła powietrze/woda $T_{wew} < T_{zew}$

Obok klimatyzatorów szaf sterowniczych, największy rozwój nastąpił w zastosowaniach do odprowadzania ciepła z szaf sterowniczych i obudów elektroniki za pomocą wymienników ciepła powietrze/woda. Rozwój ten spowodowany jest między innymi tym, że pod względem technicznym i termicznym wymienniki ciepła powietrze/woda umożliwiają osiągnięcie najwyższej mocy chłodniczej w najmniejszej przestrzeni.

### Metoda:

- Wymienniki ciepła powietrze/woda

### Stopień ochrony:

- Do IP 55

### Maks. moc chłodnicza:

- 10 000 W

### Zalety:

- Wysoki stopień ochrony
- Małe nakłady konserwacyjne

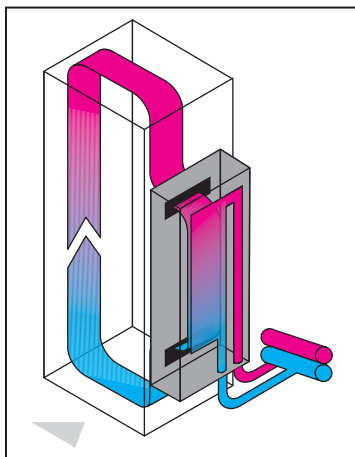
### Wady:

- Wysokie wymagania infrastruktury

Użytkowa moc chłodnicza (Q) wymiennika ciepła powietrze/woda zależy od temperatury wewnętrznej szafy sterowniczej, temperatury doprowadzanej wody i strumienia objętości wody (l/h) w wymienniku.

W rozwiązaniu tym osiąga się stopień ochrony IP 55, ponieważ szafa sterownicza jest całkowicie zamknięta. a pomocą wymienników ciepła powietrze/woda możliwe jest obniżenie temperatury wewnętrznej szafy sterowniczej, także poniżej temperatury otoczenia.

Chłodzenie powietrza wewnątrz szafy sterowniczej odbywa się w trybie recyrkulacji w wymienniku ciepła powietrze/woda, moc tracona z szafy sterowniczej jest przy tym oddawana przez wymiennik do wody i odprowadzana na zewnątrz.



Poza wymiennikiem ciepła powietrze/woda wymagane jest też przyłącze wodne (dopływ i odpływ) oraz centralny lub zdecentralizowany system chłodzenia wody (chiller). Wymienniki te są dostępne w zależności od zastosowania, jako urządzenia do montażu przyściennego, naściennego i do zabudowy dachowej.

### Właściwości produktu

- Szerokie spektrum mocy od 500 W do 10 000 W
- Napięcie:
  - 230 V
  - 115 V
  - 400 V
- Seryjnie ze zintegrowanym sterownikiem (podstawowym lub Komfort)
- Płaska konstrukcja
- Dostępne z wszystkimi elementami przewodzenia wody w CuAl lub V4A (1.4571)

Przy obliczaniu wymiennika ciepła powietrze/woda należy uwzględnić, że w zależności od temperatury otoczenia do mocy traconej ( $\dot{Q}_v$ ) w szafie sterowniczej, a także w zależności od różnicy temperatury otoczenia ( $T_{zew}$ ) i żądanej temperatury wewnętrznej szafy sterowniczej ( $T_{wew}$ ), może dochodzić do przenikania promieniowania cieplnego ( $\dot{Q}_s$ ) przez powierzchnię szafy.

$$\dot{Q}_e = \dot{Q}_v + \dot{Q}_s$$

$\dot{Q}_e$  = wymagana moc chłodnicza

### Przykład:

- Wyznaczona moc tracona w szafie sterowniczej  $\dot{Q}_v = 1500$  W
- Wyznaczona powierzchnia szafy sterowniczej  $A = 4,38$  m<sup>2</sup>
- Żądana temperatura wewnętrzna szafy sterowniczej  $T_{wew} = 35^\circ\text{C}$
- Temperatura otoczenia  $T_{zew} = 45^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_s &= k \cdot A \cdot (T_{wew} - T_{zew}) \\ &= 5,5 \cdot 4,38 \cdot (45 - 35) = \mathbf{241\text{ W}} \end{aligned}$$

### Wynik:

Wymagana moc chłodnicza

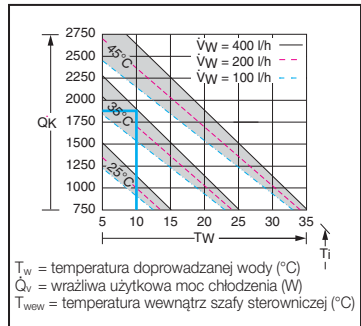
$$\dot{Q}_e = 1500 + 241 = \mathbf{1741\text{ W}}$$

Pole charakterystyki umożliwia wybranie odpowiedniego wymiennika ciepła powietrze/woda na podstawie temperatury dopływu wody, strumienia objętości wody, temperatury wewnętrznej szafy i wymaganej mocy chłodniczej.



### Właściwości produktu

- Wysoki stopień ochrony (np. przed pyłem), IP 55 (możliwy IP 65)
- Maksymalna temperatura otoczenia ( $T_{zew}$ ) +70°C
- Czynniki chłodnicze: woda

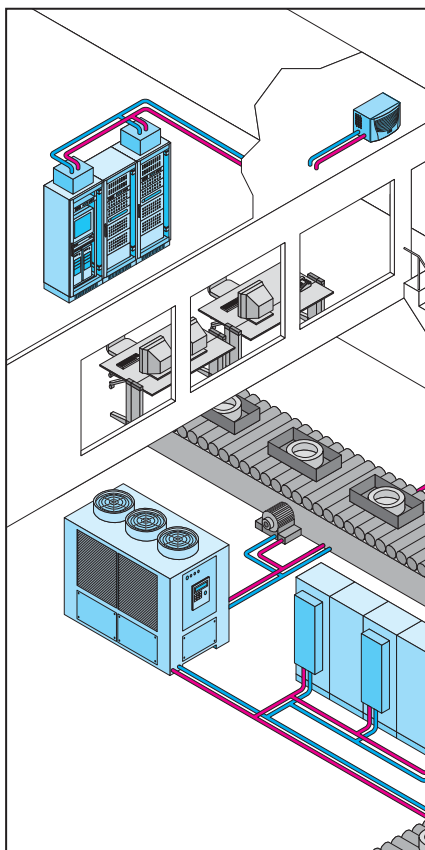


## Zalety chłodzenia wodnego

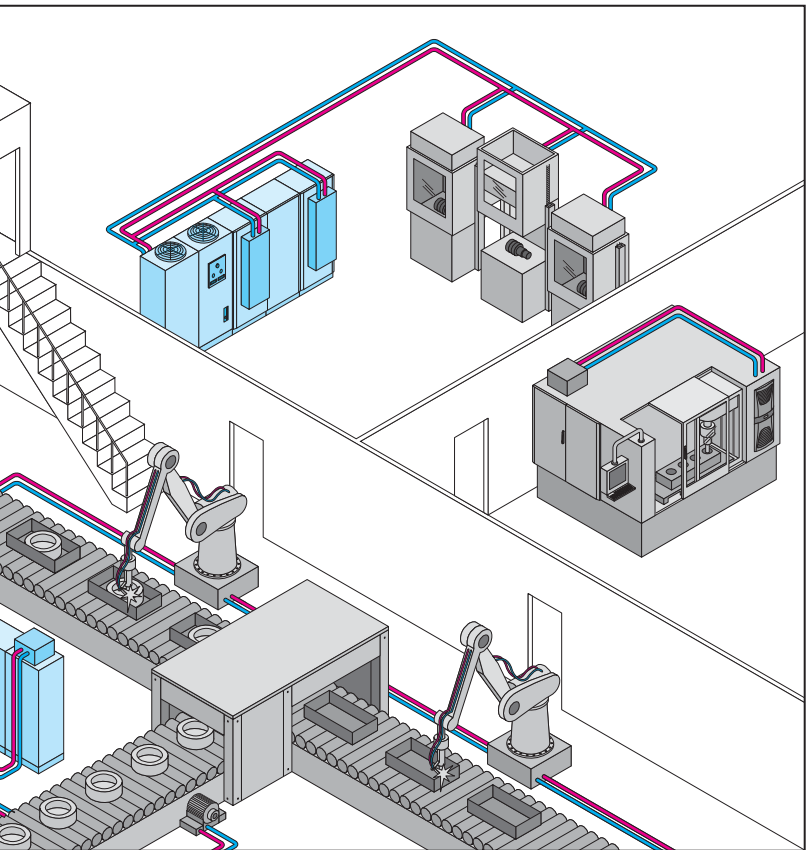
### Akcent: chłodzenie szaf sterowniczych

W wielu większych przedsiębiorstwach przemysłowych, jak np. przemysł motoryzacyjny, centralne zasilanie w wodę chłodzącą z reguły już istnieje. Ponieważ woda ta jest dostępna w tzw. centralnym obiegu pętlowym, można nią również zasilać wymienniki ciepła powietrze/woda.

W rozwiązaniu zdecentralizowanym zastosowanie znajduje zestaw zimnej wody (chiller), przy czym należy zwrócić uwagę na to, że pod względem ekonomicznym najlepiej jest, aby do jednego zestawu zimnej wody podłączyć możliwie jak najwięcej wymienników ciepła powietrze/woda.



- Wyższa gęstość energetyczna niż np. powietrza, czyli możliwa wyższa moc trwała napędów przy tej samej kubaturze
- Łatwy transport energii, np. na zewnątrz budynku



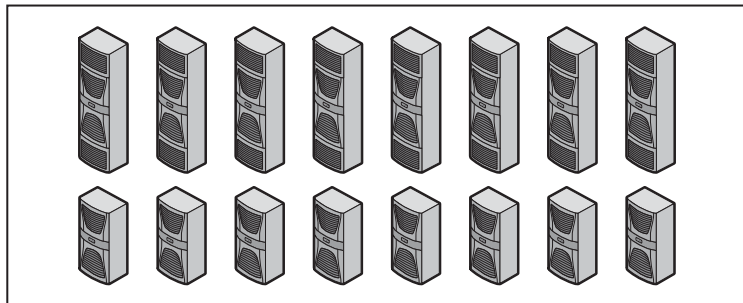
- Kompaktowa budowa przy jednoczesnym odprowadzaniu dużych obciążeń cieplnych
- Dobry akumulator energii, np. zbiornik buforowy do obciążeń szczytowych
- Dowolna skalowalność mocy chłodniczej: możliwe systemy modułowe, otwarte

Rachunek porównawczy (następna strona) uwidacznia, że zastosowanie kilku wymienników ciepła powietrze/woda w porównaniu z klimatyzatorami szaf sterowniczych może być alternatywą jak najbardziej opłacalną, przede wszystkim jednak także efektywną energetycznie.

## Porównanie efektywności klimatyzatorów - chillerów z wymiennikami ciepła

### Rachunek porównawczy

na przykładzie szeregu szaf sterowniczych o mocy traconej **25 kW**



Ile zużywa się energii?

#### Klimatyzatory TopTherm

	Ilość	Pobór mocy		Moc tracona
		na urządzenie	razem	
Klimatyzatory naścienne	8	1,02 kW	8,16 kW	
Klimatyzatory naścienne	8	0,58 kW	4,64 kW	
<b>Razem</b>			<b>12,74 kW</b>	<b>25 kW</b>

#### Koszty

	Koszty inwestycji	Zużycie energii	Koszty całkowite
16 obiegów chłodniczych, 16 kompresorów	~18 000 €	~4 500 € <sup>1)</sup>	~22 500 €

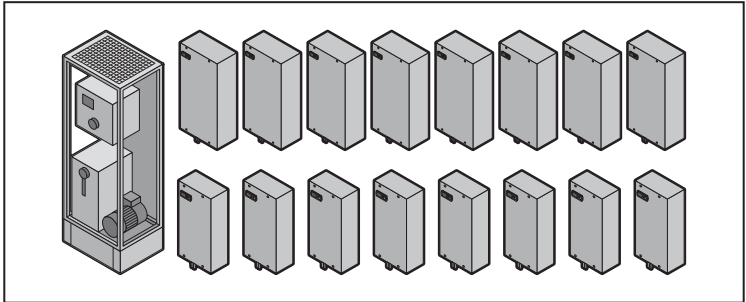
<sup>1)</sup> Przykładowa kalkulacja dla 0,12 €/kW

#### Wynik 1:

Dzięki zastosowaniu 1 chillera i 16 wymienników ciepła powietrze/woda zużywa się ok. 40 % mniej energii.

Ten przykład uwiadcza, że dzięki rozwiązaniu z wymiennikami ciepła powietrze/woda i z centralnym agregatem chłodzenia (chilerem) możliwe jest obniżenie samych tylko kosztów energii o ok. 40 %.

Warto zalecić, aby w projektowaniu dokładnie zbadać obie alternatywy w aspekcie ekonomiczności i efektywności energetycznej oraz ewentualnie skorzystać z kompetentnego wsparcia specjalisty.



**Ile zużywa się energii?**

**Chiller TopTherm z wymiennikami ciepła**

	Ilość	Pobór mocy		Moc tracona
		na urządzenie	razem	
Wymienniki powietrze/woda	8	0,06 kW	0,48 kW	
Wymienniki powietrze/woda	8	0,16 kW	1,28 kW	
Chiller	1	5,91 kW	5,91 kW	
<b>Razem</b>			<b>7,68 kW</b>	<b>25 kW</b>

**Koszty**

	Koszty inwestycji	Zużycie energii	Koszty całkowite
1 chiller, 16 wym. pow./woda, kompl. orurowanie	~19 000 €	~2 800 € <sup>1)</sup>	~21 600 €

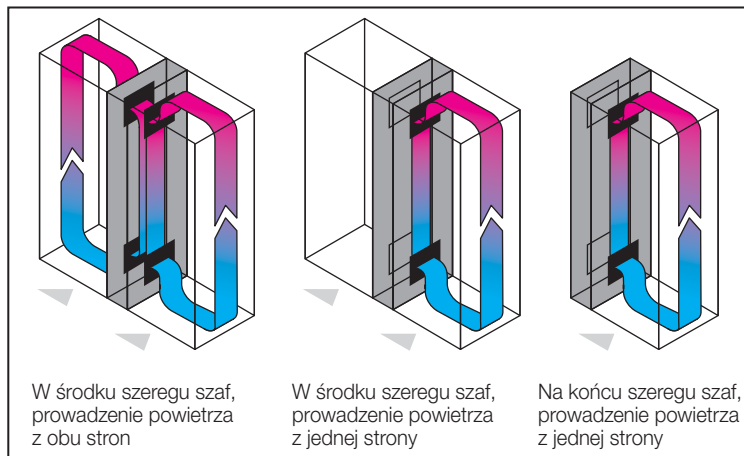
**Wynik 2:**

Nawet jeżeli przy zastosowaniu chillerów i wymienników ciepła powietrze woda koszty inwestycji są wyższe, to amortyzacja jest osiągnięta w mniej niż rok dzięki oszczędności energii.

## Odprowadzanie dużych mocy traconych (moce chłodnicze > 10 kW)

Coraz częściej w zastosowaniach przemysłowych potrzebne są wymienniki ciepła powietrze/woda, które są w stanie realizować zakres mocy chłodniczych powyżej 10 kW. Na podstawie bardzo pozytywnych doświadczeń z chłodzenia IT, Rittal specjalnie do zastosowań w przemyśle opracował wysokowydajne LCP (Liquid Cooling Package).

### Prowadzenie powietrza

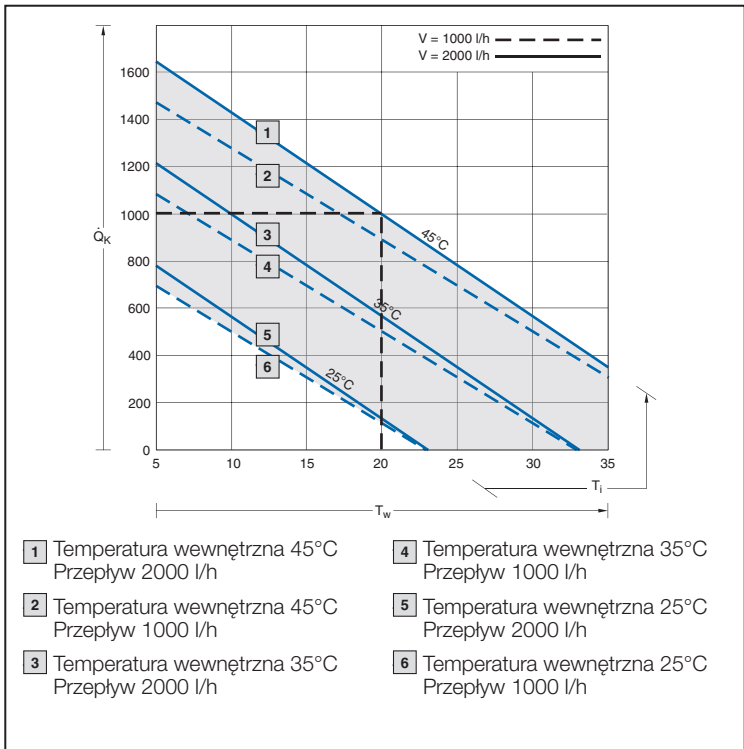


Zaletą tych wymienników ciepła polega przede wszystkim na tym, że nie tylko można realizować duże moce chłodnicze, lecz także całkowicie i łatwo zintegrować z systemem szaf sterowniczych Rittal TS 8.

Wymiennik ciepła można elastycznie instalować w systemie szaf sterowniczych. W zależności od zapotrzebowania na chłodzenie prowadzenie powietrza może przebiegać jednostronnie, z lewej strony, z prawej lub też przy umiejscowieniu centralnym, z obu stron.



## Charakterystyka



Również tutaj wymagana jest dostępność niezbędnej ilości wody chłodzącej ok. 2000 l/h. Szczególnie należy podkreślić wysoką efektywność energetyczną takiego centralnego rozwiązania chłodzenia całych szeregów szaf sterowniczych.

**Zalety:**

- Centralny wymiennik ciepła powietrze/woda, wentylator, regulator i konserwacja/serwis w tylko jednym urządzeniu

**Wady:**

- Awaria wymiennika ciepła prowadzi do przestoju całego systemu

## ■ Bezpośrednie chłodzenie wodne

Inną możliwością chłodzenia cieczą w najmniejszej przestrzeni oferowaną przez Rittal jest bezpośrednie chłodzenie płyty montażowej wodą. Warunkiem zastosowania płyty montażowej chłodzonej wodą, poza zgodnością techniczno-klimatyzacyjną i mechaniczną, jest obecność wody chłodzącej.

### Metoda:

- Płyta montażowa chłodzona wodą

### Stopień ochrony:

- Do IP 68

### Maks. moc chłodnicza:

- 3000 W

### Zalety:

- Wysoki stopień ochrony
- Brak konserwacji

### Wady:

- Możliwość odprowadzania tylko 70 % mocy traconej, reszta innymi metodami klimatyzacji
- Duże wymagania infrastrukturalne

Zastosowania chłodzonej wodą płyty montażowej znajdują się w wielu dziedzinach przemysłu, od budowy maszyn, przez pomieszczenia sterylne, aż po technikę medyczną.

Chłodzone wodą płyty montażowe znajdziemy szczególnie tam, gdzie moc tracona, np. z falowników, serwo regulatorów, dławików silnikowych, może być odprowadzana bezpośrednio za pomocą wody. Płyty montażowe spełniają również wymagania dotyczące wysokiego stopnia ochrony (IP 68) lub montażu w strefach zagrożonych wybuchem.



Płyta montażowa chłodzona wodą przyczynia się do wydłużenia żywotności elementów dzięki stałej temperaturze, a dzięki równomiernemu odprowadzaniu ciepła bezpośrednio w miejscu jego powstawania, do zredukowania kosztów energii.

## Pełna elastyczność na płycie montażowej dzięki systemowi mocowania za pomocą rowków teowych



Montaż komponentów odbywa się bezpośrednio na płycie montażowej chłodzonej wodą. Przebieg przewodu wodnego w płycie montażowej

jest wyróżniony optycznie, dzięki czemu rozmieszczenie komponentów elektrycznych nie stanowi żadnego problemu.



### Pełna elastyczność w szafie sterowniczej

- Montaż odbywa się analogicznie do płyt montażu częściowego
- Możliwy montaż na ścianie tylnej lub bocznej
- Montaż o zmiennej głębokości dzięki zastosowaniu szyny montażowej chassis
- Standardowe rozmiary płyt

Moc płyty montażowej chłodzonej wodą jest określana przez opór termiczny  $R_{th}$ . Opór termiczny oblicza się z różnicy temperatur powierzchni płyty montażowej i temperatury dopływu czynnika chłodniczego, podzielonej przez maksymalną moc traconą komponentów zainstalowanych na danej płycie montażowej.

### Wzór obliczeniowy dla płyty montażowej chłodzonej wodą

$$R_{th} = \frac{T_p - T_m}{P_v}$$

$R_{th}$  = opór termiczny (K/kW)

$T_p$  = temperatura powierzchni płyty montażowej chłodzonej wodą (°C)

$T_m$  = temperatura czynnika chłodniczego (°C)

$P_v$  = przyłożona moc tracona (kW)

Jednocześnie na opór termiczny wpływa również przewodność cieplna i grubość użytego materiału.

### Przykład:

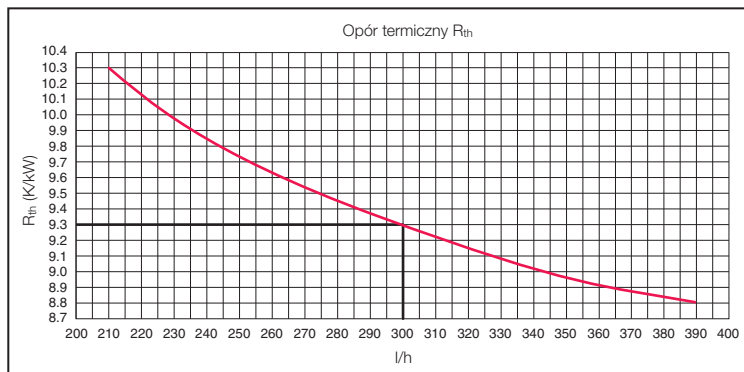
- Moc tracona  $\dot{Q}_v = 1500 \text{ W}$
- Temperatura czynnika chłodniczego  $T_w = 25^\circ\text{C}$
- Przepływ  $m = 300 \text{ l/h}$

$$R_{th} = \frac{T_p - T_w}{\dot{Q}_v} > T_p = T_w + \dot{Q}_v \cdot R_{th}$$

Z wykresu wydajności wyznacza się najpierw opór termiczny, który dla 300 l/h wynosi

$$R_{th} = 9,3 \text{ K/kW}$$

### Opór termiczny płyty montażowej chłodzonej wodą



Charakterystyka płyty montażowej chłodzonej wodą (499 x 399 mm) z przewodem miedzianym

### Wynik:

$$T_p = \frac{25^\circ\text{C} + 1,5 \text{ kW} \cdot 9,3 \text{ K}}{\text{kW}} = 38,95^\circ\text{C}$$

W przybliżeniu na powierzchni płyty montażowej można spodziewać się temperatury ok. 39°C.

Z jednej strony mamy do czynienia ze szczególną skutecznością chłodzonej wodą płyty montażowej, z drugiej - ze skomplikowaną technicznie infrastrukturą (chiller i przewody rurowe). Dlatego jej zastosowanie ogranicza się do specjalnych projektów.

## ■ Klimatyzacja aktywna za pomocą klimatyzatorów szaf sterowniczych $T_{wew} > T_{zew}$

Najbardziej rozpowszechnionym na świecie i najelastyczniejszym rozwiązaniem odprowadzania ciepła z szaf sterowniczych i obudów elektroniki są klimatyzatory szaf sterowniczych. Temperatura wewnętrzna szafy sterowniczej może być znacznie niższa od temperatury otoczenia, np.  $T_{zew} = +45^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{wew} = +35^{\circ}\text{C}$ .

### Klimatyzatory TopTherm



Klimatyzatory do zabudowy naściennej



Klimatyzatory do zabudowy dachowej



Szafy (drzwi) klimatyzowane

Pod względem technicznym działają na tej samej zasadzie, co lodówka. Podobnie jak w lodówce, jako medium używa się czynnika chłodniczego (w klimatyzatorach szaf sterowniczych - typ R134a). Gazowy czynnik chłodniczy zostaje sprężony w kompresorze chłodniczym jednocześnie nagrzewając się. Niezbędnymi przewodami czynnik chłodniczy jest prowadzony przez wymiennik ciepła powietrza otoczenia (kondensator, skraplacz). Ciepło czynnika chłodniczego jest oddawane do powietrza otoczenia (schładzanie). W wyniku schłodzenia

czynnik chłodniczy skrapla się i płynie przez osuszacz do zaworu rozprężnego. Tutaj następuje obniżenie ciśnienia. Czynnik chłodniczy rozpręża się i płynie przez drugi, znajdujący się w obiegu wewnętrznym wymiennik ciepła powietrza wewnętrznego. Wymiennik ten odbiera moc traconą z szafy sterowniczej. W wyniku ogrzania czynnik chłodniczy ponownie przechodzi w postać gazową i zostaje sprężony w kompresorze chłodniczym. W tym miejscu obieg chłodniczy rozpoczyna się od nowa.

## Technologia klimatyzatorów

### Obwód chłodzenia

Wszystkie klimatyzatory szaf sterowniczych dysponują dwoma, całkowicie niezależnymi obiegami powietrza i spełniają stopień ochrony IP 54 w obiegu wewnętrznym.

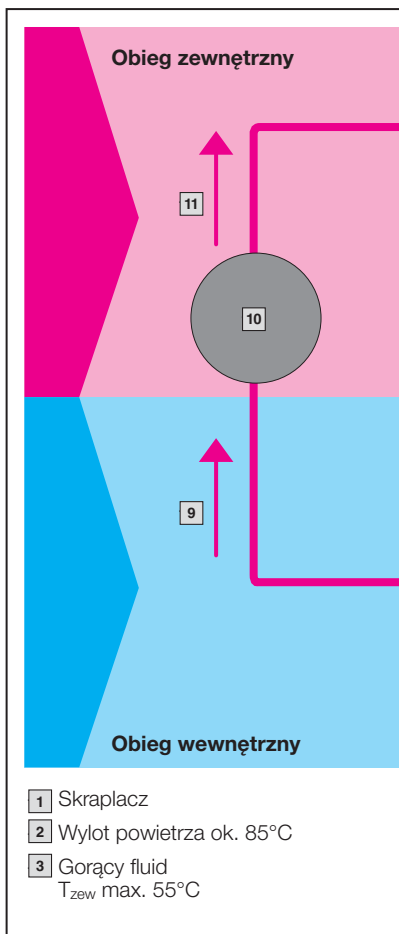
Zastosowania przemysłowe stawiają wobec klimatyzatorów szaf sterowniczych wysokie wymagania techniczne.

Wyznaczanie granicy zastosowania dla klimatyzatorów szaf sterowniczych jest określone w EN 14511. Z reguły dla klimatyzatorów szaf sterowniczych jest to temperatura otoczenia  $+55^{\circ}\text{C}$ .

Budowę klimatyzatora szafy sterowniczej wraz z niezbędnymi komponentami przedstawiono w sposób bardzo przejrzysty i zrozumiały na poniższym schemacie.

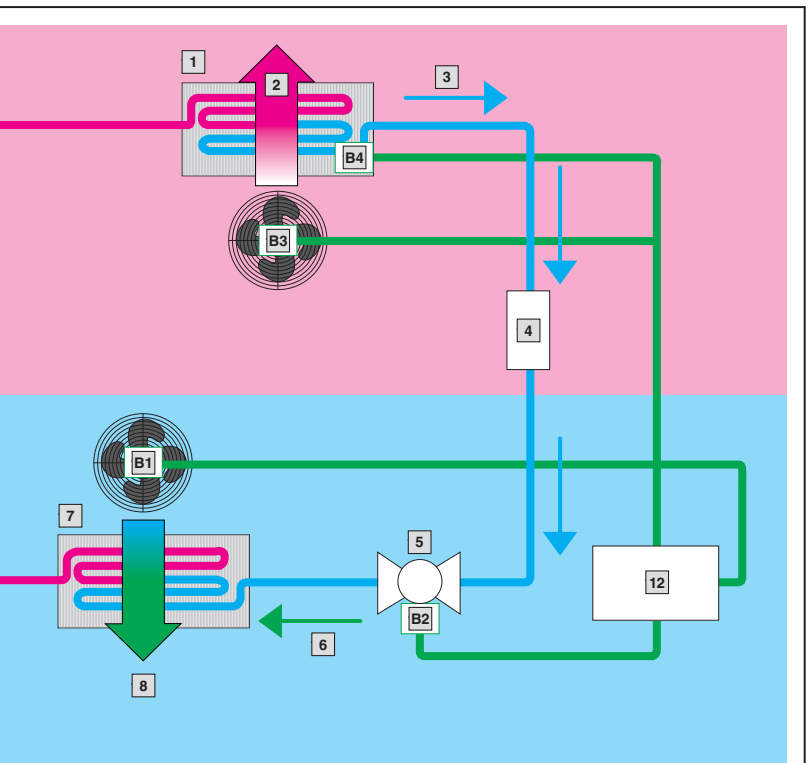
Zastosowanie klimatyzatorów szaf sterowniczych zawsze wymaga silniejszej integracji i dopasowania do warunków lokalnych. Obecnie maszyny i urządzenia są stosowane na całym świecie, dlatego wymagania odnośnie elastyczności tych systemów chłodzenia w ostatnich latach wyraźnie wzrosły.

- B1** Czujnik temperatury wewnętrznej
- B2** Czujnik oblodzenia
- B3** Czujnik temperatury zewnętrznej
- B4** Czujnik temperatury skraplania



W projektowaniu należy znaleźć odpowiedzi i uwzględnić następujące kwestie:

- Jaka jest wysokość temperatury otoczenia  $T_{\text{ZEW}}$  i wilgotność w miejscu zainstalowania?



- |                       |  |                             |   |
|-----------------------|--|-----------------------------|---|
| 4 Osuszacz filtra     | 7 Parownik                                   | 10 Sprężarka                | B1 – B4 Czujniki do sterowania przez mikrokontroler |
| 5 Zawór rozprężny     | 8 Wlot powietrza szafy sterowniczej ok. 15°C | 11 Gorący gaz (23 bar)      |   |
| 6 Zimny fluid (4 bar) | 9 Zimny gaz                                  | 12 Skrzynka mikrokontrolera |   |

- Jaki jest rodzaj ustawienia wg IEC 890?
- Jaka jest dopuszczalna maksymalna temperatura wewnętrzna szafy  $T_{wew}$ ?
- Jaka moc tracona występuje w szafie sterowniczej?
- Jakie normy krajowe i międzynarodowe (DIN, UL, CSA itd.) muszą spełniać klimatyzatory szaf sterowniczych?
- Jaki jest wymagany stopień ochrony?

**Dobór klimatyzatora szafy sterowniczej należy przedstawić na przykładzie.**

Moc tracona w szafie sterowniczej  
 $\dot{Q}_v = 2000 \text{ W}$

Wymiary szafy sterowniczej  
 (szer. x wys. x głęb.) = 600 x 2000 x 500 mm, wolnostojąca

Temperatura otoczenia  
 $T_{zew} = 45^\circ\text{C}$

Żądana temperatura wewnętrzna  
 $T_{wew} = 35^\circ\text{C}$

**Krok 1**

Obliczenie powierzchni szafy sterowniczej wg VDE 0660 część 500:

$$A = 1,8 \cdot \text{wys.} \cdot (\text{szer.} + \text{głęb.}) + 1,4 \cdot \text{szer.} \cdot \text{głęb.}$$

$$A =$$

$$1,8 \cdot 2,0 \cdot (0,6 + 0,5) + 1,4 \cdot 0,6 \cdot 0,5$$

$$A = 4,38 \text{ m}^2$$

**Krok 2**

Obliczenie mocy napromieniowania otoczenia  $+45^\circ\text{C}$  do wewnątrz  $+35^\circ\text{C}$   
 $(T_{wew} < T_{zew})$

$$\dot{Q}_s = k \cdot A \cdot (T_{zew} - T_{wew})$$

$$\dot{Q}_s = 5,5 \cdot 4,38 \cdot (45 - 35)$$

$$\dot{Q}_s = 242 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_e = \dot{Q}_v + \dot{Q}_s = 2000 + 242$$

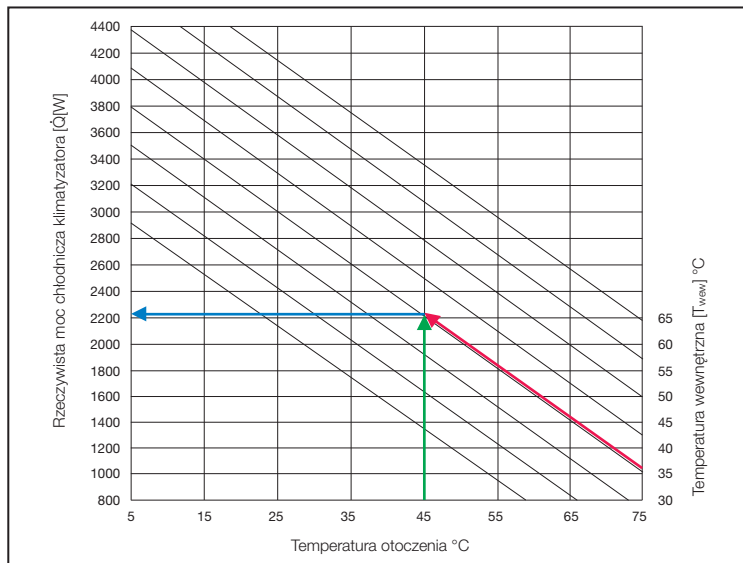
$$\dot{Q}_e = 2242 \text{ W}$$

Ta moc tracona musi być odprowadzona na zewnątrz przez klimatyzator szafy sterowniczej.

**Krok 3 / Wynik**

Należy zatem wyszukać klimatyzator o mocy chłodniczej 2242 W przy temperaturze otoczenia  $+45^\circ\text{C}$  i temperaturze wewnętrznej szafy sterowniczej  $+35^\circ\text{C}$ .

**Schemat wyboru**





Na podstawie obu parametrów odniesienia - temperatury otoczenia +45°C i temperatury wewnętrznej szafy sterowniczej +35°C z diagramu wyboru wyznacza się pasujący klimatyzator (do zabudowy naściennej lub dachowej). Znacznym ułatwieniem w doborze i obliczeniach klimatyzatorów szaf sterowniczych i innych komponentów klimatyzacji jest opracowany przez Rittal program obliczeniowy „**Therm**“.

### Osuszanie szaf sterowniczych

Mile widzianym efektem ubocznym zastosowania klimatyzatorów jest osuszanie wnętrza szafy sterowniczej. Podczas chłodzenia powietrza wewnątrz szafy, część zawartej w nim wilgoci kondensuje się w wewnętrznym wymienniku ciepła (parowniku). Woda ta (kondensat) jest bezpiecznie odprowadzana przez odpływ kondensatu na zewnątrz szafy sterowniczej.

To, ile kondensatu faktycznie powstaje, zależy od względnej wilgotności powietrza, temperatury powietrza i kubatury szafy sterowniczej lub obudowy elektroniki. Ilość kondensatu jest zawsze bezpośrednio związana z objętością szafy sterowniczej i można ją obliczyć ze schłodzenia na wykresie Molliera-h-x.

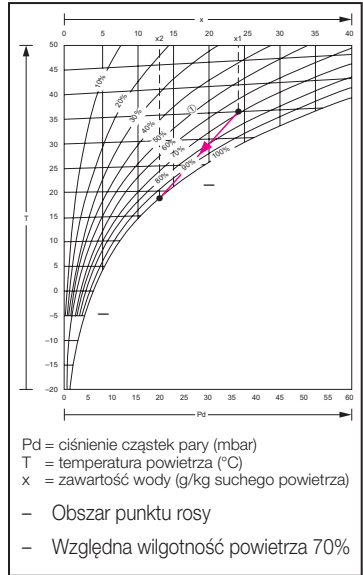
#### Przykład:

Temperatura/wilgotność powietrza  
35°C/70 %

Temperatura przy parowniku  
 $T_v = +18^\circ\text{C}$

Objętość szafy  
 $> V = \text{szer.} \times \text{wys.} \times \text{głęb.}$   
 $= 2 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 0,72 \text{ m}^3$

### Wykres Molliera-h-x



#### Obliczenie ilości kondensatu:

$$W = V \cdot \rho \cdot (X_1 - X_2)$$

$$= 0,72 \text{ m}^3 \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot (24 - 13 \text{ g/kg})$$

W tym przykładzie powstanie kondensat w ilości  $W = 9,5 \text{ g} \sim 9,5 \text{ ml}$ .

Powyższy przykład uwiadcza, że podczas osuszania dla danej objętości szafy sterowniczej mogą powstawać bardzo małe ilości kondensatu. W praktyce jednak, ze względu na nieszczelności szafy sterowniczej, przepusty kablowe, otwarte płyty podłogowe lub pracę klimatyzacji przy otwartych drzwiach (szafy) mogą powstawać znacznie większe ilości kondensatu.

### Zasadniczo obowiązuje zasada:

- Praca klimatyzatorów szaf sterowniczych tylko przy zamkniętych drzwiach szafy
- Stosując klimatyzatory należy zawsze używać wyłączniki drzwiowe
- Uszczelnić szafę sterowniczą odpowiednio do wymaganego stopnia ochrony IP 54
- W miarę możliwości nie ustawiać niższych temperatur wewnętrznych szafy sterowniczej, niż +35°C, w celu uniknięcia przechłodzenia szafy
- Odprowadzać kondensat na zewnątrz zgodnie z instrukcją montażu
- Klimatyzatory „Blue e” są wyposażone w aktywne, elektroniczne odparowywanie kondensatu

### Efektywność energetyczna klimatyzatorów szaf sterowniczych

Dzisiejsze klimatyzatory szaf sterowniczych oferują użytkownikom maksymalną elastyczność przy zastosowaniu na całym świecie oraz integrację z infrastrukturą maszyny niezależnie od miejsca zainstalowania.

### Klimatyzatory Rittal „Blue e”

W celu zwiększenia efektywności klimatyzatorów „Blue e”, odpowiednio do poszczególnych typów urządzeń, podjęto następujące indywidualne działania:

- Zwiększenie powierzchni wymienników ciepła
- Zastosowanie wentylatorów EC
- Zastosowanie efektywnych energetycznie sprężarek
- Zoptymalizowane pod względem wydajności odparowywanie kondensatu
- Regulacja ECO-Mode

Podczas opracowywania urządzeń „Blue e” zostały uwzględnione zwiększone wymagania dotyczące efektywności energetycznej.

### Innowacyjne klimatyzatory „Blue e” zużywają (w porównaniu z urządzeniami liczącymi ok. 5 lat) aż do 70 % mniej energii.

Zrealizowano to dzięki zastosowaniu najnowszej technologii sprężarek i wentylatorów (silniki wentylatorów EC). Ponadto wyraźnie zredukowano ilość cykli załączania. Zastosowanie nanotechnologii w wymiennikach ciepła w obiegu zewnętrznym, wraz ze zoptymalizowaniem punktu pracy, pozwoliło nie tylko na zaoszczędzenie energii, lecz także na znaczne wydłużenie żywotności komponentów.

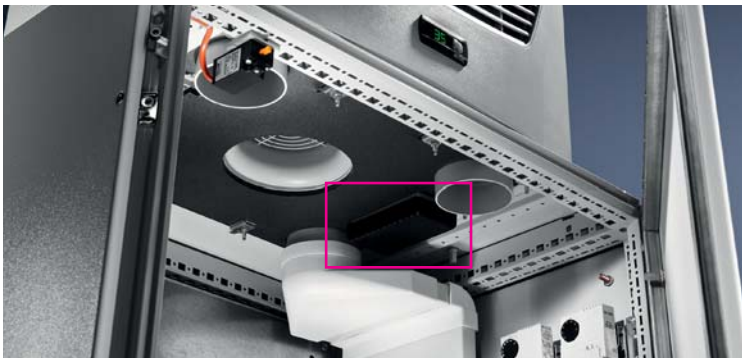
### Wskazówka:

W praktyce ciągle pojawiają się pytania dotyczące oszacowania mocy traconej w szafie sterowniczej, np. wówczas, gdy producenci komponentów nie podali parametrów mocy traconej. Do zgrubnego oszacowania można użyć zainstalowanej mocy znamionowej, np. przy mocy znamionowej 40 kW moc tracona będzie wynosić ok. 5 %, czyli ok. 2000 W.



## Dlaczego elektroniczne odparowywanie kondensatu?

Z przemysłu motoryzacyjnego pochodzi wymóg, aby wykluczyć tworzenie się kałuż, jednak bez konieczności kosztownego układania przewodów odprowadzających kondensat. Dlatego opracowane zostały klimatyzatory ze zintegrowanym elektronicznym odparowywaniem kondensatu.



Chodzi tutaj o efektywny wkład grzewczy PTC z automatycznym dopasowaniem mocy grzewczej w zależności od ilości kondensatu. W ciągu godziny możliwe jest odparowanie ok. 120 ml kondensatu. W ten sposób zagwarantowana została możliwość całkowitego odprowadzenia kondensatu.

### Wskazówka:

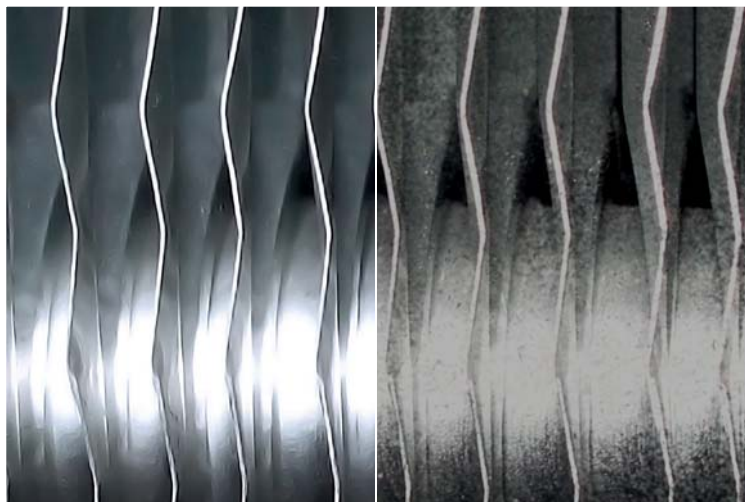
W przypadku powstania zbyt dużej ilości kondensatu, skropliny są odprowadzane z szafy sterowniczej przez zabezpieczenie przelewowe.

### Lepsza efektywność energetyczna dzięki nanopowłokom Rittal

W analizie kosztów (Total Cost of Ownership) dla klimatyzatora szafy sterowniczej można stwierdzić, że w rozpatrywanym okresie 5 lat ok. 60% kosztów całkowitych stanowią same koszty energii i konserwacji. W związku z tym Rittal poszukiwał dróg możliwie maksymalnego zredukowania tych kosztów. Okazało się, że nanopowłoka skraplacza w obiegu zewnętrznym klimatyzatora jest optymalnym rozwiązaniem dalszego obniżenia kosztów konserwacji i energii.

### Zalety nanopowłok Rittal

- Mniejsze osadzanie brudu przemysłowego na płytach wymiennika ciepła
- Zwiększenie bezpieczeństwa eksploatacji
- Znaczne zredukowanie częstości konserwacji
- Mniejsza przyczepność zanieczyszczeń, dzięki temu łatwiejsze czyszczenie wymienników ciepła
- **Niezmiennie wysoka przewodność cieplna**



## ■ Przegląd ogólny

Szybki wybór wszystkich możliwości chłodzenia szaf sterowniczych w zależności od warunków otoczenia i wymaganej mocy chłodniczej

	Moc tracona do odprowadzenia $\Delta T = 10\text{ K}$		$T_{\text{otoczenia}} \text{ w } ^\circ\text{C}$			Jakość powietrza				
	< 1500 W	> 1500 W	20...55	20...70	>70	bezpyłowe	zapyłone	zaolejone	agresywne	
<b>Wentylatory filtrujące</b>	■	■	■			■	■			
Dokładna mata filtracyjna (sprasowana włóknina)	■	■	■				■			
Mata filtracyjna (sprasowana włóknina)	■	■	■				■			
<b>Wymiennik pow./pow.</b>	■		■			■	■			
<b>Wymiennik pow./woda</b>										
Standard	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Wersja ze stali nierdzewnej	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
<b>Klimatyzator</b>										
Standard	■	■	■			■				
Wersja chemiczna	■	■	■						■	
Mata filtracyjna (pianka PU o otwartej strukturze)	■	■	■				■			
Filtr metalowy	■	■	■				■	■	■	
Powłoka RiNano	■	■	■				■	■	■	

## ■ Obliczanie i rozplanowanie rozwiązań klimatyzacji za pomocą programu Therm

Pierwszy program Therm, do obliczania i doboru odpowiednich komponentów klimatyzacji, Rittal udostępnił klientom już w 1992 r. Dzisiaj kłopotliwe obliczenia całkowicie przejął program w wersji 6.1. Łatwe w obsłudze okno dialogowe pozwala użytkownikom dopasować i prawidłowo zwymiarować komponenty klimatyzacji. Każda analiza jest oparta na wytycznych IEC/TR 60 890, AMD 1/02.95 i EN 14 511-2:2011.

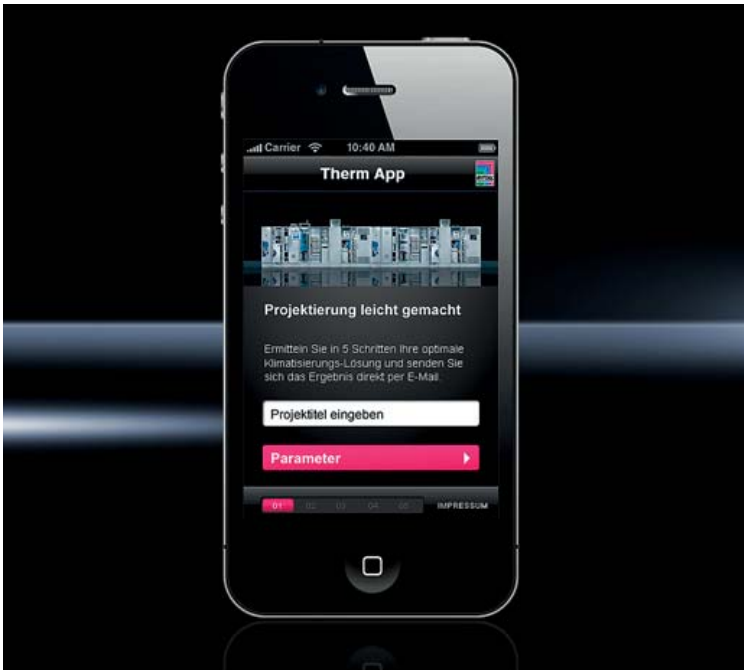
Oprogramowanie umożliwia konfigurację wszystkich komponentów klimatyzacji, w tym konfigurowanie systemów chillerów.

Inną zaletą tego programu jest bezpośrednie połączenie z oprogramowaniem do projektowania EPLAN Cabinet. Na podstawie wyposażenia płyty montażowej w niezbędne komponenty elektryczne wyznaczone są moce tracone i przekazywane do programu Therm, w którym następuje obliczenie i dobór odpowiednich komponentów klimatyzacji.

Ważne jest przy tym to, że obliczenia te mogą być w razie potrzeby udostępnione klientowi końcowemu w formie szczegółowej dokumentacji.

Dzięki wsparciu tego oprogramowania, projektanci przy doborze rozwiązania klimatyzacji oszczędzają masę pracy i czasu.





## Therm - obliczanie klimatyzacji na smartfonie

Do zaprojektowania optymalnego rozwiązania klimatyzacji w 5 prostych krokach:

- Tytuł projektu  
(pole Temat przy wysłaniu e-maila)
- Parametry
- Obudowa
- Wybór
- Zalecenia

Aplikacja RiTherm na systemy Android i iOS (iPhone) przejmuje kłopotliwe obliczenia potrzeb klimatyzacji dla indywidualnej zabudowy szaf sterowniczych.

Ta aplikacja z szybkim wyborem to kompaktowy wariant pełnej wersji „Therm 6.2”. Wyniki można szybko i łatwo przesłać mailem. Łatwe w obsłudze okna dialogowe z typowymi elementami obsługi smartfona pozwalają użytkownikowi dopasować i prawidłowo zwymiarować komponenty klimatyzacji.

Każda analiza jest oparta na wytycznych normy IEC/TR 60 890, AMD1/02.95 i DIN 3168 dla klimatyzatorów szaf sterowniczych.

# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL



# Uwagi dotyczące projektowania i eksploatacji

<b>Ważne i przydatne uwagi dotyczące projektowania i eksploatacji.....</b>	<b>66</b>
■ Prawidłowe konstruowanie szaf sterowniczych i odprowadzanie ciepła.....	66
■ Obieg zewnętrzny – otwarte przestrzenie.....	68
■ Innowacyjne prowadzenie powietrza w obiegu wewnętrznym .....	69
■ System kanałów powietrznych.....	69
<b>Konserwacja .....</b>	<b>71</b>
■ Zastosowanie mat filtracyjnych .....	72
■ Filtr powietrza zewnętrznego.....	73

## ■ Ważne i przydatne uwagi dotyczące projektowania i eksploatacji

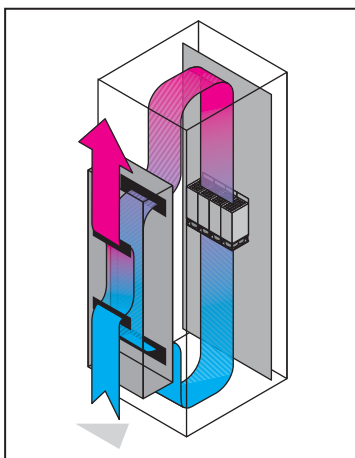
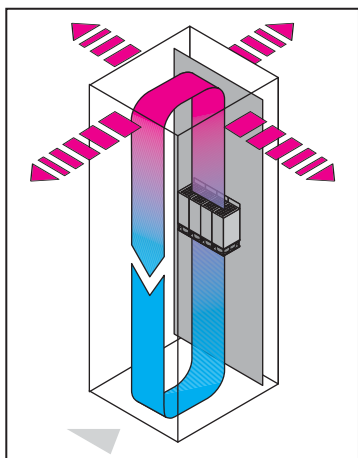
Poza obliczeniem i wyborem rozwiązań do odprowadzania ciepła z szafy sterowniczej i obudowy do elektroniki, ważne jest również prawidłowe rozplanowanie i rozmieszczenie urządzeń i środków roboczych. Urządzenia i komponenty elektryczne powinny być zainstalowane w szafie sterowniczej zgodnie ze wskazówkami danego producenta oraz parametrami w instrukcji urządzenia.

**Przy rozmieszczaniu w szafie sterowniczej należy szczególnie przestrzegać następujących punktów:**

- Kierunek przepływu zimnego powietrza przez komponenty musi być skierowany od dołu do góry
- Między podzespołami i komponentami elektrycznymi musi być przewidziana wystarczająca ilość miejsca dla przepływu powietrza

- Otwory nawiewne komponentów klimatyzacji nie mogą być zabudowane urządzeniami elektrycznymi, środkami roboczymi i kanałami kablowymi

## Prawidłowe konstruowanie szaf sterowniczych i odprowadzanie ciepła



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

Przewody i kable elektryczne są wciąż prowadzone przez podzespoły. W tym przypadku utrudnia się swobodne odprowadzanie ciepła z tych podzespołów do powietrza otoczenia w szafie

sterowniczej. Przewody działają jak izolacja! Chłodzenie podzespołów mimo klimatyzacji jest utrudnione lub wręcz niemożliwe.

### Typowe błędy z praktyki

Zakryty otwór wentylacyjny



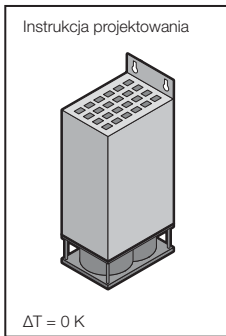
nieprawidłowo



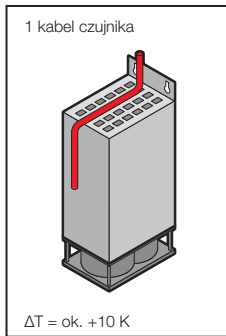
prawidłowo

### Wolne przestrzenie wentylacji

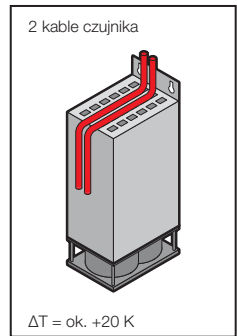
Szczególnie w przypadku wąskich komponentów odprowadzanie ciepła staje się wyraźnie utrudnione, gdy kable są układane na kratkach wentylacyjnych.



Moduły 50 mm mają w kratce wentylacyjnej 4 rzędy otworów



→ +10 K →  
50 % żywotności  
i dwukrotnie większa awaryjność



→ +20 K →  
25 % żywotności  
i czterokrotnie większa awaryjność

### Typowe błędy z praktyki

Zastawiony otwór wlotu powietrza

- Już przy projektowaniu należy uwzględnić powierzchnie do przechowywania niezbędnych dokumentów i schematów.

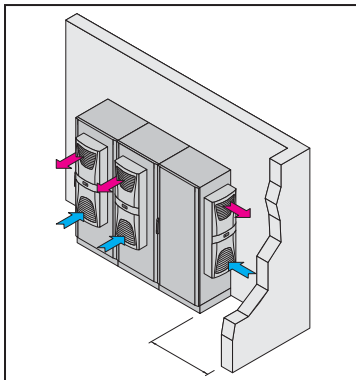
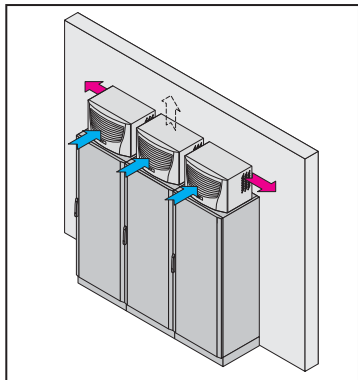


## Obieg zewnętrzny – otwarte przestrzenie

- We wszystkich rozwiązaniach klimatyzacji należy zwracać uwagę na to, aby dopływ i odpływ powietrza komponentów klimatyzacji nie był utrudniony przez ściany, maszyny lub inną zabudowę.

### Wskazówka:

W przypadku klimatyzatorów do zabudowy dachowej – niezależnie od rodzaju ustawienia – wylot powietrza jest zawsze wolny, ponieważ w tych urządzeniach doprowadzanie powietrza odbywa się od frontu. Ciepłe powietrze jest odprowadzane przez części boczne, ścianę tylną i opcjonalnie przez dach.



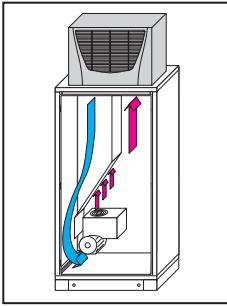
## Cyrkulacja powietrza w szafie sterowniczej

- Prowadzenie powietrza w szafie, z uwzględnieniem kierunku powietrza komponentów elektronicznych z własnymi dmuchawami lub wentylatorami, musi być uwzględnione już w projektowaniu. W klimatyzacji należy unikać prowadzenia powietrza w kierunku przeciwnym

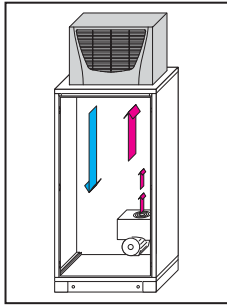
do przepływu powietrza podzespołów elektronicznych! Tego typu problemy występują szczególnie w urządzeniach do zabudowy dachowej. Tutaj optymalnym rozwiązaniem technicznym są klimatyzatory i wymienniki ciepła powietrze/woda z kanałami prowadzenia powietrza.

Montaż komponentów elektroniki w szafie sterowniczej

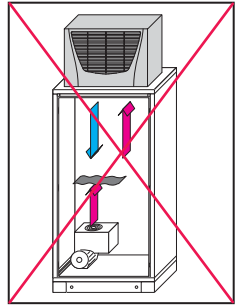
Szczególnie przypadku stosowania urządzeń dachowych należy zwracać uwagę na strumień powietrza własnych dmuchaw komponentów elektroniki.



prawidłowo

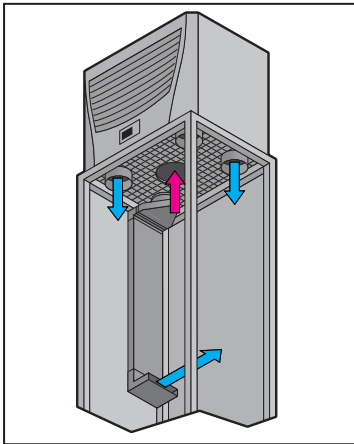


prawidłowo



nieprawidłowo

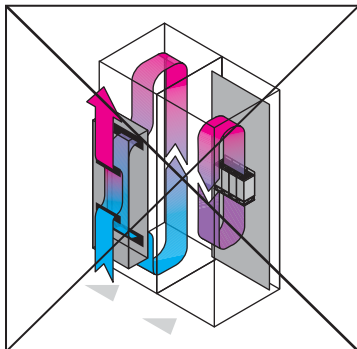
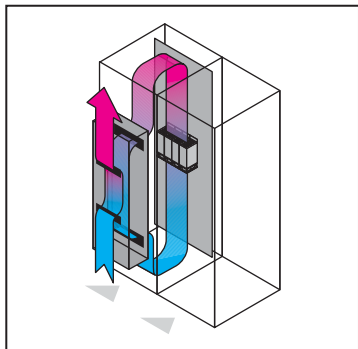
## Innowacyjne prowadzenie powietrza w obiegu wewnętrznym



- Dzięki systemowi prowadzenia powietrza, powietrze z klimatyzatora lub wymiennika ciepła powietrze/woda można skierować do komponentów tak, aby nie przeciwdziałało prowadzeniu powietrza elementów zabudowy.

### System kanałów powietrznych

- Zwarcia powietrza należy wykluczyć stosując system kanałów powietrznych
- Ukierunkowane zasialnie w zimne powietrze komponentów z własną wentylacją
- Zastosowanie systemu kanałów powietrznych jest szczególnie uzasadnione w przypadku klimatyzatorów do zabudowy dachowej



■ Zimne powietrze ze wszystkich urządzeń klimatyzacyjnych powinno być kierowane zawsze w pobliże napędów (rys. powyżej). Tam powstają największe moce tracone. Takie rozmieszczenie gwarantuje, że zimne powietrze z urządzenia klimatyzacyjnego będzie chłodziło napędy optymalnie i bez strat.

■ W układzie jak na rys. powyżej szafa sterownicza nie jest chłodzona optymalnie. Napędy lub urządzenia elektroniczne w prawej szafie sterowniczej nie otrzymują potrzebnego chłodzenia. Dlatego pomimo kalkulacji cieplnej, powstająca moc tracona komponentów elektrycznych nie może być odprowadzana.



■ Temperatura wewnętrzna szafy sterowniczej powinna być zawsze ustawiona na +35°C. Nie ma żadnego technicznego uzasadnienia, aby ustawiać tę temperaturę niżej! W przypadku niższej temperatury w szafie sterowniczej, np. +15°C, dochodzi do znacznie większej kondensacji.

Również podzespoły i komponenty są przechłodzone i tworzą kondensat po wyłączeniu chłodzenia lub otwarciu drzwi szafy.

- W przypadku wybrania temperatury wewnętrznej np.  $+15^{\circ}\text{C}$  klimatyzator ma już tylko ok. 50 % pierwotnej mocy podawanej wg DIN 14 511 (dla temperatury wewnętrznej =  $+35^{\circ}\text{C}$ ).
- Nieprzestrzeganie instrukcji montażu komponentów i podzespołów elektronicznych powoduje zmniejszenie żywotności i ostatecznie przedwczesne awarie podzespołów.
- Komponenty klimatyzacji na całym świecie pracują głównie w otoczeniu przemysłowym, czyli w otoczeniu obciążonym brudem, pyłem i olejem. Dzisiejsze urządzenia klimatyzacji nie wymagają specjalnej konserwacji, ale to nie znaczy, że żadnej. Jedynie wymienniki ciepła powietrze/woda nie mają bezpośredniego kontaktu z powietrzem otoczenia. Aby zagwarantować długotrwałą eksploatację tych komponentów i urządzeń niezbędne jest, aby były one poddawane stałej, systematycznej konserwacji.

## ■ Konserwacja



- Konserwacja wentylatorów filtrujących, wymienników ciepła powietrze/powietrze i klimatyzatorów szaf sterowniczych obejmuje w pierwszej linii filtry zewnętrzne tych komponentów.
- Należy unikać obciążania filtrów pyłem i oleistym brudem w stopniu nie gwarantującym prawidłowego działania urządzeń.
- Należy stosować tylko zalecane przez producenta maty filtrujące. Dla klimatyzatorów nie zaleca się stosowania filtrów ze sprasowanej włókny.

- Dla powietrza zawierającego olej stosuje się filtry metalowe. W razie potrzeby można je umyć i zastosować ponownie.
- W zapylnym powietrzu otoczenia klimatyzatory Rittal nie wymagają osobnych filtrów dzięki powłoce RiNano.

### Zastosowanie mat filtracyjnych



Przy dużym obciążeniu pyłem stosować filtry PU i regularnie je wymieniać. Klimatyzatory z powłoką RiNano nie wymagają filtrów przeciwpylowych.



Dla powietrza zawierającego olej stosować filtry metalowe. Oddzielają kondensat olejowy z powietrza i można je myć środkami czyszczącymi rozpuszczającymi tłuszcze.



W przemyśle tekstylnym uzasadnione są sита włókienkowe.



**Wskazówka:**  
Filtry ze sprasowanej włókniny nie nadają się do klimatyzatorów.



- Jeżeli w powietrzu otoczenia znajdują się włókna, jak np. w przemyśle tekstylnym,

w obiegu zewnętrznym zastosowanie znajdują sита włókienkowe.

## Filtr powietrza zewnętrznego

Praca w otoczeniu zawierającym włókna (przemysł tekstylny)



Wszystkie te uwagi i wskazówki uwzględniają wieloletnie doświadczenia praktyczne ze stosowania klimatyzatorów szaf sterowniczych w otoczeniu przemysłowym. Przestrzegając

tych informacji można zoptymalizować chłodzenie komponentów elektrycznych i zwiększyć efektywność energetyczną odprowadzania ciepła z szaf sterowniczych i obudów elektroniki.

# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Chłodzenie maszyn i procesów

<b>Czym jest chłodzenie maszyn i procesów .....</b>	<b>76</b>
■ <b>Możliwości zastosowania agregatów chłodzenia cieczy / chillerów .....</b>	<b>78</b>
■ <b>Modułowy agregat chłodzenia cieczy / chiller.....</b>	<b>80</b>

## Chłodzenie IT

<b>Chillery w klimatyzacji IT .....</b>	<b>81</b>
<b>Podsumowanie .....</b>	<b>88</b>

## ■ Czym jest chłodzenie maszyn i procesów?

Użytkowanie wysokowydajnej obrabiarki o bardzo wysokich wymaganiach dotyczących precyzji i prędkości obróbki bez precyzyjnego chłodzenia jest w dzisiejszych czasach nie do pomyślenia.

Wymaganą, możliwie stałą temperaturę przy przedmiocie obróbki i w maszynie zapewnia wysokowydajne chłodzenie. Tego typu procesy chłodzenia można zrealizować tylko za pomocą agregatów chłodzenia cieczy (chillerów). Zgodnie z licznymi

badaniami, m. in. RWTH w Akwizgranie i Uniwersytetu Technicznego w Darmstadt, samo tylko chłodzenie obrabiarki to ok. 15 % całkowitego zapotrzebowania na energię nowoczesnej obrabiarki.

### Chłodzenie wodne obrabiarki i szafy sterowniczej

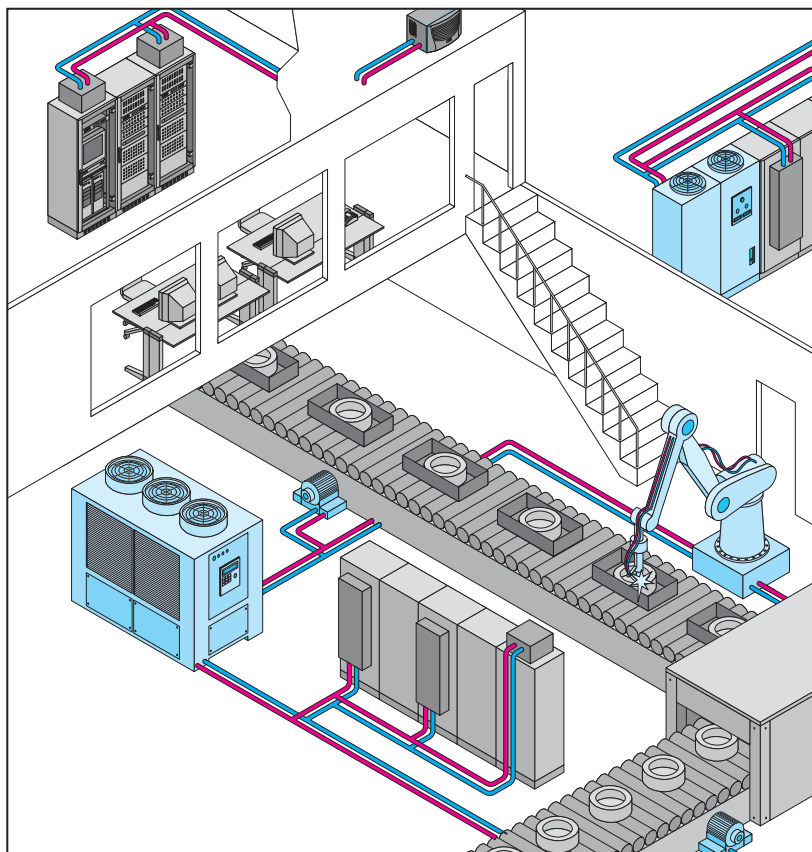




IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES





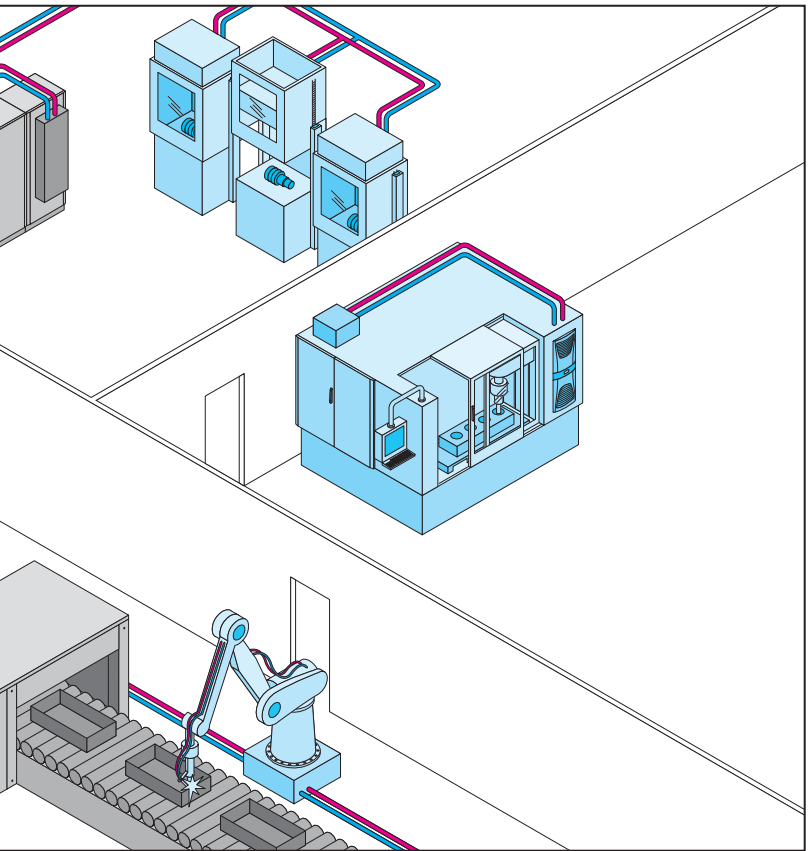
## Możliwości zastosowania chillerów

**Efektywnie energetycznie chłodzenie wodne w produkcji**

**Akcent:**  
**Chłodzenie maszyn i procesów**

Bardzo wysoka elastyczność, przede wszystkim jednak możliwość odprowadzania za pomocą wody dużych obciążeń cieplnych z maszyny i szafy

sterowniczej, znacznie przyspieszyły w ostatnich latach zastosowanie chillerów. Dzięki użyciu agregatów chłodzenia cieczy do chłodzenia maszyn, zauważalny jest też wyraźny trend do chłodzenia szaf sterowniczych za pomocą wymienników ciepła powietrze/woda.



Jeśli agregat chłodzenia cieczy ma obsługiwać kilka odbiorników, które mają różne wymagania względem temperatury dopływu i natężenia przepływu medium chłodzącego, np. połączony układ chłodzenia maszyny i szafy sterowniczej, stosuje się systemy wieloobwodowe.

Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest dopasowanie różnych obiegów do poszczególnych odbiorników, np. temperatura dopływu dla maszyny  $+15^{\circ}\text{C}$ , dla szafy sterowniczej  $+20^{\circ}\text{C}$ .

## Modułowy chiller

Coraz częściej, ze względu na presję kosztów i dostępność komponentów na rynkach światowych, klienci oczekują standaryzacji agregatów chłodzenia cieczy. Rittal odpowiedział na ten trend opracowując chillery TopTherm o konstrukcji modułowej.

### Zasada systemu modułowego Rittal



Moduł hydrauliczny +



Moduł chłodzenia +



Moduł elektryczny =



Kompletny chiller

Rozwiązanie jest w pełni integrowalne z systemem Rittal, ponieważ jego bazę stanowi szafa sterownicza TS 8. Dzięki modułowej konstrukcji uzyskano standaryzację poszczególnych modułów, co zapewnia wysoką elastyczność montażu i zasady prowadzenia powietrza.

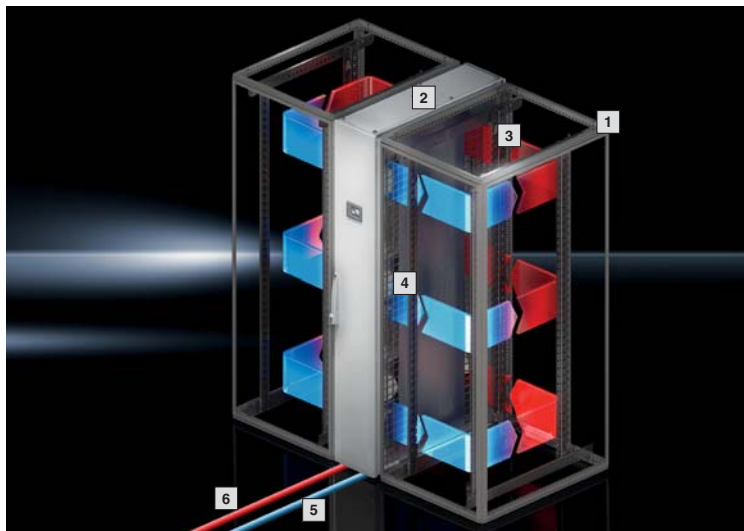
Wszystkie agregaty chłodzenia cieczy – za wyjątkiem agregatów chłodzenia oleju i emulsji – przeznaczone są do chłodzenia wody lub roztworu wody i glikolu. Proporcje mieszanki dla instalacji zewnętrznej powinny wynosić ok. 1:2, dla instalacji wewnętrznej ok. 1:4. Uzdatnienie wody dodatkami jest niezbędne prawie bez wyjątku. Oprócz ochrony przed zamarzaniem służy to również zablokowaniu wzrostu bakterii i osiągnięciu optymalnej ochrony przed korozją.



## ■ Chillery w klimatyzacji IT

Praca centrów danych bez precyzyjnego chłodzenia nie jest już możliwa. Wymaga się efektywności, bezpieczeństwa i dostępności rzędu 99,99 % w roku. Jednocześnie, ciepło w nowoczesnym centrum danych jest wrogiem numer jeden wszystkich serwerów.

### Systemy Liquid Cooling

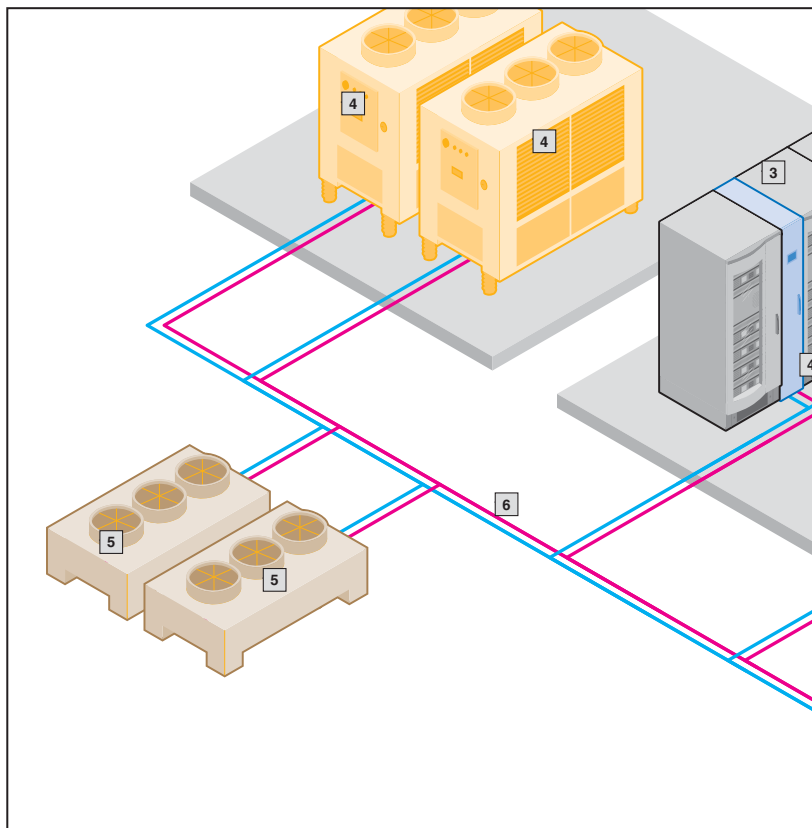


- |                           |                                       |                                   |
|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>1</b> Stelaż serwerowy | <b>3</b> Temperatura wlotu powietrza  | <b>5</b> Temperatura dopływu wody |
| <b>2</b> Wymiennik ciepła | <b>4</b> Temperatura wylotu powietrza | <b>6</b> Temperatura odpływu wody |

Zadanie polega więc na możliwie efektywnym odprowadzeniu bardzo wysokich mocy traconych z komputerów w szafie sterowniczej na zewnątrz. Firma Rittal jest dziś kompetentnym specjalistą w zakresie realizacji wymagań w związku z nowoczesną infrastrukturą w aspekcie efektywności energetycznej i ochrony środowiska w centrach danych.

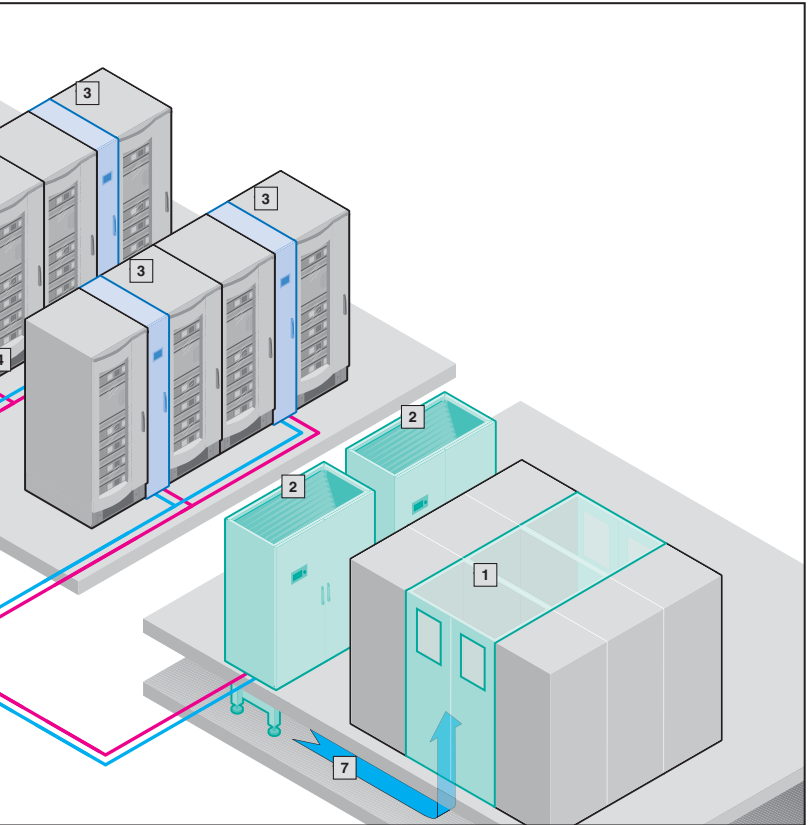
Chillery Rittal do chłodzenia cieczy gwarantują, że woda chłodząca do chłodzenia szaf sterowniczych będzie zapewniana zawsze i optymalnie do potrzeb.

**System klimatyzacji powietrza obiegowego ze zintegrowanym wymiennikiem ciepła powietrze/woda i wentylatorami recyrkulacji powietrza.  
Klasa mocy 23 – 118 kW**



Chłodzenie lub klimatyzacja centrum danych odbywa się z reguły przez podłogę techniczną, czyli powietrze dopływające do centrum danych jest schłodzone w systemie klimatyzacji obiegowej (UKS) i przez podłogę techniczną doprowadzane do pomieszczenia. Ciepłe powietrze z szaf

serwerowych i pomieszczenia jest zasysane ponownie przez system klimatyzacji i schładzane w wymienniku ciepła powietrze/woda. Woda jest schładzana w chillerze Rittal i dostarczana do systemu klimatyzacji powietrza obiegowego.



1 Separacja stref

2 Systemy klimatyzacji powietrza obiegowego

3 LCP - Liquid Cooling Package

4 Chillery IT

5 Free Cooling

6 Orurowanie

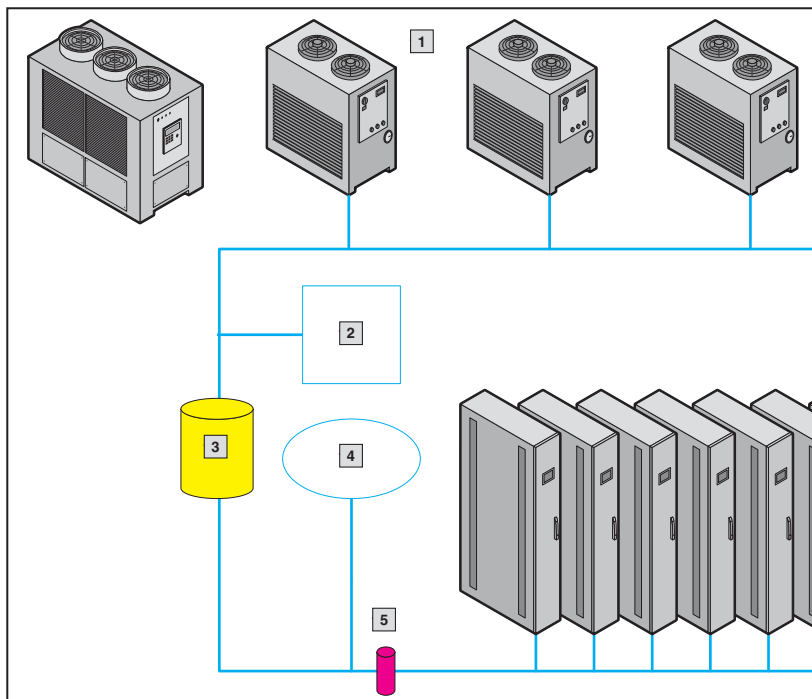
7 Podłoga techniczna do zasilania w zimne powietrze

IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES

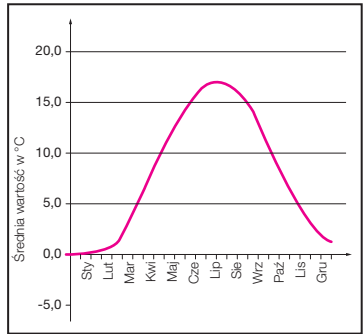
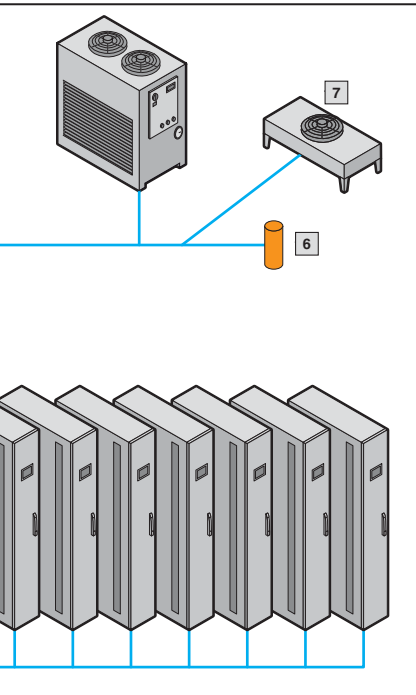


## Średnie wartości temperatur dla miesiąca, roku i pory roku



Dodatkowo dzięki zastosowaniu tzw. chłodzenia swobodnego (free-cooling) gwarantuje się, że chillery, które w zastosowaniach IT najczęściej są zrealizowane redundantnie, są stosowane tylko wówczas, gdy temperatura

zewnątrzna przekracza średnią roczną ok. 8,4°C, czyli przez połowę roku. Takie rozwiązanie techniczne aktywnie przyczynia się do znacznego zredukowania kosztów energii w centrum danych.



Średnie temperatury na przykładzie Niemiec

- 1 Chiller
- 2 Klimatyzacja budynku
- 3 Zbiornik buforowy
- 4 Zbiornik wody
- 5 Stacja pomp
- 6 Pompa obiegu powrotnego ogrzewania
- 7 Free Cooling

Systemy Rittal i infrastruktury do chłodzenia centrów danych spełniają wszystkie wymagania norm krajowych i międzynarodowych, jak DIN, TÜV, GS i UL. W ocenie efektywności energetycznej centrum danych uwzględnia

się tzw. wskaźnik efektywności energetycznej infrastruktury (Data Center Infrastructure Efficiency). Wskaźnik ten od 2008 r. jest zdefiniowany przez European Code of Conduct for Data-centres następująco:

$$DCIE = \frac{\text{Zużycie energii przez IT}}{\text{Całkowite zużycie energii}} \cdot 100 \%$$

### Zrealizowane centrum danych z szafami serwerowymi i chłodzeniem wodnym



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

**W optymalnych warunkach wskaźnik DCIE może więc wynosić 100 %.**

Decydujące przy tym jest przede wszystkim to, że już przy projektowaniu centrum danych muszą zostać dopasowane do siebie infrastruktura i systemy, ale także i eksploatacja.



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE &amp; SERVICES



## Podsumowanie

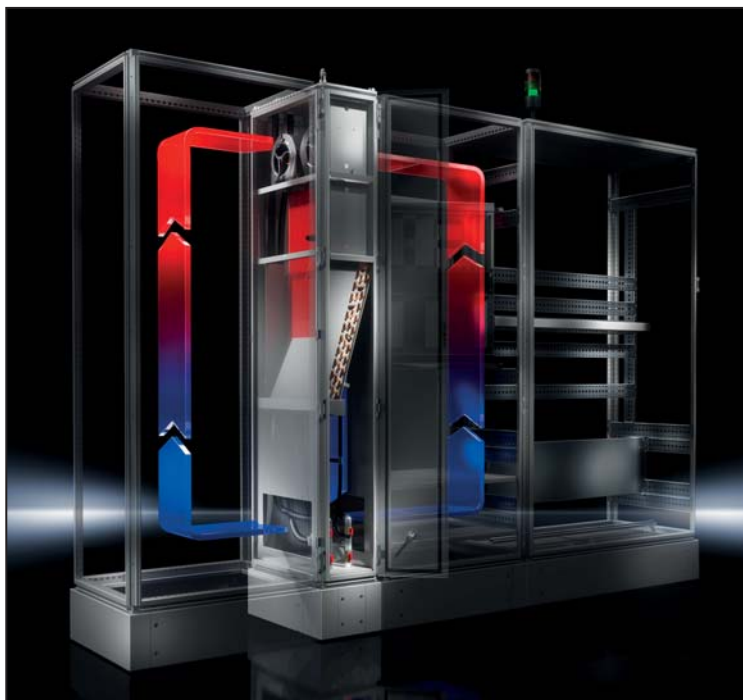
Obecnie woda jako czynnik do chłodzenia maszyn, urządzeń i szaf sterowniczych coraz bardziej zyskuje na znaczeniu ze względu na rosnące moce tracone do odprowadzania.

### **Żadne inne rozwiązanie nie ma takiej wydajności i efektywności!**

Bez chillerów nie da się dziś już wyobrazić elastycznego i dopasowanego do wszystkich wymagań odprowadzania ciepła z maszyn, szaf sterowniczych i przemyśle, technice medycznej (tomografia komputero-

wa i systemy obrazowania metodą rezonansu magnetycznego), w chłodzeniu maszyn do obróbki tworzyw sztucznych i urządzeń w przemyśle chemicznym, a także serwerów w zastosowaniach IT.

## Systemy Liquid Cooling



### LCP dla przemysłu

ENCLOSURES

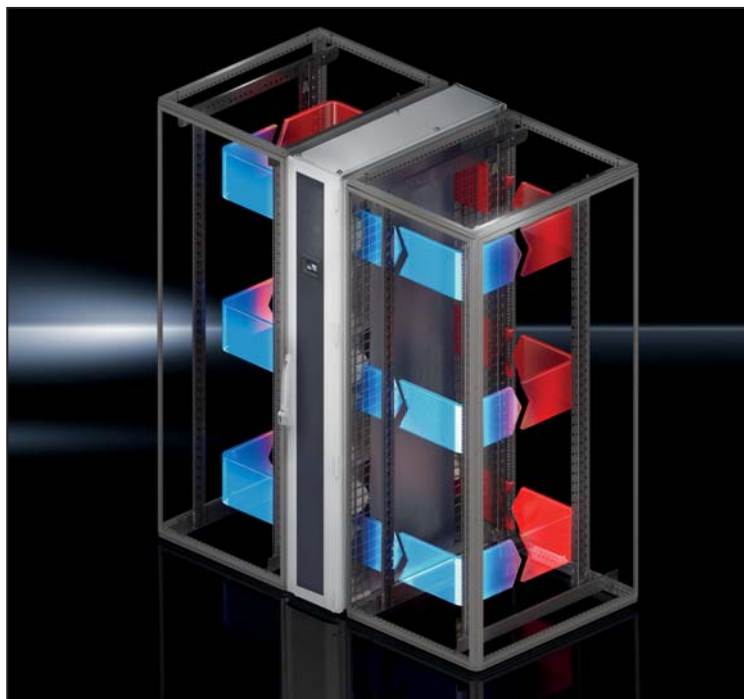
POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL



Jednocześnie urządzenia te muszą być zoptymalizowane pod względem technologicznym tak, aby znacząco przyczyniały się do efektywności energetycznej urządzeń i maszyn.

**Obecnie Rittal oferuje prawie do wszystkich zastosowań najbardziej efektywne energetycznie rozwiązania odprowadzania ciepła dla przemysłu, a także dla klimatyzacji IT. Wszystkie rozwiązania w tej dziedzinie są dopasowane do „Rittal – The System.“**



Chłodzenie szaf serwerowych

IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



## ■ Indeks alfabetyczny

### B

Bezpośrednie chłodzenie wodne 50

### C

Chłodzenie strumieniem powietrza 22

Chłodzenie termoelektryczne 40

Chłodzenie wodne, zalety 44

### E

Efektywność energetyczna klimatyzatorów szaf sterowniczych 58

Elektroniczne odparowywanie kondensatu 59

EN 60 529 18

### G

Grzałki do szaf sterowniczych 28

### K

Klasyfikacja IP 18

Klasyfikacja NEMA 19

Klimatyzacja aktywna 26, 53

Klimatyzacja pasywna 26

Klimatyzator Peltiera 40

Klimatyzator ProOzon 9

Klimatyzatory „Blue e” 58

Konwekcja własna 22

Konwekcja 21

### M

Moc promieniowania 24

Moc tracona  $\dot{Q}_v$  23

### N

Nanopowłoka 60

### O

Obudowy - rodzaj ustawienia 24

Obwód chłodzenia 54

Odprowadzanie ciepła przez wymienniki ciepła powietrze/powietrze 37

Odprowadzanie ciepła przez wymienniki ciepła powietrze/woda 42

Odprowadzanie ciepła przez wymuszoną cyrkulację 32

Odprowadzanie dużych mocy traconych 48

Odprowadzenie ciepła przez wentylatory filtrujące 33

### P

Płyta montażowa chłodzona wodą 26, 50

Porównanie efektywności klimatyzatorów – chillerów z wymiennikami ciepła 46

Powierzchnia szafy sterowniczej 25

Program projektowy EPLAN 62

Promieniowanie ciepłe 21

Przegląd metod chłodzenia 26

Przewodzenie ciepła 21

### R

Rodzaje odprowadzania ciepła 21

Równanie Arrheniusa 20

### S

Strumień objętości wentylatora 35

System chłodzenia cieczy 80

Szybki wybór chłodzenia szaf sterowniczych 61

### T

Technologia PTC 59

## ■ Ważne skróty i definicje terminów

### **Analiza CFD**

- Computational Fluid Dynamics (termiczna symulacja warunków technicznych przepływu ciepła za pomocą programu komputerowego)

### **Agregat schładzający lub chiller**

- Wytwarzanie wody chłodzącej za pomocą chłodziarki

### **Arrhenius**

- Svante Arrhenius, szwedzki fizyk, 1859 – 1927

### **cp**

- Pojemność cieplna właściwa, np. powietrza przy 20°C

### **DCIE**

- Data Center Infrastructure Efficiency (wskaźnik zużycia energii w centrum danych (data center))

### **DIN**

- Niemiecki Instytut Normalizacji

### **GS**

- Znak jakości, bezpieczeństwo produktu z atestem TÜV

### **IEC**

- International Electrotechnical Commission

### **Konwekcja**

- Przenoszenie ciepła, zimna przez ściany przy różnicach temperatur

### **Moc tracona**

- Moc cieplna wszystkich elektrycznych elementów zabudowy, np. w szafie sterowniczej

### **Mollier**

- Richard Mollier, niemiecki profesor fizyki i budowy maszyn

### **Nano**

- Miliardowa część jednostki, czyli 0,000.000.001 m

### **NEMA**

- National Electrical Manufacturers Association (norma USA)

### **Peltier**

- Jean Charles Peltier, francuski fizyk, 1785 – 1845

### **Promieniowanie ciepłe**

- Przenoszenie ciepła przez powierzchnię

### **Stopień ochrony IP**

- International Protection Codes (ochrona wyposażenia elektrycznego przed wilgocią, ciałami obcymi i dotykiem)

### **Technologia PTC**

- Positive Temperature Coefficient (właściwość przewodnika elektrycznego polegająca na „dobrym” przewodzeniu prądu przy niskich temperaturach)

### **UL**

- Underwriters Laboratories (bada, czy produkty, materiały i systemy spełniają standardy bezpieczeństwa USA)

### **VDE**

- Niemieckie stowarzyszenie elektrotechniki, elektroniki, techniki informacyjnej

### **VDMA**

- Niemiecki związek producentów maszyn i urządzeń przemysłowych

### **Współczynnik k**

- Współczynnik przepływu ciepła, zależy od materiału (stal)

### **ZVEI**

- Niemiecki centralny związek przemysłu elektrotechnicznego i elektronicznego

---

## ■ Źródła

- Bliesner, Jürgen: Ważne uwagi dotyczące montażu szaf sterowniczych, Siemens AG, 2007.
- Rittal GmbH & Co. KG: Praktyczne wskazówki dotyczące klimatyzacji szaf sterowniczych i chłodzenia maszyn, Rittal GmbH & Co. KG, 2004.
- Rittal GmbH & Co. KG: Rittal SK – Klimatyzacja systemowa, Rittal GmbH & Co. KG, 2006.
- Siemens AG: Integracja szaf sterowniczych, SINAMICS S120 Booksize/SIMODRIVE – Podręcznik techniczny 09/2007, SiemensAG, 2007.
- Styppa, Heinrich: Klimatyzacja obudów, maszyn i urządzeń – podstawy, komponenty, zastosowania. Biblioteka techniki, tom 284, sv corporate media, 2005.
- Schneider, Ralf, et al.: Podręcznik projektowania odprowadzania ciepła z szaf sterowniczych, wydanie 2, grudzień 2011, Süddeutscher Verlag onpact GmbH, 81677 München.

# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Moc z atestem TÜV wg DIN EN 14 511:2012-01

Ważnym elementem przy podawaniu mocy chłodniczej klimatyzatora szafy sterowniczej jest pomiar mocy według normy EN.

Ta norma europejska określa warunki badań klimatyzatorów powietrza, ziębiarek cieczy (chillerów) i pomp ciepła używających do przenoszenia ciepła powietrza, wody lub solanki, ze sprężarkami o napędzie elektrycznym, do grzania i ziębienia. Te przeprowadzane przez TÜV niezależne pomiary mocy dają klientom pewność, że posiadają klimatyzator szaf sterowniczych, który rzeczywiście osiąga daną moc chłodniczą i jest zgodny z aktualnym Energy efficiency ratio (EER), czyli ma najlepszą efektywność energetyczną.

Klimatyzatory Rittal „Blue e“ w zakresie mocy od 300 do 4000 W zostały przetestowane według tej normy i noszą znak jakości TÜV.

Wyjątek stanowią klimatyzatory z atestem Atex dla strefy 22 oraz NEMA 4X.

# Dotychczas ukazały się:

**1**

2013

## Budowa rozdzielnic i sterownic zgodnie z normą

Zastosowanie EN 61 439

**2**

2013

## Chłodzenie szaf sterowniczych i procesów

**3**

2013

## Dla ekspertów od szaf sterowniczych





# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

- Szafy sterownicze
- Rozdział mocy
- Klimatyzacja
- Infrastruktura IT
- Software & Services

Rittal Sp. z o.o.  
ul. Domaniewska 49 · 02-672 Warszawa  
Tel.: 0 22 310 06 00 · Fax: 0 22 310 06 16  
E-mail: [rittal@rittal.pl](mailto:rittal@rittal.pl) · [www.rittal.pl](http://www.rittal.pl)



FRIEDHELM LOH GROUP