

*komfovent*<sup>®</sup>

# Rekuperatory serii DOMEKT R z wymiennikiem obrotowym II generacji



**DOŁĄCZ**

**DO REWOLUCJI**

**W REKUPERACJI**

Chcesz wiedzieć więcej na temat najbardziej  
innowacyjnego rozwiązania na rynku?  
ZAPRASZAMY DO LEKTURY



Centrale wentylacyjne **Komfovent** z obrotowym **wymiennikiem sorpcyjnym-entalpicznym**, to rozwiązanie przewyższające wszystkie dotychczasowe technologie odzysku ciepła stosowane w wentylacji mechanicznej. To nowy wymiar komfortu i ekonomiki użytkowania przez cały rok!

## Wymiennik obrotowy II generacji (sorpcyjny-entalpiczny) znajdziesz w rekuperatorach Komfovent Domekt:



Z pionowym układem króćców

więcej >



Z poziomym układem króćców

więcej >



W wersji płaskiej, podwieszanej

więcej >

## Dlaczego rekuperator KOMFOVENT Domekt wyposażony w WYMIENNIK OBROTOWY SOPRCYJNY-ENTALPICZNY jest tak wyjątkowy?



**Gwarancja komfortu przez cały rok!**  
Najbardziej innowacyjny wymiennik ciepła na rynku - **działający PRZEZ CAŁY ROK!**



**Najlepsze parametry techniczne**  
Najwyższa skuteczność odzysku ciepła, wilgoci i chłodu przez cały rok!



**Efektywne pasywne nawilżanie zimą**  
Skuteczna walka ze zbyt suchym powietrzem zimą



**Realne oszczędności na co dzień**  
Najniższe koszty eksploatacji nawet **do -30°C**



**Skuteczne pasywne osuszanie latem**  
Optymalna wilgotność również latem



**Znacznie tańsza klimatyzacja**  
Rachunki za klimatyzację niższe nawet o 30-50%!



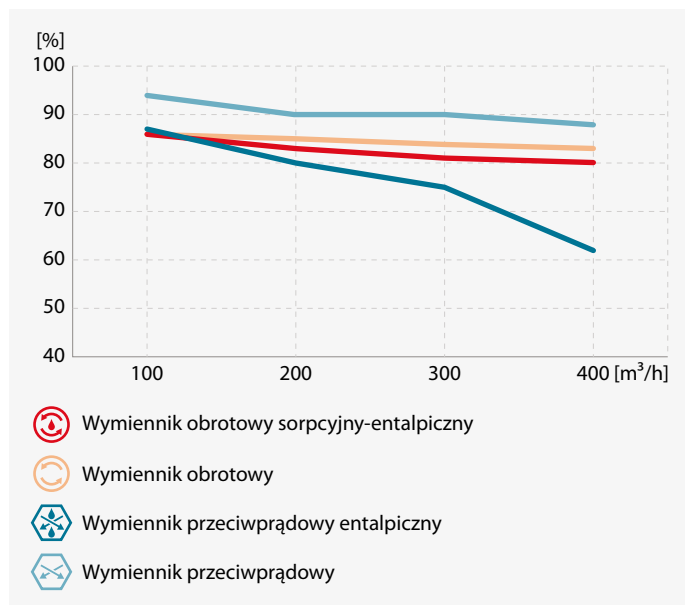
**Największy wybór urządzeń**  
Najszerszy typoszereg rekuperatorów do domów i mieszkań



**Najlepsze warunki gwarancji**  
Nieograniczone, bezpłatne zdalne wsparcie serwisowe po gwarancji!

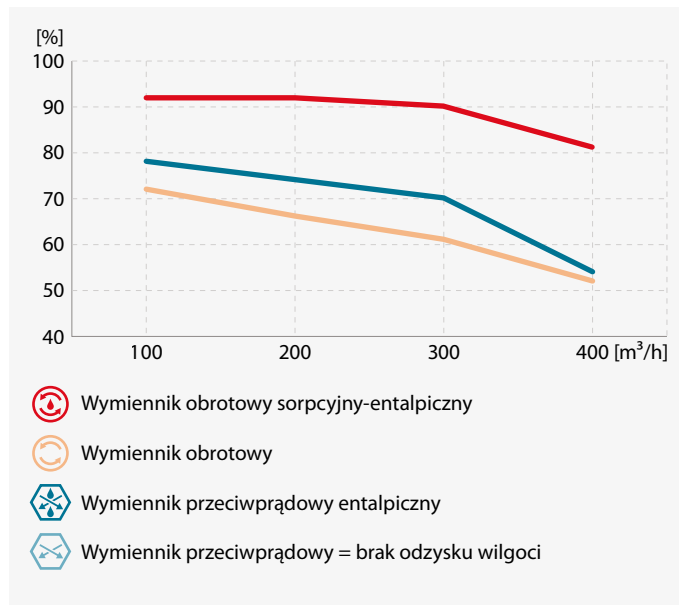
## Zobacz porównanie z innymi dostępnymi rozwiązaniami

### Sprawność temperaturowa wymiennika ciepła



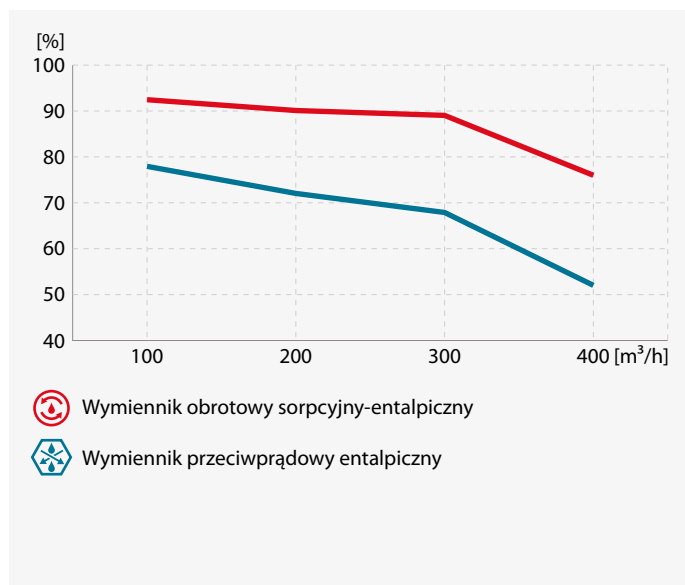
Sprawność temperaturowa wymiennika ciepła bezpośrednio przekłada się na temperaturę, jaką rekuperator jest w stanie nawiewać do domu z anemostatów. Tutaj wygrywa wymiennik przeciwprądowy. Należy jednak pamiętać, że zimą przy temperaturach zewnętrznych poniżej 0°C, wymaga dostarczenia energii elektrycznej dla wstępnej nagrzewnicy elektrycznej, chroniącej go przed zamarzaniem. Wymiennik entalpiczny z kolei traci bardzo na sprawności wraz ze wzrostem wydatku. Wymienniki obrotowe cechują się stałą sprawnością niezależną od temperatury zewnętrznej, jednocześnie nie posiadają nagrzewnic wstępnych.

### Sprawność pasywnego nawilżania powietrza



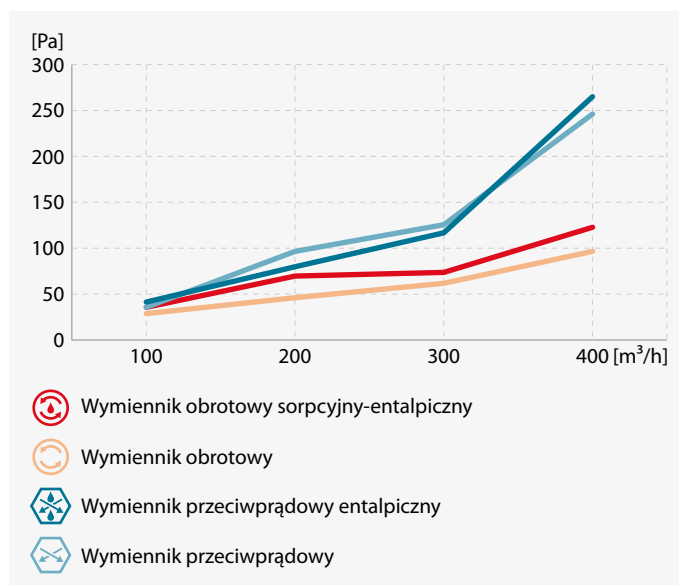
To od sprawności pasywnego nawilżania powietrza w głównej mierze zależy komfort użytkowników zimą. Im wyższa sprawność odzysku, tym większa gwarancja odpowiedniego, komfortowego poziomu wilgotności w domu. Wymiennik przeciwprądowy nie realizuje procesu odzysku wilgoci.

### Sprawność pasywnego osuszania powietrza



Sprawność pasywnego osuszania powietrza bezpośrednio przekłada się na komfort użytkowników. W okresie letnim zmagamy się ze zbyt wysoką wilgotnością powietrza, co za tym idzie im wyższa sprawność pasywnego osuszania tym lepiej. Do tego dochodzą kwestie oszczędności energii na klimatyzacji - to właśnie proces osuszania powietrza stanowi lwią część zużycia energii w trakcie procesu schładzania domu! Wymienniki przeciwprądowy i obrotowy standardowy z uwagi na swoją budowę, nie realizują procesu osuszania powietrza.

### Opory przepływu powietrza



Opory przepływu powietrza to aspekt całkowicie pomijany przez producentów. A mają one bezpośrednie przełożenie na zużycie energii przez wentylatory, a co za tym idzie na energooszczędność rekuperatora i codzienne koszty eksploatacji. Im niższe opory przepływu [Pa] generuje wymiennik odzysku ciepła, tym niższe zużycie energii elektrycznej będzie miał rekuperator.

## Jak działa przez cały rok WYMIENNIK OBROTOWY SORPCYJNY-ENTALPICZNY?



### Efektywnie odzyskuje ciepło.



**Wysoka sprawność odzysku ciepła**, nawet 86%, w pełnym zakresie wydajności centrali wentylacyjnej oraz niezależnie od spadków temperatury zewnętrznej. Gwarantuje to stabilną komfortową temperaturę powietrza nawiewanego, niezależnie od wymaganej intensywności wentylacji.

### Realnie oszczędzi Twoje pieniądze.



**Brak nagrzewnicy wstępnej oraz innych systemów rozmrażania.** Wymiennik nie zamraża nawet do  $-30^{\circ}\text{C}$ . Dzięki temu centrala wentylacyjna nie zużywa dodatkowej energii elektrycznej na procesy rozmrażania, a użytkownik oszczędza na eksploatacji urządzenia.

### Zapewni Ci komfortową wilgotność w domu zimą.



**Działa to nawet na zasadzie pasywnego nawilżania powietrza.** Sprawność odzysku wilgoci realizowanego na zasadzie adsorpcji nawet do 90%. Dlaczego pasywne? Ponieważ proces zachodzi podczas normalnej pracy wymiennika. Nie potrzebuje dodatkowego źródła energii, zasilania w wodę oraz nie obniża temperatury powietrza nawiewanego.



### Efektywnie odzyskuje chłód.



**Zapewnia odzysk chłodu** z powietrza wywiewanego z pomieszczeń o sprawności nawet 86%. Skutecznie poprawia komfort temperaturowy oraz obniża koszty eksploatacji klimatyzacji.

### Zapewni Ci optymalną wilgotność w domu latem.



**Działa na zasadzie pasywnego osuszania powietrza.** Dzięki zastosowanym materiałom, wymiennik ciepła gwarantuje skuteczne osuszanie powietrza nawiewanego w letnie, wilgotne dni. Daje to znaczącą poprawę komfortu i lepsze samopoczucie w pomieszczeniach. Osuszanie pasywne nie potrzebuje żadnej dodatkowej energii. Jest realizowane podczas normalnej pracy wymiennika ciepła.

### Obniży Twoje rachunki za klimatyzację o 30-50%!



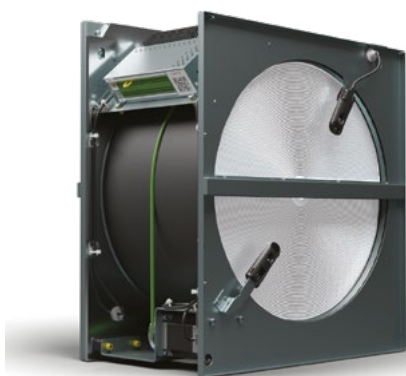
**Realne obniżenie kosztów chłodzenia pomieszczeń.** Dzięki pasywnemu osuszaniu powietrza w okresie letnim, klimatyzowanie pomieszczeń pozwala na niższe zużycie energii.

### Zapewni niższe koszty inwestycyjne.

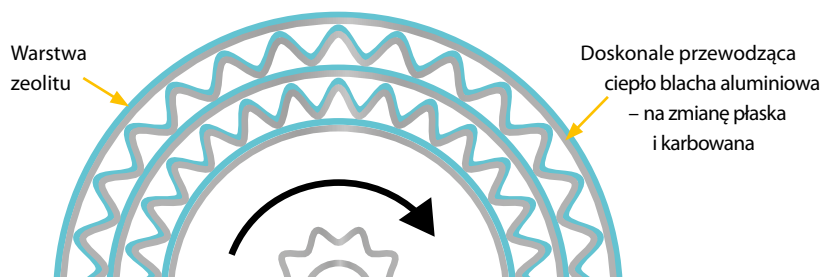


**Mniejsze zapotrzebowanie na moc chłodniczą, to niższe koszty inwestycyjne oraz eksploatacyjne.** Niższe nawet o 50% zapotrzebowanie na moc chłodniczą, daje możliwość zastosowania mniejszych urządzeń, które są znacznie tańsze w zakupie i eksploatacji.

## Poznaj budowę WYMIENNIKA OBROTOWEGO SORPCYJNEGO ENTALPICZNEGO (typ AZ)



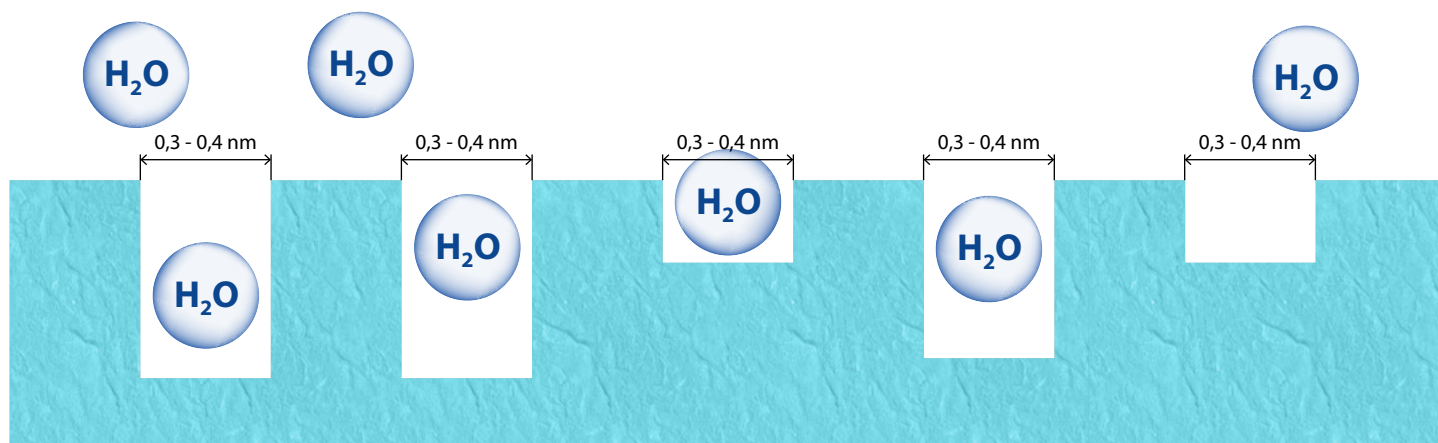
Konstrukcja wymiennika obrotowego II generacji (sorpcyjny-entalpiczny (AZ)) jest analogiczna do standardowego wymiennika obrotowego kondensacyjnego. Maszyna w fabryce Komfovent nawija naprzemiennie płaskie i karbowane arkusze blachy aluminiowej, które ostatecznie tworzą wymiennik ciepła o danej średnicy. Różnicą jest to, że blacha aluminiowa, z której są wytwarzane **wymienniki obrotowe sorpcyjne-entalpiczne**, posiada **dotychczasową powłokę z zeolitu**. Jest to materiał o szczególnych właściwościach higroskopijnych, który odpowiada na adsorbowanie wilgoci. Co istotne, zeolit adsorbuje wilgoć z powietrza co oznacza, że wilgoć wnika w jego porowatą strukturę, natomiast nie wnika w sam materiał, a to gwarantuje trwałość, higieniczność i długi czas pracy wymiennika ciepła bez pogorszenia jego właściwości. Zeolit jest materiałem powszechnie stosowanym w medycynie, przemyśle spożywczym oraz urządzeniach agd (np. zmywarkach).



Schemat ideowy obrotowych wymienników ciepła.

## ZEOLIT – siła innowacyjności płynąca z natury. Poznaj budowę i zasadę działania powłoki zeolitowej w WYMIENNIKU OBROTOWYM SORPCYJNYM-ENTALPICZNYM KOMFOVENT

Jest to naturalny minerał glinokrzemianowy o porowatej strukturze z średnicą porów pomiędzy 0,3 – 0,4 nm, doskonale adsorbującą cząsteczki pary wodnej. Na czym w zasadzie polega adsorpcja? Proces adsorbowania cząsteczek pary wodnej możemy porównać do gąbki. Gąbka jest w stanie kumulować wodę, natomiast woda nie wnika w strukturę jej materiału – zagnieżdża się w wolnych, porowatych przestrzeniach jej objętości. Analogicznie działa powłoka zeolitowa, tzn., para wodna jest wiązana na powierzchni porowatej, natomiast nie wnika w nią (Rys. 1).

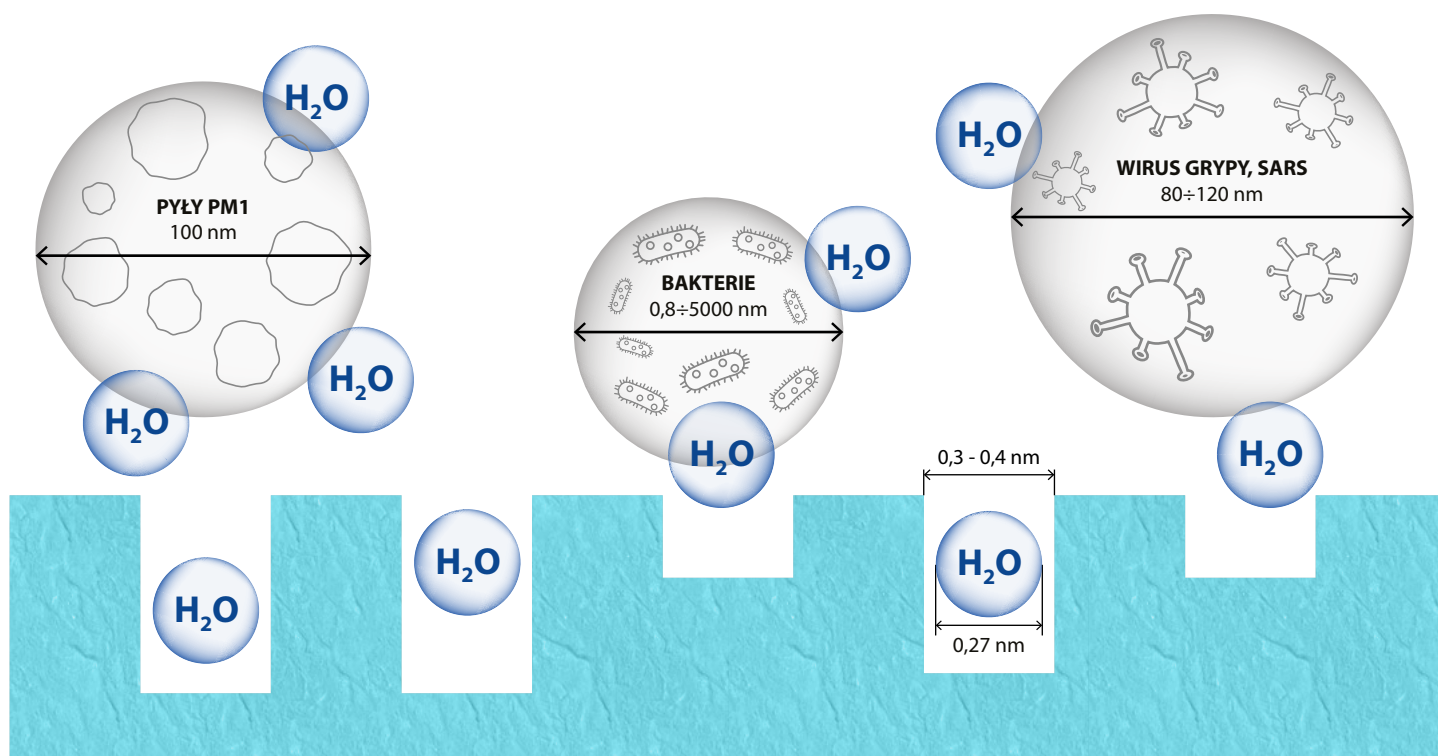


Schemat idealny struktury zeolitowej.

### Zeolit w wymienniku ciepła – higieniczne rozwiązanie!

Zastosowanie powłoki z zeolitu jest w pełni higienicznym rozwiązaniem. Dlaczego?

Przyjrzyjmy się jeszcze raz schematowi idealnemu powłoki zeolitowej. Wiemy już, że średnica porów powłoki zeolitu wynosi 0,3 – 0,4 nm. Standardowa cząsteczka pary wodnej ma średnicę ~0,27 nm dzięki czemu z łatwością wnika w porowatą strukturę powłoki zeolitowej. Jednocześnie, ze względu na swoją wielkość, pyły PM1 (100 nm), bakterie (od 0,8 do 5000 nm) oraz wirusy (np. grypa, COVID-19 od 80 do 120 nm), nie mogą zagnieżdżyć się w porach powłoki zeolitowej. Zwróćmy uwagę na to, że na Rys. 2 nie oddaliśmy w pełni skali z uwagi na to, że np. pyły PM1 są większe od cząsteczki pary wodnej o ponad 370 razy – jest to zupełnie inny rząd wielkości!



Schemat idealny struktury powłoki zeolitowej z wymiarami cząstek.



**15 lat gwarancji  
na trwałość  
powłoki z zeolitu**

## Zeolit w wymienniku ciepła KOMFOVENT – gwarancja trwałości

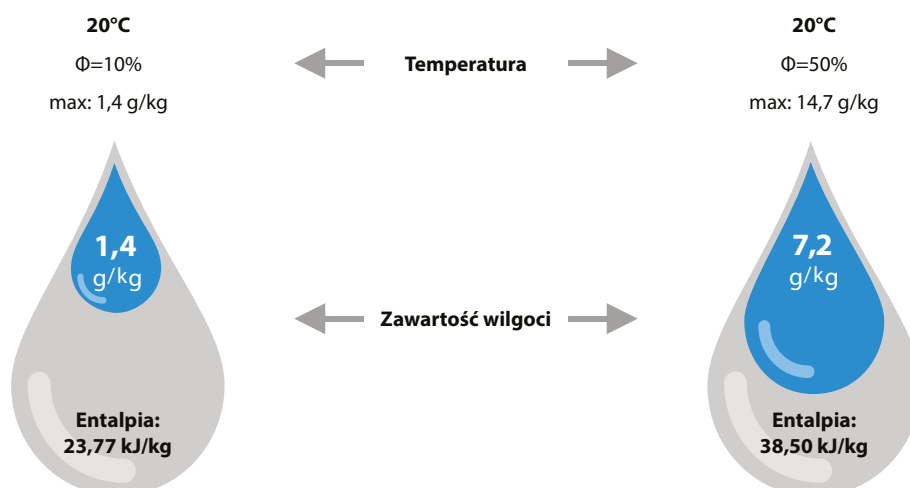
Powłoka zeolitowa, którą stosujemy w wymiennikach obrotowych sorpcyjnych-entalpicznych KOMFOVENT, wykonana z najwyższej jakości zeolitu. Posiada pełną certyfikację i gwarancję zachowania deklarowanych parametrów, między innymi średnicy porów, zagęszczenia jak również grubości. To wszystko sprawia, że jako generalny dystrybutor central wentylacyjnych Komfovent dajemy 15 letnią gwarancję na trwałość powłoki zastosowanej w wymiennikach sorpcyjnych-entalpicznych.

## Entalpia powietrza – trudne pojęcie przystępnymi słowami

### Czytając dalszą treść możesz zastanawiać się czym jest entalpia powietrza o której będziemy pisać?

Mówiąc najprościej, jest to energia jaką niesie ze sobą powietrze, dlatego jednostką entalpii jest kJ/kg. Na entalpię powietrza składa się ciepło jawne czyli takie, które możemy zmierzyć zwykłym termometrem oraz ciepło utajone czyli energia, którą posiada para wodna w danej objętości powietrza. Oznacza to, że powietrze o tej samej temperaturze może mieć różną entalpię.

### Ciepło jawne + ciepło utajone = Entalpia

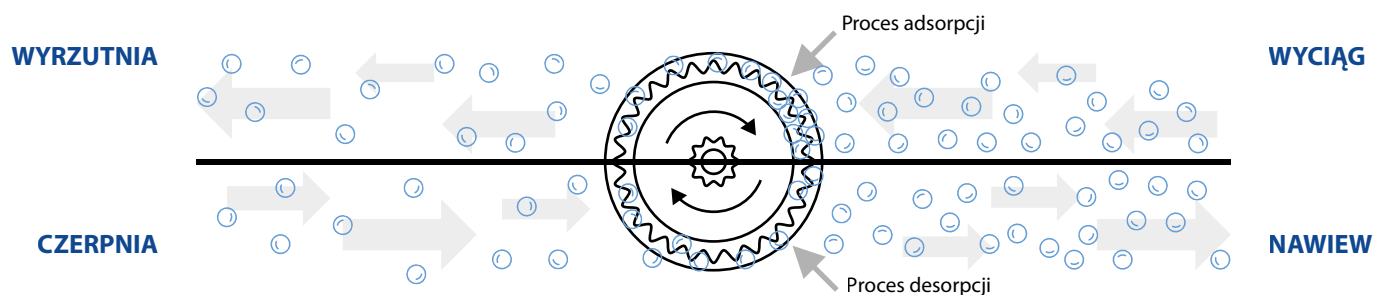


Jak widzisz ze względu na to, że powietrze o tej samej temperaturze zawiera więcej wilgoci, posiada również wyższą entalpię.

## Jak działa WYMIENNIK OBROTOWY SORPCYJNY-ENTALPICZNY

Zasada działania wymiennika obrotowego sorpcyjnego-entalpicznego opiera się na selektywnym adsorbowaniu i przyciąganiu molekularnym. Cząsteczki pary wodnej znajdujące się w powietrzu o większej entalpii, są adsorbowane przez powłokę zeolitową. Wymiennik obrotowy obracając się przechodzi w otoczenie powietrza o niższej entalpii i przez zjawisko desorpcji oddaje wilgoć, którą zgromadził (Rys. 3).

Kierunek przepływu wilgoci w wymienniku obrotowym sorpcyjnym-entalpicznym, jest zależny od pory roku.



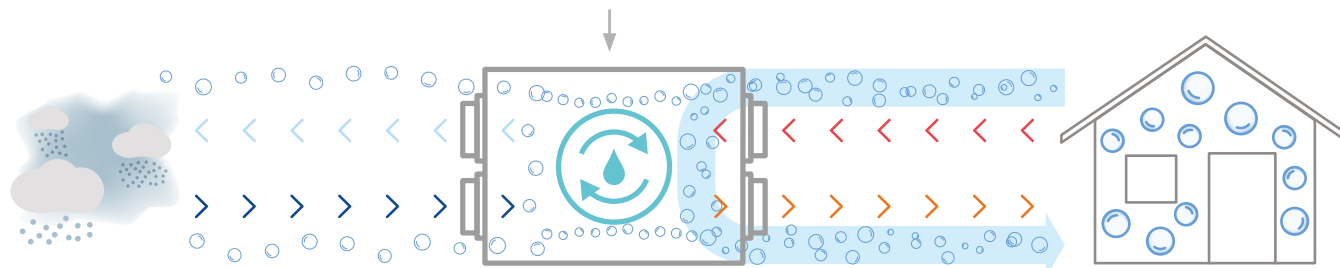
Rys. 3 Schemat ideowy obrazujący proces adsorpcji i desorpcji.

## OKRES ZIMOWY

W okresie zimowym powietrze zewnętrzne posiada niską zawartość wilgoci a co za tym idzie, zależy nam na tym, żeby jak najwięcej wilgoci, którą wytworzymy w domu odzyskać na wymienniku ciepła tzn. pasywnie nawilżyć świeże powietrze dostarczane do domu (Rys. 4).

### PASYWNE NAWILŻANIE POWIETRZA



W wymienniku obrotowym sorpcyjnym-entalpicznym odzyskujemy nawet do 90% wilgoci!



Rys. 4 Schemat ideowy procesu pasywnego nawilżania powietrza.

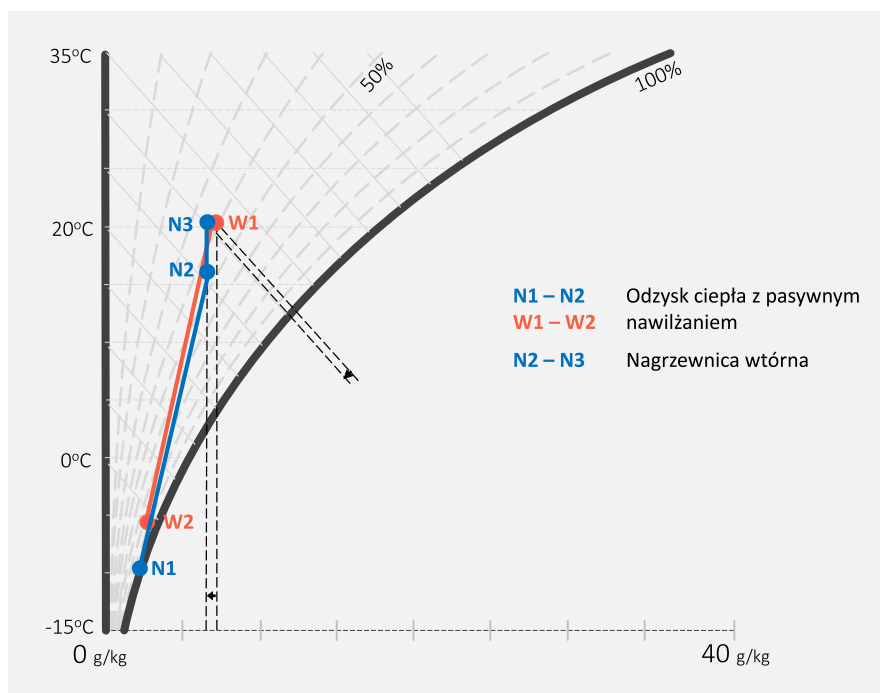
### Więcej szczegółów?

Przeanalizujmy cały proces na liczbach.

 Powietrze wewnętrzne	 Powietrze zewnętrzne
1. Przepływ powietrza: 300 m <sup>3</sup> /h	1. Przepływ powietrza: 300 m <sup>3</sup> /h
2. Temp. zewnętrzna: 22°C	2. Temp. zewnętrzna: -10°C
3. Wilgotność względna: 40%	3. Wilgotność względna: 100%
4. Zawartość wilgoci: ~6,5 g/kg	4. Zawartość wilgoci: ~1,6 g/kg

Analiza dotyczy standardowego przepływu powietrza w domach jednorodzinnych tj. 300 m<sup>3</sup>/h.

Dzięki zastosowaniu wysokosprawnego wymiennika ciepła, jesteśmy w stanie odzyskać nawet 85% energii zgromadzonej w powietrzu wyciąganym z pomieszczeń proces N1-N2 (proces W1-W2 obrazuje wychładzanie się powietrza wyciąganego z pomieszczeń w wyniku oddawania swojej energii do wymiennika ciepła) i dodatkowo pasywnie nawilżyć powietrze, sprawność odzysku wilgoci dla omawianego przykładu wynosi ~90%. Zwróćmy uwagę, że punkt N3 tj. punkt końcowy po przemianach i obróbce termicznej powietrza znajduje się praktycznie w miejscu punktu wyjściowego tj. W1, co oznacza, że do utrzymania komfortowych warunków w domu, potrzebujemy minimalnych zysków wilgoci, które zaspokoją domownicy oraz standardowe czynności domowe.



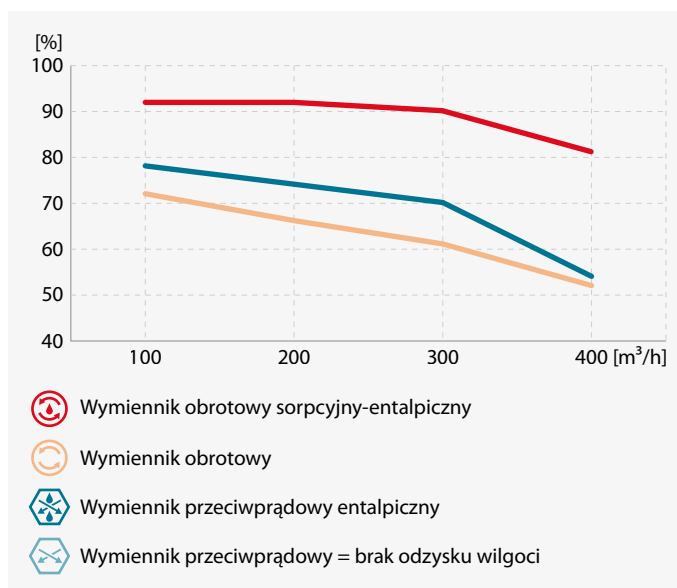
Rys. 5 Przemiany powietrza podczas pracy obrotowego sorpcyjnego-entalpicznego wymiennika ciepła w okresie zimowym.

## Pasywne nawilżanie powietrza

### Najwyższa możliwa do osiągnięcia sprawność odzysku wilgoci – do 90%!

Wymiennik obrotowy sorpcyjny-entalpiczny zapewnia najwyższą możliwą do osiągnięcia sprawność odzysku wilgoci, która wynosi nawet do 90%! Tak wysokie parametry są możliwe do uzyskania dzięki zastosowaniu powłoki zeolitowej! Konstrukcja wymiennika oraz sam proces jego wytwarzania, jest opatentowany przez Komfovent. Dodatkowo, zastosowanie wymienników obrotowych sorpcyjnych-entalpicznych w kompaktowych centralach oraz rekuperatorach domowych, jest unikalne w skali rynku!

Porównując wymiennik obrotowy sorpcyjny-entalpiczny do wymiennika przeciuprądowego entalpicznego, możemy zauważyć bardzo wyraźną różnicę w sprawności odzysku wilgoci. Należy również zwrócić uwagę na fakt, że w przypadku wymiennika obrotowego, spadek odzysku wilgoci wynikający ze wzrostu prędkości powietrza (większy wydatek ustawiony na urządzeniu np. tryb przewietrzania), wynosi maksymalnie 15%, w przypadku przeciuprądowego entalpicznego wartość ta jest 2x większa bo aż do 30%! Wymiennik przeciuprądowy nie realizuje procesu odzysku wilgoci.

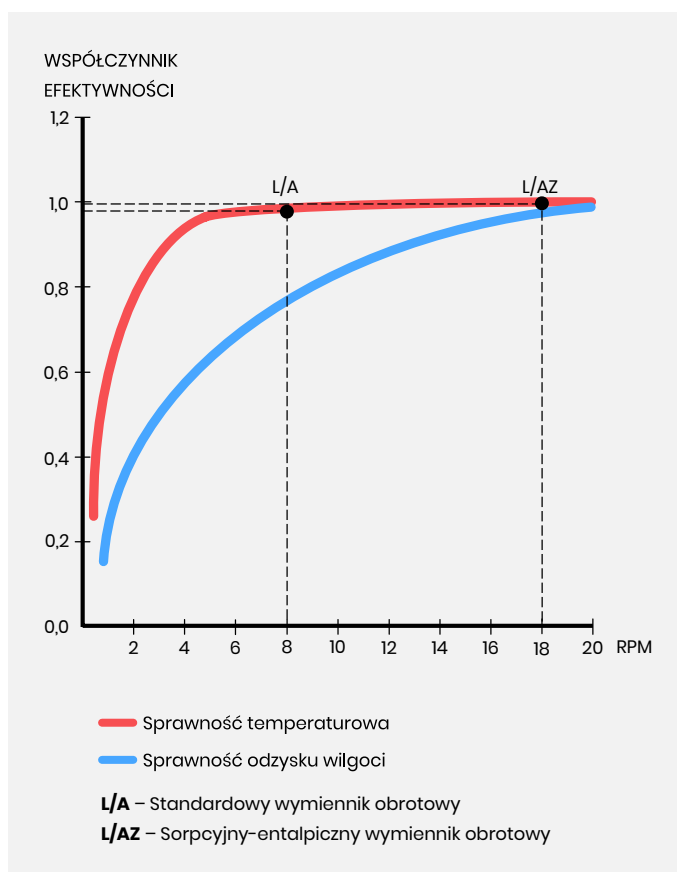


Rys 6. Sprawność odzysku wilgoci w zależności od zastosowanego wymiennika ciepła.

## Wymiennik, który naprawdę nie zamarza

### Temperatura zamarzania wymiennika ciepła to nawet -30°C!

Wymiennik obrotowy sorpcyjny-entalpiczny cechuje się najniższą możliwą do osiągnięcia temperaturą zamarzania spośród wszystkich rozwiązań dostępnych w wentylacji mechanicznej. Dlaczego? Ponieważ proces pasywnego nawilżania powietrza opiera się o selektywną adsorpcję a nie o zjawisko kondensacji, dodatkowo, wysoka sprawność odzysku wilgoci sprawia, że ze struktury wymiennika pozbywamy się nawet 90% skumulowanej pary wodnej. Kolejnym aspektem jest fakt, że wymienniki obrotowe sorpcyjne-entalpiczne wykonują większą liczbę obrotów w porównaniu do standardowego, obrotowego wymiennika ciepła (Rys. 7), co przekłada się na fakt, że para wodna skumulowana w powłoce zeolitowej ma 2x mniej czasu na zamrożenie.

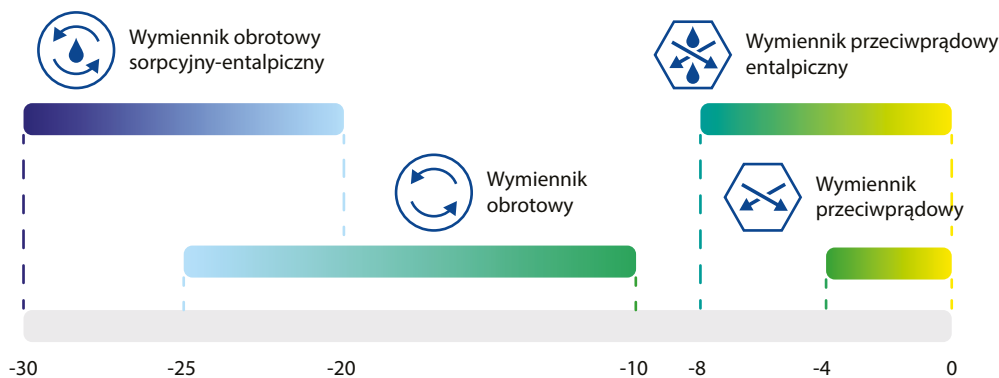


Rys. 7 Wykres punktu pracy wymiennika obrotowego w kontekście sprawności temperaturowej oraz odzysku wilgoci



## UWAGA!

Musimy sobie zdać sprawę, że temperatura przemarzania, która jest podawana przez wszystkich producentów, jest wartością graniczną, która może wystąpić przy założeniu, że powietrze wyciągane z budynku o temperaturze np. 20°C ma skrajnie niską wilgotność względną tj. 10-20% – skoro nie ma wilgoci w powietrzu to nie ma co zamarznąć. Ten fakt sprawia, że producenci mogą podać bardzo niską wartość pomimo tego, że w warunkach rzeczywistych wartość ta jest zauważalnie wyższa. I tak dla wymienników przeciwprądowych entalpicznych podawana jest temperatura -8°C a dla wymienników obrotowych sorpcyjnych-entalpicznych -30°C. Jak jest różnica? W praktyce wilgotność w domu wynosi 40-50% a temperatura przemarzania wymienników przeciwprądowych entalpicznych zaczyna się już poniżej 0°C. Jak to wygląda w przypadku wymienników obrotowych sorpcyjnych-entalpicznych? Temperatura przemarzania dla temperatury powietrza 20°C i wilgotności 50% wynosi około -20°C, co daje pełną gwarancję niskich kosztów eksploatacji nawet w skrajnie niskich temperaturach!



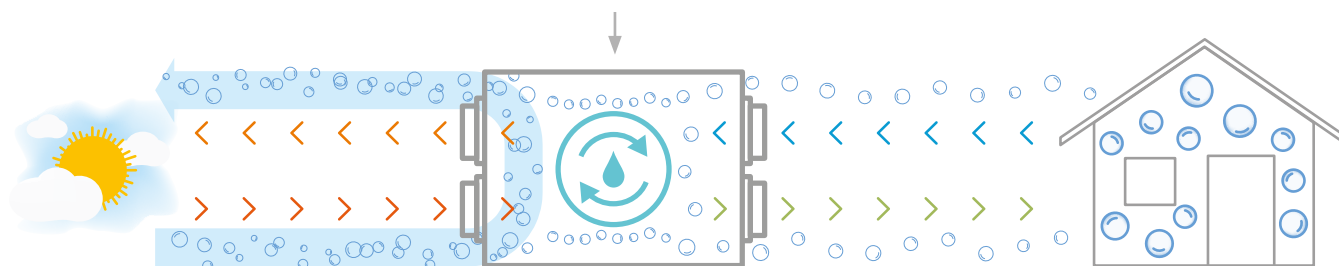
Rys. 8 Temperatury zamarzania wymienników ciepła

## OKRES LETNI

W okresie letnim, kiedy powietrze zewnętrzne ma wysoką temperaturę oraz zawartość wilgoci, wymiennik obrotowy sorpcyjny - entalpiczny prowadzi odzysk ciepła, który skumulowaliśmy wewnątrz budynku i dodatkowo pasywnie osusza powietrze, co pomaga utrzymać komfortowe warunki w domu nawet w trakcie pory deszczowej lub parnych dni.

### PASYWNE OSUSZANIE POWIETRZA

W wymienniku obrotowym sorpcyjnym - entalpicznym zawracamy nawet do **90%** wilgoci, która mogłaby dostać się do budynku!



Rys. 9 Schemat ideowy procesu pasywnego osuszania powietrza.

### Więcej szczegółów?

Przeanalizujmy cały proces na liczbach.



#### Powietrze wewnętrzne

1. Przepływ powietrza: 300 m<sup>3</sup>/h
2. Temp. zewnętrzna: 22°C
3. Wilgotność względna: 40%
4. Zawartość wilgoci: ~6,5 g/kg



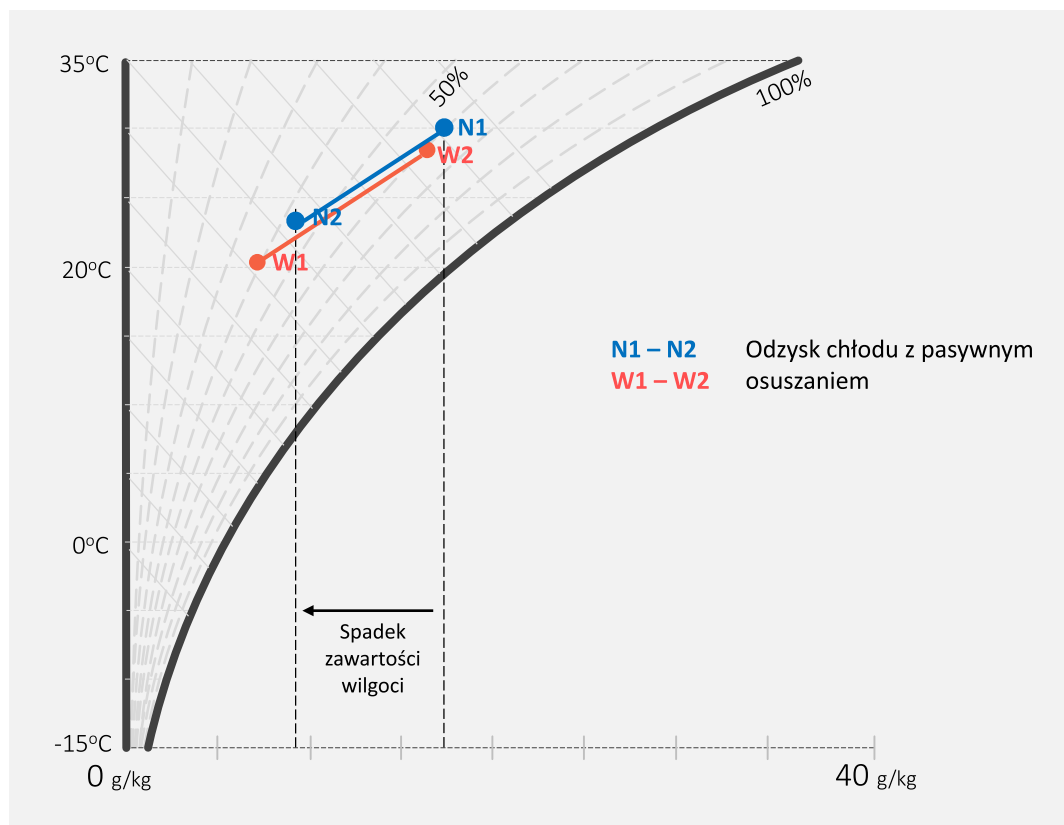
#### Powietrze zewnętrzne

1. Przepływ powietrza: 300 m<sup>3</sup>/h
2. Temp. zewnętrzna: 30°C
3. Wilgotność względna: 60%
4. Zawartość wilgoci: ~16 g/kg

Analiza dotyczy standardowego przepływu powietrza w domach jednorodzinnych tj. 300 m<sup>3</sup>/h.

Obrotowy wymiennik ciepła w okresie letnim prowadzi proces odzysku chłodu N1-N2 (proces W1-W2 obrazuje ogrzewanie powietrza wyciąganego z pomieszczeń w wyniku przejmowania energii skumulowanej w wymienniku ciepła). Dodatkowo, wymiennik obrotowy sorpcyjny – entalpiczny, prowadzi proces pasywnego osuszania powietrza, a jego sprawność w tym przypadku wynosi blisko 87%. Zwróćmy uwagę, że punkt końcowy N2 oznaczający powietrze dostarczane do pomieszczeń, znajduje się bardzo blisko punktu wyjściowego W1. Oznacza to, że do budynku nie dostarczamy gorącego powietrza o wysokiej zawartości wilgoci, lecz chłodne powietrze o zawartości wilgoci zbliżonej do wartości wyjściowej.

Warunkiem do prowadzenia procesu odzysku chłodu, jest oczywiście wystąpienie warunków, które umożliwią jego realizację, tj. temperatura powietrza zewnętrznego musi być wyższa niż temperatura powietrza wewnątrz domu. Analogicznie, proces pasywnego osuszania powietrza może wystąpić wyłącznie w momencie, kiedy wystąpi różnica entalpii powietrza zewnętrznego oraz wewnętrznego.



Rys. 10 Przemiany powietrza podczas pracy obrotowego sorpcyjnego-entalpicznego wymiennika ciepła w okresie letnim.

## Pasywne osuszanie powietrza

### Najlepsze parametry pasywnego osuszania powietrza – nawet do 90%!

Wymiennik obrotowy sorpcyjny-entalpiczny dzięki zastosowaniu powłoki zeolitowej, zapewnia najlepsze parametry w kontekście pasywnego osuszania powietrza – nawet do 90% wilgoci, która jest zgromadzona w powietrzu zewnętrznym zostaje w wymienniku ciepła zawrócona do wyrzutni!

Wracając do rys. 10, punkt wyjściowy N1 – świeże powietrze zewnętrzne, posiada wysoką zawartość wilgoci ~16 g/kg, powietrze wewnętrzne punkt W1 posiada zawartość wilgoci ~6,5 g/kg. Punkt końcowy, który uzyskujemy po przemianach w wymienniku ciepła tj. N2 znajduje się ~7,7 g/kg. Oznacza to, że wymiennik ciepła pasywnie osuszył powietrze, a ilość wytrąconej wilgoci wynosi aż 8,3 g/kg. Wartości te nie są jedynie cyframi marketingowymi, pozwalają realnie zaoszczędzić pieniądze o czym za chwilę się przekonasz!

Tak jak wspomnieliśmy przy okazji rozpatrywania okresu zimowego, porównując wymiennik obrotowy sorpcyjny-entalpiczny do wymiennika przeciwprądowego entalpicznego, możemy zauważyć bardzo wyraźną różnicę w sprawności pasywnego osuszania wynikającą ze wzrostu prędkości w wymienniku (większy wydatek ustawiony na urządzeniu). W tym miejscu warto zwrócić uwagę na fakt, że najwyższa sprawność pasywnego osuszania dla wymiennika obrotowego sorpcyjnego-entalpicznego w omawianym przykładzie wynosi 87%, i jest to różnica blisko 11% w porównaniu z wymiennikiem przeciwprądowym entalpicznym pomimo znacznie wyższej prędkości powietrza.

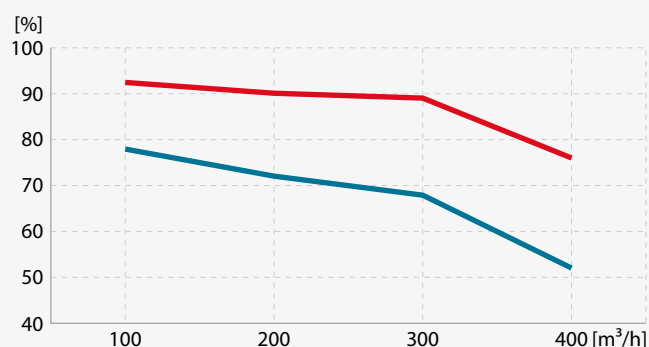




**Komfovent DOMEKT R 450 V z wymiennikiem obrotowym sorpcyjnym-entalpicznym**



**Komfovent DOMEKT CF 400 V z wymiennikiem przeciwprądowym entalpicznym**

**SPRAWNOŚĆ PASYWNEGO OSUSZANIA POWIETRZA**



-  Wymiennik obrotowy sorpcyjny-entalpiczny
-  Wymiennik przeciwprądowy entalpiczny


**Niższa wymagana moc potrzebna do chłodzenia powietrza**

**Najlepsze parametry pasywnego osuszania powietrza – nawet do 90%!**


Zastosowanie wymiennika obrotowego sorpcyjnego-entalpicznego pozwala na odzysk ciepła i pasywne osuszanie powietrza – brzmi dobrze ale co właściwie daje to w praktyce?

W procesie chłodzenia powietrza poza obniżeniem temperatury, zależy nam na obniżeniu zawartości wilgoci. Komfortowy zakres wilgotności względnej dla człowieka to 40-60%. Czysto teoretycznie, jeżeli nie pozbywalibyśmy się nadmiaru wilgoci, wilgotność względna wynosiłaby 80-90% co przekładałoby się na bardzo złe samopoczucie. W procesie klimatyzowania pomieszczeń, duży udział w końcowym zużyciu energii ma właśnie proces osuszania powietrza.

Poniżej znajdują się przykładowe obliczenia, które pokazują różnice w ilości wymaganej energii do przeprowadzenia procesu chłodzenia.

 **Powietrze wewnętrzne**

1. Temp. zewnętrzna: 22°C
2. Wilgotność względna: 40%
3. Zawartość wilgoci: ~6,5 g/kg

 **Powietrze zewnętrzne**

1. Temp. zewnętrzna: 30°C
2. Wilgotność względna: 60%
3. Zawartość wilgoci: ~16 g/kg

Analiza dotyczy różnych przepływów powietrza, których wartości zestawiono w Tab. 1.

**Opcja 1 – centralne chłodzenia powietrza z wykorzystaniem chłodnicy wodnej (10/14°C).**

**Tab. 1 Zestawienie parametrów powietrza po odzysku ciepła w przeciwprądowym wymienniku ciepła.**

Wydatek powietrza [m³/h]	Temperatura powietrza po odzysku ciepła [°C]	Wilgotność względna powietrza po odzysku ciepła [%]	Moc potrzebna do przeprowadzenia procesu chłodzenia powietrza [kW]	Temperatura powietrza po procesie chłodzenia [°C]	Wilgotność względna powietrza po procesie chłodzenia [%]
200	22,7	92	0,48	20	92,2
300	22,9	91	0,77	20	96,8
400	23,1	90	1,07	20	96,3
500	23,1	90	1,32	20	96,7

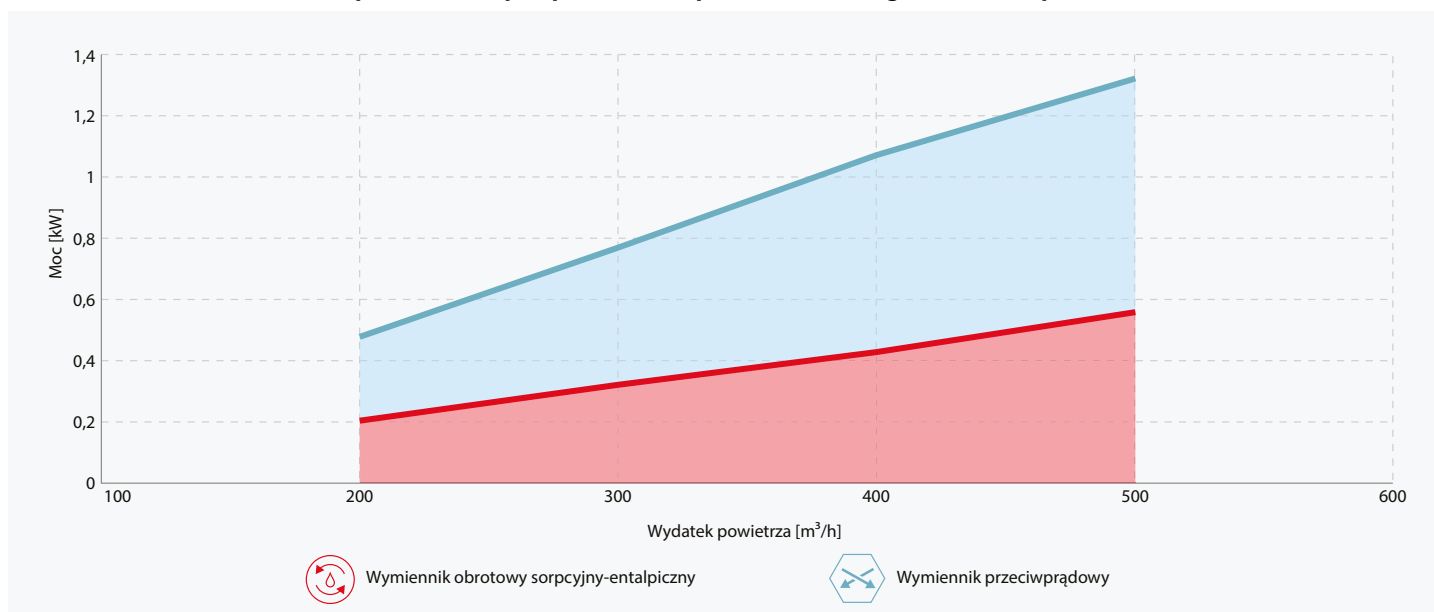
W przypadku wymiennika przeciwprądowego, możemy zaobserwować, że wilgotność powietrza zarówno po procesie odzysku ciepła jak również po procesie chłodzenia ma wysoką wilgotność względną. Wynika to z braku pasywnego osuszania powietrza na wymienniku ciepła. Efektem dostarczenia powietrza o tak wysokiej wilgotności będzie zwiększenie ogólnej wilgotności w budynku a co za tym nie uzyskamy w pełni komfortowych warunków.

**Tab. 2 Zestawienie parametrów powietrza po odzysku chłodu w obrotowym sorpcyjnym-entalpicznym wymienniku ciepła - gęstość wymiennika 1,7 mm (wersja standardowa Komfovent).**

Wydatek powietrza [m <sup>3</sup> /h]	Temperatura powietrza po odzysku chłodu [°C]	Wilgotność względna powietrza po odzysku chłodu [%]	Moc potrzebna do przeprowadzenia procesu chłodzenia powietrza [kW]	Temperatura powietrza po procesie chłodzenia [°C]	Wilgotność względna powietrza po procesie chłodzenia [%]
200	23,1	41	0,21	20	50,1
300	23,1	44	0,32	20	53,5
400	23,2	48	0,43	20	57,7
500	23,3	50	0,56	20	61,4

Wymiennik obrotowy sorpcyjny-entalpiczny dzięki pasywnemu osuszaniu powietrza powoduje po pierwsze spadek zapotrzebowania na moc potrzebną do chłodzenia powietrza nawet o 50%, a po drugie znacząco poprawia parametry powietrza w kontekście komfortu – wilgotność względna pasywnie jest ustalona na satysfakcjonującym poziomie.

### Moc potrzebna do przeprowadzenia procesu centralnego chłodzenia powietrza



Rys. 12 Wykres mocy potrzebnej do przeprowadzenia procesu centralnego chłodzenia powietrza

### Opcja 1 – centralne chłodzenia powietrza z wykorzystaniem Opcja 2 – miejscowe klimatyzowanie pomieszczeń z wykorzystaniem np. klimatyzatorów ściennych lub kaset klimatyzacyjnych. m chłodziły wodnej (10/14°C).

Chłodzenie budynków z wykorzystaniem powietrza w przypadku okresów o wysokiej temperaturze jest ciężkie, dlatego coraz częściej decydujemy się na zakup miejscowej klimatyzacji.

Klimatyzatory, które są montowane w domach działają z wykorzystaniem powietrza obiegowego. Oznacza to, że pobierają powietrze z pomieszczenia, następnie je chłodzą i z powrotem wdmuchują. Intensywność pracy klimatyzatora, a co za tym idzie koszty eksploatacji, jest zależna od zysków ciepła w budynku, i z założenia, największy udział przypada na zyski od nasłonecznienia okien. Znaczący udział ma również wentylacja pomieszczeń czyli temperatura i wilgotność powietrza, które do nich doprowadzamy (zyski od wentylacji).

Rekuperatory ze standardowymi wymiennikami przeciwprądowymi oraz obrotowymi, realizują proces odzysku chłodu, tj. wykorzystują chłód z domu do pasywnego chłodzenia powietrza, natomiast nie realizują procesu pasywnego osuszania powietrza. Oznacza to, że powietrze ma wysoką zawartość wilgoci, a klimatyzacja poza procesem chłodzenia musi je dodatkowo osuszyć.

Moc potrzebna do schłodzenia i osuszenia powietrza wentylacyjnego do komfortowych parametrów jest liczona na podstawie różnicy entalpii powietrza które dostarczamy do budynku oraz powietrza które chcemy końcowo uzyskać, według poniższego wzoru.

$$Q_N = V \cdot \rho_p \cdot (h_2 - h_1)$$

gdzie:

$Q_N$  – moc potrzebna do procesu chłodzenia, kW

$\rho_p$  – gęstość powietrza, kg/m<sup>3</sup>

$h_1$  – entalpia powietrza w punkcie końcowym – odczyt dla powietrza, które chcemy końcowo uzyskać tj. 20°C RH=50%, kJ/kg

$V$  – strumień powietrza ogrzewanego, m<sup>3</sup>/s

$h_2$  – entalpia powietrza w punkcie początkowym – odczyt dla powietrza dostarczanego do pomieszczeń po odzysku na wymienniku ciepła, kJ/kg

**Tab. 3 Zestawienie wymaganej mocy do odebrania zysków ciepła od wentylacji w przypadku wentylowania pomieszczeń z wykorzystaniem standardowego przeciwprądowego wymiennika ciepła - odstęp między lamelami wymiennika 2,1 mm.**

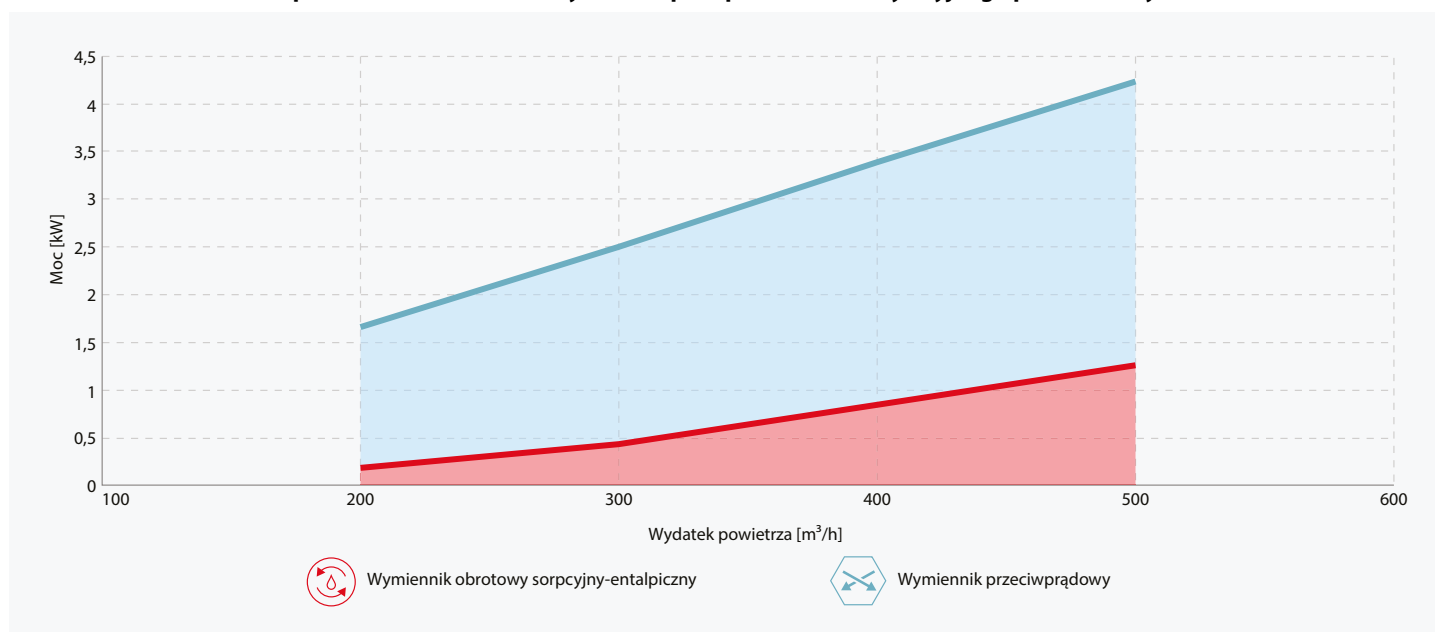
Wydatek powietrza [m <sup>3</sup> /h]	Temperatura powietrza po odzysku chłodu [°C]	Wilgotność względna powietrza po odzysku chłodu [%]	Entalpia powietrza po odzysku chłodu [h1, kJ/kg]	Docelowe parametry powietrza [T=20°C, RH=50%]	Moc potrzebna do przeprowadzenia procesu chłodzenia powietrza [kW]
200	22,7	92	63,417	Entalpia dla docelowych parametrów 38,53 kJ/kg	1,66
300	22,9	91	63,672		2,51
400	23,1	90	63,925		3,39
500	23,1	90	63,925		4,23

**Tab. 4 Zestawienie wymaganej mocy do odebrania zysków ciepła od wentylacji w przypadku wentylowania pomieszczeń z wykorzystaniem obrotowego, sorpcyjnego-entalpicznego wymiennika ciepła - gęstość wymiennika 1,7 mm (wersja standardowa Komfovent).**

Wydatek powietrza [m <sup>3</sup> /h]	Temperatura powietrza po odzysku chłodu [°C]	Wilgotność względna powietrza po odzysku chłodu [%]	Entalpia powietrza po odzysku chłodu [h1, kJ/kg]	Docelowe parametry powietrza [T=20°C, RH=50%]	Moc potrzebna do przeprowadzenia procesu chłodzenia powietrza [kW]
200	23,1	41	41,522	Entalpia dla docelowych parametrów 38,53 kJ/kg	0,20
300	23,1	44	42,876		0,43
400	23,2	48	44,919		0,85
500	23,3	50	46,07		1,26

Według naszych obliczeń zastosowanie wymiennika obrotowego sorpcyjnego-entalpicznego obniża koszty chłodzenia i osuszania powietrza wentylacyjnego nawet o 70%, w całościowym bilansie klimatyzacji z uwzględnieniem zysków ciepła w budynku, oszczędności na klimatyzacji potrafią wynieść nawet do 30-35% w porównaniu np. ze rozwiązań standardowym rozwiązaniem, tj. z centralą z wymiennikiem przeciwprądowym.

### Moc potrzebna do odebrania zysków ciepła z powietrza wentylacyjnego przez klimatyzator



Rys. 13 Wykres mocy potrzebnej do odebrania zysków ciepła z powietrza wentylacyjnego przez klimatyzator.

Zastosowanie wymiennika obrotowego sorpcyjnego-entalpicznego, przekłada się również na zakup klimatyzatorów i jednostki zewnętrznej o mniejszej mocy, co znacząco wpływa na późniejsze koszty eksploatacji takiego układu.

## Co wpływa na wilgotność powietrza wewnątrz domu jednorodzinnego?



### PODSTAWOWE POJĘCIA

Zanim przejdziemy do omawiania kwestii wilgotności powietrza w domach jednorodzinnych, zapoznajmy się z podstawowymi pojęciami, którymi posługujemy się rozmawiając na ten temat.



**Powietrze suche** – to powietrze o którym uczyliśmy się w szkole, tzn. mieszanina gazów, której głównymi składnikami są azot (78%) i tlen (21%) oraz inne gazy: dwutlenek węgla, argon, hel, neon, krypton, ksenon, wodór, które łącznie stanowią zaledwie 1%.



**Powietrze wilgotne** – to powietrze, które jest poddawane obróbce w rekuperatorach, będące mieszaniną powietrza suchego oraz pary wodnej.

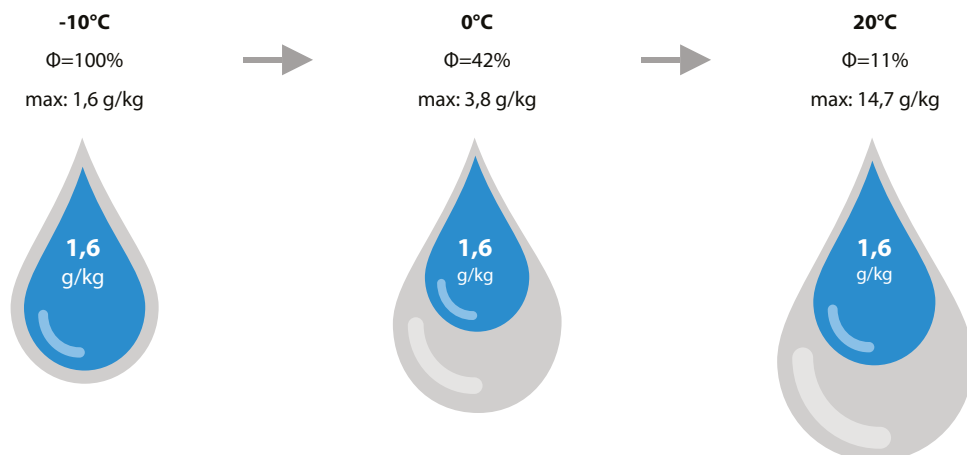


**Zawartość wilgoci** – jest to ilość pary wodnej skumulowana w 1kg powietrza suchego, g/kg. Co to oznacza? Przykładowo jeżeli powietrze posiada zawartość wilgoci 2 g/kg, oznacza to, że każdy kilogram powietrza zawiera 2 g pary wodnej. Co ważne zawartość wilgoci w powietrzu nie ulega zmianie podczas procesu jego ogrzewania.



**Wilgotność względna** – to ta, o której mówimy na co dzień. Jest to wyrażona w % zdolność powietrza do kumulowania pary wodnej z otoczenia w danej temperaturze. Istotną cechą powietrza wilgotnego jest ograniczone miejsce do kumulowania pary wodnej. Im wyższa temperatura powietrza tym więcej pary wodnej jest w stanie skumulować, analogicznie im niższa temperatura tym mniej pary wodnej jest w stanie skumulować.

## OKRES ZIMOWY



Rys. 14 Proces zmiany wilgotności względnej oraz maksymalnej zawartości wilgoci powietrza w zależności od temperatury - okres zimowy.

### W okresie zimowym powietrze zewnętrzne przy niskich temperaturach jest suche - jest to fakt.

Patrząc na Rys. 14 możemy zaobserwować, że przy ujemnych temperaturach powietrze jest w stanie kumulować w sobie bardzo mało pary wodnej. Przykładowo maksymalna ilość pary wodnej (100% wilgotność względna), którą jest w stanie skumulować powietrze przy temperaturze -10°C wynosi 1,6 g/kg. Jak to więc jest, że powietrze w okresie zimowym jest suche a jednocześnie jego wilgotność względna wynosi 100%? Słowem klucz jest „względna” tzn. tak jak pisaliśmy wcześniej, ściśle uzależniona od temperatury. Jeżeli omawiane powietrze podgrzejemy do komfortowej dla nas temperatury tj. 20°C, okaże się, że zawartość pary wodnej nie zmieni się, natomiast przez zmianę temperatury powietrze będzie mogło skumulować jej znacznie więcej. To wszystko sprawia, że powietrze zewnętrzne które wprowadzamy do domu i podgrzewamy przy omawianych parametrach będzie miało zaledwie 12% wilgotność względną.

W każdym domu poza parą wodną, którą doprowadzamy wraz z powietrzem zewnętrznym są wewnętrzne zyski pary wodnej. Każdy z nas oddychając „produkuje wilgoć”, dodatkowo jest szereg innych procesów, które w naszym domu generują zyski pary wodnej.

✓ Prysznic/kąpiel

✓ Mycie podłóg

✓ Gotowanie

✓ Pranie/suszenie ubrań

✓ Prasowanie

✓ Rośliny oddają wilgoć do powietrza

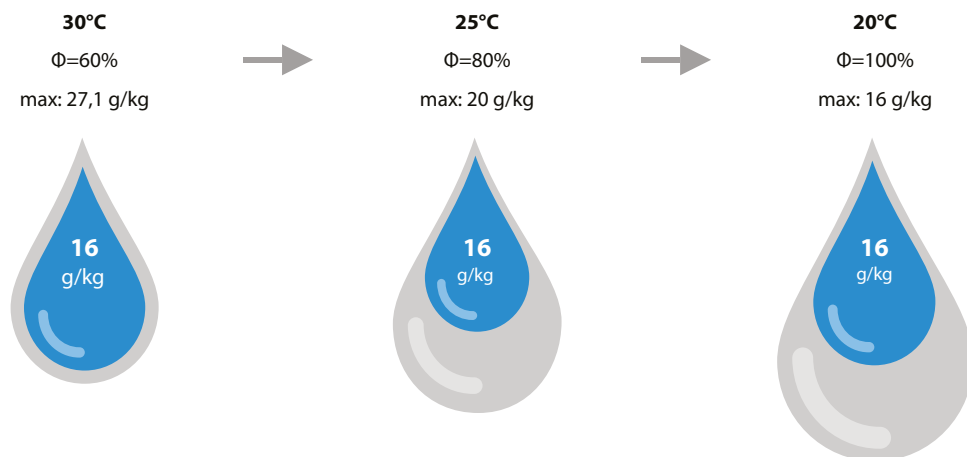


itd. W zasadzie każdy proces którego składową pośrednio lub bezpośrednio jest woda powoduje wytwarzanie zysków, które wpływają na wilgotność powietrza w domu. W związku z tym, że w okresie zimowym w powietrzu zewnętrznym jest bardzo mało wilgoci, a zyski nie są wystarczające do uzyskania komfortowych warunków, zależy nam na tym, żeby nie pozbywać się jej z domu tylko częściowo zatrzymywać.

### Jak regulować wilgotność powietrza w okresie zimowym?

Najefektywniejszym i najekonomicznym sposobem regulowania wilgotności powietrza w domu w okresie zimowym jest zastosowanie wymienników ciepła, które pasywnie nawilżają powietrze. Dlaczego? Odpowiedź jest bardzo prosta, ponieważ robią to pasywnie, bez udziału zewnętrznych urządzeń i nie generując przy tym dodatkowych kosztów.

## OKRES LETNI



Rys. 15 Proces zmiany wilgotności względnej oraz maksymalnej zawartości wilgoci powietrza w zależności od temperatury - okres letni.

Godący, letni dzień, na dworze parno, wiadomo, że zaraz spadnie deszcze. Czy brzmi to znajomo?

Czy wiesz, że uczucie „parności” wynika z wysokiej zawartości wilgoci w powietrzu?

Przeanalizujmy tą tezę od strony czysto fizycznej, no i oczywiście praktycznej. Patrząc na Rys. 15 możemy zauważyć, że z założenia gorące powietrze w okresie letnim kumuluje w sobie dużo więcej pary wodnej niż chłodne w okresie zimowym. Co to oznacza? W dużym uproszczeniu, powietrze wewnątrz budynku miesza się z tym zewnętrznym i przejmuje część wilgoci, dlatego np. przy kilkudniowej, deszczowej pogodzie, powietrze w domu jest bardzo wilgotne. Co za tym idzie? Wilgoć zaczynają przejmować ubrania, pościel, ciężko jest nam wysuszyć pranie (może schnąć nawet kilka dni) itd.

### Jak regulować wilgotność powietrza w okresie letnim?

Podstawowym sposobem radzenia sobie z dużą wilgotnością powietrza w domu w okresie letnim, jest czekanie na dni w których będzie niska wilgotność – i oczywiście nie jest to sarkazm. Drugim sposobem jest klimatyzowanie pomieszczeń co wymaga zakupu klimatyzatora i opłacania niemałych rachunków za prąd potrzebny do jego pracy, co ważne im wyższa zawartość wilgoci w powietrzu tym więcej energii potrzebne do uzyskania komfortowych warunków w domu. Najekonomicznym sposobem regulowania wilgotności powietrza w okresie letnim jest oczywiście zastosowanie wymienników ciepła, które robią to pasywnie.



Ventia Sp. z o.o.

ul. Słowikowskiego 81

05-090 Raszyn

[www.ventia.pl](http://www.ventia.pl)

tel.: (+48 22) 841 11 65

fax: (+48 22) 841 10 98

e-mail: [info@ventia.pl](mailto:info@ventia.pl)