



### Informacja Techniczna

## Kondensacja pary wodnej na szybach zespolonych

Kondensacja pary wodnej na szybach zespolonych jest zjawiskiem fizycznym, które bardzo często sprawia wiele kłopotów i jest przyczynkiem do nieporozumień od producenta począwszy aż na końcowym odbiorcy kończąc. W tym miejscu musimy sobie odpowiedzieć na podstawowe pytanie: Kiedy pojawia się tak zwana „rosa” na szybie?

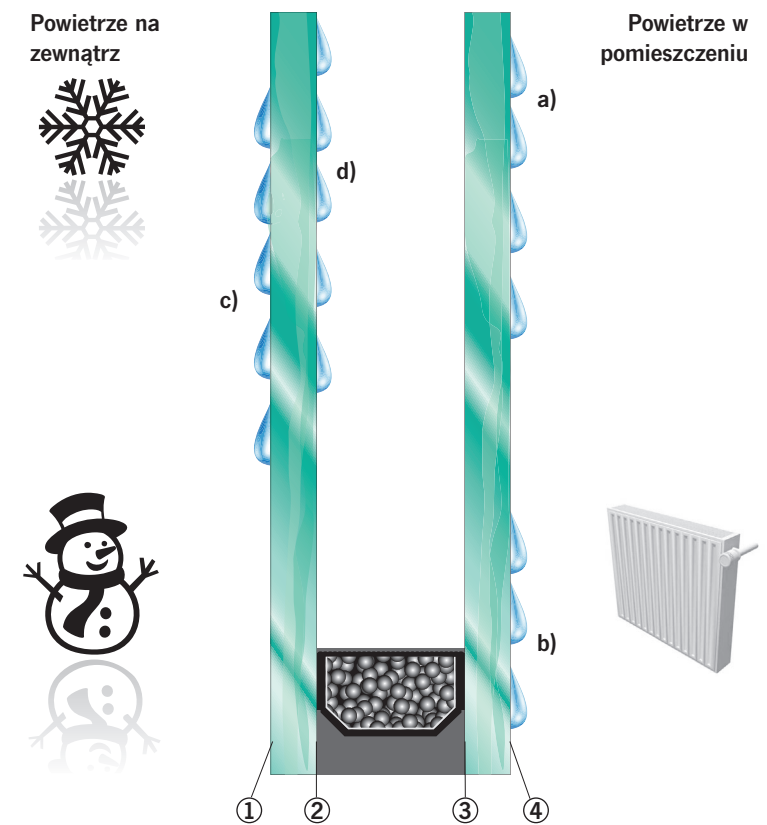


## Skąd się bierze kondensat ?

Osoby noszące okulary, które wchodzą z zimna do ciepłych pomieszczeń doskonale znają problem pojawiającego się nalotu: Jeśli zimna powierzchnia znajdzie się w przestrzeni z wilgotnym powietrzem to wytrąci się na niej kondensat – obojętnie czy będą to okulary, czy butelka piwa wyjęta z lodówki – fizyka tak czy tak zawsze zadziała.

W powietrzu zawarta jest wilgoć. Im wyższa jest temperatura powietrza, tym więcej jest ono w stanie związać wody w postaci pary wodnej – i odwrotnie – im jest niższa, tym mniejsze ilości wody jest w stanie przyjąć. Zawartość wilgotności w powietrzu jest podawana jako względna wilgotność powietrza w procentach, gdzie maksymalne wypełnienie wynosi 100 %.

Jeśli teraz ciepłe powietrze ze stałą zawartością pary wodnej – np. poprzez kontakt z zimną butelką piwa – zostanie oziębione, wzrasta w ten sposób względna wilgotność tego powietrza. Przy wilgotności wynoszącej 100 % osiągnięte zostaje maksimum tzw. punkt rosy: nadmiar pary wodnej w powietrzu zaczyna się skraplać, kondensować, tworząc na powierzchni szkła kropelki rosy. Temperaturę przy której to następuje nazywamy temperaturą punktu rosy. Owa teoretyczna wartość temperatury zależy od pierwotnej zawartości wilgotności w powietrzu oraz temperatury wyjściowej samego powietrza. Im zimniejsza jest powierzchnia albo im wyższa jest wilgotność, tym większy jest efekt wystąpienia skroplonej wody, inaczej ilości kondensatu.

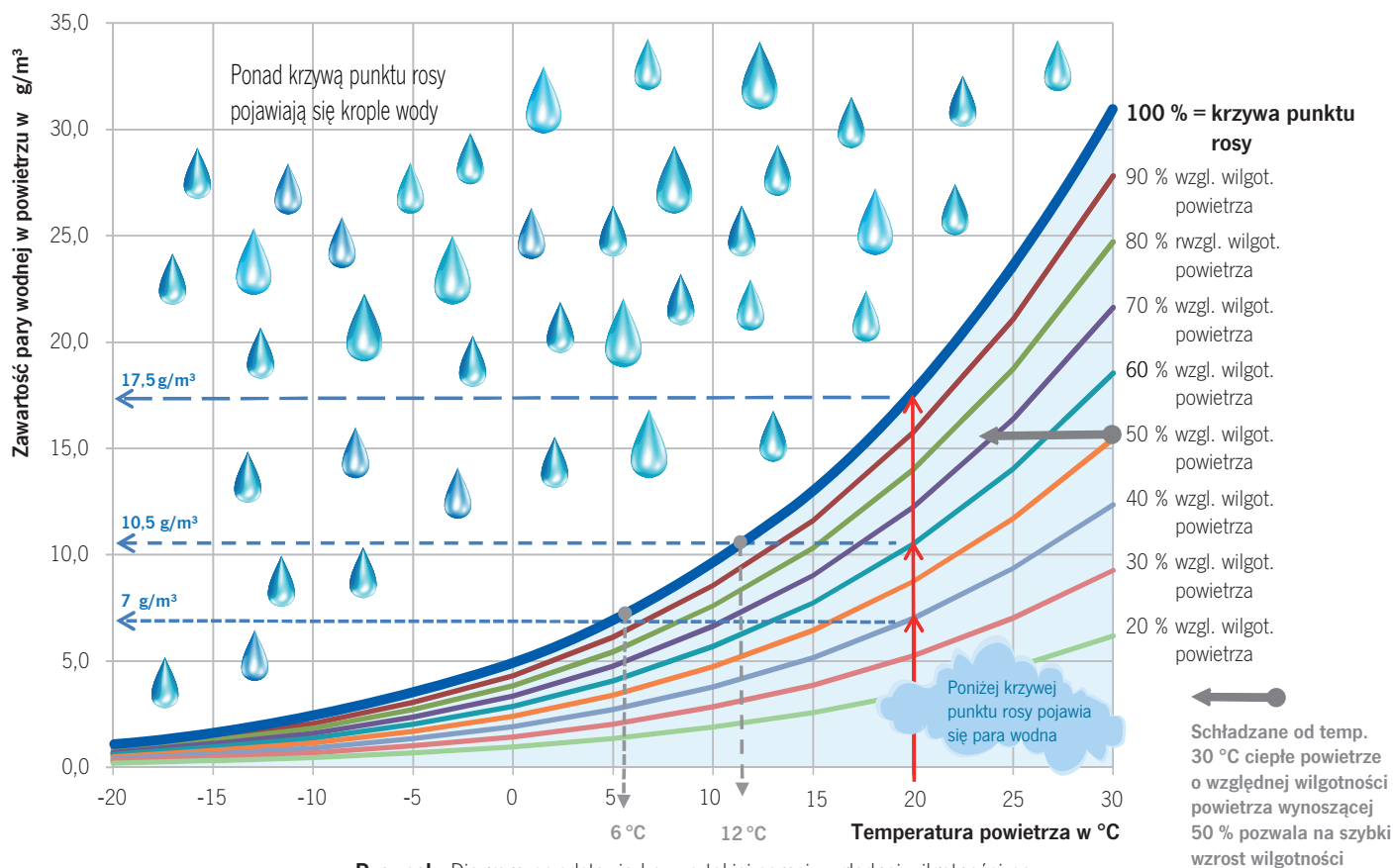


### Miejsca, w których może się pojawić kondensat:

- a) na powierzchni szyby od strony pomieszczenia ④
- b) w części brzegowej szyby od strony pomieszczenia ④
- c) na powierzchni szyby od strony zewnętrznej ①
- d) wewnątrz szyby zespolonej ② ③



Wykres punktu rosy w zależności od temperatury oraz względnej wilgotności powietrza



**Rysunek:** Diagram przedstawia krzywe takiej samej względnej wilgotności powietrza w zależności od temperatury. Krzywa przedstawiająca względną wilgotność powietrza wynoszącą 100 % jest nazywana krzywą punktu rosy. Podaje ona maksymalną wartość wilgotności, którą powietrze przy określonej temperaturze jest w stanie przyjąć, aż do pełnego nasycenia.

Z powyższego diagramu możemy odczytać, ile gramów wody przy określonej względnej wilgotności i temperaturze będzie się znajdowało w metrze sześciennym powietrza.

**Przykład:** 1 m<sup>3</sup> powietrza przy 20 °C i 40 % wzgl. wilgotności zawiera 7 g pary wodnej. Przy 60 % wzgl. wilgotności jest to już 10,5 g.

Przy nasyceniu 100 % metr sześcienny powietrza w temperaturze 20 °C może maksymalnie przyjąć 17,5 g pary wodnej. Taka sama ilość powietrza już przy 0 °C może zawierać w sobie jedynie 4,8 g wody. Jeśli teraz metr sześcienny powietrza nasyconego parą wodną zostanie schłodzony z 20 °C na 0 °C, to nastąpi kondensacja tj. wytrącenie różnicy wynoszącej 12,7 g w postaci kropki rosy.

Z krzywych można również wnioskować, jak bardzo może być zimna powierzchnia graniczna, aby z powietrza przy określonej wilgotności i temperaturze nie wytrącał się jeszcze kondensat. W tym celu odczytuje się temperaturę poniżej punktu, który powstaje na przecięciu krzywej punktu rosy w kierunku spadającej temperatury. Jeszcze prościej można odczytać taką temperaturę punktu rosy z przedstawionej poniżej tabeli. Przy temperaturze powietrza 20 °C z 40 % wzgl. wilgotnością osiąga się punkt rosy przy 6 °C. Przy 60 % wzgl. wilgotności w tym samym powietrzu kondensat wytrąci się już przy 12 °C. Oznacza to także: w bardzo wilgotnym powietrzu temperatura punktu rosy leży blisko temperatury samego powietrza (niski odstęp punktu rosy) – dla tego lustro w łazience po prysznicu musi być tylko

minimalnie zimniejsze od powietrza, żeby już zaparowało. I odwrotnie: dla suchego powietrza musi być bardzo zimno, aby wystąpiła kondensacja (wysoki odstęp punktu rosy).

Dla normalnych warunków klimatycznych tj. w temperaturze 20 °C i względnej wilgotności powietrza w pomieszczeniu wynoszącej 50 %, temperatura punktu rosy wynosi 9,3 °C. Jeśli w pomieszczeniu są powierzchnie cieplejsze, nie wystąpi na nich kondensat. Jednakże trzeba pamiętać, że pleśń w pomieszczeniu nie pojawia się gdy następuje powstawanie samego kondensatu, lecz już przy względnej wilgotności powietrza wynoszącej ok. 80 %. W normalnych warunkach klimatycznych osiąga się to już na powierzchniach mających temperaturę 12,5 °C.

Temperatura punktu rosy w zależności od temperatury powietrza oraz względnej wilgotności powietrza

| Temperatura powietrza w °C | Temperatura punktu rosy w °C przy względnej wilgotności powietrza wynoszącej |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|                            | 30 %                                                                         | 35 % | 40 % | 45 % | 50 % | 55 % | 60 % | 65 % | 70 % | 75 % | 80 % | 85 % | 90 % | 95 % |  |  |
| 30                         | 10,5                                                                         | 12,9 | 14,9 | 16,8 | 18,4 | 20,0 | 21,4 | 22,7 | 23,9 | 25,1 | 26,2 | 27,2 | 28,2 | 29,1 |  |  |
| 29                         | 9,7                                                                          | 12,0 | 14,0 | 15,9 | 17,5 | 19,0 | 20,4 | 21,7 | 23,0 | 24,1 | 25,2 | 26,2 | 27,2 | 28,1 |  |  |
| 28                         | 8,8                                                                          | 11,1 | 13,1 | 15,0 | 16,6 | 18,1 | 19,5 | 20,8 | 22,0 | 23,2 | 24,2 | 25,2 | 26,2 | 27,1 |  |  |
| 27                         | 8,0                                                                          | 10,2 | 12,2 | 14,1 | 15,7 | 17,2 | 18,6 | 19,9 | 21,1 | 22,2 | 23,3 | 24,3 | 25,2 | 26,1 |  |  |
| 26                         | 7,1                                                                          | 9,4  | 11,4 | 13,2 | 14,8 | 16,3 | 17,6 | 18,9 | 20,1 | 21,2 | 22,3 | 23,3 | 24,2 | 25,1 |  |  |
| 25                         | 6,2                                                                          | 8,5  | 10,5 | 12,2 | 13,9 | 15,3 | 16,7 | 18,0 | 19,1 | 20,3 | 21,3 | 22,3 | 23,2 | 24,1 |  |  |
| 24                         | 5,4                                                                          | 7,6  | 9,6  | 11,3 | 12,9 | 14,4 | 15,8 | 17,0 | 18,2 | 19,3 | 20,3 | 21,3 | 22,3 | 23,1 |  |  |
| 23                         | 4,5                                                                          | 6,7  | 8,7  | 10,4 | 12,0 | 13,5 | 14,8 | 16,1 | 17,2 | 18,3 | 19,4 | 20,3 | 21,3 | 22,2 |  |  |
| 22                         | 3,6                                                                          | 5,9  | 7,8  | 9,5  | 11,1 | 12,5 | 13,9 | 15,1 | 16,3 | 17,4 | 18,4 | 19,4 | 20,3 | 21,2 |  |  |
| 21                         | 2,8                                                                          | 5,0  | 6,9  | 8,6  | 10,2 | 11,6 | 12,9 | 14,2 | 15,3 | 16,4 | 17,4 | 18,4 | 19,3 | 20,2 |  |  |
| 20                         | 1,9                                                                          | 4,1  | 6,0  | 7,7  | 9,3  | 10,7 | 12,0 | 13,2 | 14,4 | 15,4 | 16,4 | 17,4 | 18,3 | 19,2 |  |  |
| 19                         | 1,0                                                                          | 3,2  | 5,1  | 6,8  | 8,3  | 9,8  | 11,1 | 12,3 | 13,4 | 14,5 | 15,5 | 16,4 | 17,3 | 18,2 |  |  |
| 18                         | 0,2                                                                          | 2,3  | 4,2  | 5,9  | 7,4  | 8,8  | 10,1 | 11,3 | 12,5 | 13,5 | 14,5 | 15,4 | 16,3 | 17,2 |  |  |
| 17                         | -0,6                                                                         | 1,4  | 3,3  | 5,0  | 6,5  | 7,9  | 9,2  | 10,4 | 11,5 | 12,5 | 13,5 | 14,5 | 15,3 | 16,2 |  |  |
| 16                         | -1,4                                                                         | 0,5  | 2,4  | 4,1  | 5,6  | 7,0  | 8,2  | 9,4  | 10,5 | 11,6 | 12,6 | 13,5 | 14,4 | 15,2 |  |  |
| 15                         | -2,2                                                                         | -0,3 | 1,5  | 3,2  | 4,7  | 6,1  | 7,3  | 8,5  | 9,6  | 10,6 | 11,6 | 12,5 | 13,4 | 14,2 |  |  |
| 14                         | -2,9                                                                         | -1,0 | 0,6  | 2,3  | 3,7  | 5,1  | 6,4  | 7,5  | 8,6  | 9,6  | 10,6 | 11,5 | 12,4 | 13,2 |  |  |
| 13                         | -3,7                                                                         | -1,9 | -0,1 | 1,3  | 2,8  | 4,2  | 5,5  | 6,6  | 7,7  | 8,7  | 9,6  | 10,5 | 11,4 | 12,2 |  |  |
| 12                         | -4,5                                                                         | -2,6 | -1,0 | 0,4  | 1,9  | 3,2  | 4,5  | 5,7  | 6,7  | 7,7  | 8,7  | 9,6  | 10,4 | 11,2 |  |  |
| 11                         | -5,2                                                                         | -3,4 | -1,8 | -0,4 | 1,0  | 2,3  | 3,5  | 4,7  | 5,8  | 6,7  | 7,7  | 8,6  | 9,4  | 10,2 |  |  |
| 10                         | -6,0                                                                         | -4,2 | -2,6 | -1,2 | 0,1  | 1,4  | 2,6  | 3,7  | 4,8  | 5,8  | 6,7  | 7,6  | 8,4  | 9,2  |  |  |

Wartości przybliżone mogą być interpolowane liniowo

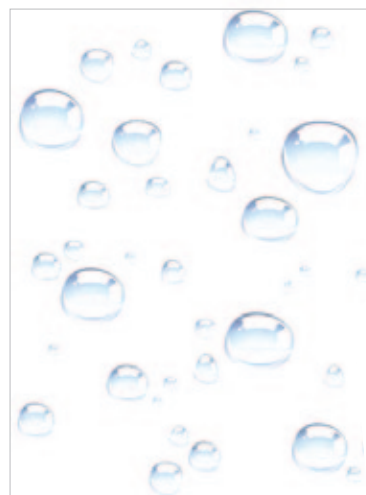
Źródło: DIN 4108-3, Ochrona cieplna oraz oszczędzanie energii w budynkach, Część 3

Ciepłe powietrze o temp. 25 °C i wysokiej wilgotności: punkt rosy leży blisko temperatury powietrza (przypadek lustro w łazience)

W normalnych warunkach klimatycznych 20 °C / 50 % wzgl. wilgotności powietrza temp. punktu rosy wynosi 9,3 °C

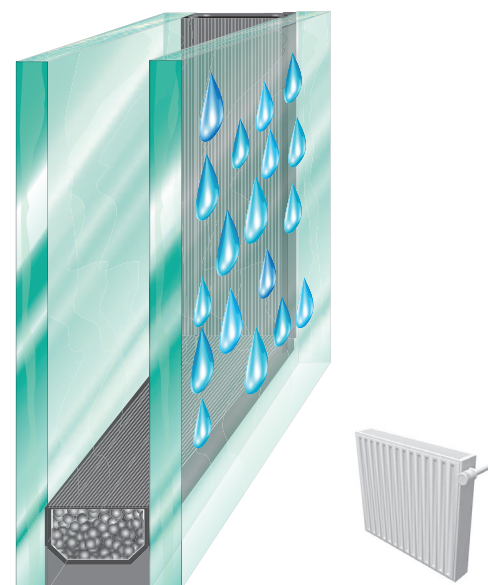
**Podsumowując:**

Jeśli temperatura powietrza wypada poniżej punktu rosy, pojawia się kondensacja. Im bardziej wilgotne powietrze, tym wcześniej pojawia się to zjawisko.



## Kondesacja na powierzchni szyby zespolonej od strony pomieszczenia

Wielu z nas zapewne miało okazję widzieć stare budynki, w których to na pojedynczych szybach podczas mroźnej zimy od strony pomieszczenia szron rysował piękne, przypominające kwiaty, formy. Pojedyncza szyba praktycznie nie dawała jakiegokolwiek ochrony cieplnej i dlatego jej temperatura od strony pomieszczenia była prawie taka sama jak od zewnątrz. Skutkiem czego powstająca para wodna zamarzała tworząc warstwy szronu.



Nowoczesne szyby izolacyjne potrafią prawie wyeliminować zjawisko kondensacji pary wodnej na powierzchni szyby. Temperatura szyby od strony pomieszczenia w dobrych jedno- i dwukomorowych szwach zespolonych leży z reguły znacznie powyżej punktu rosy. Im lepszy (mniejszy) jest współczynnik Ug przeszklenia, tj. im lepsza jest jego izolacyjność cieplna, tym bardziej temperatura powierzchni szyby od strony pomieszczenia będzie bliska temperaturze powietrza w tym pomieszczeniu. Niemniej, aby pomimo to osiągnąć na szybie temperaturę punktu rosy, przy której powstaje kondensat muszą wystąpić ekstremalne warunki: albo bardzo niska temperatura na zewnątrz albo bardzo wysoka wilgotność w pomieszczeniu albo oba te warunki jednocześnie – jak w łazience podczas zimy zaraz po gorącym prysznicu.

Dlatego regularne, krótkie, ale intensywne wietrzenie pomieszczeń, podczas którego ciepłe i wilgotne powietrze, bez wyziębienia ścian, zo-

staje szybko wymienione na zimne i suche powietrze, jest bardzo ważne. A w pomieszczeniach bez instalacji wentylacyjnej jest po prostu koniecznością. (zimne powietrze może mieć wprawdzie na początku wysoką względną wilgotność np. jak podczas zimnej i wilgotnej pogody jesienią. W pomieszczeniu jednak zostaje ono szybko ogrzane, a dzięki temu wilgotność względna powietrza szybko się obniża. W efekcie po wietrzeniu w przeciwieństwie do wcześniejszego ciepłego i wilgotnego powietrza znacznie zostaje obniżone ryzyko wystąpienia kondensatu pary wodnej).

Inne możliwe przyczyny związane z niekorzystnymi warunkami budowlanymi przedstawione zostaną w kolejnych rozdziałach. W porównaniu ze środkiem szyby znacznie bardziej zjawisko występowania kondensatu pary wodnej w nowoczesnych szwach izolacyjnych jest związane z ich częścią brzegową. Ma to ścisły związek z występowaniem mostków termicznych.



## Kondesacja w części brzegowej szyby zespolonej od strony pomieszczenia

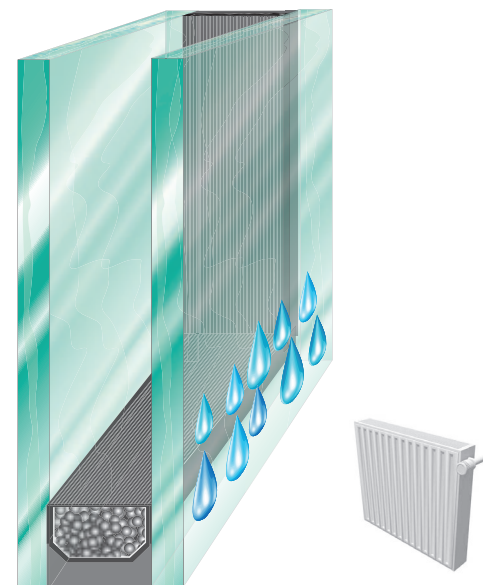
Każdorazowo początek zimnych pór roku jest najczęstszym przyczynkiem do zgłaszania reklamacji okien i „pocących się szach” w ich części brzegowej, a w szczególności na dolnej krawędzi.

Najpierw należy ustalić, czy przy temperaturze w pomieszczeniu wynoszącej ok. 20 °C w dłuższym okresie czasu nie została znacząco przekroczona względna wilgotność powietrza powyżej minimum 50 %. Jeśli tak faktycznie było to przyczyną zjawiska należy szukać w sposobie użytkowania pomieszczenia wzgl. w niewystarczającym wietrzeniu. Bardzo często już samo stosowanie się do podstawowych zasad przynosi rozwiązanie problemu: regularne i intensywne, ale krótkie wietrzenie, unikanie powstawania wysokiej wilgotności (np. suszenia prania w mieszkaniu, itp.), starać się odprowadzać wilgoć tam gdzie ona powstaje (wyciąg w kuchni), a przede wszystkim zamknąć drzwi w pomieszczeniach, które są rzadziej ogrzewane. W ten sposób ciepłe i wilgotne powietrze nie będzie się w tych pomieszczeniach skraplać na zimniejszych powierzchniach. Trzeba też pamiętać, że również zimniejsze, rzadziej ogrzewane pomieszczenia należy regularnie wietrzyć, tak aby wilgotność w nich zbytnio nie wzrosła. Brak wietrzenia w tym przypadku może doprowadzić w

najgorszym wypadku do powstania pleśni. Poza tym regularne wietrzenie dba o dopływ świeżego powietrza i odprowadzenie nieprzyjemnych zapachów.

W starym mieszkalnictwie gdzie występuje cała masa różnego rodzaju nieszczelności nie ma problemu w wymianę powietrza z zewnątrz. Nowo budowane budynki lub stare budownictwo z wymienionymi na nowocześnie oknami są praktycznie tak szczelne, że uniemożliwiają przepływ powietrza. W tym przypadku świeże powietrze może dostać się jedynie przez często otwierane okna lub poprzez systemy wentylacyjne.

Niekorzystne warunki budowlane jak szerokie ościeżnice z głęboko zabudowanymi oknami, długie i szerokie parapety okienne, meble lub zabudowy znajdujące się bezpośrednio w pobliżu okien oraz źle ustawione grzejniki w pomieszczeniach, wszystko to ma niekorzystny wpływ na właściwą cyrkulację powietrza. Prowadzi to do schładzania stojących części powietrza. Może to być również przyczyną powstawania skroplonego powietrza. To samo dotyczy okien, które są zastawiane doniczkami z kwiatami lub zakrywane zasłonami czy żaluzjami.

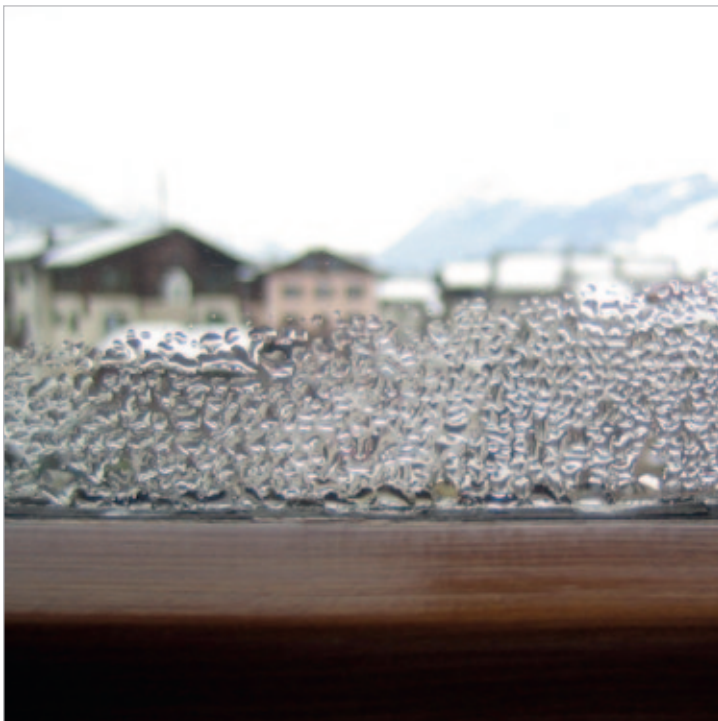






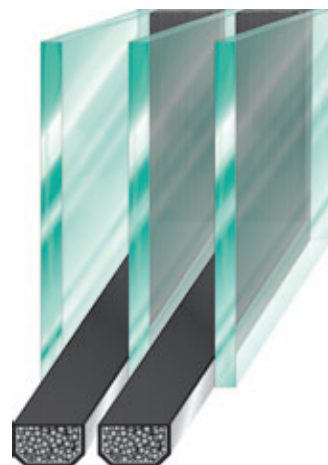
Znaczny wpływ na obniżanie temperatury danej powierzchni mają bez wątpienia również mostki termiczne. Tego typu mostki są związane z konstrukcją samej szyby zespolonej i jej częścią brzegową. Część brzegowa, która łączy ze sobą dwie lub trzy szyby tworząc hermetycznie zamkniętą całość, nie jest tak dobrym izolatorem jak przestrzeń międzyszybowa szyby zespolonej wypełnionej gazem szlachetnym. W części brzegowej często jeszcze są wykorzystywane do łączenia tradycyjne ramki aluminiowe, które niestety bardzo dobrze przewodzą ciepło. W ten sposób ciepło z pomieszczenia szybko przedostaje się przez taką ramkę na zewnątrz. To z kolei powoduje, że część brzegowa szyby od strony pomieszczenia wychładza się znacznie szybciej w porównaniu ze środkową częścią szyby. Dlatego w tej części szyby najszybciej pojawia się skroplona woda. Wskazane jest więc zatem, aby w tym właśnie miejscu już od samego początku stosować lepiej izolujący system – „cieplej ramki” – w części brzegowej. Dzięki temu brzeg szyby nie będzie się tak szybko schładzał i zredukowane zostanie niebezpieczeństwo pojawiania się wody na brzegu okna.

Zgodnie z normą DIN 4108-2 należy unikać w budynkach mostków termicznych, które obniżają w znaczący sposób temperaturę powierzchni od strony wewnętrznej pomieszczeń, gdyż są one przyczyną skraplania się pary wodnej oraz powstawania pleśni. Z drugiej strony prowadzi to oczywiście do zwiększonych strat ciepła. W oknach oraz zwykłych kon-



strukcjach słupowo-ryglowych jest dopuszczalne tworzenie się przejściowo niewielkich ilości skroplonej pary wodnej, niemniej jednak tylko w przypadku gdy powierzchnie nie absorbują powstałej wilgoci oraz są poczynione odpowiednie kroki do unikania kontaktu wilgoci ze szczególnie wrażliwymi materiałami.

O ile nie wystąpią niekorzystne czynniki budowlane lub inne wynikające z nieprawidłowego użytkowania to możemy przyjąć, że powstanie skraplającej się pary wodnej w części brzegowej dwukomorowej szyby zespolonej z ciepłą ramką jest bardzo mało prawdopodobne.

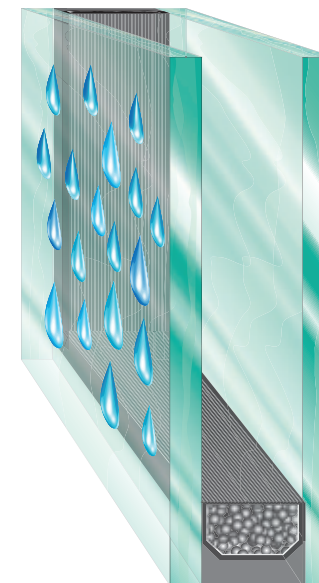


System ciepłej ramki  
SANCO® ACS

## Kondensacja na powierzchni szyby od strony zewnętrznej

Ten kto w zimie otwiera nowoczesne, dobrze izolowane okna, aby przewietrzyć pomieszczenie, może na krótko zauważyć powstanie nalożu z pary wodnej na zewnętrznej części szyby – ciepłe, wilgotne powietrze z pomieszczenia pokrywa wzdłuż zewnętrznej szyby. Jest ona zimna, ponieważ jest dobrze izolowana od strony ciepłego pomieszczenia. W wyniku działania wciąż tej samej fizyki – schłodzenia poniżej punktu wyroszenia pary wodnej – pojawia się na zewnętrznej szybie wilgotne powietrze z pomieszczenia w postaci kondensatu.

Szyby zespolone o słabych właściwościach izolacyjnych powodują ciągłe uciekanie ciepła na zewnątrz. W tej sytuacji szyba wewnętrzna jest wyraźnie zimniejsza od temperatury powietrza w pomieszczeniu zaś szyba zewnętrzna będzie się nieuchronnie podgrzewać. Jak już opisywaliśmy w rozdziale „Kondensacja na powierzchni szyby zespolonej od strony pomieszczenia” w dobrze izolujących jedno- i dwukomorowych szybach zespolonych temperatura szyby wewnętrznej jest bliska temperatury powietrza w pomieszczeniu. Dodatkowym następstwem jest też to, że z kolei temperatura szyby zewnętrznej pozostaje bliska temperatury powietrza na zewnątrz. I to jest właśnie ta cecha jakościowa nowoczesnych szyb izolacyjnych, która prowadzi w praktyce do oszczędzania energii. Podczas jasnej, bezchmurnej nocy w wyniku ograniczonego w szybie zespolonej przepływu promieniowania cieplnego dochodzi do schłodzenia



zewnętrznej szyby poniżej temperatury powietrza. Dzieje się tutaj to samo zjawisko jak w pozostawionym pod gołym niebem samochodem. Jeśli temperatura punktu rosy dla powietrza na zewnątrz nie zostaje przekroczona, kondensat nie powstaje. Wilgotne warunki np. w pobliżu akwenów wodnych, znacznie zwiększają występowanie problemu. W ekstremalnych warunkach może nawet dochodzić do zamarzania kondensatu na szybie zewnętrznej. W znacznie większym stopniu efektem wyroszenia zewnętrznego dotknięte są montowane pod kątem okna dachowe – podobnie jak pochylo-

ne w samochodzie okna: przednie i tylne. Efekt ten możemy złagodzić tylko poprzez zwiększenie absorpcji ciepła przez szybę zewnętrzną podczas nocy – za pomocą specjalnych okiennic tworzących zacielenie lub zastosowanie zewnętrznej powłoki na szkło, redukującej zdolność szyby do odbijania ciepła. Z drugiej strony efektem tego będzie pogorszenie się właściwości izolacyjnych szyby co nie może być sensownym rozwiązaniem! Skraplająca się na zewnętrznej szybie woda jest najlepszym fizycznym dowodem na bardzo dobre właściwości izolacyjne szyby zespolonej.

### SANCO® SILVERSTAR® FREE VISION T

- Zapobieganie w prawie 100 % wyroszeniu na szybie zewnętrznej
- Jako optymalne rozwiązanie dla szyb zespolonych z bardzo niskim współczynnikiem Ug
- W pełni przyjazne środowisku naturalnemu, powlekane próżniowo metodą magnetronową szkło z powłoką antywyruszeniową



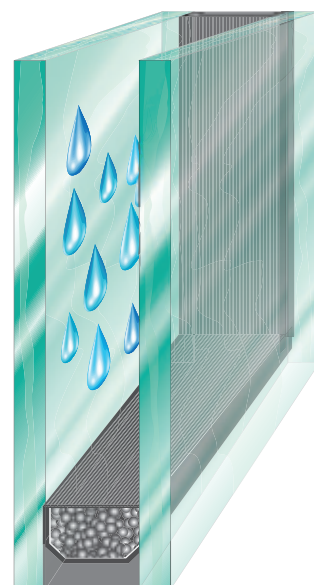




Najczęściej podczas klarownych, bezchmurnych zimowych nocy jest bardzo zimno. Można to wyjaśnić za pomocą fizyki na przykładzie zaparkowanego pod gołym niebem samochodu. Każde ciało oddaje ciepło w postaci promieniowania, o ile „widzi” coś w swoim otoczeniu co jest jeszcze zimniejsze niż ono same. Przednie i tylne szyby samochodów są często szybciej i mocniej zaszyronione niż pozostałe szyby. Dlaczego? Szyby te spoglądają na zimne nocne niebo i „widzą” szczególnie niską temperaturę,  $-270^{\circ}\text{C}$ , bliską zera absolutnego. Oznacza to, że promieniują one ciepło znacznie mocniej niż szyby boczne samochodu, które to z kolei są skierowane prawdopodobnie w kierunku ciepłych ścian budynku. Poprzez promieniowanie szyby schładzają poniżej temperatury punktu rosy znajdujące się w ich otoczeniu powietrze, powstaje kondensat, który zamarza. Z tego samego powodu na pustyni podczas dnia jest wprawdzie bardzo gorąco, ale za to w nocy poprzez szczególnie przejrzyste, nie pokryte chmurami niebo, zostaje wypromieniowywane ciepło w kierunku bardzo zimnego kosmosu, co skutkuje często przenikliwym zimnem.

## Kondensat w przestrzeni międzyszybowej

Pojawienie się kondensatu w przestrzeni międzyszybowej oznacza uszkodzenie szyby zespolonej, która musi być wymieniona. Odradza się jakiegokolwiek próby naprawy szyby. Jeśli sytuacja taka nastąpiła rok do dwóch lat po montażu nowej szyby zespolonej świadczy to o błędzie podczas produkcji ewentualnie nie przestrzeganie wytycznych dotyczących szklenia doprowadziło do uszkodzenia i w konsekwencji do nieszczelności części brzegowej. Absorbent pary wodnej w postaci sita molekularnego, który podczas produkcji szyby jest zasypywany do ramki dystansowej, osusza bardzo mocno przestrzeń międzyszybową. Temperatura punktu rosy w tym przypadku musiałaby znajdować się poniżej  $-60^{\circ}\text{C}$ . Jeśli w wyniku uszkodzenia wdiera się przez brzeg szyby do środka para wodna, wzrasta tym samym wilgotność a przez to temperatura punktu rosy. Jej przekroczenie na powierzchni wewnętrznej szyby powoduje wytrącenie pary wodnej i pojawienie się kropli wody.



## Podsumowując

Nieważne czy od środka czy na zewnątrz – wyroszenie pary wodnej w postaci kropli wody może się pojawić na szybie zespolonej – taka jest fizyka, której nie oszukamy. Jakie są dokładne przyczyny i czy ewentualnie możemy tego uniknąć, musi być zawsze dokładnie przeanalizowane dla każdego przypadku z osobna.



