

mgr inż. Krzysztof Patoka¹⁾

Dobór paroizolacji zgodnie z DIN 4108-3

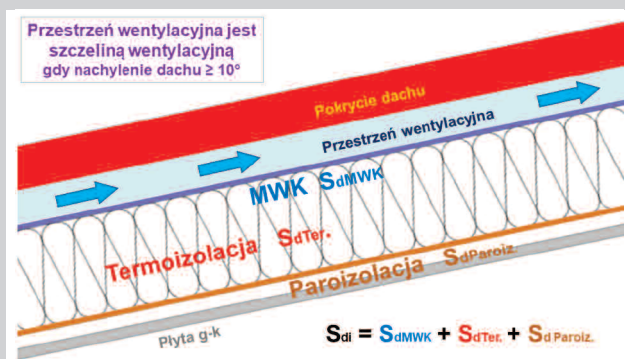
W tegorocznym lutowym [1] i kwietniowym [2] wydaniu miesięcznika „Materiały Budowlane” opisałem funkcje warstw paroizolacyjnych w dachach stromych. W tym artykule przedstawię metody doboru paroizolacji wg znanych i sprawdzonych zasad. Przy doborze paroizolacji czynnikiem decydującym jest to, czy dach jest wentylowany czy jednopowłokowy (niewentylowany). W dachach jednopowłokowych paroizolacje powinny mieć duży opór pary wodnej, zależny od rodzaju termoizolacji i konstrukcji stropu. W wyschniętych stropach betonowych, w których paroizolacja pełni bardziej funkcję uszczelnienia dachu przed przewiewami, jej paroizolacyjność jest mało istotna, ponieważ suchy strop betonowy sam dobrze izoluje przed przepływem pary. Natomiast w dachach wentylowanych można dokonać prawidłowego doboru paroizolacji, stosując się do podstawowej zasady określającej kierunek dyfuzji oraz do zaleceń normy DIN 4108-3. Zgodnie ze wspomnianą zasadą, stosowaną przy doborze systemów materiałowych w wentylowanych przegrodach zewnętrznych, dyfuzyjność każdego z kolejnych materiałów montowanych w stronę na zewnątrz powinna być coraz większa. Należy więc je montować tak, aby te o mniejszym oporze pary wodnej znajdowały się po stronie zewnętrznej przegrody, a te o większym po stronie wewnętrznej (rysunek). Dzięki tej zasadzie przepływ pary wodnej odbywa się w kierunku na zewnątrz przegrody, co gwarantuje, że może ona wydostać się do atmosfery. Zewnętrzną granicą działania tej zasady jest warstwa powietrza atmosferycznego wentylująca dach (pokrycia i jego umocowania nie obejmuje).

Dobór paroizolacji zgodnie z normą DIN 4108-3 najłatwiej jest omówić, posługując się wytycznymi Związku Dekarzy Niemieckich (ZDN), dotyczącymi wentylacji dachów, pocho-

dzącymi z Reguł Dekarskich wydanych w 1997 r. [3] i w 2004 r. [4]. Wytyczne ZDN (nazywane dalej wytycznymi) zostały opracowane w obu wydaniach zgodnie z normą DIN 4108-3. Wersja tej normy z 2001 r. [5] powstała po uwzględnieniu trwających ponad 10 lat badań w Instytucie Fizyki Budownictwa im. Fraunhofera (IBP) i zmiany dotyczącej doboru paroizolacji są w niej wyraźne.

W obu porównywanych wytycznych z 1997 i 2004 r. znajdują się po dwie, podobne do siebie, tabele (nr 1 i 2 z 1997 r. oraz 3 i 4 z 2004 r.), które określają podstawową wielkość przekroju przestrzeni wentylacyjnej. Zasady dotyczące wentylacji zostały niewiele zmienione (omówiłem je w [6]). Natomiast zmiany dotyczące wielkości zalecanego, sumarycznego współczynnika S_{di} (równoważnej dyfuzyjnie grubości powietrza) warstw znajdujących się pod szczeliną/przestrzenią wentylacyjną (rysunek) są istotne. Warto przypomnieć, że autorzy normy, zalecając konkretne właściwości dyfuzyjne materiałów znajdujących się pod szczeliną wentylacyjną, określają warunki decydujące o ilości pary wodnej przepływającej z termoizolacji do szczeliny. Gdyby pary było więcej niż ta, jaką przekażą dobrane wg tabel materiały, to szczelina o podanych w tabelach wielkościach nie zapewniłaby odpowiedniego odpływu wilgoci z dachu. Wielkość S_{di} jest więc ważnym elementem zaleceń dotyczących wymiarów szczeliny lub przestrzeni wentylacyjnej.

Zalecenia dotyczące podanej w tabelach wielkości współczynnika S_d należy odczytywać w ten sposób, że poszczególne materiały tworzące przegrodę dachową poniżej przestrzeni wentylacyjnej muszą być tak dobrane, aby wielkość sumarycznego współczynnika S_{di} była jak w tabelach podanych w wytycznych (tabele 1 ÷ 4) oraz aby spełniona była zasada określająca kierunek dyfuzji. Warto przypomnieć, że granice działania tej zasady są określone w zależności od farby osłaniającej płyty g-k od wnętrza poddasza. W przypadku, gdy farby są dyfuzyjne, to zakłada się, że wilgoć przechodzi raz w stronę płyt, a innym razem z płyt do wnętrza poddasza i wtedy dach wysycha do środka. Kierunek przepływu zależy od różnicy wilgotności względnej i temperatury powietrza znajdującego się po obu stronach płyty g-k. Zastosowanie farby dyfuzyjnej powoduje, że S_{di} jest sumą trzech składowych (MWK, termoizolacji i paroizolacji) pokazanych na rysunku. Jeśli farby osłaniające płyty g-k będą blokowały przepływ pary, to suma ta powiększy się o pomalowaną płytę g-k, ponieważ nie będzie przenikania pary do wewnątrz pomieszczeń przez pomalowaną płytę. Jeśli więc farba jest dyfuzyjna, to granicą wewnętrzną obszaru działania zasady określającej kierunek dyfuzji jest paroizolacja, a gdy farba nie jest dyfuzyjna, to granicą wewnętrzną jest farba z płytą. Ten ostatni przypadek może być przyczyną konieczności złamania zasady. Dzieje się tak, gdy termoizolacją jest materiał o większym



Układ warstw w połaci dachowej. Materiały należy tak montować, aby te o mniejszym oporze pary wodnej znajdowały się po stronie zewnętrznej przegrody, a te o większym po stronie wewnętrznej

¹⁾ Rzeczoznawca Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Materiałów Budowlanych; patoka.k54@gmail.com

Tabela 1. Minimalny przekrój wentylacji przy nachyleniu dachu $\geq 10^\circ$ (Wytyczne ZDN z 1997 r.)

Długość krokwi	Minimalny przekrój wentylacji			Opór dyfuzyjny poniżej warstwy wentylacyjnej Sdi
	okapy i zakończenie dachu jednospadowego	kalenica i naroże	powierzchnia dachu	
Do 10 m	$\geq 200 \text{ cm}^2/\text{m}$	$\geq 0,5\%$	$\geq 200 \text{ cm}^2/\text{m}$	$\geq 2 \text{ m}$
Od 10 do 15 m	$\geq 2\%$ całej powierzchni dachu	$\geq 0,5\%$ całej powierzchni dachowej	$\geq 200 \text{ cm}^2/\text{m}$ i minimum 2 cm wysokości szczeliny	$\geq 5 \text{ m}$
od 15 m				$\geq 10 \text{ m}$

Tabela 2. Minimalny przekrój wentylacji przy nachyleniu dachu $< 10^\circ$ (Wytyczne ZDN z 1997 r.)

Długość krokwi	Minimalny przekrój wentylacji		Opór dyfuzyjny poniżej warstwy wentylacyjnej Sdi
	wysokość przestrzeni wentylacyjnej na całej powierzchni dachu	okapy	
Do 10 m*	$\geq 5 \text{ cm}^{**}$	$\geq 2\%$ całej powierzchni dachu przy co najmniej dwóch przeciwnych okapach	$\geq 10 \text{ m}$

* Jeżeli droga wentylacji jest dłuższa niż 10 m, to wymagane są szczególne środki zaradcze; ** najmniejsza wartość wg normy. W przypadku dachów płaskich zaleca się co najmniej 15 cm.

Tabela 3. Minimalny przekrój wentylacji $\geq 5^\circ$ (Wytyczne ZDN z 2004)

Minimalny przekrój wentylacji			Opór dyfuzyjny poniżej warstwy wentylacyjnej wyrażony jako Sdi
okap i zakończenie dachu jednospadowego	kalenica i naroże	powierzchnia dachu	
$\geq 2\%$ co najmniej $200 \text{ cm}^2/\text{m}$	$\geq 0,5\%$ co najmniej $50 \text{ cm}^2/\text{m}$	2 cm wolnej wysokości ¹⁾	$\geq 2 \text{ m}$

¹⁾ możliwe jest punktowe przekroczenie, przekrój wentylacji nie może jednak w żadnym miejscu wynosić mniej niż 5 mm

Tabela 4. Zalecany przekrój wentylacji w przypadku wentylowanej izolacji cieplnej i spadku dachu $< 5^\circ$

Nachylenie dachu	Długość krokwi	Równoważna dyfuzyjnie grubość powietrza Sdi	Minimalny przekrój wentylacji	
			dach (wysokość wentylacji)	otwory wentylacyjne
$< 5^\circ$	$\leq 10 \text{ m}$	$\geq 100 \text{ m}$	5 cm	$\geq 2\%$ całkowitej poziomej płaszczyzny rzutu dachu po co najmniej dwóch przeciwnych stronach

oporze dla pary wodnej niż płyta g-k pomalowana niedyfuzyjną farbą. Współcześnie popularne termoizolacje z płyt PIR stwarzają właśnie taki problem. Rdzeń płyt z zamkniętokomórkowego PIR ma współczynnik oporu dyfuzyjnego $\mu = 50 - 100$ i dlatego PIR o grubości 0,14 m ma $S_d = 7 - 14 \text{ m}$ (ramka), ale jego najczęściej stosowane okładziny (aluminium lub bitum) mogą spowodować, że S_d termoizolacji z PIR będzie większe. Tymczasem obliczając równoważną dyfuzyjnie grubość powietrza, w przypadku płyty g-k pomalowanej niedyfuzyjną farbą wg [7] otrzymamy $S_d = 3,13 \text{ m}$ (ramka). Pomalowane płyty g-k będą więc przepuszczały więcej pary wodnej niż termoizolacja i z tego powodu między tymi warstwami zgromadzi się para wodna.

Porównanie wytycznych ZDN z 1997 i 2004 roku

Z tabel zamieszczonych w wytycznych (zacierpiętych z DIN 4108-3), będących zaleceniami Związku Dekarzy Niemieckich wynika, że po dziesięciu latach badań w Instytucie

Fizyki Budownictwa im. Fraunhofera (IBP) złagodzone wymagania dotyczące oporu dyfuzyjnego paroizolacji, ale tylko w przypadku dachów pochyłych. Natomiast w dachach płaskich (o nachyleniu $< 5^\circ$) w 2004 r., odwrotnie, zaostrzono te wymagania. W wytycznych z 1997 r. dotyczących dachów o nachyleniu $\geq 10^\circ$ (tabela 1) zalecano, aby sumaryczny opór dyfuzyjny zwiększał się ze wzrostem długości drogi powietrza wentylującego, czyli ze wzrostem długości krokwi. W przypadku krokwi długości do 10 m (kolumna 1 w tabeli 1) wystarczyło, aby sumaryczne Sdi warstw znajdujących się pod wentylacją wynosiło od 2 m wzwyż, a w przypadku krokwi od 15 m $S_{di} \geq 10 \text{ m}$. Łatwo to wytłumaczyć wzrostem ilości pary wodnej docierającej do szczeliny wentylacyjnej w miarę zwiększania się długości krokwi, czyli jednocześnie powierzchni wentylowanej dachu. Natomiast w wytycznych z 2004 r. (nadal obowiązujących) wymaga się, aby bez względu na długość szczeliny wentylacyjnej warstwy znajdujące się pod nią miały $S_{di} \geq 2 \text{ m}$. Jest to bardzo wyraźne obniżenie wymagań, tym bardziej że jednocześnie obniżono dolną granicę nachylenia, jakie może mieć dach w ten sposób wentylowany. W zaleceniach z 1997 r. dolne nachylenie wynosiło 10° , a w 2004 r. tylko 5° . W przypadku zjawisk wywołujących przepływ powietrza wentylującego dachy jest to duża różnica. Przypomnę, że przepływ takiego powietrza wywołany jest różnicą ciśnienia na wlocie i wylocie, która wynika z różnicy temperatury, wilgotności powietrza, wysokości oraz działania wiatru. Różnica wilgotności powietrza wchodzącego i wychodzącego jest bardzo subtelna, ponieważ wilgotne powietrze jest lżejsze od suchego, ale w niewielkim stopniu (drugie – trzecie miejsce po przecinku). Najmocniej działają: ciąg termiczny i wiatr, który jest zmienny i z tego powodu różnica

Definicje i obliczenia

Równoważna (lub ekwiwalentna) dyfuzyjnie grubość powietrza S_d – charakteryzuje właściwości dyfuzyjne warstwy materiału budowlanego o określonej grubości w ten sposób, że porównuje je do grubości warstwy powietrza o tym samym oporze dyfuzyjnym. Z tego powodu wymiarem S_d jest metr.

Współczynnik oporu dyfuzyjnego pary wodnej (współczynnik dyfuzji pary wodnej) materiału μ – określa, ile razy większy jest opór dyfuzji pary wodnej warstwy tego materiału od oporu warstwy nieruchomego powietrza o tej samej grubości, badanego w tych samych warunkach. Współczynnik oporu dyfuzyjnego pary wodnej jest to wielkość charakterystyczna dla poszczególnych rodzajów materiałów. S_d opisuje więc właściwości dyfuzyjne konkretnego produktu o konkretnej grubości, a μ właściwości dyfuzyjne rodzaju materiału.

Równoważna dyfuzyjnie grubość powietrza S_d łączy μ z grubością materiału d wzorem:

$$S_d = \mu \cdot d.$$

Płyta g-k grubości 12,5 mm, pomalowana farbą dyfuzyjną ma $S_d = 0,125 \text{ m}$ (płyta) + 0,1 m (farba) = 0,225 m.

Płyta g-k pomalowana farbą niedyfuzyjną ma $S_d = 0,125 \text{ m} + 3 \text{ m}$ (farba) = 3,125 m.

Rdzeń płyt z zamkniętokomórkowego PIR ma współczynnik oporu dyfuzyjnego $\mu = 50 - 100$; w przypadku płyty PIR o grubości 0,14 m $S_d = 7 - 14 \text{ m}$

temperatury między powietrzem wchodzącym w przestrzeń wentylacyjną i wychodzącym z niej jest najmocniej działającym stałym czynnikiem. Wynika z tego, że zmniejszenie wymagań w wytycznych ZDN jest logiczne, ponieważ jeżeli powietrze się nagrzeje, to wypłynie nawet przy niższym nachyleniu. Jedyne wątpliwości, jakie mogą się pojawić w związku z tą zmianą, wynikają z różnego klimatu w Niemczech i Polsce oraz innych krajach. Wiadomo, że polski klimat jest groźniejszy dla dachów z powodu dużej zmienności zwiększającej liczbę cykli powstawania skroplin w dachach. Z tego powodu uważam, że w Polsce granicą wyznaczającą prawidłowe działanie przestrzeni wentylacyjnych, określonych w normie DIN 4108-3, jest kąt nachylenia 10° . Przy niższym nachyleniu zalecam zwiększanie wysokości przestrzeni wentylacyjnej w miarę obniżania nachylenia połaci.

Analizując zmniejszenie wymaganego współczynnika Sdi z 10 do 2 m, trzeba stwierdzić, że w praktyce budowlanej nie miało ono dużego znaczenia, ponieważ najczęściej stosowane materiały paroizolacyjne mają $S_d = 20 \div 80$ m. Są to zwykłe laminaty z tworzyw sztucznych klasyfikowane jako opóźniacze pary. Natomiast największa zmiana dotyczy dachów o małym nachyleniu i płaskich (tabela 2 i 4). Wytyczne ZDN z 1997 r. dotyczące dachów o nachyleniu $< 10^\circ$ zalecały, aby ich $S_{di} \geq 10$ m (tylko!). Wynika z tego, że w przypadku dachów pochyłych o małym nachyleniu i długości krokwi do 10 m wymagania dotyczące paroizolacji nie różniły się zbytnio od obowiązujących przy dachach bardziej nachylnych ($\geq 10^\circ$ – tabela 1). W praktyce oznaczało to zastosowanie tych samych opóźniaczy pary. Tymczasem w wytycznych z 2004 r. zaleca się $S_{di} \geq 100$ m w przypadku dachów płaskich, a więc o nachyleniu $< 5^\circ$ (tabela 4). W tych krajach, w których istnieje formalny podział (publikowany), granicą między dachami płaskimi i pochyłymi jest nachylenie $3 - 5^\circ$. W Niemczech jest 3° , a w Polsce 5° (wg Słownika Dekarskiego PSD). Wspominam o tym dlatego, że skoro w przypadku dachów płaskich, ale wentylowanych zaleca się, aby materiały wbudowane pod warstwą wentylowaną miały $S_{di} \geq 100$ m, to w przypadku dachów jednopowłokowych wartość ta powinna być dużo, dużo większa. Można stwierdzić, że z obowiązujących wytycznych ZDN z 2004 r. jasno wynika, że **dachy jednopowłokowe powinny mieć paroizolacje wykonane z bitumów**, czyli z pap paroizolacyjnych. Proszę pamiętać, że to zalecenie zostało wprowadzone do wytycznych po zmianie dokonanej w normie DIN 4108-3 po dziesięciu latach badań wykonanych w Instytucie Fizyki Budownictwa im. Fraunhofera.

Wracając do wyboru materiałów na warstwy paroizolacyjne, to skorzystanie z tabel 3 i 4 jest proste. Wystarczy policzyć (ramka) lub poznać S_d poszczególnych warstw (materiały informacyjne producentów) i dodać do siebie. Kierując się zalecaną wielkością sumy tych współczynników, można dobrać materiały tak, aby zachować zasadę zwiększającej się dyfuzji, gdy są układane w kierunku na zewnątrz (tabela 5). Na-

Tabela 5. Sumaryczna wartość Sdi (równoważnej dyfuzyjnie grubości powietrza) w zależności od składu materiałów pod szczeliną wentylacyjną w dachu z MWK

Warstwa	Sd w systemie z wełną mineralną grubości 28 cm, o $\lambda = 0,033 \text{ W/(m} \times \text{K)}$		Sd z pianą otwartokomórkową grubości 30 cm, o $\lambda = 0,037 \text{ W/(m} \times \text{K)}$	
	farba dyfuzyjna	farba niedyfuzyjna	farba dyfuzyjna	farba niedyfuzyjna
Płyta g-k	przenikanie do pomieszczeń	3,125	przenikanie do pomieszczeń	3,125
Paroizolacja	1,644	2	2	2
Termoizolacja – wełna mineralna	0,336	0,336	–	–
Termoizolacja – pianka otwartokomórkowa	–	–	1,08	1,08
MWK	0,02	0,02	0,02	0,02
Sumaryczne Sdi	2	5,481	3,1	6,225

leży pamiętać, że prezentowane systemy materiałowe dotyczą dachów wentylowanych. W tabeli 5 są policzone współczynniki S_d termoizolacji z wełny mineralnej i otwartokomórkowej pianki natryskowej PUR. W zależności od ich termoizolacyjności określiłem grubość zgodną z zalecanym w WT 2021 współczynnikiem przenikania ciepła $U_{C(\max)} = 0,15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$. W drugiej kolumnie tabeli 5 zazaczyłem na czerwono te wielkości, które obliczyłem w celu wyznaczenia S_d paroizolacji jako wyniku odejmowania od granicznej wielkości $S_{di} = 2$ m wartości S_d pozostałych materiałów tworzących system pod warstwą wentylacyjną (S_d paroizolacji = $2 \text{ m} - 0,336 \text{ m}$ (wełna) – $0,02 \text{ m}$ (MWK) = $1,644 \text{ m}$). Obliczona wartość jest najmniejszą, jaka spełnia warunki zawarte w wytycznych i w normie DIN 4108-3. W związku z tym w dachu wentylowanym z taką termoizolacją i membraną można zastosować wszystkie paroizolacje, które mają $S_d \geq 1,644$ m. Najbliższe tej wielkości byłyby paroizolacje typu regulator pary [2], które najczęściej charakteryzują się $S_d = 2 - 4$ m.

Literatura

- [1] Patoka Krzysztof 2021. „Funkcje warstw paroizolacyjnych w przegrodach dachowych”. *Materiały Budowlane* 582 (02): 32 ÷ 34.
- [2] Patoka Krzysztof 2021. „Regulatory par w przegrodach dachowych”. *Materiały Budowlane* 584 (04): 32 ÷ 34.
- [3] Reguły Dekarskie Niemieckiego Związku Dekarzy. *Instrukcja. Instrukcja izolacji cieplnej dachów*. Wrzesień 1997 – Wydawnictwo Rudolf Müller.
- [4] Reguły Dekarskie Niemieckiego Związku Dekarzy. *Instrukcja. Izolacja cieplna dachów i ścian*. Wrzesień 2004 – Wydawnictwo Rudolf Müller.
- [5] DIN 4108-3:2001-07: Izolacje cieplne i oszczędność energii w budynkach; część 3: Ochrona przed wilgocią w zależności od warunków klimatycznych, wymagania, metoda obliczeń oraz wskazówki dotyczące projektowania i wykonawstwa.
- [6] Patoka Krzysztof 2018. „Zmiany w zasadach wentylowania dachów w wytycznych Związku Dekarzy Niemieckich”. *Materiały Budowlane* 546 (2): 38 ÷ 40.
- [7] Pogorzelski Jerzy. 2005. „Fizyka budowli – część X. Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych”. *Materiały Budowlane* 391 (3): 79 ÷ 81.

Partner działu:

Fakro Sp. z o.o.
www.fakro.pl

