

Wady i zalety odwróconego układu warstw izolacyjnych

Rozwiązania o odwróconym układzie warstw, tzn. z izolacją termiczną ułożoną na powierzchni warstwy hydroizolacyjnej, są coraz częściej stosowane w polskim budownictwie w przekryciach dachowych, tarasowych oraz w częściach podziemnych budynków.



dr hab. inż. Barbara Francke

prof. SGGW, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW, Instytut Inżynierii Lądowej, Katedra Inżynierii Budowlanej

W systemie odwróconym układu warstw izolacja cieplna narażona jest na bezpośrednie działanie czynników zewnętrznych, a przede wszystkim zawilgocenie zarówno wodami opadowymi – w przypadku gdy jest stosowana na dachach i tarasach, jak i wodami przesiąkającymi w gruncie – gdy ułożona jest w częściach podziemnych budynków. Dlatego też odwrócony układ warstw izolacyjnych wymaga stosowania materiałów termoizolacyjnych, które [1–6]:

- nie wchłaniają wody,
- są odporne na powtarzające się cykle zamrażania i odmrażania,
- charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami termoizolacyjnymi,
- wykazują wysoką wytrzymałość na ściskanie,
- są odporne na korozję biologiczną – czyli spełniają podstawowe zadania postawione izolacji cieplnej, polegające na obniżeniu strat ciepła przez przegrodę konstrukcyjną budynku. Podczas przeglądów obiektów dokonywanych w ramach ekspertyz związanych z przeciekami przekryć dachowych i tarasowych oraz izolacji części podziemnych budynków o odwróconym układzie warstw coraz częściej spotykamy się z problemem znacznego zawilgocenia izolacji termicznej wykonanej z wyrobów teoretycznie o bardzo niskiej nasiąkliwości. Możliwość powstania takiego zjawiska sygnalizowana była już

w artykułach pojawiających się pod koniec lat 90. XX w. i potwierdzana w kolejnych latach [6–13].

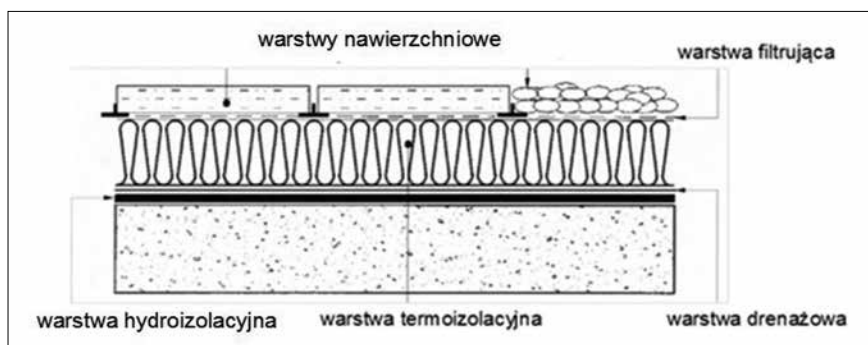
Pomimo wymienionych problemów rozwiązania takie są coraz szerzej stosowane na terenie Polski, pozwalając na skrócenie czasu realizacji przekrycia dachowego i tarasowego oraz izolacji części podziemnej budynku dzięki możliwości pominięcia etapu układania szlichty cementowej i jej sezonowania, niezbędnej do wykonania na powierzchni termoizolacji w układach tradycyjnych. Oprócz wspomnianych zalet często podkreślane są następujące walory takiego rozwiązania [3–5]:

- temperatura na powierzchni hydroizolacji jest ustabilizowana, bez względu na warunki atmosferyczne (wahania temperatur są niewielkie);
- zapewniona jest ochrona hydroizolacji przed uszkodzeniami mechanicznymi powstającymi w trakcie budowy lub w czasie użytkowania;
- w przypadku przekryć dachowych wyeliminowane jest niszczące działanie promieniowania ultrafioletowego na hydroizolację;
- nie występuje ryzyko kondensacji pary wodnej, a więc jest zachowana stabilność charakterystyki energetycznej całej przegrody;
- siły ssące wiatru nie mają bezpośredniego wpływu na funkcjonowanie (dotyczy przekryć dachowych).

Zdaniem autorki zwłaszcza dwie z pierwszych wymienionych zalet można traktować jako główne atuty odwróconego układu warstw. Pozostałe wymienione zalety spełnione są również przez prawidłowo wykonane przekrycie dachowe w układzie tradycyjnym. Odporność na UV jest bowiem jednym z podstawowych wymagań w odniesieniu do materiałów przeznaczonych do stosowania w pokryciach dachowych, podobnie jak odporność na działanie zmiennych temperatur oraz promieniowanie UV. Z tego względu nie jest więc konieczne zabezpieczenie ich powierzchni przed takimi oddziaływaniami. Śsące działanie wiatru nie powinno być również problemem przy prawidłowym zamocowaniu pokrycia dachowego do podłoża, czyli zapewnieniu warunków prawidłowego wykonania robót dekarских.

Zdaniem autorki odwrócone układy warstw izolacyjnych generują kilka istotnych problemów użytkowych, które wydają się przeważać w porównaniu z wymienionymi zaletami, tzn.:

- warstwa termoizolacyjna jest narażona na bezpośrednie działanie czynników atmosferycznych, w tym również zamarzającej wody;
- zlokalizowanie ewentualnych przecieków jest trudniejsze niż w przypadku rozwiązania o tradycyjnym układzie warstw, ponieważ warstwa hydroizolacyjna jest ułożona pod warstwą termoizolacyjną i warstwami wykończeniowymi;
- w przypadku przekryć dachowych/tarasowych odpływ wody opadowej z powierzchni hydroizolacji jest utrudniony, co okresowo zwiększa obciążenie stropu [14];



Rys. 1. Typowy układ warstw przekrycia dachowego/tarasowego o odwróconym układzie warstw [6, 15]

- ochładzanie przegrody przez zimną wodę (na jesieni, zimą, wiosną) spływającą po powierzchni hydroizolacji, czyli zjawisko, które należy uwzględnić przy obliczaniu współczynnika przenikania ciepła U.

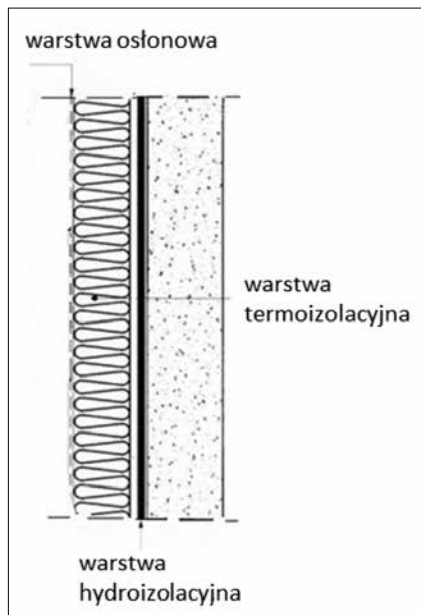
PRZEKROJE STOSOWANE W ODWRÓCONYM UKŁADZIE WARSTW IZOLACYJNYCH

Typowy układ warstw stosowanych w przekryciach dachowych/tarasowych o odwróconym układzie warstw przedstawiono na rys. 1 [4–6], a w częściach podziemnych na rys. 2.

Biorąc pod uwagę fakt, że w układzie odwróconym izolacja termiczna nie ma bezpośredniego zabezpieczenia przed wnikaniem wody i wilgoci, do jej wykonania można stosować wyroby charakteryzujące się następującymi właściwościami użytkowymi:

- niska nasiąkliwość wodą w całym przekroju temperatur oddziałujących na pokrycie w warunkach użytkowych, ze szczególnym uwzględnieniem przejścia temperatur zewnętrznych przez 0°C – jest to zjawisko charakterystyczne dla klimatu w Polsce podczas trzech pór roku;
- bardzo dobre właściwości termoizolacyjne;
- wysoka wytrzymałość na ściskanie;
- odporność na korozję biologiczną.

Przedmiotowe wyroby muszą bowiem gwarantować odpowiednią trwałość, by w warunkach obciążeń użytkowych spełniać podstawowe zadanie postawione izolacji cieplnej, tzn. obniżenie strat ciepła przez przegrody budynków.



Rys. 2. Odwrócony układ warstw izolacyjnych na powierzchni ściany części podziemnej budynku [6]

Pierwszym dokumentem technicznym określającym wymagania dla materiałów termoizolacyjnych przeznaczonych do stosowania w odwróconych układach warstw termoizolacyjnych był ETAG 031 [15]. Na podstawie wieloletnich badań prowadzonych przez instytut badawczy zrzeszone w EOTA w wymienionym dokumencie określono, że do omawianych zastosowań przydatne są jedynie dwie grupy wyrobów termoizolacyjnych, tzn. polistyren ekstrudowany XPS (objęty normą PN-EN 13164 [16], również z dodatkową warstwą wykończeniową – jako płyty warstwowe) oraz polistyren ekspandowany EPS o obniżonej nasiąkliwości wodą, (objęty normą PN-EN 13163 [17]). Niestety, w europejskich normach wyrobów

PN-EN 13163 i PN-EN 13164 w sposób bardzo ogólny sformułowano przeznaczenie tych wyrobów, bez sprecyzowania układów rozwiązań, w jakich mogą być stosowane, gwarantując ich trwałość użytkową. Stąd ETAG 031, pomimo jego wycofania ze zbioru dokumentów EOTA z powodów formalnych, a nie z przyczyn merytorycznych, można nadal traktować jako kompendium wiedzy dla omawianych rozwiązań. Kolejnymi dokumentami europejskimi precyzującymi wymagania dla stropodachów wykonywanych w odwróconym układzie warstw były: EAD 040650-00-1201 [18], uwzględniający możliwość stosowania polistyrenu XPS jako warstwy termoizolacyjnej, i EAD 040773-00-1201 [19], podający wymagania w tym zakresie dla polistyrenu EPS. Reasumując, zgodnie z ETAG 031 do wykonywania odwróconych układów warstw izolacyjnych mogą być stosowane wyroby, których nasiąkliwość objętościowa nie przekracza wartości odpowiednio: dla płyt EPS $\leq 1,0\%$, dla płyt XPS $\leq 0,7\%$. We wspomnianych dokumentach EAD [18, 19] nie podano żadnych ograniczeń w tym zakresie. Zgodnie z wynikami badań uzyskanymi przez autorkę płyty polistyrenowe zwiększają swą wilgotność również w trakcie cykli zamrażania–rozmarzania. Fakt ten uwzględniono również w ETAG 031, formułując następujące graniczne dopuszczalne poziomy zawilgoceń po cyklach zamrażania–rozmarzania: dla płyt EPS $\leq 5,0\%$, dla płyt XPS $\leq 1,0\%$. Należy dodatkowo zaznaczyć, że wykonywanie izolacji z XPS ma kilkudziesięcioletnią tradycję, natomiast w przypadku płyt EPS w publikacjach sygnalizuje się brak dostatecznych doświadczeń w tym zakresie [9–11].

ANALIZA TRWAŁOŚCI ODWRÓCONEGO UKŁADU WARSTW NA PODSTAWIE PRZEGŁĄDU OBIEKTÓW

Przeglądy obiektów wykonane przez autorkę pozwalają na stwierdzenie, że proces nasiąkania warstw termoizolacyjnych zastosowanych w przekryciach dachowych i tarasowych o odwróconym

układzie warstw, przy użyciu materiałów o deklarowanej niskiej nasiąkliwości wodą, ujawnia się zazwyczaj dopiero po okresie od 5 do 10 lat eksploatacji. Na podstawie analizy kilku obiektów użytkowanych przez co najmniej 5 lat, z izolacją termiczną wykonaną zarówno z polistyrenu ekstrudowanego (XPS), jak i ze styropianu o zwiększonej odporności na działanie wody i wilgoci (czyli z polistyrenu ekspandowanego EPS-P), stwierdzono zawilgocenie EPS-P w przekryciu dachowym dochodzące do 17% objętościowych, a polistyrenu ekstrudowanego w przekryciu tarasowym do 4%

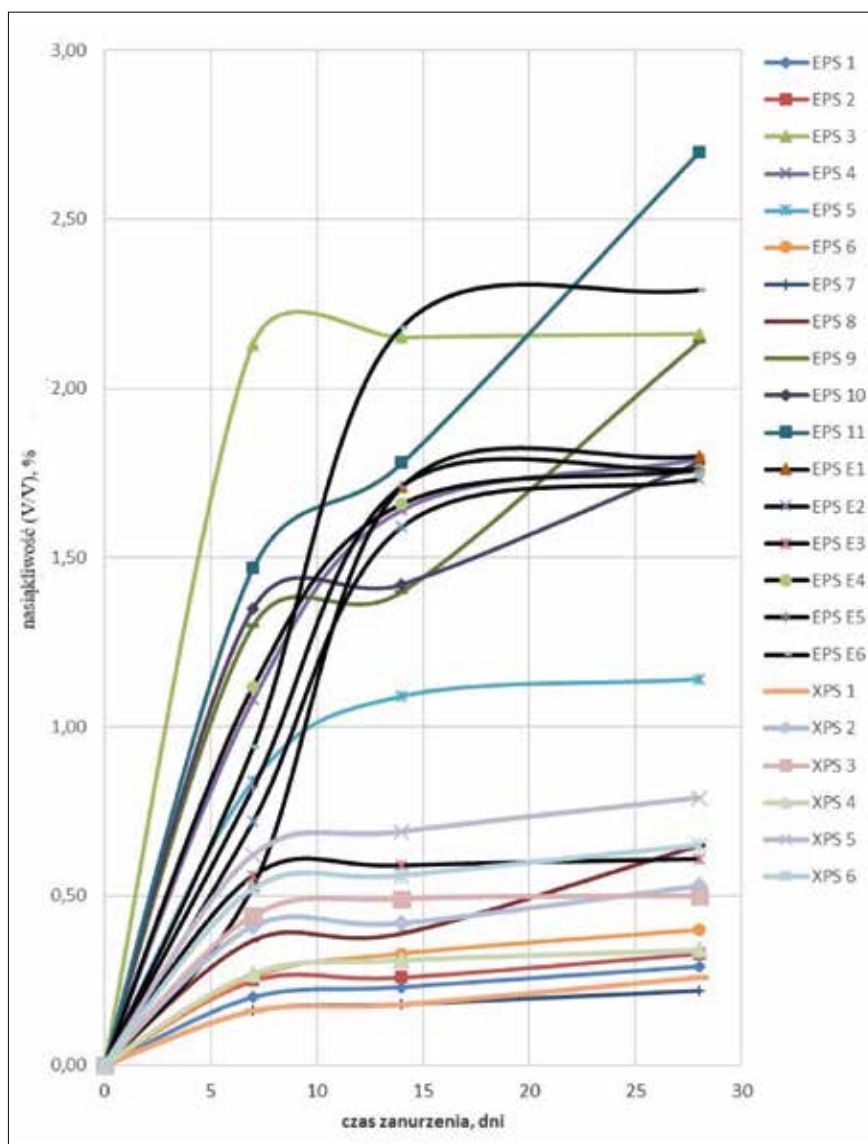
objętościowych. Generalnie na suficie wszystkich badanych obiektów na przegrodach zlokalizowanych pod przedmiotowymi stropami widoczne były jedynie ślady po zawilgoceniach i tylko w jednym punkcie występowały uszkodzenia typowe dla przecieków, tzn. widoczne aktywne sączenia wody po okresie wzmożonych opadów atmosferycznych i roztopów. Jednak nawet i w tym przypadku nie nastąpiło przerwania ciągłości izolacji wodochronnej, woda wlewała się do wnętrza naświetla nad szczytem niskiej ścianki podświetlikowej. W większości omawianych ob-

szarów badawczych nie nastąpiło przerwanie ciągłości izolacji wodochronnej, za to pod stropem, we wszystkich badanych punktach, widoczne były ślady zawilgocień w miejscach, w których pojawiała się już nawet korozja biologiczna.

Zdecydowanie niższy poziom zawilgocenia XPS i EPS-P stwierdzono dla próbek pobranych z powierzchni ścian wykonanych również w układach izolacyjnych o odwróconym układzie warstw. Może to wynikać z faktu działania sił grawitacji w zawilgoconej warstwie termoizolacyjnej, przyczyniającej się do przemieszczania cząsteczek wody w dół i tendencji do gromadzenia się ich na powierzchni płyty stropowej. Taki wariant badawczy nie był dotychczas przedmiotem symulacji laboratoryjnych prowadzonych przez autorkę, stąd trudno obecnie sformułować w tym względzie inne, logiczne wytłumaczenie tego zjawiska.

ANALIZA TRWAŁOŚCI UKŁADÓW ODWRÓCONYCH NA PODSTAWIE BADAŃ W WARUNKACH LABORATORYJNYCH

Badania omawianego problemu od szeregu lat prowadzone były w Instytucie Techniki Budowlanej i dalej kontynuowane w Instytucie Inżynierii Lądowej SGGW. W pierwszym etapie badań laboratoryjnych ustalono, że to głównie cykle zamrażania-rozmrażania płyt wcześniej poddanych zanurzeniu w wodzie mają istotny wpływ na wzrost ich zawilgocenia [5]. Całkowite zanurzenie w wodzie płyt przez 28 dni ma zdecydowanie mniejszy wpływ na wzrost wilgotności materiałów termoizolacyjnych, przy czym najszybszy nastąpił w ciągu pierwszych kilku dni zanurzenia w wodzie i zaczął stabilizować się po 5–7 dniach badania. W ramach badań opisanych w [5–7] niestety nie określono również korelacji pomiędzy zawilgoceniem w efekcie całkowitego zanurzenia w wodzie przez okres 28 dni i po kolejnych cyklach zamrażania-rozmrażania. Badania zamrażania i rozmrażania zakończono po 300 cyklach badawczych, również bez odpowiedzi, jakie przełożenie mają uzyskane wyniki na rzeczywiste



Rys. 3. Tempo przyrostu nasiąkliwości próbek w czasie. Cyfra podana przy symbolu polistyrenu oznacza numer próbki poddanej badaniu [5–7]

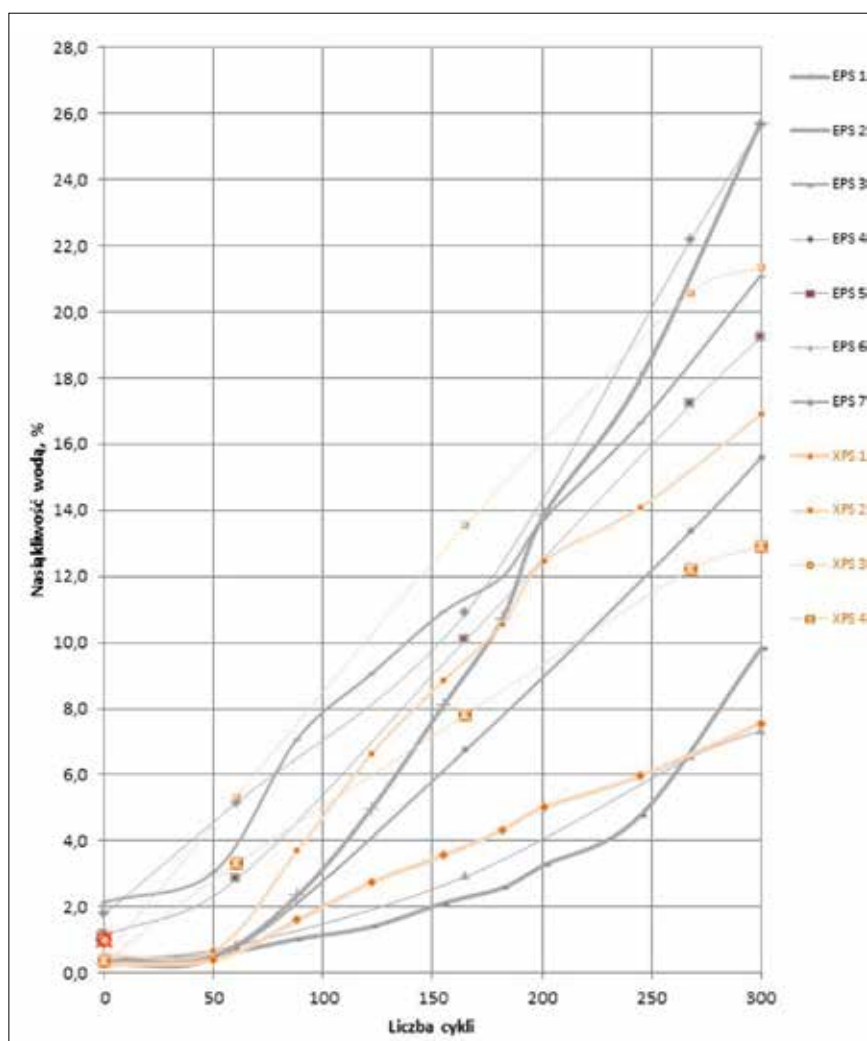
cykle klimatyczne. Biorąc pod uwagę fakt, że na przestrzeni lat mamy do czynienia ze zróżnicowanym rozkładem zarówno temperatur, jak i opadów atmosferycznych, zależnych nie tylko od warunków klimatycznych, lecz również od położenia obiektu i kształtu przekrycia dachowego, ustalenie jednoznacznej korelacji wymaga szeregu lat obserwacji polygonowych uzupełnianych długotrwałymi badaniami przyspieszonego starzenia w warunkach laboratoryjnych. By jednak zapoczątkować działania w tym zakresie, podjęto próbę zgrubnego określenia przyczyn powstawania wspomnianych zawilgoceń oraz ich wpływu na izolacyjność termiczną tych przegród. Na rys. 3 przedstawiono wyniki badań nasiąkliwości wodą określonej przy długotrwałym całkowitym zanurzeniu, według PN-EN ISO 16535 [20] (rys. 3), a na rys. 4 wartości nasiąkliwości po działaniu cyklicznego zamrażania w temperaturze -20°C i rozmrażania w wodzie o temperaturze 20°C , w badaniach wykonanych według PN-EN ISO 16546 [21], na próbkach wstępnie nasączonych wodą.

Naprzemienne zamrażanie oraz rozmrażanie płyt, niezależnie od wielkości wstępnej nasiąkliwości wodą, powoduje natomiast stały i znaczący przyrost zawilgoceń.

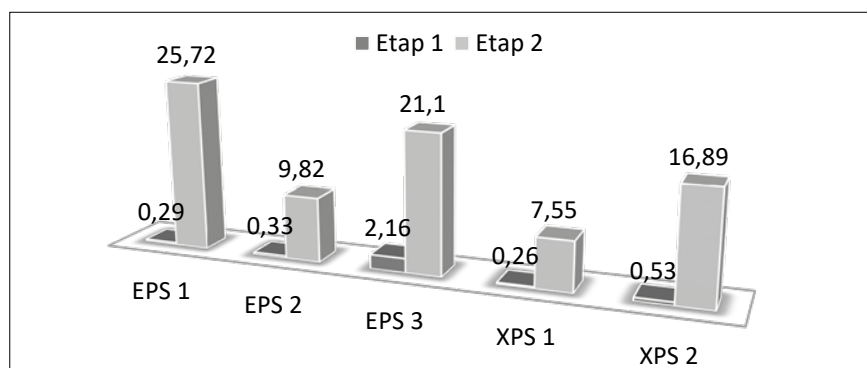
Badania wykazały, że bez względu na poziom wstępnej nasiąkliwości wodą po 28 dniach całkowitego zanurzenia (etap 1), po 300 cyklach zamrażania-rozmrażania (etap 2) stopień zawilgoceń próbek EPS i XPS znacząco wzrasta.

Porównanie wartości między wstępną nasiąkliwością po zanurzeniu w wodzie płyt EPS i XPS a tą po działaniu cykli zamrażania-rozmrażania dla wybranych losowo próbek przedstawiono graficznie na rys. 5.

Uzyskane wyniki badań pozwalają na stwierdzenie, że zawarty w kodzie oznaczenia deklarowanych właściwości polistyrenów EPS i XPS niski poziom nasiąkliwości wodą WL(T) nie daje gwarancji, że materiał izolacyjny w trakcie eksploatacji, pod wpływem działania



Rys. 4. Nasiąkliwość wodą wybranych próbek EPS i XPS poddanych wstępnie zawilgoceniu w efekcie całkowitego zanurzenia w wodzie przez 28 dni, a następnie 300 cyklom zamrażania-rozmrażania [5-7]



Rys. 5. Porównawcze, poglądowe zestawienie wyników badań nasiąkliwości wybranych próbek EPS i XPS poddanych wstępnie zawilgoceniu w efekcie całkowitego zanurzenia w wodzie przez 28 dni (etap I), a następnie 300 cyklom zamrażania-rozmrażania (etap II) [5-7]

zmiennych czynników atmosferycznych, nie będzie ulegał nadmiernemu zawilgoceniu. Badane wyroby charakteryzują się bowiem inną zdolnością do absorbowa-

nia wody, gdy są narażone na zwilgoce-
nie w temperaturach dodatnich, a inną
w warunkach zmiennych temperatur
dodatnich i ujemnych.

Normy wyrobu płyt EPS oraz XPS (odpowiednio PN-EN 13163 i PN-EN 13164) określają odporność na działanie cyklicznego zamrażania–rozmrężania. Niestety, formułują kryterium jedynie odnośnie do spadku naprężeń ściskających przy 10-procentowym odkształceniu, nie precyzując konkretnych wartości wymagań dotyczących zmiany nasiąkliwości. W kontekście podstawowej funkcji materiału izolacyjnego (izolacji termicznej) brak weryfikacji stopnia zawilgocenia próbek, mającego bezpośredni wpływ na wartości współczynnika przewodzenia ciepła materiału, nie pozwala na pełną ocenę materiału przeznaczanego do stosowania w stropodachach o odwróconym układzie warstw. Bezsprzecznie stwierdzono również, że wilgotność ma znaczący wpływ na wartość współczynnika λ (określonego według PN-EN 12667 [22]), gdyż wzrost tego współczynnika spowodowany wzrostem wilgotności jest bardzo duży, kilkukrotnie większy niż, jak podaje literatura, wzrost wywołany zmianą temperatury otoczenia. Na rys. 6 przedstawiono wykres ukazujący różnice w wartościach współczynnika przewodzenia ciepła dla próbek wilgotnych oraz dla tych samych próbek, lecz po wysuszeniu.

Co prawda, wilgotny materiał izolacyjny poddany wysuszeniu wraca do pier-

wotnej wartości współczynnika λ . Niestety, w warunkach eksploatacyjnych całkowite wysuszenie zawilgoconej warstwy termoizolacyjnej jest raczej niemożliwe. W Polsce opady atmosferyczne występują praktycznie we wszystkich porach roku, a warstwy wykończeniowe utrudniają dodatkowo szybkie wysychanie termoizolacji.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Omówione w artykule wyniki obserwacji obiektów oraz wybranych badań laboratoryjnych pozwalają obecnie jedynie na następujące podsumowanie [5–7, 12, 13]:

- w efekcie zanurzenia w wodzie o temperaturze $20 \pm 3^\circ\text{C}$ przez 28 dni zarówno płyt z polistyrenu ekstrudowanego, jak i styropianu o podwyższonej odporności na zawilgocenie chłonność wody zazwyczaj nie przekracza 2% (V/V); gdy próbki narażone są dalej na cykle zamrażania–rozmrężania, ich wilgotność znacznie wzrasta, osiągając wartości wyższe nawet dziesięciokrotnie;
- nasączenie warstwy termoizolacyjnej w efekcie cykli zamrażania–rozmrężania (a szczególnie przejścia temperatur zewnętrznych przez 0°C) w warunkach klimatycznych panujących w Polsce w praktyce zachodzi w trzech porach roku, szczególnie na dachach oraz tarasach, prowadząc do obniżenia wartości oporu

cieplnego całej przegrody i w efekcie do powstania zjawiska jej przemarzania;

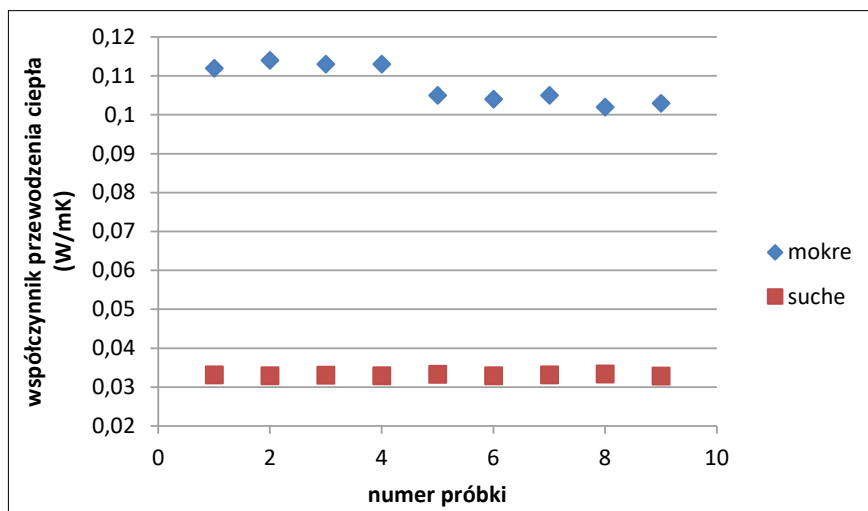
- szczególnie zagrożone utratą właściwości termoizolacyjnych są układy odwrócone stosowane w przekryciach dachów zielonych; podlewanie roślin przyczynia się do utrzymywania lustra wody na powierzchni warstwy termoizolacyjnej, znajdującej się zazwyczaj w strefie przemarzania;

- brak zależności między nasiąkliwością wody po 28 dniach zanurzenia [WL(T)] a tą wywołaną cyklicznym zamrażaniem i rozmrężaniem ogranicza możliwość oceny przydatności materiału izolacyjnego do stosowania go w układach o odwróconym układzie warstw izolacyjnych na podstawie deklaracji parametru WL(T);
- wzrost wilgotności materiału termoizolacyjnego ma istotny wpływ na przewodność cieplną, przyczyniając się do zwiększenia wartości λ ; wzrost tego współczynnika spowodowany wzrostem wilgotności jest kilkukrotnie większy, jak podaje literatura, niż wzrost wywołany zmianą temperatury otoczenia.

Zapewnienie wymaganej charakterystyki energetycznej budynków, czyli ograniczenie strat ciepła przez przegrody budowlane, w odniesieniu do odwróconego układu warstw izolacyjnych nabiera szczególnego znaczenia. Generalnie wymagania te są spełnione dzięki:

- zaprojektowaniu skutecznych rozwiązań,
- prawidłowej realizacji prac budowlanych,
- zapewnieniu warunków eksploatacji obiektu gwarantujących utrzymanie wymienionych założeń projektowych poprzez właściwą diagnostykę i bieżące usuwanie stwierdzonych usterek.

Biorąc pod uwagę dotychczasowe doświadczenia wynikające z eksploatacji rozwiązań o odwróconym układzie warstw w przekryciach dachowych i tarasowych oraz w częściach podziemnych budynków, zalecana jest rozszerzona diagnostyka stanu technicznego podczas użytkowania wspomnianych obiektów, tzn. okresowe sprawdzenia poziomu zawilgocenia termoizolacji co 5 lat. W przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnych dla



Rys. 6. Wartości współczynnika przewodzenia ciepła dla próbek wilgotnych oraz dla tych samych próbek, lecz po wysuszeniu [5–7]

nasiąkliwości wodą wydaje się zasadna dalsza ocena skuteczności działania warstwy termoizolacyjnej, a przy negatywnym wyniku obliczeń – remont polegający na wymianie mokrej izolacji termicznej. ■

Literatura

1. D. Kalibatas, V. Kovaitis, *Selecting the most effective alternative of waterproofing membranes for multifunctional inverted flat roofs*, „Journal of Civil Engineering and Management” nr 23(5)/2017, s. 650–660, <https://doi.org/10.3846/13923730.2016.1250808>.
2. Z. Petrakova, M. Grznar, *Methods of multi-criteria decision making in the choice of an alternative solution in the reconstruction process of a flat roof*, „Slovak Journal of Civil Engineering” nr 3/2004, s. 1–11.
3. K. Firkowicz-Pogorzelska, B. Francke, *Projektowanie i wykonywanie stropodachów o odwróconym układzie warstw*. Poradnik, Instytut Techniki Budowlanej, 2012.
4. B. Francke, *Nowoczesne hydroizolacje budynków. Tarasy i balkony*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2022.
5. Praca zbiorowa pod redakcją L. Runkiewicz, *Diagnostyka obiektów budowlanych. Badania i oceny elementów i obiektów budowlanych*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2021.
6. B. Francke, *Odwrócony układ warstw izolacyjnych w przekryciach dachowych, izolacjach tarasów i w częściach podziemnych budynków*, XXXVIII Ogólnopolskie Warsztaty Projektanta Konstrukcji, Wisła, 9–12.04.2024 r.
7. B. Francke, R. Geryto, *Inverted roof insulation kits*, MATEC Web of Conferences, vol. 163, 15, 2018, nr artykułu 08005, s. 1–8.
8. D. Zirkelbach, B. Schafaczek, H. Künzel, *Thermal Performance Degradation of Foam Insulation in Inverted Roofs Due to Moisture Accumulation*, XII DBMC International Conference on Durability of building Materials and Components, Porto, Portugalia, 2011.
9. H. Künzel, K. Kiehl, *Moisture Behaviour of Protected Membrane Roofs with Greenery*, CIB W40 Proceedings Kyoto, vol. 1, 1997.
10. H. Künzel, *Bieten begrunte Umkehrdächer einen dauerhaften Wärmeschutz*, IBP-Mitteilung, nr 271, 1995.
11. H. Künzel, *Feuchteverhalten von Umkehrdachern mit massiven Deckschichten*, IBP-Mitteilung, nr 295, 1996.
12. B. Francke, A. Winkler-Skalna, R. Geryto, *The durability of inverted roof insulation kits*, „Archives of Civil Engineering” nr 1/2024, s. 261–275, doi: <https://doi.org/10.24425/ace.2024.148910>.
13. B. Francke, *Selected operational problems of inverted flat roofs layers*, „Builder” nr 2/2020, s. 14–17.
14. I. Misar, M. Novotný, *Defects and behaviour of inverted flat roof from the point of building physics*, Building Defects conference, MATEC Web of Conferences, doi: 10.1051/matec-conf/20179302002, 2017.
15. ETAG 031 – Guideline for European Technical Approval of Inverted Roof Insulation Kits Part 1: General, European Organisation for Technical Approvals, 2010.
16. PN-EN 13164+A1:2015-03 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z polistyrenu ekstrudowanego (XPS) produkowane fabrycznie – Specyfikacja.
17. PN-EN 13163+A2:2016-12 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie – Specyfikacja.
18. EAD 040650-00-1201 Extruded polystyrene foam boards as load bearing layer and/or thermal insulation outside the waterproofing, European Organisation for Technical Approvals, 2017.
19. EAD 040773-00-1201 Expanded polystyrene foam boards as load bearing layer and thermal insulation outside the waterproofing, European Organisation for Technical Approvals, 2018.
20. PN-EN ISO 16535:2019-08 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Określanie nasiąkliwości wodą przy długotrwałym zanurzeniu.
21. PN-EN ISO 16546 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Określanie odporności na zamrażanie–odmrażanie.
22. PN-EN 12667:2002 Właściwości cieplne materiałów i wyrobów budowlanych – Określanie oporu cieplnego metodami osłoniętej płyty grzejnej i czujnika strumienia cieplnego – Wyroby o dużym i średnim oporze cieplnym.