

ARTYKUŁY – REPORTS

Jerzy A. Pogorzelski*

Katarzyna Firkowicz-Pogorzelska**

Andrzej Bobociński***

IZOLACJE CIEPLNE STROPODACHÓW ODWRÓCONYCH

Izolacje cieplne stropodachów odwróconych są narażone na szczególną ekspozycję na czynniki klimatyczne (opady) i fizyczne (długotrwałą dyfuzję pary wodnej), a w przypadku dachów zielonych także biologiczne (korzenie roślin). Tradycyjnie stosowanym wyrobem izolacji cieplnej w stropodachach odwróconych była ekstrudowana pianka polistyrenowa. Płyty ze styropianu EPS generalnie w Europie nie były stosowane do izolacji cieplnej stropodachów odwróconych. Sprawą zasadniczą są obawy o zawilgacanie tego materiału w warunkach eksploatacji przegród. Mechanizm zawilgacania izolacji cieplnej w stropodachach odwróconych odpowiada warunkom badań absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji, po których próbki poddaje się cykлом zamrażania-odmrażania. Badania absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji, a następnie poddanie próbek cykлом zamrażania-odmrażania skutkują znacznie wyższymi przyrostami wilgotności niż badania długotrwałej nasiąkliwości wodą. Zakład Fizyki Ciepłej ITB na zlecenie europejskiego stowarzyszenia producentów ekstrudowanej pianki polistyrenowej EXIBA podejmuje badania porównawcze zachowania się płyt EPS i XPS pod kątem ich stosowania w stropodachach odwróconych; wstępne badania już wykonano.

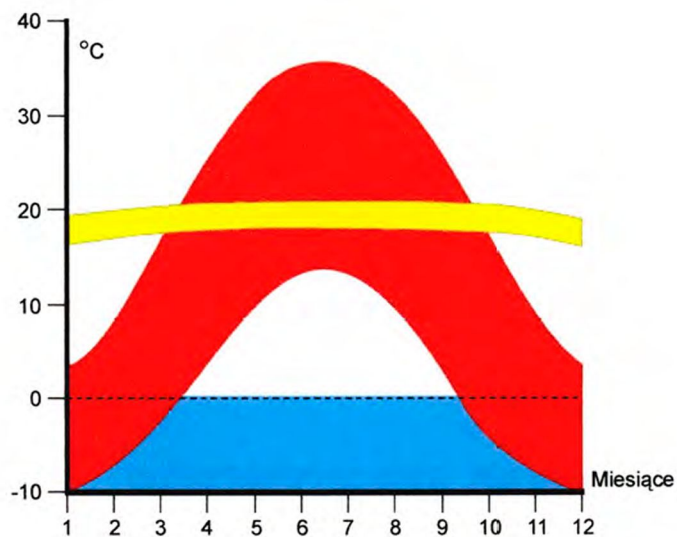
1. Wprowadzenie

Stropodach odwrócony (ang. *Inverted Roof*, niem. *Umkehrdach*) jest szczególną odmianą stropodachu pełnego, w której izolacja cieplna ułożona jest nie pod, ale na izolacji wodochronnej dachu. Taki układ warstw w stropodachu stwarza korzystne warunki pracy izolacji wodochronnej, w tym obniżenie amplitudy wahań temperatury (patrz rys. 1).

* prof. dr hab. inż. – Zakład Fizyki Ciepłej ITB

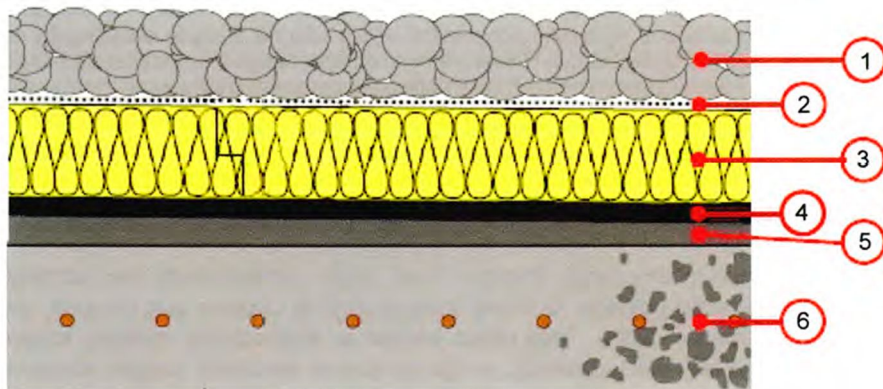
** dr n.t. – adiunkt w zakładzie jw.

*** mgr inż. – st. specjalista w zakładzie jw.

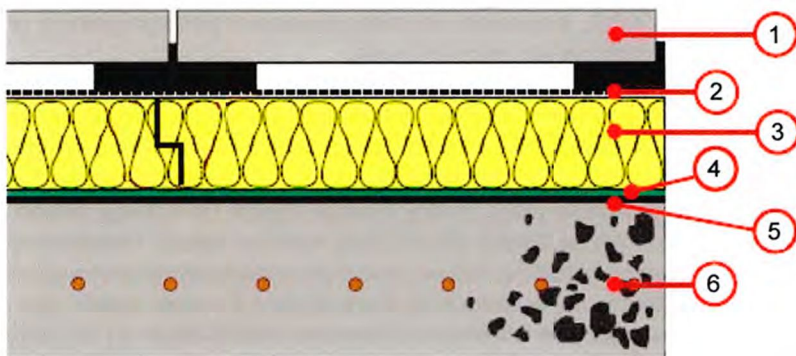


Rys. 1. Przedział wahań temperatury izolacji wodochronnej stropodachu zwykłego (obszar czerwony) i odwróconego (obszar żółty) wg [1]
 Fig. 1. The range of temperature oscillations of water membrane in common flat roof (red area) and inverted roof (yellow area) according to [1]

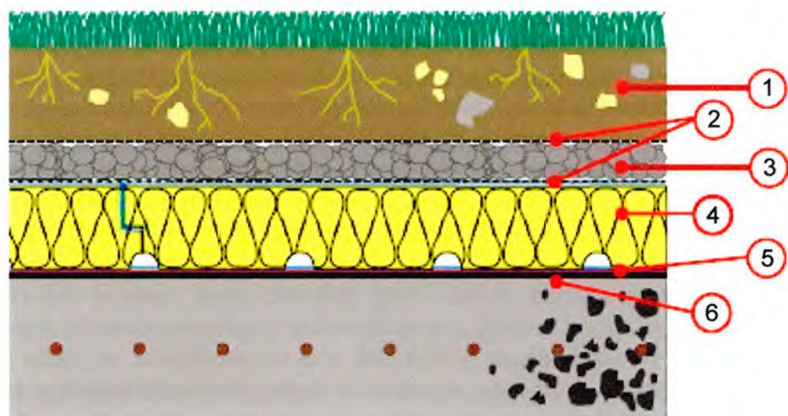
Izolacja cieplna stropodachu odwróconego od góry jest osłonięta i obciążona warstwą żwiru, płytek betonowych lub ziemi roślinnej, w zależności od tego, czy stropodach pełni funkcję tarasu, parkingu czy tzw. dachu zielonego (rys. 2–4).



Rys. 2. Stropodach odwrócony z warstw żwiru wg [1]: 1 – żwir płukany, 2 – włóknina filtracyjna, 3 – izolacja cieplna, 4 – asfalt lany, 5 – gładź wyrównawcza, 6 – strop
 Fig. 2. Inverted roof with a gravel layer according to [1]: 1 – washed gravel, 2 – filter fleece, 3 – thermal insulation, 4 – mastic asphalt, 5 – cement screed, 6 – structural floor



Rys. 3. Stropodach odwrócony z płytkami betonowymi wg [1]: 1 – płytki betonowe, 2 – podkładki, 3 – izolacja cieplna, 4 – filc bitumiczny, 5 – zbrojony asfalt, 6 – strop)
 Fig. 3. Inverted roof with concrete slabs according to [1]: 1 – concrete slabs on supports, 2 – filter fleece, 3 – thermal insulation, 4 – bituminous felt, 5 – reinforced asphalt, 6 – structural floor)



Rys. 4. Zielony dach wg [1]: 1 – ziemia roślinna, 2 – warstwy filtracyjne z poliestru, 3 – żwir płukany, 4 – izolacja cieplna, 5 – izolacja wodochronna, 6 – zbrojony asfalt
 Fig. 3. Green roof according to [1]: 1 – planting layer, 2 – polyester filter fleece, 3 – washed gravel, 4 – thermal insulation, 5 – water membrane, 6 – structural floor

Początki stosowania stropodachów odwróconych należy datować w skali światowej na lata 60. ubiegłego wieku (USA, później Europa Zachodnia), po niekorzystnych doświadczeniach ze zwykłymi stropodachami pełnymi (Holmgren i Isaksen [2], Jenisch i Schüle [3], Płóński [4]). Jest to obecnie rozwiązanie powszechnie stosowane na dachach wielkopowierzchniowych, takich jak na przykład dworce lotnicze, budynki mieszkalne i użyteczności publicznej w miastach, często w połączeniu z funkcją dachu zielonego ze względu na wymagania zrównoważonego rozwoju. Na izolację cieplną stosuje się głównie płyty ze spełniającej odpowiednio ostre wymagania ekstrudowanej

pianki polistyrenowej (XPS), aczkolwiek również producenci płyt styropianu z granulek (EPS) starają się wchodzić na ten segment rynku.

Wieloletnie doświadczenie wykazuje, że układ warstw w stropodachu odwróconym wpływa korzystnie na trwałość izolacji wodochronnej, chronionej przed promieniowaniem słonecznym, mrozem i uszkodzeniami mechanicznymi, powstają natomiast problemy związane ze specyficznym oddziaływaniem wilgoci na izolację cieplną. Woda opadająca podczas zimy przecieka przez spoiny między płytami na izolację wodochronną, skąd podczas lata wysycha na drodze dyfuzji przez warstwę izolacji. Przedostawanie się zimnej wody opadowej pod izolację cieplną powoduje dodatkowy strumień ciepła przez stropodach, co uwzględnia się w obliczeniach współczynnika przenikania ciepła (patrz p. 2). Poprawka ta nie zależy od właściwości materiału izolacji cieplnej i nie jest zresztą duża (około $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$).

W celu dalszego zmniejszenia efektu chłodzenia stropodachu wodą z opadów atmosferycznych spotyka się również rozwiązania stropodachów odwróconych z dodatkową warstwą rozdzielającą ze specjalnej włókniny układanej na warstwie materiału izolacji cieplnej [5].

Zasadnicze znaczenie z uwagi na przydatność stropodachu odwróconego może mieć (zależne od właściwości materiału) zawilgocenie izolacji cieplnej przy długotrwałej dyfuzji pary wodnej (osiągane są wtedy znacznie większe wilgotności niż przy nasiąkliwości wodą) i dodatkowo w wyniku wielokrotnego zamrażania i odmrażania. O ile nie pogarsza to znacznie właściwości mechanicznych, to przewodność cieplna izolacji może wzrosnąć nawet ponad dwukrotnie w stosunku do przewodności cieplnej materiału suchego i izolacja taka przestaje być efektywna (patrz p. 4). Dobór materiału na izolację cieplną stropodachu odwróconego musi być więc uzależniony od wyników badań absorpcji wilgoci przez długotrwałą dyfuzję i – wykonanych następnie – badań zamrażania-odmrażania.

Najostrzejsze wymagania stawia się izolacjom cieplnym dachów zielonych, ze względu na wyższą wilgotność izolacji cieplnej w kontakcie z ziemią roślinną niż ze żwirem lub płytkami betonowymi [6]. Istnieje również obawa utraty spójności przez materiał izolacji i przechodzenia korzeni roślin przez izolację, a w konsekwencji przebijania pokrycia dachowego.

Z tych względów na stropodachy odwrócone, a w szczególności na dachy zielone, stosuje się tylko określony asortyment wyrobów i z reguły producenci polecają te wyroby tylko na te cele; również dokumenty aplikacyjne jednoznacznie podają taki zakres stosowania. Należy przypuszczać, że wyrób nadający się na stropodachy odwrócone jest po prostu za drogi na mniej eksponowane zastosowania.

Niezależnie od wymagań stawianych materiałom izolacji cieplnej stosuje się odpowiednie rozwiązania detali stropodachu [7] oraz stawia się ostre wymagania płaskości podkładu, aby nie powstawały kałuże wody pod izolacją cieplną.

2. Poprawka z uwagi na odwrócony układ warstw w dachu w obliczeniach współczynnika przenikania ciepła

Według PN-EN ISO 6946:2004 [8] skorygowany współczynnik przenikania ciepła U_c uzyskuje się, dodając do współczynnika przenikania ciepła U człon korekcyjny ΔU , zgodnie ze wzorem

$$U_c = U + \Delta U \quad (1)$$

Człon korekcyjny ΔU jest określony wzorem

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r \quad (2)$$

w którym: ΔU_g – poprawka z uwagi na nieszczelności w warstwie izolacji, którą w tym artykule się nie zajmujemy,

ΔU_f – poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne (dotyczy murów szczelinowych),

ΔU_r – poprawka z uwagi na wpływ opadów przeznaczona dla dachu o odwróconym układzie warstw.

Poprawkę z uwagi na wpływ opadów oblicza się ze wzoru

$$\Delta U_r = p f x \left(\frac{R_i}{R_t} \right)^2 \quad (3)$$

w którym: p – przeciętny dzienny opad, mm/d, w sezonie ogrzewczym, ustalony stosownie do lokalizacji,

f – czynnik drenażu, dający część p docierającą do izolacji przeciwwilgociowej,

x – czynnik zwiększonej straty ciepła, (W·d)/(m²·K·mm), spowodowanej przez przepływ wody po izolacji przeciwwilgociowej,

R_i – opór cieplny warstwy izolacji ponad izolacją przeciwwilgociową,

R_t – całkowity opór cieplny stropodachu.

Wartość iloczynu $f x$ w przypadku izolacji jednowarstwowej przykrytej żwirem przyjmuje się równą 0,04, zgodnie z normą.

Przyjmując na podstawie danych IMGW [9] średnio w sezonie ogrzewczym opad 1,2 mm/d w znacznej części Polski, możemy szacować wartość poprawki ΔU_r na około 0,05 W/(m²·K).

Jeśli więc wymagana w przepisach wartość współczynnika przenikania ciepła stropodachu jest równa 0,30 W/(m²·K), to stosując odwrócony układ warstw należy zaprojektować stropodach z uwagi na wymagany współczynnik przenikania ciepła równy 0,25 W/(m²·K).

Niezależnie od powyższego, w obliczeniach współczynnika przenikania ciepła stropodachu odwróconego należy przyjąć odpowiednią obliczeniową przewodność cieplną materiału izolacji, biorąc pod uwagę spodziewaną wilgotność materiału na podstawie doświadczenia; przypomina się, że materiał może mieć kilka wartości obliczeniowych przewodności cieplnej w zależności od warunków eksploatacji.

Stąd duże znaczenie ma prawidłowa ocena spodziewanego stanu wilgotnościowego izolacji cieplnej stropodachu odwróconego.

3. Doświadczenia ITB z różnymi materiałami w stropodachach odwróconych

W 1974 r. w ramach tematu FC-33 [10] na dachu budynku F na terenie ITB przy ul. Ksawerów w Warszawie, na powierzchni 65 m² ułożono 3 poletka doświadczalne stropodachu

odwróconego z izolacją cieplną, odpowiednio: z płyt z wełny mineralnej, styropianu z granulki (EPS) o gęstości około 15 kg/m^3 i z ekstrudowanej pianki polistyrenowej ROOFMATE o gęstości około 35 kg/m^3 .

W okresie od lipca 1974 do czerwca 1976 r. prowadzono badania:

- gęstości strumienia ciepłego przenikającego przez stropodach,
- temperatury w różnych warstwach dachu,
- wilgotności materiałów.

Niezależnie wykonywano badania laboratoryjne materiałów w zakresie ich:

- gęstości,
- nasiąkliwości,
- podciągania kapilarnego wody,
- przewodności cieplnej,
- paroprzepuszczalności,
- sorpcji wilgoci,
- naprężeń ściskających przy 10-procentowym odkształceniu,
- wytrzymałości na zginanie,
- starzenia przy oddziaływaniu umownych cykli temperaturowych i wilgotnościowych.

W badaniach stwierdzono między innymi:

- wzrost strumienia ciepłego przez stropodachy odwrócone w wyniku przecieków wody opadowej,
- dobrą ochronę pokrycia dachowego stropodachu odwróconego przed nagrzewaniem,
- zróżnicowany wzrost wilgotności objętościowej materiałów po cyklach starzeniowych (XPS o 1%, EPS o 57%, płyt z wełny mineralnej o do 90%),
- spadek wytrzymałości EPS i XPS po cyklach starzeniowych o do 23%.

Na podstawie tych badań sformułowano wnioski o możliwości stosowania w stropodachach odwróconych tak ekstrudowanej pianki polistyrenowej (XPS), jak i styropianu z granulki (EPS), stawiając przy tym warunek – nie wynikający bezpośrednio z przeprowadzonych badań – gęstości EPS co najmniej 30 kg/m^3 .

Dalsze obserwacje, niestety nie zapisane (temat się skończył), nie prowadziły już do tak optymistycznych wniosków, jeśli chodzi o stosowanie styropianu EPS w stropodachach odwróconych; w następnych latach stwierdzono postępujący przyrost zawartości wilgoci w próbkach pobieranych sporadycznie z płyt styropianowych EPS.

Na odcinkach stropodachu odwróconego z płyt z wełny mineralnej i ze styropianu EPS stwierdzono też rośnięcie trawy i drzew samosiejek, przy czym korzenie roślin wrastały w izolację, a nawet przebijały pokrycie, co prowadziło do przecieków. Z tego względu w 1995 r. zdecydowano o rozbiórce doświadczalnego stropodachu odwróconego i zastąpieniu go klasycznym układem izolacji. Przy rozbiórce stwierdzono, że płyty ROOFMATE nie wykazywały żadnych zmian wyglądu zewnętrznego, płyty ze styropianu EPS natomiast odznaczały się brakiem spójności i wyodrębniały się w nich poszczególne granulki.

Podczas wspomnianych badań nie zastanawiano się bliżej nad mechanizmem zawilgacania płyt styropianu EPS w stropodachach odwróconych. Wrócono do tej sprawy dopiero w 2004 r. po wyposażeniu Zakładu Fizyki Ciepłej w aparaturę do badań

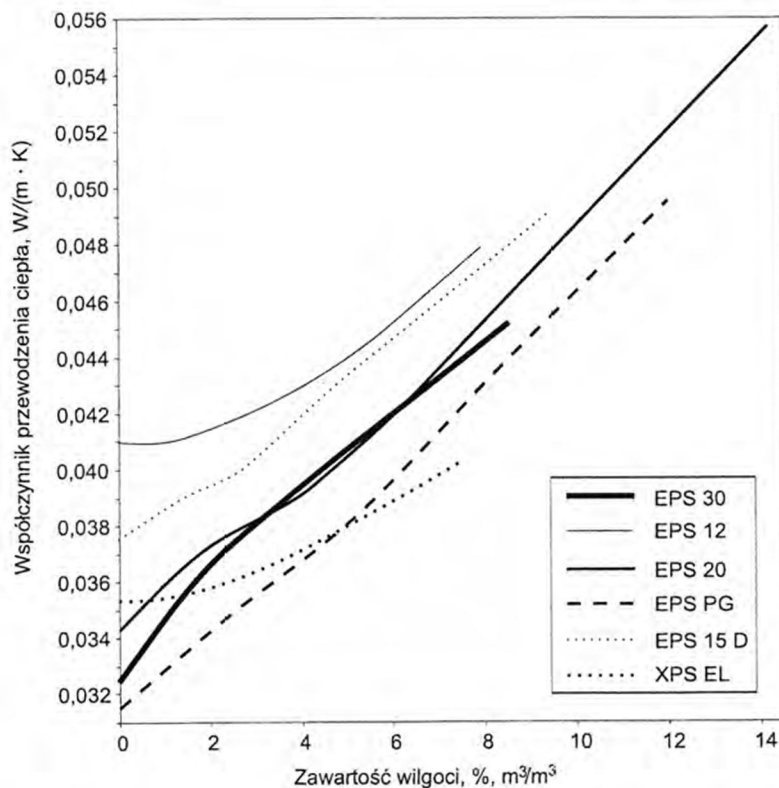
absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji pary wodnej. W ramach pracy NF-39 [11] przeprowadzono wrywkowe badania wilgotności i przewodności cieplnej płyt EPS i XPS przy długotrwałym zanurzeniu i przy długotrwałej dyfuzji.

W badaniach nasiąkliwości płyt EPS przy całkowitym długotrwałym zanurzeniu uzyskiwano wilgotność poniżej 4% objętościowo.

W badaniach absorpcji wody natomiast – jak widać na rysunku 5 – przez długotrwałą dyfuzję styropian EPS osiągał wilgotność objętościową od 10% do 14% zależnie od gęstości. Odpowiednio, przewodność cieplna zawilgoconego styropianu wzrastała w przybliżeniu nawet półtorakrotnie w porównaniu do stanu suchego.

Obserwowano przy tym silną zależność osiąganą wilgotności od grubości próbek. Świadczy to o potrzebie badania próbek o grubości odpowiadającej projektowanej izolacji; powinno być to także uwzględnione przy ustalaniu wartości obliczeniowej przewodności cieplnej.

Badana równolegle ekstrudowana pianka polistyrenowa uzyskała w wyniku absorpcji wody przez długotrwałą dyfuzję wilgotność objętościową 7%, a jej przewodność cieplna wzrosła w przybliżeniu o 20% w porównaniu do stanu suchego.



Rys 5. Absorpcja wody przez długotrwałą dyfuzję i przewodność cieplną badanych styropianów
Fig. 5. Long term water absorption by diffusion and thermal conductivity of tested polystyrene boards

Na podstawie posiadanego doświadczenia oraz w konsultacji z producentami styropianu EPS i polistyrenu XPS przygotowano program badań porównawczych EPS i XPS pod kątem ich stosowania w stropodachach odwróconych. Wynikła stąd konieczność zakupu automatycznego stanowiska do badań zamrażania-odmrażania.

W przeprowadzonych w 1. kwartale 2006 r. wstępnych badaniach zamrażania-odmrażania – po zakupie stosownego urządzenia – stwierdzono znaczny przyrost wilgotności próbek EPS (początkowo suchych); wilgotność objętościowa dochodziła do 20%, a przewodność cieplna wzrastała w przybliżeniu dwukrotnie w stosunku do stanu suchego; badania te wymagają kontynuacji.

4. Stosowanie styropianu EPS i ekstrudowanej pianki polistyrenowej XPS według różnych norm

Normy przedmiotowe PN-EN 13163:2004 *Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie. Specyfikacja* i PN-EN 13164:2003 *Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby z polistyrenu ekstrudowanego (XPS) produkowane fabrycznie. Specyfikacja* nie określają wymaganych klas czy poziomów właściwości, jakie mają być osiągnięte przez wyrób w celu przedstawienia przydatności do określonego stosowania. Według rozdziałów 1. obu tych norm klasy i poziomy wymagane dla podanego zastosowania powinny być uwzględnione w przepisach krajowych lub normach krajowych niesprzecznych z tymi normami.

W większości krajów powstały – z odpowiednim wyprzedzeniem w stosunku do przyjęcia grupy norm od EN 13162 do EN 13171 – normy krajowe dotyczące stosowania określonych wyrobów izolacji cieplnej.

W Austrii powstała ÖNORM B 6000 odnosząca się do stosowania 10 wyrobów izolacji cieplnej ujętych normami od EN-13162 do EN-13171. Zgodnie z tabelą 1 „Podstawowe obszary stosowania wyrobów do izolacji cieplnej” w stropodachach odwróconych przewiduje się jedynie stosowanie polistyrenu ekstrudowanego.

W Finlandii w informacji wydanej przez fińskie stowarzyszenie producentów styropianu nie przewiduje się stosowania styropianu EPS w stropodachach odwróconych, przewiduje się natomiast jego zastosowanie w izolacjach stykających się z gruntem, między innymi w celu zapobiegania przemarzaniu podłoża gruntowego (EPS 200 do EPS 400), z dopuszczalnym przyrostem wilgotności przy długotrwałym całkowitym zanurzeniu poniżej 1%.

W Niemczech istnieje norma DIN V 4108-10:2004 *Anwendungs-bezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe*, odnosząca się do stosowania 10 wyrobów izolacji cieplnej ujętych normami od EN-13162 do EN-13171. W dokumencie tym nie przewiduje się stosowania w stropodachach odwróconych styropianu EPS, a zaleca się jedynie ekstrudowaną piankę polistyrenową XPS.

Niezależnie od tego istnieje w Niemczech norma DIN 4108-2 *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Mindestanforderungen an der Wärmeschutz*, zgodnie z punktem 5.3.3 której przy obliczaniu oporu cieplnego przegród uwzględnia się tylko warstwy znajdujące się po wewnętrznej stronie izolacji przeciwwilgociowej. Wyjątek stanowią stropodachy odwrócone z izolacją z XPS, a w przypadku izolacji ścian piwnic i izolacji obwodowej płyty XPS oraz szkło piankowe pokryte masami bitumicznymi.

W węgierskiej normie MSZ 7573 na zastosowanie płyt styropianowych EPS w budynkach stosowanie tych płyt w stropodachach odwróconych nie jest przewidziane.

W Polsce w ustanowionej w 2004 r. PN-B-20132 *Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie. Zastosowania również nie ujęto zastosowania styropianu w stropodachach odwróconych i w izolacjach poniżej poziomu terenu; odpowiednie regulacje zostawia się aprobatom technicznym.*

Projekt ETAG na stropodachy odwrócone [12] dopuszcza możliwość stosowania obu rodzajów płyt: EPS i XPS, jednak zastosowanie styropianu EPS jest ograniczone tylko do stropodachów, po których przewiduje się co najwyżej ruch pieszy (a więc nie do dachów „zielonych” i parkingów na dachach). Ponadto stawiane są odmienne wymagania dla EPS i XPS w stropodachach odwróconych. I tak absorpcja wody przy długotrwałej dyfuzji, tzn. maksymalna dopuszczalna ilość wody zaabsorbowanej podczas długotrwałej (28 dobowej) dyfuzji pary wodnej przez wyrób, wyrażona w procentach objętości, została podana w tablicy 1 w zależności od rodzaju materiału izolacji cieplnej i grubości wyrobu.

Tablica 1. Maksymalna absorpcja wody przez długotrwałą dyfuzję
Table 1. Maximum long term water absorption by diffusion

Rodzaj izolacji	Maksymalna absorpcja, %, m ³ /m ³ , przy grubości			
	< 50 mm	50 mm	100 mm	200 mm
EPS	5,0	5,0	3,0	3,0
XPS	5,0	3,0	1,5	0,5

Odporność na zamrażanie-odmrażanie charakteryzowana jest przy zastosowaniu dwóch parametrów:

- absorpcji wody podczas trwania 300 cykli,
- redukcji wartości naprężenia ściskającego w wyniku przeprowadzenia 300 cykli.

Wymagania są następujące:

- absorpcja wody, w procentach objętości:
 - EPS grubość < 100 mm ≤ 8%,
 - grubość ≥ 100 mm ≤ 5%,
 - XPS ≤ 1%.

Redukcja naprężenia ściskającego nie powinna przekraczać 10% wartości początkowej w odniesieniu do obu rodzajów wyrobów.

5. Stosowanie styropianu EPS w stropodachach odwróconych według aprobat technicznych ITB

W Instytucie Techniki Budowlanej nie opracowano Zaleceń Udzielenia Aprobata Technicznych (ZUAT) na izolacje cieplne stropodachów odwróconych. Wynikło to z przyjętej w pewnym momencie doktryny o niemożności udzielania aprobat technicznych na wyroby objęte normami, przy czym prawdopodobnie nie dokonano wówczas rozróżnienia między normami specyfikacyjnymi i aplikacyjnymi.

Mimo to w latach 1999–2005 wydano kilka aprobat technicznych na płyty EPS z przewidywanym zastosowaniem, między innymi na izolacje cieplne stropodachów odwróconych. Układ tych aprobat scharakteryzowano w tablicy 2.

Tablica 2. Aprobaty techniczne ITB na izolacje cieplne stropodachów odwróconych
Table 2. Technical Approvals of ITB for thermal insulation of inverted roofs

Numer kolejny aprobaty i rok wydania	Zakres stosowania wyrobu	Zestaw istotnych właściwości fizyko-mechanicznych ujętych w aprobacie
1	2	3
I 1999	<ul style="list-style-type: none"> dachy płaskie o odwróconym układzie warstw ściany piwnic podłogi na gruncie, itp. 	<ul style="list-style-type: none"> gęstość pozorna długotrwała nasiąkliwość wodą przy całkowitym zanurzeniu naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu
II 2001	<ul style="list-style-type: none"> dachy płaskie o odwróconym układzie warstw dachy „zielone” parkingi dachowe tarasy podłogi ściany piwnic 	<ul style="list-style-type: none"> gęstość pozorna długotrwała nasiąkliwość wodą: <ul style="list-style-type: none"> – przy całkowitym zanurzeniu – przy częściowym zanurzeniu naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu
III 2002	<ul style="list-style-type: none"> dachy płaskie o odwróconym układzie warstw podłogi i ściany w pomieszczeniach o podwyższonej wilgotności fundamenty i cokoły 	<ul style="list-style-type: none"> gęstość pozorna długotrwała nasiąkliwość wodą przy całkowitym zanurzeniu naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu
IV 2002	<ul style="list-style-type: none"> dachy i stropodachy, w tym o odwróconym układzie warstw fundamenty i cokoły ściany piwnic podłogi stropy 	<ul style="list-style-type: none"> gęstość pozorna długotrwała nasiąkliwość wodą: <ul style="list-style-type: none"> – przy całkowitym zanurzeniu – przy częściowym zanurzeniu naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu
V 2002	<ul style="list-style-type: none"> dachy płaskie i dachy o odwróconym układzie warstw, w tym dachy „zielone” ściany zewnętrzne i wewnętrzne podłogi i ściany w pomieszczeniach o podwyższonej wilgotności fundamenty i cokoły ściany piwnic i podłóg na gruncie tarasy i parkingi dachowe 	<ul style="list-style-type: none"> gęstość pozorna długotrwała nasiąkliwość wodą: <ul style="list-style-type: none"> – przy całkowitym zanurzeniu – przy częściowym zanurzeniu naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu
VI 2004	<ul style="list-style-type: none"> podziemne części budynków, fundamenty i podłogi na gruncie dachy płaskie oraz o odwróconym układzie warstw, w tym dachy „zielone” podłogi, ściany i stropy, w tym w pomieszczeniach o podwyższonej wilgotności 	<ul style="list-style-type: none"> gęstość pozorna długotrwała nasiąkliwość wodą: <ul style="list-style-type: none"> – przy całkowitym zanurzeniu – przy częściowym zanurzeniu naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu odporność na zamrażanie-odmrażanie z uwagi na zmianę naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu

Jak widać z kolumny 2, w żadnej aprobacie technicznej nie wyróżnia się wyrobu tylko do stosowania w stropodachach odwróconych; podawany jest szeroki zakres stosowania, przy czym w poszczególnych zastosowaniach bardzo zróżnicowana jest ekspozycja na działanie wilgoci. Przykładowo, w podłogach i ścianach pomieszczeń o podwyższonej wilgotności może wzrosnąć sorpcja wilgoci, która dla każdego styropianu jest poniżej 0,1%, w izolacji podziemnych części budynków mechanizm zawilgacania odpowiada nasiąkliwości przy całkowitym zanurzeniu, a w stropodachach odwróconych mechanizm zawilgacania odpowiada absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji. Ma się wrażenie, że zakres stosowania został wzięty dosłownie z wniosków o wydanie AT, bez głębszej analizy.

Zestaw właściwości fizyko mechanicznych ujętych w aprobatach (patrz kolumna 3) ulegał w ciągu 6 lat ich udzielania pewnej ewolucji, generalnie jednak uwzględniają one mechanizm zawilgacania tylko przez kontakt z wodą (stąd badanie nasiąkliwości), nie uwzględniają natomiast absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji.

Również sposób podawania obliczeniowej przewodności cieplnej w rozpatrywanych aprobatach (patrz tablica 3) ulegał ewolucji; w 1999 r. obliczeniowa przewodność cieplna nie uwzględniała wilgotności materiału, w czterech następnych aprobatach zapis jest poprawny, jak dla izolacji podziemnych części budynku, ale nie jak dla stropodachów odwróconych, a zapis z ostatniej aprobaty jest formalnie poprawny, ale jej użytkownikowi nic nie daje!

Tablica 3. Obliczeniowa przewodność cieplna w rozpatrywanych aprobatach

Table 3. Design thermal conductivity in considered Technical Approvals

Numer kolejny aprobaty i rok wydania	Obliczeniowa przewodność cieplna w rozpatrywanych aprobatach
I 1999	jako wartość obliczeniową λ należy przyjmować 0,035 W/(m·K)
II 2001	wartości obliczeniowe λ należy przyjmować w zależności od przewidywanego zastosowania płyt: <ul style="list-style-type: none"> • przy braku kontaktu z wodą – 0,034 W/(m·K) • przy możliwym długotrwałym kontakcie z wodą – 0,039 W/(m·K)
III 2002	wartości obliczeniowe λ należy przyjmować w zależności od przewidywanego zastosowania płyt: <ul style="list-style-type: none"> • przy braku kontaktu z wodą – 0,034 W/(m·K) • przy możliwym długotrwałym kontakcie z wodą – 0,039 W/(m·K)
IV 2002	wartości obliczeniowe λ należy przyjmować w zależności od przewidywanego zastosowania płyt: <ul style="list-style-type: none"> • przy braku kontaktu z wodą – 0,034 W/(m·K) • przy możliwym długotrwałym kontakcie z wodą – 0,039 W/(m·K)
V 2002	wartości obliczeniowe λ należy przyjmować w zależności od przewidywanego zastosowania płyt: <ul style="list-style-type: none"> • przy braku kontaktu z wodą – 0,033 W/(m·K) • przy możliwym długotrwałym kontakcie z wodą – 0,039 W/(m·K)
VI 2004	wartości obliczeniowe λ należy określać wg PN-EN ISO 10456:2004, uwzględniając przewidywaną wilgotność płyt w zależności od ich zastosowania (brak kontaktu lub długotrwały kontakt z wodą)

6. Podsumowanie

Po kilku latach prac nad przygotowaniem ETAG na zestaw wyrobów do izolacji cieplnej dachów odwróconych jest gotowy (prawdopodobnie) ostatni projekt. Przewiduje się w nim (z wyłączeniem dachów „zielonych”, w których nie przewiduje się stosowania EPS) stosowanie tak ekstrudowanej pianki polistyrenowej, jak i styropianu.

Obu rodzajom izolacji stawia się ostre wymagania w zakresie maksymalnej absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji i odporności na zamrażanie-odmrażanie (po badaniu absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji), przy czym oprócz redukcji wartości naprężenia ściskającego ogranicza się również dopuszczalny przyrost wilgoci (a więc pośrednio powoduje pogorszenie izolacyjności cieplnej). Takie zaostrzenie wymagań zaowocuje w przyszłości poprawą jakości obiektów. Powstaje jednak problem, co zrobić z budynkami, w których w stropodachy odwrócone wbudowano wyroby nie spełniające wymagań ETAG.

Teoretycznie można się liczyć ze stopniowym wzrostem wilgotności styropianu EPS i pogarszaniem właściwości cieplnych stropodachów. Nie wiadomo przy tym, jak szybko będzie postępować proces zawilgacania i do jakiego poziomu wilgotności dojdzie. Szczęśliwie warunki badań laboratoryjnych są dosyć ostre i w rzeczywistości proces degradacji będzie prawdopodobnie przebiegał wolniej niż w badaniach.

ITB wydał kilka aprobat technicznych przewidujących stosowanie styropianu EPS między innymi na stropodachy odwrócone. Kryterium do udzielenia tych aprobat były wyniki badań długotrwałej nasiąkliwości wodą, a więc cechy miarodajnej przy styku materiału z wodą, na przykład w izolacji podziemnych części budowli, a nie przy stosowaniu materiału w stropodachach odwróconych.

Wydaje się celowe podjęcie – w ramach prac badawczych statutowych ITB – monitoringu obiektów ze stropodachami odwróconymi z EPS, połączonego z nieniszczącym badaniem oporu cieplnego stropodachów odwróconych.

Bibliografia

- [1] Inverted Flat Roof Insulation. Strona internetowa firmy Collecta Ltd.
- [2] Holmgren J., Isaksen T.: Ventilated and unventilated flat, compact roofs. Norges Byggeforskningsinstitut, Rapport Nr 27, Universitets-forlagtes Trykningsssentral, Oslo 1959
- [3] Jenisch R., Schüle W.: Untersuchungen über Feuchtigkeitsverhältnisse in Flachdächern. *Gesundheits Ingenieur*, 5, 1962
- [4] Płoński W.: Badania warunków cieplnych i wilgotnościowych w stropodachach o różnej konstrukcji. ITB, Warszawa 1970
- [5] Merkel H.: Inverted roofs with reduced heat losses due to a water-repellent separating layer, www.resourcecentraerashrae.org.
- [6] Künzel H. M., Kießl K.: Moisture behaviour of protected membrane roofs with greenery. CIB W40 Proceedings Kyoto 1997
- [7] Dokument d'Application 5/03-1718 Styrodur 3035 CS, CSTB
- [8] PN-EN ISO 6946:2004 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania
- [9] Atlas klimatu Polski. IMiGW, Warszawa 2005

- [10] Owczarek Z.: Badania i ocena nowego rodzaju stropodachu. *Prace Instytutu Techniki Budowlanej – Kwartalnik*, 4 (20), 1976
- [11] Bobociński A.: Obliczeniowa przewodność cieplna na potrzeby symulacji komputerowej stanów termicznych budynków; praca badawcza 13 V 2006NF-39/2005, maszyn., biblioteka ITB
- [12] Draft ETAG Inverted Roof Insulation Kits, EOTA, 13th August 2006

THERMAL INSULATION PRODUCTS FOR INVERTED ROOFS

Summary

After several years of tasks on preparation of ETAG on kits of products for thermal insulation of inverted roofs the Final (probably) Draft is ready. With an exception of green roofs (where use of EPS is not foreseen) both EPS and XPS boards can be used for thermal insulation of inverted roofs.

For both kinds of boards very high requirements concerning maximum long term water absorption by diffusion and freeze-thaw (after long term water absorption by diffusion) have been formulated; besides of reduction of compression stress there is limitation also for an allowable increase of water content (indirectly also deterioration of thermal resistance).

Such sharpening of requirements will result in future as improvement in quality of buildings. The problem arises, however, what to do with buildings, having inverted roofs with insulating products not fulfilling ETAG criteria. Theoretically one can expect consecutive increase of moisture content in EPS boards and deterioration of thermal properties of inverted roofs. Nobody knows, how quickly will advance the process of wetting and what level of moisture content will be achieved. Luckily, the conditions of laboratory tests are relatively severe and probably real process of degradation will proceed more slowly, than in tests.

ITB has issued several Technical Approvals for EPS boards intended for use in inverted roofs. The criterion established were results of tests of long term water absorption by immersion, relevant for contact of product with water, for instance in subterrain parts of buildings, not in inverted roofs.

It seems purposeful to undertake, within the statute research tasks of ITB, the monitoring of buildings with inverted roofs with EPS boards, combined with non-destructive tests of thermal resistance of inverted roofs.

Praca wpłynęła do Redakcji 13 V 2006