Review paper (Artykuł przeglądowy)

mgr inż. Gabriel Urbański[1)*)]
ORCID: 0009-0000-7779-744X)
mgr inż. Jakub Jędrzejczak[1)]
ORCID: 0009-0001-3410-5295
dr inż. Bartosz Michałowski[2)]
ORCID: 0000-0002-3955-2924
dr inż. Marcin Kulesza[2)]
ORCID: 0009-0000-1055-5841)
dr inż. Piotr Konca[3)]
ORCID: 0000-0002-5415-5169
prof. dr hab. inż. Marcin Koniorczyk[3)]
ORCID: 0000-0002-6887-4324

External Thermal Insulation Composite Systems: development, requirements and durability in the context of moisture impact

Złożone systemy izolacji cieplnej budynków: rozwój, wymagania oraz trwałość w kontekście oddziaływania wilgoci

DOI: 10.15199/33.2026.10.19

Abstract. External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) are among the fundamental solutions for improving the energy efficiency of buildings in the European Union (EU). The article presents their structure, properties, and current requirements resulting from EU Regulations. Particular attention is given to the impact of moisture on the durability of systems using expanded polystyrene (EPS) and mineral wool (MW). The mechanisms of degradation and methods for assessing hygrothermal performance are discussed.

Keywords: ETICS, thermal insulation, moisture transport, durability.

Streszczenie. Złożone systemy izolacji cieplnej budynków (ETICS, *ang.* External Thermal Insulation Composite Systems) są jednymi z podstawowych rozwiązań poprawy efektywności energetycznej budynków w Unii Europejskiej (UE). W artykule przedstawiono ich budowę, właściwości oraz aktualne wymagania wynikające z regulacji UE. Szczególną uwagę poświęcono wpływowi wilgoci na trwałość tych systemów ETICS, w których zastosowano ekspandowany polistyren (EPS) i wełnę mineralną (MW). Omówiono mechanizmy degradacji oraz metody oceny właściwości cieplno-wilgotnościowych.
Słowa kluczowe: ETICS, izolacja cieplna, transport wilgoci, trwałość.

ETICS and EU energy transition

The EU construction sector is responsible for 40% of final energy consumption and 36% of energy-related greenhouse gas emissions in the EU member states [1–4]. EU sustainable development policy focuses on achieving climate neutrality, which is not possible without effective energy retrofitting of existing buildings. Directive (EU) 2018/844, concerning the energy performance and energy efficiency of buildings, constitutes one of the key instruments for achieving climate neutrality by 2050 in accordance with the objectives of the European Green Deal. In 2024, Directive (EU) 2018/844 was replaced by Directive (EU) 2024/1275, adopted by the European Parliament and the Council of the EU as part of the revision of the provisions concerning the energy performance of buildings [4, 5]. The new regulations introduce the requirement to construct zero-emission buildings from 2028 in the case of the public sector and from 2030 in the case of other buildings. The changes concern both the operational efficiency of buildings and the reduction of the embodied carbon footprint through the requirement to perform life cycle assessment (LCA) [4, 5]. In light of these regulations, the

[1)] Politechnika Łódzka, Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska
[2)] Centrum Badawczo-Rozwojowe Atlas Sp. z o.o.
[3)] Politechnika Łódzka, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
[*)] Adress for correspondence: gabriel.sobczak@dokt.p.lodz.pl

ETICS a transformacja energetyczna UE

Sektor budownictwa UE odpowiada za 40% zużycia energii końcowej oraz 36% emisji gazów cieplarnianych związanych z energią na terenie państw członkowskich [1–4]. Polityka zrównoważonego rozwoju UE koncentruje się na osiągnięciu neutralności klimatycznej, co nie jest możliwe bez efektywnej modernizacji energetycznej istniejących budynków. Dyrektywa UE 2018/844, dotycząca charakterystyki energetycznej i efektywności energetycznej budynków, stanowi jedno z kluczowych narzędzi osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 r. zgodnie z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu. W 2024 r. dyrektywa UE 2018/844 została zastąpiona dyrektywą UE 2024/1275 przyjętą przez Parlament Europejski i Radę UE w ramach rewizji przepisów dotyczących charakterystyki energetycznej budynków [4, 5]. Nowe regulacje wprowadzają obowiązek wznoszenia budynków bezemisyjnych od 2028 r. w przypadku sektora publicznego oraz od 2030 r. w przypadku pozostałych obiektów budowlanych. Zmiany dotyczą zarówno efektywności operacyjnej budynków, jak i ograniczenia wbudowanego śladu węglowego przez obowiązek wykonywania oceny cyklu życia (LCA) [4, 5]. W świetle tych regulacji projektowanie systemów poprawiających bilans energetyczny budynków oraz właściwy dobór rozwiązań materiałowych stają się szczególnie istotne.

design of systems improving the energy balance of buildings and the appropriate selection of material solutions become particularly important.

At the end of 2024, Regulation (EU) 2024/3110, referred to as the *new Construction Products Regulation (CPR)* or CPR-2024, was published, establishing new rules for placing construction products on the EU market. These regulations specify requirements for construction products, and both CPR regulations will apply simultaneously until 2040 [4, 5]. The main change is that, under the new CPR, European Technical Assessments (ETAs) are excluded from the harmonised area, and European Assessment Documents (EADs) do not constitute harmonised technical specifications. ETAs issued based on Guidelines for European Technical Approval (ETAGs) expired on 8 January 2026, whereas EADs and ETAs have a validity period of 5 years, and the last ETAs issued based on EADs developed under the old CPR will expire in 2036. EADs remain voluntary reference documents for innovative products whose intended uses have not been foreseen or are not fully covered by harmonised standards.

On 25 November 2025, EAD 040083–01–0404 was published and became the only reference document for ETICS manufacturers within the EU system [1–5]. One of the most important changes was the extension of the intended working life of ETICS using EPS and mineral wool from 25 to 50 years. For other insulation materials, the service life remained at 25 years. The assessment methods were also changed, including those for bond strength to the thermal insulation product and its tensile or shear strength. In addition, a new classification of impact resistance was defined. The methods for identifying the type of failure within the material and the method for rounding the test results obtained are also changing.

System characteristics

ETICS consists of factory-made insulation products bonded or mechanically fixed to a wall, which, together with the outer layer, forms a complete insulation system. The most commonly used insulation materials in the form of factory-made boards are expanded polystyrene (EPS) and mineral wool (MW) [4÷6]. The differences between these thermal insulation materials, based on technical data from selected manufacturers, are presented in the table.

The ranges of values presented for the individual materials are based

Pod koniec 2024 r. opublikowano rozporządzenie UE 2024/3110, określane jako *nowy Construction Product Regulation (CPR)* lub CPR-2024, ustanawiające nowe zasady wprowadzania wyrobów budowlanych do obrotu w UE. Regulacje te określają wymagania dotyczące wyrobów budowlanych, a do 2040 r. będą jednocześnie obowiązywać oba rozporządzenia CPR [4, 5]. Główna zmiana polega na tym, że w nowym CPR europejskie oceny techniczne (ETA) są wyjęte ze strefy zharmonizowanej, a europejskie dokumenty oceny (EAD) nie stanowią zharmonizowanej specyfikacji technicznej. ETA wydane na podstawie wytycznych do europejskich aprobat technicznych (ETAG) utraciły ważność 8 stycznia 2026 r., natomiast EAD oraz ETA mają okres ważności 5 lat, a ostatnie ETA wydane na podstawie dokumentów EAD, opracowanych na podstawie starego CPR tracą ważność w 2036 r. EAD pozostają dobrowolnym dokumentem odniesienia w przypadku wyrobów innowacyjnych, których zastosowania nie przewidziano lub nie objęto w pełni normami zharmonizowanymi.

25 listopada 2025 r. opublikowano EAD 040083-01-0404, który stał się jedynym dokumentem odniesienia w przypadku producentów ETICS w systemie unijnym [1÷5]. Jedną z najważniejszych zmian było wydłużenie projektowanej żywotności ETICS z zastosowaniem EPS oraz wełny mineralnej z 25 do 50 lat. W przypadku pozostałych materiałów izolacyjnych okres użytkowania pozostawiono na poziomie 25 lat. Zmianom uległy również metody oceny m.in. przyczepności do materiału termoizolacyjnego oraz jego wytrzymałości na rozciąganie lub ścinanie. Ponadto zdefiniowana została nowa klasyfikacja odporności na uderzenia. Zmianie ulegają sposoby oznaczenia zerwania w materiale oraz metoda zaokrąglenia otrzymanych wyników badań.

Charakterystyka systemu

ETICS składa się z prefabrykowanych materiałów izolacyjnych przyklejonych lub zamocowanych mechanicznie do ściany, która wraz z warstwą wierzchnią stanowi kompletny system ociepleń. Najczęściej stosowanymi materiałami izolacyjnymi w postaci płyt prefabrykowanych są ekspandowany polistyren (EPS) i wełna mineralna (MW) [4÷6]. Różnicę pomiędzy tymi materiałami termoizolacyjnymi, na podstawie danych technicznych wybranych producentów, przedstawiono w tabeli.

Comparison of properties of insulation materials used in ETICS
Porównanie właściwości materiałów termoizolacyjnych stosowanych w ETICS

Property/Właściwość	EPS (expanded polystyrene)/ EPS (ekspandowany polistyren)	MW (mineral wool)/ MW (wełna mineralna)
Thermal conductivity λ [W/(m·K)]/ Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]	0.031 – 0.045	0.034 – 0.045
Reaction to fire (Euroclass)/ Reakcja na ogień (Euroklasa)	E	A1 – A2
Insulation board thickness [mm]/ Grubość płyty materiału izolacyjnego [mm]	10 -500	20 – 400
Tensile strength perpendicular to faces [kPa]/ Wytrzymałość na rozciąganie prostopadle do powierzchni czołowych [kPa]	80 -150	10 – 50
ETICS durability (according to EAD)/ Trwałość ETICS (wg EAD)	up to50 years/ do 50 lat	up to50 years/ do 50 lat
Susceptibility to biological corrosion/ Podatność na korozję biologiczną	low/mała	moderate–high/ umiarkowana–duża

on EN 13162, EN 13163, data from ETICS manufacturers, and data from insulation product manufacturers [9, 10]. They are indicative and may vary depending on the specific product and manufacturer.

The insulation product can be fixed to the wall using a cementitious adhesive mortar intended for EPS and MW, as well as other solutions specified in the ETICS documentation. The next stage of ETICS installation is the application of a reinforced base coat to the insulation product, consisting of adhesive mortar with embedded glass-fibre mesh, which may optionally be covered with a primer if recommended by the system manufacturer [1÷6]. The finishing layer may consist of various materials, such as mineral render, polymer render or decorative paint (Figure). ETICS installation should be conducted in accordance with the current technical conditions or the manufacturer's instructions [8]. From a functional perspective, ETICS provides several benefits, including reduced heating costs depending on the size of the building and its type of heating; appropriate circulation of heat and moisture between the exterior and interior of the building, resulting in increased thermal comfort in winter and summer; and protection against the direct effects of weather through appropriately selected ETICS finishing layers (thin-coat render or facade paint), which form a barrier against precipitation [11].

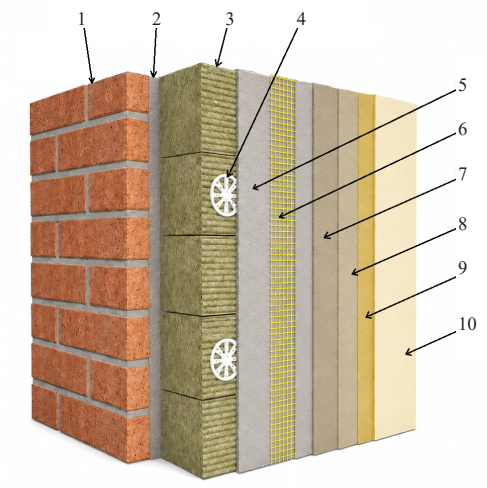


Figure labels/Oznaczenia:

1 – External wall/ ściana zewnętrzna
2 – Adhesive mortar/ zaprawa klejąca
3 – Insulation product/ materiał izolacyjny
4 – Mechanical fixings (*optional*)/ łączniki mechaniczne (*opcjonalnie*)
5 – Adhesive mortar/ zaprawa klejąca
6 – Glass-fibre mesh (reinforced layer)/ siatka z włókna szklanego (*warstwa zbrojąca)*
7 – Primer (*optional, depending on the type of render or reinforced layer*)/ materiał gruntujący (*opcjonalnie – zależy od rodzaju tynku lub warstwy zbrojącej*)
8 – Mineral or dispersion render layer/ warstwa tynku mineralnego lub dyspersyjnego
9 – Primer (*optional, depending on the type of paint*)/ materiał gruntujący *(opcjonalnie – zależy od rodzaju farby)*
10 – Facade paint/farba fasadowa

Scheme of ETICS [7]
Schemat systemu ETICS [7]

Przedstawione zakresy wartości poszczególnych materiałów wynikają z norm EN 13162, EN 13163, danych producentów ETICS oraz producentów materiałów izolacyjnych [9, 10]. Mają one charakter orientacyjny i mogą się różnić w zależności od konkretnego wyrobu i producenta.

Mocowanie materiału izolacyjnego do ściany może być wykonane za pomocą cementowej zaprawy klejącej przeznaczonej do EPS i MW oraz przy użyciu innych rozwiązań przewidzianych w dokumentacji ETICS. Kolejnym etapem układania systemu ociepleń ETICS jest położenie na materiale izolacyjnym warstwy zbrojonej składającej się z zaprawy klejącej oraz zatopionej w niej siatki z włókna szklanego, która opcjonalnie może zostać pokryta preparatem gruntującym, jeżeli tak zaleca producent systemu [1÷6]. Warstwę wykończeniową stanowić może wiele różnych materiałów, takich jak tynk mineralny, tynk polimerowy, farba dekoracyjna (rysunek). Montaż ETICS powinien odbywać się zgodnie z aktualnymi warunkami technicznymi lub instrukcjami producenta [8]. Z punktu widzenia użytkowego ETICS zapewnia wiele korzyści, m.in.: redukcję kosztów ogrzewania w zależności od wielkości oraz typu ogrzewania budynku; prawidłową cyrkulację ciepła oraz wilgotności między zewnętrzną a wewnętrzną przestrzenią budynku, czego wynikiem jest zwiększenie komfortu termicznego zimą oraz latem; ochrona przed bezpośrednim wpływem czynników atmosferycznych przez odpowiednio dobrane warstwy wykończeniowe ETICS (tynk cienkowarstwowy lub farba elewacyjna), które tworzą barierę przeciwko opadom atmosferycznym [11].

Wpływ wilgoci oraz innych czynników na trwałość ETICS

Większość instrukcji opracowywanych przez producentów ETICS nie definiuje początkowej zawartości wilgoci w murze lub ścianie przed montażem systemu ociepleń, wymagając jedynie, aby podłoże nie było zawilgocone. Etap ten bywa jednak pomijany ze względu na potrzebę przyspieszenia prac budowlanych [11]. Ma to istotne znaczenie szczególnie w przypadku układów z wykorzystaniem wełny mineralnej. Obecność wody w postaci pary wodnej lub kondensacja wilgoci na powierzchni prowadzi do wielu defektów ETICS, w tym zmian wizualnych elewacji, zacieków, mikropęknięć oraz porostu mikrobiologicznego. Wzrost zawartości wilgoci powoduje również zwiększenie przewodności cieplnej warstwy izolacyjnej i całego układu. Norvaisiene et al. analizowali hybrydowe systemy ETICS zawierające EPS oraz MW z różnymi rodzajami wypraw tynkarskich [12]. Stwierdzili, że odpowiednia warstwa wierzchnia w układach z tymi materiałami izolacyjnymi ma wpływ na trwałość i wydajność systemów ETICS. Nie wykazano jednak widocznych defektów, przy czym czas trwania cykli wynosił 9000 min wobec 28 800 min wymaganych przez EAD 01 [1÷12]. Sudoł et al. przebadali podobne układy ETICS, wskazując, że największe defekty w postaci pęknięć występują na granicy połączeń różnych materiałów izolacyjnych [14, 15]. Piekarczuk et al. oceniali trwałość podobnych układów z wykorzystaniem metod skanowania 3D

Effect of moisture and other factors on ETICS durability

Most instructions prepared by ETICS manufacturers do not define the initial moisture content of the masonry or wall before installation of the insulation system, requiring only that the substrate is not damp. However, this stage is sometimes omitted because of the need to accelerate construction work [11]. This is particularly important for systems using mineral wool. The presence of water in the form of water vapour or moisture condensation on the surface leads to many ETICS defects, including visual changes to the facade, water stains, microcracks and microbiological growth. Increased moisture content also increases the thermal conductivity of the insulation layer and the entire system. Norvaisiene et al. analysed hybrid ETICS containing EPS and MW with various types of renders [12]. They found that an appropriate outer layer in systems using these insulation materials affects ETICS durability and performance. However, no visible defects were found, although the cycles lasted 9000 min compared with the 28 800 min required by EAD 01 [1÷12]. Sudoł et al. studied similar ETICS, indicating that the most severe defects in the form of cracks occur at the interfaces between different insulation materials [14, 15]. Piekarczuk et al. assessed the durability of similar systems using 3D scanning methods [13]. The results indicate that deformations formed during the first series of cycles did not increase during the subsequent series, confirming the significant effect of system curing conditions and hygrothermal exposure on ETICS durability [13, 14].

The presence of moisture within ETICS, particularly systems with mineral wool, increases thermal conductivity and thereby reduces the insulating properties of the system. According to the EAD, a system may contain one thermal insulation material. The use of two types of insulation materials on a facade results from guidelines arising from regulations concerning fire separation. ETICS using different insulation materials may exhibit reduced durability under specific hygrothermal conditions. In such systems, moisture accumulates in the mineral wool layer, affecting its insulating properties [16]. Water and water vapour penetrating walls may damage the ETICS outer layer, including cracking, crumbling and exposure of the reinforced layer. The properties of thermal insulation materials have a key effect on ETICS durability, including tensile strength perpendicular to faces (TR), both under dry conditions and under wet conditions after cycling, which is not commonly declared for these products, as well as compressive stress at 10% deformation (CS (10)), which under certain hygrothermal conditions has a greater effect on MW than on EPS [17]. Other significant moisture-related defects include biological colonisation and efflorescence. Kvande et al. indicate that approximately 50% of ETICS defects in Portugal are associated with biological corrosion. In countries with cold climates, such as Norway and northern Sweden, biological corrosion is observed less frequently, whereas defects associated with cracking of the outer layer and rain driven by strong winds occur more frequently [18]. Initial moisture content is particularly important for systems using mineral wool. Taking into account the complexity of heat and moisture transport phenomena, numerical modelling methods enabling their quantitative analysis are increasingly used.

[13]. Uzyskane wyniki wskazują, że deformacje powstałe podczas pierwszej serii cykli nie ulegały pogłębieniu w kolejnej serii, co potwierdza istotny wpływ warunków dojrzewania układu oraz oddziaływań cieplno-wilgotnościowych na trwałość ETICS [13, 14].

Obecność wilgoci wewnątrz ETICS, szczególnie z wełną mineralną, prowadzi do zwiększenia przewodności cieplnej, a tym samym do pogorszenia właściwości izolacyjnych układu. Zgodnie z EAD system może zawierać jeden materiał termoizolacyjny. Stosowanie na fasadzie dwóch rodzajów materiałów izolacyjnych jest efektem wytycznych, wynikających z przepisów związanych z oddzieleniem przeciwpożarowym. Systemy ETICS wykorzystujące różne materiały izolacyjne mogą charakteryzować się zmniejszoną trwałością w specyficznych warunkach cieplno-wilgotnościowych. W takich układach dochodzi bowiem do kumulacji wilgoci w warstwie wełny mineralnej, co wpływa na jej właściwości izolacyjne [16]. Wnikająca do ścian woda i para wodna mogą powodować uszkodzenia warstwy wierzchniej ETICS, w tym pęknięcia, kruszenie oraz odsłanianie warstwy zbrojącej. Kluczowy wpływ na trwałość ETICS mają właściwości materiałów termoizolacyjnych, takie jak: wytrzymałość na rozciąganie prostopadle do powierzchni czołowych (TR), zarówno w warunkach suchych, jak i wilgotnych po cyklach, które nie są powszechnie deklarowane w przypadku tych wyrobów, a także naprężenie ściskające przy 10% odkształceniu (CS (10)), które w określonych warunkach cieplno-wilgotnościowych ma większe oddziaływanie na MW niż na EPS [17]. Do istotnych defektów związanych z obecnością wilgoci należą również kolonizacja biologiczna oraz wykwity. Kvande et al. wskazują, że ok. 50% defektów ETICS w Portugalii związanych jest z korozją biologiczną. W krajach o chłodnym klimacie, takich jak Norwegia czy północna Szwecja, rzadziej obserwuje się korozję biologiczną, natomiast częściej występują defekty związane z pękaniem warstwy wierzchniej oraz opadami atmosferycznymi napędzanymi silnym wiatrem [18]. Początkowa zawartość wilgoci ma szczególne znaczenie w przypadku systemów wykorzystujących wełnę mineralną. Ze względu na złożoność zjawisk transportu ciepła i wilgoci coraz częściej wykorzystuje się metody modelowania numerycznego umożliwiające ich ilościową analizę.

Modelowanie numeryczne jako narzędzie w ocenie ilości oraz wpływu wilgoci na ETICS

Zastosowanie modeli obliczeniowych znajduje szczególne uzasadnienie w kontekście coraz większych wymagań dotyczących trwałości wyrobów budowlanych. Modelowanie numeryczne wymaga przyjęcia wielu założeń upraszczających oraz precyzyjnego określenia właściwości materiałowych, geometrii modelu obliczeniowego, a także warunków brzegowych i początkowych [19, 20]. Metody te wykorzystują dane opisujące rzeczywiste zjawiska fizyczne, które mogą być obarczone niepewnością pomiarową, ale stanowią podstawę analizy transportu ciepła i wilgoci w przegro-

Numerical modelling as a tool for assessing the amount and effect of moisture on ETICS

The use of computational models is particularly justified in the context of increasing requirements for the durability of construction products. Numerical modelling requires the adoption of many simplifying assumptions and the precise definition of material properties, computational model geometry, and boundary and initial conditions [19, 20]. These methods use data describing real physical phenomena, which may be subject to measurement uncertainty but form the basis for analysing heat and moisture transport in building envelopes [20]. Talvik et al. conducted a study involving the analysis of moisture content in ETICS incorporating PCM materials using numerical modelling [19]. Measurements were carried out under field conditions using calibrated sensors, while a set of input data was developed that included historical temperature and humidity records for the area analysed. The initial volumetric moisture content in the system was 0.27 m^3/m^3. After two years of service, a decrease to 0.03 m^3/m^3 was recorded, whereas the result obtained from the numerical model for the same period was approximately 0.05 m^3/m^3. This discrepancy indicates that the actual drying process was faster than predicted by the model based on historical data [19]. The results confirm that hygrothermal processes are affected, among other factors, by precipitation, air temperature, solar radiation, wind speed and the variability of climatic conditions. Consequently, the accuracy of predictions obtained from numerical models is limited and depends on the quality of input data and the assumptions adopted.

In the context of current and planned changes in EU regulations, methods enabling the prediction of ETICS durability are becoming increasingly important. According to ISO 15686-1:2011, service life is defined as the period during which a building or its components meet the requirements concerning their function and performance. Estimating the service life of ETICS requires defining a limit criterion beyond which the outer layer no longer meets the adopted service requirements. Unlike empirical and statistical models, such as artificial neural networks, multiple linear regression or fuzzy logic, physical models of hygrothermal processes enable the description of coupled heat and mass transport, including the transport of moisture as water vapour (diffusion) and liquid water (capillary flow) in porous materials. The use of these models makes it possible to determine the temperature field and water content (relative humidity) in a building envelope. This group includes, among others, the Künzel model, HAM/HAMT models and the numerical tools WUFI and DELPHIN, used in analyses of building envelopes. For empirical and statistical models, Tavares et al. adopted a degradation severity index of 30% as the limit criterion [20]. The analyses showed that the mean predicted service life ranged from 21 to 22 years, depending on the model used and the number of input variables. Tavares et al. emphasise that the reliability of durability predictions can be increased by identifying factors affecting material degradation, analysing degradation mechanisms and appropriately planning maintenance dach budowlanych [20]. Talvik et al. przeprowadzili badania obejmujące analizę zawartości wilgoci w ETICS z dodatkiem materiałów PCM z wykorzystaniem modelowania numerycznego [19]. Pomiary realizowano w warunkach terenowych z wykorzystaniem skalibrowanych czujników, a jednocześnie opracowano zestaw danych wejściowych obejmujących historyczne przebiegi temperatury i wilgotności dotyczące analizowanego obszaru. Początkowa objętościowa zawartość wilgoci w układzie wynosiła 0,27 m^3/m^3. Po dwóch latach eksploatacji odnotowano spadek do poziomu 0,03 m^3/m^3, podczas gdy wynik uzyskany z modelu numerycznego dotyczący tego samego okresu wyniósł ok. 0,05 m^3/m^3. Rozbieżność ta wskazuje, że rzeczywista dynamika procesu wysychania była większa niż przewidywana na podstawie modelu bazującego na danych historycznych [19]. Wyniki potwierdzają, że na przebieg zjawisk cieplno-wilgotnościowych wpływają m.in. opady atmosferyczne, temperatura powietrza, promieniowanie słoneczne, prędkość wiatru oraz zmienność warunków klimatycznych. W konsekwencji dokładność prognoz uzyskiwanych z modeli numerycznych jest ograniczona i zależy od jakości danych wejściowych oraz przyjętych założeń.

W kontekście aktualnych oraz projektowanych zmian w regulacjach UE zwiększa się znaczenie metod umożliwiających prognozowanie trwałości ETICS. Zgodnie z normą ISO 15686-1:2011, okres użytkowania definiowany jest jako czas, w którym obiekt lub jego elementy spełniają wymagania dotyczące ich funkcji i właściwości użytkowych. Oszacowanie okresu użytkowania ETICS wymaga określenia kryterium granicznego, po przekroczeniu którego warstwa wierzchnia nie spełnia przyjętych wymagań eksploatacyjnych. W odróżnieniu od modeli empiryczno-statystycznych, takich jak sztuczne sieci neuronowe, wielokrotna regresja liniowa czy logika rozmyta, fizyczne modele procesów cieplno-wilgotnościowych umożliwiają opis sprzężonego transportu ciepła i masy, obejmującego m.in. transport wilgoci w postaci pary wodnej (dyfuzja) oraz wody ciekłej (przepływ kapilarny) w materiałach porowatych. Zastosowanie tych modeli umożliwia wyznaczenie pola temperatury i zawartości wody (wilgotności względnej) w przegrodzie. Do tej grupy należą m.in. model Künzela, modele HAM/HAMT oraz narzędzia numeryczne WUFI i DELPHIN, wykorzystywane w analizach przegród budowlanych. W przypadku modeli empiryczno-statystycznych Tavares et al przyjęli wskaźnik nasilenia degradacji na poziomie 30% jako kryterium graniczne [20]. Wyniki analiz wykazały, że średni prognozowany okres użytkowania wynosił od 21 do 22 lat w zależności od zastosowanego modelu i liczby zmiennych wejściowych. Tavares et al. podkreślają, że zwiększenie wiarygodności prognoz trwałości może być osiągnięte przez identyfikację czynników wpływających na degradację materiałów, analizę mechanizmów degradacyjnych oraz odpowiednie planowanie działań konserwacyjnych [20]. Przedstawione wyniki wskazują, że skuteczne prognozowanie trwałości ETICS wymaga uwzględnienia zmienności warunków klimatycznych oraz ciągłej aktualizacji danych wejściowych w modelach obliczeniowych.

activities [20]. The results presented indicate that effective prediction of ETICS durability requires consideration of the variability of climatic conditions and continuous updating of the input data in computational models.

Analysis of results

ETICS are among the most effective solutions for improving the energy efficiency of buildings. Their durability and safety, however, depend on many interrelated material and environmental factors. Available studies indicate significant differences in the type and frequency of ETICS damage depending on climatic conditions. In countries with Mediterranean and moderately warm climates, biological corrosion is the predominant problem and may be responsible for approximately 50% of identified defects. In Scandinavian countries (e.g. Norway and Sweden), damage associated with loss of system continuity, primarily cracks in the outer layer (approximately 40%), is observed more frequently. This variation indicates the significant effect of climatic conditions on ETICS durability and highlights the need for further research into material compatibility and material selection according to service conditions. In practice, this means **that the type of insulation and finishing layers must be adapted to local climatic conditions**. Poland also has different climatic zones and periodic wetting of ETICS, which leads to biological corrosion and mechanical damage associated with the effects of temperature and moisture. **Moisture is a key factor affecting ETICS durability.** Its presence increases thermal conductivity, causes degradation of system layers and promotes biological corrosion. At the same time, the vapour diffusion properties of insulation materials (considerably poorer for EPS than for MW) determine how moisture is transported through the building envelope. In practice, unsuitable moisture conditions during installation are one of the main causes of ETICS damage.

The introduction of new European regulations, particularly CPR-2024 and EAD 040083–01–0404, substantially changes the approach to ETICS assessment. Under CPR 2024/3110, particular importance is attached to ensuring that declared performance remains at least at the declared level throughout the service life; therefore, the selection of appropriate product characteristics is particularly important in new harmonised standards. As is known, the main purpose of ETICS (apart from the direct protection of external walls) is to increase thermal insulation and thus maintain the insulating performance for 50 years.

Conclusions

The effectiveness of ETICS depends on appropriate material selection, installation quality and consideration of service conditions. Moisture is the most important factor affecting ETICS durability, its presence leads to deterioration of thermal insulation properties and damage to system layers. Systems with mineral wool and hybrid solutions are particularly sensitive.

Analiza wyników

Systemy ETICS należą do najbardziej efektywnych rozwiązań poprawy efektywności energetycznej budynków. Ich trwałość oraz bezpieczeństwo zależą jednak od wielu wzajemnie powiązanych czynników materiałowych i środowiskowych. Dostępne badania wskazują, że występują istotne różnice w rodzaju i częstości uszkodzeń ETICS w zależności od warunków klimatycznych. W krajach o klimacie śródziemnomorskim oraz umiarkowanie ciepłym dominującym problemem jest korozja biologiczna, której udział może sięgać ok. 50% zidentyfikowanych defektów. W krajach skandynawskich (np. Norwegia, Szwecja) natomiast częściej obserwuje się uszkodzenia związane z utratą ciągłości systemu, przede wszystkim pęknięcia warstwy wierzchniej (ok. 40%). Zróżnicowanie to wskazuje na istotny wpływ warunków klimatycznych na trwałość ETICS oraz podkreśla potrzebę dalszych badań nad kompatybilnością materiałów i ich doborem w zależności od warunków eksploatacyjnych. W praktyce oznacza to **konieczność dostosowania rodzaju izolacji i warstw wykończeniowych do lokalnych warunków klimatycznych**. W Polsce również występują różne strefy klimatyczne i okresowe zawilgacanie ETICS, co prowadzi do występowania korozji biologicznej i uszkodzeń mechanicznych związanych z oddziaływaniem temperatury i wilgoci.

Kluczowym czynnikiem wpływającym na trwałość ETICS jest wilgoć. Jej obecność prowadzi do zwiększenia przewodności cieplnej, degradacji warstw systemu oraz rozwoju korozji biologicznej. Jednocześnie właściwości dyfuzyjne materiałów izolacyjnych (znacznie gorsze w przypadku EPS niż MW) determinują sposób transportu wilgoci w przegrodzie. W praktyce, niewłaściwe warunki wilgotnościowe podczas montażu są jedną z głównych przyczyn uszkodzeń ETICS.

Wprowadzenie nowych regulacji europejskich, przede wszystkim CPR-2024 oraz EAD 040083-01-0404, znacznie zmienia podejście do oceny ETICS. Szczególne znaczenie w przypadku CPR 2024/3110 ma zapewnienie, że deklarowane właściwości użytkowe zachowują co najmniej deklarowany poziom przez cały okres użytkowania, dlatego też w przypadku nowych norm zharmonizowanych tak ważny jest wybór odpowiednich charakterystyk wyrobów. Jak wiadomo, głównym zadaniem ETICS (poza bezpośrednią ochroną ścian zewnętrznych) jest zwiększenie izolacyjności cieplnej, a więc utrzymanie izolacyjności przez 50 lat.

Wnioski

Skuteczność systemów ETICS zależy od właściwego doboru materiałów, jakości wykonania oraz uwzględnienia warunków eksploatacyjnych. Najważniejszym czynnikiem wpływającym na trwałość ETICS jest wilgoć, której obecność prowadzi do pogorszenia właściwości termoizolacyjnych oraz uszkodzenia warstw systemu. Szczególnie wrażliwe są układy z wełną mineralną oraz rozwiązania hybrydowe.

Nowe regulacje europejskie wprowadzają coraz bardziej rygorystyczne wymagania dotyczące trwałości, bezpieczeństwa pożarowego oraz wpływu na środowisko, co wymusza rozwój

New European regulations introduce increasingly stringent requirements concerning durability, fire safety, and environmental impact, necessitating the development of new material solutions and assessment methods. Numerical modelling is a promising tool supporting ETICS design and assessment, but its effectiveness depends on the quality of input data and consideration of the variability of climatic conditions.

This paper has been completed while the first and second authors where the Doctoral Candidates in the Interdisciplinary Doctoral School at the Lodz University of Technology, Poland.

nowych rozwiązań materiałowych oraz metod oceny. Modelowanie numeryczne stanowi obiecujące narzędzie wspierające projektowanie i ocenę ETICS, ale jego skuteczność zależy od jakości danych wejściowych oraz uwzględnienia zmienności warunków klimatycznych.

Artykuł został przygotowany, gdy pierwszy i drugi autor są doktorantami w Interdyscyplinarnej Szkole Doktorskiej

Received: 15.06.2026
Revised: 03.08.2026
Published: 21.10.2026

Artykuł wpłynął do redakcji: 15.06.2026 r.
Otrzymano poprawiony po recenzjach: 03.08.2026 r.
Opublikowano: 21.10.2026 r.

Literature

[1] EAD 040083–01–0404, External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering. Guideline for European Technical Approval, EOTA (European Organisation for Technical Approval), Brussels, Belgium, 2024; https://www.eota.eu/download? file=/2020/20–04–1810/ead%20for%20ojeu/ead%20040083–01–0404_ojeu%202025.pdf

[2] Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency, Official Journal of the European Union, 2018; https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj/eng

[3] Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast), Official Journal of the European Union, 2024/1275. 2024; https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng

[4] Michałowski B., Michalak J. Evaluating the Sustainability of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS): A Comprehensive Assessment. Drymix Mortar Yearbook. 2024; https://eumeps.eu/images/_sie/sie-publications/2024_-_Evaluating_the_Sustainability_of_ETICS_-_A_Comprehensive_Assessment_-_Michalak_et.al.pdf

[5] Kulesza M, Michałowski B, Michalak J. Nowy Europejski Dokument Oceny dotyczący ETICS. Materiały Budowlane. 2026; 1:81–83.

[6] Michałowski B, Marcinek M, Tomaszewska J, Czernik S, Piasecki M, Geryło R, Michalak J. Influence of Rendering Type on the Environmental Characteristics of Expanded Polystyrene-Based External Thermal Insulation Composite System, Buildings. 2020; https://doi.org/10.3390/buildings10030047

[7] Atlas, External Wall Insulation Systems – Guidebook. 2021; https://www.atlas.com.pl/wp-content/uploads/2021/09/Design-Details-External-Wall-Insulation-Guidebook.pdf

[8] Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń (SSO). Warunki techniczne wykonawstwa, oceny i odbioru robót elewacyjnych z zastosowaniem ETICS, wydanie 06/2022.

[9] PKN. PN-EN 13163:2016, Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie – Specyfikacja.

[10] PKN. PN-EN 13162:2015, Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z wełny mineralnej (MW) produkowane fabrycznie – Specyfikacja.

[11] Talvik M, Klõšeiko P, Kalamees T, Liisma E, Ilomets S. On site measurement and hygrothermal modeling of degraded ETICS facade with EPS and mineral wool fire breaks, Journal of Physics: Conference Series. 2023; https://doi.org/10.1088/1742–6596/2654/1/012124

[12] Norvaisiene R, Krause P, Buhagiar V, Burlingis A, Miskinis K. Verification of External Thermal Insulation Systems with Composite Thermal Insulation and Different Renders in Effect of Hydrothermal Stress. Proceedings. 2020; https://doi.org/10.3390/proceedings2020051016

[13] Piekarczuk A, Sudoł E, Mazurek A. Measurement analysis of large-area elements of External Thermal Insulation Composite Systems using 3D scanning techniques. Measurement, 2024; https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.114755

[14] Sudoł E, Piekarczuk A, Kozikowska E, Mazurek A. Resistance of External Thermal Insulation Systems with Fire Barriers to Long-Lasting Weathering. Materials. 2024; https://doi.org/10.3390/ma17133113

[15] Sudoł E, Piekarczuk A, Mazurek A, Kozikowska E. Multi criteria analysis of the resistance of ETICS with fire barriers to environmental factors. Materiały Budowlane. 2025; https://doi.org/10.15199/33.2025.08.07

[16] Krause P, Pokorska-Silva I, Kosobucki Ł. Determining Moisture Condition of External Thermal Insulation Composite System (ETICS) of an Existing Building. Materials. 2025; https://doi.org/10.3390/ma18030614

[17] Building Research Institute – Certification Company, Ltd. Influence of Hygrothermal Cycles to Mechanical Characteristics MW and EPS Board Fragments with Reinforced Base Coat for ETICS. Raport Z-17–018. Praga, 2017; https://www.eumeps.eu/images/_sie/sie-publications/project-etics-hygrothermal-cycles-mechanical-properties-eng.PDF

[18] Kvande T, Bakken N, Bergheim E, Thue V. Durability of ETICS with Rendering in Norway – Experimental and Field Investigations. Buildings, 2018; https://doi.org/10.3390/buildings8070093

[19] Talvik M, Kalamees T, Ilomets S. Measured hygrothermal performance of Energy activated facade in cold climate. Journal of Building Physics, 2025; https://doi.org/10.1177/17442591241312415

[20] Tavares J, Santos A, Brito J. Computational models applied to the service life prediction of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS). Journal of Building Engineering, 2020; https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100944