

# Vplyv prípravy ETICS s biokoróziou na prídržnosť „Double ETICS“

Effect of ETICS preparation with biocorrosion on the adhesion of “Double ETICS”

**Ing. Radovan Majer, PhD. <sup>1</sup>; Ing. Jaroslav Piatka, PhD. <sup>2</sup>;  
Doc. Ing. Marek Petro, PhD. <sup>3</sup>; Doc. Ing. Nad'a Antořová, PhD. <sup>3\*</sup>**

<sup>1</sup> Ústav stavebnej ekonomiky, s.r.o., Miletičova 21, 82109 Bratislava, Slovensko

<sup>2</sup> Rozing, s.r.o., Hálova 13, 851 01 Bratislava, Slovensko

<sup>3</sup> Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 81005 Bratislava, Slovensko

\* korespondenční autor: nada.antosova@stuba.sk

## PŮVODNÍ VĚDECKÝ PŘÍSPĚVEK

ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLE

### ABSTRAKT

Prvá časť práce analyzuje legislatívne a technické aspekty opráv ETICS. Druhá časť sa venuje technickým riešeniam opráv existujúcich konštrukcií ETICS a diagnostike ETICS pred aplikáciou radikálnej technológie na opravu biologicky kontaminovaných systémov, pričom zdôrazňuje potrebu dôkladnej prípravy podkladu. Experiment sa zaoberá zisťovaním účinnosti prípravy podkladu pre DOUBLE ETICS, kde sú analyzované rôzne formy prípravy a hodnotená ich účinnosť na základe normovaných požiadaviek a testovania prídržnosti. Príspevok je uzatvorený diskusiou, ktorá hodnotí zistenia závislosti prídržnosti nových vrstiev doteplenia od prípravy podkladu a vyslovuje požiadavku integrácie výsledkov do aktuálnych štandardov a technologických pravidiel.

**Kľúčová slova:** Double ETICS; doteplenie; kontaktný zatepl'povací systém; príprava omietkového podkladu.

### ABSTRACT

The first part of the work analyzes the legislative and technical aspects of ETICS repairs. The second part is devoted to technical solutions for repairs of existing ETICS structures and diagnostics of ETICS before applying radical technology for repairing biologically contaminated systems, emphasizing the need for thorough preparation of the substrate. The experiment deals with determining the effectiveness of substrate preparation for DOUBLE ETICS, where various forms of preparation are analyzed and their effectiveness is evaluated based on standardized requirements and adhesion testing. The paper is concluded with a discussion that evaluates the findings of the dependence of the adhesion of new insulation layers on the preparation of the substrate and states the requirement to integrate the results into current standards and technological rules.

**Key words:** Double ETICS; thermal insulation; contact thermal insulation system; preparation of the plaster base.

## 1 ÚVOD

Komplexná analýza stavu kontaktného zatepľovacieho systému aplikovaného na panelové fasády, diagnostika počas užívania alebo revízia funkčnosti nie je legislatívne vyžadovaná vôbec, alebo ak je vykonaná, jej výsledky nie sú pri výkone údržby vôbec zohľadňované. V štátoch strednej a východnej Európy je zatepľovanie panelových či murovaných domov realizované a konštrukcie užívané s obdobnými problémami ako na Slovensku. V Portugalsku používanie ETICS vzrástlo z približne 200 000 m<sup>2</sup> aplikovanej plochy do roku 2006 na približne 2 400 000 m<sup>2</sup> v roku 2010 [7], avšak rovnako ako u nás bez zásadnej diagnostiky počas užívania alebo bez vývoja databázy opráv. V USA sa v poslednom období zisťuje, že prvé aplikácie ETICS boli problematické z dôvodu prenikania vody do ich systémovej skladby. V reakcii na to boli vyvinuté viaceré odvodňovacie systémy ETICS [8], ktoré v súčasnosti v krajne expandujú ako oprava alebo technológia pre konkrétny problém so zatekaním. Následne bol vyvinutý jeden z prvých systémov údržby, zložený z niekoľkých nástrojov na kontrolu, diagnostiku a opravu ETICS a začali byť vydávané špeciálne regionálne technické informácie a štandardizácia špecifik pre ETICS aplikovaných na budovy amerického typu tak aby sa predišlo vzniku špecifických anomálií prenikania vody a vlhkosti do systému [9], [10], [11]. Prakticky až na výnimku Nemecka sú poruchy kontaktného zateplenia považované v stredoeurópskom prostredí za nutný sprievodný jav týchto systémov. Nemecko sa rekonštrukciami domov zaoberá veľmi intenzívne, predovšetkým vo východných spolkových krajinách (bývalá NDR). Štatisticky sa pri systémoch ETICS vyskytuje tak významný počet porúch omietky [12], ktorý vyvoláva potrebu vývoja technológií riešení. Existujú rôzne európske štúdie týkajúce sa zhromažďovania typov anomálií, ktoré sa môžu v ETICS vyskytnúť, alebo aj návrhov cielenej diagnostiky a technológií ich opráv, napr. [13], [14], [15], [9], [16]. Všetky tieto informácie zo štúdií nie sú sústreďované, sú rozptýlené ako regionálne (Nemecko, Portugalsko, Spojené štáty americké), tak aj podľa jednotlivých porúch s majoritným postavením v danom regióne. Zber dát o anomáliách bol vykonaný napríklad na vzorke 146 fasád s konštrukciou ETICS priamo v Portugalsku, čo predstavuje celkovú plochu 36 340 m<sup>2</sup>. Následne boli tieto údaje štandardizované – kategorizované do klasifikačného zoznamu v rozsahu tzv. patologického spektra ETICS [7]. Aj napriek rôznorodosti zhromaždených údajov ich syntetizovanie je možné považovať za základ pre výber sanačnej alebo opravnej technológie.

Revízia smernice 2012/27/EÚ prináša pre Slovensko nové ciele pre obnovu budov do roku 2050. Pri týchto ambiciózných cieľoch zníženia spotreby energie v budovách (do roku 2050 o 40 % v porovnaní s rokom 2020, pričom súčasne emisie poklesnú o 79 % v porovnaní s rokom 2020 a o 87 % v porovnaní s rokom 1990) je potrebné opäť zohľadniť skutočnosť, že bytové domy obnovené pred viac ako dvadsiatimi rokmi bude potrebné obnoviť opätovne. Táto obnova však podľa [2] prinesie nižšie úspory energie a bude predstavovať vyššie investičné náklady potrebné na opätovnú obnovu budovy do úrovne takmer nulových budov.

### 1.1 Stav poznania technických riešení pre opravy ETICS

Súčasný pohľad na riešenie problematiky anomálií existujúcich konštrukcií ETICS je zúžený na oblasť identifikácie porúch, zistenie príčin vzniku a pôvodu porúch a následné poučenie z príčin, formou úpravy normotvorných zásad v oblasti projektového návrhu, technologických predpisov a modifikácie zásad realizácie a ojedinele aj návrh určitej formy údržby [35].

Technológie opráv existujúcich nedostatkov, existujúcich konštrukcií kontaktného zateplenia sú však aj napriek strategickým dokumentom Slovenskej republiky [2] o potrebe opätovného obnovenia budov s realizáciou ETICS pred viac ako dvadsiatimi rokmi zanedbávané. Literatúra alebo odborné štúdie o

spôsobe výkonu opráv a údržby ETICS sú nedostupné až vzácné [23]. Aby sme však mohli vyvinúť nástroje ekonomickej a/alebo environmentálnej analýzy pre konštruktívne riešenia, je nevyhnutné pochopiť degradačný proces konštrukcie ETICS a vplyv činností údržby na spomalenie degradácie, starnutia, rozvoja existujúcich porúch [24]. Vykonávaním včasných predikovaných zásahov je možné vyhnúť sa celkovej výmene konštrukcie ETICS pred ukončením jej predpokladanej životnosti [23]. Modely a metodiky výkonu údržby sa v príbuzných vedných disciplínach vzájomne diferencujú, ich výsledný spôsob výkonu je vždy založený na troch spoločných atribútoch:

- zber údajov,
- proces predikcie zmeny technického stavu
- plánovanie údržby [28].

V českej vedeckej štúdii [34] autor identifikuje technológie pre obnovu a opravu ETICS ako sanačné opatrenia a zatrieduje do troch základných rovín:

Sanácia malého rozsahu. Jedná sa o zásahy, ktoré sú riešené ošetrovaním podkladu a opätovnou aplikáciou konečnej povrchovej úpravy, omietky alebo fasádnej náterovej hmoty.

Sanácia stredného rozsahu. Sanácia už vyžaduje opätovnú aplikáciu základnej vrstvy s možnosťou lokálneho odstránenia pôvodného vonkajšieho súvrstvia alebo izolačného materiálu.

Sanácia veľkého rozsahu

- a. Zásahy zaisťujúce zvýšenie stability ETICS.
- b. Realizácia nového ETICS na pôvodnom zateplení.

Všeobecne je možné [35] technológie pre opravu a obnovu existujúcich ETICS charakterizovať v dvoch základných kategóriách, ktoré úzko súvisia so zásahom do existujúcej konštrukcie ETICS a náročnosťou realizácie:

- Alternatíva I. - **konzervatívna technológia**, ktorou rozumieme odstránenie dôsledkov porúch na konštrukcii ETICS, zamedzenie rozvoja porúch, zmierňovanie prejavov porúch, udržiavanie v stabilizovanom technickom stave. Medzi tieto technológie zaradíme tmelenie trhlín a iných defektov, čistenie a aplikácia biocídov, lokálna výmena súvrstvia lebo jej časti pri mechanickom poškodení.
- Alternatíva II. - **radikálna technológia**, ktorou rozumieme okrem odstránenia prejavov najmä odstránenie príčiny nežiaducich stavov – porúch na konštrukcii ETICS. Táto technológia pozostáva spravidla z výmeny častí súvrstvia ETICS napríklad výmeny povrchovej, finálnej vrstvy alebo výmeny celého ETICS s náhradou konštrukcie podľa aktuálnych potrieb a štandardov. Medzi radikálnu technológiu určenú na opravu alebo obnovu vlastností pôvodnej konštrukcie zaradíme doplnenie častí súvrstvia.

Z analýzy stavu poznania a zo zberu údajov o výskyte porúch s majoritným postavením u nás a v zahraničí, vyplýva pre výkon obnovy alebo opráv potreba uplatňovania osem dostupných základných technológií:

Tmelenie trhlín v kombinácii nový fasádny náter

Aplikácia biocídnych látok s možnosťou kombinácie s novým náterom

Výmena výstužnej vrstvy a omietky

Narezanie výstužnej vrstvy (raster 100x100mm) a aplikácia novej výstužnej vrstvy s novou omietkou

Doteplenie (zdvojenie existujúcej konštrukcie zateplenia technológiu Double ETICS)

Dodatočné dokotvenie systému

[doi.org/10.51704/cjce.2024.vol10.iss1.pp55-83](https://doi.org/10.51704/cjce.2024.vol10.iss1.pp55-83)

ISSN (online) 2336-7148

[www.cjce.cz](http://www.cjce.cz)

## Lokálna výmena súvrstvia Totálna sanácia (výmena celého systému ETICS)

Veľmi citlivo je [39] stav ETICS približne vo veku 3-5 rokov, kedy sú po prvý krát na povrchu zateplenia zaznamenávané nedostatky v podobe biologického filmu zo zelených a čiernych škvrín. Problém s pomenovaním „biokorózia obvodového plášťa“ nie je lokálny, ide o celoeurópsky pozorovaný a analyzovaný jav. Ohlasy sú taktiež zo Spojených štátov, Anglicka, Portugalska, Holandska, Švajčiarska, Nemecka alebo z ázijských území. Analýzou a identifikáciou mikroorganizmov kolonizujúcich ETICS sa zaoberali v medziodborovom výskume vedci z nemeckého inštitútu pre stavebnú fyziku autori [41]. Sanácia dopadov biokorózie stavieb je spravidla ekonomicky náročná. Preto snaha skúmať faktory vedúce k biokorózii, pochopenie mechanizmov, ktoré ju spôsobujú a snaha hľadať opatrenia proti jej vzniku alebo na jej elimináciu je stále aktuálnejšia [35], [48]. Vzniká nepriaznivá situácia pre ETICS s takouto poruchou, nakoľko pri hľadaní príčin, pozorovaní priaznivých podmienok pre kolonizovanie ETICS mikroorganizmami, zostáva hľadanie riešení pre už kontaminované plochy zateplenia nepovšimnuté. Napriek skutočnosti, že v súčasnosti neexistuje iná ako pravidelná biocídna ochrana povrchov fasády nie je možné považovať ochranu fasády len prostredníctvom využitia biocídnych prípravkov za konečné riešenie. Práve z uvedených dôvodov je pre ďalšiu analýzu riešení a výskum technológií zaujímavá technológia doteplením, čo znamená zdvojením existujúceho zateplenia (Double ETICS).

### 1.2 Zdvojené zateplenie pre opravu ETICS

Podstatou skladby konštrukcie doteplenia alebo inak zdvojenia ETICS (angl. Double ETICS) je pridanie ďalšej tepelnoizolačnej vrstvy, výstužnej vrstvy a novej omietky, bez strhnutia predchádzajúcich vrstiev [5]. Zhotovenie zdvojeného zateplenia je v súčasnosti klasifikované ako použitie bežného zateplenia systému v špecifických podmienkach, kde podkladom ostáva pôvodná nosná konštrukcia a vyhotovené zateplenie.

Konštrukcia zdvojeného zateplenia, v predchádzajúcich kapitolách nazývaná autormi ako doteplenie je zloženou kompozitnou konštrukciou a pozostáva z [5]:

- Pôvodného kontaktného zateplenia
- Novej tepelnej izolácie s rovnakými alebo lepšími difúznymi vlastnosťami ako pôvodná konštrukcia
- Kotvenia novej tepelnej izolácie
- Novej výstužnej vrstvy
- Novej omietky.

Realizácia novej konštrukcie zateplenia na podklad z pôvodného zateplenia podlieha rovnakým normovým zásadám podľa [5] ako konštrukcia pôvodná, a preto aj kontrolu realizácie je potrebné vykonávať v zmysle regionálnych štandardov v rovnakých rozhodujúcich technologických etapách.

Technológiou doteplenia – „Double ETICS“ je možné okrem riešenia porúch v súvrství ETICS dosiahnuť aj ďalšie benefity pôvodného zateplenia:

- stav vonkajšej omietky novej generácie zostane bez rizika kolonizácie mikroorganizmami a nákladnej údržby,
- zvýšenie tepelného odporu obvodového plášťa s následným znížením vykurovacích nákladov na stavbu,

- predĺženie životnosti zateplenia. Predpokladaná základná životnosť je rovnaká ako pri novej konštrukcii zateplenia, približne na 30 rokov. Avšak ako je uvedené v podklade [52] základná životnosť zdvojeného dodatočného zateplenia sa odhaduje na úroveň 15 až 25 rokov.
- minimalizácia nákladov na likvidáciu odpadovej vody a zaťaženie životného prostredia z pravidelnej údržby chemickým čistením.
- odstránenie nákladov na likvidáciu stavebného odpadu z pôvodného ETICS pri totálnej sanácii a nahradení novým zateplením.

Osobitnú úlohu pri aplikácii zdvojeného zateplenia (Double ETICS) zohráva predvýrobná príprava, ktorej súčasťou je okrem projektového riešenia najmä diagnostika. Z technologických zásad v [5], [18] vyplývajú povinnosti v projektovej príprave a predrealizačnej príprave, ktoré zahŕňajú viaceré technologické operácie.

Medzi základné zásady patrí príprava a úprava podkladu, kde podľa [18], [51]) sa povrch musí pred lepením očistiť od prachu, výkvetov, mastnôt, zavlhnutia, napadnutia mikroorganizmami. Podklad sa očistí od prachových častí a odlupujúcich sa a zvetraných vrstiev pôvodnej fasády, buď mechanicky, alebo tlakom vody. Vizuálne sa skontrolujú nerovnosti a odlupujúce sa miesta. Môžu sa vykonať skúšky podkladu poklepom, vrypom alebo oterom, je možné taktiež vykonať skúšku prídržnosti náterov mriežkovou skúškou podľa STN ISO 2409 alebo odtrhovou skúškou príľnavosti podľa STN ISO 4624. Taktiež sa posudzuje vlhkosť podkladu podľa STN EN 1542.

Pri aplikácii zdvojeného zateplenia sa od pôvodnej konštrukcie vyžaduje určitý technický stav, aby bolo možné touto technológiou dosiahnuť obnovené vlastnosti ETICS. Diagnostika skutočného stavu ETICS je však dôležitým úkonom nielen pre samotné stanovenie príčiny porušenia ETICS, ale najmä pre následný optimálny návrh sanácie poruchy.

Názory odborníkov na riešenia opráv, sanácií alebo obnovy existujúceho zateplenia zdvojením konštrukcie, alt. dotepnením sú však opatrné [54] a zaznamenané sú určité riziká aplikácie tejto technológie. Obavy vznikajú z viacerých aspektov a možných následkov. Primárne sa vedci [54], [50] zaoberajú:

- vlhkosťnou situáciu v priestore medzi pôvodnou konštrukciou zateplenia a dotepnením s rizikom kohézie vrstiev v dôsledku vzniku objemových zmien,
- kohéziou pôvodnej a novej vrstvy ETICS, ktorá okrem objemových zmien vody v súvrství súvisí aj a možnosťou ďalšieho rozvoja mikroorganizmov styčnej ploche – štrbine zdvojenia, z dôvodu prítomnosti mikroorganizmov.

Pri štúdiu tejto problematiky nebola zistená jednotná metodika, systémové riešenie, z ktorého by vychádzal návrh diagnostiky na preverenie skutočného stavu ETICS. Podľa autora [73], v prípade realizácie zdvojeného ETICS t.j. lepenie nového systému na starý, môže ísť zdanlivo o bežný tepelnoizolačný systém s certifikátom podľa jednotnej smernice ETAG 004. Jedná sa však o jeho neštandardné použitie, pretože ETAG 004 definuje ako podklad pre ETICS steny, ktoré sú vytvorené z muriva (tehly, tvarovky, kamene...) alebo betónu (odliateho na mieste alebo zmontovaného z panelov). ETAG 004 tiež pripúšťa, že tieto steny môžu byť pokryté minerálnou alebo organickou omietkou, náterom alebo obkladačkami.

Je potrebné si uvedomiť, že diagnostika porúch ETICS a diagnostika existujúceho ETICS pre uplatnenie technológie novej opravy sú dve rozličné kategórie, ktoré vyžadujú dva metodicky rozličné postupy.

## 2 METODIKA ZISŤOVANIA PRÍDRŽNOSTI KONŠTRUKCIE DOUBLE ETICS

Predmetom výskumu je štúdium rizika uplatnenia zdvojeného zateplenia (DOUBLE ETICS) ako sanácie existujúcej konštrukcie kontaktného zateplenia obvodového plášt'a (ETICS), ktorý vykazuje biologickú degradáciu pôvodnej omietky. Metodika práce, zisťovania prídržnosti v priamych environmentálnych podmienkach spočívala v analýze skúšok v laboratóriu a ich aplikácii in situ.

Pre účel posúdenia vhodnosti aplikácie zdvojeného zateplenia na existujúce zateplenie je nutné vykonať podrobnú diagnostiku zateplenia a tiež k tomu prislúchajúce skúšky a merania z viacerých oblastí (mechanická odolnosť a stabilita, teplotnícké vlastnosti, požiarne vlastnosti..).

Jednou z najdôležitejších skúšok pre posúdenie vhodnosti podkladu aplikáciu Double ETICS je prídržnosť lepiacej malty k pôvodnej omietke. Skúška sa vykonáva za účelom overenia súdržnosti novej povrchovej úpravy (doteplenia) s podkladom (pôvodné kontaktné zateplenie) resp. jeho omietkou. Nakoľko zdvojené zateplenie sa zhotovuje na podklade, ktorý môže vykazovať rôzne defekty (prach, masnota, výkvety, pľuzgiere a odlupujúce sa povrchové úpravy, biotické napadnutie, aktívne trhliny v ploche), môže tento podklad značne ovplyvniť stabilitu a životnosť celého zatepl'ovacieho systému.

O metódach overovania, ktoré sa používajú pri určovaní jednotlivých hľadísk pre úžitkové vlastnosti výrobkov v závislosti od požiadaviek na stavby (výpočtoch, skúškach, inžinierskych znalostiach, zhodnoteniach na mieste získaných poznatkov pojednáva ETAG 004. Príslušné štandardy [52], [18] odporúčajú priemernú súdržnosť podkladu najmenej 200 kPa s tým, že najmenšia jednotlivá prípustná hodnota musí byť najmenej 80 kPa.

Tab. 1 Skúšky na overenie stability systému podkladu [52]

		Spôsob pripojenia			
		Lepenie Plné čiastočné	Mechanické pripevnenie <sup>2), 5)</sup>		
			Hmoždinky upevnené cez výstuž	Hmoždinky upevnené len cez izoláciu	Profily
Typ izolačného výrobku	Penová hmota (EN 13163) EN 13164 EN 13165 EN 13166 alebo minerálna vlna (EN 13162)	Prídržnosť medzi základnou vrstvou a izolačným výrobkom podľa 5.1.4.1.1			
		Prídržnosť 5.1.4.1.2 a 5.1.4.1.3 alebo 5.1.4.1.4	Statická skúška penového bloku 5.1.4.3.2 a Skúška pretvorenia <sup>4)</sup> 5.1.4.2.1	Skúška vyvlečenia 5.1.4.3.1 a/alebo Statická skúška penového bloku 5.1.4.3.2 a Skúška pretvorenia <sup>4)</sup> 5.1.4.2.1	Statická skúška penového bloku 5.1.4.3.2 a Skúška pretvorenia <sup>4)</sup> 5.1.4.2.1
	Iné	Prídržnosť medzi základnou vrstvou a izolačným výrobkom podľa 5.1.4.1.1			
		Prídržnosť 5.1.4.1.2 a 5.1.4.1.3 alebo 5.1.4.1.4 a Dynamická skúška vztlaku vetra 5.1.4.3.3	Dynamická skúška vztlaku vetra 5.1.4.3.3 a Skúška pretvorenia <sup>4)</sup> 5.1.4.2.1	Dynamická skúška vztlaku vetra 5.1.4.3.3 a Skúška pretvorenia <sup>4)</sup> 5.1.4.2.1	Dynamická skúška vztlaku vetra 5.1.4.3.3 a Skúška pretvorenia <sup>4)</sup> 5.1.4.2.1

Legenda k Tab 1:

- 1) Skúšky lepených ETICS s doplnkovými mechanickými pripevňovacími prostriedkami sa musia vykonávať bez mechanických upevňovacích prostriedkov.
- 2) Skúšky mechanicky pripevňovaných ETICS s doplnkovou lepičmi hmotou sa musia vykonávať bez lepiča hmoty. Ak je lepiči hmoty menej ako 20 %, pokladá sa ETICS za čisté mechanicky pripevnený.
- 3) Rozhodnutie, akú skúšku vykonať, vychádza (ETAG 004)z obr. 7.
- 4) Len pre ETICS nespĺňajúce kritériá uvedené v bode 5.1.4.2.
- 5) Pokiaľ sa neuvažuje, že mechanické pripevnenia prenášajú šmykové zaťaženie ETICS, peny ako doplnkové lepiace hmoty musia byť skúšané podľa 5.1.4.1.2 a 5.1.4.1.3 alebo 5.1.4.1.4.

Požiadavka a spôsob vykonania skúšky prídržnosti lepiacej malty podľa [52] je špecifikovaná nasledovne:

1. prídržnosť základnej vrstvy (rozumej: „vrstva alebo viac vrstiev stierkovej hmoty, ktoré sa nanášajú na tepelnoizolačnú vrstvu a z nich aspoň jedna vrstva obsahuje výstužnú mriežku“) k tepelnému izolantu;
2. prídržnosť lepiacej malty k podkladu;
3. prídržnosť lepiacej malty k tepelnému izolantu.

Všetky tieto skúšky je možné vykonať v laboratórnych podmienkach, pričom každá skúška pozostáva z ďalších typov meraní ako: prídržnosť za sucha, po pôsobení vody prípadne po simulovanej skúške mrazuvzdornosti.

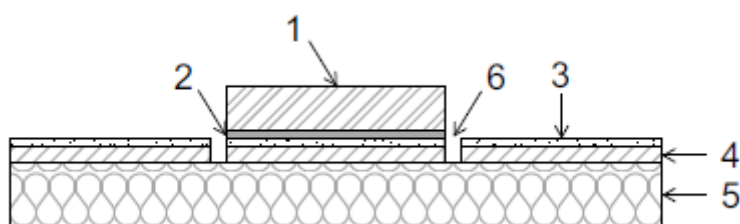
Zásady pre overenie vlastností podkladu z hľadiska výskytu mikroorganizmov (biokorózie) v norme [18] nie sú uvedené a zostávajú bez metodických pokynov pre overenie biologického napadnutia. Účelom dlhodobého prieskumu bolo overenie najvhodnejšej úpravy podkladu na konkrétnej fasáde pred aplikáciou zdvojeného zateplenia. Experiment bol vykonaný v podmienkach in situ.

## 2.1 Prídržnosť základnej vrstvy k tepelnému izolantu

Skúška sa vykoná podľa (5.1.4.1.1) [52] nasledovne:

1. na doske z izolantu pokrytej základnou vrstvou, ktorá sa nanesie podľa inštrukcií žiadateľa o ETA a vysušenej 28 dní za tých istých podmienok ako skúšobná stena;
2. na vzorkách odobratých zo skúšobnej steny po cykloch vlhkostných a teplotných zmien (cykly striedavého ohrievania a kropenia a cykly striedavého ohrievania a ochladzovania) alebo na jednotlivých vzorkách umiestnených v skúšobnej komore (len pokiaľ sa spodná časť steny neskladá iba zo samotnej výstužnej vrstvy, t.j. bez povrchovej úpravy). Skúška sa vykonáva najmenej po 7 dňoch sušenia.
3. na vzorkách samotnej výstužnej základnej vrstvy, pokiaľ je nutná zmrazovacia-rozmrazovacia skúška podľa bodu 5.1.3.1, ako je uvedené v bode 5.1.3.2.2 a sušených najmenej 7 dní po ukončení cyklov.

Cez základnú vrstvu sa uhlovou brúskou vyreže päť štvorcových vzoriek podľa obr. 20. Rozmery by mali byť rovnaké ako pri vzorkách na skúšanie pevnosti v ťahu kolmo k rovine dosky v súlade s technickými špecifikáciami izolačného výrobku (hEN alebo ETA podľa ETAG alebo CUAP).



**Obr. 1 Prilepenie kovovej dosky na prerezanú časť základnej vrstvy (autor)**

Päť vzoriek s rozmermi 50 mm x 50 mm pre penový plast a 200 mm x 200 mm pre minerálnu vlnu sa pomocou uhlovej brúsky prereže cez základnú vrstvu len po vrstvu izolantu. K týmto plochám sa prilepia vhodným lepidlom štvorcové kovové dosky primeranej veľkosti.

Následne sa meria prídržnosť pri rýchlosti narastania ťahovej sily  $10 \pm 1$  mm/min, pričom sa zaznamenávajú jednotlivé a priemerné hodnoty. Výsledky sa vyjadria v  $\text{N/mm}^2$  (MPa).

Priemerná hodnota odtrhnutia sa stanoví z výsledkov 5 vzoriek.

Po ukončení skúšky podľa čl. 5.1.4.1.1 musí byť buď hodnota prídržnosti základnej vrstvy k tepelnému izolantu minimálne  $0,08 \text{ N/mm}^2$  (jedna hodnota môže byť nižšia než  $0,08$  ale musí byť vyššia ako  $0,06 \text{ N/mm}^2$ ), alebo musí nastať porušenie v izolante (kohézne porušenie) pokiaľ je súdržnosť menšia než  $0,08 \text{ N/mm}^2$ .

## 2.2 Prídržnosť lepiacej malty k podkladu

Prídržnosť lepiacej malty k podkladu sa musia vykonať podľa (5.1.4.1.2) [52] len na lepených systémoch. Skúšky sa vykonávajú na nasledovných systémoch:

- Skúšaný podklad z hladkej betónovej dosky musí mať hrúbku minimálne 40 mm. Materiálové zloženie betónového podkladu musí byť z piatich hmotnostných dielov kameniva frakcie 0-8 (krivka zrnitosti kameniva musí byť plynulá) a jedného hmotnostného dielu portlandského cementu. Celková hmotnosť jemných častíc menších ako 0,2 mm (piesku a cementu) nesmie presiahnuť  $500 \text{ kg/m}^3$  betónu. Vodný súčiniteľ musí byť od 0,45 do 0,48. Pevnosť dosky v ťahu musí byť minimálne  $1,5 \text{ N/mm}^2$ . Vlhkosť dosky pred skúškou musí byť maximálne 3 % z celkovej hmotnosti.
- Pre bezcementové lepiace malty sa vyberie najviac nasiakavý podklad z tých, ktoré určil žiadateľ o ETA. Lepiaca malta sa nanesie na podklad 15 minút po zamiešaní v hrúbke od 3 mm do 5 mm. V prípade betónovej dosky sa nanesie na konci doby spracovateľnosti udávanej výrobcom. Potom sa lepiaca malta prekryje izolantom, aby netvrdia príliš rýchlo. Po 28 dňoch uloženia lepiacej malty pri teplote ( $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$ ), relatívnej vlhkosti ( $50 \pm 5$ )% a odstránení izolantu, sa nareže 15 vzoriek so štvorcovou plochou od  $15 \text{ cm}^2$  do  $25 \text{ cm}^2$  cez lepiacu maltu len k podkladu. K týmto plochám sa prilepia vhodným lepidlom štvorcové kovové dosky primeranej veľkosti (po päť vzoriek na každú skúšku).

Odtrhová skúška sa vykoná rýchlosťou  $10 \pm 1$  mm/min na nasledujúcich vzorkách (po päť vzoriek na každú skúšku):

- bez dodatočného klimatizovania (v suchom stave),
- po ponorení lepiacej malty do vody na 2 dni a sušení 2 h pri teplote ( $23 \pm 2$ )  $^\circ\text{C}$  a relatívnej vlhkosti ( $50 \pm 5$ ) % RH,



- po ponorení lepiacej malty do vody na 2 dni a sušení 7 dní pri teplote  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  a relatívnej vlhkosti  $(50 \pm 5) \% \text{ RH}$ .

Z piatich výsledkov skúšok sa získa stredná hodnota vytrhnutia. Jednotlivé a priemerné hodnoty sa zaznamenajú a výsledky sa vyjadria v  $\text{N/mm}^2$  (MPa). Po ukončení skúšky musí byť minimálna hodnota prídržnosti lepiacej malty k podkladu:

- za sucha  $0,25 \text{ N/mm}^2$ ;
- po pôsobení vody:  $0,08 \text{ N/mm}^2$  po 2 hodinách od vybratia vzoriek z vody a  $0,25 \text{ N/mm}^2$  po 7 dňoch od vybratia vzoriek z vody.

### 2.3 Prídržnosť lepiacej malty k tepelnému izolantu

Prídržnosť lepiacej malty k tepelnému izolantu sa musí podľa (5.1.4.1.3) [52] vykonať len na lepených systémoch. Skúška sa vykoná na izolante špecifikovanom v systéme.

Lepiacia malta sa rozprestrí na podklad 15 minút po zamiešaní, v hrúbke od 3 mm do 5 mm. Po 28 dňoch uloženia lepiacej malty pri teplote  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , relatívnej vlhkosti  $(50 \pm 5) \%$ , sa prereže pomocou uhlovej brúsky 15 vzoriek s rozmermi 50 mm x 50 mm pre penový plast a 200 mm x 200 mm pre minerálnu vlnu, cez lepiacu maltu len k vrstve izolantu. K týmto plochám sa prilepia vhodným lepidlom štvorcové kovové dosky primeranej veľkosti.

Odtrhová skúška sa vykoná za rovnakých podmienok ako „Prídržnosť lepiacej malty k podkladu (5.1.4.1.2)“:

- bez dodatočného klimatizovania (v suchom stave),
- po ponorení lepiacej malty do vody na 2 dni a sušení 2 h pri teplote  $(23 \pm) ^\circ\text{C}$  a relatívnej vlhkosti  $(50 \pm 5)\%$ ,
- po ponorení lepiacej malty do vody na 2 dni a sušení 7 dní pri teplote  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  a relatívnej vlhkosti  $(50 \pm 5)\%$ .

Jednotlivé a priemerné hodnoty sa zaznamenajú a výsledky sa vyjadria v  $\text{N/mm}^2$  (MPa). Po ukončení skúšky musí byť minimálna hodnota prídržnosti lepiacej malty k tepelnému izolantu (B):

- za sucha  $0,08 \text{ N/mm}^2$ ;
- po pôsobení vody:  $0,03 \text{ N/m}^2$  po 2 hodinách od vybratia vzoriek z vody a  $0,08 \text{ N/mm}^2$  po 7 dňoch od vybratia vzoriek z vody alebo musí nastať porušenie v izolante.

Lepená plocha S, ktorá musí byť minimálne 20 %, sa určí nasledovne:

$$\frac{B \times S}{100} > 0.03 \text{ N/mm}^2 \quad (1.1)$$

$$S [\%] = \frac{\text{lepená plocha} \times 100}{\text{plocha izolantu}} \quad (1.2)$$

### 3 EXPERIMENT ZISŤOVANIA PRÍDRŽNOSTI KONŠTRUKCIE DOUBLE ETICS

Zásady pre overenie vlastností podkladu z hľadiska výskytu mikroorganizmov (biokorózie) v norme [18] nie sú uvedené a zostávajú bez metodických pokynov pre overenie biologického napadnutia. Účelom dlhodobého prieskumu bolo overenie najvhodnejšej úpravy podkladu na konkrétnej fasáde pred aplikáciou zdvojeného zateplenia. Experiment bol vykonaný v podmienkach in situ.

Analýzou príslušných štandardov bolo zistené, že skúšky na ktoré sa odvoláva regionálny štandard sú primárne určené na hodnotenie výkonnosti ETICS, vrátane testovania tepelnej izolácie, mechanických vlastností, odolnosti voči poveternostným vplyvom, požiarnej bezpečnosti a trvanlivosti v laboratórnych podmienkach. Štandardy nie sú priamo určené či prispôbené na meranie a hodnotenie ETICS in-situ. Za závažný nedostatok pre aplikáciu merania prídržnosti k podkladu in-situ preto považujeme absenciu špecifikácie umiestnenia skúšobných vzoriek vo vzťahu k ploche fasády. Zároveň boli identifikované ďalšie riziká spojené s meraním prídržnosti priamo na stavenisku. Skúšky nebolo možné vykonať z nasledovných dôvodov:

- a) nepriaznivé klimatické podmienky;
- b) výber nevhodného lepidla;
- c) vertikálna orientácia skúšobnej kovovej matrice (kovovej kocky).

**Nepriaznivé klimatické podmienky:** sa považuje zavlhnutie povrchu fasády vplyvom dažďa či snehu. Okrem toho tiež príľnavosť k fasáde môže ovplyvniť vyššia relatívna vlhkosť vzduchu v kombinácii s určitým typom omietky. Dôsledkom nepriaznivých podmienok prípadne zavlhnutého povrchu fasády, dochádzalo k separácii ocelevej matrice od podkladu.

**Výber nevhodného lepidla:** Pre zrealizovanie samotnej skúšky prídržnosti je dôležité aplikovať na kovovú matricu (kovovú kocku) vhodným typom lepidla. Príslušný návod [52] uvádza „*vhodný typ lepidla*“ bez bližšej špecifikácie. Pri vykonávaní skúšky sa neraz stalo, že samotné lepidlo nemalo dostatočnú príľnavosť resp. prídržnosť k podkladu, čoho dôsledkom bola separácia ocelevej matrice od podkladu. Výsledkom boli skreslené merania prípadne opakovanie skúšok. V praxi sa osvedčilo ako vhodný typ lepidla na túto skúšku epoxidové lepidlo, ktorého kvalita v značnej miere záležala od samotného výrobcu. Požadovanými parametrami pre tieto skúšky by mala byť vysoká pevnosť, dobrá príľnavosť a v neposlednom rade rýchly nástup tuhnutia.

Odstraňovanie samotného epoxidového lepidla z ocelevej matrice sa realizuje následným vypaľovaním v peci. Po vypaľovaní v peci nasleduje mechanické čistenie matrice. Tento proces odstraňovania lepidla jednej skúšobnej sady, ktorá pozostáva z piatich kovových kociek trvá cca 60 minút. Nakoľko skúšobné laboratória často nedisponujú ľubovoľným počtom skúšobných matric, môže dochádzať ku komplikáciám pri meraniach in situ. V prípade poškodenia vzorky je nutné meranie opakovať.

**Vertikálna orientácia skúšobnej kovovej matrice (kovovej kocky)** - Orientácia skúšobnej kovovej matrice sa aplikuje na stenu vo vertikálnej polohe. Pri aplikácii môže dochádzať vplyvom nepriaznivých klimatických podmienok alebo zvolením nesprávneho typu lepidla k separácii matrice od podkladu ešte pred jej dostatočným prilepením. Vylúčená tiež nie je ani kombinácia oboch vyššie uvedených faktorov. V praxi bolo zistené, že pre zabezpečenie počiatočnej prídržnosti matrice k fasáde, bolo nutné ručne pridržovať matricu k fasáde vo vertikálnej polohe 3 až 5 minút.

Z dôvodu vylúčenia možných chýb a zabezpečenia čo najpresnejšieho merania, bolo zvolené vykonanie skúšok prídržnosti k podkladu v laboratórnych podmienkach. Pôvodný ETICS bol zrealizovaný z materiálu na báze EPS, preto bolo nutné použiť kovovú matricu s rozmermi 50 mm x 50 mm. V prípade, že by bol pôvodný ETICS zrealizovaný z minerálnej vlny, veľkosť ocelevej matrice by musela mať

[doi.org/10.51704/cjce.2024.vol10.iss1.pp55-83](https://doi.org/10.51704/cjce.2024.vol10.iss1.pp55-83)

rozmer 200 mm x 200 mm. Navyše pri materiály z minerálnej vlny platia iné pevnostné požiadavky na prídržnosť ako pri EPS. V experimente je riešený priebeh skúšky a jej vyhodnotenie len na konkrétny materiál polystyrén resp. typ skladby ETICS ktorý bol preverovaný bola skúšaná.

Pôvodná kompozitná konštrukcia ETICS bola zrealizovaná v roku 2008 a povrch fasády bol kolonizovaný mikroorganizmami v podobe rias zeleného sfarbenia a vyšších organizmov v podobe machov. Biokoróziou bola najviac postihnutá severná štítová stena fasády (vid'. Obr. 2).



**Obr. 2 Pohľad na kontamináciu severnej fasády biokoróziou (autor)**

Pôvodná obvodová konštrukcia je vytvorená z tehál plných pálených, na ktoré bola aplikovaná brizolitová omietka. Na pôvodnú fasádu bol zrealizovaný kontaktný zatepľovací systém, ktorý tvorila tepelná izolácia z expandovaného penového polystyrénu hrúbky 50 mm, výstužná vrstva so silikónovou povrchovou úpravou. Pôvodný izolant bol lepený na terče z lepiacej malty s použitím natlákačích rozperných kotiev s plastovým trňom.

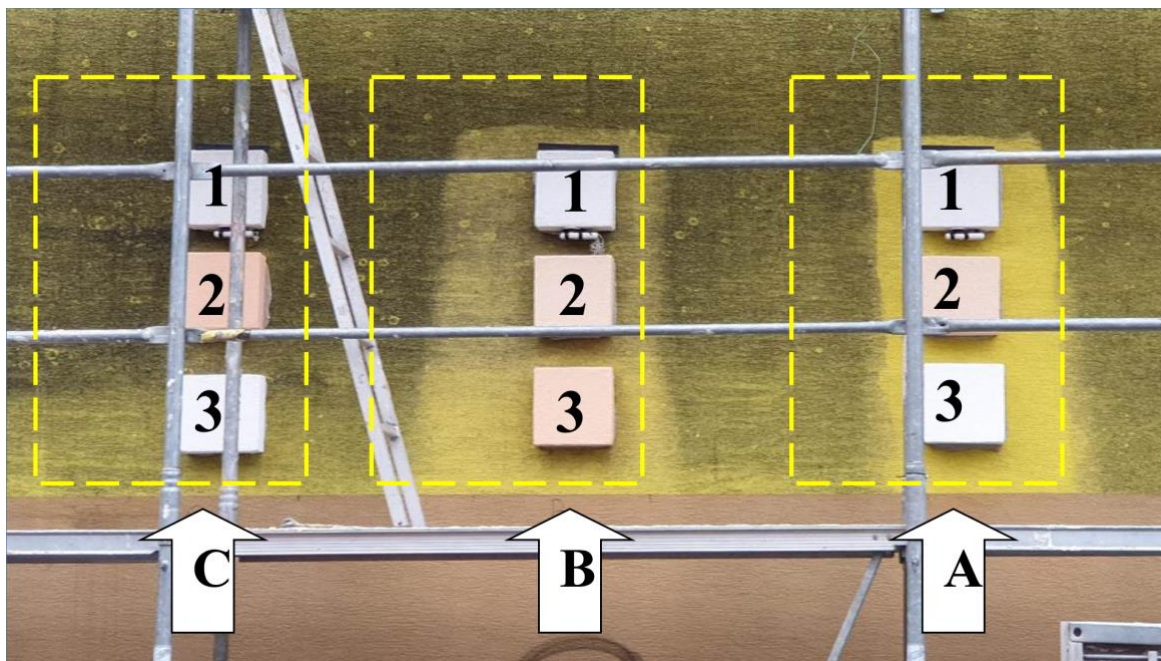
Vykonaný experiment – skúška prídržnosti - ktorého úlohou bolo preverenie závislosti prípravy podkladu od prídržnosti novej vrstvy zateplenia, čím sa predpokladala významnosť čistenia a dekontaminácie pôvodnej omietky.

Experiment pozostával z osadenia troch skupín vzoriek, ktoré predstavovali druhú vrstvu zateplenia/doteplenia, aplikovanú na pripravovaný podklad očistením, dekontamináciou.

Skupina vzoriek konštrukcie doteplenia bola osadená na severnej fasáde s biokoróziou. Aplikčné metódy pre jednotlivé skupiny vzoriek sa však líšili úpravou podkladu pred aplikáciou zdvojeného zateplenia.

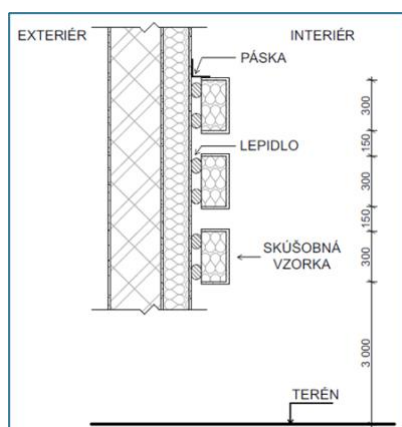
- Pri prvej skupine vzoriek bola uplatnená konzervatívna technológia pre likvidáciu mikroorganizmov, ktorá by mala byť podľa predpokladaných záverov súčasťou normových požiadaviek na prípravu podkladu pod aplikáciu zdvojeného zateplenia. Pôvodný povrch bol čistený chemicky s následným opláchnutím tlakovou vodou.
- V druhej skupine vzoriek bola príprava podkladu vykonaná len s aplikáciou chemických prípravkov na likvidáciu mikroorganizmov bez predchádzajúceho očistenia tlakovou vodou.
- Posledná skupina pozostávala z osadenia trojice vzoriek (doteplenia) na pôvodný povrch ETICS bez úpravy podkladu.

Dĺžka trvania experimentu prebiehala v čase od 5.12.2018 do 28.1.2020, čo predstavuje 419 dní. Cieľom experimentu bolo overenie vplyvu úpravy podkladu pod zdvojené zateplenie in situ.



Obr. 3 Rozmiestnenie vzoriek konštrukcie doteplenia na ETICS in situ (autor)

Z dôvodu simulácie reálnej situácie bol pred osadením vzoriek vykonaný návrh hrúbky doteplenia tak, aby boli splnené aktuálne normové a legislatívne požiadavky na tepelnú ochranu. Pred osadením vzoriek bolo vykonané tepelnotechnické posúdenie novej navrhutej konštrukcie zdvojeného ETICS s hrúbkou izolantu 100mm. Výpočet vzorky novej konštrukcie ETICS bol stanovený na základe parametrov nových izolačných dosiek Capatect Dalmatin [75] – tepelnoizolačné dosky z expandovaného polystyrénu dvojfarebného bielosivého hrúbky 100 mm podľa [74, 6] a omietok novej generácie s vysokou odolnosťou voči biologickým atakom. Rozmery vzoriek vychádzali z teoretického návrhu 300 x 300 mm, ktorý sa používa pri vnemovom výbere napr. farebného stvárnenia fasády objektu.



Obr. 4 Zvislý rez konštrukciou zdvojeného zateplenia so schémou výškového usporiadania vzoriek nad sebou (autor)

Následne boli vzorky zdvojeného zateplenia vrátane pôvodnej konštrukcie odstránené z obvodového plášťa. Odber vzoriek pozostával zo šetrnej demontáže nalepených vzoriek s pôvodnou tepelnou

[doi.org/10.51704/cjce.2024.vol10.iss1.pp55-83](https://doi.org/10.51704/cjce.2024.vol10.iss1.pp55-83)

izoláciou. Demontáž pozostávala z narezania pôvodného zateplenia okolo každej vzorky, pričom vznikli fragmenty o rozmere cca 500x500 mm. Následne boli jednotlivé fragmenty vzoriek odvezené do laboratória.



Obr. 5 Fragment odobratej vzorky fasády (autor)

V laboratóriu sa ďalej zisťovala prídržnosť k podkladu na jednotlivých vzorkách a následne sa vyhodnocovali odtrhové sily. V jednotlivých aplikovaných vzorkách boli po ukončení experimentu in situ predpokladané rozdielne výsledky v prídržnosti k pôvodnému podkladu. Pre účely stanovenia prídržnosti in situ bola zvolená ako najvhodnejšia skúška č. 1 - **prídržnosť základnej vrstvy k tepelnému izolantu**, nakoľko vzorky boli vystavené reálnym cyklom vlhkostných a teplotných zmien počas všetkých ročných období v priebehu roka (cykly striedavého ohrievania a kropenia a cykly striedavého ohrievania a ochladzovania). Za vlhkostné a teplotné zmeny boli považované aj poveternostné podmienky, ktorým bola skúšaná fasáda vystavená po dobu cca 14 mesiacov. Priebeh skúšky v laboratórnych podmienkach bol zaznamenaný a pozostával z dvoch častí:

1. prípravy vzoriek na meranie
2. vlastné merania.

Podrobný technologický postup je znázornený v nasledujúcej tabuľke č. 2.

Tab. 2 Postup skúšky prídržnosti (autor)

	<p><b>1. Odber vzorky po ukončení experimentu</b></p> <p>Pohľad na vzorku zateplenia z objektu odobratú spoločne s vrstvou pôvodnej konštrukcie ETICS.</p>
--	--



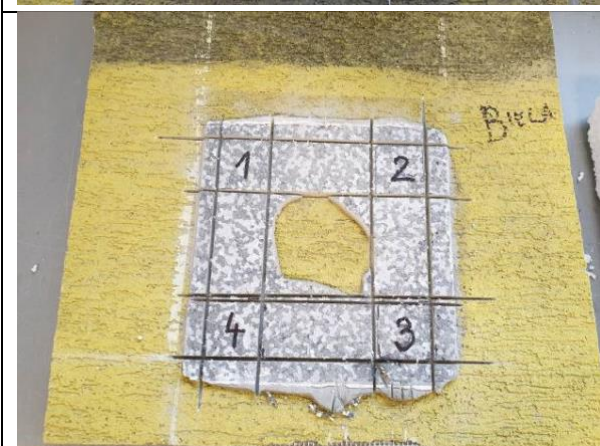
## 2. Odstránenie druhej vrstvy zateplenia

Pohľad na odstránenie tepelnej izolácie (vzorky), ktorá bola aplikovaná na pôvodný ETICS.



## 3. Úprava povrchu vzorky

Pohľad na upravený povrch lepidla. Pred aplikáciou lepidla bolo nutné odstrániť zvyšky polystyrénu a následne vybrať vhodné pozície pre osadenie kovových platničiek (matric). Pôvodným zámerom bolo na každú vzorku osadiť päť matric. Z dôvodu nedostatočnej plochy lepidla sa osadzovali len štyri matrice.



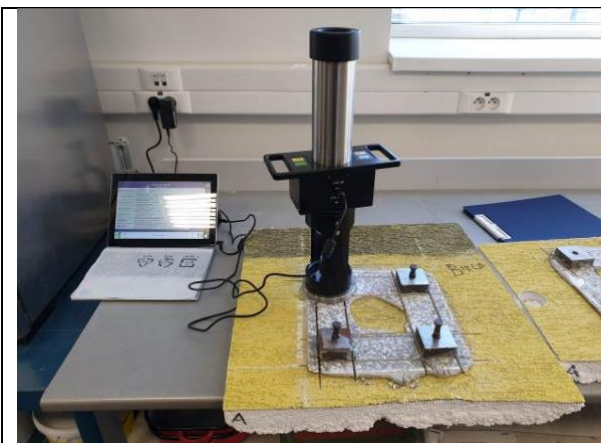
## 4. Prerežanie základnej vrstvy

Na obrázku môžeme vidieť označené pozície pre osadenie kovových platničiek, ktoré sa následne prerežali cez základnú vrstvu až po vrstvu izolantu za pomoci uhlovej brúsky.



## 5. Aplikácia epoxidového lepidla na kovovú maticu

Na obrázku môžeme vidieť aplikáciu lepidla na kovovú maticu (50x50 mm) s následným umiestnením na vopred pripravené a označené pozície.



### 6. Meranie prídržnosti základnej vrstvy k tepelnému izolantu

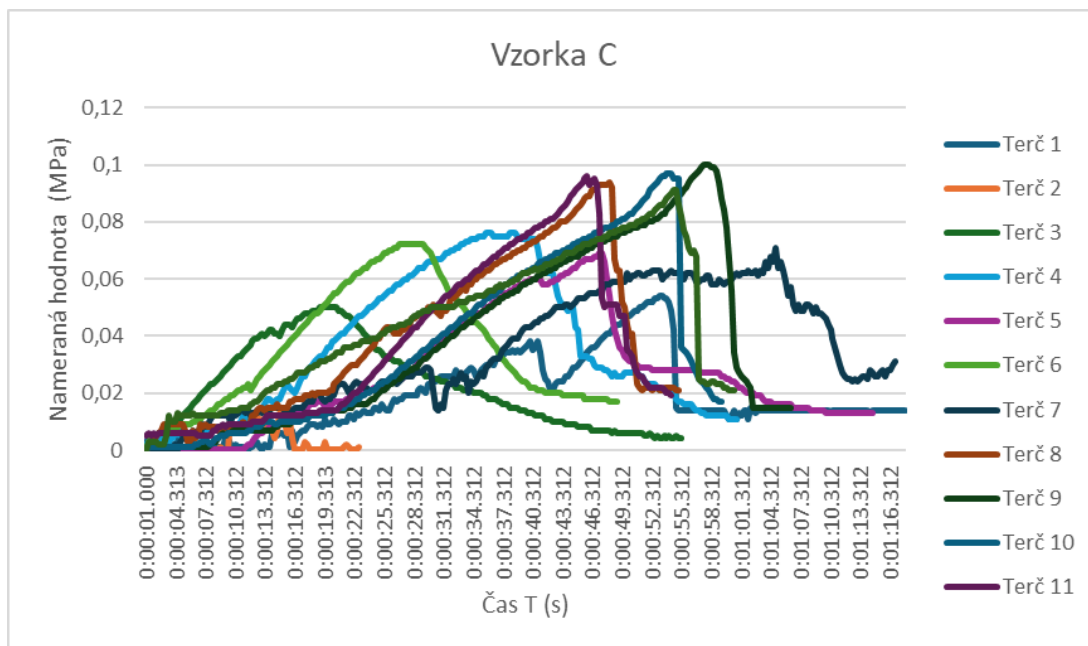
Pohľad na meranie prídržnosti pri rýchlosti narastania ťahovej sily od 1 mm/min do 10 mm/min, pričom sa zaznamenávajú jednotlivé a priemerné hodnoty.



### 7. Prídržnosť medzi podkladom a tepelnou izoláciou

Po vykonaní odtrhov boli pozorované dva javy. Prvým javom bolo porušenie skúšanej vzorky v tepelnej izolácii EPS. Druhým javom bolo porušenie prídržnosti vo vrstve omietky pôvodného ETICS.

Skúška odtrhnutia sa vykonala pomocou certifikovaného prístroja „ConsurTest 5, Serial No. 19763“ a podľa postupu definovaného v ETAG 004. Priebeh napätí v jednotlivých terčoch bol zaznamenávaný a zobrazený v grafe (viď. Obr. 6 ) pre každú hlavnú vzorku (A, B, C).



Obr. 6 Graf priebehu napätia pri odtrhu hlavnej vzorky C - bez úpravy povrchu (autor)

Každá hlavná vzorka pozostávala z trojice vzoriek 1 až 3. Pôvodným zámerom bolo, že na každú vzorku sa osadí päť matric a následne sa bude vyhodnocovať každá päťica zvlášť v zmysle ETAG 004. Po očistení vzorky bolo zistené, že na očistený povrch nebolo možné aplikovať všetkých päť vzoriek, nakoľko nebolo možné matricu uložiť tak, aby bola položená celou plochou na podklade. Ďalším dôvodom boli identifikované trhliny v podkladovom lepidle. Aby nedošlo k skresleniu výsledkov merania z dôvodu porušenia podkladu pod piatou vzorkou, osadzovali sa len štyri matrice.

Pre každú hlavnú vzorku s rôznou úpravou podkladu (A, B a C) sa vykonalo celkovo 12 odtrhov - terčov (viď. Tab. 3). Meranie prídržnosti bolo realizované podľa normových požiadaviek pri rýchlosti narastania ťahovej sily  $10 \pm 1$  mm/min, pričom sa zaznamenávali jednotlivé a priemerné hodnoty merania. Výsledky boli vyjadrené v N/mm<sup>2</sup> (MPa). Priemerná hodnota odtrhnutia sa stanovuje z výsledkov 5 vzoriek. Pre vyhodnotenie priemerných hodnôt bolo z dvanástich odtrhov determinovaných 5 prvých meraní a posledných 5 meraní v každej hlavnej vzorke A, B a C.



Tab. 3 Výsledky skúšky z merania prídržnosti (autor)

Vzorka				Terč č.	Nameraná hodnota [MPa]	Typ poruchy	Priemerná hodnota odtrhnutia [MPa]
Označenie vzorky	Spôsob úpravy povrchu pôvodného zateplenia	Doteplenie /číslo štvorca	Terč č.				
A	Aplikácia biocídneho náteru a čistenie tlakovou vodou	A1	1	0,290	E	0,208	
			2	0,264	E		
			3	0,211	E		
			4	0,190	E		
		A2	5	0,085	E		
			6	0,079	E		
			7	0,097	E		
			8	0,111	E		
		A3	9	0,053	E+	0,077	
			10	0,086	E		
			11	0,080	E		
			12	0,057	E		
B	Aplikácia biocídneho náteru	B1	1	0,014	O	0,063	
			2	0,059	O		
			3	0,083	E		
			4	0,067	O		
		B2	5	0,090	E		
			6	0,097	E		



C	Bez čistenia (úpravy)	B3	7	0,101	E	0,083	
			8	0,090	E		
			9	0,058	E		
			10	0,098	E		
			11	0,090	E		
			12	0,081	E		
	C1	C2	C3	1	0,054	O	0,053
				2	0,014	O	
				3	0,050	O	
				4	0,076	E	
				5	0,069	O	
				6	0,072	O	
7	0,071	O	0,096				
8	0,094	E					
9	0,100	O					
10	0,097	E					
11	0,096	E					
12	0,091	E					

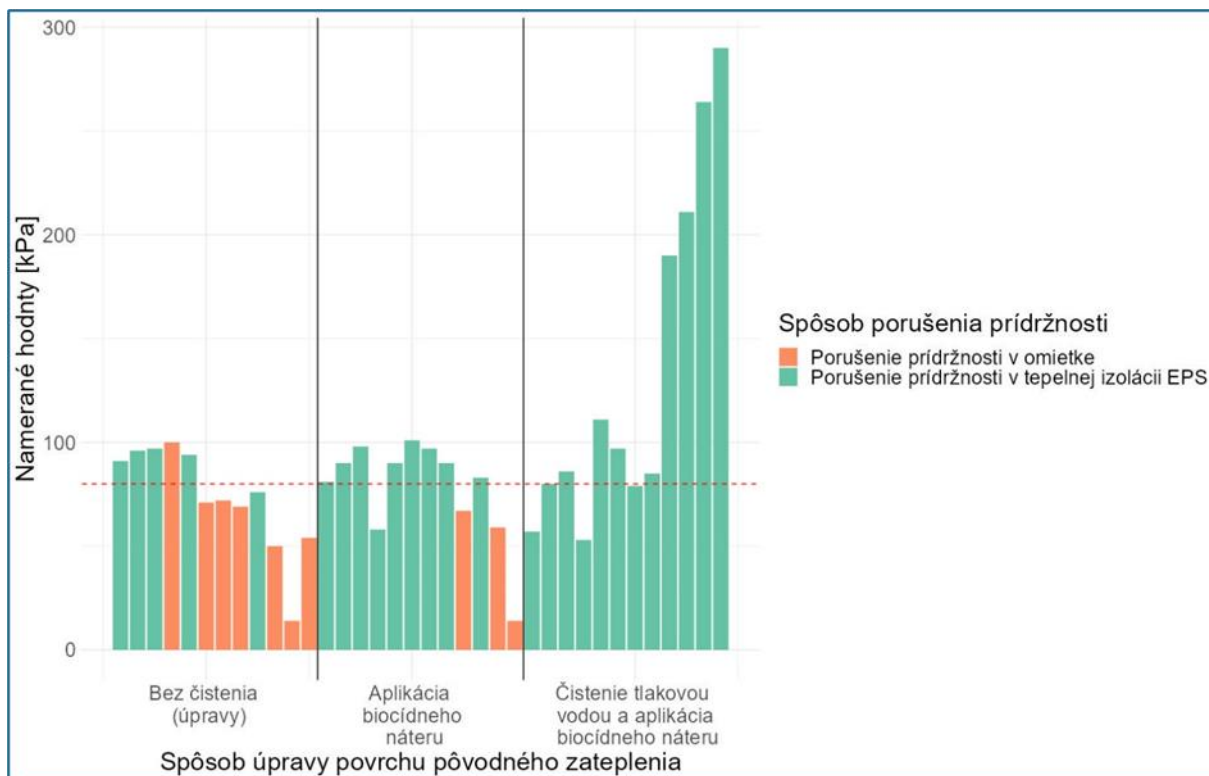
Legenda:

- E** *Porušenie prídržnosti v tepelnej izolácii EPS*
- E+** *Odtřh bol vedený v pozícii rozpernej kotvy. Plocha kotvy prekřývala 40% skúšanej vzorky. Porušenie v tepelnej izolácii EPS*
- O** *Porušenie prídržnosti v omietke*
-  *Prídržnosť splňa normové požiadavky.*
-  *Prídržnosť nesplňa normové požiadavky.*

V prípade, ak by pri skúške došlo k poškodeniu vzorky počas laboratórnych meraní, musel byť údaj nahradený najbližšou nameranou hodnotou (terčom) v poradí. Takáto situácia nenastala v žiadnom skúšobnom terči. Po ukončení skúšky podľa ETAG 004 musí byť priemerná súdržnosť podkladu najmenej 0,2 MPa s tým, že najmenšia jednotlivá prípustná hodnota prídržnosti základnej vrstvy k tepelnému izolantu je minimálne 0,08 N/mm<sup>2</sup> (jedna hodnota môže byť nižšia než 0,08 MPa ale musí byť vyššia ako 0,06 N/mm<sup>2</sup>), alebo musí nastať porušenie v izolante (kohézne porušenie) pokiaľ je súdržnosť menšia než 0,08 N/mm<sup>2</sup>.

#### 4 KOMPARÁCIA ZÍSKANÝCH ÚDAJOV PRÍDRŽNOSTI V ZÁVISLOSTI OD PRÍPRAVY PODKLADU

Primárnym dôvodom experimentu bolo overenie závislosti úpravy podkladu pred aplikáciou „Double ETICS“ na prídržnosť k podkladu. Štúdia sa zameriava nielen na zistené priemerné hodnoty, ale čo je dôležitejšie, na rozptyl týchto hodnôt a faktory úpravy podkladu, ktoré ho ovplyvňujú. Grafická interpretácia výsledkov meraní na hlavnej vzorke A, B a C v terčoch 1-12, s rôznou úpravou pôvodného ETICS je nasledovná (vid'. Obr. 7).



Obr. 7 Porušenie prídržnosti podkladu v závislosti od jeho úpravy (autor)

Základná hypotéza pre vykonanie experimentu bola, že dôslednou úpravou podkladu resp. jeho čistením dôjde k lepšej adhézii nových vrstiev DOUBLE ETICS. Prvotné závery sú interpretované nasledovne:

##### Podklad A - s realizáciou čistenia tlakovou vodou a aplikáciu biocídneho náteru

Obidve vzorky (A1 a A3 podľa Tab. 3) sú pozitívne hodnotené ako vhodné pre realizáciu „Double ETICS“. Pri oboch vzorkách došlo ku kohéznemu porušeniu v tepelnej izolácii na báze EPS (vid'. Tab. 3). Uvedené porušenie je v súlade s ETAG 004.

##### Podklad B - s aplikáciu biocídneho náteru

Na uvedených vzorkách došlo k zisteniu, že i napriek aplikácii biocídneho náteru bola len jedna vzorka pozitívna. Na dolnej vzorke B3 (vid'. Obr.3) došlo ku kohéznemu porušeniu v tepelnej izolácii na báze EPS (vid'. Tab. 3), ktorá by slúžila ako vhodný podklad na realizáciu „Double ETICS“. Podľa hornej vzorky B1 je podklad nevhodný na realizáciu „Double ETICS“. Pri meraní došlo k adhéznomu porušeniu v omietke na troch terčoch a priemerná hodnota súdržnosti bola len na hodnote 0,06 MPa.

## Podklad C - bez čistenia

Na fasáde bez čistenia sa predpokladalo, že povrchová úprava bude predurčovať podklad ako nevhodný pre realizáciu „Double ETICS“. Na hlavnej vzorke C došlo k zisteniu, že i keď povrch finálnej omietky fasády zostal bez akejkoľvek prípravy - čistenia, bola vzorka C3 (jedna vzorka pozostáva z 5 terčov) vyhovujúca normovým požiadavkám. Na vzorke č. C3 došlo na 4 terčoch (terč č. 8, 10, 11, 12) ku kohéznemu porušeniu v tepelnej izolácii na báze EPS (viď. Tab. 3). Na terči č. 9 došlo k porušeniu v omietke, pričom nameraná hodnota dosahovala 0,1 MPa. Podľa ETAG 004 je najmenšia jednotlivá prípustná hodnota prídržnosti základnej vrstvy k tepelnému izolantu minimálne 0,08 MPa, čím bola splnená podmienka prídržnosti i pre piaty terč.

## 5 VÝSLEDKY EXPERIMENTU

Korelácia prípravy podkladu k dotepeniu bola experimentom in situ preukázaná. Čistenie tlakovou vodou a aplikácia biocídneho náteru mala pozitívny vplyv na prídržnosť podkladových vrstiev ako podkladu pre realizáciu „Double ETICS“.

Úpravu podkladu v podobe aplikácie biocídneho náteru (hlavná vzorka B) resp. jeho zanedbanie je možné podľa preukazných výsledkov meraní v absolútnej hodnote považovať za negatívny vplyv na prídržnosť vrstiev dotepenia k pôvodnému podkladu. Podľa priemernej hodnoty získaných výsledkov v zmysle ETAG (viď. Tab. 3) je však možné uvažovať s 50 % účinnosťou prípravy podkladu biocídom.

Vyhovujúce (resp. pozitívne) hodnoty prídržnosti k podkladu boli zistené pri oboch hlavných vzorkách B a C, avšak vždy na dolnej vzorke č. B3 a C3. Uvedená skutočnosť môže byť ovplyvnená zisteným množstvom KJT vyskytujúceho sa mikrobiologického materiálu na  $\text{cm}^2$  pred aplikáciou konkrétnej vzorky. Na základe porovnania priemerných hodnôt prídržnosti dolných a horných vzoriek B a C bol zistený rozdiel: 0,02 MPa pri vzorke B a dokonca 0,043 MPa pri vzorke C.

Uvedené zistenie nemusí mať pri množstve vykonaných meraní štatisticky významný vplyv na výsledky experimentu. Pre ozrejmenie príčin tohto javu by bolo potrebné vykonať ďalšie merania s vyhodnotením anomálií.

Platné štandardy predpisujú typ skúšok, ktoré sa majú vykonať. Tieto skúšky vychádzajú z meraní aplikovaných v laboratórnych podmienkach. V prípade aplikácie skúšok in situ sú zistené problémy v dvoch rovinách:

- Prvým problémom je pozícia odberu vzoriek vo vzťahu k fasáde (dolná časť fasády, horná časť fasády, povrch s najmasívnejšou kontamináciou rias, vzdialenosť vzoriek medzi sebou atď.). Pri experimente bol pri odbere vzoriek bez ohľadu na úpravu podkladu zistený výrazný rozdiel vo vlastnostiach podkladu. Vzorky vo vertikálnom smere (vzdialené cca 500 mm) s rovnakou úpravou podkladu mali namerané rozdiely v prídržnosti. Tento rozdiel (bez metodického regulovania polohy aplikácie vzorky) môže vplyv na rozhodnutie, či je fasáda vhodná alebo naopak nevhodná pre realizáciu DOUBLE ETICS.
- Druhým problémom je v metodicky neregulovanom počte vykonaných meraní. V prípade, že by bol počet meraní ponechaný len na jednej 5-tici (t.zn. napríklad len vzorka C1 s terčami 1-5), nemusí sa vždy odhaliť nedostatočná prídržnosť posudzovaného podkladu.

## 6 DISKUSIA

Táto experimentálna štúdia je založená na údajoch získaných z budovy vo fáze prevádzky. Z toho vyplýva, že správanie testovaných komponentov je ovplyvnené okrajovými podmienkami, ako:

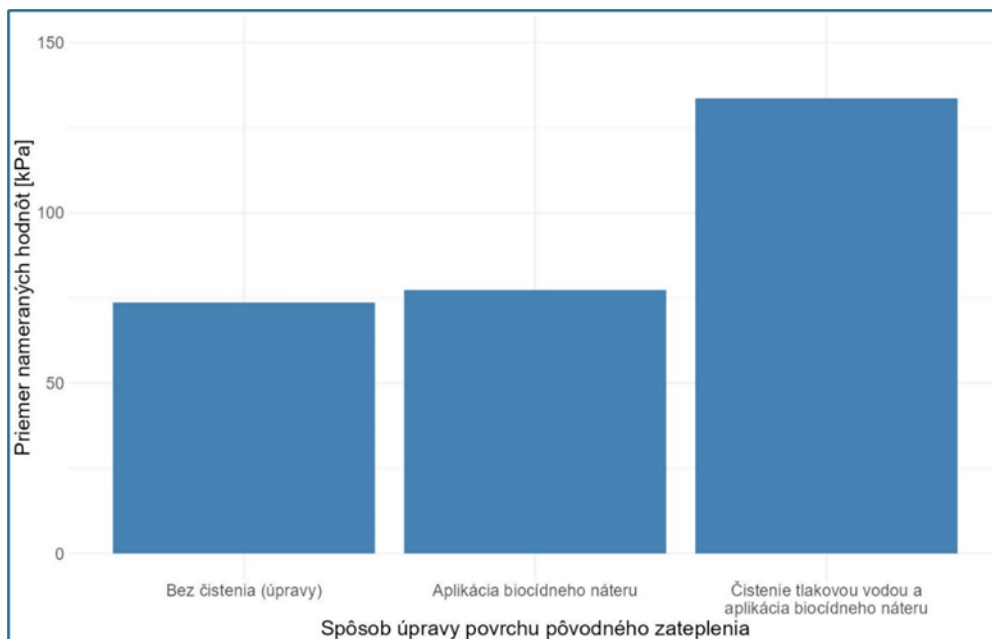
- neznáma počiatočná kvalita materiálov,
- ich skutočné aplikačné podmienky,
- pôvodný podklad (obvodový plášť),
- expozícia fasády,
- vek budovy a údržba.

Výsledky týchto testov nie je možné zovšeobecniť, pretože vytvorené okrajové podmienky by mohli byť pri každej skupine získaných výsledkov z iných fasád, osobitné, špecifické, ovplyvnené práve rozdielnymi okrajovými podmienkami. Dostupné údaje však predstavujú zaujímavú príležitosť na vypracovanie štatistického portréту adhézneho sily, ktorú možno skutočne merať na fasáde budovy s aplikáciou ETICS. Štúdia sa zameriavala nielen na zistenie priemerných hodnôt, ale čo je dôležitejšie, na rozptyl týchto hodnôt a faktory úpravy podkladu, ktoré ho ovplyvňujú.

Výsledky meraní a závery prechádzajúcej kapitoly vychádzajú pri vyhodnotení počtu vzoriek z normových požiadaviek na prídržnosť a požiadaviek ETAG 004. Nakoľko predmetom výskumu nie sú laboratórne vzorky, ale objekt so vzorkami in situ, experimentálne boli do celkového vyhodnotenia meraní zahrnuté všetky 12 nameraných hodnôt odtrhu v každej hlavnej vzorke (A, B, C). Očakávané výsledky sú uspokojivé. Na každej skupine vzoriek A, B a C bolo vykonané porovnanie priemerných nameraných hodnôt prídržnosti k podkladu na základe spôsobu úpravy povrchu (viď. Tab. 2). Pri porovnaní priemerných nameraných hodnôt prídržnosti k podkladu bolo zistené:

- rozdiel medzi vzorkou C a B je iba 3,67 kPa.
- rozdiel priemerných hodnôt prídržnosti medzi vzorkami A a B bol signifikantne vyšší o 56,25 kPa.

Z prvoplánového vyhodnotenia nameraných hodnôt sa javí, že technológia dekontaminácie biocídnym náterom bez ďalšieho čistenia nemala prakticky žiaden vplyv na prídržnosť k podkladu. Avšak vzorka, ktorá mala podklad pripravený na aplikáciu dotepenia technológiou dekontaminácie a následného čistenia tlakovou vodou vykazuje v priemere aj jednotlivito výrazne lepšie výsledky prídržnosti.



**Obr. 8** Stĺpcový graf priemerných nameraných hodnôt prídržnosti lepiacej malty v závislosti od prípravy podkladu (autor).

Legenda: C - Vzorka bez čistenia - 73,66 kPa, B - Vzorka s aplikáciou biocídneho náteru - 77,33 kPa, A - Vzorka upravená tlakovou vodou a aplikáciou biocídneho náteru - 133,58 kPa

Obr. 9 zobrazuje štatisticky identifikované hodnoty prídržnosti pri rôznych povrchových úpravách ETICS. Štatistické zobrazenie rozptylu voči mediánu potvrdzuje rovnaké závery interpretované ako pri predchádzajúcom grafickom zobrazení (viď. Obr.8):

- Napriek tomu, že prídržnosť dosahovala vyššie hodnoty pri hlavnej vzorke A (kombinácia biocídov a čistenia tlakovou vodou), pozorujeme aj značne vyšší rozptyl voči mediánu oproti hlavným vzorkám B a C.
- Porovnaním zisteného rozptylu a nameraných hodnôt odtrhov na vzorkách A bolo zistené, že napriek úprave povrchu vo vzorke B došlo k porušeniu až v 12 prípadoch v EPS. V kombinácii so zvýšeným rozptylom nameraných hodnôt, to môže naznačovať nehomogenitu podkladovej vrstvy z EPS z akýchkoľvek dôvodov (napr. penetrácie mikroorganizmov do súvrstvia, sublimácia polystyrénu a pod.).
- Na vzorkách B a C boli nástrojom boxplot identifikované extrémne nízke hodnoty prídržnosti iba 14 kPa, kde došlo i napriek rozdielnym povrchovým úpravám k rovnakej nízkej prídržnosti podkladu. V oboch prípadoch došlo k porušeniu prídržnosti v omietke pôvodného zateplenia.

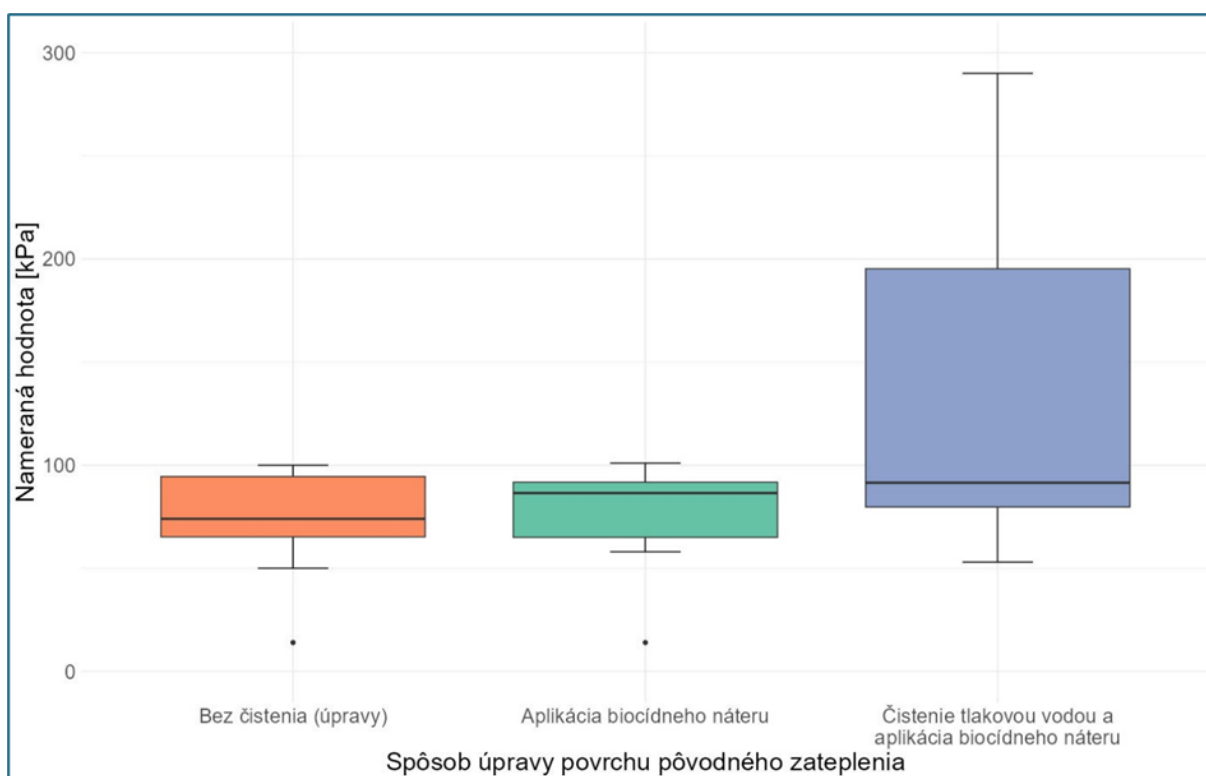
Interes by si zaslúžil v ďalšom výskume fakt, že vzorky osadené na najvyšších pozíciách od úrovne terénu mali podľa Tab. 3 najnižšie hodnoty pri odtrhovej skúške. Na vzorke A bola priemerná prídržnosť hornej vzorky 0,208 MPa. Pri ostatných 5-ticich vzoriek dosahovala priemerná súdržnosť do 0,1 MPa. Zaujímavosťou je, že spomedzi všetkých skupín meraní (jedna skupina predstavuje 5 terčov) bola ako druhá najvyššia priemerná hodnota (0,096) MPa nameraná na vzorke C3 (bez akejkoľvek úpravy podkladu) (viď. Obr.10).

Porovnanie priemerov nameraných hodnôt z hornej časti fasády a dolnej časti fasády každej vzorky A,B a C je zobrazené na Obr. 3. Uvedený graf predstavuje v Tab.3 vzorky evidované ako terč č.1 až 5 (horné vzorky) a ako terč č.8 až 12 (dolné vzorky) .

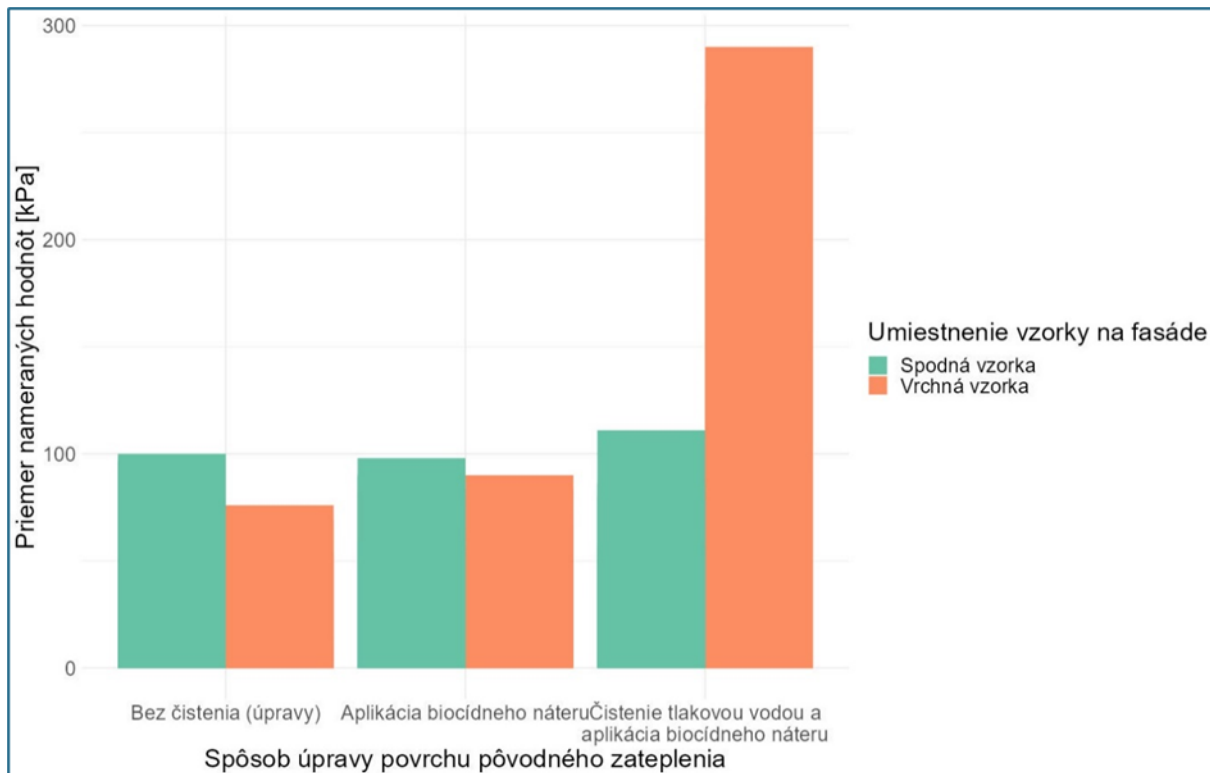
Podľa priemeru nameraných hodnôt prídržnosti k podkladu bolo zistené, že v rámci vzoriek z dolnej časti fasády nie sú medzi jednotlivými vzorkami A, B a C výrazné rozdiely. Uvedený výsledok opäť prvoplánovo evokuje, že úprava povrchu fasády nemala zásadný vplyv na prídržnosť k podkladu. Naopak rozdiely medzi priemermi v hornej časti fasády naznačujú, že aplikácia biocídneho náteru s následným očistením tlakovou vodou (vzorka A) mala v hornej časti fasády pozitívny vplyv na priemernú prídržnosť nových vrstiev dotepenia k podkladu.

V zmysle regionálnych štandardov [51] je stanovená požiadavka, že priemerná súdržnosť podkladu musí byť min. 200 kPa s tým, že najmenšia jednotlivá prípustná hodnota musí byť 80 kPa pre pôvodný ETICS a tiež zdvojený ETICS. Norma pripúšťa, že v prípade keď dôjde k odtrhnutiu vo vrstve EPS je možné považovať odtrh za priaznivý aj za predpokladu, že nameraná hodnota bola nižšia ako 80 kPa.

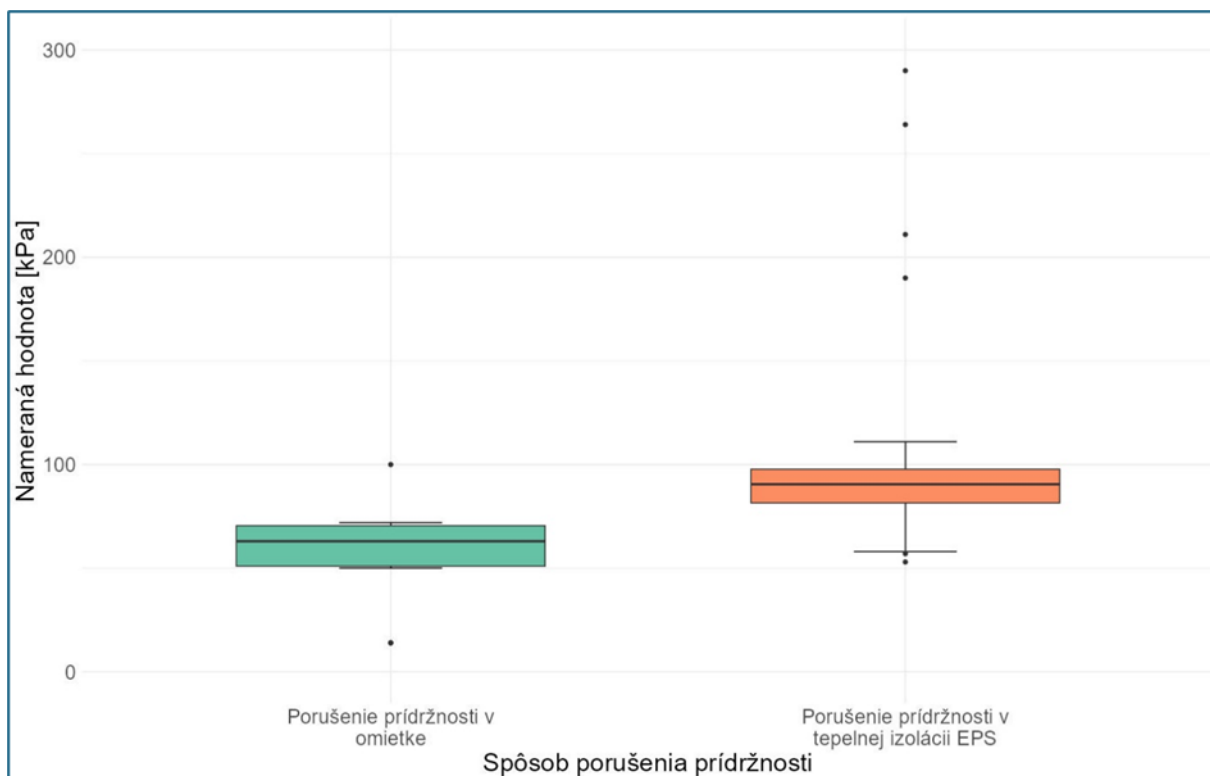
Z nameraných hodnôt in situ bolo zistené, že hodnoty prídržnosti v prípade odtrhu v EPS dosahujú požadovanú hodnotu 200 kPa len zriedka. Z grafu je vidieť (viď. Obr.11), že merania dosahujúce hodnoty blízke požadovanej hodnote 200 kPa boli vyhodnotené ako extrémne merania.



**Obr. 9** Krabicový graf – Vyjadrenie priemerných nameraných hodnôt prídržnosti lepiacej malty v závislosti od prípravy podkladu (autor).



**Obr. 10** Stĺpcový graf – Vyjadrenie priemerných hodnôt prídržnosti lepiacej malty k podkladu v závislosti od prípravy podkladu (autor).



**Obr. 11** Krabicový graf – Vyjadrenie nameraných hodnôt prídržnosti lepiacej malty k podkladu v závislosti od polohy porušenia v súvrství (autor).

## 7 ZÁVER

Realizovaný výskum korelácie medzi prídržnosťou lepiacej malty a technológiou prípravy podkladu pôvodného povrchu ETICS s biologickou kontamináciou preukázal očakávané výsledky. Problémom stability doteplenia je okrem iného práve biologické napadnutie omietok na pôvodnom zateplení. Vo všeobecnosti výskum preukázal významnosť zaoberania sa touto problematikou. Konkrétnym záverom je významnosť prípravy podkladu konzervatívnou technológiou dekontaminácie v kombinácii s čistením tlakovou vodou.

Avšak bez implementácie výsledkov z výskumu do metodiky hodnotenia kvality prípravy podkladu, s následným zaradením do normových požiadaviek nebude možné pri výbere tohto sanačného opatrenia na existujúce ETICS zabezpečiť stabilitu a funkčnosť konštrukcie DOUBLE ETICS.

### Podakovanie

Tento článok vznikol v súvislosti grantovým riešením VEGA 1/0118/23: Variantné technické riešenia zdrojov tepla/chladu a energetických systémov v budovách pomocou stavebných konštrukcií s integrovanými energeticky aktívnymi prvkami využívajúcich OZE voči fosílnym palivám v kontexte energetickej bezpečnosti a sebestačnosti budov v EÚ.

This research is supported by the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic through the grant VEGA 1/0118/23.



## Použitá literatura

- [1] DINGOVÁ, A. (2021). *Na Slovensku sa zatepluje už 30 rokov*. Správa Budov. [Online]. Available at: <https://www.asb.sk/development/na-slovensku-sa-zatepluje-uz-30-rokov>
- [2] MDaV SR. (2020). *Dlhodobá stratégia obnovy fondu budov*. [Online]. Available at: [https://energy.ec.europa.eu/system/files/2021-02/sk\\_2020\\_ltrs\\_0.pdf](https://energy.ec.europa.eu/system/files/2021-02/sk_2020_ltrs_0.pdf)
- [3] BLAICH, J. (2001). *Poruchy stavieb*. Bratislava: Jaga.
- [4] ŠÁLA, J. & MACHATKA, M. (2002). *Zateplování v praxi*. Praha: Grada.
- [5] STERNOVÁ, Z. a kol. (2016) *Zásady navrhovania a zhotovovania zdvojenia ETICS, Technická informácia č.3*. Bratislava: Jaga group.
- [6] EURÓPSKY PARLAMENT A RADA EURÓPSKEJ ÚNIE. (2012). *Smernica Európskeho parlamentu a Rady č. 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti, ktorou sa menia a dopĺňajú smernice 2009/125/ES a 2010/30/EÚ a ktorou sa zrušujú smernice 2004/8/ES a 2006/32/ES*. Brusel.
- [7] AMARO, B.; SARAIVA, D.; DE BRITO, J. & FLORES-COLEN, I. (2013). Inspection and diagnosis system of ETICS on walls. *Constr. Build. Mater.* roč. 47. s. 1257–1267. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.024>
- [8] CHEPLE, M. & HUELMAN, P. H. (2000). *Conceptual Reference Database for Building Envelope Research, Literature review of exterior insulation finish systems and stucco finishes*. Cit: 01. február 2024. [Online]. Available at: <https://users.encs.concordia.ca/~raojw/crd/reference/reference000707.html>
- [9] O'BRIEN, J.; MCKELVEY, J. L.; & RIMMER, J. W. (1996). The effect of 10 years exterior exposure on the dirt pickup resistance and durability of textured acrylic finishes used in exterior insulation finish systems (EIFS). *ASTM Spec. Tech. Publ.*, roč. 1269, s. 49–65.
- [10] POSEY, J.B. & VLOOSWYK, J. A. (1996). Exterior insulation finish system (EIFS). *Canadian Field Perform.*, s. p.3-20.
- [11] SWAYER, G. L. (1996). When it works, when it does not. Exterior insulation finish system. *Am. Society Test. Mater.*, s. 21–5.
- [12] PAŠEK, J. (2007). *Spolehlivost a trvanlivost kontaktních zateplovacích systémů obvodových pláštů panelových budov*. Ostrava.
- [13] BARREIRA, E.; DELGADO, J. M. P. Q.; RAMOS, N. M. M.; & DE FREITAS, V. P. (2013). Exterior condensations on façades: numerical simulation of the undercooling phenomenon", *J. Build. Perform. Simul.* roč. 6. č. 5. s. 337–345. doi: <https://doi.org/10.1080/19401493.2011.560685>
- [14] FLORES-COLEN, I., DE BRITO, J.; & DE FREITAS, V. P. (2008). Stains in facades' rendering – Diagnosis and maintenance techniques' classification. *Constr. Build. Mater.* roč. 22. č. 3. s. 211–221. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.08.023>
- [15] GARCEZ, N.; LOPES, N.; DE BRITO, J. & SILVESTRE, J. (2012). System of inspection, diagnosis and repair of external claddings of pitched roofs. *Constr. Build. Mater.* roč. 35. s. 1034–1044. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.06.047>
- [16] POSEY, J. B. & VLOOSWYK, J. A. (1996). EIFS: Canadian field performance. *ASTM Spec. Tech. Publ.* roč. 1269. s. 3–20. doi: <https://doi.org/10.1520/stp39208s>
- [17] NÁRODNÁ RADA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. (1998). *Zákon 90/1998 Z.z. o stavebných výrobkoch*.
- [18] STN 73 2901: 2023 *Zhotovovanie vonkajších tepelnoizolačných kontaktných systémov (ETICS)*.

- [19] AMARO, B.; SARAIVA, D.; DE BRITO, J. & FLORES-COLEN, I. (2013). Inspection and diagnosis system of ETICS on walls. *Constr. Build. Mater.* roč. 47. s. 1257–1267. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.024>
- [20] GREGUŠ, M. (2010). *Technologické riziká pri realizácii kontaktných zateplovacích systémov*. Bratislava.
- [21] STERNOVÁ, Z. (1999). *Zatepl'ovanie budov – Tepelná ochrana*. Bratislava: Jaga.
- [22] SLOBODA, P. (2017). *Nejčastejší nedostatky při provádění vnějších tepelně izolačních kontaktních systému (ETICS) a jejich následné poruchy*. Olomouc: S-Therma.
- [23] FERREIRA, C.; SILVA, A.; DE BRITO, J.; DIAS, I. S. & I. FLORES-COLEN, I. (2021). Condition-Based Maintenance Strategies to Enhance the Durability of ETICS. *Sustainability*. roč. 13. č. 12. č. 12. doi: <https://doi.org/10.3390/su13126677>
- [24] SHOHET, I. M.; & PACIUK, M. (2004). Service life prediction of exterior cladding components under standard conditions. *Constr. Manag. Econ.* roč. 22. č. 10. s. 1081–1090. doi: <https://doi.org/10.1080/0144619042000213274>
- [25] SAASSOUH, B. & ALOUNIS, Z. (2012). Probabilistic modeling of chloride-induced corrosion in concrete structures using first- and second-order reliability methods. *Cem. Concr. Compos.*, roč. 34. č. 9. s. 1082–1093. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2012.05.001>
- [26] GARCÍA-SEGURA, T.; YEPES V.; FRANGOPOL, D. M. & YANG, D. Y. (2017). Lifetime reliability-based optimization of post-tensioned box-girder bridges. *Eng. Struct.* roč. 145. s. 381–391. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.05.013>
- [27] YANG, D. Y. & FRANGOPOL, D. M. (2018). Probabilistic optimization framework for inspection/repair planning of fatigue-critical details using dynamic Bayesian networks. *Comput. Struct.* roč. 198. s. 40–50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2018.01.006>
- [28] KIM, S. & FRANGOPOL, D. M. (2018). Multi-objective probabilistic optimum monitoring planning considering fatigue damage detection, maintenance, reliability, service life and cost. *Struct. Multidiscip. Optim.* roč. 57. č. 1. s. 39–54. doi: <https://doi.org/10.1007/s00158-017-1849-3>
- [29] SHOHET, I. M. & NOBILI, L. (2016). Enterprise resource planning system for performance-based-maintenance of clinics. *Autom. Constr.* roč. 65. s. 33–41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.01.008>
- [30] SHOHET, I. M. & NOBILI, L. (2017). Application of key performance indicators for maintenance management of clinics facilities. *Int. J. Strateg. Prop. Manag.* roč. 21. č. 1. Art. č. 1. doi: <https://doi.org/10.3846/1648715X.2016.1245684>
- [31] MORGADO, J.; FLORES-COLEN, I.; DE BRITO, J. & SILVA, A. (2017). Maintenance Planning of Pitched Roofs in Current Buildings. *J. Constr. Eng. Manag.* roč. 143. č. 7. s. 05017010. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001316](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001316)
- [32] SHARIF, S. A. & HAMMAD, A. (2019). Developing surrogate ANN for selecting near-optimal building energy renovation methods considering energy consumption, LCC and LCA. *J. Build. Eng.* roč. 25. s. 100790. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100790>
- [33] KWON, N.; SONG, K.; AHN, Y.; PARK, M. & JANG, Y. (2020). Maintenance cost prediction for aging residential buildings based on case-based reasoning and genetic algorithm. *J. Build. Eng.* roč. 28. s. 101006. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.101006>
- [34] REMEŠ, H. (2012). *Trvanlivost a sanace vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů*. Disertační práce. [Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební]. Brno. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/34638>

- [35] ANTOŠOVÁ, N. (2013). *Analýza poznania príčin a technológií riešení biokorózie ETICS a model zabezpečenia ich rezistencie*. Bratislava.
- [36] KORVINY, P. (c 2017 - 2025). *Teoretické základy víckriteriálneho rozhodovania*. [online]. Dostupné z: [https://korviny.cz/Korviny/soubory/teorie\\_mca.pdf](https://korviny.cz/Korviny/soubory/teorie_mca.pdf)
- [37] MENDES SILVA, J. A. R. & FALORCA, J. (2009). A model plan for buildings maintenance with application in the performance analysis of a composite facade cover. *Constr. Build. Mater.* roč. 23. č. 10. s. 3248–3257. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.05.008>
- [38] KÜNZEL, H. KUENZEL, H. M. & SEDLBAUER, K. (2006). Long-term performance of External Thermal Insulation Systems (ETICS). *Architectura*. roč. 5.
- [39] ANTOŠOVÁ, N. (2016). *Riasy na obnovovaných budovách – príčiny a riešenia*. ASB.sk. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o. Cit: 15. február 2024. [Online]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/sprava-budov/rias-y-na-obnovovanych-budovach-priciny-a-riesenia>
- [40] BÜCHLI, R. & RASCHLE, P. (2015). *Algen und Pilze an Fassaden*. Düsseldorf: Fraunhofer IRB Verlag. doi: <https://doi.org/10.51202/9783816792758>
- [41] HOFBAUER, W. K.; BREUER, K. & SEDLBAUER, K. (2003). Algen, Flechten, Moose und Farne auf Fassaden. *Bauphysik*. roč. 25. č. 6. s. 383–396. doi: <https://doi.org/10.1002/bapi.200301660>
- [42] WASSERBAUER, R. (2024). *Biologické znehodnocení staveb - Online katalog Univerzitní knihovny Pardubice*. Cit: 15. február 2024. [Online]. Dostupné z: <https://katalog.upce.cz/records/78235df9-3cad-4655-8cf8-33da171f39eb?locale=cs>
- [43] KAPUSTA, M. & KOVÁČIK, Ľ. (2000). Epilitická fykoflóra vybraných antropogénnych objektov mesta Bratislavy. *Bull. Slov. Bot. Spol. SAV*. č. 22. s. 15–22.
- [44] UHER, B. & KOVACIK, L. (2004). Epilitické cyanobaktérie a riasy v podzemnom Mauzóleu Chatam Sófer Epilithic cyanobacteria and algae in subterrean Mausoleum Chatam Sófer. *Bull. Slov. Bot. Spolocnosti*. roč. 10. s. 83–86.
- [45] SEDLBAUER, K. (2002). *Unwanted Biological Growth in and around Buildings. Things that grow on and in buildings*. Rosenheim: Rosenheimer Fenstertage.
- [46] KORJENIC, A.; STEUER, R.; ŠŤASTNÍK, S.; VALA, J. & T. BEDNAR, T. (2009). Beitrag zur Lösung des Problems der Algenbildung auf Außenwänden mit Wärmedämmverbundsystemen (WDVS). *Bauphysik*. roč. 31. č. 6. s. 343–353. doi: <https://doi.org/10.1002/bapi.200910045>
- [47] YONG, M.E. (1997). *The Scott Sutherland School of Architecture and Built Environment*.
- [48] LEDEREROVÁ, J. a kol. (2009). *Biokorózní vlivy na stavební díla*. Praha: Silikátový svaz. ISBN 978-80-86821-50-4.
- [49] BREUER, K. a kol. (2012). Wirkstoffauswaschung aus hydrophoben Fassadenbeschichtungen: verkapselte versus unverkapselte Biozidsysteme. v Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, *Bauphysik*. č. 34. Berlin.
- [50] BELÁNIOVÁ, B. (2020). *Patológia kontaktných zateplovacích systémov, Analýza využitia technológie "Double ETICS" na zateplenie s biokoróziou*. Dizertačná práca. [Stavebná fakulta STU v Bratislave]. Bratislava.
- [51] STN 73 2902: *Vonkajšie tepelnoizolačné kontaktné systémy (ETICS). Navrhovanie a zhotovovanie mechanického pripevnenia na spojenie s podkladom*.

- [52] ETAG 004 *Vonkajšie zložené tepelnoizolačné systémy s omietkou (ETICS)*, Európska organizácia pre technické osvedčovanie.
- [53] WERDE, K. (2011). *European Coatings CONFERENCES Novel biocide technology V. Proceeding, 12. apríl 2011*. Berlín.
- [54] KRUS, M. & RÖSLER, D. (2011). Hygrothermische Berechnung der Einsatzgrenzen unterschiedlicher Systeme bei der Aufdoppelung von Wärmedämmverbundsystemen. *Bauphysik*. roč. 33. č. 3. s. 142–149. doi: <https://doi.org/10.1002/bapi.201110017>
- [55] PETRO, M. (2013). *Kontaktne zatepl'ovacie systémy (ETICS) - Poruchy a ich odstránenie*. Brno: Tribun EU.
- [56] ZVERINA, A. (2015). Možnosti nedestruktivní diagnostiky ETICS. In: *ExFoS - Expert Forensic Sci. XXIV Mezinár. Věd. Konf. Soud. Inž.*.
- [57] KALOUSEK, M. (2004). Termovizní diagnostika betonových konstrukcí. *Sanace Betnových Konstr.* roč. 17. č. 1. s. 31.
- [58] ZACH, J. & HORKÝ, O. (2007). Monitorování vlhkostního obsahu ve zdivu pomocí infračervené termografie. *TZB-Info*. roč. 2007. č. 12.
- [59] POČINKOVÁ, M. & RUBINOVÁ, O. (2007). Infračervená termografie ve stavebnictví. *TZB-Info*. roč 2007. č.12.
- [60] NATHAN, I. (1992). *Mikrowawe NDT*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- [61] STACHEMA CZ s.r.o.. (2018). *SYSTÉMOVÉ ŘEŠENÍ MONTÁŽE ETICS – Technologický předpis*. [Online]. Dostupné z: <https://www.stachema.cz/storage/app/uploads/public/63c/ede/e54/63cedee54abb9405194343.pdf>
- [62] LOY, H.-M. & COLEMAN, P. (2006). A 21st century approach to the condition surveying of building services systems. *J. Build. Apprais.* roč. 2, č. 2, s. 161–170. doi: <https://doi.org/10.1057/palgrave.jba.2940049>
- [63] ISO 15686-7:2006(en), *Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice*. Cit: 16. február 2024. [Online]. Dostupné z: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15686:-7:ed-1:vl:en>
- [64] FLORES-COLEN, I.; BRITO, J. & FREITAS, V. (2011). On-Site Performance Assessment of Rendering Façades for Predictive Maintenance. *Struct. Surv.* roč. 29. s. 133–146. doi: <https://doi.org/10.1108/02630801111132812>
- [65] HERTLEIN, B. (1999). Predictive maintenance - What should be in a condition database. *8th DBMC Inst. Res. Constr. Ott. Can.* s. 1203-1212.
- [66] STRAUB, A. (2002). Using a condition-dependent approach to maintenance to control costs and performances”, *J. Facil. Manag.* č. 14 s. 380-395. roč. 1. doi: <https://doi.org/10.1108/14725960310808079>
- [67] FLORES-COLEN, I.; BRITO, J. & FREITAS, V. (2006). Expedient in situ test techniques for predictive maintenance of rendered façades. *J. Build. Apprais.* roč. 2. s. 142–156. doi: <https://doi.org/10.1057/palgrave.jba.2940047>
- [68] FLORES, I. (2002). *Maintenance strategies - Envelope's elements of current buildings* [in Portuguese]. roč. Master Thesis in Construction. [Tech. Univ. Lisbon]. 186 s. Portugal.
- [69] RODRIGUES, R.C. (1996). Design and diagnosis of pathologies in buildings (in Portuguese). In: *Proc. 4th Meet. Civ. Constr. - Maint. Rehabil. Build.* Porto. Portugal.
- [70] BRANCO, B. & DE BRITO, J. (2005). *Handbook of concrete bridge management*. Am. Soc. Civ. Eng. Press. 468 s. USA.

- [71] FLORES-COLEN, I.; SILVA, I.; DE BRITO, J. & FREITAS, V. (2010) In-Service Parameters From Façade Rendering Mortars: Bulk Density and Open Porosity Determined From Samples Collected In Situ, *Struct. Surv.* roč. 28. s. 17–27. doi: <https://doi.org/10.1108/02630801011040833>
- [72] JHUGHES, J. J. & CALLEBAUT, K. (2002). In-situ visual analysis and practical sampling of historic mortars. *Mater. Struct.* roč. 35. č. 2. s. 70–75. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02482103>
- [73] WEBER. (2016). *Poradca 2016*. Bratislava: Saint-Gobain Construction Products.
- [74] STN 73 0540 1-4: *Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov*.
- [75] MONTANA. (2024). Caparol Dalmatin 70F fasadny polystyren [Online]. Dostupné z: <https://www.montana.sk/caparol-dalmatin-70f-fasadny-polystyren-p151.html>
- [76] CAPATOX. (2024). Biocídny roztok na ošetrovanie plôch, napadnutých riasami, machmi a hubami, pred ďalšími úpravami. [Online]. Dostupné z: [http://www.caparol.sk/caparol\\_pim\\_import/caparol\\_sk/products/ti/233275/TI\\_Capatox\\_SK\\_SLO.pdf](http://www.caparol.sk/caparol_pim_import/caparol_sk/products/ti/233275/TI_Capatox_SK_SLO.pdf)