

DIAGNOSTIKA BIODOROVÍVNYCH NAPADNUTÍ PRVKOV STAVEBNÝCH KONŠTRUKCIÍ

DIAGNOSTICS OF BIODORROSIVE ATTACK OF BUILDING STRUCTURES ELEMENTS

RNDr. Terpáková Eva, Ph.D.

ABSTRAKT

Výskyt porúch v stavebníctve, či už starších alebo novších budov, môže mať viacero príčin, môže to byť spôsobené zlým návrhom, nesprávnou realizáciou, kvalitou použitého materiálu a tiež zanedbanou údržbou. Zvláštne problémy sú spojené s výskytom kolóniami baktérii, húb, plesní a iných mikroorganizmov, žijúcich na povrchu niektorých konštrukčných prvkov a častí objektov. Práca je zameraná na diagnostiku degračných procesov, ktoré sa pozorovali na vybranom rodinnom dome. Biologické znehodnotenie stavebných materiálov a častí stavby je v dnešnej dobe veľmi aktuálny problém, pretože degradácia prírodných a syntetických stavebných materiálov je úplne prirodzený a nezvratný proces, v ktorom sa významne podieľajú nielen abiotické korozívne látky, ale aj vyššie uvedené faktory. Výber diagnostických postupov a metodík na posúdenia degradácie preto zohráva dôležitú úlohu aj z hľadiska návrhu rekonštrukcie, trvanlivosti a tiež životnosti stavby.

Kľúčové slová: biokorózia, diagnostika stavebných konštrukcií, sanácia

ABSTRACT

The occurrence of failures in construction of buildings, either older or newer, can have several causes, it can be a low quality design, realization, used material, and also neglect the maintenance of already existing building. Special problems are connected with presence societies of bacteria, fungi, moulds and other live organisms on the surface some construction parts and elements. The work is focused on a diagnostics of the degradation processes of selected family house. The bio-deterioration of building materials and parts of construction is nowadays very actual problem because degradation of natural and synthetic building materials is a natural and irreversible process in which significantly participate not only abiotical corrosive agents, but above mentioned factors. Therefore choice of diagnostic procedures and methodologies for assessing degradation plays an important role in terms of reconstruction design, durability and service life of construction too.

Key words: biocorrosion, diagnostics in civil construction, reconstruction

1 ÚVOD

Pri všeobecnom riešení diagnostiky stavebných konštrukcií je potrebné starostlivo zvážiť situáciu, vždy s prihliadnutím aj na skutočnosť, či ide o novostavbu alebo či je objekt dlhoročne využívaný. Ďalším aspektom je prístup resp. starostlivosť o daný objekt zo strany vlastníka a užívateľa stavby, pričom samozrejme nemusí ísť o ten istý subjekt, nakoľko stavba alebo jej časti môžu byť len v prenájme, čo čiastočne môže komplikovať spôsob údržby. V mnohých prípadoch sa riešia poruchy až v období, kedy došlo ku výrazným zmenám technických parametrov, v krajnom prípade spojených až so statickými poruchami, čo si bude vyžadovať už

radikálny zásah do objektu. V posledných rokoch sa do popredia diagnostických posúdení dostáva okruh problémov, ktoré súvisia s biokorozívnym napadnutím. Z estetických dôvodov sú vo väčšom meradle riešené poškodenia v exteriéri stavieb (v zmysle myšlienky, že sú viac na očiach verejnosti). Častokrát sú však problémy týkajúce sa biokorozie závažnejšieho charakteru na prvkoch, ktoré sú v interiéri stavieb, nakoľko tieto sú spojené s väčším rizikom zdravotného ohrozenia užívateľov. Je to pochopiteľné, nakoľko v čase, kedy sa pristupuje ku radikálnejšiemu spôsobu odstránenia danej poruchy je už poškodenie v značnom rozsahu a to aj s teoretickým prestupom biodegradácie do vnútorných vrstiev poškodených prvkov, čo je možné identifikovať aj priamym - vizuálnym spôsobom.

Celkove je možné konštatovať, že napriek uvedeným faktom sú značné rezervy v oblasti riešenia biokorozie najmä obvodových plášťov panelových domov, ktoré sú ešte v pôvodnom stave, prípadne už aj po dodatočnej aplikácii kontaktného zatepl'ovacieho systému ETICS. Podobné situácie sa vyskytujú aj individuálne v prípade rodinných domov, ktoré už boli opatrené určitým systémom ETICS (Terpáková, 2016). Pri diagnostike stavu sa zvyčajne postupuje od získania všeobecných poznatkov a informácií až po podrobný prieskum, ktorý zahŕňa aj detailné analytické procedúry, či už chemické alebo mikrobiologické skúšanie. V príspevku budú diskutované praktické poznatky, získané z diagnostiky posúdenia biokorozívneho napadnutia časti fasády rodinného domu po 5 rokoch od realizácie zateplenia v konfrontácii s posúdením biokorozívnych zmien povrchových častí muriva v pivničných priestoroch daného rodinného domu.

1.1 Popis objektu – fasáda

Predmetom posúdenia bol objekt rodinného domu, ktorý sa nachádza cca 200m od menej frekventovanej cesty 2. triedy v okrese Gelnica (Košícký kraj). Budova sa nachádza na miernom svahovitom teréne, je čiastočne podpivničená, zo severnej strany sa nachádzajú v blízkosti okrasné dreviny a približne 10m od pozemku tečie potôčik. Západná časť domu je síce situovaná cca 5m od paralelne situovanej budovy susedného rodinného domu, avšak tento je vzhľadom na terénne podmienky umiestnený s určitým výškovým rozdielom tak, že v popoludňajších hodinách nedochádza k tieneniu posudzovanej časti RD, ale západná fasáda je relatívne intenzívne prehrievaná. V blízkosti južnej a východnej časti budovy sú ovocné stromy, kríky drobného ovocia a okrasné dreviny. Vek stavby je cca 60 rokov, v r. 2012 sa vykonala rekonštrukcia fasády RD s čiastočným zateplením. Fasáda je zateplená kontaktným zatepl'ovacím systémom Extherm z tepelno-izolačnej dosky z expandovaného polystyrénu EPS-F hrúbky 100 mm. Izolant je lepený na pôvodnú fasádu, prídavné kotvenie je zabezpečené tanierovými hmoždinkami s plastovým trňom. Povrchová úprava fasády je akrylátová zatieraná (hladená) omietka Extherm, z farebným odtieňom svetlotehlovej farby a hrúbkou zrna do 1,5 mm. Z hľadiska realizácie rekonštrukcie stavby sa výrazne poruchy na fasáde v súčasnosti nepozorujú, avšak v podstate problematickou sa v poslednom období začína javiť severná časť fasády. Realizácia vonkajšieho zateplenia bola zrealizovaná v súlade s STN 73 0540-2:2012. Napriek uvedenému faktu sa začali na povrchu fasády vizuálne pozorovať zmeny, ktoré naznačujú biokorozívne procesy. Konkrétne sa na povrchu fasády približne do výšky 1,0-1,3m od úrovne terénu začali objavovať nesúvislé vrstvičky sivo-zeleného povlaku, ktoré vyvolali potrebu detailného prieskumu. Vzhľad napadnutia fasády je dokumentovaný na obr.1.

Na napadnutých fasádach sa okrem farebných prejavov sa vo všeobecnosti pri biokorozívnych dejoch pozorujú aj ďalšie symptómy ako je tvorba trhliniek, prasklín, prípadne aj zmeny plošného charakteru - napr. odlupovanie povrchových vrstvičiek náterovej časti alebo aj omietky. Vizuálne pozorovaná prítomnosť kolónií rias, plesní a siníc už predstavuje vyšší stupeň deštrukcie. Vo všeobecnosti všetky anomálie znamenajú potrebu diagnostického posúdenia a následne návrh a realizáciu protiopatrení, keďže každá negatívna zmena teoreticky ovplyvňuje životnosť a trvanlivosť stavby (Wasserbauer, 2000). V prípade posudzovaného objektu našťastie neboli pozorované výraznejšie deštrukcie.

1.2 Poruchy podpivničenej časti objektu

Ďalším problémom v posudzovanom objekte, ktorý je však dlhodobejšieho charakteru, je zavlhávanie podpivničenej časti rodinného domu a to najmä z východnej a južnej strany, čo korešponduje so situovaním stavby v teréne. Na stenách pivničných priestorov boli už v minulosti pozorované výskyty plesní, ktoré boli opakovane odstraňované dostupnými dezinfekčnými prostriedkami stavebnej chémie. Detail biokorozívneho napadnutia steny v podpivničenej časti je na obr. 2, pri diagnostike bol zrealizovaný aj vlhkosťný prieskum a čiastočné chemické posúdenie.



Obr. 1 Detail biokorozívneho napadnutia fasády (archív autora)



Obr. 2 Detail biokorozívneho napadnutia PP časť RD (archív autora)

1.3. Metodiky prieskumu

Z praktických skúseností je možné vysloviť tvrdenie, že v podstate pri všetkých diagnostických prieskumoch biokorózie, ktoré sa týkajú silikátových materiálov sa vyžaduje individuálny prístup (Terpáková, 2008). Pre všeobecné skúšanie vlastností a chemického zloženia silikátových materiálov ako sú omietky, betón, malty apod. sa vychádza zo známych normových predpisov resp. pre prvky murovaných konštrukcií sa používajú odporúčenia WTA smerníc na posúdenie napr. vlhkosti ale aj salinity - stanovenia koncentrácií dusičnanov, síranov a chloridov (WTA smernica 4-5-99).

Pri riešení biokorozívneho napadnutia stavebného prvku určitým biočiniteľom sa musia brať do úvahy aj špecifiká týkajúce sa odberu a spracovania biologických materiálov a vzoriek (Wasserbauer, 2000). Takéto vzorky môžu byť kontaminované aj napr. zdravotne škodlivými zložkami ako sú baktérie, mikromycéty a spóry plesní atď.. Na základe výsledkov posúdenia sa následne realizuje analýza a hľadanie možných technologických riešení sanácie (Antošová, 2013). Zvyčajne sa navrhujú viaceré varianty sanácie, z ktorých sa volí optimálne riešenie aj s prihliadnutím na ekonomické ukazovatele a to aj s prihliadnutím na nutné investície a prípadne aj s ohľadom na dosiahnutie úspor (Antošová, 2015). Na tieto vyhodnotenia návrhov sa používajú aj multikriteriálne analýzy, v ktorých sa okrem cenových relácií zohľadňuje aj časové hľadisko realizácií, ochrana prostredia apod..

Prvý krok pri diagnostike biokorozívneho napadnutia je vizuálne posúdenie stavu daného miesta, na jeho základe je možné čiastočne zhodnotiť aj rozsah znečistenia miesta odberu. (Terpáková, 2012). Z publikovaných prác z oblasti posudzovania napr. biokorózie fasád po zateplení systémom ETICS vyplýva, že zvyčajným postupom pri diagnostike rozsahu znečistenia je určenie aj percentuálneho zastúpenia na stanovenej ploche. Ak je pokrytie povrchu mikroorganizmami napr. viac ako 50-62,5 %, ide už o významné znečistenie (Antošová, 2015), vyžadujúce návrh sanácie.

Pre získanie detailnejších informácií o miere napadnutia a o druhoch mikroorganizmov je však už nutná aj mikrobiologická analýza, ktorá sa rieši na základe odobratých vzoriek z fasády. V literatúre sú popisované rôzne metodiky odberov (Wasserbauer, 2000), kedy sa používajú stery, obrusy z povrchu kontaminovanej konštrukcie, prípadne v uzavretých priestoroch v interiéri sa volia aj špeciálne sedimentačné metódy na posúdenie prítomnosti spór v ovzduší (Terpáková, 2012). Pre odber skúšobnej vzorky - kontaminovaného silikátového materiálu sa vždy stanoví výška resp. miesto odberu a to takým spôsobom, aby bola získaná reprezentatívna vzorka z daného priestoru. Väčšinou ide o miesta s predpokladanou najväčšou kontamináciou stavebného prvku.

Na stery sa použijú sterilné tampóny, špachtle a iné pomôcky, ktoré sa tesne pred použitím ešte dezinfikujú napr. v 95% etanole (Terpáková, 2012). Tampóny so sterom alebo zbrúsený silikát s mikroorganizmami sa urýchlene vložia do sterilnej vzorkovnice alebo sa zachytia na Petriho misku a následne sa dopravujú do mikrobiologického laboratória. Vzorky sa v laboratóriu spracovávajú obvyklým spôsobom, t.j. za zachovania sterility, podrobujú sa kultivácii po stanovenej dobe (napr. 7-14 dní, pri overenej pracovnej teplote atď.), pozorujú pod mikroskopom. Mikromycéty sa izolujú na jednotlivé druhy, následne sa pripravujú mikroskopické preparáty, ktoré sa študujú vhodným optickým mikroskopom. Samotná identifikácia mikromycét sa realizuje podľa signifikantných znakov. Na vyhodnotenie druhov sa používajú dostupné atlasy napr. (Fassatiová, 1976).

Súčasťou mikrobiologického posúdenia napadnutého stavebného prvku a konštrukcie je aj vlhkosťový prieskum, nakoľko mikroorganizmy vyžadujú pre svoj rast vodu (Wasserbauer, 2000). Na stanovenie vlhkosti je možné zvoliť aj nedeštruktívny spôsob – priame stanovenie vlhkosti, konkrétne stanovenie vlhkosti v murive pivničných priestorov je dokumentované na obr. 3. Ak sa súčasne realizuje v danom mieste odber silikátovej vzorky pre mikrobiologické posúdenie, je nutné dodržať aj sterilitu v mieste merania teploty resp. zabezpečiť očistu použitých meradiel.

V rámci základných rozborov sa pre silikátové vzorky zvyčajne realizuje aj stanovenie salinity, zmien alkalickej reakcie, prípadne ďalšie stanovenia týkajúce sa chemického zloženia (vyjadrené ako prvková analýza).



Obr. 3 Meranie vlhkosti muriva odporovým vlhkomerom Powerfix Profi (archív autora)

2. Výsledky a diskusia

Z posudzovaného rodinného domu boli po zvážení situácie a predbežnej obhliadke odobraté vzorky, jednak z fasády a tiež z pivničných priestorov. Už popísaným spôsobom boli z fasády odobraté stery, ktoré sa spracovali v mikrobiologickom laboratóriu, pričom bola identifikovaná prítomnosť nasledujúcich mikroorganizmov:

- Alternaria sp.,
- Aureobasidium sp.,
- Cladosporium sp.,
- Penicillium sp.

Detailné informácie - presná identifikácia všetkých druhov mikroorganizmov z pohľadu bežného užívateľa stavby nie sú až tak dôležité ako výber prostriedkov na ich likvidáciu a najmä úspešnosť sanácie napadnutých častí konštrukcie (v danom prípade častí fasády). V prípade experimentálneho overovania - aký druh prípravku je vhodný na likvidáciu mikroorganizmov sú v literatúre popisované prípadové štúdie, v ktorých autori na napadnuté povrchy nanášali vybrané chemické prípravky, nechali ich pôsobiť po určitú dobu (podľa doporučeného postupu od výrobcu) a po ukončení ošetrovania a po vysušení povrchu sa vyhodnocovala účinnosť pôsobenia vzájomným porovnaním (Antošová, 2013), (Antošová, 2015).

V podstate sa v praxi na kontrolu účinnosti použitých fungicídnych prostriedkov využíva väčšinou len uvedená vizuálna metóda, opakovaný mikrobiologický odber sa z prevádzkových dôvodov zvyčajne nevykonáva, a v podstate sa predpokladá, že pri dodržaní technologického predpisu od výrobcu budú mikroorganizmy odstránené.

V danom prípade sa na otestovanie účinnosti sanácie napadnutej časti fasády sa použili 2 rôzne prípravky **A**, **B**, naniesli sa na vytypované miesta a po ošetrovaní sa vykonalo opláchnutie a vysušenie ošetrovaného miesta. Výraznejšie účinky sa pozorovali pri prípravku A, takže na celú plochu sa napokon zvolil tento prostriedok. Získané výsledky boli čiastočne publikované (Terpakova, 2016). Ako ďalší postup nasledovalo:

- samostatné vizuálne posúdenie pomocou lupy (zväčšenie 20x)
- fotodokumentácia stavu a detailné hodnotenie snímok pri maximálnom rozlíšení
- opakovaný ster silikátovej vzorky sterilným skalpelom,

- príprava výluhu v mikroskúmvavke
- stanovenie pH
- posúdenie prítomnosti chloridov (prípravky boli na báze chlóru)

Meraním pH výluhu zo obrusu omietky z fasády sa potvrdilo, že použité prípravky nespôsobili radikálnu zmenu pH, podobne sa nepreukázali zvýšené koncentrácie chloridov. Z pohľadu užívateľa bolo dôležité, že testované prípravky nespôsobili farebné zmeny fasády, ktoré boli očakávané, vzhľadom na chemické zloženie aplikovaných prípravkov.

Na testovanie prítomnosti mikroorganizmov a spórov plesní sa v zahraničných zdrojoch uvádza aj používanie komerčne dostupných testerov, ktoré sa však využívajú najmä na kontrolu pracovného prostredia napr. cielene na posúdenie prítomností určitých druhov mikroorganizmov v pobytových a zdravotníckych zariadeniach ako sú materské školy, byty apod. (napr. http://www.moldreport.com/mold_testing.html). Presnosť a spoľahlivosť stanovení takýmito testermi resp. doba na získanie výsledku je individuálna.

Pre posúdenie degradácie muriva v pivničných priestoroch RD sa mechanicky odobrali 3 vzorky omietok do cca 10mm (vrátane povrchových solí) z výšky 0.5m, 1.0m a 1.5m od úrovne podlahy, v rohovej časti pivnice (východná a južne orientovaná stena), kde sa pozorovala prítomnosť plesní (Obr.2). Súčasne sa premerala vlhkosť odporovým vlhkomerom Powerfix Profi, pričom orientačným meraním bola stanovená vlhkosť muriva cez rozsah merača ($w > 2\%$). Z odberov sa neskôr pri laboratórnom stanovení hmotnostnej vlhkosti stanovili priemerné hmotnostné vlhkosti v rozsahu až $w_{hm} 10 \approx 12\%$, čo v zmysle hodnotení podľa WTA smerníc (WTA smernice: 4-5-99) už znamená veľmi vysokú vlhkosť.

Vzorky po stanovení hmotnostnej vlhkosti sa následne použili na posúdenie salinity a alkalickéj reakcie. Miesta odberov sú naznačené na obr. 2. Ďalšie odbery t. č. síce neboli vykonané, ale v priestore PP posudzovaného RD sa plánuje inštalácia nového plynového kotla na vykurovanie a s tým budú spojené rozsiahlejšie sanačné zásahy aj do obvodového muriva a stropnej časti PP, vrátane rekonštrukcie podlahovej časti, čím sa zároveň zrealizuje aj sanácia vlhkosti. Na obnažených častiach murív sa zároveň bude môcť vykonať aj hĺbkový prieskum salinity.

V rámci posúdenia degradácie sa odobraté vzorky detailnejšie pozorovali aj pod mikroskopom Bresser, detaily z odberu 2 (z výšky 1.0m) sú dokumentované na obr.4. Na jednotlivých zrnách omietky sú viditeľné aj prítomnosti mikroorganizmov s typickým zafarbením. Vzhľadom na uvedenú skutočnosť, boli ďalšie stanovenia vykonané za zvýšených hygienických podmienok.

Výsledky posúdenia salinity a alkalickéj reakcie sú zosumarizované v tab.1. Z porovnaní výsledkov vyplýva, že vyššie koncentrácie solí boli stanovené vo výške 1.5m, čo súvisí s kapilárnym vztláním.

V zmysle kritérií, ktoré sú v súčasnosti používané na hodnotenie salinity murív (WTA smernice) vyplýva, že v daných odberných miestach je stredná až vysoká záťaž chloridmi, resp. stredná záťaž dusičnanmi. Uvedená skutočnosť môže súvisieť so situovaním RD a čiastočne so spôsobom využívania susednej parcely na pestovanie zeleniny a drobného ovocia.

Presné gravimetrické stanovenie vlhkosti zdôraznilo potrebu sanácie vlhkosti z južnej strany RD, ktorá pri predchádzajúcich rekonštrukčných zásahoch nebola riešená. Na prítomnosť solí v omietkách je určite naviazaná aj prítomnosť mikroorganizmov, čo je potrebné riešiť použitím vhodného fungicídneho prostriedku na ich odstránenie. V budúcnosti pri plánovanom rekonštrukčnom zásahu sa zároveň očakáva zlepšenie vlhkosťno-tepelných podmienok v priestoroch PP, takže je vysoká pravdepodobnosť, že prítomnosť plesní nebude pozorovaná, keďže sa odstránia životné podmienky na ich rast.



Obr.4 Detail odberu omietky, PP časť RD (výška 1.0m)
Mikroskop Beresser, zväčšenie 20x (archív autora)

Parameter	Odber č. 1		Odber č. 2		Odber č. 3	
	solí	omietka	solí	omietka	solí	omietka
Alkalita pH vzoriek	8,35	9,46	7,58	9,30	7,80	9,12
C chloridov [%]	0,15	0,30	0,02	0,32	0,15	0,55
salinita		Stredná záťaž		Stredná záťaž		Vysoká záťaž
C dusičnanov [%]	0,04	0,12	0,03	0,15	0,04	0,26
salinita		Stredná záťaž		Stredná záťaž		Stredná záťaž
Hmotnostná vlhkosť [%]	9,8	10,2	7,9	10,63	9,24	11,15

Tab. 1 Výsledky posúdenia salinity a vlhkosti odobratých vzoriek

3. ZÁVER

Diagnostické posúdenia napadnutých častí konštrukcií mikroorganizmami majú určite zmysel, nakoľko získané informácie môžu byť využité ako rozhodovací prvok pri výbere sanačných postupov na jednej strane a zároveň ako kontrolný prvok pri overovaní účinnosti likvidácie mikromycét. Dominantným záujmom ako realizátora sanácie ako aj vlastníka resp. užívateľa stavby, je naplnenie základných požiadaviek na stavbu, ktorými sú aj trvanlivosť a hygienická nezávadnosť stavebného diela.

Pod'akovanie: príspevok je spracovaný ako súčasť riešenia projektu VEGA 2/0145/15.

Použitá literatura

- [1] Antošová N., Impact of biocorrosion on the durability of ETICS and empirical findings about the periodicity of maintenance, Slovak Journal of Civil Engineering 2013, vol. 21, issue 2, pp. 21-28, DOI: 10.2478/sjce-2013-0009
- [2] Antošová, N.: Metodika výberu technológie pre elimináciu mikroorganizmov na ETICS Czech Journal of Civil Engineering 2015,1, s. 6-14, ISSN 2336-7148
- [3] Fassatiová, Olga: Plísňe a vláknité houby v technické mikrobiologii. SNTL, Praha, 1979: 240 p., Typové číslo L18-B2-IV-32/82126
- [4] On line: <http://www.ea-etics.eu/views/etics/about-etics.html>
- [5] STN 73 0540-2:2012 Tepelná ochrana budov: Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konstrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky, *platné od 1.1.2013*
- [6] Terpáková, E.: The study of building biocorrosion. In: Chemické Listy. Vol. 102 (S), no. Symposia (2008), p.919-920. ISSN 0009-2770
- [7] Terpáková, E.- Eštoková, A.: Analytical support in solving bio-corrosion of facade systems ETICS, SGEM 2016, Section Green Buildings Technologies and Materials, pp.1-6 (*in press*)
- [8] Terpáková E., Čonková E., Švajlenka J. The importance of multidisciplinary analytical approach to solving problems of biocorrosion in civil building ESAS 2012: European Symposium on Atomic Spectrometry: 20th Slovak-Czech Spectroscopic Conference : Book of Abstracts: October 7 – 12. 2012, Tatranská Lomnica, Slovakia. Bratislava : Comenius University, 2012, pp. 197, ISBN 978-80-223-3292-7
- [9] Wasserbauer R., Biologické znehodnocení staveb (Biological damaged of buildings). ABF, a.s. Prague, 2000; pp. 280, ISBN 80-86165-30-2
- [10] WTA smernice 4-5-99: Posouzení zdiva – diagnostika zdiva (novelizovaná 4-5-97).
- [11] http://www.moldreport.com/mold_testing.html