



Mladá veda

Young Science

Mladá veda

Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Číslo 3, ročník 10., vydané v septembri 2022

ISSN 1339-3189

Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk

Fotografia na obálke: Záhrada. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

doc. Ing. Peter Adamišín, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociálnej geografie a regionálneho rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)

Mgr. Jakub Köry, PhD. (School of Mathematics & Statistics, University of Glasgow, Glasgow)

prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)

Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)

doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)

prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)

prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra veřejné ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

Mgr. Michal Garaj, PhD. (Katedra politických vied, Univerzita sv. Cyrila a Metoda)

REDAKCIA

Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)

Mgr. Martin Hajduk, PhD. (Banícke múzeum, Rožňava)

PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)

RNDr. Richard Nikischer, Ph.D. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)

PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSS UKF, Nitra)

Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.

www.universum-eu.sk

Javorinská 26, 080 01 Prešov

Slovenská republika

APLIKÁCIA INVAZÍVNEJ PROTIVLHKOSTNEJ TECHNOLOGIE Z POHLĀDU UDRŽATEĽNOSTI HISTORICKÝCH STAVIEB

APPLICATION OF INVASIVE ANTI-HUMIDITY TECHNOLOGY FROM THE
VIEWPOINT OF SUSTAINABILITY OF HISTORICAL BUILDINGS

Patrik Šťastný¹

Patrik Šťastný pôsobí ako interný doktorand na Katedre technológie stavieb Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Vo svojom výskume sa venuje analýze vybraných protivlhkostných sanačných technológií historických konštrukcií, najmä na oblasť invazívnych, resp. priamych metód sanácie a taktiež aj na technológie fungujúce na princípe magnetokinézy.

Patrik Šťastný works as an internal doctoral student at the Department of Building Technology, Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology in Bratislava. In his research he focuses on the analysis of selected anti-humidity remediation technologies of historical constructions, especially in the field of invasive and direct remediation methods as well as technologies operating on the principle of magnetokinesis.

Abstract

Article deals with the degree of effectiveness of invasive remediation technology fighting against rising humidity and its subsequent prevention of destructive effects on the investigated object. Restoration of monuments affected by rising humidity is a very current topic in connection with the concept of "sustainability". This problem needs to be addressed from a global perspective. The article discusses invasive remediation technology belongs to the group of technologies of additional impermeable layers. It describes its application, effectiveness and significance from the point of view of preserving the nation's cultural heritage and also from the point of view of sustainability and the possibility of using these objects.

Key words: remediation, rising humidity, additional impermeable layers

Abstrakt

Článok sa zaoberá mierou účinnosti invazívnej sanačnej technológie bojujúcej proti stúpajúcej vlhkosti a jej následnému zabránenie deštrukčného vplyvu na skúmaný objekt. Obnova

¹ Adresa pracoviska: Ing. Patrik Šťastný, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 810 05, Bratislava
E-mail: patrik.stastny@stuba.sk

pamiatok zasiahnutých stúpajúcou vlhkosťou je v spojení s pojmom „udržateľnosť“ veľmi aktuálnou témou. Týmto problémom je potrebné sa zaoberať z globálneho hľadiska. Článok rozoberá invazívnu sanačnú technológiu patriacu do skupiny technológií dodatočných nepriepustných vrstiev. Opisuje jej aplikáciu, účinnosť a význam z pohľadu zachovania kultúrneho dedičstva národa a taktiež z pohľadu udržateľnosti a možnosti využívania týchto objektov.

Kľúčové slová: sanácia, stúpajúca vlhkosť, dodatočné nepriepustné vrstvy

Úvod

Udržateľnosť možno považovať za jeden z najdôležitejších aspektov našej budúcnosti. Pod týmto pojmom si možno predstaviť široký záber. Ku príkladu možno uviesť, že pojem udržateľnosti je aktuálnou témou nie len v stavebníctve [1,2], ale aj v odvetviach poľnohospodárstva [3], obchodu [4] a mnoho ďalších. Z tohto pohľadu možno hodnotiť pojem udržateľnosti ako veľmi aktuálny.

Tento článok sa zaoberá aplikáciou invazívnej sanačnej technológie pracujúcej na princípe dodatočných nepriepustných vrstiev. Technológia bola aplikovaná na historickej stavbe v rámci Slovenska a jej účinnosť proti vlhkosti bola dlhodobo skúmaná.

Vlhkosť historických stavieb možno považovať za globálny problém, ktorý sa vyskytuje vo všetkých klimatických pásmach. Pamiatky sú náchylné najmä na stúpajúcu vlhkosť, ktorá na ne následne pôsobí deštruktívne. Bohužiaľ s daným problémom sa mnohé roky nič nerobilo a problém vlhkosti v objektoch negatívne pôsobil nie len na konštrukciu, ale aj na prostredie objektu.

Problémom však nie je len samotná vlhkosť v póroch materiálov, ale jej kombinácia s inými faktormi, ktorá následne vedie k rôznym biologickým a chemickým napadnutiam konštrukcie, rôznym poškodeniam súvisiacich s opakovaným zamrzaním a topením, ale taktiež kryštalizácii solí, ktoré môžu zapríčiniť štrukturálne problémy a dokonca aj rozpad materiálu [5].

S pribúdajúcim časom a zvyšujúcou sa mierou deštrukcie sa mnoho autorov začalo intenzívnejšie zaoberať výskumom zameraným na sanáciu historických konštrukcií a vplyv vlhkosti a zasolenia na tieto konštrukcie [6,7,8,9].

Dnes je jasné, že s problémom stúpajúcej vlhkosti je nutné bojovať. Odstránenie vlhkosti možno považovať za kľúčový faktor ochrany pamiatok. Týmto krokom a správnymi sanačnými zásahmi možno prispieť k predĺženiu životnosti a teda k udržateľnosti historických objektov.

Metodika práce

Metodika výskumu spočívala v analýze historickej stavby v rámci západného Slovenska. Na tejto stavbe bola aplikovaná sanačná metóda, konkrétne technológia podrezávania, ktorá pomáha proti stúpajúcej vlhkosti. Účinnosť tejto metódy bola dlhodobo sledovaná a jednotlivé výsledky boli zaznamenávané. Jednotlivé merania boli uskutočňované in-situ, v určitých časových intervaloch a taktiež pred a po realizácii predmetnej sanačnej technológie, zabezpečujúcej odstránenie vlhkosti z historických konštrukcií. Merania mali preukazovať mieru účinnosti invazívnej technológie na skúmanom objekte. Ako hodnotiaci štandard bola

zvolená česká norma ČSN P 73 0610 [10], ktorá delí vlhkosť do 5 stupňov (Tab.1) a miera zasolenia bola stanovená podľa WTA E-2-6-99/D [11](Tab. 2).

	Stupeň zavlhnutia	Vlhkosť (uM) [%]
1	veľmi nízka vlhkosť	< 3,0
2	nízka vlhkosť	3,0 - 5,0
3	zvýšená vlhkosť	5,0 – 7,5
4	vysoká vlhkosť	7,5 – 10
5	veľmi vysoká vlhkosť (až zamokrenie)	> 10

Tabuľka 1 – Stupeň zavlhnutia konštrukcie

Zdroj: ČSN P 73 0610, 2000 [10]

Druh soli	Koncentrácia Solí [% hmotnosti]		
Chloridy	< 0.2	0.2 – 0.5	> 0.5
Dusičnany	< 0.1	0.1 – 0.3	> 0.3
Sírany	< 0.5	0.5 – 1.5	> 1.5
Hodnotenie zasolenia	Nízka záťaž	Stredná záťaž	Vysoká záťaž
Potreba sanačného	Nepotrebný	V niektorých prípadoch potrebný	Potrebný

Tabuľka 2 – . Hodnotenie pôsobenia iónov solí v murive

Zdroj: WTA E-2-6-99/D, 2000 [11]

Skúmaná budova kostolu neďaleko Trnavy

Skúmaný objekt je kostol sv. apoštolov Petra a Pavla neďaleko mesta Trnava, v obci Trstín. Objekt bol postavený v rokoch 1753 – 1763 a je čelnou fasádou situovaný do hlavnej cesty. Za kostolom sa vo svahu nachádza obecný cintorín, ktorý pravdepodobne napomáha zasoleniu objektu. Objekt sa skladá z mohutnej veže, ktorá je vo vnútri kostola obšovaná emporou s organom. Kostol je jednodňový so združeným presbytériom. V zadnej časti sú k presbytériu z oboch strán pristavené miestnosti elipsovitého pôdorysu na ľavej strane ďalší objekt, ktorý je pravdepodobne mladší a plní funkciu sakristie.

Objekt možno rozlohou definovať ako stredne veľký, obdĺžnikového pôdorysu o výmere 442 m². Výskumom sa zistilo, že objekt je postavený z pálených tehál, ktoré sú založené na kamennom murive. Hrúbka obvodových múrov je približne 90 cm. Počas výskumu bola zistená aj hladina podzemnej vody na úrovni približne 2 m pod úrovňou terénu a objekt je situovaný v miernom svahu, ktorého vrchol je v mieste cintorínu, ktorý sa nachádza za týmto objektom.

Stanovenie zavlhnutia a miery salinity objektu

V rámci výskumu bolo realizovaných viacero vlhkosťných meraní na historickom objekte, ktorého skúmaná konštrukcia bola tvorená tehlovým murivom. Práve tento materiál a jeho

poréznošť spôsobuje jeho vysokú sorpčnosť. Z toho vyplýva, že nárast vlhkosti v murive má pravdepodobne za následok najmä kapilárnošť. Stupeň zavlhnutia sa stanovoval pred a po realizácii dodatočných technológií zabezpečujúcich izoláciu proti stúpajúcej vlhkosti. Tieto merania sa uskutočnili in situ a namerané údaje predstavujú reálne hodnoty dokazujúce mieru vlhkosti konštrukcie priamo v teréne. Jednotlivé hodnoty sú interpretované v Tabuľke 3.

Miesto merania	Výška merania od podlahy [cm]	Hmotnostná vlhkosť [%]				Výška merania od podlahy [cm]	Hmotnostná vlhkosť [%]				Pozn.
		Dátum	10.7.'17	8.11.'19	11.3.'20		30.3.'22	10.7.'17	8.11.'19	11.3.'20	
P1	30	10,8	10,8	10,1	4,7	150	12,3	12,6	8,0	3,4	Int.
P2	30	15,7	15,7	4,4	3,9	150	12,4	11,3	2,5	3,4	Int.
P3	30	16,1	9,3	9,4	5,1	150	11,3	5,7	6,6	3,2	Int.
P4	30	11,5	8,7	8,0	5,8	150	16,3	12,4	2,6	2,9	Int.
P5	30	7,4	7,9	6,9	2,5	150	14,2	11,2	6,6	2,1	Int.
T _{vzd.} [°C]		27,2	9,0	10,6	19,8						
Φ [%]		69,0	75,0	89,0	37,3						

Tabuľka 3 – Výsledky meraní vlhkosti na historickom objekte kostola v Trstíne

Zdroj: autor

Ako je z posledných meraných hodnôt viditeľné, vlhkosť konštrukcie výrazne klesá a je možné konštatovať úspešnosť tohto sanačného zásahu, nakoľko je zaznamenaný výrazný pokles vlhkosti.

Momentálne možno konštatovať, že v niektorých miestach klesla vlhkosť o 40 % až 80 % pôvodnej hodnoty.

Taktiež v rámci výskumu boli dňa 10.7.2017 z omietok kostola odobraté tri skúšobné vzorky, ktoré boli daná na laboratórne vyhodnotenie do Chemicko-technologického oddelenia Pamiatkového úradu SR

Vzorka	pH	Sírany		Chloridy		Dusičnany	
		[% hm.]	[mmol/kg]	[% hm.]	[mmol/kg]	[% hm.]	[mmol/kg]
S1	6,0	1,31	136	0,07	20	0,75	121
S2	6,0	0,64	66	0,01	3	0,75	121
S3	6,0	0,90	93	0,01	2	1,25	202

Tabuľka 4 – Hodnotenie pôsobenia iónov solí v murive

Zdroj: autor

Z výsledkov laboratórnej analýzy vodorozpusťných solí vo vzorkách z kostola uvedeného v tabuľke 4 možno konštatovať, že obsah chloridových aniónov v týchto vzorkách je značne nízky.

Za zmienku však stojí údaj o obsahu dusičnanov, ktorý vykazuje veľmi vysoké hodnoty, ktoré možno podľa uvedených noriem považovať za vysokú záťaž. Tento fakt súvisí

najmä s tesnou blízkosťou cintorína a rozkladu organickej hmoty, ktorá je typickým zdrojom týchto druhov solí. Zaujímavý je taktiež zvýšený výskyt síranov vo všetkých vzorkách, ktoré možno z pohľadu hodnotenia zasolenia považovať sa strednú záťaž. Nakoľko objekt neslúži ako žiadna prevádzka kde sa očakáva zvýšený výskyt síranov ani ako spaľovňa pneumatík, či skládka umelých hnojív a zrejme nejde ani o vplyv znečistenia atmosféry, možno tento fakt pripísať pravdepodobne mineralizovaným spodným vodám.

Záver

Z výsledkov je zrejmé, že za funkčnú technológiu možno s určitosťou označiť aplikáciu dodatočnej nepriepustnej vrstvy aplikovanej za pomoci technológie podrezávania. Bohužiaľ takéto technológie sa realizujú aj za cenu narušenia pôvodnej integrity konštrukcie, čo je mnohokrát v rozpore s prísnyim chápaním Benátskej charty. Oproti tomuto faktú stoja neinvazívne metódy, ktorých účinnosť je buď nízka, alebo veľmi obmedzená, na čo poukazuje mnoho publikovaných článkov. Tie si častokrát nedokážu poradiť s vysokou mierou zavlhnutia.

Je samozrejmosť, že využitie priamych technológií, akými sú podrezávanie a podobne nebude možné aplikovať vo všetkých objektoch, avšak treba podotknúť, že vo vybraných prípadoch je takéto riešenie práve z pohľadu rôznych aspektov udržateľnosti najvhodnejším.

*Tento článok odporúča na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda:
doc. Ing. Oto Makýš, PhD.*

Použitá literatúra

1. Švajlenka, J.; Kozlovská, M. Houses Based on Wood as an Ecological and Sustainable Housing Alternative—Case Study. Sustainability 2018, 10, 1502. <https://doi.org/10.3390/su10051502>
2. Svajlenka, J.; Kozlovská, M.; Spisaková, M. The benefits of modern method of construction based on wood in the context of sustainability. International Journal of Environmental Science and Technology 2017, 14 (8), 1591-1602.
3. Saravia-Matus, S.; Amjath-Babu, T.S.; Aravindakshan, S.; Sieber, S.; Saravia, J.A.; Gomez y Paloma, S. Can Enhancing Efficiency Promote the Economic Viability of Smallholder Farmers? A Case of Sierra Leone. Sustainability 2021, 13, 4235. <https://doi.org/10.3390/su13084235>
4. Ma, Q.; Chang, C.-C.; Lin, C.-T. Detecting the Crisis of Supply Chain Management on E-Commerce for Sustainability Using Q-Technique. Sustainability 2021, 13, 9098. <https://doi.org/10.3390/su13169098>
5. Sandrolini, F.; Franzoni, E. An operative protocol for reliable measurements of moisture in porous materials of ancient buildings. Building and Environment 2006, 41(19). 1372-1380.
6. Šťastný, P.; Gašparík, J.; Makýš, O. Analysis of moisture and salinity of historical constructions before and after the application of REMEDIATIONS. Journal of Building Engineering 2021, 41, 102785. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102785>
7. Vitiello, V.; Castelluccio, R.; Merino, M.D. Experimental research to evaluate the percentage change of thermal and mechanical performances of bricks in historical buildings due to moisture. Constr. Build. Mater. 2020, 244, 118107. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118107>.
8. Camuffo, D. Chapter 8 - Rising Damp Treatment and Prevention. In Microclimate for Cultural Heritage, 3rd ed.; Elsevier, 2019, pp. 153-166.
9. Franzoni, E.; Rirsch, E.; Paselli, Y. Which Methods Are Suitable to Assess the Effectiveness of Chemical Injection Treatments in the Laboratory?. J. Build. Eng. 2020, 29, 101131. <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.101131>.
10. ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb, Sanace vlhkého zdiva, Základní ustanovení, 2000.
11. WTA E-2-6-99/D Ergänzungen zum Merkblatt 2-2-91/D „Sanierputzsysteme“. 2000