

Konserviranje-restavriranje dediščine Plečnikovega betona z glivami

Sabina DOLENEC^{1,2}, Anže NEMEC³, Katja KAVKLER⁴, Nina ŽBONA⁴, Andreja PONDELAK¹, Ana BRUNČIČ¹, Polona ZALAR³

¹Zavod za gradbeništvo Slovenije, Oddelek za materiale, Dimičeva ulica 12, 1000 Ljubljana

²Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Aškerčeva ulica 12, 1000 Ljubljana

³Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Jamnikarjeva ulica 101, 1000 Ljubljana

⁴Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, Restavratorski center, Poljanska cesta 40, 1000 Ljubljana

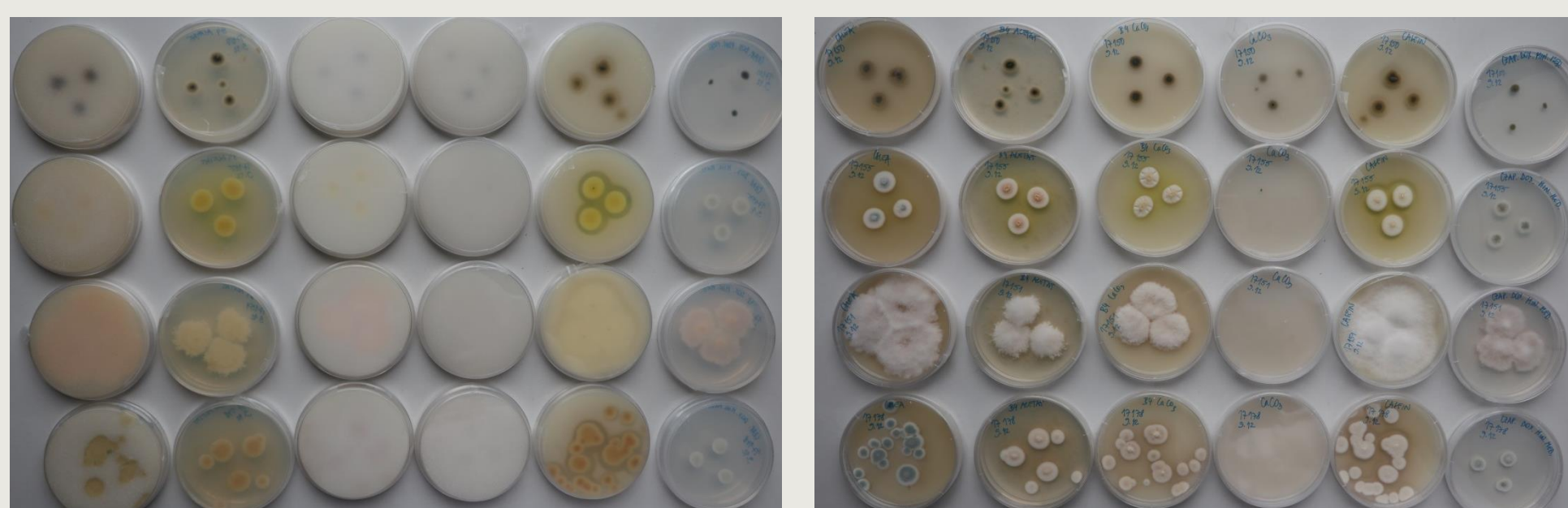
Svetovno znani arhitekt Jože Plečnik (1872–1957) je zapustil pomembno dediščino v arhitekturni krajini Slovenije, kar je bilo leta 2021 priznано z uvrstitvijo izbranih Plečnikovih del na Unescov seznam svetovne kulturne in naravne dediščine. V svojih delih je promoviral uporabo vidnega betona – sodobnega materiala tistega časa, ki takrat ni imel estetske ali umetniške vrednosti, in s tem dvigal njegov pomen.

Danes, skoraj stoletje po postavitvi Plečnikovih del, so ta vidno poškodovana. Tako kot mnogi sodobni materiali tudi beton terja nove načine ohranjanja.

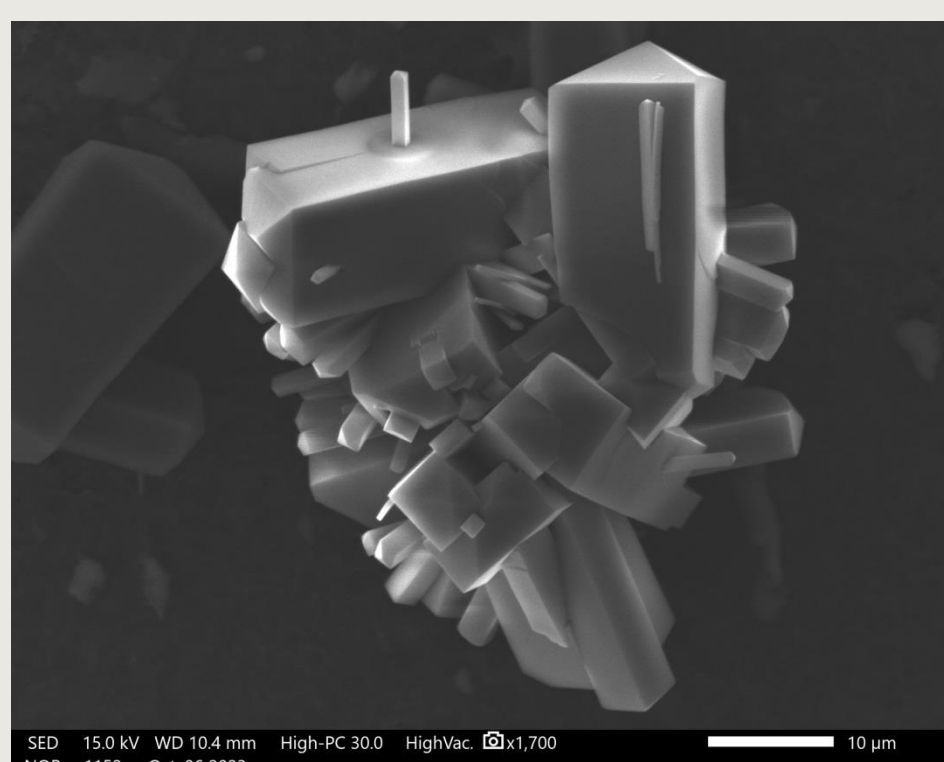
V prispevku predstavljamo možnosti uporabe gliv za namene bioutrjevanja, biočiščenja in biozaščite historičnega betona kot biološko navdahnjenega in trajnostnega pristopa k ohranjanju kulturne dediščine. V ta namen morajo mikroorganizmi poleg možnosti neposrednega ali posrednega obarjanja CaCO_3 (biomineralizacija) izpolnjevati številne kriterije, da lahko preživijo, rastejo in se razmnožujejo v skrajnih razmerah z omejenimi hranili, visokimi spremembami temperature, nizko razpoložljivostjo vode in visokim pH (> 10).

Osredotočili smo se na uporabo avtohtone mikrobne skupnosti, ki je prisotna na dveh Plečnikovih betonskih spomenikih Unescove dediščine: na piramidi na Rimskem zidu na Mirju (EID 1-22658) in na vodni zapornici (EID 1-00402) na Ljubljani. Za izolacijo avtohtonih sevov gliv smo uporabili klasične gojitvene metode, pri čemer smo uporabljali različna agarna gojišča z namenom osamitve čim večje diverzitete gliv z različnimi lastnostmi. Vse glive smo sprva testirali na sposobnost ureolize, ki je ključna lastnost za ustvarjanje alkalnih razmer, kar ob prisotnosti Ca^{2+} ionov omogoča nastanek CaCO_3 . Nato smo nadaljevali s testi alkalotolerance na trdnih in v tekočih gojiščih. Pri najbolj alkalotolerantnih glivah (pH > 10) smo preučili sposobnost biomineralizacije. Nastale kristale smo preiskali z Ramanovo spektroskopijo in vrstično elektronsko mikroskopijo. S testom raztapljanja CaCO_3 z izločenimi kislinami smo testirali potencialno negativne učinke gliv na beton in manj ustrezne glive izločili iz nabora. Najbolj alkalotolerantno glivo z biomineralizacijskimi sposobnostmi smo v raztopini z ureo in Ca^{2+} ioni nanесли na umetno starane cementne prizme različnih sestav, pri čemer opazujemo in spremljamo razrast gliv in tvorbo biomineralov.

Opisane preliminarne raziskave bomo nadaljevali na opisan način in tako pridobili in izbirali najustreznejše glive, ki bodo primerne za posege na historičnem betonu.



Slika 4: Izolati s Plečnikovih objektov testirani na željene lastnosti, kot je tvorba biogenih mineralov (gojišča: CMEA, B4, CaCO_3), in neželjeno tvorbo pigmentov (gojišča: kazein, Czapek agar).



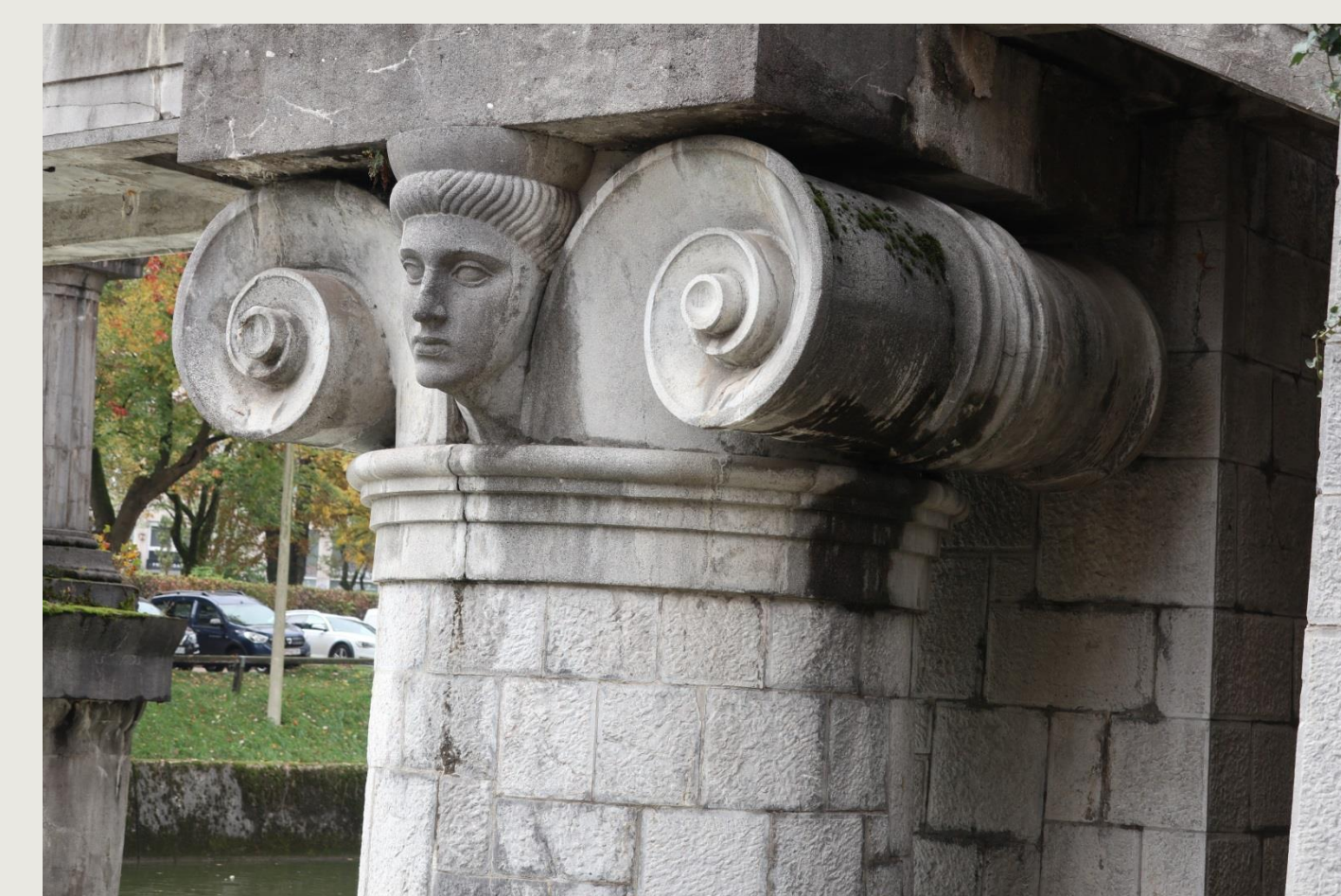
Slika 5: Kristali kalcita, izločenega z biomineralizacijo.



Slika 1: Vodna zapornica na Ljubljani



Slika 2: Piramida na Rimskem zidu na Mirju



Slika 3: Detajl poškodovanih betonskih elementov na zapornici



Slika 4: Biofilmi in razpoke na detajlu zapornic



Slika 4: Vzorčeno mesto in primarna izolacijska plošča – gojišče 14 dni po nanosenem brisu

Zahvala

Raziskava je sofinancirana v okviru ARRS raziskovalnega programa P2-0273: Gradbeni objekti in materiali ter raziskovalne skupine sHERezad: Trajnostna grajena dediščina