

# Važnost izbora kamena i načina obrade njegove površine s obzirom na grafite

---

**Tomašić, Ivan; Kapor, Frankica**

*Source / Izvornik:* **Klesarstvo i graditeljstvo, 2015, 26, 48 - 56**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:892764>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-30**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum  
Engineering Repository, University of Zagreb](#)





*Krstonica Sv. Ivana (Jupiterov hram) u Splitu*

Ivan Tomašić  
Frankica Kapor  
Zagreb

## VAŽNOST IZBORA KAMENA I NAČINA OBRADE NJEGOVE POVRŠINE S OBZIROM NA GRAFITE

UDK: 691.21:679.8.026

*Rukopis primljen za tisak 14. 04. 2015.*  
*Klesarstvo i graditeljstvo, Pučišća, 2015. br. 1-2*  
*Stručni članak*  
*Professional paper*

Nova ventilirajuća kamena obloga glavnog pročelja Rudarsko-geološko-naftnog i Prehrambeno biotehnološkog fakulteta u Zagrebu iscertana je brojnim crtežima grafita. Danas ona zahtjeva temeljitu sanaciju uz relativno visoke troškove. Uzrok tome su ne baš najbolji izbor kamena i relativno slaba zaštita od grafita. Pri pokušaju da se izabere najbolje sredstvo za čišćenje ili brisanje spomenutih grafita došlo se do vrlo zanimljivih rezultata. Ispitivanju su podvrgnuta dva kamena varijeteta. Jedan od njih je kamen Veselje unito koji u potpunosti odgovara onom koji se nalazi na fasadi. Kamen Sivac izabran je kao mogući potencijalni varijetet na nekim drugim fasadama. U radu su prikazane petrografske i fizičko-mehaničke značajke obaju varijeteta. Provedena ispitivanja omogućuju bolje razumijevanje problema kod izbora kamena i čišćenja grafita.

*Ključne riječi:* prirodni kamen, grafiti, čišćenje kamena

### UVOD

Kamena obloga na glavnom pročelju Rudarsko-geološko-naftnog i Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta izvedena je u obliku ventilirajuće fasade. Zgrada se nalazi u

Pierottijevoj ulici nedaleko hotela Westin. Ugrađene ploče prirodnog kamena varijeteta Veselje unito debljine su 3 cm, te 115 cm po visini i 90 cm po širini. Radovi su obavljeni godine 2002.

Prethodna fasada iz 1964. godine također je bila dekorativno oplemenjena i obložena prirodnim kamenom. Kao vezivo između ploča i betonskog zida korišten je klasični cementni mort. Bila je izrađena od različitih varijeteta istarskog kamena koji su, izloženi na fasadi, trebali poslužiti u reklamnu svrhu. Brojna oštećenja i ispadanje pojedinih ploča bilo je glavno obilježje prethodne fasade. Bio je to početak značajnije primjene prirodnog kamena i stjecanja novih iskustva u nas. Takav način oblaganja, direktno na cementni mort, napušten je u cijelom svijetu zbog učestalih oštećenja. Sporadično se još koristi uglavnom na manjim objektima i u uvjetima kada se pročelje uspijeva maksimalno zaštititi od utjecaja vlage.

Nedugo nakon postavljanja na površini novih kamenih ploča, pojavili su se grafiti. Bilo ih je sve više iz dana u dan. Godinu dana prije početka radova i postavljanja nove kamene obloge, bilo je predloženo da se kamen dobro premaže zaštitnim sredstvima kako bi se grafiti, ako se dogode, po potrebi mogli uklanjati pranjem. Također je predloženo da se postave kamere te da se cijelo pročelje osvijetli reflektorima. Prema nekim iskustvima u gradu Zagrebu, to je najbolji način da se spriječi ili svede na minimum neodgovorni rad "majstora" grafita. Po završetku radova, kamena je obloga premazana zaštitnim sredstvom. No, nažalost, nije sve učinjeno kako je predloženo. Posljedice su jasno vidljive na slikama.



*Brojni grafiti na kamenoj fasadi*



*Grafiti na kamenoj oblozi*

Ni kamere, šteta, nisu postavljene već na početku, nego tek nekoliko mjeseci nakon što su manje površine već bile prošarane grafitima. Reflektori nisu postavljeni sve do danas. Pierottijeva ulica vrlo je slabo osvijetljena, što je ohrabrilo potencijalne crtače grafita. Količina grafita na fasadi vrlo je velika s obzirom na to da su dijelom preko starijih grafita iscrtani novi. Rješenje ovog problema moglo bi biti vrlo skupo jer bi grafite možda, osim vodom i raznim otapalima, trebalo uklanjati i brušenjem s površine kamena.

Spomenuti problemi ponukali su nas da pristupimo određenom istraživanju kako bismo utvrdili koja su sredstva za čišćenje i zaštitu kamena pogodna. Ispitivanja su obavljena na varijetetima kamena Veselje unito i Sivac. Rezultati istraživanja i ispitivanja vrlo su korisni te bi mogli u budućnosti poslužiti prilikom izbora i ocjene kamena za izradu ventilirajućih kamenih fasada potencijalno izloženih iscrtavanju grafita.

U Hrvatskoj se u posljednje vrijeme posvećuje sve veća pozornost zaštiti od grafita i metodama njihova čišćenja. No još uvijek se relativno malo o tome piše u raznim glasilima. O potrebi i važnosti čišćenja prirodnog kamena pišu Ženko i dr. 1993. Ističu važnost poznavanja svojstva kamena i primjene odgovarajuće metode čišćenja. Fučić (2004.) ističe važnost veze izbora metode i sredstva čišćenja o svojstvima kamena.

Ovom prilikom zahvaljujemo gospođi Ivančeviću i Deliću iz tvrtke AGC (Antigrafiti centar) koji su nam omogućili zaštitu uzoraka kamena zaštitnim sredstvom "Easy on". Skidanje grafita obavljeno je također njihovim sredstvom "easy off", zatim našim sredstvima, nitorazređivačem, acetonom i 30-postotnim acetonom.

## STRUKURNO-TEKSTURNA I PETROGRAFSKA SVOJSTVA KAMENA

Ispitivani i analizirani uzorci varijeteta Veselje unito i Sivac pokazuju vrlo velike razlike s obzirom na strukturno-teksturane i petrografske značajke. U tom pogledu Veselje unito na prvi pogled djeluje kao značajno ujednačeniji kameni materijal te pri poliranju dobiva relativno visoki sjaj. Varijetet Sivac pojavljuje se u velikom broju varijeteta jer među njima postoje znatne razlike zbog različitog stupnja dolomitizacije. Nakon poliranja, varijetet kamena Sivac postaje mat.

### Varijetet Veselje unito:

Struktura bijelog vapnenca Veselje unito jest organodetrinarna i kristalasta. U osnovi sadrži skeletoidalni detritus popunjen matriksom mikritskog i sparitskog kalcita. Dimenzije kristalića mikritskog kalcita iznose od 0,000 x 0,001 do 0,008 mm. Sporadično su ti kristalići rekristalizirani do veličine presjeka 0,02 mm. Skeletoidalni detritus čine zdrobljene krhotine školjaka rudista sporadičnog presjeka do 0,36 x 1,75 ili 1,50 x 2,75 mm (sporadično i do 5,00 mm). Skeleti su ispunjeni lamenoznim i fibroznim kalcitom. Sporadično su mozaične i parketaste građe. Pojedini dijelovi skeleta fosila sadrže kalcit s tlačnim sraslačkim lamelama. Zrna sparitskog kalcita nepravilna su presjeka i do 0,70 mm, sporadično i do 1,15 x 1,85 mm. Uzduž rubova su "čipkasta" i "paperjasta". Među njima je sporadično uklopljen mikritski kalcit. Poneki kristali pokazuju kristalodefekte u obliku tlačnih sraslačkih lamela, segmentiranja, mikrokataklaziranja ili povijenih pukotina kalavosti, te sporadično i elemente optičke dvoosnosti. Udio organogene bituminozne komponente je neznatan, uglavnom koncentriran oko organogenog detritusa. Ovaj na daleko poznati bijeli vapnenac petrografski je determiniran kao biosparmikrit, odnosno organogeni vapnenac ili komercijalno Veselje unito.

### Varijetet Sivac:

Varijetet prirodnog kamena komercijalnog naziva Sivac svijetlosive je boje. Često je prošaran i tamnijim nijansama uslijed različitog sadržaja organske tvari. Struktura mu je homogena, makrokristalinična do šećerasta. Determiniran je kao kasnodijagenetski dolomitizirani sitnozrni rudistni bioklastični vapnenac tipa vekston/pekston ili biomikrit. Sadrži manji ili veći udio nedolomitiziranih vapnenačkih relikata. Kalcita može sadržavati od 7 do 10 %, a sporadično i 25 do 30 %. Dominira tipična makrokristalasta mozaična dolomitna struktura s hipidiotipnim i ksenotipnim kristalima te sporadično idiotipnim presjeka pretežito 0,1 do 0,2 mm. Jače dolomitizirani dijelovi tamniji su zbog organske

tvori koja je često zonalno ugrađena u veće kristale dolomita. Svjetlije zone imaju veći sadržaj nedolomitiziranog vapnenca. Struktura nedolomitiziranog dijela u kamenu tipična je za rudistne bioklastične vekstone/pekstone vapnenice te biomikrite i mikrokokinite sastavljene od zdrobljenog kršja rudista presjeka 0,04 do 0,6 mm i vapnenačkog mulja u obliku mikrita presjeka 3 do 8  $\mu\text{m}$ .

## VAŽNIJA FIZIČKA I MEHANIČKA SVOJSTVA KAMENA

Rezultati prethodnih ispitivanja fizičko-mehaničkih značajki analiziranih uzoraka pokazuju da među njima u tom pogledu postoje relativno male razlike. To je vrlo dobro vidljivo iz tablice 1. Podaci nas mogu u potpunosti zavarati s obzirom na to da oba varijeteta na objektima pokazuju znatne razlike u njihovoj primjeni te u njihovom vrednovanju, posebice ako se koriste za horizontalna oblaganja interijera i eksterijera. Kamen Sivac se s obzirom na značajke svojih pora smatra osjetljivijim te mu se prilikom upotrebe treba posvetiti posebna pozornost. Iskustvo nam govori da kod ugradnje i ocjene postojanosti treba puno više voditi računa o njihovim bitno različitim strukturnoteksturnim i petrografskim značajkama.

Tablica 1. Osnovna fizička i mehanička svojstva ispitivanih varijeteta

Varijetet kamena	Čvrstoća na tlak (MN/m <sup>2</sup> )	Otpornost na habanje (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )	Upijanje vode (mas. %)	Poroznost (%)
Veselje unito	92-110	28-35	2-2,5	6,5-9,0
Sivac	70-125	28-31	2,4-2,6	7,3-9,5

Odmah je uočljivo da nema velikih razlika u pojedinim fizičkim i mehaničkim svojstvima obaju varijeteta. Čvrstoća na tlak, otpornost na habanje, upijanje vode i poroznost ne pokazuju znatne međusobne razlike. Prema tome, ova svojstva ne možemo povezati s uzrocima načina prihvaćanja i skidanja grafita s njihovih kamenih površina. Čak štoviše, moglo bi se zaključiti da ne bi trebalo biti velike razlike u primanju i čišćenju grafita sa spomenutih varijeteta kamena. Razloge u razlikama stoga treba tražiti posebice u strukturnoteksturnim značajkama.

## SLIJED ISPITIVANJA

Kao što je već spomenuto, ispitivanju su podvrgnuti uzorci kamena Veselje unito i Sivac. Površine, odnosno uzorci kamenih ploča, prethodno su označene brojevima od 1 do 8. Ploče su prvo premazane zaštitnim sredstvom "Easy on". Zaštitni premaz je prema tehničkim uputama proziran, u tekućem agregatnom stanju, idealan za zaštitu od grafita.

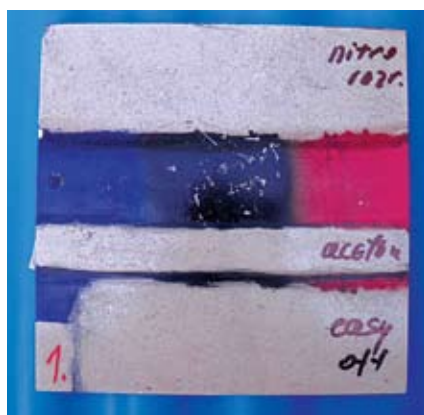
Po svom kemijskom sastavu, to je silikonska smola s dodatkom hidrogenizirane epoksidne smole s derivatima hidroksifenil-benzotriazola. Premaz je netopljiv u hladnoj i vrućoj vodi. Prema direktivi 1999/45/EZ, sredstvo je klasificirano kao štetno u dodiru s kožom i sluznicom, ali i kao opasno za okoliš, zbog čega se mora spriječiti njegov mogući ulaz u kanalizaciju ili bilo kakve vodene tokove.

Uzorci kamena premazani su bojama iz sprejeva pogodnih za ispisivanje grafita i to: tamnoplavom, crnom, crvenom, zagasito plavom, svjetlije plavom, srebrnom, tirkiznom i svijetloplavom. Boje korištene za ispisivanje grafita po svom sastavu su akrilne. Sadrže smjese organskih otapala: aceton, propan, ksilen, butan, petrolej, izobutan, butoksietanol i dr. Sve boje štetne su za rukovanje i lako zapaljive.

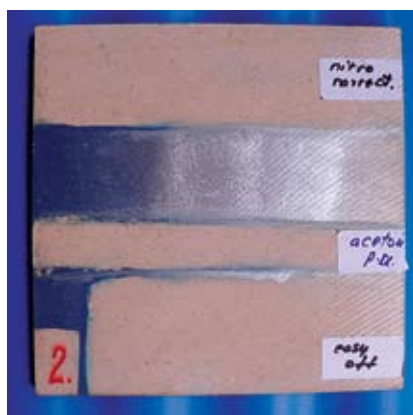
Boje grafita čišćene su s površine kamena acetonom p.a. (kemijski čista tvar), univerzalnim nitrorazrjeđivačem, koji je smjesa alifatskih i aromatskih ugljikovodika, ketona, estera i alkohola, te na kraju sredstvom "Easy off", otopinom za skidanje boje grafita također istog proizvođača kao i sredstva "Easy on". Čišćenje je obavljeno poslije, 48 sati nakon premazivanja i sušenja boja korištenih za ispisivanje i crtanje grafita.

Sve su ploče prvo obojene od vrha prema dolje sa 8 boja. Svaka boja bila je sadržaj jednog od 8 zasebnih sprejeva. Čišćenje različitim otapalima obavljeno je horizontalno od lijeve prema desnoj strani. Na taj se način najbolje može vidjeti djelovanje pojedinih otapala. Početak čišćenja 48 sati nakon premazivanja smatra se vremenskim razdobljem u kojemu otapala mogu pogodno djelovati na čišćenje i skidanje grafita. Odgađanjem, grafiti se sve teže čiste.

Na fotografijama su prikazani uzorci kamena Veselje unito br. 1 i 2. Uzorci su prije ispitivanja premazani zaštitnim sredstvom "Easy on". Vidljivo je na slikama da su površine uzoraka kamena različito obrađene. Uzorak br. 1 obrađen je poliranjem, a uzorak br. 2 rezan je dijamentnom kružnom pilom. Na uzorku br. 1 vidljivi su još uvijek vrlo sitni tragovi pigmenta boja kojima se ispisuju grafiti u svim zonama čišćenja. Na uzorku br. 2 vide se "risovi" od rezanja. Površine kamena nakon ovakve obrade, kao što je i vidljivo, bolje se i lakše čiste od grafita. Ovo nije očekivano poslije postupka čišćenja te zahtijeva odgovarajuće objašnjenje.

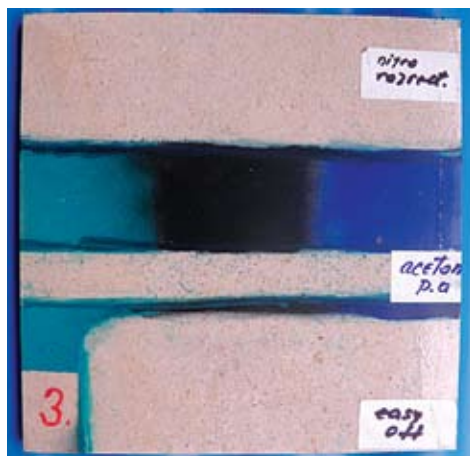


Uzorak 1 – Veselje unito nakon postupka čišćenja

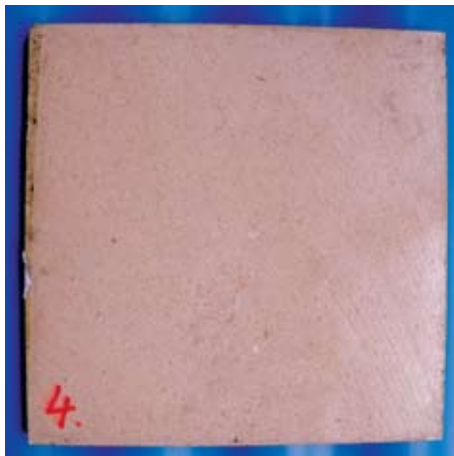


Uzorak 2 – Veselje unito nakon postupka čišćenja

Uzorci 3 i 4 također su prvo premazani zaštitnim sredstvom "Easy on". Kao i na prethodnim uzorcima 1 i 2, tako i na uzorku 3 u središnjem dijelu vidljive su početne boje kojima se najčešće ispisuju grafiti. Uzorak 4 nije obojen bojama kojima se ispisuju grafiti. Na uzorku 3 rezultati čišćenja nitorazrjeđivačem i sredstvom "Easy off" nešto su bolji negoli na prethodnim uzorcima.



*Uzorak 3 – Veselje unito nakon postupka čišćenja*



*Uzorak 4 – Veselje unito samo sa zaštitnim sredstvom*

Mogućnosti zaštite i čišćenja kamena Sivac ispitivane su i prikazane na uzorcima 5, 6, 7 i 8. Na uzorku 5 premazana je samo lijeva polovica zaštitnim sredstvom "Easy on". Ova ploča nije obojena sprejevima za ispisivanje i crtanje grafita. Na uzorku 6 ploča je premazana prvo zaštitnim sredstvom "Easy on" te nakon toga, kao i na većini prethodnih uzoraka, obojena sprejevima za ispisivanje i crtanje grafita. Već je na prvi pogled vidljivo da se uzorak 6 kamena Sivac mnogo lakše čisti od prethodnih uzoraka kamena Veselje unito. Površina je gotovo čista, kao i površina zaštićene polovice uzorka 5. Na uzorku 6 vidljivi su "risovi" odnosno tragovi rezanja kružnom dijamantnom pilom. Oba uzorka pokazuju da nema razlike u kakvoći čišćenja grafita s obzirom na način obrade kamene površine.



*Uzorak 5 – Sivac po polovici premazan zaštitnim sredstvom*



*Uzorak 6 – Sivac nakon postupka čišćenja zaštitnim sredstvom*



Slični rezultati postignuti su i na uzorcima 7 i 8. Ovi su uzorci, kao i prethodni, prvo premazani zaštitnim sredstvom "Easy on". Uzorak 7 obojen je bojama za ispisivanje i crtanje grafita. Slike pokazuju da se boje vrlo dobro i lako čiste, kako nitrorazrjeđivačem, tako i sredstvom "Easy off" i acetonom. Uzorak 8 premazan je samo zaštitnim sredstvom "Easy on". Uzorak 8 nije poliran već je rezan kružnom dijamantnom pilom s obzirom na to da se na njemu vide "risovi" od rezanja.



*Uzorak 7 – Sivac nakon cjelkupnog postupka čišćenja*



*Uzorak 8 – Sivac premazan samo zaštitnim sredstvom*

## DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Pri pokušaju da se izabere najbolje sredstvo za čišćenje spomenutih grafita došlo se do vrlo zanimljivih rezultata. Ispitivanju su podvrgnuta dva kamena varijeteta. Jedan od njih je kamen Veselje unito koji u potpunosti odgovara onom koji se nalazi na fasadi. Kamen Sivac izabran je kao mogući potencijalni varijetet na nekim drugim fasadama. Cilj je bio steći određena iskustva potrebna za pregovore s izvođačem čišćenja koji bi se odredio putem javnog natječaja. Na uzorcima kamena grafite se čistilo različitim otapalima. U ovom ispitivanju za uklanjanje grafita korištena su organska otapala. Grafiti također u svom sastavu sadrže ista otapala zbog čega pripadaju skupini akrilnih boja.

Istraživanje je pokazalo da nitrorazrjeđivač tek nešto slabije čisti boje grafita od zaštitnog sredstva "Easy off". Aceton kao jako otapalo daje nešto slabije rezultate. Najslabiji učinak bio je na uzorku br. 6 na slici 8 gdje je korišteno 30-postotno otapalo acetona. Zaostali tragovi boje zadržali su se ponajviše na uzorcima kamena Veselje unito. Ovakav rezultat nije se očekivao. Postoji mogućnost da je sporadično došlo do manjeg oštećenja zaštitnog sredstva. To nas navodi na zaključak da bi možda trebalo koristiti dva sloja zaštitnoga sredstva.

Utvrđeno je da glavna mehanička i fizička svojstva, čvrstoća na tlak, otpornost na habanje, upijanje vode i poroznost ne pokazuju znatne međusobne razlike. Pokazalo se da na temelju ovih svojstava ne možemo unaprijed zaključiti kako će kamen prihvatiti zaštitno sredstvo i koliko će ono utjecati na skidanje grafita s kamenih površina. Čak štoviše, moglo bi se zaključiti da ne bi trebalo biti velike razlike u primanju i čišćenju grafita s površina spomenutih varijeteta kamena. Razlike stoga treba tražiti u strukturnoteksturnim značajkama, posebice u veličini, obliku i rasporedu pora pojedinih varijeteta.

Sporadično, u kamenu Veselje unito, među krupnim sastojcima, ponajviše između rudistnog kršja, pore su u presjeku znatno veće nego li je to u dolomitiziranom vapnencu

Sivac. Sastojci prirodnog kamena Veselje unito veći su i do nekoliko stotina puta od onih u varijetetu Sivac. U kamenu Sivac pore su homogenije raspoređene, brojnije i mnogo manjeg presjeka s obzirom na to da su sastojci mnogo sitniji. U prosjeku u jače dolomitiziranim dijelovima kamena Sivac poroznost je čak i veća nego li to pokazuje prosjek u tablici 1. Teoretski udio pora u dolomitiziranim vapnencima sporadično može narasti do 13 %.

Kamen Veselje unito na prvi pogled djeluje kao značajno ujednačeniji kameni materijal koji nakon poliranja dobiva relativno visoki sjaj. Varijetet Sivac pojavljuje se u velikom broju varijeteta (machiato, venato...). Kod istog, ali i kod različitih varijeteta, postoje znatne razlike u obujmu pora zbog različitog stupnja dolomitizacije. Nakon poliranja, varijetet Sivac postaje mat. Na temelju takvog iskustva, moglo bi se unaprijed zaključiti da će varijetet Veselje unito bitno bolje prihvaćati zaštitno sredstvo, čime će u znatnoj mjeri biti olakšano čišćenje grafita. Međutim, poslije, nakon premazivanja zaštitnim sredstvima, vapnenac Veselje unito zadržava isti ili dobiva nešto manji sjaj. Istovremeno dolomitizirani vapnenac Sivac dobiva visoki, gotovo staklast sjaj. Nakon ispitivanja može se zaključiti da zaštitno sredstvo bolje i ujednačenije ispunjava sitne pore varijeteta prirodnog kamena Sivac. S tako zaštićene površine kamena, grafiti se mnogo bolje i lakše čiste, upravo onako kako su pokazala provedena istraživanja.

Na jedno pitanje, s obzirom na stečena iskustva pri ovom ispitivanju, za sada nema odgovora. Zašto se s površina obrađenih rezanjem dijamantrnim kružnim pilama, s trgovima "risova", bolje i lakše čiste boje sprejeva za ispisivanje i crtanje grafita? Dolazi li kod završnih obrada kamena koje vode prema poliranju, a koje su mnogo finije od rezanja kružnim dijamantrnim diskovima, do sporadičnih oštećenja kamene površine, odnosno do mogućeg ispadanja čestica rudistnog kršja ili nekih drugih kalcitnih sastojaka kamena? Iz prakse je poznato da bi kod većeg stupnja obrade, s finijim abrazivnim sredstvima, površine trebale biti ravne i s manje oštećenja.

Provedena istraživanja ukazuju na vrlo važne zaključke. Varijetet Sivac neočekivano je ocijenjen kao vrlo pogodan kameni materijal za oblaganje fasada na mjestima gdje postoji potencijalna opasnost od ispisivanja grafita. Osim toga, Sivac bi, ukoliko se zaštitni reziniranjem (premazivanjem zaštitnim smolama), a i pogodan je za to, mogao biti vrlo dobar kamen za horizontalna oblaganja interijera na mjestima gdje postoji mogućnost nakupljanja nečistoća, prije svega stvaranja mrlja uslijed vode, prašine, različitih obojenja i masnoća.

#### Literatura:

Ženko, T., Tomašić, I. i Peček, N. (1993.): "Čišćenje arhitektonskog kamena", *Klesarstvo i graditeljstvo* br. 3-4, str. 54-58, Split.

Fučić, M. (2004.): "Čišćenje pomoću mlaza – mlazno čišćenje površine kamena u restauratorskom kontekstu". Zbornik radova, Seminar i radionica o konzervaciji kamena: *KONKAM* 2004, str. 45-55, Split.