

Uklanjanje grafita sa spomenika kulture

Bonomi, Ema

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Arts Academy / Sveučilište u Splitu, Umjetnička akademija**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:175:296576>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-06**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Arts Academy](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



Sveučilište u Splitu, Umjetnička akademija

Emma Bonomi

UKLANJANJE GRAFITA SA SPOMENIKA KULTURE

DIPLOMSKI RAD

Split, 2021.

Sveučilište u Splitu, Umjetnička akademija

Odjel za likovne umjetnosti

UKLANJANJE GRAFITA SA SPOMENIKA KULTURE

DIPLOMSKI RAD

Odsjek za konzervaciju i restauraciju kamena

Studij konzervacije i restauracije

Kolegij: Izrada diplomskog rada - kamen

Mentor: doc. art. Siniša Bizjak

Komentor: doc. dr. sc. Vinka Marinković

Komentor: doc. dr. sc. Ivica Ljubenković

Student: Ema Bonomi

Split, lipanj 2021.

Sažetak

Veliki problem u očuvanju kulturnih dobara u urbanim sredinama je kontaminiranost istih grafitima. Za uspješno uklanjanje grafita potrebno je identificirati vrstu materijala i vrstu boje kojom je materijal kontaminiran te poznavati njihova kemijska i fizička svojstva kako bi potencijalnom metodom uklanjanja boje što manje utjecali na izvornost materijala. Rad je podijeljen u tri dijela. U prvom dijelu su opisana svojstva materijala koji su najčešće kontaminirani grafitima. Naglasak prilikom istraživanja je stavljen na kamen karbonatnog podrijetla jer je to najčešći materijal koji je kontaminiran grafitima u Dalmaciji, geografskom području na kojem je ovo istraživanje provedeno. Sve ove informacije su prikupljene u svrhu nastavka istraživanja koje se proširilo na pronalaženje informacija o međusobnom djelovanju materijala, boje korištene za izradu grafita te potencijalne metode za uklanjanje iste u svrhu pronalaska najučinkovitije metode za uklanjanje grafita.

U drugom dijelu, na temelju istraživanja *Photo-oxidative stability of paraloid acrylic protective polymers* autora O. Chiantore, M. Lazzari u kojem je dokazano da kod interakcije UV zračenja i akrilne boje dolazi do raspada veza unutar molekule iste, napravljena je proba u kojoj su uzorci boje u spreju, koja je također na bazi akrila izloženi djelovanju UV zračenja pomoću UV lampe uz očekivanja da će se veze unutar molekule boje početi kidati te da će se boja moći lakše ukloniti. Uzorci su nakon djelovanja UV zračenja snimljeni pomoću FT-IR-a te je na snimkama vidljivo kidanje međumolekulskih veza i djelomično uklanjanje boje, no vremenski interval ove metode nije zadovoljavajuća.

S obzirom na to da metoda čišćenja pomoću UV nije dala zadovoljavajuće rezultate u trećem dijelu napravljene su probe čišćenja kamena kontaminiranog grafitima koristeći dostupna komercijalna sredstva za uklanjanje premaza u kombinaciji s već poznatim metodama čišćenja. Većina probi je napravljena na kamenu lokalnog podrijetla, a napravljene su i probe na žbuci koja je također materijal često izložen grafitima. Dobivene rezultate bi mogli primjenjivati stručnjaci kako bi skratili vrijeme kod odabiranja prikladnog sredstva, načina njegovog nanošenja, vremenskog intervala djelovanja, načina čišćenja te u odabiru prema financijskoj pristupačnosti. Ovakvo rješenje bi smanjilo rizik od oštećenja samog materijala jer korištena komercijalna sredstva djeluju samo na sloj boje ali ne i na sam materijal te njegovu patinu što je bio slučaj kod dosadašnjih

metoda kao što je pjeskarenje. Također smanjili bi se troškovi procesa uklanjanja grafita koji su za sada dosta veliki zbog metoda koje iziskuju korištenje raznih strojeva i njihov transport.

Ključne riječi:

materijal, kamen, svojstva, grafiti, boja, uklanjanje, sredstvo, čišćenje

Abstract

A major problem in the preservation of cultural assets in urban areas is the contamination of the same with graffiti. For successful graffiti removal is necessary to identify the type of material and the type of paint with which the material is contaminated and know their chemical and physical properties in order to minimize the impact on the originality of the material with a potential paint removal method. The paper is divided into three parts. The first part describes the properties of materials that are most often contaminated with graffiti. The emphasis in the research has been placed on the stone of carbonate origin because it is the most common material contaminated with graffiti in Dalmatia, the geographical area in which this research was conducted. All this information has been collected for the purpose of continuing research that expanded to find information about the interaction of materials, paints used to make graffiti and potential methods for removing the same for the purpose of finding the most effective method for removing graffiti.

In the second part, based on the research Photo-oxidative stability of paraloid acrylic protective polymers by O. Chiantore, M. Lazzari, in which it was proven that the interaction of UV radiation and acrylic paint breaks the bonds within the molecule, a test has been made in which the spray paint samples, which is also acrylic-based, have been exposed to UV radiation using a UV lamp with the expectation that the bonds within the paint molecule will begin to break and that the paint will be easier to remove. The samples have been taken by FT-IR after the action of UV radiation, and the images show the breaking of intermolecular bonds and partial removal of color, but the time interval of this method is not satisfactory.

Since the UV cleaning method did not give satisfactory results in the third part, tests have been made to clean the graffiti-contaminated stone using available commercial coating removers in combination with already known cleaning methods. Most of the tests have been made on stone of local origin, and the tests have also been made on plaster which is also a material often exposed to graffiti. The obtained results could be applied by experts in order to shorten the time when choosing a suitable agent, the method of its application, the time interval of action, the method of cleaning and in the selection according to financial affordability. Such a solution would reduce the risk of damage to the material itself, because used commercial agents act only on the paint layer, but not on the material itself and its patina, which has been the case with previous methods such

as sandblasting. It would also reduce the cost of the graffiti removal process which is quite high for now due to the methods that require the use of various machines and their transport.

Key words:

material, stone, properties, graffiti, paint, removal, agent, cleaning

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Materijali izloženi grafitima	2
2.1 Kamen	3
2.1.1 Vrste najčešće korištenog kamena kod nepokretnih kulturnih dobara	4
2.1.1.1. Vapnenac.....	4
2.1.1.2. Mramor.....	7
2.1.1.3. Granit.....	9
2.2. Žbuka	12
2.2.1. Vrste najčešće korištene žbuke kod nepokretnih kulturnih dobara.....	13
2.2.1.1. Vapnena žbuka.....	13
2.2.1.2. Cementna žbuka.....	15
3. Istraživanje osjetljivosti boja u spreja na UV zračenje.....	17
3. 1. Priprema uzoraka za analizu	19
3.2. Infracrvena spektroskopija	20
3.3. FT-IR.....	21
3.4. Rezultati istraživanja otpornosti uzoraka na UV zračenje dobiveni FT-IR spektroskopskom tehnikom.....	22
3.4.1. Spektri crvene boje.....	22
3.4.2. Spektri plave boje	26
3.4.3. Spektri žute boje	29
4. Probe uklanjanja boje u spreju s kamena i žbuke uz pomoć komercijalnih sredstava i poznatih tehnika čišćenja	32
4.1.1. Uzorak 1.....	38
4.1.2. Uzorak 2.....	44
4.2. Probe uklanjanja boja u spreju sa zida od kamena vapnenca uz pomoć komercijalnih sredstava za skidanje premaza u kombinaciji s visokotlačnim peračem na hladnu vodu	48
4.3. Probe uklanjanja grafita u kombinaciji s pulpom i visokotlačnim peračem na hladnu vodu	55
4.4. Probe uklanjanja grafita s acetonom i nitro razrjeđivačem u kombinaciji s visokotlačnim peračem hladnu vodu	62

4.5. Uklanjanje grafita metodom utrljavanja sredstva četkom u površinu kontaminiranu istim u kombinaciji s čišćenjem visokotlačnim peraćem	64
4.6. Uporaba gelova pri uklanjanju grafita s kamena	71
4.6.1 Primjeri gelova prema Wobersu	72
4.6.2. Gel 1	74
4.7. Probe na žbuci	76
4.8. Uklanjanja grafita u kombinaciji sredstva Hempel i čišćenja visokotlačnim peraćem na paru	78
4.8.1. Proba 1.....	80
4.8.2. Proba 2.....	82
4.9. Probe uklanjanja grafita u kombinaciji utrljavanja sredstva Hempel četkom i čišćenja istog visokotlačnim peraćem na vruću vodu	83
4.10. Usporedba čišćenja visokotlačnim peraćem na paru i visokotlačnim peraćem na vruću vodu	85
4.11. Mjerenje temperature visokotlačnog peraća na paru	87
4.12. Probe uklanjanja boja u spreju s kamenog uzorka uz pomoć komercijalnih sredstava koja su dala najbolje rezultate te snimanje mikroskopom	88
4.12.1. Kombinacija 1	89
4.12.2. Kombinacija 2	96
4.13. Tablice redoslijeda korištenih komercijalnih sredstava, načina nanosa, načina čišćenja, vremenskog intervala između nanosa sredstva i čišćenja istog od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom te tablica cijena sredstava od najskupljeg do najjeftinijeg sredstva.....	103
4.14. Zaključak	108

1. Uvod

Problem uklanjanja grafita je nedovoljno istražena tema što je kontradiktorno učestalosti istog problema kod nepokretnih kulturnih dobara u urbanim sredinama. Cilj rada je pronalazak što učinkovitije metode uklanjanja grafita koja što manje utječe na izvornost materijala koji je nosioc istih. Rad je podijeljen u tri dijela. Prvi dio sadrži svojstva materijala najčešće kontaminiranih grafitima, kao što su kamen i žbuka. U ovom radu naglasak je stavljen na kamen karbonatnog podrijetla jer je on najzastupljeniji materijal u Dalmaciji korišten za izradu nepokretnih kulturnih dobara koja su izložena grafitima. Poznavanje svojstava materijala nosioca je važno da bi se mogla razumjeti interakcija između grafita, materijala koji je nosioc istog te potencijalne metode za uklanjanje istog te da bi se na temelju tih informacija odredila najučinkovitija metoda uklanjanja grafita. U drugom dijelu je napravljena proba uklanjanja boje u spreju s uzorka od kamena Veselje unito uz pomoć UV svjetlosti uz očekivanja da će se pod utjecajem istog veze unutar molekule boje početi kidati te da će boju biti lakše ukloniti uz pomoć neke od poznatih metoda čišćenja. U trećem dijelu su napravljene probe uklanjanja grafita s uzoraka od kamena Veselje unito, te in situ probe na kamenu vapnencu i žbuci pomoću komercijalnih sredstava u kombinaciji s već poznatim metodama čišćenja. Na kraju su napravljene probe čišćenja boje u spreju s uzoraka od kamena Veselje unito uz pomoć kombinacije najučinkovitijeg komercijalnog sredstva te najučinkovitije metode čišćenje te su ostatci boje snimljeni mikroskopom. Veselje unito je vapnenac koji se vadi iz kamenoloma na otoku Braču, a odabran je zbog toga što je vrsta vapnenaca takvih mineralno-petrografskih karakteristika često zastupljena u Dalmaciji. Potrebne informacije su prikupljene kroz znanstvenu literaturu kao što su udžbenici, knjige, znanstveni i tehnički izvještaji, seminarski radovi, diplomski radovi, specijalistički završni radovi te magistarski radovi.

2. Materijali izloženi grafitima

Grafitima su izložena nepokretna kulturna dobra u urbanim sredinama. Materijali od kojih su ona obično izrađena su anorganski materijali kao što su kamen, opeka, beton i metali. Cilj pri procesu uklanjanja grafita je što manje narušiti izvorni materijal, zato je prije samog početka potrebno napraviti identifikaciju materijala kontaminiranog grafitima i odrediti njegova kemijska i fizička svojstva, te procijeniti njegovo stanje, uključujući krhkost, poroznost i propusnost. U nastavku rada su navedene informacija o kamenu i žbuci kao što su sastav, izgled, boja, svojstva i primjena. Neka svojstva mogu doći do izražaja tek pri čišćenju pa će se provjeriti i utjecaj otapala na materijale. Iz tih razloga tekstura površine i završna obrada su također važan faktor kod određivanja metode uklanjanja grafita. Poznavanje kemijskih svojstava materijala je važno jer neki materijali mogu negativno reagirati u dodiru s različitim sredstvima za čišćenje, pa se razvrstavaju prema osjetljivosti na kiseline ili na lužine. Bitno je identificirati materijal da bi mogli uskladiti naše buduće postupanje prema njegovim svojstvima. Kako materijali imaju mnoga svojstva jedan od ciljeva je odrediti svojstva najbitnija za uklanjanje grafita. Osim samih svojstva materijala bitna su i svojstva otapala te njihova učinkovitost u uklanjanju. Takva analiza nije ovdje obavljena, ali je zanimljiva tema za budući rad.¹

¹ Martin E. Weaver (2017.) Removing graffiti from historic masonry. London: National park service. str.1-3

2.1 Kamen

Kamen se koristi u graditeljstvu od samog početka civilizacije. Koristi se kao zidani element, u vidu ploča i elemenata različitih profila, za unutarnja i vanjska oblaganja, za izradu raznih nekonstruktivnih elemenata građevina, uređenje interijera, odnosno kao dekorativno-zaštitni i funkcijski element građevnih objekata svih namjena, te u kiparstvu, arhitekturi spomen obilježja i groblja, za izradu fontana, uređenje terasa, trgova i parkova, te za različite proizvode zanatske djelatnosti.² Stijena je čvrsta masa na mjestu postanka, a kamen je njen odlomljeni dio. Stijene su nakupine minerala. One mogu sadržavati jednu vrstu minerala (monomerne stijene, npr. vapnenac koji sadrži samo kalcit) ili više vrsta minerala (polimerne stijene, npr. granit koji sadrži feldspat, kvarc i tinjac). Stijene se dijele na eruptivne, sedimentne i metamorfne stijene. Eruptivne stijene se dijele na intruzive (granit, diorit, gabro) nastale kristalizacijom rastaljene kamene mase magme u dubini litosfere i efuzive (riolit, dacit, andezit, bazalt, dijabaz) nastale izlivanjem rastaljene kamene mase magme na Zemljinu površinu kroz otvore vulkana. Sedimentne stijene nastaju mehaničkim taloženjem čestica razdrobljenih starijih stijena (klastične stijena, npr. breče, konglomerati, pješčenjaci), organogenim ili biogenim putem (organogene stijene, npr. bioklastični vapnenci) te kemijskim putem (kemogene stijene, npr. kemogeni vapnenac, dolomit). Metamorfne stijene nastale su preobrazbom eruptivnih ili sedimentnih stijena koje su dospjele u nešto dublje dijelove litosfere gdje je povišen tlak i temperatura. Zbog izloženosti usmjerenom tlaku mnoge metamorfne stijene imaju škriljastu teksturu, pa se nazivaju škriljavci. Dije se na oštroškriljavce (zeleni škriljavac) nastale metamorfozom eruptiva i paraškriljavce (mramor) nastale metamorfozom sedimenta.³


² Pletikosić, L. (2007.) Primjena kamena u graditeljstvu. Zagreb: Građevinski fakultet u Zagrebu. str.7, 21-25.

³ Donelli, I. red. prof. i Malinar, H. (2015.) Konzervacija i restauracija kamena. Split: Umjetnička akademija sveučilišta u Splitu. str 21.

2.1.1 Vrste najčešće korištenog kamena kod nepokretnih kulturnih dobara

Najčešće korištene vrste kamena kod nepokretnih kulturnih dobara u Dalmaciji su vapnenac, mramor, granit. Vapnenac potječe iz Dalmacije no mramor i granit nisu već je riječ o importu. Izvan Dalmacije jedna od najčešće korištenih vrsta kamena je pješčenjak.

2.1.1.1. Vapnenac

Vrsta kamena	vapnenac	vapnenac Veselje unito
Gustoća	2.6-2.9 g/cm ³	
Tlačna čvrstoća	75-240 N/mm ²	
Čvrstoća na savijanje	3-19 N/m ²	
Otpornost na habanje	15 cm ³ /40cm ²	
Termalna ekspanzija	0.75 mm/m100K	
Apsorpcija vode	0.1-3.0% težine	
Poroznost	0.6-6.7% vol.	
Toplinska vodljivost	2.0-3.4 W/mK	
Otpornost na smrzavanje	ovisno o vrsti	

Tablica 1. Svojstva vapnenca.⁴

⁴ Mihalić, S. (2007.) Osnove inženjerske geologija. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb. str 16.

Petrografski tip

Sedimentna stijena.⁴

Sastav

Vapnenac tvore mnogi sastojci od kojih je najbitniji minerali kalcija koji čine najmanje 50% sastava. Druge tvari u sastavu uključuju bioklaste, skelete i ljuštore, mikrit, sitni matriks vapnenca, vapnenački mulj te sparit. Čine ga karbonatna zrna koja mogu biti različitih dimenzija, boja i oblika. Dijeli se na koraljni (skelet koralja), litotamnijski (alge), rudisni (po ostacima i ditritusu rudista) ili foraminiferski vapnenac, na temelju fosilnih ostataka koje sadrži.⁵

Izgled i boja

Boja vapnenca uglavnom je bijela zbog glavnog sastojka kalcita koji je bijele boje.⁶ Boja vapnenaca posljedica je boje minerala kalcita i dolomita, ali i primjesa u mineralima i vezivu. U vapnencima kalcit može biti bijel, ali i različito obojen od primjesa, žute, crvene, sive i crne boje. Minerali željeza među najjačim su i najčešćim pigmentima te mogu bojati stijene od jarko crvene i narančaste, preko žute, smeđe, zelene, plave pa sve do crne boje.⁷ Zbog načina na koji vapnenci nastaju javljaju se vapnenci s različitim strukturama, teksturama i bojama. Neki su gusti, uniformni i nestrukturirani, a neki s jasno vidljivim fosilnim ostacima.⁵

⁵ Pletikosić, L. (2007.) Primjena kamena u graditeljstvu. Zagreb: Građevinski fakultet u Zagrebu. str 26-27.

⁶ Donelli, I. red. prof. i Malinar, H. (2015.) Konzervacija i restauracija kamena. Split: Umjetnička akademija sveučilišta u Splitu. str 23.

⁷ Kršić, A., Tomašić, I. (2009.) Utjecaj pigmenata i primjesa na postojanost boje i dekorativnost prirodnog kamena. Zagreb. str 82.

Svojstva

S obzirom da je toliko mogućih materijala u sastavu vapnenca svojstva ovise o njima. Trajnost ovisi o porozitetu i prisutnosti uklopljenih supstanci (veći porozitet znači manju trajnost).⁸ Zbog kalcita u njihovom sastavu neotporni su na kiseline koje izazivaju koroziju kamena.⁹ Karakterizira ih nepostojanost prema djelovanju atmosferilija, pogotovo u urbanim sredinama gdje blijede i gube sjaj.⁵

Primjena

Koristiti za izradu zidova od lomljenog kamena, kao pločasti obložni element, te za popločavanja. Glavna varijabla u biranju vapnenca pri ovim namjenama je otpornost na smrzavanje. Mogu se također koristiti i za različite unutarnje namjene pri čemu je bitno na umu imati osjetljivost na vino i urin.⁵

Ležišta


Vapnenac je široko rasprostranjen u Hrvatskoj. Najviše ležišta istog nalazi se na otoku Braču na lokacijama Pučišća, Splitska, Selca, Žaganj dolac, Glave kod Selca, Punta, Zečevo kod Selca. Ležišta su također i na otoku Korčuli poput Humaca kod Lumbarde. Postoji više ležišta u okolici Splita kao što su Radošići pokraj Sinja, Velić kod Sinja, D. Dolac pokraj Dugopolja, Pakovo selo kod Drniša. Ležišta kod Trogira su Seget, Plano i Vrsine. Kod Dubrovnika se nalazi ležište Visočani.¹⁰

⁸ Tomašić, I., Ženko T. (1993.) Utjecaj strukturno teksturnih značajki i dijagenetskih procesa na poroznost arhitektonskog kamena. Zagreb: Rudarsko geološko naftni zbornik. Vol 5, str.165-172.

⁹ Donelli, I. red. prof. i Malinar, H. (2015.) Konzervacija i restauracija kamena. Split: Umjetnička akademija sveučilišta u Splitu. Str. 30.

¹⁰ Donelli, I. red. prof. i Malinar, H. (2015.) Konzervacija i restauracija kamena. Split: Umjetnička akademija sveučilišta u Splitu. Str. 40.-43.

2.1.1.2. Mramor

Vrsta kamena	mramor	Carrara mramor
Gustoća	2.6-2.9 g/cm ³	
Tlačna čvrstoća	75-240 N/mm ²	
Čvrstoća na savijanje	3-19 N/m ²	
Otpornost na habanje	15 cm ³ /40cm ²	
Termalna ekspanzija	0.3-0.6 mm/m100K	
Apsorpcija vode	0.1-3.0% težine	
Poroznost	--	
Toplinska vodljivost	2.0-2.6 W/mK	
Otpornost na smrzavanje	normalna	

Tablica 2. Svojstva mramora.¹¹

Petrografski tip

Metamorfna stijena.⁷

Nastanak

Nastaje metamorfozom pri kojoj amorfne kalcitne molekule čine kristale, a tijekom tog procesa nestaju fosilni ostatci, slojevitost i dekorativni elementi(vene). Tijekom procesa se mijenja i boja u bijelu s obojanim crtama (žicama).⁷

¹¹ Mihalić, S. (2007.) Osnove inženjerske geologija. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zagreb. str 16.

Sastav

Glavni element je kalcit koji čini 50-80% konstitucije, a sekundarni elementi mogu biti grafit, pirit, limenit.¹²

Izgled i boja

Struktura mu je nelinearna, od sitno do krupnozrnate. Ima kristaličnu strukturu pa se odlikuje specifičnim lomom i refleksijom svjetla. Pravi mramor je bijel, međutim najčešće sadrži i nečistoće te tragove drugih boja u obliku pruga, manjih površina, slojeva, uzoraka, površina i sjena većinom u sivoj boji. Nikada nema žarkijih boja.⁷

Svojstva

Pošto su mu boje od prirodnih pigmenata može duže zadržavati boju, međutim nije otporan na habanje. Stoga iako zadržavaju boju polirane površine u eksterijerima gube sjaj i postaju fino hrapave. Za obradu i skulpture su povoljniji sitno zrnati varijeteti zbog lakše obrade.⁷

Primjena


Popločavanja, unutrašnja oblaganja zidova, izrada stepenica i skulptura.⁷

Ležišta

Italija, Njemačka, Makedonija, Španjolska, Portugal, Austrija, Grčka i druge zemlje.⁷

¹² Pletikosić, L. (2007.) Primjena kamena u graditeljstvu. Zagreb: Građevinski fakultet u Zagrebu. str 27.

2.1.1.3. Granit

Vrsta kamena	granit	Granit Rosa Porrino
Gustoća	2.6-2.8 g/cm ³	
Tlačna čvrstoća	130-270 N/mm ²	
Čvrstoća na savijanje	5-18 N/m ²	
Otpornost na habanje	5-8 cm ³ /50cm ²	
Termalna ekspanzija	0.8 mm/m100K	
Apsorpcija vode	0.1-0.9% težine	
Poroznost	0.4-1.5% vol.	
Toplinska vodljivost	1.6-3.4 W/mK	
Otpornost na smrzavanje	Normalna	

Tablica 3. Svojstva granita.¹³

Petrografski tip

Eruptivna intruzivna stijena.⁸

Sastav

Granit je 20-60% kvarc, 35-40% feldspat, 3-10% biotit, a u manjim količinama u njemu se nalaze i turmalin, muskovit, apatit, cirkon te sekundarni sastojci. U njegovoj građi kristale čine feldspati, kvarc popunjava međuprostor, a meki, obično tamni, biotit je akumuliran te jednoliko rasprostranjen i daje granitu kontrast.¹⁴

¹³ Mihalić, S. (2007.) Osnove inženjerske geologija. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zagreb. str 16.

¹⁴ Pletikosić, L. (2007.) Primjena kamena u graditeljstvu. Zagreb: Građevinski fakultet u Zagrebu. str 25.

Izgled i boja

Struktura mu je znata, a može biti konzistentna i nekonzistentna. Raznoliki izgled granita je posljedica raznih vrsta feldspata te prethodno spomenutih kristala koje čine. Oni mogu biti u više boja: crvenkasta, žućkasta, bjelkasta, plavkasto-zelenkasta, siva. Nikada nisu vrlo tamni. Jedno od njegovih svojstava koje ga čine vrlo estetski veoma poželjnim je mogućnost poliranja do visokog sjaja.⁸

Svojstva

Većina granita je po trajnosti dobra ili vrlo dobra. Svoja svojstva sjaja, nepromjenjivosti izgleda i dekorativnosti zadržava i u uvjetima urbane, onečišćene atmosfere. Brzina raspada vrste granita je proporcionalna količini apsorbirane vode.⁸ Jedno od važnijih svojstava granita u pogledu njegovog čišćenja je njegova izrazita osjetljivost na kiseline.

Primjena

Diljem svijeta se uvelike koristi kao kamen kojim se oblažu raznolike površine.⁸

Ležišta

U Hrvatskoj postoji ležište na Ravna gori, na Papuku.¹⁵ a i na mjestima gdje ga ne nalaze se pretežito dekorativne vrste, već su jednolike sive boje i sitnog zrna. Različite dekorativne vrste su dostupne iz drugih zemalja kao što su Španjolska, Italija, Njemačka, Finska, Švedska, Austrija, Francuska, Brazil i Kina.⁸

¹⁵ Jovičić, D., Oreški, B., Kraljeta, B. (1992.) Ležište Arhitektonskog kamena granita Zebrato (Ravna gora-Papuk, Hrvatska). Zagreb.

2.2. Žbuka

Žbuka je smjesa vezivnog sredstva, znatog agregata i vode. Upotrebljava se kao vezivna masa za arhitektonske elemente, najčešće kamena i opeke te za prekrivanje zidova u svrhu njihove zaštite. Također se koristi da bi se izjednačile nepravilne plohe te kao podloga drugim materijalima i tehnikama, zanatskim ili umjetničkim.¹⁶ Prema načinu primjene razlikuje se unutarnja, vanjska, ukrasna, hidroizolacijska i termoizolacijska žbuka. Vanjske žbuke su one izložene grafitima, to su mineralne žbuke a razlikuju se vapnena žbuka, produžena žbuka (vapneno cementna), cementna žbuka i gipsana žbuka.¹⁷ Najčešća veziva su vapno i cement. Vapno se dobiva pečenjem vapnenca na temperaturi od preko 900°C, kalcijev karbonat ispušta ugljični dioksid, a preostaje kalcijev oksid, to jest živo vapno. Gašenjem i miješenjem s vodom dobiva se kalcijev hidroksid, to jest gašeno vapno. Cement se dobiva pečenjem laporastog kamena na visokim temperaturama koji sadrži vapnenac i glinu. Agregati ili punila su mediji koji služe kao prihvatna tvar u žbuci. Granule agregata se oblože česticama veziva tako da žbuku čine čvršćom, žilavijom i elastičnijom. Agregat može biti pijesak, lomljeni kamen, lomljena opeka, breča, šljunak, koji se najčešće koriste te piljevina, treset itd. Ako se koristi kameni agregat on je od postojane stijene koja nema nedozvoljene količine štetnih primjesa kao što su anhidrid, gips, glina, ugljen, lignit, neugašeno vapno, štetni minerali, soli, sulfidi i sulfati. Zrna su loptastog oblika. Pijesak je sitniji agregat, a vadi se iz mora, rijeka i nalazišta na kopnu. Pijesak korišten u ovu svrhu nema organske nečistoće ni humusa.¹⁸ Voda za pravljenje žbuke može biti svaka pitka voda. Ona ne sadrži sulfite, kloride i nitrate, kao i slobodne mineralne kiseline i organske primjese, naročito šećer. Nije kisela, te najviše sadrži 1% sumpora, te 0,2% natrija i klora. Najbolje je upotrebljavati kišnicu koja ima idealne kemijske karakteristike za spravljanje svih vrsta vapnenih žbuka. Prema stupnju kemijskog onečišćenja razlikuje se mekana i tvrda voda, te kemijski čista voda – destilirana voda.¹⁸

¹⁶ Nikšić, I. Uvod u arhitektonsku konzervaciju, Materijali i tehnike. Split: Umjetnička akademija sveučilišta u Splitu. str 14.


¹⁷ Rikard Podhorsky, Živan Viličić, Hrvoje Požar, Duško Štefanović: Tehnička enciklopedija 1963–1997. – digitalna inačica dostupna od 2017.

¹⁸ Borovac, T. dr. sc., i Bosnić K. Konzervacija - restauracija zidnih slika i mozaika. Split: Umjetnička akademija u Splitu. str 3-5.

2.2.1. Vrste najčešće korištene žbuke kod nepokretnih kulturnih dobara

2.2.1.1. Vapnena žbuka

Vapnena žbuka je jedan od najstarijih vezivnih materijala u povijesti graditeljstva. Odnos vapna prema agregatu u vapnenom žbuci može varirati od 1:2 do 1:3, što ovisi o kvaliteti vapna, o vrsti agregata i o potrebnoj čvrstoći materijala. Sastoji se od dva sloja.¹⁸

vrsta žbuke	vapnena žbuka	
Gustoća	1400 kg/m ³	
tlačna čvrstoća	0.4-2.5 N/mm ²	
čvrstoća prionjivosti	1,0 N/mm ²	
Vodoupojnost	15 kg/m ² min0,5	
Paropropusnost	15	
toplinska provodljivost	0,47 W/(m.K)	

Tablica 4. Svojstva vapnene žbuke.¹⁹

Sastav

Sastoji se od vapna, zrnatog agregata i vode.²⁰

Izgled i boja

Bijele je boje ili svijetlih pastelnih tonova.¹⁸

¹⁹ www.samoborka.hr. 24.6.2020.

²⁰ Koncz, T., (1971) Montažno građenje – mort i žbuka. Weisbaden – Berlin. Str. 659,661,662.

Svojstva

Elastična je, u stanju je pretrpjeti velike deformacije. Također dozvoljava konstrukciji da *diše*. Žbuka je osjetljiva na kiseline te u pri čišćenju kiselinom se može oštetiti, a uronjena u jaku kiselinu se raspada nakon tjedan dana.

Primjena

Može se koristiti kao vezivo za više arhitektonskih elemenata, kao pokrov u svrhu zaštite, kao sredstvo za izravnavanje nepravilnih ploha, kao podloga za druge materijale te kao završni sloj.

2.2.1.2. Cementna žbuka

vrsta žbuke	cementna žbuka	
Gustoća	1500 kg/m ³	
tlačna čvrstoća	6,0 N/mm ²	
čvrstoća prionjivosti	1,0 N/mm ²	
Vodoupojnost	2 kg/m ² min0,5	
Paropropusnost	20	
toplinska provodljivost	0,76 W/(m.K)	

Tablica 5. Svojstva cementne žbuke.²¹

Sastav

Sastoji se od cementa, zrnatog agregata i vode.

Svojstva

Za razliku od vapnene žbuke cementna žbuka je tvrda i kruta. Glavna njena prednost je kraće vrijeme produkcije. Kao i druge žbuke osjetljiva je na kiseline što sužava izbor mogućih otapala kojima se smije čistiti.

Izgled i boja

Cementna žbuka je sive boje, a može se i bojati.²²

²¹ www.samoborka.hr. 24.6.2020.

²² Koncz, T., (1971) Montažno građenje – mort i žbuka. Weisbaden – Berlin. Str. 659,661,662.





Primjena

Primjena cementne žbuke slična je kao i kod vapnene s tim da se danas zbog dugotrajnog procesa dobivanja vapna koristi više nego vapnena žbuka.

3. Istraživanje osjetljivosti boja u spreja na UV zračenje

Na temelju istraživanja *Photo-oxidative stability of paraloid acrylic protective polymers* autora O. Chiantore, M. Lazzari u kojem je dokazano da kod interakcije UV zračenja i akrilne boje dolazi do raspada veza unutar molekule iste, napravljena je proba u kojoj su uzorci boje u spreju izloženi djelovanju UV zračenja pomoću UV lampe PAT#10060 koja svijetli na spektralnom području od 315 nm uz očekivanja da će se veze unutar boje početi kidati te da će se boja moći lakše ukloniti.²³ Prvo je pripremljen uzorak od kamena Veselje unito na koji su nanosene boje u spreju te ostavljene na duži period da se u potpunosti osuše. Korištene su tri boje različitih proizvođača - crvena (Mega akril), plava (Dupli-Color Prima) te žuta (Happy color). Uzorak je ostavljen pod UV lampom dva tjedna te su nakon svakog tjedna snimljeni spektri pomoću FT-IR spektroskopske tehnike uz pomoć kojih su se pratile promjene u strukturi boje.

²³ M.Lazzari, O. Chiantore. (1999.) Thermal-ageing of paraloid acrylic protective polymers. Italija: Sveučilište u Torinu.

boja	fluorescentno crvena	plava	žuta
proizvođač	Mega akril	Dupli-Color Prima	Happy color
proizvod			
uzorak nakon 14 dana pod utjecajem UV lampe			

Tablica 6. Boje u spreju korištene za uzorak te utjecaj UV svijetla na iste nakon 14 dana.

3. 1. Priprema uzoraka za analizu

S površine uzorka od kamena Veselje unito kontaminiranog bojom u spreju nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju sastrugan je ostatak boje. Kod ove analize odabran je kamen Veselje unito jer je isti lokalni vapnenc, jedan od najčešće kontaminiranih grafitiima na području Dalmacije. Od uzorkovanog praškastog materijala u epruvetu je odvagano 250 ± 5 mg.

U epruvetu je zatim dodano 2 ml smjese otapala metanol/acetonitril=1:1. Epruveta je bila promućkana s vremena na vrijeme. Nakon 48 h odvojeno je otapalo s bojom od karbonatnog taloga. Kako bi se zahvatilo što manje taloga, uzorak se uzimao pomoću kapaljke na vrhu koje je bio pričvršćen komad vate.

Na satnom stakalcu je prethodno odvagano 200 ± 5 mg KBr-a (kalijev bromid), koji je uobičajen medij pri snimanju FT-IR spektara čvrstih uzoraka, kao materijal koji se ne apsorbira u IR području. Na prethodno izmjereni KBr, pomoću kapaljke se prebacilo otapalo s otopljenom bojom. Smjesa KBr i otapala s uzorkom se sušila preko noći pri sobnoj temperaturi a zatim pri temperaturu od $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ u trajanju od 2 h kako bi se potpuno uklonila otapala (metanol i acetonitril) iz uzorka, a koja bi ometala snimanje IR spektra.

Uzorak u obliku osušenog bijelog praha je potom pažljivo homogeniziran u ahatnom tarionik te prebačen u kalup i isprešan u prozirnu pločicu.

Tako pripremljena pločica se stavlja u nosač koji se umeće u FT-IR spektroskopski instrument. Treba naglasiti da spomenuta pločica mora biti što tanja, prozirnija i manje raspucana kako bi se dobilo što točnije rezultate.

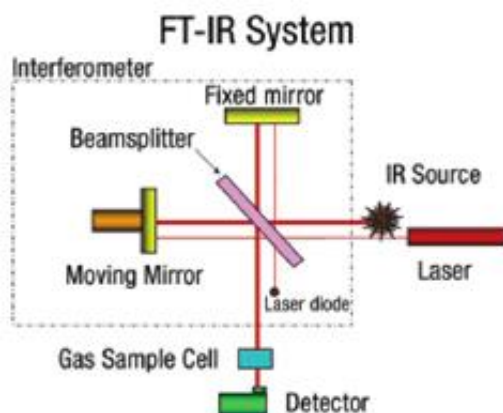
3.2. Infracrvena spektroskopija

Infracrvena spektroskopija je spektroskopska tehnika koja mjeri interakcije između materije i infracrvenog zračenja. Infracrveno zračenje ima raspon od oko 14000 cm^{-1} do nekih 10 cm^{-1} i može se podijeliti na tri regije : bliski IR, srednji IR i daleki IR. Fotoni te vrste zračenja utječu na vibracijske pobude unutar molekula mijenjajući položaj njihovih jezgara. Nije svaka molekula IR aktivna. Slobodni atomi ne emitiraju IR zračenje jer ne posjeduju kemijsku vezu. Homoatomne molekule tipa H_2 , O_2 , Cl_2 , N_2 također ne emitiraju IR zračenje. Da bi molekula bila IR aktivna prilikom apsorpcije zračenja mora doći do promjene dipolnog momenta u molekuli. Nadalje sve vrste vibracije unutar neke molekule nisu IR aktivne. Vibracije se mogu podijeliti na vibracije istezanja (promjena duljine veze) i vibracije savijanja (promjena veznog kuta). Neke molekule kao npr CO_2 ili CS_2 imaju centar simetrije, ali neke vibracije su ipak IR aktivne kao antisimetrično istezanje ili vibracije savijanja unutar i izvan ravnine. Broj vibracijskih modova se razlikuje za linearne i nelinearne molekule. Za nelinearne se računa prema izrazu $3N-6$ gdje je N broj atoma u molekuli dok za linearne se računa prema $3N-5$ izrazu. Apsorpcija IR zračenja se događa kada se frekvencija upadnog fotona izjednači a frekvencijom koja odgovara točno razlici osnovnog i nekog pobuđenog vibracijskog stanja molekule prilikom čega dolazi do promjene dipolnog momenta i položaja jezgara.²⁴

²⁴ D. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz: "Introduction to Spectroscopy", Third Edition, Brooks/Cole Thomson Learning, Australia, 2001. str 14

3.3. FT-IR

FT-IR je tehnika infracrvene spektroskopije koja uključuje proces Fourierove transformacije. Prednost FT-IR nad običnim emisijskim tehnikama je brzina snimanja. Najvažniji dio FT-IR instrumentacije je Michelsonov interferometar. Kada zračenje iz termičkog izvora padne na djeliteľ zraka (engl. Beamsplitter) 50% upadnog zračenja se propušta prema pokretnom zrcalu, a 50% se reflektira prema nepokretnom zrcalu. Svaki najmanji položaj pomičnog zrcala odgovara jednoj valnoj duljini ili jednom valnom broju. Micanjem položaja pomičnog zrcala stvara se razlika duljine puta zraka između pomičnog i nepomičnog zrcala, a ovisnost intenziteta zračenja o pomaku pokretnog zrcala stvara interferogram. Matematičkom metodom Fourierovih transformacija može se spektar vremenske domene pretvoriti u spektar frekvencijske domene kojeg na kraju analiziramo. Dijelovi FT-IR spektrometra su : izvori zračenja (globar, Nernstova nit, visokotlačna živina lampa) zatim djeliteľ zrake, detektor i računalo.²⁵

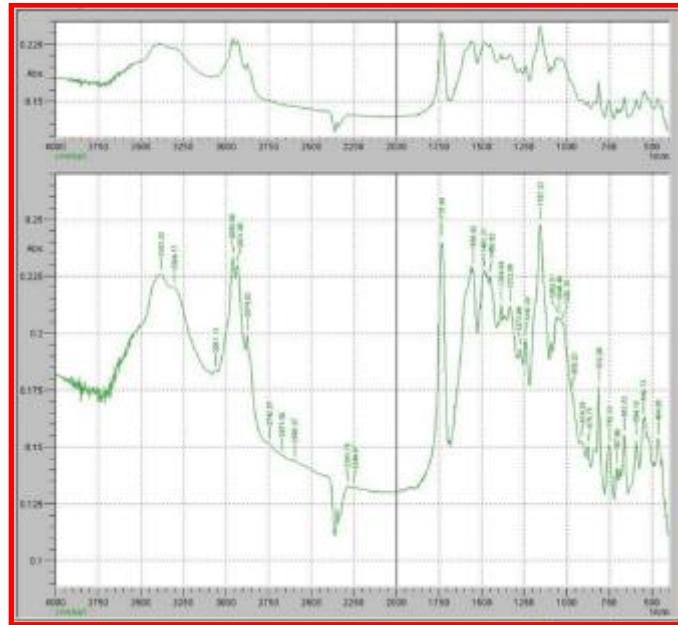


Slika 1. Sistem rada FT-IR-a.¹¹

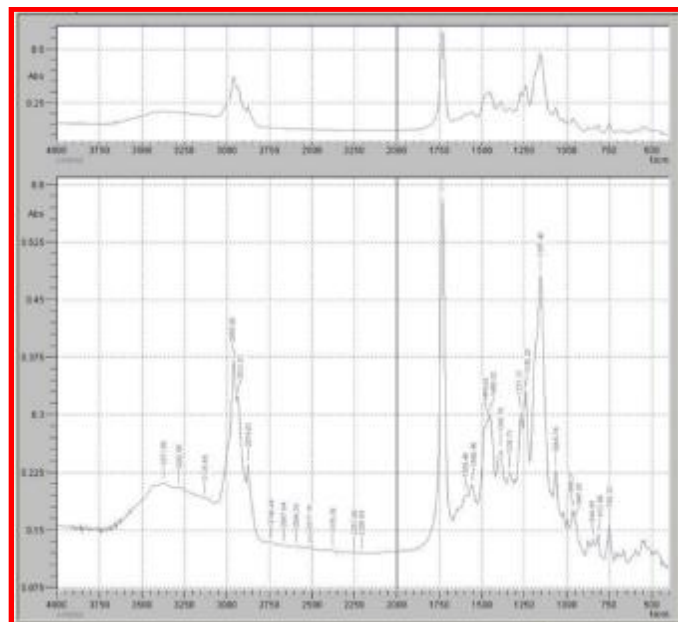
²⁵ D. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz: "Introduction to Spectroscopy", Third Edition, Brooks/Cole Thomson Learning, Australia, 2001. str 24.

3.4. Rezultati istraživanja otpornosti uzoraka na UV zračenje dobiveni FT-IR spektroskopskom tehnikom

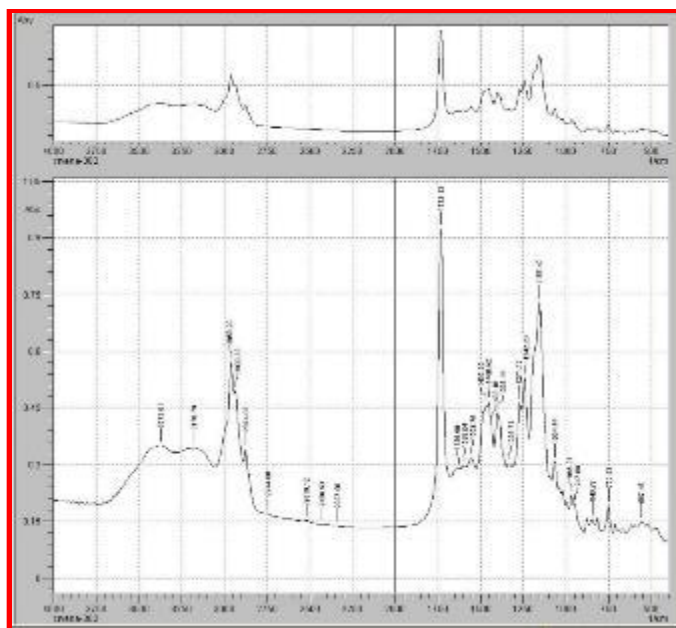
3.4.1. Spektri crvene boje



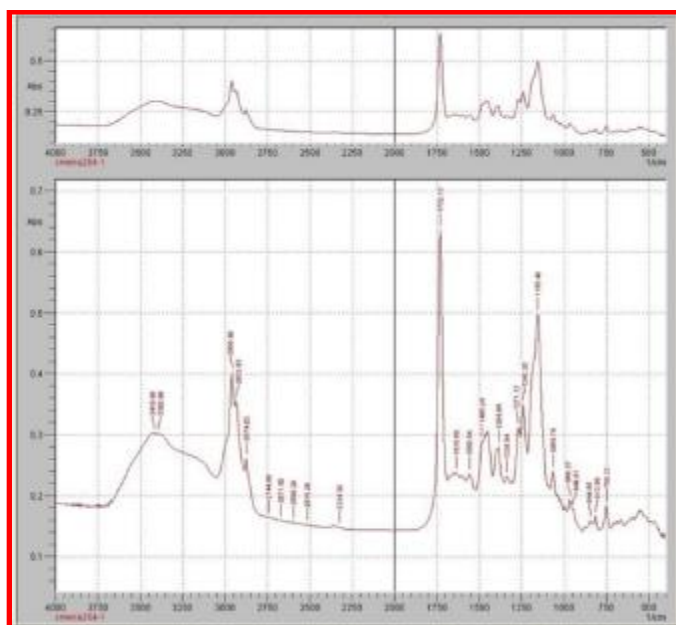
Slika 2. Crvena boja prije izlaganja UV zračenju (crvena-P.smf)



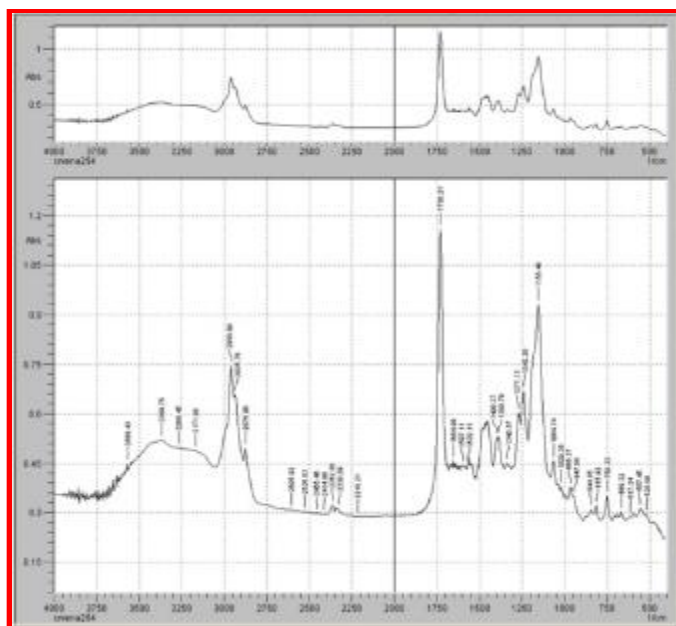
Slika 3. Crvena boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (crvena 254)



Slika 4. Crvena boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (crvena 302)



Slika 5. Crvena boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (crvena 254-1)



Slika 6. Crvena boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (crvena 254)

Nakon prvog tjedna vidljive su razlike. Vrpce su puno nižeg intenziteta u odnosu na C-H istežanja. Razlog raspada boje je pucanje međumolekulske interakcije u strukturama, a moguć razlog je i vezanje na slobodne OH i NH skupine.

Nakon drugog tjedna raspad je i dalje vidljiv, napreduje te vrpce postaju pliće.

(C-H) = 2958.90, 2935.78, 2875.90 cm^{-1} . Kod istežanje metilnih CH_3 i metilenskih CH_2 grupa nema bitnog mijenjanja. UV ne utječe bitno na akrilnu bazu, što se vidi iz pika na 1700 cm^{-1} i 1800 cm^{-1} . (sadrži CH_3 , CH_2 skupine). Vidljiva su simetrična i asimetrična istežanja metilnih i metilenskih skupina iz podloge poli metil metakrilata.

Na području 1735.99 cm^{-1} vidljiv je intenzivan, jaki C=O pik kojeg ima u akrilnoj bazi (+C=O ester) i u bojama (kao C=O ester ili C=O amid).

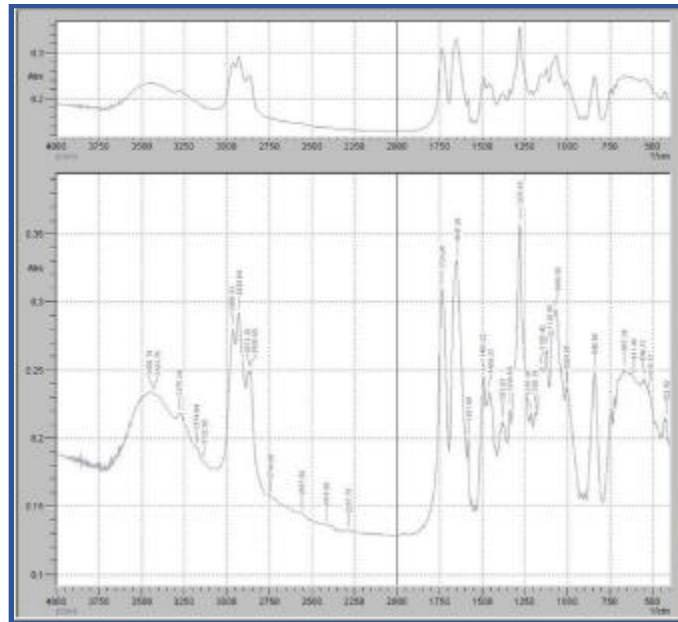
Područje od 1700-1400 cm^{-1} je područje istežanja C=C veze, a od 1600 cm^{-1} do 1400 cm^{-1} apsorbiraju IR zračenje aromatske C=C veze, ne obične. Aromatska C=C veza je veza iz benzenovih prstena kojih ima puno u bojama. Vidljiva su aromatska istežanja iz boje.

Vidljiva su istezanja na vrpci pri 1450 cm^{-1} od N=N jer boje sadrže diazo skupine koje su podložne razlaganju na UV svjetlu.

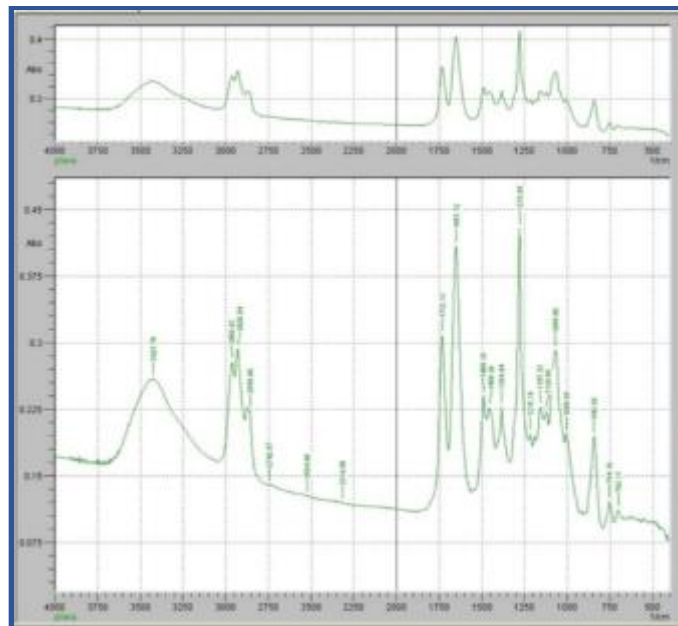
C-O = 1155.40 cm^{-1} ne mijenja se znatno.

Fingerprint područje počinje uglavnom od 1500 cm^{-1} pa na niže ali ode se fokusiramo na područje od 700 cm^{-1} na niže, tu dolazi do potpuno promjene vibracija deformacija cijelog kostura što znači da je došlo do strukturne promjene. U fingerprint području opadaju vibracije deformacije što ukazuje na definitivnu promjenu u strukturi.

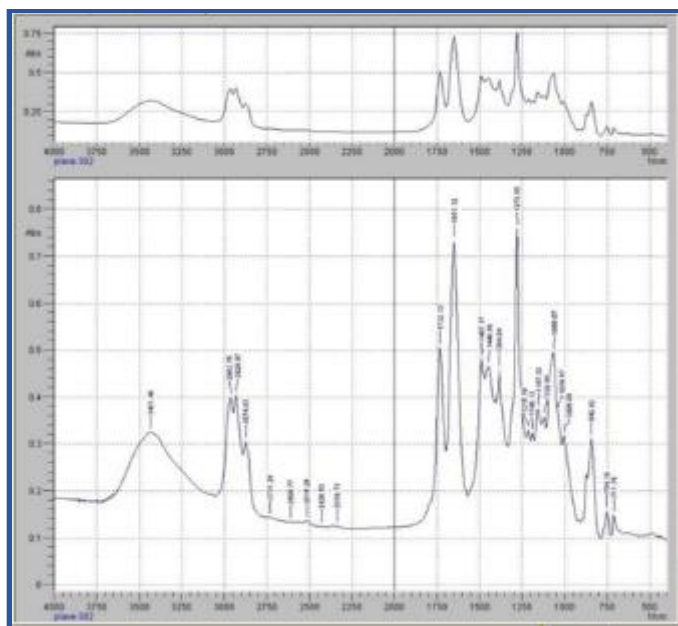
3.4.2. Spektri plave boje



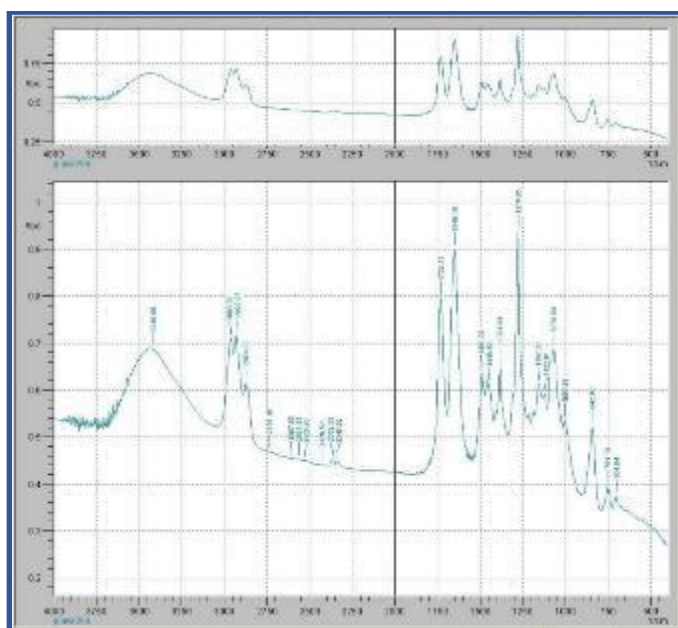
Slika 7. Plava boja prije izlaganja UV zračenju (plava-P.smf)



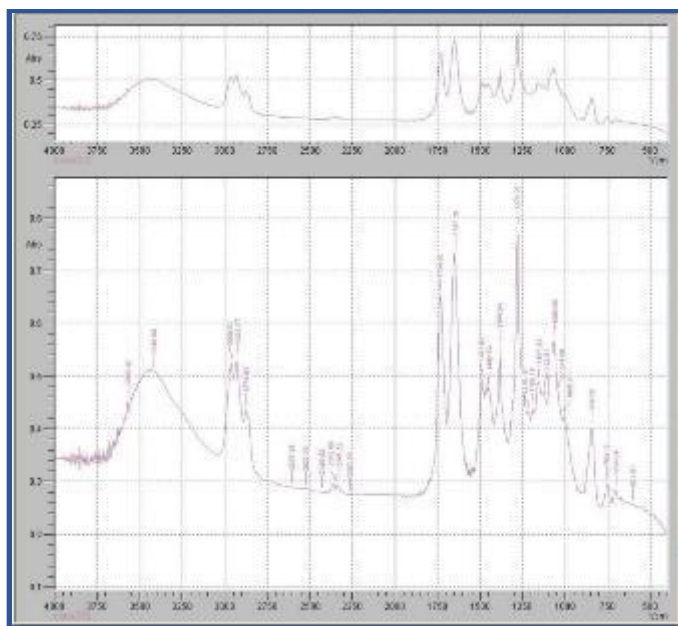
Slika 8. Plava boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (plava 254)



Slika 9. Plava boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (plava 302)



Slika 10. Plava boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (plava 254)



Slika 11. Plava boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (plava 302)

U području istezanja O-H uočen je porast pika, pucanje strukture i stvaranje još više slobodnih OH skupina.

Nakon prvog tjedna vidljiv je porast pika na 1651.12 cm^{-1} u odnosu na drugi karbonilni pik. Potječe od karbonila u amidima (ili C=C iz aromata) koji se nalaze u bojama.

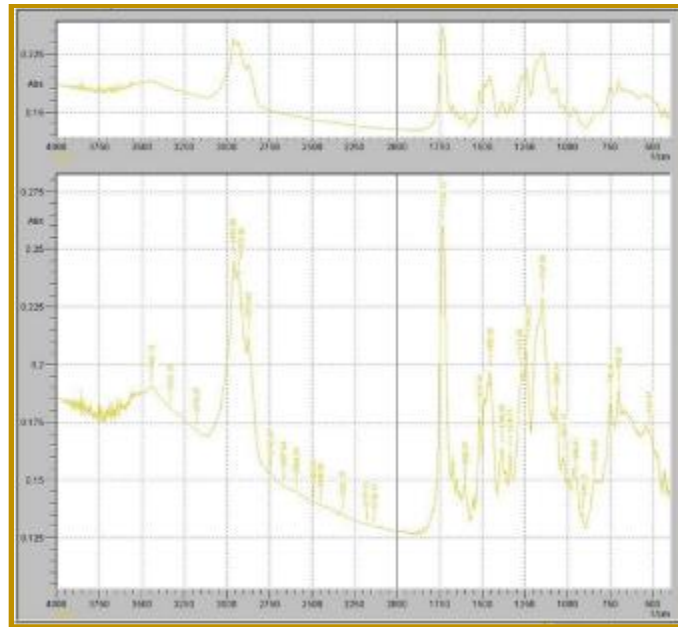
U području oko $1450\text{-}1400 \text{ cm}^{-1}$ vidimo smanjenje intenziteta pika što je posljedica raspada boje uslijed UV zračenja koja najvjerojatnije sadrži diazo strukturne motive koji su fotoosjetljivi, a sadrže vibracijske vrpce u tom području valnih brojeva.

U fingerprint području gdje se nalaze vibracije deformacija ($500 - 750 \text{ cm}^{-1}$) uočena je potpuna promjena vrpce što je indikator promjene kemijske strukture nakon UV zračenja, jer je to područje jedinstveno za svaku molekulu

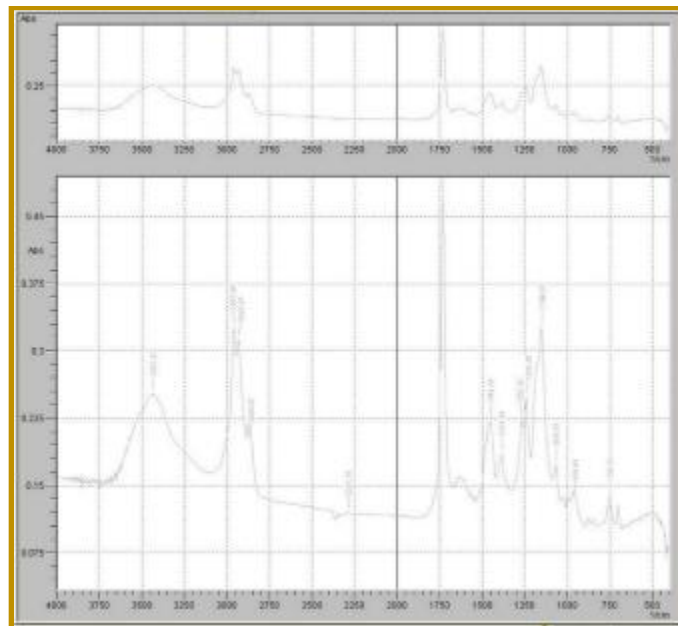
C-H područje se puno ne mijenja.

Vidljiva su dva pika pri 1700 cm^{-1} i pri 1600 cm^{-1} . Pik pri 1700 cm^{-1} je karbonil, a pik pri 1600 cm^{-1} je karbonil iz amida ali plavi pigmenti i boje imaju obično više benzenovih prstena u strukturama od ostalih pa postoji mogućnost i da je C=C istezanje.

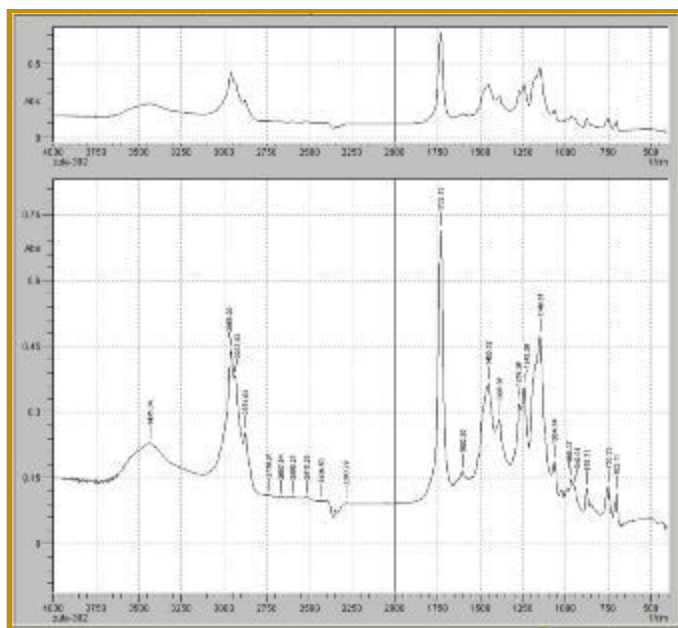
3.4.3. Spektri žute boje



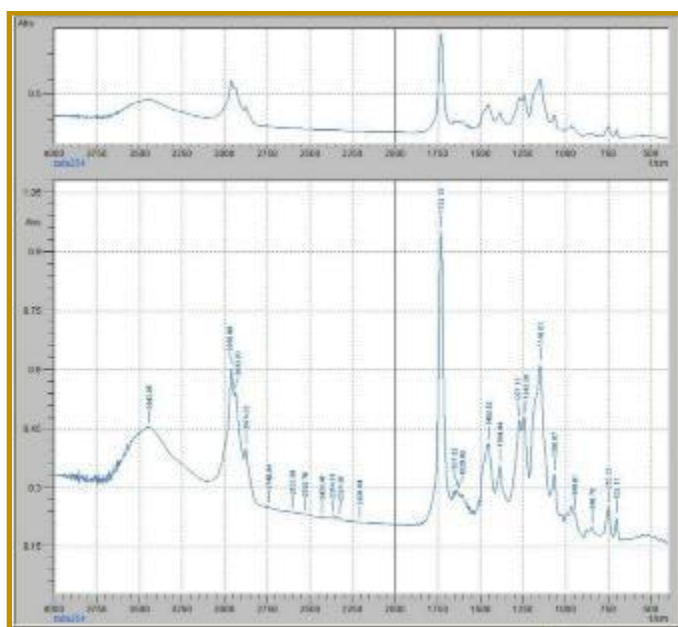
Slika 12. Žuta boja prije izlaganja UV zračenju (žuta-P.-smf)



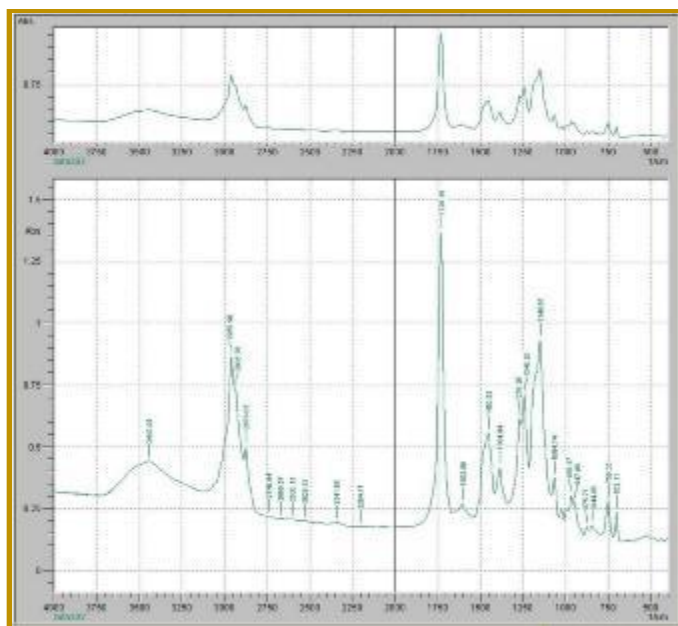
Slika 13. Žuta boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (žuta 254)



Slika 14. Žuta boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (žuta 302)



Slika 15. Žuta boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (žuta 254)



Slika 16. Žuta boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (žuta 302)

U području istezanja O-H uočen je porast pika, pucanje strukture i stvaranje još više slobodnih OH skupina.

Nakon prvog tjedna vidljiva je oštra vrpca na 1651.12 cm^{-1} što potječe od karbonilne C=O veze i zadržava se kroz sve tjedne.

U fingerprint području su vidljive promjene deformacije.

4. Probe uklanjanja boje u spreju s kamena i žbuke uz pomoć komercijalnih sredstava i poznatih tehnika čišćenja

Napravljene su probe uklanjanja boje u spreju s kamena Veselje unito te žbuke pomoću nekoliko različitih kombinacija komercijalnih sredstava za skidanje boja i premaza dostupnih na našem tržištu i poznatih metoda čišćenja. Korištena komercijalna sredstva kod istih proba su *Rust-oleum*, *Hempel*, *Sigill*, *Hempel-Paint stripper 99540*, *Luxal* te *Solvigel*. S obzirom da je riječ o komercijalnim sredstvima njihov točan sastav nije poznat no gelovi za uklanjanje premaza obično sadrže aktivni sastojak, adukt, vodu, frakol, ester kao otapalo, ModiSurf Clarity te Methocel.²⁶ Također su napravljene probe uklanjanja boje u spreju s istih materijala koristeći Aceton, Nitrorazrjeđivač i Wolbers-ov gel (Gel 1) u kombinaciji s poznatim tehnikama čišćenja. Od poznatih metoda čišćenja je primijenjeno čišćenje vodom, visokotlačnim peraćem na hladnu vodu, visokotlačnim peraćem na vruću vodu te visokotlačnim peraćem na paru. Cilj ovih probi je bio utvrditi djelotvornost komercijalnih sredstava za skidanje premaza kod uklanjanja grafita s obzirom na potrebno vrijeme, istražiti najbolji način njihovog nanošenja, pronaći najbolji kombinaciju s poznatim tehnikama čišćenja istih te obratiti pažnju na njihov utjecaj na sam nosioc grafita. Pozornost je stavljena i na njihovu cijenu što je također bitan faktor u praktičnoj primjeni.

²⁶ Kurowski, G., Vogt, O., Ogonowski J. (2017.) Active ingredients in paint strippers. Institute of Organic Chemistry and Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Cracow University of Technology str. 43.



Slika 17. Rust-oleum (autor: Ema Bonomi, 2021.)



Slika 18. Hempel (autor: Ema Bonomi, 2021.)



Slika 19. Hempel 99540 (autor: Ema Bonomi, 2021.)



Slika 20. Luxal (autor: Ema Bonomi, 2021.)



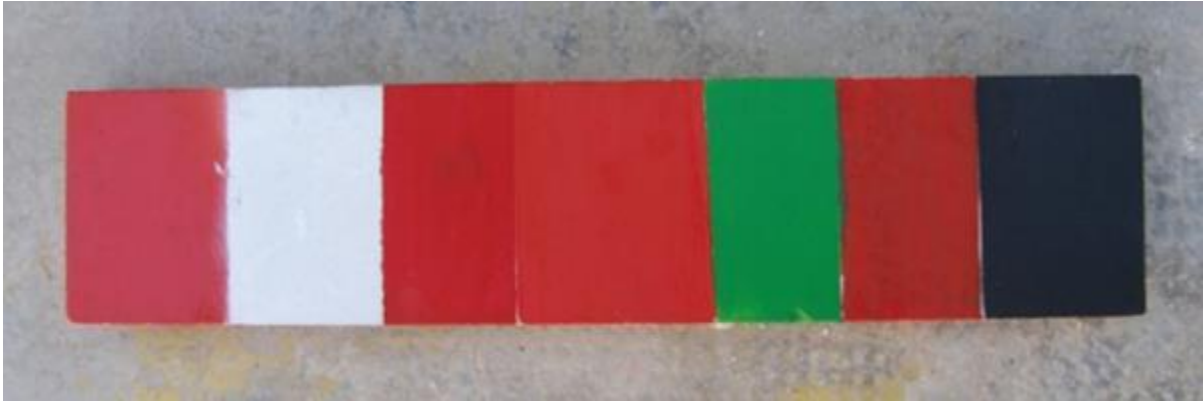
Slika 21. Sigill (autor: Ema Bonomi, 2021.)

4.1. Probe uklanjanja boje u spreju s uzoraka od kamena vapnenca Veselje unito uz pomoć komercijalnih sredstava i čišćenja vodom

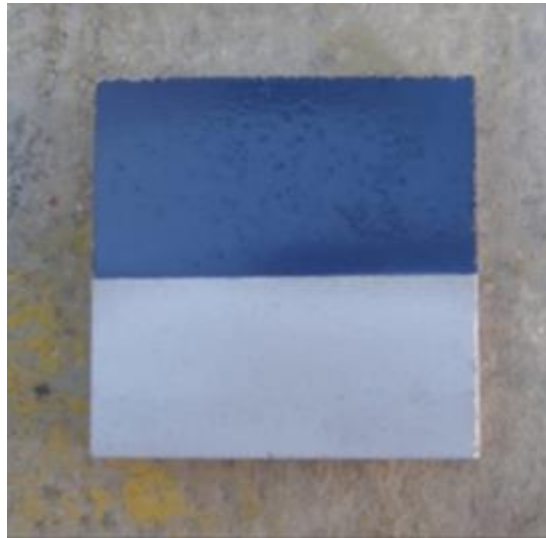
Prvo su napravljena dva kamena uzoraka od kamena vapnenca Veselje unito, uzorak 1 i uzorak 2 na koja su nanese boje u spreju od više dostupnih proizvođača koje se obično koriste za izradu grafita. U ovom radu su korišteni Happy Color, Prima-Dupli Color, Colors Spray Paint te Mega Akril. Boja je odstajala na kamenom nosiocu pola godine prije početka probi jer je cilj bio bazirati se na starije premaze koje je znatno teže ukloniti od onih svježe nanesenih.

Happy Color	Prima – Dupli Color	Colors spray	Mega Akril
			

Tablica 7. Korištene boje u spreju za izradu uzoraka




Slika 22. Uzorak 1. (autor: Ema Bonomi, 2021.)



Slika 23. Uzorak 2. (autor Ema Bonomi, 2021.)

4.1.1. Uzorak 1

Na uzorku 1 je uz pomoću krep trake odijeljeno jedno polje koje obuhvaća sve nanese boje zbog pretpostavke da nemaju svi pigmenti i sve boje u spreju odabranih proizvođača jednaku otpornost. Polje se nalazi na dnu uzorka, na njega je kistom nanese sredstvo Rust-oleum, uzorak je prekriven folijom te je tako odstajao dvadeset i četiri sata.



uzorak	prije/nakon	polje	sredstvo	nanos	način nanosa	vrijeme	čišćenje
uzorak 1	prije	3	Rust-oleum	1	kist	24 h	voda

Tablica 8. Uzorak 1. Prvi nanos sredstva Rust-oleum.


Nakon dvadeset i četiri sata uzorak je očišćen vodom. Uočeno je da se sredstvo osušilo te da je njegovo djelovanje nakon nekog vremena prestalo. Taj podatak ukazuje na to da je potrebno smanjiti vrijeme jer sredstvo isparava u znatno bržem vremenskom intervalu od dvadeset i četiri sata. Prekrivanje folijom nije pomoglo u sprječavanju isparavanja sredstva niti je potrebno ako se smanji vremenski interval djelovanja. Također je uočeno da će biti potrebno ponavljati postupak jer boja nije uklonjena u potpunosti.



uzorak	prije/nakon	polje	sredstvo	nanos	način nanosa	vrijeme	čišćenje
uzorak 1	nakon	3	Rust-oelum	1	kist	24 h	voda

Tablica 9. Uzorak 1. Nakon čišćenja prvog nanosa sredstva Rust-oleum.


Nakon prve probe uzorak je podijeljen na još dva polja na koja su kistom nanosena još dva komercijalna sredstva, na vrhu sredstvo Sigill, a u sredini sredstvo Hempel. Na zadnjem polju je ponovljen postupak sa sredstvom Rust-oleum. Novi vremenski interval od nanošenja sredstva do čišćenja istog je određen na sat vremena.



uzorak	prije/nakon	polje	sredstvo	nanos	način nanosa	vrijeme	čišćenje
uzorak 1	prije	1	Sigill	1	kist	1 h	voda
		2	Hempel	1			
		3	Rust-oleum	2			

Tablica 10. Uzorak 1. Drugi nanos sredstva Rust-olum te prvi nanos sredstava Sigill i Hempel.

Rezultati nakon sat vremena, nakon prvog nanosa sredstava Sigill i Hempel te drugog nanosa sredstva Rust-oleum ukazuju na to da sredstva Rust-oleum i Hempel daju bolje rezultate od sredstva Sigill, no ni jedno sredstvo nije u potpunosti uklonilo boju pa je bilo potrebno ponoviti postupak.



uzorak	prije/nakon	polje	sredstvo	nanos	način nanosa	vrijeme	čišćenje
uzorak 1	nakon	1	Sigill	1	kist	1 h	voda
		2	Hempel	1			
		3	Rust-oleum	2			

Tablica 11. Uzorak 1. Drugi nanos sredstva Rust-oleum te prvi nanos sredstava Sigill i Hempel nakon čišćenja.


Nakon nanošenja sredstava Sigill i Hempel drugi put te sredstva Rust-oleum treći put kistom te vremenskog intervala između nanošenja sredstva i njegovog čišćenja vodom određenog na sat vremena uočeno je da i dalje boja nije u potpunosti uklonjena te da je potrebno ponoviti postupak. Također je uočeno da se tamniji te crveni pigmenti puno teže uklanjaju.



uzorak	prije/nakon	polje	sredstvo	nanos	način nanosa	vrijeme	čišćenje
uzorak 1	nakon	1	Sigill	2	kist	1 h	voda
		2	Hempel	2			
		3	Rust-oleum	3			

Tablica 12. Uzorak 1. Treći nanos sredstva Rust-oleum te drugi nanos sredstava Sigill i Hempel nakon čišćenja.

Rezultat nakon tri nanosa kistom sredstava Sigill, Hempel i Rust-olem na svako polje te vremenskog intervala između nanošenja sredstva i njegovog čišćenja vodom određenog na sat vremena ukazuje na to da ova metoda nije dovoljno učinkovita za potpuno uklanjanje boje u spreju s kamena te da je potrebno unijeti izmjene u istu.



uzorak	prije/nakon	polje	sredstvo	nanos	način nanosa	vrijeme	čišćenje
uzorak 1	nakon	1	Sigill	3	kist	1 h	voda
		2	Hempel	3			
		3	Rust-oleum	3			

Tablica 13. Treći nanos sredstava Rust-oleum, Sigill i Hempel nakon čišćenja.

4.1.2. Uzorak 2

Uzorak 2 je krep trakom podijeljen na dva polja. Na gornje polje je kistom naneseo sredstvo Luxal, a na donje sredstvo Hempel-Paint striper 99540. Vremenski interval je određen na sat vremena, a za čišćenje je odabrana voda.



uzorak	prije/nakon	polje	sredstvo	nanos	način nanosa	vrijeme	čišćenje
uzorak 2	prije	1	Luxal	1	kist	1 h	voda
		2	Hempel 99540	1			

Tablica 14. Uzorak 2. Prvi nanos sredstava Luxal i Hempel.

Nakon prvog nanosa sredstava Luxal i Hempel-Paint striper 99540 te vremenskog intervala između nanošenja sredstava i njihovog čišćenja poljevanjem vodom određenog na sat vremena uočeno je da su ova sredstva dala puno bolje rezultate od sredstava korištenih na uzorku 1, no rezultati nisu relevantni zbog razlike u finoći površine. Površina uzorka 2 je znatno finija od površine uzorka 1. S finije površine je znatno lakše ukloniti boju jer se teže zadrži u porama kamena što nije slučaj kod kamena grublje površine. Unatoč boljim rezultatima boja i dalje nije uklonjena u potpunosti te je bilo potrebno ponoviti postupak.



uzorak	prije/nakon	polje	sredstvo	nanos	način nanosa	vrijeme	čišćenje
uzorak 2	nakon	1	Luxal	1	kist	1 h	voda
		2	Hempel 99540	1			

Tablica 15. Uzorak 2. Prvi nanos sredstava Luxal i Hempel nakon čišćenja.

Na gornje polje je kistom ponovno nanoseno sredstvo Luxal, a na donje sredstvo Hempel-Paint striper 99540. Nakon sat vremena sredstva su očišćena vodom. Rezultati nakon ponovljenog postupka ukazuju na to da je Hempel-Paint striper 99540 u potpunosti uklonio boju nakon dva nanosa te da daje bolje rezultate od Luxala koji nije i kojem bi za potpuno uklanjanje boje bio potreban još jedan nanos. Uočeno je da je Luxal među najmanje djelotvornim sredstvima korištenim u ovim probama jer unatoč glatkoj, poliranoj površini nije uspio ukloniti boju.



uzorak	prije/nakon	polje	sredstvo	nanos	način nanosa	vrijeme	čišćenje
uzorak 2	nakon	1	Luxal	2	kist	1 h	voda
		2	Hempel 99540	2			

Tablica 16. Uzorak 2. Drugi nanos sredstava Luxal i Hempel 99540 nakon čišćenja.

Nakon što su na uzorku 1 na sva polja kistom nanosena sredstva Sigill, Hempel i Rust-oleum tri puta te su čišćena vodom sat vremena nakon svakog nanosa zaključeno je da ova metoda nije dala željene rezultate potpunog uklanjanja boje te da je potrebno promijeniti način nanošenja korištenih sredstava da se uspori hlapljenje istih i poboljša prodiranje u pore grubljeg kamena gdje čestice boje lakše zaostaju. Na uzorku 2 kod kojeg su se koristila sredstva Luxal i Hempel 99540 koja su nanosena 2 puta te nakon svakog očišćena vodom uočeno je da je metoda učinkovita jer se radi o poliranoj površini, no nosioci grafita su obično grublje kamene površine.


4.2. Probe uklanjanja boja u spreju sa zida od kamena vapnenca uz pomoć komercijalnih sredstava za skidanje premaza u kombinaciji s visokotlačnim peraćem na hladnu vodu

Napravljene su in situ probe. Odabrana je kamena površina kontaminirana grafitom prije nekoliko godina. Vrsta kamena je vapnenac. Na njoj je označeno pet polja koja označavaju pet komercijalnih sredstava za skidanje premaza. Probe na istoj površini su puno prikladnije jer se radi o vertikalnoj površini na kojoj se grafiti obično nalaze te na kojoj se sredstva teže zadržavaju. Također na horizontalnoj površini se zadržava više boje nego na vertikalnoj. Grafiti koje je potrebno ukloniti su ilegalni pa su napravljeni u jako kratkom vremenskom intervalu u kojem se ne stigne nanijeti toliko debeli sloj boje kao što se temeljito nanese na uzorak da se prekrije željeno polje.







Slika 24. Kamena površina kontaminirana grafitom. (autor: Ema Bonomi, 2021.)





Sredstva su kistom nanesena na određena polja pri čemu je uočeno da različita komercijalna sredstva za skidanje premaza imaju različitu gustoću. Na površinu se najlakše nanosio i najviše zadržavao Hempel, a najlošije Sigill i Hempel-Paint striper 99540. Nakon sat vremena sredstva su očišćena sa zida pomoću visokotlačnog perača. Uočeno je da boja nije u potpunosti uklonjena sa zida te da je potrebno ponoviti postupak. Nabolje rezultate su dali Rusto-leum i Hempel, no podatak za Hempel nije relevantan jer se na dijelu kamena gdje je nanesen nalazila žbuka s koje je znatno lakše skinuti boju te se sama raspada ako se visokotlačni peračem priđe preblizu. Nakon tretiranja kamene površine kontaminirane grafitom dva puta te vremenskog intervala između nanošenja sredstava i njihovog čišćenja visokotlačnim peračem određenog na sat vremena nije postignut željeni rezultat da se ukloni boja u potpunosti pa je bilo potrebno unijeti izmjene u dosadašnju metodu. U nastavku su priložene tablice s rezultatima probi.

visokotlačni pereč na hladnu vodu		
	proizvođač i model	Karcher 502 M
	snaga	2,0 kW
	pritisak	100 bar
	max. temp.	60 °C
	voda	hladna




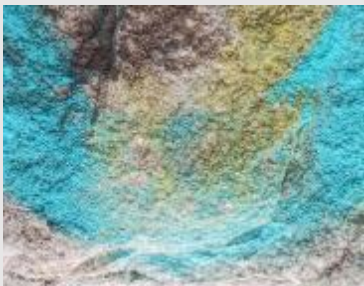
Tablica 17. Visokotlačni perač.

	sredstvo	
	Rust-oleum	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon
	nanos	3
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač

Tablica 18. Sredstvo Rust-oleum nanoseno kistom te očišćeno visokotlačnim peračem.

	sredstvo	
	Hempel	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač
	prije/nakon	nakon
	nanos	3
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač




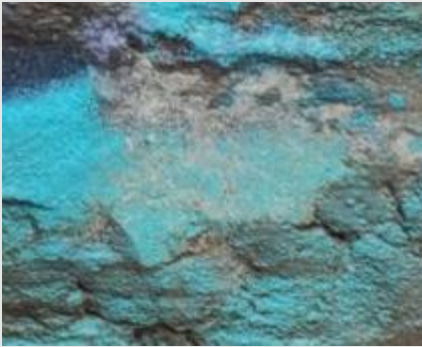
Tablica 19. Sredstvo Hempel nanoseno kistom te očišćeno visokotlačnim perlačem.

	sredstvo	
	Hempel 99540	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perać
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perać
	prije/nakon	nakon
	nanos	3
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perać

Tablica 20. Sredstvo Hempel 99540 naneseno kistom te očišćeno visokotlačnim peraćem.

	sredstvo	
	Luxal	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon
	nanos	3
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač

Tablica 21. Sredstvo Luxal nanoseno kistom te očišćeno visokotlačnim peračem.

	sredstvo	
Sigill		
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perać
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perać
	prije/nakon	nakon
	nanos	3
	način nanosa	kist
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perać

Tablica 22. Sredstvo Sgill nanoseno kistom te očišćeno visokotlačnim peraćem.

4.3. Probe uklanjanja grafita u kombinaciji s pulpom i visokotlačnim peračem na hladnu vodu

Kod sljedećih proba dolazi do promjene u načinu nanošenja komercijalnih sredstava za uklanjanje premaza, na zid su naneseni u kombinaciji s papirnom pulpom te je sve je prekriveno folijom zbog usporavanja isparavanja otapala iz sredstva. Papirna pulpa je vlaknasti materijal sastavljen od celuloznih vlakana biljnog podrijetla, najčešće od drveta. U restauraciji se koriste papirne pulpe čija je pH vrijednost približno neutralna.²⁷ Otapalo u kombinaciji s pulpom djeluje tako da ono omekša neželjene tvari na površini kamena te ih izvlači u masu obloga.²⁸ Folija je pričvršćena plastelinom jer zbog vjetra krep traka i selotejp nisu bili dovoljno jaki da je zadrže na zidu. Nakon sat vremena sve je isprano visokotlačnim peračem te je uočeno da ni ova metoda nije dala zadovoljavajuće rezultate kao ni metoda kod koje su se sredstva nanosila kistom pa je bilo potrebno pronaći novi način nanošenja u idućim probama.

²⁷ <https://www.hrz.hr/index.php/pojmovnik>




²⁸ Nikšić, I. Uvod u arhitektonsku konzervaciju, Materijali i tehnike. Split: Umjetnička akademija sveučilišta u Splitu, str 25.






Slika 25. Papirna pulpa (autor: Ema Bonomi, 2021.)



Slika 26. Komercijalna sredstva u kombinaciji s papirnom pulpom (autor: Ema Bonomi, 2021.)

	sredstvo	
	Rust-oleum	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač




Tablica 23. Sredstvo Rust-oleum u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim perlačem.

	sredstvo	
	Hempel	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač




Tablica 24. Sredstvo Hempel u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim peraćem.

	sredstvo	
	Hempel 99540	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač

Tablica 25. Sredstvo Hempel 99540 u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim perlačem.

	sredstvo	
	Luxal	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač




Tablica 26. Sredstvo Luxal u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim perlačem.

	sredstvo	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač




Tablica 27. Sredstvo Sigill u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim peračem.

4.4. Probe uklanjanja grafita s acetonom i nitro razrjeđivačem u kombinaciji s visokotlačnim peraćem hladnu vodu

Napravljene su probe uklanjanja boje u spreju sa zida od kamena vapnenca pomoću organskog otapala acetona te nitro razrjeđivačem koji je smjesa organskih otapala. Ova otapala nanesena su u kombinaciji s pulpom te intervalom između njihovog nanošenja i čišćenja visokotlačnim peraćem koji je određen na sat vremena, no ista nisu dala najbolje rezultate.

	sredstvo	
Aceton		
	prije/nakon	prije
nanos		1
način nanosa		papirna pulpa
vrijeme		1 h
čišćenje		visokotlačni perać
	prije/nakon	nakon
nanos		1
način nanosa		papirna pulpa
vrijeme		1 h
čišćenje		visokotlačni perać

Tablica 28. Aceton nanesen u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim peraćem.

	sredstvo	
	Nitro razrjeđivač	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	papirna pulpa
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač

Tablica 29. Nitro razrjeđivač nanesen u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim peračem.




4.5. Uklanjanje grafita metodom utrljavanja sredstva četkom u površinu kontaminiranu istim u kombnaciji s čišćenjem visokotlačnim peračem

Kod ovih probi promijenjen je način nanošenja sredstva, uvedena je metoda utrljavanja sredstva četkom u površinu kontaminiranog kamena. Vremenski interval je određen na sat vremena, a za čišćenje je korišten visokotlačni perač. Uz dosadašnja sredstva napravljene su probe s još dva nova sredstva Solvigel i Wolbersov gel. Solvigel je komercijalno sredstvo dostupno na tržištu dok je Wolbersov gel napravljen u svrhu ovog rada po recepturi Richard-a Wolbers-a.²⁹ Solvigel je dao jako dobre rezultate, no brzo se suši te ga je kasnije teško ukloniti s kamena. Ovaj način nanošenja sredstva je dao najbolje rezultate. Ustanovljeno je da je potrebno tri puta ponoviti ovaj postupak da bi se dobio željeni rezultat potpunog uklanjanja boje kod svih sredstava osim kod Wolbersovog gela koji je uklonio boju u potpunosti nakon jednog postupka.






²⁹ Stuli, D, Miller, D, Khanjian, H, Khandekar, N, Wolbers, R, Carlson, J, Peterson, C. (2004.) Solvent Gels for the Cleaning of Works of Art. Los Angeles: The Getty Conservation Institute. str 5.

Slika 27. Solvigel

	sredstvo	
	Solvigel	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni pera
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni pera
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h

	čišćenje	visokotlačni perač
---	----------	--------------------

Tablica 30. Sredstvo Solvigel utrljano četkom te očišćeno visokotlačnim peračem.

	sredstvo	
	Rust-oelum	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon




	nanos	2
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni pera

Tablica 31. Sredstvo Rust-oleum utrљano četkom te očišćeno visokotlačnim peraem.

	sredstvo	
	Hempel	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni pera
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni pera

	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni pera

Tablica 32. Sredstvo Hempel utrљano četkom te očišćeno visokotlačnim peraem.

	sredstvo	
	Hempel 99540	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni pera
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni pera



	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač



Tablica 33. Sredstvo Hempel 99540 utrljano četkom te očišćeno visokotlačnim peračem.

	sredstvo	
	Luxal	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h

	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač

Tablica 34. Sredstvo Luxal utrljano četkom te očišćeno visokotlačnim peračem.

	sredstvo	
	Sigill	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon

	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač

Tablica 35. Sredstvo Sigill utrljano četkom te očišćeno visokotlačnim peračem.

4.6. Uporaba gelova pri uklanjanju grafita s kamena

Gelovi su kombinacija otapala te dodataka poput tenzida i ugušćivača. Kod pripreve gelova koriste se organska otapala, jedno ili miješana više otapala. Obično se koriste shelsol t, ksilen, benzil alkohol, izopropanol, etanol, aceton i metil 2 piroolidinon. Tenzidi se dodaju u svrhu smanjenja površinske napetosti koja uvelike utječe na to koliko otapalo moći površinu i koliko prodire u nju. U pravilu se koriste blago lužnati tenzidi kao što su Ethomeen C-12 i Ethomeen C-25. Ugušćivači u kombinaciji s otapalom povećavaju njegovu viskoznost i stvaraju gel te sprječavaju prodiranje otapala u dublje slojeve. Također poboljšavaju i prijanjanje na površinu. Pomoću njih se može preciznije definirati vrijeme zadržavanja otapala na površini, pa se brzo hlapljivim otapalima može usporiti proces isparavanja i produžiti vrijeme djelovanja. Za polarnija organska otapala koristi se hidroksipropilceluloza (Klucel). Za manje polarna organska otapala koristi se etilceluloza. Kod pripreve se također dodaje i voda te se vodi računa o njenoj PH. Pomoću navedenih dodataka mijenjaju se svojstva otapala da bi se ona što bolje prilagodila materijalu kojeg čistimo. Ti dodatci produljuju vrijeme zadržavanja otapala na površini, poboljšavaju kontrolu dubine prodiranja otapala

u materijal, te olakšavaju manipuliranje otapalom prilikom čišćenja vertikalnih ili složenih površina. Kod pripravljanja gela važno je pomiješati tenzid i ugušćivač te onda dodati mješavini otapalo ili mješavinu otapala. Kapaljkom se postepeno dodaje voda, uz miješanje dok ne poprimi formu gela. Potrebno je postići prikladnu gustoću, do mjere da ne klizi po podlozi dok ga nanosimo. Gelovi koji sadrže tenzid Ethomeen C2 ispiru se mješavinom koja se sastoji od otapala koje sadrži gel te White Spirita. Otapala koja obično sadrže boje za grafite u spreju mogu se podijeliti na ugljikovodična otapala i oksigenirana otapala. Ugljikovodična otapala, koja se najčešće koriste su podijeljena na alifatska, naftenska i aromatična (kao što su toluen i ksilen). Oksigenirana otapala su ketoni, esteri, esteri glikola i alkoholi (posebno n-butanol), a obično se koriste u kombinaciji sa sintetičkim vezivima. Obje vrste otapala se kombiniraju s vodom. Otapala koja se danas koriste za uklanjanje grafita sadrže klorirane ugljikovodike, monoglikol, etere i glikol acetate, polarna otapala te razna otapala.³⁰

4.6.1 Primjeri gelova prema R. Wolbersu

Ovi recepti za pripravu gelova su prilagođeni za čišćenje uljanih slika, a boje koje se koriste za grafite su većinom na bazi akrila. Akrilne boje su organske, a budući da se slične tvari otapaju u sličnim za uklanjanje istih bi se trebala koristiti organska otapala. S obzirom na to za uklanjanje grafita prikladniji su Gel 1 i Gel 3.

Gel 1	
otapala	200ml Aceton i 50ml Benzil alkohol
tenzid	8ml Ethomeen C-25
ugušćivač	1,5g Carbopol 940
voda	20 ml Deionizirana voda

Tablica 36. Tablica gel 1.

³⁰ Stuli, D, Miller, D, Khanjian, H, Khandekar, N, Wolbers, R, Carlson, J, Peterson, C. (2004.) Solvent Gels for the Cleaning of Works of Art. Los Angeles: The Getty Conservation Institute. str 5.

Gel 2	
otapala	100ml mješavina nepolarnih otapala
tenzid	20ml Ethomeen C12
ugušćivač	2g Carbopol 934 (943, 954, 984)
voda	1,5ml deionizirana vode

Tablica 37. Gel 2.

Gel 3	
otapala	100ml mješavina polarnih otapala
tenzid	20ml Ethomeen C25
ugušćivač	2g Carbopol 934 (943, 954, 984)
voda	10-15ml deionizirana vode

Tablica 38. Gel 3.

Gel 4	
otapala	75ml Ethanol i 12ml Xylene
tenzid	8ml Ethomeen C-25
ugušćivač	2g Carbopol 954
voda	12ml deionizirane vode

Tablica 39. Gel 4.

4.6.2. Gel 1



Kod ovih proba korišten je Gel 1 koji je dao najbolje rezultate u usporedbi sa svim komercijalnim sredstvima za skidanje premaza te je uklonio boju u potpunosti u kombinaciji nanošenja utrljavanjem četkom, vremenskog intervala između nanošenja gela i čišćenja istog visokotlačnim peraćem određenog na sat vremena dok su ostalim sredstvima bila potrebna tri takva postupka za isti rezultat. Nedostatak ovog gela je vidljiv samo s financijske strane jer je korišteno otapalo benzil alkohol jako skupo.

Gel 1	
otapala	200ml Aceton i 50ml Benzil alkohol
tenzid	8ml Ethomeen C-25
ugušćivač	1,5g Carbopol 940
voda	20 ml Deionizirana voda

Tablica 40. Gel 1 korišten u probama.



Slika 28. Gel 1. (autor: Ema Bonomi, 2021.)

	sredstvo	
	Gel 1	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni pera
	prije/nakon	nakon

	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač

Tablica 41. Gel 1 nanosen utrljavanjem četkom te očišćen uz pomoć visokotlačnog perača.

4.7. Probe na žbuci

Napravljene su probe na žbuci koja je također čest materijal koji je često kontaminiran grafitima. U površinu je četkom utrljano sredstvo koje je u dosadašnjim probama dalo najbolje rezultate a to je Hempel. Vremenski interval prije čišćenja visokotlačnim peračem je određen na sat vremena. Uočeno je da je rezultat jednak kao kod istog postupka na kamenu, no ovaj materijal je puno osjetljiviji na čišćenje visokotlačnim peračem stoga treba biti na oprezu kod korištenja istog. Ako udaljenost visokotlačnog perača nije dovoljna dolazi do uništavanja same žbuke.

	nosioc	sredstvo
	žbuka	Hempel
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perlač

Tablica 42. Sredstvo Hempel nanoseno utrljavanjem četkom na podlogu od žbuke te čišćenje visokotlačnim perlačem.

4.8. Uklanjanja grafita u kombinaciji sredstva Hempel i čišćenja visokotlačnim peraćem na paru

U svrhu poboljšanja dosadašnje metode došlo je do izmjene u načinju čišćenja sredstava s kontaminirane površine istim. Umjesto visokotlačnog peraća korišten je visokotlačni perać na paru koji koristi vruću paru za razliku od visokotlačnog peraća kod koji koristi hladnu vodu. Za ove probe su odabrana dva sredstva koja su dala najbolje rezultate u dosadašnjim probama, a to su Hempel i Wolbersov gel, Gel 1. Kod probe 1 na grafitu na zidu je na jedni polje nanesen Hempel utrljavanjem četkom a na drugo polje Wolbersov gel na isti način. Određen je novi vremenski interval između nanošenja sredstva i čišćenja istog koji je do sad bio određen na sat vremena u svrhu ubrzavanja procesa te je određen na pola sata. Nakon pola sata sredstva su uklonjena pomoću visokotlačnog peraća na paru. Ova proba je dala najbolje rezultate jer je nakon samo jednog nanošenja sredstava uklonjena gotovo sva boja sa zida. Ova metoda je dala takve rezultate jer visokotlačni perać na paru doseže jako visoku temperaturu preko 100°C. Nedostatak ove metode je što je proces uklanjanja visokotlačnim peraćem na paru jako spor a grafiti su obično većih površina. Kod probe dva je ponovljen isti proces koji je dao iste rezultate samo nosioc čine betonski blokovi prekriveni žbukom.

visokotlačni perač na paru



proizvođač i model

Deffner & Johann,
Plyno GV Steam
Cleaner / Larident VP
Mini

snaga

1000 W

pritisak

3 bar

max. temp.


135 °C

voda

vruća

Tablica 43. Visokotlačni perač na paru.

4.8.1. Proba 1.



prije/nakon	polje	sredstvo	nanos	način nanosa	vrijeme	čišćenje
prije	1	Wolbers gel	1	utrljavanje	1 h	visokotlačni perač na paru
	2	Hempel	1			

Tablica 44. Proba 1. Wolbers gel i sredstvo Hempel nanoseni utrljavanjem četkom.



prije/nakon	polje	sredstvo	nanos	način nanosa	vrijeme	čišćenje
nakon	1	Wolbers gel	1	utrljavanje	1 h	visokotlačni perač na paru
	2	Hempel	1			

Tablica 45. Proba 1. Wolbers gel i sredstvo Hempel nanoseni utrljavanjem četkom te očišćeni visokotlačnim peraćem na paru.

4.8.2. Proba 2.

	sredstvo	
	Hempel	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni pera na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni pera na paru

Tablica 46. Proba 2. Sredstvo Hempel nanoseno utrљavanjem četkom te očišćeno visokotlačnim peraem na paru.

4.9. Probe uklanjanja grafita u kombinaciji utrljavanja sredstva Hempel četkom i čišćenja istog visokotlačnim peraćem na vruću vodu

U svrhu poboljšanja dosadašnjih metoda došlo je do izmjene u načinju čišćenja sredstva s kamena. Visokotlačni perać na paru je dao jako dobre rezultate zbog više temperature nego kod visokotlačnog peraća no proces je bio jako spor pa je u daljnjim probama korišten visokotlačni perać na vruću vodu koji se također zagrijava no u usporedbi s visokotlačnim peraćem na paru umjesto pare izbacuje vodu pod tlakom. Sredstvo Hempel je utrljano četkom u površinu kamena kontaminiranu grafitima te je nakon vremenskog intervala od sat vremena očišćen visokotlačnim peraćem na vruću vodu. Ovom probom dobiveni su jednaki rezultati kao kod prijašnjih probi čišćenja visokotlačnim peraćem jer se visokotlačni perać va vruću vodu ne zagrijava do jednake temperature kao visokotlačni perać na paru, te je njegova temperatura nedovoljna za postizanje boljih rezultata.





visokotlačni perać na vruću vodu		
	proizvođač i model	Lavor LKX 30
	snaga	3000 W
	pritisak	120 bar
	max. temp.	140 °C
	voda	vruća

Tablica 47. Visokotlačni perać na vruću vodu.


	sredstvo	
	Hempel	
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perać na vruću vodu
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perać na vruću vodu

Tablica 48. Sredstvo Hempel nanoseno utrljavanjem četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem na vruću vodu.

4.10. Usporedba čišćenja visokotlačnim peraćem na paru i visokotlačnim peraćem na vruću vodu

	način čišćenja	sredstvo
	visokotlačni perać na paru	Hempel
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perać na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perać na paru

Tablica 49. Sredstvo Hempel nanoseno utrljavanjem četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem na paru.

	način čišćenja	sredstvo
	visokotlačni perač na vruću vodu	Hempel
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač na vruću vodu
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perač na vruću vodu

Tablica 50. Sredstvo Hempel nanoseno utrљavanjem četkom te očišćeno visokotlačnim peračem na vruću vodu.

4.11. Mjerenje temperature visokotlačnog perača na paru

Pomoću termometra izmjerena je temperatura do koje se zagrijava visokotlačni perlač na paru. Ta informacija je važna jer je ta temperatura potrebna za postizanje najboljeg rezultata kod čišćenja sredstava i boje sa podloge kontaminirane grafitima.

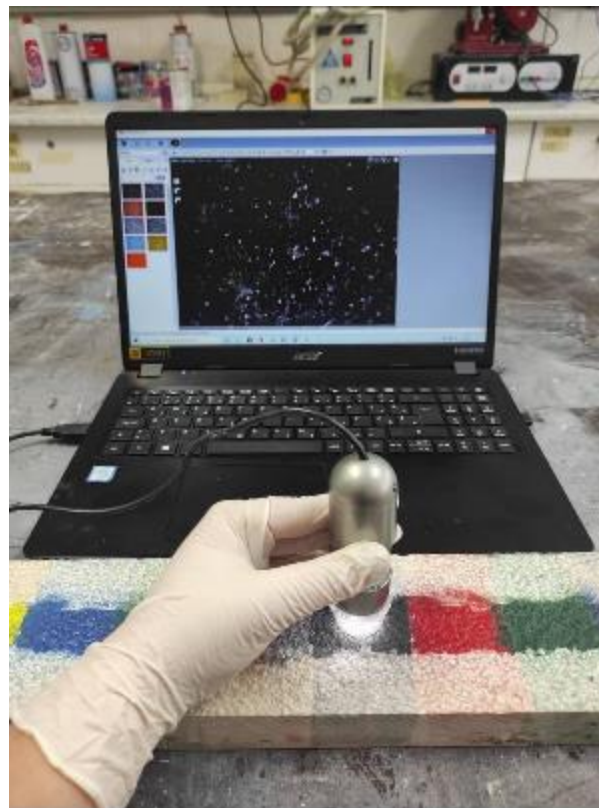


Slika 29. Izmjerena temperatura visokotlačnog perača na paru pomoću termometra.

(autor Ema Bonomi, 2021.)

4.12. Probe uklanjanja boja u spreju s kamenog uzorka uz pomoć komercijalnih sredstava koja su dala najbolje rezultate te snimanje mikroskopom

Napravljena je zadnja proba na kamenom uzorku od vapnenca Veselje unito na kojeg su nanesene boje u spreju proizvođača Happy Color, Prima-Dupli Color, Colors Spray Paint te Mega Akril. Kod ove probe su korištene dvije najučinkovitija kombinacije dobivene ovim istraživanjem. Prva kombinacija čini utrljavanje četkom, sredstvo Hempel te vremenski interval između nanošenja sredstva te čišćenja istog visokotlačnim peračem na paru koji je određen na pola sata. Druga kombinacija je jednaka prvoj samo što je umjesto sredstva Hempel korišten Gel 1. U svrhu dobivanja preciznijih rezultata nakon svakog očišćenog nanosa mikroskopom su snimljeni ostatci boje na uzorku.



Slika 30. Snimanje ostataka boje na uzorku uz pomoć mikroskopa. (autor: Ema Bonomi, 2021.)

4.12.1. Kombinacija 1



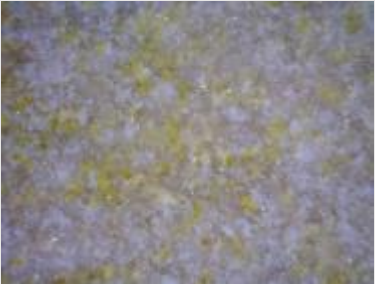

Kombinacija 1 čini utrljavanje četkom, sredstvo Hempel te vremenski interval između nanošenja sredstva te čišćenja istog visokotlačnim peračem na paru koji je određen na pola sata.

	sredstvo	boja
	Hempel	crna
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perlač na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perlač na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perlač na paru

Tablica 51. Mikroskopske snimke ostataka crne boje (Hempel).

	sredstvo	boja
	Hempel	fluorescentno narančasta
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru

Tablica 52. Mikroskopske snimke ostataka fluorescentno narančaste boje. (Hempel)

	sredstvo	boja
	Hempel	žuta
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perlač na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perlač na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perlač na paru





Tablica 53. Mikroskopske snimke ostataka žute boje (Hempel).

	sredstvo	boja
	Hempel	crvena
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni pera na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni pera na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni pera na paru

Tablica 54. Mikroskopske snimke ostataka crvene boje (Hempel).

	sredstvo	boja
	Hempel	zelena
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perlač na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perlač na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perlač na paru

Tablica 55. Mikroskopske snimke ostataka zelene boje (Hempel)..

	sredstvo	boja
	Hempel	plava
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perač na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perač na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perač na paru

Tablica 56. Mikroskopske snimke ostataka plave boje (Hempel).

4.12.2. Kombinacija 2



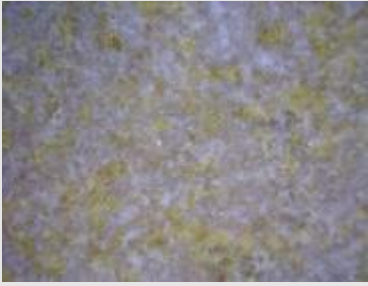
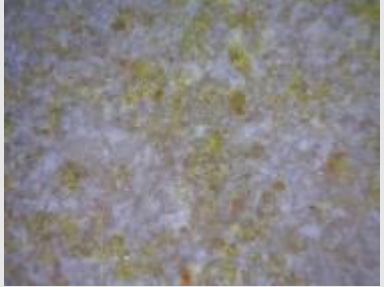
Kombinacija 2 čini utrljavanje četkom, Wolbers-ov Gel 1 te vremenski interval između nanošenja sredstva te čišćenja istog visokotlačnim peraćem na paru koji je određen na pola sata.

	sredstvo	boja
	Gel 1	crna
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	1 h
	čišćenje	visokotlačni perać na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru


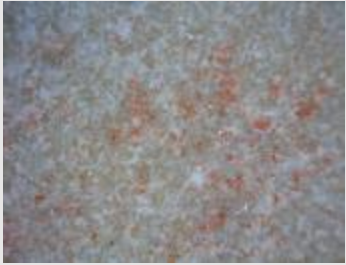

Tablica 57. Mikroskopske snimke ostataka crne boje (Gel1).

	sredstvo	boja	
	Gel 1	fluorescentno narančasta	
	prije/nakon		prije
	nanos		1
	način nanosa		utrljavanje četkom
	vrijeme		30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru	
	prije/nakon	nakon	
	nanos	1	
	način nanosa	utrljavanje četkom	
	vrijeme	30 min	
	čišćenje	visokotlačni perać na paru	
	prije/nakon	nakon	
	nanos	2	
	način nanosa	utrljavanje četkom	
	vrijeme	30 min	
	čišćenje	visokotlačni perać na paru	



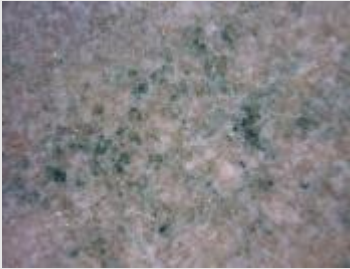
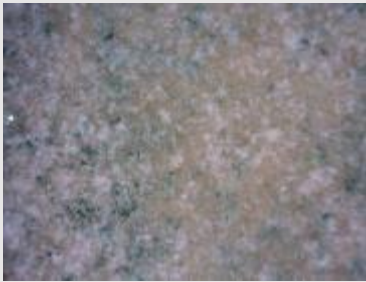
Tablica 58. Mikroskopske snimke ostataka fluorescentno narančaste boje (Gel 1)

	sredstvo	boja
	Gel 1	žuta
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru


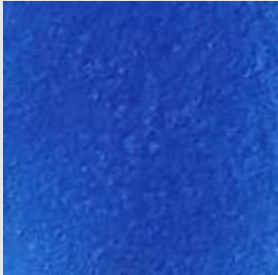
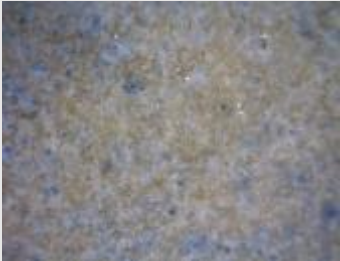
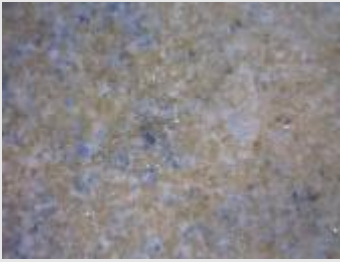
Tablica 59. Mikroskopske snimke ostataka žute boje (Gel 1).

	sredstvo	boja
	Gel 1	crvena
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru

Tablica 60. Mikroskopske snimke ostataka crvene boje (Gel 1).

	sredstvo	
	Gel 1	zelena
		
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni pera na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni pera na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrљavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni pera na paru

Tablica 61. Mikroskopske snimke ostataka zelene boje (Gel 1)

	sredstvo	boja
	Gel 1	plava
	prije/nakon	prije
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru
	prije/nakon	nakon
	nanos	1
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	mini stimer
	prije/nakon	nakon
	nanos	2
	način nanosa	utrljavanje četkom
	vrijeme	30 min
	čišćenje	visokotlačni perać na paru

Tablica 62. Mikroskopske snimke ostataka plave boje (Gel 1).

4.13. Tablice redosljeda korištenih komercijalnih sredstava, načina nanosa, načina čišćenja, vremenskog intervala između nanosa sredstva i čišćenja istog od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom te tablica cijena sredstava od najskupljeg do najjeftinijeg sredstva

Redosljed načina nanosa sredstava od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom	
utrljavanje četkom	
papirna pulpa	
kist	

Tablica 63. Redosljed načina nanosa sredstava od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom





Redosljed komercijalnih sredstava, od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom	
Hempel	
Wolbers-ov Gel 1	
Rust-oleum	
Solvigel	
Hempel 99540	
Luxal	
Sigill	

Tablica 64. Redosljed komercijalnih sredstava, od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom.

Redosljed vremenskog intervala između nanosa sredstva i čišćenja istog, od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom
30 minuta
1 sat
24 sata

Tablica 65. Redosljed vremenskog intervala između nanosa sredstva i čišćenja istog, od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom.

Redosljed načina čišćenja sredstva, od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom

<p>visokotlačni perač na paru</p>	
<p>visokotlačni perač na vruću vodu</p>	
<p>visokotlačni perač na hladnu vodu</p>	
<p>voda</p>	

Tablica 66. Redosljed načina čišćenja sredstava, od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom.

Redosljed komercijalnih sredstava, od najskupljeg prema najjeftinijem			
Wolbers-ov Gel 1		Aceton 1L Benzil alkohol Ethomeen C-25 1kg Carbopol 940 1.5 g Deionizirana voda 20 ml	23.5 kn 193.1 kn
Solvigel		100 ml	175.00 kn
Rust-oleum		750 ml	120.00 kn
Hempel		750 ml	110.00 kn
Hempel 99540		750 ml	65.00 kn
Luxal		750 ml	58 kn
Sigill		750 ml	52 kn

Tablica 67. Redosljed komercijalnih sredstava, od najskupljeg prema najjeftinijem.

4.14. Zaključak

Kod uklanjanja grafita važno je prvo obratiti pažnju na fizička i kemijska svojstva materijala kontaminiranog grafitima. Prvo važno fizičko svojstvo je izgled, koji nam pomaže u identifikaciji vrste materijala. Nakon što je materijal identificiran svojstva vidljiva već na izgled su tekstura i završna obrada materijala. Što površina ima manje neravnina i pukotina lakše ju je očistiti jer na njoj teže zaostaju čestice pigmenta. Vapnenac često ima grubu površinu, obrađenu alatima pa na njegovoj površini čestice pigmenta lako zaostaju, dok je površina granita većinom polirana pa ju je lakše očistiti. Također važna svojstva su poroznost i propusnost. Što je materijal manje šupljikav i što može propustiti manje fluida to je manja mogućnost prodiranja pigmenta, te potencijalnog otapala u njega. Kod materijala velike poroznosti i propusnosti dolazi do otežanog uklanjanja grafita s istih jer je njihova površina krhka i nosi rizik gubitka površine materijala. Informacije o kemijskim svojstvima materijala važne su zbog interakcije s otapalom korištenim za uklanjanje grafita. Važno je odrediti njihovu otpornost na kiseline i lužine. Vapnenac, mramor, granit i opeka su slabo otporni na kiseline pa ih one mogu poprilično oštetiti. Materijali kao što su vapnenac i granit sadržavaju u sebi spojeve željeza koji mogu reagirati s vodom i lužinama, te formirati mrlje. Materijali osjetljivi na alkalije mogu sadržavati silikate ili spojeve željeza koji mogu reagirati s lužinama ili vodom i formirati mrlje, a to su granit, vapnenac, mnoge vrste pješčenjaka, posebno one zelene ili sive boje. Glazirane i polirane površine imaju tendenciju da ih oštećuju i jake kiseline i jake lužine. Uzimajući u obzir fizička i kemijska svojstva materijala kontaminiranih grafitima napravljene su probe uklanjanja grafita. Proba kod koje je kameni uzorak na koji je nanosena boja u spreju izložen UV svjetlu nije dala zadovoljavajuće rezultate jer potrebno previše vremena za postizanje željenog rezultata. Kod probi čišćenja grafita komercijalnim sredstvima važne komponente u procesu su način nanošenja istog, vremenski interval od nanošenja sredstva do čišćenja istog, te način čišćenja. U ovom radu rezultati dobiveni probama ukazuju na to da su se sredstvo Hempel i Wolbers-ov gel pokazali najučinkovitijim, način nanosa nanošenje četkom, vremenski interval od nanošenja sredstva njegovog čišćenja 30 minuta, te uklanjanja visokotlačnim peraćem na paru koji doseže temperaturu preko 100 °C.

Literatura

1. Martin E. Weaver (2017.) Removing graffiti from historic masonry. London: National park service.
2. Pletikosić, L. (2007.) Primjena kamena u graditeljstvu. Zagreb: Građevinski fakultet u Zagrebu.
3. Donelli, I. red. prof. i Malinar, H. (2015.) Konzervacija i restauracija kamena. Split: Umjetnička akademija sveučilišta u Splitu.
4. Mihalić, S. (2007.) Osnove inženjerske geologija. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb.
5. Kršić, A., Tomašić, I. (2009.) Utjecaj pigmenata i primjesa na postojanost boje i dekorativnost prirodnog kamena. Zagreb.
6. Tomašić, I., Ženko T. (1993.) Utjecaj strukturno teksturnih značajki i dijagenetskih procesa na poroznost arhitektonskog kamena. Zagreb: Rudarsko geološko naftni zbornik. Vol 5.
7. Jovičić, D., Oreški, B., Kraljeta, B. (1992.) Ležište Arhitektonskog kamena granita Zebrato (Ravana Gora-Papuk, Hrvatska). Zagreb.
8. Nikšić, I. Uvod u arhitektonsku konzervaciju, Materijali i tehnike. Split: Umjetnička akademija sveučilišta u Splitu.
9. Rikard Podhorsky, Živan Viličić, Hrvoje Požar, Duško Štefanović: Tehnička enciklopedija 1963–1997.– digitalna inačica dostupna od 2017.

10. Borovac, T. mr. sc., i Bosnić K. doc. Konzervacija - restauracija zidnih slika i mozaika. Split: Umjetnička akademija u Splitu.
11. Koncz, T., (1971) Montažno građenje – mort i žbuka. Weisbaden – Berlin.
12. M.Lazzari, O. Chiantore. (1999.) Thermal-ageing of paraloid acrylic protective polymers. Italija: Sveučilište u Torinu.
13. D. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz: "Introduction to Spectroscopy“, Third Edition, Brooks/Cole Thomson Learning, Australia, 2001.
14. Stuli.D, Miller. D, Khanjian. H, Khandekar. N, Wolbers. R, Carlson. J, Peterson. C. (2004.) Solvent Gels for the Cleaning of Works of Art. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
15. Kurowski, G., Vogt, O., Ogonowski J. (2017.) Active ingredients in paint strippers. Institute of Organic Chemistry and Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Cracow University of Technology

Web izvori

1. https://www.iitk.ac.in/dordold/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=221&Itemid=240
2. <https://www.hrz.hr/index.php/pojmovnik>
3. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=45225>
4. www.samoborka.hr.24.6.2021.

POPIS SLIKA

<u>Slika 1. Sistem rada FT-IR-a.¹¹</u>	21
<u>Slika 2. Crvena boja prije izlaganja UV zračenju (crvena-P.smf)</u>	22
<u>Slika 3. Crvena boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (crvena 254)</u>	22
<u>Slika 4. Crvena boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (crvena 302)</u>	23
<u>Slika 5. Crvena boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (crvena 254-1)</u>	23
<u>Slika 6. Crvena boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (crvena 254)</u>	24
<u>Slika 7. Plava boja prije izlaganja UV zračenju (plava-P.smf)</u>	26
<u>Slika 8. Plava boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (plava 254)</u>	26
<u>Slika 9. Plava boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (plava 302)</u>	27
<u>Slika 10. Plava boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (plava 254)</u>	27
<u>Slika 11. Plava boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (plava 302)</u>	28
<u>Slika 12. Žuta boja prije izlaganja UV zračenju (žuta-P.-smf)</u>	29
<u>Slika 13. Žuta boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (žuta 254)</u>	29
<u>Slika 14. Žuta boja nakon jednog tjedna izlaganja UV zračenju (žuta 302)</u>	30
<u>Slika 15. Žuta boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (žuta 254)</u>	30
<u>Slika 16. Žuta boja nakon dva tjedna izlaganja UV zračenju (žuta 302)</u>	31
<u>Slika 17. Rust-oleum (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	33
<u>Slika 18. Hempel (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	33
<u>Slika 19. Hempel 99540 (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	34
<u>Slika 20. Luxal (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	34
<u>Slika 21. Sigill (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	35
<u>Slika 22. Uzorak 1. (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	37
<u>Slika 23. Uzorak 2. (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	37
<u>Slika 24. Kamena površina kontaminirana grafitom. (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	48
<u>Slika 25. Papirna pulpa (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	56
<u>Slika 26. Komercijalna sredstva u kombinaciji s papirnom pulpom (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	56
<u>Slika 27. Solvigel (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	64
<u>Slika 28. Gel 1. (autor: Ema Bonomi, 2021.)</u>	74
<u>Slika 29. Izmjerena temperatura visokotlačnog perača na paru pomoću termometra.</u>	87

Slika 30. Snimanje ostataka boje na uzorku uz pomoć mikroskopa. (autor: Ema Bonomi, 2021.)

..... 88

POPIS TABLICA

<u>Tablica 1. Svojstva vapnenca.....</u>	4
<u>Tablica 2. Svojstva mramora.</u>	7
<u>Tablica 3. Svojstva granita.....</u>	9
<u>Tablica 4. Svojstva vapnene žbuke.....</u>	13
<u>Tablica 5. Svojstva cementne žbuke.....</u>	15
<u>Tablica 6. Boje u spreju korištene za uzorak te utjecaj UV svjetla na iste nakon 14 dana.....</u>	18
<u>Tablica 7. Korištene boje u spreju za izradu uzoraka.....</u>	36
<u>Tablica 8. Uzorak 1. Prvi nanos sredstva Rust-oleum.....</u>	38
<u>Tablica 9. Uzorak 1. Nakon čišćenja prvog nanosa sredstva Rust-oleum.....</u>	39
<u>Tablica 10. Uzorak 1. Drugi nanos sredstva Rust-oleum te prvi nanos sredstava Sigill i Hempel.....</u>	40
<u>Tablica 11. Uzorak 1. Drugi nanos sredstva Rust-oleum te prvi nanos sredstava Sigill i Hempel nakon čišćenja.....</u>	41
<u>Tablica 12. Uzorak 1. Treći nanos sredstva Rust-oleum te drugi nanos sredstava Sigill i Hempel nakon čišćenja.....</u>	42
<u>Tablica 13. Treći nanos sredstava Rust-oleum, Sigill i Hempel nakon čišćenja.....</u>	43
<u>Tablica 14. Uzorak 2. Prvi nanos sredstava Luxal i Hempel.....</u>	44
<u>Tablica 15. Uzorak 2. Prvi nanos sredstava Luxal i Hempel nakon čišćenja.....</u>	45
<u>Tablica 16. Uzorak 2. Drugi nanos sredstava Luxal i Hempel 99540 nakon čišćenja.....</u>	46
<u>Tablica 17. Visokotlačni perač.....</u>	49
<u>Tablica 18. Sredstvo Rust-oleum nanoseno kistom te očišćeno visokotlačnim peračem.....</u>	50
<u>Tablica 19. Sredstvo Hempel nanoseno kistom te očišćeno visokotlačnim peračem.....</u>	51
<u>Tablica 20. Sredstvo Hempel 99540 nanoseno kistom te očišćeno visokotlačnim peračem.....</u>	52
<u>Tablica 21. Sredstvo Luxal nanoseno kistom te očišćeno visokotlačnim peračem.....</u>	53
<u>Tablica 22. Sredstvo Sgill nanoseno kistom te očišćeno visokotlačnim peračem.....</u>	54
<u>Tablica 23. Sredstvo Rust-oleum u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim peračem.....</u>	57
<u>Tablica 24. Sredstvo Hempel u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim peračem.....</u>	58
<u>Tablica 25. Sredstvo Hempel 99540 u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim peračem.....</u>	59
<u>Tablica 26. Sredstvo Luxal u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim peračem.....</u>	60
<u>Tablica 27. Sredstvo Sigill u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim peračem.....</u>	61

<u>Tablica 28. Aceton nanesen u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim peraćem.</u>	62
<u>Tablica 29. Nitro razrjeđivač nanesen u kombinaciji s pulpom te čišćenje visokotlačnim peraćem.</u>	63
<u>Tablica 30. Sredstvo Solvigel utrljano četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem.</u>	65
<u>Tablica 31. Sredstvo Rust-oleum utrljano četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem.</u>	66
<u>Tablica 32. Sredstvo Hempel utrljano četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem.</u>	67
<u>Tablica 33. Sredstvo Hempel 99540 utrljano četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem.</u>	68
<u>Tablica 34.. Sredstvo Luxal utrljano četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem.</u>	69
<u>Tablica 35. Sredstvo Sigill utrljano četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem.</u>	70
<u>Tablica 36. Tablica gel 1.</u> ¹⁴	72
<u>Tablica 37. Gel 2.</u> ¹⁴	72
<u>Tablica 38. Gel 3.</u> ¹⁴	73
<u>Tablica 39. Gel 4.</u> ¹⁴	73
<u>Tablica 40. Gel 1 korišten u probama.</u>	74
<u>Tablica 41. Gel 1 nanesen utrljavanjem četkom te očišćen uz pomoć visokotlačnog peraća.</u>	75
<u>Tablica 42. Sredstvo Hempel naneseo utrljavanjem četkom na podlogu od žbuke te čišćenje visokotlačnim peraćem.</u>	77
<u>Tablica 43. Visokotlačni perać na paru.</u>	79
<u>Tablica 44. Proba 1. Wolbers gel i sredstvo Hempel naneseo utrljavanjem četkom.</u>	80
<u>Tablica 45. Proba 1. Wolbers gel i sredstvo Hempel naneseo utrljavanjem četkom te očišćeni visokotlačnim peraćem na paru.</u>	81
<u>Tablica 46. Proba 2. Sredstvo Hempel naneseo utrljavanjem četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem na paru.</u>	82
<u>Tablica 47. Visokotlačni perać na vruću vodu.</u>	83
<u>Tablica 48. Sredstvo Hempel naneseo utrljavanjem četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem na vruću vodu.</u>	84
<u>Tablica 49. Sredstvo Hempel naneseo utrljavanjem četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem</u>	85
<u>Tablica 50. Sredstvo Hempel naneseo utrljavanjem četkom te očišćeno visokotlačnim peraćem na vruću vodu.</u>	86
<u>Tablica 51. Mikroskopske snimke ostataka crne boje (Hempel).</u>	90

<u>Tablica 52. Mikroskopske snimke ostataka fluorescentno narančaste boje. (Hempel)</u>	91
<u>Tablica 53. Mikroskopske snimke ostataka žute boje (Hempel).</u>	92
<u>Tablica 54. Mikroskopske snimke ostataka crvene boje (Hempel).</u>	93
<u>Tablica 55. Mikroskopske snimke ostataka zelene boje (Hempel).</u>	94
<u>Tablica 56. Mikroskopske snimke ostataka plave boje (Hempel).</u>	95
<u>Tablica 57. Mikroskopske snimke ostataka crne boje (Gel1).</u>	97
<u>Tablica 58. Mikroskopske snimke ostataka fluorescentno narančaste boje (Gel 1)</u>	98
<u>Tablica 59. Mikroskopske snimke ostataka žute boje (Gel 1).</u>	99
<u>Tablica 60. Mikroskopske snimke ostataka crvene boje (Gel 1).</u>	100
<u>Tablica 61. Mikroskopske snimke ostataka zelene boje (Gel 1)</u>	101
<u>Tablica 62. Mikroskopske snimke ostataka plave boje (Gel 1).</u>	102
<u>Tablica 63. Redoslijed načina nanosa sredstava od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom.</u>	103
<u>Tablica 64. Redoslijed komercijalnih sredstava, od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom.</u>	104
<u>Tablica 65. Redoslijed vremenskog intervala između nanosa sredstva i čišćenja istog, od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom.</u>	105
<u>Tablica 66. Redoslijed načina čišćenja sredstava, od najdjelotvornijeg prema najmanje djelotvornom.</u>	106
<u>Tablica 67. Redoslijed komercijalnih sredstava, od najskupljeg prema najjeftinijem.</u>	107