



Универзитет у Београду  
Архитектонски факултет

University of Belgrade  
Faculty of Architecture

ZBORNİK RADOVA

SEDMI NACIONALNI NAUČNO–STRUČNI SKUP  
SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM  
INSTALACIJE & ARHITEKTURA 2019

2019. zbornik  
radova

2019 · INSTALACIJE & ARHITEKTURA 2019

2019



instalacije i arhitektura  
building services and architecture

ZBORNİK RADOVA  
Beograd, 05. decembar 2019.

**Univerzitet u Beogradu**  
**ARHITEKTONSKI FAKULTET**  
Bulevar kralja Aleksandra 73/II  
Beograd, Srbija



**University of Belgrade**  
**FACULTY OF ARCHITECTURE**  
Bulevar kralja Aleksandra 73/II  
Belgrade, Serbia

[www.arh.bg.ac.rs](http://www.arh.bg.ac.rs)

---

**SEDMI NACIONALNI NAUČNO - STRUČNI SKUP  
SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM**  
**INSTALACIJE & ARHITEKTURA 2019**

Urednici  
**Aleksandra Čabarkapa**  
**Damjana Lojaničić**  
**Milan Radojević**

Zbornik radova  
Beograd, 2020.

ISBN 978-86-7924-234-1

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

721.01(082)(0.034.2)  
69(082)(0.034.2)

**НАЦИОНАЛНИ научно-стручни скуп са међународним учешћем  
Инсталације и архитектура (7 ; 2019 ; Београд)**

Zbornik radova [Elektronski izvor] / Sedmi nacionalni naučno-stručni skup sa međunarodnim učesćem Instalacije & arhitektura 2019, Beograd, 05. decembar 2019. ; [organizator] Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet = [organizer] University of Belgrade, Faculty of Architecture ; [urednici Aleksandra Čabarkapa, Damjana Lojaničić, Milan Radojević].  
- Beograd : Univerzitet, Arhitektonski fakultet, 2020  
(Beograd : Arhitektonski fakultet). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemske zahteve: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovnog ekrana. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 100. - Napomene uz tekst.  
- Bibliografija uz svaki rad. - Summaries.

ISBN 978-86-7924-234-1

a) Зграде -- Пројектовање -- Зборници б) Зграде -- Инсталације -- Зборници

COBISS.SR-ID 16529161

Izdavač:	Univerzitet u Beogradu - Arhitektonski fakultet
Za izdavača:	Prof. dr Vladan Đokić
Recenzenti:	Doc. dr Tatjana Jurenić dr Gordana Ćosić, profesor u penziji Arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Beogradu
Urednici:	Ass. dr Aleksandra Čabarkapa, mast. inž. arh. Ass. Damjana Lojaničić, mast. inž. arh. Doc. dr Milan Radojević, dipl.inž.arh.
Uređivački odbor:	Prof. dr Lidija Đokić Doc. dr Milan Radojević Doc. dr Tatjana Jurenić Ass. dr Aleksandra Čabarkapa, mast. inž. arh. Ass. Damjana Lojaničić, mast. inž. arh.
Tehnički urednici:	Ass. dr Aleksandra Čabarkapa, mast. inž. arh. Ass. Damjana Lojaničić, mast. inž. arh.
Dizajn korica:	Doc. dr Vladimir Parežanin

## **Organizacioni odbor: Univerzitet u Beogradu – Arhitektonski fakultet**

ass. dr **Aleksandra Čabarkapa**, mast. inž. arh.

ass. **Damjana Lojaničić**, mast. inž. arh.

doc. dr **Milan Radojević**, dipl. inž. arh.

doc. dr **Tatjana Jurenić**, dipl. inž. arh.

mr **Milica Pejanović**, dipl. inž. arh.

## **Programski odbor**

- **prof. dr Vladan Đokić**, dipl. inž. arh.  
Dekan Univerziteta u Beogradu – Arhitektonskog fakulteta, Srbija
- **prof. dr Gordana Ćosić**, dipl. inž. arh.  
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija
- **prof. dr Lidija Đokić**, dipl. inž. arh.  
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija
- **prof. dr Jelena Ivanović-Šekularac**, dipl. inž. arh.  
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija
- **prof. Vladimir Lojanica**, dipl. inž. arh.  
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija
- **prof. dr Aleksandra Stupar**, dipl. inž. arh.  
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija
- **prof. dr Frangiskos Topalis**, dipl. inž. el.  
NTVA – Nacionalni Tehnički Univerzitet, Atina, Grčka
- **prof. dr Florian Nepravishta**  
Dekan Politehničkog Univerziteta u Tirani, Fakultet za Arhitekturu i Urbanizam, Albanija
- **prof. dr Balint Bachman**, DLA  
Pollack Mihaly Fakultet Inženjerstva, Univerzitet u Pečuju, Mađarska
- **prof. dr Saša Čvoro**, dipl. inž. arh.  
Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Bosna i Hercegovina
- **dr Mila Pucar**, naučni savetnik, dipl. inž. arh.  
Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Beograd, Srbija
- **prof. dr Branka Dimitrijević**, dipl. inž. arh.  
Univerzitet Stratklid u Glazgovu, Arhitektura, Velika Britanija
- **prof. mr Srđa Hrisafović**, dipl. inž. arh.  
Akademija lepih umetnosti, Sarajevo, Bosna i Hercegovina
- **dr Jeremija Jevtić**, naučni savetnik, dipl. inž. maš.  
IMR Institut, Beograd, Srbija

- **dr Igor Svetel**, naučni saradnik, dipl. inž. arh.  
Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, Beograd, Srbija
- **prof. dr Branislav Živković**, dipl. inž. maš.  
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Srbija
- **prof. dr Miloš Stanić**, dipl. inž. građ.  
Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Srbija
- **prof. dr Elina Krasilnikova**, Državni Univerzitet za Arhitekturu i Građevinarstvo, Institut za Arhitekturu i Urbani razvoj, Volgograd, Rusija
- **prof. dr Veljko Radulović**, dipl. inž. arh.  
Univerzitet Crne Gore, Arhitektonski fakultet, Podgorica, Crna Gora
- **prof. dr Miodrag Mitrašinović**, dipl. inž. arh.  
Parsons School of Design – The New School, Njujork, Sjedinjene Američke Države
- **prof. dr Dražan Kozak**, dipl. inž. maš.  
Univerzitet u Osijeku, Mašinski fakultet, Slavonski Brod, Hrvatska
- **prof. dr Aleksandar Radevski**, dipl. inž. arh.  
Univerzitet Sv. Kiril i Metodij, Arhitektonski fakultet, Skoplje, Severna Makedonija
- **prof. dr Brankica Milojević**, dipl. inž. arh.  
Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Bosna i Hercegovina
- **dr Marina Nenković-Riznić**, naučni saradnik, dipl. pr. planer  
Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Beograd, Srbija
- **prof. dr Vladimir Mako**, dipl. inž. arh.  
Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Srbija
- **Veljko Janjić**, dipl. inž. el.  
Bexel Consulting, Beograd, Srbija
- **Dijana Kordić**, dipl. inž. arh.  
JKP Vodovod i kanalizacija, Beograd, Srbija
- **prof. dr Vangjel Dunovski**, dipl. inž. arh.  
MIT Univerzitet, Arhitektonski fakultet, Skoplje, Severna Makedonija
- **prof. dr Andrzej Dudzinski**, dipl. inž. arh.  
Arhitektonski fakultet, Tehnološki univerzitet Białystok, Poljska

## PREDGOVOR

Posle četiri godine pauze, ponovo je organizovan naučno–stručni skup **Instalacije & Arhitektura**. Skup je osmišljen kao okvir za prikaz i analizu razvoja novih tehnologija zastupljenih u različitim segmentima arhitekture i građevinarstva, sa posebnim osvrtom na reaktivaciju postojećih objekata na različite načine. Kao posledica sve složenijih zahteva investitora i društvene zajednice za izgradnjom energetski efikasnih objekata, javlja se potreba za integracijom instalacionih sistema, kako bi arhitektonski objekat mogao da funkcioniše kao jedinstvena celina forme, funkcije, konstrukcije i instalacija.

Prvenstveni cilj skupa je prezentacija savremenih naučnih i stručnih dostignuća u oblasti arhitekture i izgradnje objekata. Za skup Instalacije & Arhitektura 2019, objavljen je Zbornik radova na srpskom i engleskom jeziku, prevashodno iz zemlje i regiona. Zadovoljstvo nam je da istaknemo da objavljeni i saopšteni radovi obuhvataju i povezuju više tematskih oblasti, kroz istraživanje i predlaganje rešenja sa aspekta održive gradnje i eksploatacije.

Zahvaljujemo se članovima Naučnog odbora, autorima radova, sponzorima, kolegama i prijateljima koji su nas podržali u organizaciji i pomogli održavanje sedmog nacionalnog naučno–stručnog skupa sa međunarodnim učešćem **Instalacije & Arhitektura 2019**.

Beograd,  
decembar 2019. godine

Organizacioni odbor **I&A2019**

Naučno-stručni simpozijum  
**INSTALACIJE & ARHITEKTURA 2019**

**SADRŽAJ**

**Aleksandra Čabarkapa, Lidija Đokić, Damjana Lojaničić**

SMERNICE ZA ARHITEKTONSKO OSVETLJENJE JAVNIH OBJEKATA IZGRAĐENIH U STILU  
AKADEMIZMA .....3

GUIDELINES FOR ARCHITECTURAL LIGHTING OF PUBLIC BUILDINGS BUILT IN THE STYLE OF  
ACADEMISM .....3

**Borjan Brankov, Marina Nenković-Riznić, Mila Pucar**

ULOGA URBANIH SISTEMA KAO DELA INFRASTRUKTURE U SMANJENJU POSLEDICA  
KLIMATSKIH PROMENA U GRADOVIMA .....9

ROLE OF URBAN SYSTEMS AS PART OF INFRASTRUCTURE IN REDUCTION OF CLIMATE  
CHANGE EFFECTS IN THE CITIES .....9

**Božidar Furundžić, Danilo Furundžić**

ZAGAĐENJE VAZDUHA OD SAGOREVANJA UGLJA: SLUČAJ TERMoeLEKTRANE „NIKOLA  
TESLA A“ .....18

AIR POLLUTION FROM COAL COMBUSTION: THERMAL POWER PLANT „NIKOLA TESLA A“  
CASE .....18

**Damjana Lojaničić, Tatjana Jurenić, Aleksandra Čabarkapa**

ARHITEKTONSKI PARAMETRI ZA OCENU EKONOMSKE ISPLATIVOSTI REAKTIVACIJE  
OBJEKATA .....29

ARCHITECTURAL PARAMETERS FOR EVALUATION OF COST-EFFECTIVENESS OF BUILDINGS'  
REACTIVATION .....29

**Danilo Furundžić, Božidar Furundžić**

NIGHTCLUB ON FLOATING RAFT IN BELGRADE: INTERIOR ADAPTATION CASE .....35

NOĆNI KLUB NA SPLAVU U BEOGRADU: PRIMER ADAPTACIJE ENTERIJERA .....35

**Jelena Dinić Milovanović**

PAMETAN STUB JAVNOG OSVETLJENJA - PODRŠKA RAZVOJU PAMETNIH GRADOVA .....43

SMART PUBLIC LIGHTING POLE - SMART CITIES DEVELOPMENT SUPPORT .....43

**Milan Radojević**

FASILITI MENADŽMENT: ZAŠTITA FASADA I DRUGIH POVRŠINA OBLOŽENIH KAMENOM ..51

FACILITY MANAGEMENT: PROTECTION OF THE FACADES AND OTHER STONE-COATED  
SURFACES .....51

Naučno-stručni simpozijum  
**INSTALACIJE & ARHITEKTURA 2019**

**Mirjana Devetaković, Damjan Balkoski**

ENERGETSKI AUTONOMNI OBJEKTI – RANE FAZE PROJEKTOVANJA PLANINARSKOG DOMA  
NA VODNU .....59

TOWARDS ENERGY AUTONOMOUS BUILDINGS – EARLY DESIGN STAGE OF  
MOUNTAINEERING HUT AT VODNO .....59

**Saša Čvoro, Slobodan Peulić**

UNAPREĐENJE VAZDUŠNOG KOMFORA U ISTORIJSKIM ZGRADAMA – STUDIJA SLUČAJA  
OBNOVE K.C. BANSKI DVOR .....65

IMPROVING INDOOR AIR QUALITY (IAQ) IN HERITAGE BUILDINGS – CASE STUDY OF  
BANSKI DVOR RESTORATION .....65

**Radojko Obradović, Budimir Sudimac, Milica Petrović**

UŠTEDA ENERGIJE PRIMENOM BALIRANE SLAME .....73

USING STRAW-BALES FOR ENERGY SAVING .....73

**Toni Drobac, Dražan Kozak, Mirjana Devetaković, Gianmarco Ćurčić Baldini**

PRIMENA BIM-A NA POSTOJEĆIM OBJEKTIMA – PRIMER ZGRADE GRAĐEVINSKOG  
FAKULTETA U OSIJEKU .....80

BIM APPLIANCE ON EXISTING FACILITIES – THE CASE OF THE FACULTY OF CIVIL  
ENGINEERING IN OSIJEK.....80

**Žikica Tekić, Ljiljana Kozarić, Nebojša Adžić**

ČETVOROVODNI KROV U SISTEMU LKV SA RAZLIČITIM NAGIBIMA KROVNIH RAVNI.....86

HIP ROOF WITH DIFFERENT ROOF SLOPES IN LKV SYSTEM .....86

**Žikica Tekić, Ljiljana Kozarić, Saša Đorđević**

PROŠIRENJE POSTOJEĆEG OTVORA U NOSIVOM ZIDANOM ZIDU .....91

WIDENING OF THE EXISTING OPENING IN THE BRICK BEARING WALL.....91



*Milan Radojević<sup>1</sup>*

## **FASILITI MENADŽMENT: ZAŠTITA FASADE I DRUGIH POVRŠINA OBLOŽENIH KAMENOM**

### **Rezime**

Fasada i druge površine u objektu i oko njega, pored funkcionalne i zaštitne uloge u odnosu na konstruktivni sklop, instalacione mreže, uređaje i opremu, imaju i vizuelno-estetsku ulogu na izgrađen prostor u celini. To su površine koje su, za vreme korišćenja objekta, izložene različitim uticajima koji mogu da promene projektovani izgled i funkciju, kao i površine koje, kao korisnici objekta i/ili obični prolaznici, prvo primetimo i pamtimo.

U radu je prikazan primer koji potvrđuje neophodnost preventivnog održavanja i zaštite površina koje su obložene kamenom, kao i preporuke za održavanje tokom upotrebnog veka objekta.

### **Ključne reči**

održavanje, fasada, kamen, fasiliti menadžment

## **FACILITY MANAGEMENT: THE PROTECTION OF THE FACADES AND OTHER STONE-COATED SURFACES**

### **Summary**

The facades and other surfaces on/in the facility and around it, in addition to the functional and protective role related to the construction, building services network, devices and equipment, also have a visual and aesthetic role within the entire facility environment. These surfaces are exposed to various influences which may affect the designed appearance and function, especially those parts which are first noticed and remembered by facility users and/or passers-by.

This paper presents an example which asserts the high necessity for preventive facility management and protection of stone-coated surfaces, as well as the recommendations for proper maintenance in the course of the facility life-cycle.

### **Keywords**

maintenance, facades, stone, facility management

---

<sup>1</sup>*dr. docent, Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd, Srbija  
milan@arh.bg.ac.rs*

## 1. UVOD

Arhitektonski objekti moraju da odgovore na mnoge zahteve kao što su: funkcija, forma, materijalizacija, instalacije, pristup, komunikacija, opremljenost, energetska održivost, fleksibilnost unutrašnjeg prostora, održavanje, upravljanje, poboljšanja, uklanjanje i recikliranje komponenti. Zahteve bi trebalo definisati, uskladiti i ravnopravno tretirati još u fazi planiranja i projektovanja, jer su objekti u tehničkom pogledu sve zahtevniji i složeniji. Ova činjenica uslovljava da projektovanje, građenje i upravljanje bude integralno (potpuno i celovito) i integrisano (spoj više delova u jednu celinu).

Prirodni i veštački kamen imaju dugu tradiciju i primenu u arhitekturi zgrada, najčešće javnog karaktera, gde se oblažu zidovi vestibula, stepeništa, svećanih sala, kao i fasadnih površina. Kamen, kao najčešće primenjivan građevinski materijal, izvesno vreme je bio zapostavljen u odnosu na primenu armiranog betona, čelika i stakla. Intenzivnija primena kamena za oblaganje fasada u savremenoj arhitekturi započinje u drugoj polovini sedamdesetih godina dvadesetog veka primenom savremenih mašina i razvojem tehnologije, što je omogućilo racionalno korišćenje materijala, ujednačen kvalitet i visok nivo finalne obrade. Daljim razvojem tehnologije, uređaja i opreme omogućeno je da se fasade pokrivene ovim materijalom mogu u kraćem vremenskom periodu i precizno realizovati, uz relativno prihvatljivu cenu eksploatacije, sa aspekta održavanja i dužine trajanja [1]. Za površine pokrivene kamenom se kaže da su dugotrajne i da imaju visok estetski kvalitet. To je tačno, ali ovakav stav se ne može apriori prihvatiti ako izostane pravovremeno i pravilno sprovođenje procesa održavanja.

U radu je analiziran uticaj preventivnog održavanja na zaštitu završne obloge fasade i drugih površina pokrivenih kamenom. Osim toga, ističe se kako i koliko materijalizacija, postupak realizacije i proces održavanja utiču na objekat u celini kroz životni vek. Prikazan je primer poslovnog objekta u Beogradu čime je potvrđena hipoteza da adekvatan izbor materijala i pravilna ugradnja nisu dovoljni kako bi objekat tokom upotrebnog veka zadržao projektovanu funkcionalnost i estetiku bez održavanja, te da proces preventivnog održavanja nema alternativu. U stvari, proces održavanja omogućava da se uz prihvatljive materijalne troškove zadrži projektovani funkcionalni i estetski kvalitet objekta i produži period eksploatacije.

## 2. POVRŠINE OBLOŽENE KAMENOM

Kamen i drvo su najstariji građevinski materijali koji su se nekada u prirodnom obliku, a kasnije i obradom, najviše koristili za gradnju kuća, pomoćnih objekata, mostova i puteva. Osnovni razlog za veliku i različitu upotrebu ovih materijala u građevinarstvu je što su nekad davno bili lako dostupni u prirodi. U današnje vreme, sa razvojem tehnologije za eksploataciju i obradu prirodnog i veštačkog kamena, ovaj materijal je zadržao svoje dominantno mesto u arhitekturi i građevinarstvu. Koristi se za završnu obradu spoljašnjih i unutrašnjih površina podjednako za podove i zidove. Visok stepen primene kamena je u oblaganju fasada tankim pločama postavljenim na posebnu noseću konstrukciju.

Zavisno od toga da li se površine obložene kamenom nalaze spolja ili unutra, donosi se odluka o tome koju vrstu kamena treba primeniti, kakve fizičke i hemijske osobine treba

da poseduje, koji je način postavljanja i ugradnje, način sprovođenja i vremenski interval primene procesa preventivnog održavanja, kao i sagledavanje različitih uticaja tokom životnog veka koji u manjoj ili većoj meri utiču na dužinu trajanja i eksploataciju. Važno je napomenuti da praćenje (monitoring) stanja ugrađenih materijala, njihovo ponašanje u odnosu na promene koje se mogu pojaviti tokom vremena upotrebe objekta jeste važan proces jer se direktno odražava na izbor, efikasnost, složenost i cenu održavanja. Danas, na tržištu postoji mnogo različitih sredstava i premaza koji pružaju dobru preventivnu zaštitu ali se moraju upotrebljavati adekvatno, na vreme i prema preporukama proizvođača i stručnjaka iz oblasti zaštite kamena. Treba podsetiti na još nešto što vrlo često može da se čuje i što predstavlja zabludu, a to je da su površine obložene kamenom otporne na sve vrste uticaja, da kada se jednom postave mogu biti večne i ne zahtevaju nikakvu ili minimalnu kontrolu i preventivno održavanje. Ovakav stav i razmišljanje u početku će delovati kao ispravno, međutim, kako se produžava vreme upotrebe i trajanja objekta pojaviće se problemi koji će, ako nisu sagledani u početnom periodu korišćenja, umanjiti funkcionalnu, estetsku i ekonomsku vrednost objekta. Rešavanje ovako nastalih problema ne može se popraviti dodatnim ili pojačanim preventivnim održavanjem već samo primena korektivnog održavanja može pružiti zadovoljavajuće rezultate uz veće materijalne troškove i vreme neophodno da bi se proces sanacije sproveo.

## **2.1. OBLIK I DIMENZIJE**

Oblik i dimenzije kamena mogu biti različite u zavisnosti od vrste kamena i mesta gde se ugrađuje, kao i od arhitektonskog koncepta i zahteva. Najčešće se za fasadnu oblogu primenjuju tanke mašinski rezane ploče kvadratnog i/ili pravougaonog oblika. Za podove se koristi veća debljina ploča i drugačija završna obrada što zavisi od načina ugradnje, vrste kamena, položaja ploče, uslova korišćenja i posebnih zahteva (na primer, otpornost na različite vremenske i hemijske uticaje, požar, održavanje).

## **2.2. BOJA**

Boju kamena određuje njegov hemijski sastav i boja dominantnog minerala, te može da preovladava jedna ili više boja sa određenim linijskim šarama. Spektar boja kamena je veliki od bele, preko sivih, crvenkastih i ružičastih tonova, do tamnijih oker i crne. Često boja i šara kamena može da varira tako da se pravi utisak stiče i može proveriti na većim površinama. Ovo je posebno važno kod oblaganja u eksterijeru jer na postojanost boje i estetski utisak utiču sunčeva svetlost, meteorološki uslovi, zagađenost atmosfere itd.

## **2.3. STRUKTURA I TEKSTURA**

Struktura i tekstura kamena su prirodna svojstva kamena koja zavise od hemijskog sastava i rasporeda minerala. Gustina i poroznost kamena zavise od strukture na koju deluju atmosferilije. Prirodna tekstura kamena finim glačanjem, poliranjem i postupcima površinske obrade može biti vizuelno promenjena.

## **2.4. ZAŠTITA OD PRIRODNIH UTICAJA**

Površine obložene kamenom u eksterijeru imaju zadatak da zaštite manje otporne slojeve zida i poda, konstruktivni sklop, instalacione mreže, kao i unutrašnji prostor objekta u celini. To su površine koje su direktno izložene dejstvu atmosferskih uticaja (kiša, vlaga, mraz, sunčeva toplota, jak vetar, hemijski reagensi iz atmosfere) koji su osnovni uzrok opadanja kvaliteta kamena. Pored atmosferskih uticaja, greške prilikom projektovanja i izvođenja radova doprinose postepenom opadanju kvaliteta obloge od kamena tokom vremena. Zato je važno da se primenjuje kamen koji je postojan na vodu, povećan nivo vlage i mraz; fasada i druge površine pokrivene kamenom moraju biti projektovane i izvedene da se na njima ne zadržava voda; voditi računa o sastavu i sadržaju maltera i zaštititi od korozije metalne delove konstrukcije obloge [1].

## **2.5. POŽARNA ZAŠTITA**

Osnovni zadatak fasade je da spreči pojavu požara, širenje vatre i omogući da nastala toplota i dim izađu napolje u što kraćem vremenskom roku. Postoji puno zahteva, propisa i standarda koji se prilikom projektovanja, izvođenja radova i održavanja fasadnog omotača moraju primeniti i poštovati. Osnovne mere predostrožnosti obuhvataju: sprečavanje požara; sprečavanje izazivanja požara; sprečavanje širenja požara; ugrađivanje detektora vatre i dima, kao i zvučnih i svetlosnih alarma; omogućavanje vatri i dimu da izađu iz objekta; gašenje požara; spašavanje korisnika objekta i bezbednost vatrogasaca [2].

Kamen kao dobar toplotni provodnik pod uticajem visokih temperatura podleže hemijskim i fizičkim promenama i pored toga što spada u grupu slabo gorivih, odnosno, nesagorivih građevinskih materijala. Zbog toga, usled deformacija izazvanih toplotom i kao dobar provodnik toplote, može da ugrozi sopstvenu noseću konstrukciju, slojeve zida i konstruktivni sklop objekta. Posebno treba obratiti pažnju na zaštitu prodora požara u vazdušni prostor između obloge i zida kod provetranih fasada, jer se požar može preneti na više etaže. Potrebno je postaviti požarne prepreke i zaštititi noseću konstrukciju fasade.

## **2.6. POVRŠINSKA OBRADA, NAČIN POSTAVLJANJA I OBLAGANJA**

Za površinsku obradu kamena primenjuje se nekoliko postupaka: udarni koji podrazumevaju lomljenje i odvajanje kamena različitih veličina pomoću ručnog alata; abrazivni koji se izvode finim mašinskim glačanjem od grube do fino poliranih površina sa visokim sjajem uz pomoć različitih abrazivnih materijala čime se dodatno može istaći boja i tekstura i posebni postupci površinske obrade kao što su peskiranje i termička obrada paljenjem [1]. Treba pomenuti i savremene postupke obrade koji se sve više primenjuju zahvaljujući razvoju tehnologije i opreme kao što su sečenje dijamantskim testerama i laserska obrada površina. Primena odgovarajućeg alata i postupaka površinske obrade kamena zavisi od vrste i njegovih fizičkih i hemijskih svojstava.

Način postavljanja i oblaganja površina kamenim pločama može biti polaganjem ploča u malter, prihvatanje kotvom, jednovremeno prihvatanje kotvom i malterom i prihvatanje trakastim nosačima. U zavisnosti od toga koji postupak ugrađivanja je predviđen bira se vrsta kamena, podloge, kao i potrebna širina, obrada i ispuna spojnica.

Svaki postupak ima svoje mane i prednosti koje se moraju unapred sagledati kako bi kasnije u periodu eksploatacije objekta bili primenjeni odgovarajući postupci održavanja i sredstva zaštite.

Prema tome, izbor kamena, postupka ugradnje, održavanje i zaštita su u direktnoj vezi sa zahtevom da li se oblažu površine koje su napolju ili unutra, da li se kamen postavlja na pod, zid ili fasadu i od osobina samog kamena koji se primenjuje (čvrstoća, otpornost na različite uticaje, upijanje vode).

### **3. PREDUSLOVI PRIMENE KAMENA**

Preduslovi primene kamena za oblaganje završnih površina bilo da se radi o fasadi, podnim ili zidnim površinama u eksterijeru ili enterijeru su od izuzetne važnosti sa aspekta održavanja i zaštite objekta. Osnovni preduslovi za primenu kamena [1] su: otpornost na koroziju (usled oksidacije može doći do promene hemijskog sastava i izgleda kamena); upijanje vode (veće od 5% zahteva proveru upotrebljivosti); otpornost na mraz; otpornost na hemijske agresore iz atmosferilija (zagađenost gradske sredine, kisele šume); bez oštećenja i ujednačene boje i šare; čvrstoća na pritisak i savijanje.

Ništa manje nije važno saznanje o ponašanju kamena sa aspekta povećanog toplotnog pregrevanja u letnjim mesecima posebno kada se radi o fasadnim površinama. Svedoci smo da se klimatski uslovi značajno menjaju, te da temperaturne razlike tokom dana mogu biti u većem rasponu, vrlo često praćene obilnim pljuskovima i jakim vetrovima posebno u letnjim mesecima. U zimskim mesecima se, takođe, javljaju značajne temperaturne razlike u toku dana pojavom mraza u ranim jutarnjim časovima do potpunog otopljanja u podne pa opet mraza uveče, što izaziva skupljanje i širenje materijala te je određivanje razmaka i obrada spojnica bitan preduslov. Ovi, sve prisutniji i učestaliji, klimatski uticaji mogu da izazovu određene promene na kamenu u fizičkom i estetskom smislu. Boja je važan estetski preduslov te poreklo, sastav, poroznost i procenat upijanja vode mogu uticati na postojanost boje tokom vremena ako se kamen primenjuje u eksterijeru. Posebno treba obratiti pažnju na izbor debljine i dimenzije ploče, kao i čvrstoću, naročito na krajevima gde se predviđa kačenje i montaža na konstrukciju. Ovaj preduslov dolazi do izražaja prilikom postavljanja kamenih ploča na višim spratnim visinama zbog većeg uticaja vetra i drugih atmosferilija.

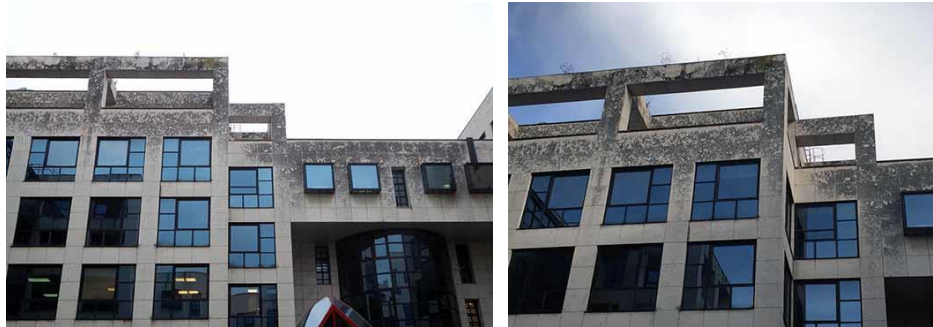
### **4. PRIMER**

Za primer zgrade čija je fasada pokrivena kamenim pločama izabrana je poslovna zgrada Telekom Srbija (prvobitno kompanije JAT) u Novom Beogradu. Autor je arhitekt Mario Jobst, a zgrada je građena u periodu od 1994-1996. Projektovana je u modularnom rasteru 90x90 cm, spratne visine 3,60 m. Izabrani raster je primenjen i na fasade. U razgovoru, gospodin Jobst je izneo da je zgrada izvedena prema originalnoj ideji i koncepciji, kao i da u proteklih dvadeset tri godine nisu vršene nikakve izmene i dogradnje. Postojale su ideje i planovi u tom pravcu, ali se od njih odustalo zbog nedostatka prostora. Autor objekta je o svim namerama i idejama konsultovan, kako je izneo u našem

razgovoru, opisujući izuzetno korektan odnos između vlasnika/korisnika objekta i arhitekta u periodu kada je objekat već duži niz godina bio u upotrebi [3].

Na objektu su u gornjoj zoni, krovu i višim etažama, na fasadnoj oblozi primećene određene promene na kamenim pločama u vidu ljušpanja, promene boje, pucanja i blagih deformacija. Promene su se prvo, pre nekoliko godina, pojavile na kamenu kojim su pokrivene grede koje u neku ruku predstavljaju venac i završetak objekta, a kasnije krenule da se spuštaju (*Slika 1*). Trenutno, što se može videti na slikama, oštećenja su zahvatila skoro ceo poslednji sprat sa svih strana objekta ali nisu jednakog inteziteta. Mogući uzrok nastalog problema analiziran je u četiri aspekta: greške nastale prilikom projektovanja i izbora vrste kamena koji je primenjen; greške nastale u izvođenju radova i montaži fasadne obloge; greške u preventivnom održavanju i klimatske promene, pojačan uticaj atmosferilija, kao i sve viši nivo zagađenja vazduha s obzirom da se objekat nalazi pored autoputa i Bulevara umetnosti (glavna fasada). U razgovoru sa glavnim arhitektom i autorom objekta isključena je mogućnost negativnih uticaja po fasadu objekta sa aspekta projektovanja i izvođenja radova jer su poštovani tadašnji propisi i standardi, kao i činjenica da su angažovani stručnjaci kompetentni i sa dugogodišnjim iskustvom. Objekat se koristi od 1996. godine. U garantnom roku i kasnije u dužem vremenskom periodu korišćenja zgrade nisu se pojavljivali nikakvi problemi sa fasadnim omotačem.

Fasade objekta su obložene arhitektonsko-građevinskim kamenom bele boje iz sedimentnih stena vrste vapnenac (petrografski naziv) iz kamenoloma Cave Romane koji se nalazi u naselju Vinkuran udaljenom 5 km od Pule u Istri. Ovaj kamen se koristio za gradnju Pulske arene. Prema dostupnim podacima na Internetu [4] ova vrsta kamena se koristi za spoljnu upotrebu i ima odgovarajuće hemijske i fizičke karakteristike čime je i taj aspekt isključen iz daljeg razmatranja. Podaci o načinu i učestalosti procesa preventivnog održavanja nisu bili dostupni sem da su pre dve do tri godine pojedini delovi na fasadi čišćeni peskiranjem ali ti radovi nisu bili nastavljeni [5]. Pretpostavka autora rada je da sproveden proces održavanja i pored toga što je adekvatan nije dao očekivan rezultat, jer se zakasnilo sa sprovođenjem preventivnog održavanja ili zato što je postojao ekonomski razlog. Posmatrajući objekat i fotografije ustanovljeno je da su samo viši delovi fasade ugroženi tj. da su promene na fasadi intenzivnije na delovima objekta koji su viši, samim tim izloženiji atmosferilijama, vetru i zagađenju vazduha. Zaključak je da su pomenute promene na kamenim pločama nastale usled promene klimatskih faktora. Zapravo, veći intenzitet saobraćaja i povećano zagađenje vazduha iz motornih vozila, promenjeni klimatski uslovi (toplija leta, hladnije zime, jači vetrovi, česta pojava velikih temperaturnih razlika i kratkotrajnih ali jakih oluja), kao i potcenjeno preventivno održavanje dovelo je do toga da su se promene na kamenim pločama pojavile ranije nego što se očekivalo, brže proširile i napravile oštećenja koja su doprinela da njihov životni vek istekne.



*Slika 1. Telekom Srbija, poslovna zgrada, autor arhitekt Mario Jobst (fotografije Milan Radojević)*

## **5. PREDLOG POBOLJŠANJA I NOVA REŠENJA**

Iz svega što je navedeno i razmatrano u radu predlog rešenja za nastali problem je zamena oštećenih kamenih ploča novim. Ali, pre toga bi trebalo još jednom razmotriti i analizirati sve uticaje i faktore angažovanjem stručnjaka specijalista iz oblasti zaštite kamena, proveriti sve slojeve fasade i noseće elemente, napraviti novi plan održavanja (koncept, tehnologija, vreme) uzimajući u obzir sve pomenute aspekte i specifičnosti objekta i sredine u kojoj se nalazi, analizirati ekonomske uticaje, kao i definisati potencijalne probleme koji mogu nastati u budućnosti. Ako se potvrdi da je jedino rešenje zamena oštećenih kamenih ploča, ne sme se narušiti estetska i funkcionalna vrednost objekta, kao i autorska prava.

## **6. ZAKLJUČAK**

Iz svega što je rečeno i kroz pokazani primer mogu se doneti određeni zaključci i preporuke u vezi sa održavanjem i zaštitom površina koje su obložene kamenom u funkciji trajanja objekta. Izbor, osobine i svojstva materijala; način obrade; skladištenje i transport; mesto primene; podloga na koju se postavlja, tehnologija izvođenja radova; uticaji, njihov intenzitet i promena intenziteta kroz vreme; materijalna sredstva; ljudski faktor su odrednice koje se moraju razmotriti i uzeti u obzir još u fazi planiranja i projektovanja. Treba ih posmatrati svaku za sebe, ali procesom održavanja u fazi eksploatacije integrisati u celinu kako bi se ispunili postavljeni zahtevi i planovi [6]. Na kraju treba napomenuti da se ova razmatranja i preporuke mogu primeniti na druge materijale, komponente i sisteme koji obezbeđuju funkcionalnost i upotrebnu vrednost zgrade.

*Rad je rezultat istraživanja u okviru naučnog projekta TR36035 Prostorni, ekološki, energetski i društveni aspekti razvoja naselja i klimatske promene - međusobni uticaji.*

## LITERATURA

- [1] Žegarac, Branislav, i dr. *Savremene fasade obložene kamenom i staklom*, Beograd: Arhitektonski fakultet, 1996.
- [2] Herzog, T, Krippner, R. i Lang, W. *Facade Construction Manual*, Basel: Birkhäuser, 2004.
- [3] M. Jobst, lična komunikacija, 24.11.2019.
- [4] [https://www.istra-istria.hr/fileadmin/dokumenti/gospodarstvo/2013/Rudarsko\\_geoloska\\_studija\\_IZ/POGLAVLJE\\_5\\_PREGLED\\_MINERALNIH\\_SIROVINA.pdf](https://www.istra-istria.hr/fileadmin/dokumenti/gospodarstvo/2013/Rudarsko_geoloska_studija_IZ/POGLAVLJE_5_PREGLED_MINERALNIH_SIROVINA.pdf) , 20.11.2019.
- [5] Payant, Richard and Lewis, Bernard. *Facility Manager's Maintenance Handbook*. New York: McGraw-Hill, 2007.
- [6] Chanter, Barrie and Swallow Peter. *Building Maintenance Management*. Oxford: Blackwell Publishing, 2007.