

# Sanacija građevina

## RESTAURACIJA KAMENIH GRAĐEVINA U VENECIJI

### Uvod

Istraživanje uporabe građevnog kamena nije područje kojim se isključivo bave samo povjesničari graditeljstva. Ono je nužno i radi vraćanja povijesnih građevina u negdašnje stanje, ali i zbog njihove stabilnosti i trajnosti. Tijekom raznih sanacija na starim kamenim zgradama, sve se češće mogu uočiti prednosti klasičnih kamenih materijala. Njihova je primjena dragocjena kao vanjska zaštita zgrada od atmosferskih nepogoda i od štetnih djelovanja raznovrsnih agresivnih kemijskih utjecaja iz atmosfere. Osim toga kamen je kao stari građevni materijal pogodan i sa stajališta toplinske zaštite. To ne vrijedi samo u starim i klasičnim zgradama, ili zgradama

### RENOVATION OF STONE BUILDINGS IN VENICE

The use of stone as a building material has been steadily decreasing because of high cost associated with the placing and installation of stone and due to the lack of good quality stonemasons. In recent times, the situation has been somewhat changing as the need arose to renovate many buildings belonging to cultural heritage. The author describes the experience he gained in the renovation of some stone facades and building details in Venice: Ducal Palace, several smaller churches, and the St. Andreas Fortress, and elaborates on problems with paving stones in Venetian streets. A special emphasis is placed on the use of new materials that can, thanks to their advanced properties, fully solve some problems relating to the durability and strength of structures. The renovation of old buildings, and the present-day facade cladding technology, are faced with a common problem - use of anchoring system that would be capable of keeping the stone material stable on the one side and functionally safe on the other.

građenim krajem 19. i početkom 20. st. po ugledu na stare stilove, već i za suvremene i nove građevine sa sofisticiranim tehnološkim rješenjima. U klasičnom su graditeljstvu ugrađivani kameni detalji koji su imali de-

korativnu namjenu, ali su ujedno sprječavali izravne nevolje kojih su uzrokom mogli biti atmosferski utjecaji. To su bili okviri, vijenci, katni vijenci, raznovrsne izbočine, kiparske figure, oborinski izljevi i kapala, a oni su ujedno velike površine pročelja zgrada razigrano raščlanjivali. U suvremenom se graditeljstvu većinom na pročeljima uočavaju velike vidljive betonske površine koje su potpuno ravne i jednostavne. Nedostaju bilo kakvi ukrasni detalji te se pročelja odlikuju velikim i neprekinutim ploham, a to je ponekad glavni uzrok degradacije vanjskog izgleda građevine.

U ovom se napisu opisuju iskustva autora u restauriranju i vraćanju u negdašnje stanje tradicionalnih kamenih elemenata na monumentalnim i vrijednim građevinama u Veneciji. Ujedno se prikazuje inovacijska rješenja u ugradnji kamena koja su sukladna sadašnjoj građevinskoj praksi te stanju sigurnosti što ih nalažu suvremeni propisi i norme.

Valja dodati da je sanacija brojnih građevina u Veneciji bila u našem časopisu već prije temeljito obrađena. Riječ je o stručnom radu autora Antonia Monaca, jednog od koautora ovog prikaza (br. 10/1994.).



Slika 1. Pogled na Veneciju iz zraka

### Restauracija zgrada u Veneciji i primjena novih materijala

#### *Oblaganje pročelja zgrada*

Istarski kamen (zvan kirmenjak), vapnenac jurske starosti i svijetle do svijetlosmeđe boje, poznat po karakterističnoj teksturi, primjenjivao se u građenju još za rimskih vremena. Njime su potpuno ili djelomično izgrađene mnoge zgrade u Italiji: dio Teodorikova mauzoleja u Raveni, baza gotskog zvonika u Ferrari, most preko Tibra u Riminiju, kupola San Sebastiano u Padovi, bazilika San Pietro u Bologni i mnogi drugi. U Veneciji su između ostalog građeni dijelovi Duždeve palače i slavni Ponte di Rialto. Istarski se kamen odavno primjenjuje na monumentalnim venecijanskim pročeljima jer je pokazao izuzetnu mehaničku izdržljivost i dugotrajnu otpornost na djelovanje morske vode i zasljenog zraka. Stoga su kamenolomi istočno od Poreča, između Žbandaja i sela Marasi, jedan od najvažnijih izvora kamenog materijala za obnovu Venecije.

Kamen na pročeljima u Veneciji najčešće nema nikakvu nosivu funkciju, ona je prepuštena zidovima od pune opeke koji su često podložni raznovrsnim plastičnim deformacijama. Ipak kamen mora udovoljiti samonosivosti pročelja koje često tvore blokovi velike debljine, a uz potkonstrukciju je vezan samo mortom. Na mnogim zgradama u prošlosti nisu se naime primjenjivali nikakvi željezni elementi za pridržavanje. Primjerice, opločeni zidovi Duždeve palače (sl. 2.), s karakterističnim crtežima od polikromatskih pločica u obliku romba, izvedena je od kamenih blokova (debljine između 100 i 250 mm) koji su savršeno priljubljeni na zidnu površinu, bez ikakvog trna ili stremena za međusobnu vezu ili za vezu s potkonstrukcijom.

Uporaba spomenute vrste istarskog kamena je dvojaka: za oblaganje i za

čistu dekoraciju koja uključuje sve detalje od plitkog reljefa do kipova. Kamenom su obložena i pročelja na velikim zgradama civilne i vojne namjene: stovarišta, javna skladišta i tvrđave, a kamene su se obloge s ukrasima najčešće primjenjivale na pročeljima vjerskih građevina i monumentalnih palača. One često imaju brojne kiparske figure u nišama, na izbočinama ili krunama građevina, nerijetko s određenom funkcionalnom namjerom. Te su figurice posebno podložne agresivnoj površinskoj eroziji. Stoga je za restauriranje kamenih obloga obvezno angažirati specijalizirane obrtnike, kamenoresce i klesare koji to rade ručno. Pri čišćenju se uklanjaju nakupine vapnenca i inkrustacija s uporabom specifičnih spojeva.

kameni blokovi razne veličine, a ponekad je položena i puna cigla. Na kraju su na takvom postolju zidani zidovi od pune opeke s mortom od gašenog vapna pripremljenog na licu mjesta. Popuštanje temelja radi nepostojanog tla jedan je od glavnih razloga poremećaja zidnih konstrukcija, uključujući i one od kamenih materijala. Tipičan su primjer oštećenja pročelja prestižnih crkava i palača, upravo onih koje su obložene kamenim materijalom.

#### *Propadanje kamenih pročelja i njihova restauracija*

##### Uzroci propadanja

Zrak koji je zagađen sumpornim anhidridima, oborinska voda i ptičji izmet izazivaju na svim kamenom ukrašenim pročeljima, posebno oni-



Slika 2. Duždeva palača u Veneciji

U Veneciji, koja je jedinstven grad i u konstruktivnom pogledu, uporaba kamena počinje već pri temeljenju. Veći se dio temelja u lagunama sastoji od pilota s debljima ariša ili kestena raznih promjera koji su zabijeni na razmaku od približno 40 cm. Iznad pilota su uzdužno i poprečno postavljene daske (platice) od ariša ili kestena s debljinom između 6 i 8 cm. Iznad te dvostruke mreže od dasaka, na visini od približno 60 do 80 cm, najčešće su položeni prirodni

ma od vapnenca, oštećenja različitog opsega: progresivno proširivanje rešaka, trošenje izloženih detalja te lomljenje zbog mraza ili čak rušenje većih stršećih detalja, poput krila anđeoskih likova ili ispruženih ruku velikih alegoričnih figura. U nekim su od tih slučajeva srušeni elementi odmah skupljeni i ponovno sastavljeni, što je omogućilo veliku vjernost rekonstrukcije oštećenih ukrasnih dijelova jer je vraćen originalni izgled dekoracije.

U drugim je slučajevima uzrokom propadanja poseban sustav sidrenja koji pridržava klesance, izbočine i velike kipove, a uglavnom je izrađen sa zategama od kovanog željeza pričvršćenih olovom. Željezo koje je napadnuto hrđom nabubri i lomi ležište za koje se pridržava i tako pokreće progresivnu degeneraciju kamenih pročelja.

#### *Restauriranje ukrasnih mramornih obloga*

Kada se radi o pročeljima obložena ukrasnim mramorom, tada se izvode zahvati radi uspostavljanja negdašnjega stanja koji ovisno o situacijama zahtijevaju:

- prethodno pričvršćivanje i pranje
- dezinfekciju i čišćenje od blata, mahovine, ptičjeg izmeta i raznovrsne urbane vegetacije
- pranje vodom i po potrebi blagim deterdžentima
- obradu razrijeđenom kaustičnom sodom kod posebnih vapnenih ocjeditina
- sidrenje i štukaturu kamena klesanaca
- uklanjanje "oboljelih" dijelova kamena i njihova zamjena umetima od novoga materijala koji je istovjetan izvornom i koji je po mogućnosti "ostario" površinskim pjeskarenjem i sl., s posebnom pozornošću prema spojevima koji se moraju brtviti i učiniti nevidljivima
- rekonstrukciju odlomljenih detalja s vjernom reprodukcijom izvornih graditeljskih ideja
- postavljanje kopija monumentalnih i posebno značajnih detalja koji više ne bi podnijeli izloženost atmosferskim nepogodama
- nanošenje zaštitnih sredstava.

Neke se od tih tehnika primjenjuju u restauratorskim radovima koji se trenutačno izvode na Duždevoj palači u Veneciji.

#### *Restauriranje kamena i suvremeni materijali*

U prošlosti su se na građevinama oštećeni detalji zamjenjivali isključivo novima koji su se izrađivali od iste vrste kamenoga materijala. Klasičan su primjer veliki radovi na restauraciji Duždeve palače krajem 19. stoljeća. Tada je mnogo kapitela, stupova i ukrasnih elemenata zamijenjeno kopijama koje su bile gotovo istovjetne originalima. Vjerno uspostavljanje negdašnjega stanja postizalo se tehnologijama koje su bile temeljene na iskustvu mnogih generacija klesarskih majstora. Radilo se o zamjenama oštećenih dijelova vjernim kopijama (sl. 3., 4., 5.) ili o potpunim reprodukcijama dekorativnih dijelova kada su se mogli prepoznati i vratiti u prijašnji oblik. Perfekcija dugovječne klesarske tradicije omogućila je izuzetne rezultate. Tako su popravljeni kipovi koji su bili pretrpjeli znatna oštećenja i spašeni odlomci koji su pali na tlo: krila, ruke i razni alegorični simboli.



Slika 3. Vraćanje dekorativnih elemenata na crkvi San Moisè

I danas se, kad je god to moguće, primjenjuje tehnologija starih klesarskih majstora.

Međutim tradicionalna je metodologija danas nadopunjena suvremenim

materijalima koji omogućuju poboljšanje i pojednostavljivanje određenih konstruktivnih rješenja. Primjerice, inoks čelik valjano može zamijeniti cjelokupnost spojnice i željeznih sidara obloga i izbočenih figura



Slika 4. Umetanje dekorativnih elemenata na crkvi San Stae

koje su posebno izložene atmosferskim nepogodama (sl. 5.). Inoks čelik valjano zamjenjuje i sustav željeznih zatega učvršćenih na grede međukatne konstrukcije svakoga pojedinog kata, a zamjenjuje i one koje su učvršćene u žljebove poprečnih zidova što spajaju glavna pročelja venecijanskih palača s unutarnjim središnjim uzdužnim nosivim zidovima građevine.

Posebno su uspješno u nekim slučajevima primijenjeni mikrotrnovi koji su učvršćeni specijalnim smolama, a oni na najmanju moguću mjeru smanjuju međusobnu mogućnost klizanja kamena. Mnogi su ukrasni detalji na taj način vraćeni u prijašnje stanje. Isto tako mikrotrnovi dozvoljavaju savršeno sidrenje velikih kamenih umetaka na mjestima gdje su vremenske nepogode i agresivni atmosferski kemijski spojevi oštetili velike dijelove pročelja.



Slika 5. Stabilizacija konstrukcije mikrotrovnima na crkvi San Stae

### Zahvat na tvrđavi *Sant Andrea*

Tvrđava *Sant Andrea* počela se graditi 1543., a u glavnom je dijelu dovršena 1549. godine. Smještena je na otočiću Certosa, na ulazu u venecijansku luku, nasuprot Lidu i otoku Sant Erasmo, a gradio ju je slavni talijanski graditelj Michele Sanmichelli koji je bio uključen i u gradnju tvrđave Sv. Nikola na ulazu u šibensku luku. Građevina je zbog svojih simboličnih vrijednosti vrlo značajna za povijest grada, a građena je izuzetnom obradom istarskog kamena koji je oblikovan tako da što više istakne njezin strogi vojnički karakter. Valja dodati da je građena od jedne druge vrste istarskog kamena (naziva se kanfanar) koja je još otpornija na djelovanje morske vode, a radi se o svijetlosmeđom onkolitnom vapnencu iz gornje krede. Njegova je prva primjena zabilježena u 15. stoljeću kada je taj kamen u Anconu prevezao Juraj Dalmatinac.

U oblikovanje morskog pročelja tvrđave, dugog približno 300 m, uključeno je šest dijelova raščlanjenih uz bokove glavnog paviljona (sl. 6). Sastoje se od snažnih i čvrstih vrata s tri luka čije su dimenzije uvjetovane prijašnjom glavnom kulom. S obje strane otvaraju lučna krila i tvori kružni bedem na koji se spajaju boč-

ni pravocrtni bedemi. Ravni se zidovi utvrde na kraju zakrivljuju prema sjeveru i jugu i na taj način oblikuju završne vijence.

Bedemi su središnjeg bloka visoki 16,5 m, a unatoč svojim proporcijama odlično se integriraju u krajolik venecijanske lagune. Na pročelju, gotovo na morskoj razini, uočavaju se veliki otvori s lukovima za topove. Do njih se dolazilo cijelom sustavom hodnika i prostorija za opskrbu municijom.

Tvrđava ima izrazito debele zidove od opeke (približno 6 m) i izvana je obložena samonosivim kamenim blokovima. U Mletačkoj Republici velika se pozornost poklanjala vanj-



Slika 6. Pogled na tvrđavu Sant Andrea



Slika 7. Dekorirani otvori za topove s lukovima

skom ukrašavanju, ali to nije nikad umanjivalo stvarnu funkcionalnost (sl. 7.). Kamena obloga ima debljinu od približno 500 mm, a priljubljena je i sidrena na zidove od punih opeka. U skladu s tradicijom i zbog svoje debljine obloga je samonosiva, ali je ipak sidrena na konstrukciju da bi se osigurala njezina stabilnost i spriječila mogućnost otpadanja (sl. 8.).

Oštećenja utvrde uočljiva na slici 8. nisu bila uzrokovana toliko propadanjem kamena izloženog agresivnomu morskome ambijentu koliko popuštanjem zidova koje je izazvalo oštećenje temelja nastalo djelovanjem morskih struja te zakašnjelim i neodgovarajućim intervencijama u pokušaju sanacije. Inače je potpuna sanacija tvrđave Sant Andrea bila detaljno prikazana u već spomenutom stručnom radu.



Slika 8. Detalj srušenog krila s oblogom od kamena i zidovima od opeke



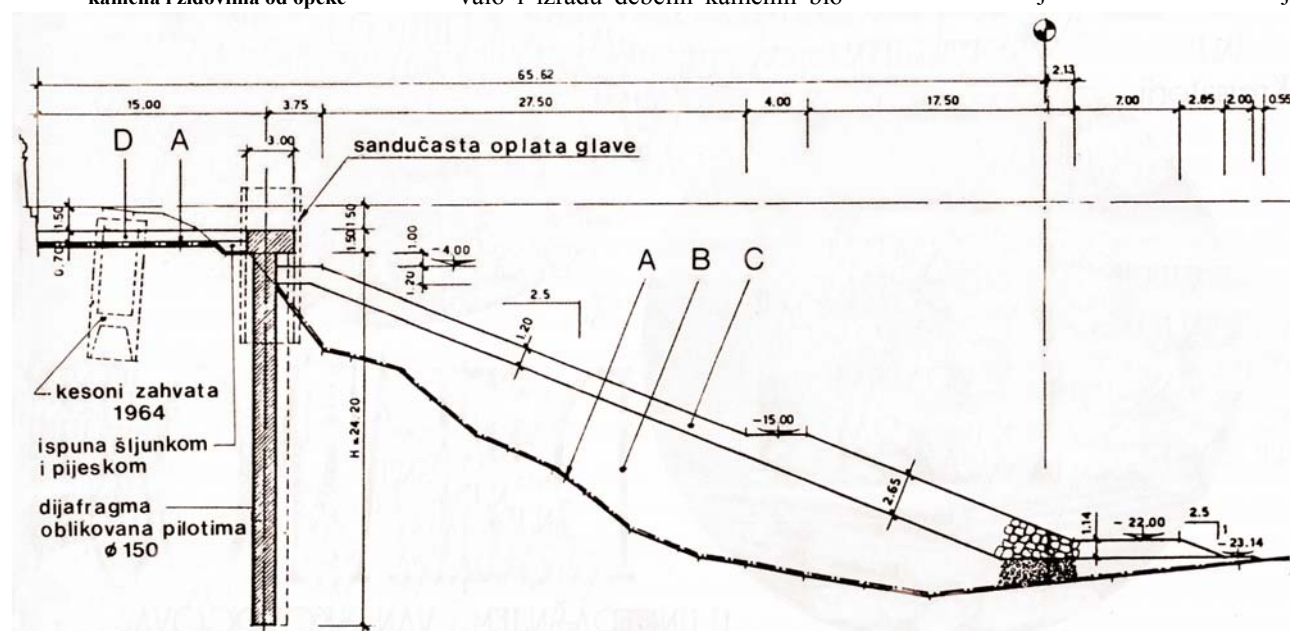
Slika 9. Restaurirana tvrđava Sant Andrea

Pri restauraciji tvrđave novi je kamener materijal ugrađen u skladu s dvama primijenjenim principima sanacije. Jedan je išao za tim da se uspostavi prvotno stanja krila utvrde koje je srušeno 1950. (sl. 9.), a drugi se sastojao u tome da nakon istraživanja i proučavanja temeljito učvrsti cjelokupnu temeljnu platformu, a posebno okolnu morskou škarpu (sl. 10.).

Započelo se s doslovnim uspostavljanjem prvotnoga stanja krupne kamene obloge pročelja, što je uključivalo i izradu debelih kamenih blo-

kova s likom lava (simbola Mletačke Republike) koji su tvorili vrh luka na otvoru za topove. Dok su se svi ostali radovi mogli ocijeniti potpuno uspješnim, izrada klesanih lavljih njuški nije, čini se, bila na visini one kakva je bila u prošlosti. U tom se osobito osjetljivom detalju jasno može vidjeti prekid sa starom i danas nedostižnom klesarskom školom.

Sljedeća se intervencija odnosila na zaštitu škarpe. Tu su uporabljeni inertni i neuklonjivi kameneri blokovi koji



Slika 10. Presjek radova na preoblikovanju škarpe



Slika 11. Ronioci upravljaju postavljanjem kamenih blokova

su ugrađeni prema profilu prikazanom u priloženome presjeku (sl. 10.). Umjetni je profil u podudarnosti s glavnom kulom znatno modificirao prirodni, a to je učinjeno radi preoblikovanja udubine koja ima svoje dno nešto južnije od središnje osi građevine na koti – 27 m. Tako su se znatno smanjila vrtložna kretanja i erozivni procesi koji su oduvijek ugrožavali stabilnost građevine (sl. 11.).

Radi postizavanja veće sigurnosti i stabilnosti prije ugrađivanja inertnog materijala, na morsko je dno položen sloj geotekstila. Tako se htjelo spriječiti djelovanje morskih struja i odnošenje finog materijala ispod kamenih blokova, što bi u budućnosti moglo uzrokovati daljnju nestabilnost.

### Posebno kameno popločivanje

U okviru redovitog održavanja venecijanskih kamenih ulica, koje su popločene piramidalnim oblicima visokim od 20 do 30 cm, nazvanima antički "masegni", a to je venecijanski naziv za obrađene kamene blokove od trahita (kamena eruptivnog podrijetla koji se sastoji od kalijeva glinenca). Ti su pomalo neobični, ali u praksi iskušani oblici, sada zamijenjeni pločama od istoga kamenog materijala, debljine 5-7 cm. U projektiranju i pripremama za građenje takva je primjena mogla i izgledati donekle prihvatljivom, ali nova restaurirana površina pločnika pruža znatno manje ugodnosti pri hodanju te ima i mnogo manju trajnost od izvorne.

Osim toga i tamo gdje su ponovno uporabljivi izvorni antički "masegni", oni nisu montirani pravilno rub do ruba, s mogućim ispravljanjem ili zamjenjivanjem onih istrošenih, kako se to oduvijek radilo, već su neobjašnjivo položeni na razmacima od po nekoliko centimetara, a međuprostor je ispunjen mortom koji vrlo brzo popušta.

Čini se da je antička vještina postavljanja kaldrme i njezino dobro i stalno održavanje izgubila vezu sa sadašnjošću, pa je izvorna otpornost i trajnost sada teško dostižna.

### Zaključak

Valja istaknuti da je tradicionalna uporaba kamenih materijala na zgradama u drugoj polovici 20. stoljeća

opadala zbog velikih troškova. Primjena se ujedno smanjivala i zbog nedostatka stručne radne snage koja bi mogla kvalitetno i jeftino primijeniti kamen u suvremenom graditeljstvu.

Danas je stanje znatno bolje pa postoji i spremnost i znanje da se kamen ugrađuje ispravno i mnogo jeftinije. Tome je pridonijela i sve veća uporaba kamena na pročeljima suvremenih zgrada te samim tim sve više stručnih kamenorezača i klesara.

Uporaba je kamena ponekad neizbježna zbog ljepote, tradicije i topline svakodnevnog življenja. Kao primjer može poslužiti inicijativa gradskih vlasti u Veneciji koji su od graditelja zahtijevali da na jednome novome stambenom bloku u kame-nu izvedu vijenac na strehi te morsku obalnu škarpu sa zakrivljenom krunom.

U ovome se radu uglavnom govorilo o restauriranju starih kamenih pročelja i drugih dekorativnih kamenih elemenata. Restauracija starih građevina i sadašnja tehnologija oblaganja pročelja povezani su jednim zajedničkim problemom – primjenom sustava sidrenja koji može održati kameni materijal u stabilnom i uporabno sigurnom stanju. I to jednostavno mora djelovati unatoč neizbježnim nepreciznostima u obradi, popuštanjima ili deformacijama nosive konstrukcije te deformacijama i lomovima kamenih dijelova zbog klimatskih utjecaja, starenja, propadanja i atmosferskog zagađivanja.

Dr. sc. Antonio Monaco,  
Giuseppe Tomasi, dipl. ing.