

Zamjena kamenih stupova u prizemlju dvorca Veliki Tabor

Egon Lokošek, Ivo Kleiner

Ključne riječi

Veliki Tabor,
dvorac,
trijem,
kameni stupovi,
oštećenja, obnova,
preventivna sanacija,
zamjena stupova

Key words

Veliki Tabor,
castle, porch,
stone columns,
damage,
renovation,
preventive repair,
column replacement

Mots clés

Veliki Tabor,
château,
portique,
colonnes de pierre,
endommagements,
rénovation,
réparation préventive,
remplacement de colonnes

Ключевые слова

Велики Табор,
дворец,
портик,
каменные колонны,
повреждения,
обновление,
замена колонн

Schlüsselworte

Veliki Tabor,
Schloss,
Vorhalle,
Steinsäulen,
Beschädigungen,
Erneuerung,
vorbeugende Sanierung,
Auswechslung der Säulen

E. Lokošek, I. Kleiner

Stručni rad

Zamjena kamenih stupova u prizemlju dvorca Veliki Tabor

Uvodno su dani osnovni povijesni podaci o dvorcu Veliki Tabor te o obnovama u njemu za posljednjih 100 godina. Prikazano je stanje konstrukcije trijema prije obnove s podacima o istraživanjima. Opisani su nedostaci i oštećenja postojećeg stanja konstrukcije. Prikazano je projektno rješenje i izvedba zamjene stupova u prizemlju dvorišnog trijema koji nisu mogli nositi pripadajuće opterećenje. Fotografije dobro ilustriraju provedbu toga graditeljski iznimno zanimljivog pothvata.

E. Lokošek, I. Kleiner

Professional paper

Replacement of stone columns at the ground floor of the Veliki Tabor castle

The paper starts with some basic background information about the Veliki Tabor castle, and describes castle renovation activities undertaken over the past century. The condition of the porch structure prior to renovation, with appropriate testing data, is presented. Deficiencies and damage registered on the structure are also presented. The design solution is described and the replacement procedure is presented for ground-floor porch columns that were unable to carry the required load. The realization of this work, quite interesting from the point of view of construction methodology, is clearly illustrated with photographs.

E. Lokošek, I. Kleiner

Ouvrage professionnel

Remplacement des colonnes en pierre au rez-de-chaussée du château de Veliki Tabor

L'ouvrage commence par la présentation des informations de base sur le château de Veliki Tabor, et par description chronologique des activités de rénovation du château conduites au cours du siècle dernier. La condition du portique avant les travaux de rénovation, avec les données sur les études préalables, est présentée. Les défauts et les endommagements structurels enregistrés à la structure du portique sont également présentés. La solution technique est décrite et la procédure de remplacement est présentée pour les colonnes de portique situées au rez-de-chaussée qui n'étaient pas capable de supporter la charge requise. La réalisation de ce travail, très intéressant de point de vue de technologie de construction, est clairement illustrée par photographies.

Э. Локошек, И. Клайнер

Отраслевая работа

Замена колонн на первом этаже дворца Велики Табор

В введении приведены основные исторические данные о дворце Велики Табор, а также о его обновлениях в последних 100 лет. Показано состояние конструкции портика перед обновлением с данными об исследованиях. Описаны недостатки и повреждения существующего состояния конструкции. Показано проектное решение и выполнение замены колонн на первом этаже дворового портика, которые не могли нести соответствующую нагрузку. Фотографии хорошо иллюстрируют проведение того, в строительном отношении, очень интересного предприятия.

E. Lokošek, I. Kleiner

Fachbericht

Auswechslung der Steinsäulen im Erdgeschoss des Schlosses Veliki Tabor

Einleitend präsentiert man die hauptsächlich historischen Angaben über das Schloss Veliki Tabor und die in den letzten 100 Jahren durchgeführten Erneuerungen. Dargestellt ist der Zustand der Vorhallenkonstruktion vor der Erneuerung mit den Angaben über die Untersuchungen. Beschrieben sind die Mängel und Beschädigungen des bestehenden Zustands der Konstruktion. Dargestellt ist die Entwurfslösung und die Ausführung der Auswechslung der Säulen im Erdgeschoss der Hofvorhalle, welche die zugehörige Belastung nicht tragen konnten. Die Durchführung dieses bautechnisch ausserordentlich interessanten Unternehmens ist durch Photos gut illustriert.

Autori: **Egon Lokošek**, dipl. ing. arh., viši predavač, Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Zagreb; **Ivo Kleiner**, dipl. ing. građ., u mirovini, Zagreb

1 Povijesni podaci

Utvrdjeni grad Veliki Tabor, smješten na brežuljku 3 km zapadno od Desinića u Hrvatskom zagorju, izgrađen je uglavnom tijekom 16. i 17. stoljeća (slika 1.).

Za vojne zasluge i za pokriće duga dodjeljuje Ivan Korvin Pavlu Ratkayu 1502. prostrani posjed u Hrvatskoj. Pavao Ratkay umire sljedeće godine, a njegova braća Ladislav i Benedikt grade na dodijeljenom posjedu novo obiteljsko središte u Hrvatskoj.



Slika 1. Pogled na Veliki Tabor sa zapada

Prvo su sagradili reprezentativni kasnogotički *palace* na dva kata okružen obrambenim zidom. Kasnije čitavu jezgru osiguravaju s četiri okrugle kule, a nakon toga i vanjskim obrambenim prstenom s ulaznom, peterokutnom bastionskom kulom sa sjeverne strane.

Početkom 17. stoljeća, u mirnijem povijesnom razdoblju, renesansni kaštel i unutar njega kasnogotički *palace* postupno se dograđuju prema zahtjevima novog vremena. Drveni trijemovi, prislonjeni s unutrašnje strane obrambenih zidova i kula, zamijenjeni su zidanim trijemom od toskanskih kamenih stupova. Na katovima u kulama otvaraju se veći prozori, prilagođavajući se novim potrebama za stambenim prostorima.

U Velikom Taboru odvijao se intenzivan život sve do smrti Josipa Ivana Krstitelja Ratkaya 1793., zadnjega potomka obitelji Ratkay. Nakon njegove smrti dolazi razdoblje u kojem više nije bilo većega zanimanja za Veliki Tabor. Grad je, tijekom 19. stoljeća, mijenjajući vlasnike slabo održavan.

Veliki Tabor 1919. kupuje slikar Oton Iveković. U njemu živi i stvara sve do 1938. kada zbog visokih troško-

va održavanja prodaje grad Banskoj upravi. Banska uprava ustupa Veliki Tabor časnim sestrama Družbe Kćeri Milosrđa TSR sv. Franje koje obnavljaju unutrašnje prostorije prilagođavajući ih svojim potrebama. Njihovim odlaskom stari grad Veliki Tabor neprimjereno je korišten [1].

1.1 Obnove u Velikom Taboru posljednjih sto godina

U posljednjih sto godina promijenilo se nekoliko vlasnika Velikog Tabora, koji su ga obnavljali prema svojim trenutačnim potrebama. Nije postojala sustavna obnova i zaštita cijelog graditeljskog kompleksa, premda je s godinama starosti problem obnove i održavanja građevine drastično povećan. Većina građevnog materijala je dotrajala i počela je popuštati, što je uzrokovalo oštećenja susjednih dijelova i stvaranje pukotina u osnovnim zidanim konstrukcijama. S dvorišne strane to se najviše odrazilo u krhkoj konstrukciji troetažnog trijema-galerije, koja preuzima i prenosi dio opterećenja krova i krovne konstrukcije. Interveniralo se u okviru tadašnjih građevinskih i novčanih mogućnosti, a dvojbena je da li i s razumijevanjem kako bi se sačuvala izvornost građevine i vremena u kojem se gradilo.

Obnova dvorišnog trijema bila je nužna zbog postupnog propadanja toskanskih kamenih stupova u prizemlju kao i zbog oštećenja izvornih podova na prvom i drugom katu trijema. Mislilo se da će se obzidavanjem stupova opekom privremeno sanirati trijem u prizemlju, kao bolji i trajniji način od dotadašnje drvene podgrade. Već je 1911. izrađena tehnička dokumentacija za preventivno obzidavanje stupova trijema u prizemlju.

Časne sestre koje su preuzele dvorac 1939. započele su radove velikog opsega. Obzidale su opekom sve stupove trijema u prizemlju dvorišta, a podove na prvom i drugom katu trijema pokrile su kulirom. Najradikalnije građevinske intervencije izvele su u unutrašnjosti *palacea* i u dvorištu, gdje su u prednjem dijelu dale izgraditi veliku vodospremu, a razinu stražnjega dijela dvorišta nasipavanjem su podignule. Skrbeći se za ratnu siročad bile su im povećane potrebe za vodom, što je riješeno betonskom vodospremom u dvorištu u koju se prikupljala oborinska voda s krova.

U šezdesetim godinama prošlog stoljeća Konzervatorski zavod iz Zagreba izveo je razmjerno opsežne radove na najugroženijim dijelovima Velikog Tabora. Tada su zamijenjena tri kamena stupa na katovima trijema, sanirane su ili zamijenjene neke konzole s lukovima na pročelju, saniran je dio sjevernog vanjskog pročelja te izvedene neke stropne armiranobetonske konstrukcije.

Početkom 1990. Ministarstvo kulture počinje sustavno financirati obnovu Velikog Tabora. Tadašnji Regionalni

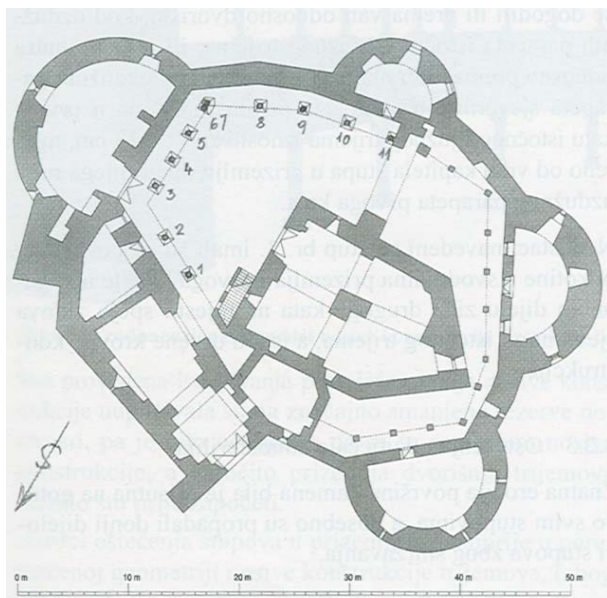
zavod za zaštitu spomenika kulture iz Zagreba izvodi radove na sanaciji krovne konstrukcije, zamjenjuje pokrov i postavlja gromobransku instalaciju.

2 Stanje nosive konstrukcije trijema prije obnove

2.1 Istraživanja postojećeg stanja nosive konstrukcije trijema

Hrvatski restauratorski zavod proveo je 1995. konzervatorsko-restauratorska istraživanja [2] kojima su obuhvaćeni unutrašnjost i pročelja *palacea* te pročelja dvorišnih trijemova. Idućih godina nastavljeno je istraživanje podova i stupova trijemova. Istraživanjima su otkrivena izvorna oblikovanja i oslici pročelja te kasnije intervencije koje su pročelje znatno preoblikovale.

Na tlocrtu dvorišta dvorca Veliki Tabor numerirani su



Slika 2. Tlocrt prizemlja Velikog Tabora s numeriranim stupovima stupovi u prizemlju (slika 2.).

Provedena istraživanja i nalazi:

- Istraživanjem stupova na galeriji utvrđen je slijed njihove postupne gradnje, oblikovanje podova i izvorni oblik pročelja.
- Nakon preventivnog podupiranja drvenom skelom uklanja se obzid stupa br.2 u prizemlju trijema. Na otkrivenom kamenom stupu ustanovljeno je loše stanje njegove baze, tijela i kapitela (slika 3.).
- Podupiru se svi lukovi u trijemu prizemlja i odzidavaju preostali kameni stupovi prizemlja.
- Uz stupove br. 2 i 9 u prizemlju iskopane su dvije sondažne jame te je ustanovljeno da su temelji zida



Slika 3. Preventivno podupiranje drvenom skelom uz stup br. 2 i uklanjanje dozida od opeke

dvorca i stupova dvorišnog trijema zidani u kamenu do dubine od 2 m ispod površine terena i dovoljno prošireni da sigurno preuzmu sva opterećenja i prenesu ih u tlo. S obzirom na starost građevine, konsolidacija tla ispod temelja već je davno završena, a time i sva slijeganja u tlu.

- Svi stupovi su zatim pojedinačno detaljno pregledani i arhitektonski snimljeni. Za svakog od njih prikazano je stanje na nacrtima u mjerilu 1:10, od podbaze, preko baze, tijela stupa do kapitela. Isto tako, snimljeni su i prostorni otkloni njihovih osi.
- Ispitivanje kvalitete kamena: Slaba kvaliteta kamena od kojeg su klesani stupovi i smrzavanje kao značajan čimbenik u procesu propadanja stupova navedena je u elaboratu Hrvatskog restauratorskog zavoda (slika 4.) [3].



Slika 4. Oštećenja stupova br. 1, 3 i 4

- Zbog točne dijagnoze oštećenja, nešto kasnije su provedena i dodatna ispitivanja kvalitete kamena na uzorcima uzetima na nekoliko stupova u prizemlju. Rezultati ove analize pokazali su, također, da je jedan od značajnih uzroka, najprije oštećenja, a zatim i propadanja stupova, osim relativno male čvrstoće kamena (najbolji rezultat daje tlačnu čvrstoću veličine 39.0 MPa, u suhom stanju), njegova iznimno mala čvrstoća u uvjetima smrzavanja koja iznosi samo 15% postignute čvrstoće u suhom stanju.

2.2 Nedostaci i oštećenja postojećeg stanja nosive konstrukcije

2.2.1 Nedostaci nosive konstrukcije

Početni ekscentricitet:

Vertikalne osi stupova koji se nalaze jedni iznad drugih ne poklapaju se po vertikali u smjeru okomitom na ravnine lukova zbog različitih debljina zidanih lukova koje podupiru. Debljina lukova prvog i drugog. kata je oko 30 cm, dok je debljina lukova prizemlja oko 45 cm. Ovom izvornom geometrijom nosive konstrukcije, između stupova prvoga i drugoga kata te stupova u prizemlju, uveden je ekscentricitet od približno 7,5 cm.

Nepovoljni položaj stupa br. 3 u slijedu prijenosa vertikalnog opterećenja:

Stup br. 3 ima najnepovoljnije stanje s obzirom na opterećenje koje se s gornjih katova prenosi u prizemlje. Njegovo opterećenje nastaje kao zbroj akcija susjednih dijelova nosive konstrukcije, plitkog luka koji spaja stup i zid kule na sjevernoj strani i segmentnog luka koji spaja stupove br. 3 i 4. Plitki luk je izveden radi preuzimanja opterećenja segmentnog luka koji se od stupa br.2 proteže prema istoku i nosi trijemove prvoga i drugoga kata te dio krovne konstrukcije. Prostorna interakcija opterećenja tih triju lukova stvara u stupu br.3 najveću vertikalnu i horizontalnu silu. Orijentacija horizontalne sile, a time i naponi u stupu, dobro se poklapaju s prostornim pomakom kapitela stupa i oštećenjima koja su se na njemu dogodila

Ostali nedostaci su : nepravilnosti u građenju galerija, nejednakosti raspona i visina lukova, različitih visina ugrađenih zatega, vrlo slabe kvalitete materijala i izvedbe.

2.2.2 Oštećenja nosive konstrukcije

Poremećena geometrija nosivih dijelova na nekim je stupovima znatno otvorila sljubnice između kapitela i tijela stupa. Prostorne otklone vertikalnih osi stupova pratila je, dakako, i preraspodjela napona po poprečnom

presjeku, što je na nekoliko mjesta dovelo do oštećenja rubnih zona kamena zbog prekoračenja njegove tlačne čvrstoće.

Na tijelima nekoliko stupova bile su vidljive i vertikalne pukotine, dok su najveća oštećenja bila na donjim dijelovima tijela stupova, gdje je na nekima došlo do stvaranja vertikalnih pukotina na malim razmacima i čak do ispadanja komada kamena. Osim tijela stupova, oštećenja su bila znatna i na bazama i podbazama, na kojima su se također pojavile vertikalne pukotine, pucanja i otpadanja kamenih dijelova. Kapiteli stupova bili su oštećeni u najvećoj mjeri zbog koncentracija napona na mjestima priključka na tijelo stupa, opet kao posljedica pomaka osi.

Pomaci vertikalnih osi stupova podrazumijevaju i pomake dijelova nosive konstrukcije koji su s njima povezani. To su ponajprije uzdužni zidani parapeti prvoga i drugoga kata na koje se oslanjaju stupovi. Njihovi pomaci su se dogodili ili prema van odnosno dvorištu, kod uzdužnih parapeta istočnog i južnog trijema, ili prema unutra odnosno prema zidu obrambenih kula, kod uzdužnih parapeta sjevernog trijema. Na nekim mjestima u prvom katu istočnog i južnog trijema iznosili su i do 13 cm, mjereno od vrha kapitela stupa u prizemlju do gornjega ruba uzdužnog parapeta prvoga kata.

Nedostaci navedeni za stup br. 3. imali su za posljedicu pukotine u svodovima prizemlja i prvoga kata te na ugonom dijelu zida drugoga kata na mjestu spoja zidova sjevernog i istočnog trijema, a ispod drvene krovne konstrukcije.

2.2.3 Oštećenja od utjecaja atmosferijlija

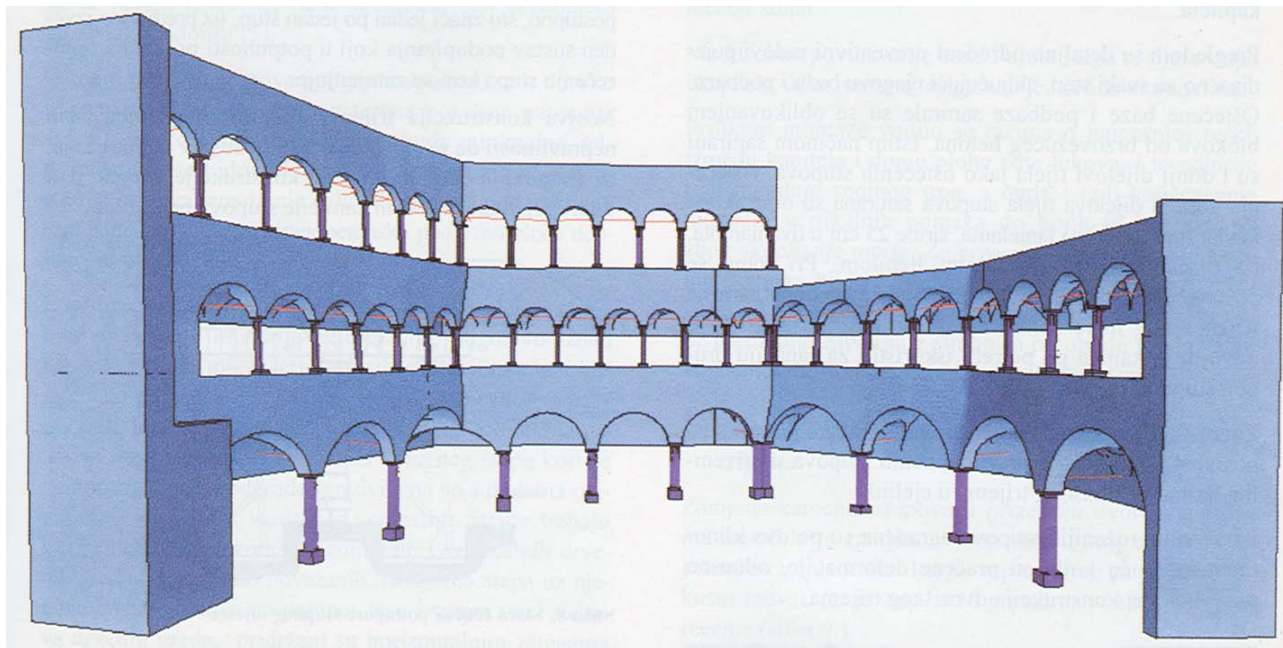
Znatna erozija površine kamena bila je prisutna na gotovo svim stupovima, a posebno su propadali donji dijelovi stupova zbog smrzavanja.

2.2.4 Oštećenja zbog popuštanja zatega

Željezne zatege izvedene su u ravninama svih lukova u prizemlju te na prvom i drugom katu iznad kapitela stupova. Zatege okomite na ravnine lukova, koje su zatege svodova trijemova, izvedene su iznad gotovo svih kapitela stupova. Sve su zatege oštećene hrdom, uključujući i sidrene križeve na pročeljima. Na nekoliko mjesta došlo je do izvlačenja zatega iz obodnih zidova što je oštetilo svodove stvaranjem pukotina u prizemlju i prvom katu trijemova. Na zategama su uočljive i deformacije koje pokazuju da su te zatege umjesto vlačnim opterećene tlačnim silama. Radi se o karakterističnom izvijanju tlačnog štapa nedovoljne dimenzije poprečnog presjeka. Ove deformacije u najvećem broju se pojavljuju na zategama drugoga kata.

3 Analiza ponašanja nosive konstrukcije dvorišnih trijemova Velikog Tabora

Istraživanje ponašanja nosive konstrukcije dvorišnih trijemova provedeno je na trodimenzionalnom modelu postojećeg stanja sa svim snimljenim oštećenjima, preko kojega su ustanovljena naponska stanja i mogući daljnji pomaci na svim dijelovima nosive konstrukcije (slika 5.) [4].



Slika 5. Trodimenzionalni model nosive konstrukcije dvorišnog trijema Velikog Tabora

Sva provedena istraživanja postojećeg stanja nosive konstrukcije uupućivala su na značajno smanjene rezerve nosivosti, pa je bilo očigledno da se sa sanacijom nosive konstrukcije, a naročito prizemlja dvorišnih trijemova moralo što prije započeti.

Uzroci oštećenja stupova u prizemlju su najprije u poremećenoj geometriji nosive konstrukcije trijemova, (zbog loših rješenja u postavi pojedinih dijelova nosive konstrukcije, ali i zbog djelovanja potresa koji u ovom kraju nisu rijetki) te slaboj kvaliteti kamena od kojega su izvedeni (što je pod djelovanjem atmosferilija znatno pogoršalo njihovo stanje). U stanju u kakvom su bili stupovi postojala je opasnost od lokalnih popuštanja, koja bi sigurno bila početak većih oštećenja čitavog trijema, pa se stoga pristupilo privremenoj preventivnoj sanaciji najoštećenijih stupova.

4 Privremena preventivna sanacija najoštećenijih stupova

Zatečena je drvena potporna konstrukcija koja je bila izvedena zbog odzidavanja kamenih stupova u prizemlju prilikom konzervatorsko-restauratorskih istraživanja (slika 6.). Ta potporna konstrukcija nije bila u stanju

kompenzirati slabu nosivost stupova i preuzeti opterećenje lukova preko kojih se prenosi cjelokupno opterećenje trijema, a razlog je neodgovarajuće oslanjanje drvene potporne konstrukcije na tlo. Drvena konstrukcija bila je oslonjena preko drvenih greda relativno malih površina izravno na površinu slabo zbijenoga glinovitog tla dvorišnog terena. Već bi i prijenos manjih optereće-



Slika 6. Snimak kamenih stupova i zatečene drvene podgrade

Zbog toga je odlučeno da se, dok se ne izvedu svi pripremni radovi za konačnu sanaciju, najprije hitno privremeno saniraju najoštećeniji dijelovi stupova kako do mogućih loših posljedica ne bi došlo. Pri tome je trebalo voditi računa da privremena preventivna sanacija ne bude u neskladu s budućim sustavom podupiranja ili zaštitom stupova do konačne rekonstrukcije podbaza, baza, tijela stupova i kapitela.

Pregledom su detaljno određeni preventivni radovi pojedinačno za svaki stup, uključujući njegovu bazu i podbazu. Oštećene baze i podbaze sanirale su se oblikovanjem blokova od brzovežućeg betona. Istim načinom sanirani su i donji dijelovi tijela jako oštećenih stupova. Oštećenja gornjih dijelova tijela stupova sanirana su omatanjem kevlar (karbonskim) lamelama, širine 25 cm u dva namota, uz ojačanje veze epoksidnim ljepilom. Pri tome se postavom izolacijskih folija spriječio izravan dodir kamena i nanesenog materijala, kako bi se kasnije mogli lako odvojiti te kamen po potrebi iskoristiti za sanaciju drugog stupnog mjesta.

Završetkom ovih radova osigurana je nužna privremena nosivost postojećeg sustava kamenih stupova u prizemlju, a time i dvorišnog trijema u cjelini.

Iznad najugroženijih stupova ugrađena su po dva klinomjera pomoću kojih su praćene deformacije, odnosno provjeravana konstrukcija dvorišnog trijema.



Slika 7. Preventivna sanacija najoštećenijih stupova; omotano tijelo stupa br. 5 i izvedeni betonski blok stupa br. 6-7

Na slici 7. vidi se omotano tijelo stupa br.5 i izvedeni betonski blok na stupovima br.6 i 7, koji je povišen tako da osim osiguranja podbaze i baze, ojača i donji dio tijela tih stupova.

5 Projekt zamjene kamenih stupova u prizemlju dvorišnog trijema

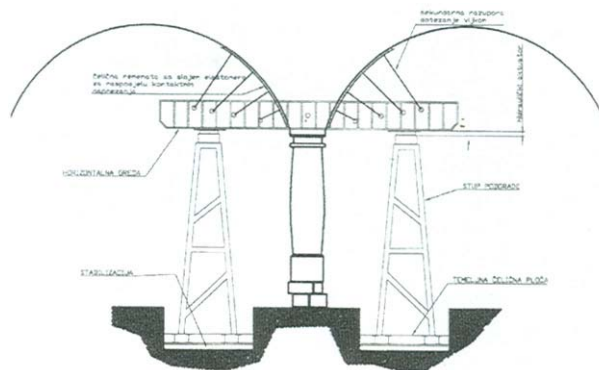
Na temelju analize postojeće geometrije i prikaza veličine i raspodjele opterećenja na trodimenzionalnom modelu

nosive konstrukcije dvorišnog trijema definirani su osnovni kriteriji i tehnološki postupak projekta zamjene stupova u prizemlju dvorišnih trijemova Velikog Tabora.

Zbog zatečenog stanja kamenih stupova i okolne konstrukcije, bila je očita potreba intervencije na svih jedanaest stupova.

Zamjena kamenih stupova u prizemlju trebala se izvesti postupno, što znači jedan po jedan stup, uz prethodno izveden sustav podupiranja koji u potpunosti preuzima opterećenje stupa koji se zamjenjuje.

Nosiva konstrukcija trijema ima toliko geometrijskih nepravilnosti da je samo adaptabilni sustav podupiranja, uz osiguranje okolnih dijelova konstrukcije, mogao dati dobre rezultate prilikom zamjene stupova prizemlja.



Slika 8. Skica čelične podupore stupnog mjesta

Kao podupora predviđena je čelična konstrukcija koja se sastoji od dva prostorno rešetkasta stupa podgrade, dvije čelične grede od 2 UPN 200 i čeličnih remenata (slika 8.). Razmak stupova podgrade morao je biti toliko velik da omogući nesmetano izvođenje svih predviđenih radova na zamjeni originalnih kamenih stupova.

Opis podupore stupnog mjesta:

Remenati podupiru dijelove susjednih lukova koji se oslanjaju na stup kojeg treba zamijeniti. Veza stupova podgrade i čeličnih greda izvedena je hidrauličkim uređajem pomoću kojeg se uvodi i kasnije održava vertikalno opterećenje koje odgovara opterećenju koje preuzima predmetni stup. Potporna konstrukcija je projektirana za silu od 320 kN, koja se kao najveća pojavljuje na originalnom stupu br.3 i mora osigurati svu potrebnu vertikalnu i horizontalnu sigurnost za vrijeme izvođenja radova na zamjeni stupa. Hidraulički uređaj mora imati mogućnost nanošenja kontroliranih vertikalnih deformacija do veličine od 60 mm, s inkrementom od 0,2 mm, uz stalno mjerenje sile te mogućnost blokiranja, odnosno osiguranja pomaka u slučaju da sustav zataji. Zbog različitih raspona, visine i oblika zakrivljenosti zidanih lukova koji se oslanjaju na kamene stupove prizemlja, oblik če-

ličnih remenata za njihovo podupiranje je poligonalan. Dužina segmenata priključnih zidanih lukova koji se podupiru iznosi od 1/3 do 1/2 dužine luka, ovisno o rasponu luka, mjereno od oslonca na stupu na obje strane. Za osiguranje potpunog prijanjanja, između remenata i zidanog segmenta luka, u prazan prostor se injektira sloj elastomera odgovarajuće čvrstoće. Radi zaštite zidanog luka, na njegovom podgledu postavlja se plastična folija tako da se nakon završetka rada injektirani sloj elastomera može lako ukloniti [5].

Temelji čeličnih stupova podgrade upuštaju se u tlo oko 80 cm ispod razine okolnog terena površine najmanje 1,5 m², tako da dodatna slijeganja budu minimalna, odnosno da ih se hidrauličkom može kompenzirati. Nakon iskopa jame za temeljenje čeličnih stupova podgrade, na dnu jame izvodi se armiranobetonska podložna ploča debljine 10 cm.

Kao dio pripremnih i pratećih radova predviđen je program opažanja i mjerenja deformacija, pogotovo iznad kapitela gdje se mora definirati sila podupiranja kod koje dolazi do rasterećenja stupa, odnosno početka podizanja pete lukova pripadajućeg stupa. Radi osiguranja dijelova nosive konstrukcije iznad kamenog stupa koji se demontira, osim podgrade, predviđena su i dodatna osiguranja. Parapeti s vanjske i unutrašnje strane trebaju biti pridržani sustavom horizontalnih i vertikalnih drvenih greda, međusobno povezanih. Donji dio stupa uz njegovu bazu, oslonjen na parapet, kao i spojni vijci sustava drvenih greda, pridržani su horizontalnim zategama u dva smjera sidrenim u jake zidove vanjskih kula. Tako su karakteristične točke stupova i njima pripadni dijelovi parapeta iznad stupa prizemlja dodatno osigurani pridržanjem u tri smjera.

Poštujući zahtjev konzervatora da se očuva što veći broj originalnih kamenih stupova predviđena je ugradnja privremenog čeličnog stupa koji je trebao zamijeniti originalni stup dok se on kamenoklesarski i restauratorski ne sanira te ponovno vrati na svoje mjesto. Stanje svakog stupa ostavljalo je malu vjerojatnost za njegovo vraćanje izvornoj funkciji. Ipak, odlučeno je da se svaki od originalnih stupova, uključujući sve njegove dijelove te zidanu podbazu, još jedanput detaljno pregledaju prilikom demontaže i konačno odluči o zamjeni cijelog originalnog stupa ili o sanaciji nekih njegovih dijelova.

Osim samih stupova, također je bilo potrebno sanirati gornje i donje kontaktne zone uklonjenih stupova, tj. njihove temelje i zidane pete priključnih lukova. Gornja ploha temelja otvorena nakon uklanjanja podbaze morala se detaljno pregledati i eventualna oštećenja sanirati prezidavanjem; za sve temelje predviđeno je injektiranje cementnovapnenom smjesom, koje se izvodilo preko vertikal-

nih bušotina od sredine prema krajevima kako bi se ojačala zidana struktura.

Nakon sanacije temelja bilo je potrebno podbazu kamenih stupova zidati komadima kamena u mortu odgovarajućih karakteristika - specijalni, brzovežući mort na bazi araldita, metilakrilata i sl., koji u roku od najviše četiri sata postigne čvrstoću od najmanje 20 N/mm². Upotreba brzovežućeg morta važan je uvjet budući da se zahtijevalo što kraće vrijeme za demontažu i ponovnu ugradnju kamenog stupa.

Međusobno povezivanje baze i tijela stupa te tijela stupa i kapitela, osim mortom, osigurano je i čeličnim trnovima.

Prilikom montaže vodilo se računa o najgornjoj reški, između kapitela i donje plohe pete lukova, i to najprije radi ugradnje spojnog trna, a onda i radi sprječavanja mogućih vertikalnih pomaka do kojih je moglo doći zbog skupljanja morta. Za povezivanje pojedinih kamenih dijelova bilo je predviđeno injektiranjem brzovežućim podljevnim mortom s kompenzacijskim skupljanjem, uz prethodno zatvaranje sljubnica po obodu produženim vapnenim mortom na dubini od približno 1cm.

6 Zamjena kamenih stupova u prizemlju dvorišnog trijema

Zamjena kamenih stupova u prizemlju dvorišnog trijema započela je zamjenom stupa br.10 koji se nalazi na južnoj strani dvorišta. Taj je stup odabran za početni pokušaj zahvat, jer je stup br.10 preuzimao najmanje opterećenje (slika 9.).

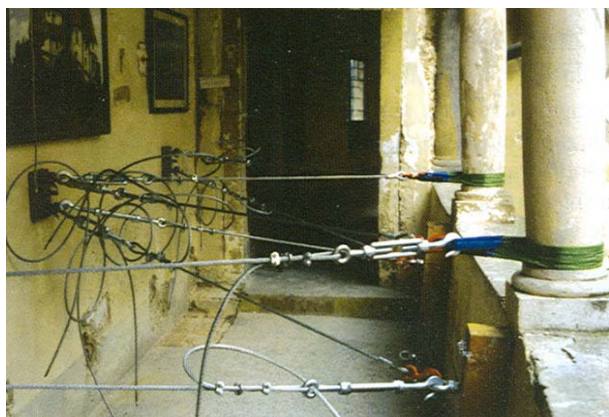


Slika 9. Podupora umjesto izvađenog kamenog stupa br. 10

6.1 Montaža dodatnog osiguranja

Montaža dodatnog osiguranja u postupku zamjene stupa br.10:

Kameni stupovi prvoga kata trijema oslonjeni su na uzdužni zidani parapet, čiji je gornji rub na mjestu baze stupa imao horizontalni pomak od 13 cm u odnosu na kapitel stupa ispod njega u prizemlju. Pokusno opterećenje na podgradu stupa br.10 pokušano je bez dodatnog osiguranja - pridržanja baza stupova prvoga kata trijema i uzdužnog zidanog parapeta. Međutim, povećanje vertikalnog potiska podgrade zaustavljeno je nakon što je na bazi stupa prvoga kata trijema izmjeren horizontalni pomak od 4 mm i uočeno povećanje postojeće horizontalne pukotine u peti svoda koji se oslanjao na isti stup. Bilo je očito da se bez dodatnog osiguranja - pridržanja baza stupova prvoga kata trijema i uzdužnih zidanih parapeta neće moći dovoljno sigurno izvesti zamjena stupa br.10 u prizemlju, što je onda prema projektu i učinjeno (slika 10.).



Slika 10. Povezivanje uzdužnih parapetnih zidova i stupova 1. kata sa čvrstim zidovima dvorca

6.2 Injektiranje lukova iznad stupnog mjesta

Pokusnim injektiranjem vodom u zidanu strukturu lukova koji se oslanjaju na stup koji je trebalo zamijeniti, ustanovljeno je vrlo loše stanje zidane strukture pa čak i prisutnost šupljina, zbog čega se prije zamjene stupa pristupilo injektiranju lukova od poda 1. kata do kapitela stupa, i to iznad svih stupova u prizemlju. Injektiranje je izvedeno cementnovapnenom suspenzijom (bijeli cement i gašeno vapno), uz dodatak za viskoznost i bubrenje s minimalnim tlakovima do 1 bara.

6.3 Podizanje lukova i uklanjanje izvornog stupa

Nakon završetka pripremnih radova, potrebno rasterećenje postojećeg stupa postignuto je uvođenjem odgovarajuće sile preko hidraulike. Odvajanje stupa od zidane konstrukcije lukova predviđeno je rezanjem dijament-



Slika 11. Rad dijamentno rezne ploče na stupu br. 3



Slika 12. Uklanjanje srušenog kamenog stupa br. 8

nom pločom sljubnice između prvoga reda opeka i kamenog kapitela. Pri pravilnom podizanju lukova iznad kapitela, uz čvrsto blokiranje tog položaja i stalnu visinsku provjeru, dijamentna rezna ploča debljine 4,7 mm završila je rezanje iznad kamenog kapitela za približno pet minuta. Zona rezanja potpuno je bila rasterećena, podignuta oko 2 mm, a pila je uz visoki pritisak vode izbacivala sve rezne natruhe veličine sitnog pijeska i praha. Na slici 11. prikazan je rad dijamentne rezne ploče. Za vrijeme samog rezanja dolazilo je do minimalnih popuštanja u sustavu podupiranja te do manjih zapinjanja. Odvojeni stup se s pomoću viljuškara srušio i odveo na deponij (slika 12.).

6.4 Sanacija stupnog mjesta

Na slici 9. vide se lukovi iznad mjesta prvog uklonjenog stupa. Prezidana su dva najdonja reda opeka radi ojačanja kontaktne zone zidanog luka uz kapitel stupa, dakle mjesto dodira dvaju materijala različitih nosivih mogućnosti.

Čeličnim podupiračima pridržani su lukovi na način koji je osiguravao nesmetan rad na postojećem kamenom temelju stupa, ugradnji nove podbaze, baze, tijela stupa i konačno kapitela.

Uređenju temelja pristupilo se odmah. Njihova građa i sljubnice često su bili loše zidani i zapunjeni pa se kao način sanacije primijenilo prezidavanje i injektiranje.

Završna sljubnica između kapitela i pete luka od opeke, koja je prethodno sanirana prezidavanjem, bila je veličine do 2 mm. U taj prostor injektiran je brzovežući mort visoke tlačne čvrstoće kako bi se eventualno slijeganje svelo na najmanju moguću mjeru.

6.6 Ugradnja novog kamenog stupa

Novi kameni stup postavljen je na svoje stupno mjesto, a zatim su polaganim otpuštanjem hidraulike lukovi od opeke prenijeli cjelokupno opterećenje na novi kameni stup. Tijekom izvođenja radova instrumentima su mjereni pomaci na 7-8 mjernih mjesta, i na taj način kontrolirana je stabilnost zidane konstrukcije neposredno iznad zone izvođenja radova.

Podizanje lukova, kontrole okolne konstrukcije i mjerenja pomaka te zamjena starog kamenog stupa s novim stupom, izvedeno je prema predviđenoj proceduri i trajalo je oko četiri dana.

Zamjenski čelični stup korišten je samo pri zamjeni stupa br.9, jer su svi ostali stupovi zamijenjeni novima, što se pokazalo nužnim nakon njihova detaljnog pregleda. Na stupu br.9 tijelo stupa sanirano je zamjenom oštećenoga donjeg dijela u visini od 17 cm, a kao zamjenski komad korišten je dio stupa br. 3. Restauratorski radovi na ovom stupu trajali su oko dva mjeseca.

Zamjena ostalih stupova izvedena je na isti način uz, na nekim stupovima, nešto manji opseg kontrolnih mjerenja. To se posebno odnosi na smanjenje motrenja slijeganja stupnih mjesta poduporne čelične konstrukcije kao i uređaja za motrenje pomaka iznad kapitela. Djelomično je zbog toga dolazilo do otežanog rada dijamantne rezne ploče odnosno do oštećenja prvoga reda opeka iznad kapitela.

6.7 Zamjena stupa br. 3 i ugaonih stupova br. 6 i 7

Ugaoni stup br. 3 (slika 13.) te ugaoni stupovi br. 6 i 7 (koji su ujedno i udvojeni stupovi) (slika 14.) zamijenjeni su pri kraju cjelokupne sanacije nosive konstrukcije u prizemlju dvorišnog trijema. Dok je sustav podupiranja ostalih stupova bio uglavnom ravninski, na ovim stupnim mjestima izrađen je prostorni sustav podupiranja.

Kod zamjene stupa br.3 mjerni instrumenti pokazali su minimalne pomake, koji su bili posljedica složenog prostornog prijenosa opterećenja jer se stup nalazi uz mjesto priključka arkada sjevernog i istočnog trijema, ali bez izravnog vertikalnog oslanjanja. Proces rezanja stupa (slika 11.) odvijao se uobičajeno do pred sam kraj



Slika 13. Kritično podupiranje stupca br. 3



Slika 14. Stupovi br. 6-7 uspješno su otklonjeni



Slika 15. Novi kameni stupovi br. 1, 2, 3, 4, 5 i 6-7



Slika 16. Novi kameni stupovi br. 8 i 10. Zadržan je stari stup 9 (u sredini)

poprečnog presjeka (oko 5 cm do kraja) kada se odlomio zadnji dio stupa i sav teret je preuzela čelična potporna konstrukcija. Do toga trenutka najbliži senzor je pokazivao pomak od 1,3 mm, da bi nakon toga počeli naglo rasti pomaci. Došlo je do proširenja postojeće pukotine na svodu prvoga kata u smjeru stupa br. 2. Nakon 5 min senzor je zabilježio najveći pomak (4,7 mm), a zaustavljeno je širenje pukotine na svodu. U prizemlju se na stropu, tik uz luk stupa br. 2 te na plitkom luku prema stupu br. 3, također pojavila manja pukotina. Sve je ubrzo bilo smireno, jer se uspostavila nova ravnoteža uz minimalno popuštanje nosive čelične grede potporne konstrukcije.

Prilikom zamjene stupova br. 6 i 7, zbog povoljnijega načina oslanjanja zidanih lukova i dodatnih podupora, nisu registrirani nikakvi pomaci.

Zamjena zadnjeg stupnog mjesta (udvojeni ugaoni stupovi br. 6 i 7) u prizemlju dvorišnog trijema dvorca Veliki Tabor završena je 28. listopada 2002.

Na slici 15. prikazani su novi kameni stupovi br. 1, 2, 3, 4, 5 i 6-7. Na slici 16. su novi stupovi br. 8 i 10, a mogao je biti zadržan stari stup 9.

7 Zaključak

Krhka konstrukcija dvorišnih galerija dvorca Veliki Tabor stara je nekoliko stotina godina i na mnogim je mjestima dotrajala i teško oštećena. Posljedica je to nepravilnosti u građenju galerija, nejednakosti raspona i

visina lukova, različitih visina ugrađenih zatega, potresa, vrlo slabe kvalitete materijala i izvedbe, utjecaja atmosferilija kao i različitih intervencija koje su se tijekom vremena događale. Posebno treba istaknuti i nepovoljnu situaciju s prijenosom opterećenja s priključnih lukova na stup br. 3.

Kao posljedica svega toga nastali pomaci i nagnuća, odnosno poremećaji u geometriji sastavnih dijelova nosivog sustava, smanjili su njegovu razinu sigurnosti. Ipak, dugovječnost postojećeg nosivog sustava svjedočio njegovoj ne maloj nosivoj mogućnosti, a zamjena teško oštećenih kamenih stupova prizemlja doprinos je poboljšanju nosivosti jednog od važnijih dijelova nosivog sustava.

Vrlo složeni rad na zamjeni kamenih stupova u prizemlju galerija dvorca Veliki Tabor, kao prve faze sanacije, uspješno je završen praktički bez pomaka i pukotina osim na mjestu ugaonog stupa br. 3 gdje su pomaci i pukotine, nastali zbog prostornog rasporeda i načina prijenosa opterećenja te adaptacije podgrade, ipak ostali u dopuštenim granicama.

Slični zahvati kod nas su vrlo rijetko rađeni, a čak ni u dostupnoj stranoj literaturi i saznanjima nema puno primjera takvih zahvata. Stoga je bilo potrebno osmisliti tehnologiju zamjene stupova u prizemlju kao i adaptabilnu potpurnu čeličnu konstrukciju, u čemu je osim projektanata, autora ovog članka, sudjelovao i izvođač radova na sustavu podupiranja i injektiranja.

IZVORI

- [1] Miletić, D.: *Dvorac Veliki Tabor*, izložbeni katalog, Zagreb 2003.
- [2] *V. Tabor – Izvještaj o konzervatorskim istraživanjima palasa s prijedlogom prezentacije i prijedlogom nove namjene*, Hrvatski restauratorski zavod Zagreb, 1996.
- [3] Miletić, D.; Crnković, B.: *Veliki Tabor; Trijemovi - Stupovi prizemlja; Zatečeno stanje i prijedlog obnove*, Hrvatski restauratorski zavod Zagreb, 2000.
- [4] Lokošek, E.: *Glavni i izvedbeni projekt obnove nosive konstrukcije dvorišnog trijema Velikog Tabora*, Lokošek projekt Zagreb, 2001.
- [5] Kleiner, I.; Lokošek, E.; Rukavina, T.: *Poduporna čelična konstrukcija stupnih mjesta u prizemlju dvorišta Velikog Tabora - Izvedbeni projekt*; Lokošek projekt Zagreb, 2002.