

# Zagrebačka katedrala u potresu 1880. i njezina današnja obnova

Dražen Aničić

## Ključne riječi

Zagrebačka katedrala,  
potres,  
obnova, konstrukcija,  
mikrorajonizacija,  
građivo,  
potresna otpornost

D. Aničić

Stručni rad

## Zagrebačka katedrala u potresu 1880. i njezina današnja obnova

Prikazani su temeljni podaci o seizmičnosti zagrebačkoga područja. Navedeni su izvorni podaci o oštećenjima zidanih zgrada u Zagrebu i na monumentalnoj zagrebačkoj katedrali. Upozoreno je na nepostojanje seizmičke mikrorajonizacije Zagreba. Ocijenjeni su obnoviteljski radovi s kraja 19. stoljeća i današnje konstrukcijsko stanje katedrale. Predloženo je da se provedu istražni radovi poradi utvrđivanja stanja građiva te da se provjeri potresna otpornost ove vrijedne građevine.

## Key words

Zagreb cathedral,  
earthquake,  
renovation,  
structure,  
microzoning,  
building material,  
seismic resistance

D. Aničić

Professional paper

## Zagreb cathedral in the 1880 earthquake and its present day renovation

Principal data on the seismic activity in Zagreb area are presented. Original data on damage inflicted on masonry buildings in Zagreb and, in particular, on monumental Zagreb cathedral, are given. It is emphasized that the seismic microzoning has still not been made for the city of Zagreb. The rehabilitation activities undertaken in the late 19<sup>th</sup> century and current structural condition of the cathedral are analyzed. Additional investigations are proposed to determine the condition of building materials and to verify resistance of this valuable edifice to earthquake action.

## Mots clés

cathédrale de Zagreb,  
séisme, rénovation,  
construction cartes  
sismiques à grande  
échelle,  
matériaux de construction,  
résistance sismique

D. Aničić

Ouvrage professionnel

## La cathédrale de Zagreb dans le séisme de 1880 et sa rénovation actuelle

L'article présente les données essentielles de la sismicité de la région de Zagreb. On cite les indications d'origine sur les dégradations des maçonneries à Zagreb et de la cathédrale monumentale de Zagreb. On souligne l'absence de cartes sismiques à grande échelle de Zagreb. On évalue les travaux de réfection de la fin du 19<sup>e</sup> siècle et l'état de construction actuel de la cathédrale. Les travaux de reconnaissance sont proposés en vue de la détermination de l'état des matériaux et de la vérification de la résistance sismique de cet édifice de grande valeur.

## Schlüsselworte:

Kathedrale von Zagreb,  
Erdbeben,  
Erneuerung,  
Konstruktion,  
Mikrorayonisierung,  
Baustoff, seismische  
Widerstandsfähigkeit

D. Aničić

Fachbericht

## Die Kathedrale von Zagreb im Erdbeben 1880. und deren heutige Erneuerung

Dargestellt sind Grundangaben über die Seismologie des Gebiets von Zagreb. Angeführt sind Quellenangaben über die Beschädigung von gemauerten Gebäuden und der monumentalen Kathedrale von Zagreb. Es wird darauf hingewiesen dass für Zagreb keine Mikrorayonisierung besteht. Die Erneuerungsarbeiten am Ende des 19. Jahrhunderts und der heutige konstruktive Zustand der Kathedrale werden beurteilt. Es wird vorgeschlagen Untersuchungsarbeiten durchzuführen um den Zustand der Baustoffe zu bestimmen und die seismische Widerstandsfähigkeit dieses wertvollen Gebäudes zu überprüfen.

Autor: Prof. dr. sc. **Dražen Aničić**, dipl. ing. građ., redoviti član Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, Institut gradevinarstva Hrvatske, Zagreb, Rakušina 1

## 1 Uvod

Navršava se 120 godina od velikog zagrebačkog potresa (9.11.1880). To je prilika da se prelistaju zapisi o štetama koje je prouzročio taj, do danas najjači, zagrebački potres, a posebno da se raspravi o današnjem stanju zagrebačke katedrale i o njezinoj potresnoj otpornosti.

Seizmička aktivnost širega zagrebačkog područja trajna je prirodna pojava koja se proučava već 120 godina pa je stručnjacima dobro poznata. Opažanja posljedica potresa su znatno starija, jer prvi zapis o potresu u Zagrebu potječe iz godine 1502. Instrumentalna registracija potresa započela je u Zagrebu 1908.

Potresna građevinarstvo kao posebna inženjerska disciplina ima u Hrvatskoj svoj početak u godini velikog zagrebačkog potresa. Već je Josip Torbar u djelu [1] iz 1882. davao upute o potresno sigurnoj gradnji. Andrija Mohorovičić učinio je to na svom predavanju održanom u *Hrvatskom društvu inženjera i arhitekata u Zagrebu* 1909. tiskanom dvije godine kasnije [2]. Opširnije o Mohorovičiću kao osnivaču hrvatskog potresnog inženjerstva pisano je u [3]. Suvremeni pristup u ovom području započinje u Hrvatskoj nakon katastrofalnog skopskog potresa (1963), od kada su na snazi suvremeni tehnički propisi za građenje u potresnim područjima.

Zagrebačka katedrala, najveća hrvatska sakralna građevina i jedan od najvrijednijih spomenika hrvatske kulturne baštine, stotinu godina nakon svoje velike obnove, nalazi se već desetak godina u novom obnoviteljskom procesu. Iako se u ovoj fazi obnavljaju ponajviše nekonstrukcijski građevni elementi, uskoro bi valjalo razmotriti i mogućnosti konstrukcijske obnove njezina nosivog sustava.

Svaka crkva, a posebno ona monumentalnih dimenzija, kakva je zagrebačka katedrala, nesvakidašnji je inženjerski problem i izazov. Stare su gotičke crkve specifične zidane građevine koje se u konstrukcijskom pogledu razlikuju od svih drugih. Njihove su lađe redovito nadsvodene svodovima i lukovima oslonjenim na vitke stupove. Vanjski su zidovi oslabljeni visokim uskim prozorima. Tornjevi sazidani uz crkvu nose u sklop nesimetriju masa i krutosti. Prostorna povezanost nosivih elemenata redovito je slaba. Iako je gradnja takvih građevina trajala decenijama, kvaliteta ugrađenog materijala obično je bila uvijek bolja od one u "običnih" zgrada. Ipak je s vremenom smanjena djelovanjem vlage, mraza ili agresivne atmosfere. Zagrebačka katedrala u tom pogledu nije izuzetak. Na njezinu današnju otpornost utječu sva ranija oštećenja, oslabljenja i pregradnje, kao i svi (s današnjeg stajališta) nestručni popravci kojima su oštećenja popravljana "kozmetičkim" postupcima.

Poznato je da je u potresu 1880. g. katedrala bila ozbiljno oštećena, a pojedini su se njezini dijelovi i srušili, o

čemu postoji dovoljno vjerodostojnih dokumenata. Popravci načinjeni nakon tog potresa mogli su samo djelomično poboljšati stanje nosive konstrukcije u odnosu na prethodno stanje. Stoga je nosivi sustav katedrale podložan oštećenjima u potresu jednako toliko koliko i prije stotinu i dvadeset godina, ali vjerojatno i nešto više, što je posljedica starenja materijala, korozije metalnih dijelova, novih agresivnih utjecaja u atmosferi kojih nekada nije bilo, kao i novo dograđenih vitkih i visokih tornjeva.

## 2 Seizmičnost zagrebačkoga područja

### 2.1 Potresi od 1502-1880

Povijest potresa zabilježenih u Zagrebu duga je pet stotina godina. U pisanim dokumentima postoje podaci o razornim potresima 1502, 1590, 1699, 1767. i 1837. godine [4]. Idući razorni potres pogodio je Zagreb 9.11.1880. u 7 sati 33 minute i 53 sekunde a imao je epicentar u Zagrebačkoj gori.

Prema Kišpatiću [5] ovaj je potres opširno obrađen u tri djela: u radu J. Torbara tiskanom kao Akademijino (JAZU) izdanje u Zagrebu [1], u radu Hantkena von Prudnika tiskanom u Budimpešti [6] i radu Wähnera tiskanom u Beču [7].

Na str. 80 svog djela navodi Kišpatić ... "iz cijelog ovog razmatranja vidimo da istočnim krajem Zagrebačke gore prolazi vrlo djelatna potresna pukotina. Pravac te pukotine ide po prilici od sjevera prema jugu. U geološkom pogledu ova je pukotina dosta značajno obilježena. Od Zlatara sjeverno imamo termalnu pukotinu iz koje istječu Sutinske Toplice. Južno od Bistrice diže se blizu ispod istočnog tjemena Zagrebačke gore otok eruptivnog kamenja (Hum), pa ako od Sutinskih Toplica povučemo crtu preko Huma prema jugu, presjeći ćemo istočni kraj Zagrebačke gore između Kašine i Moravča. Do te crte ide bilo Zagrebačke gore ravnim pravcem od JZ-SI te se sastoji od starih škriljevaca (poglavitno od kloritnih i amfibolnih škriljevaca) a od te crte na S-I se bilo nepravilno previja i gubi...". Kasnijim istraživanjima utvrđeno je da je ovakvo Kišpatićevo, ali i Wähnerovo tumačenje smjera pružanja rasjeda samo djelomično točno.

Detaljne opise šteta na građevinama u Zagrebu i okolici što ih je načinio potres daje Szabo [8]. U njegovoj su knjizi, na temelju podataka u tisku i drugih dokumenata, prikupljeni opsežni podaci koji daju cjelovit dojam o tom potresu. Dio teksta opisuje i štete na katedrali, pa se stoga ovdje navodi gotovo u cjelini. Szabo na str. 131 svoje knjige piše:

"Od svih događaja koji su u to vrijeme djelovali na daljnji razvoj Zagreba najvažniji je svakako potres .... Možemo mirno kazati da je taj potres Zagrebu bar toliko koristio koliko mu je škodio. Započeo je podzemnom tutnjavom,

uslijedila su dva okomita udarca, nastalo je ondulatorno gibanje koje se je završilo nakon 10 sekunda vibriranjem. Pravac je potresa išao od sjevero-sjeveroistoka prema jugo-jugozapadu. Rezultati dvogodišnjeg ispitivanja priopćeni su u "Izvješću o zagrebačkom potresu", što ga je napisao Josip Torbar, a izdala 1882. Jugoslavenska akademija. Nepotrebno je navesti sve velike štete koje su za onaj mali Zagreb bile, dakako, teške, tek spominjem da je veoma oštećena bila Markova crkva, koja se baš tada restaurirala, no začudo, na zvoniku se nisu opažali nikakvi znakovi potresa. Znatno je stradala i crkva sv. Katarine, pa zgrada vojnog zapovjedništva, nekadašnji jezuitski samostan, gdje se je odmah jedan dio morao do kraja porušiti, a tornjič prema Jezuitskom trgu odstraniti. Realka, konvikt, sveučilišna zgrada (gornjogradska gimnazija), znatno su oštećeni. Popov turen sav se raspuknuo, spomenici se na grobljima pomicali, neki dijelovi iskrivili, a na nekadašnjem portalu kojim se ulazilo do crkve sv. Ksavera okrenuo se kip Kristov na vršku za 45°, lijeva je figura zbačena, a desna je ostala na svom mjestu. Kadetska škola u Novoj vesi (danas vojni sud i zatvor) tako je bila oštećena da se škola morala premjestiti u Karlovac, gdje je i ostala. Na Kapitolu je oštećeno mnogo kurija. Teško je stradala franjevačka crkva, kojoj su kasnije srušili zvonik, a veoma je jako bilo skrhanu sjemenište.

Kako je izgledalo u katedrali: srušio se loše građeni drugotni svod nad sanktuarom, spao je komad bolte u lađi i probio grob, a kako se već prije započelo s restauracijom, izašli su iz osi gornji nadograđeni dijelovi tornjića za stubište do sanktuara, dok su donji ostali netaknuti. ... U "Obzoru" od 15.11.1880. opisao je Rački (koji je na pokrajnom oltaru za vrijeme potresa čitao misu) taj potres i svoje dojmove od onog časa kad je započeo strahotan zviždanj, pa lom svodova i mrak, povećan prašinom, tako da se vidjelo gibanje crkvenih zidova i stupova posve sablasno."

Pretisak cjelovitog opisa Franje Račkog nalazi se u [9].

"Na uglu Bakačeve i Vlaške ulice stajala je prastara ubožnica s kapelom sv. Florijana uz lijepu kuću Pogorelčevu, a obje su morali porušiti pioniri koji su došli iz Ptuja. Vrlo je teško oštećena Priesterova kuća na uglu nekadašnje ulice Marije Valerije (sada Praške) i Jelačićeva trga, tako da se i ona morala zamijeniti novogradnjom. Teško je stradala Keglevićeva kuća na uglu Frankopanske ulice...."

Izvršno su se održale najstarije kuće na Gornjem gradu, građene većim dijelom na starim gradskim zidovima; u stanu u Visokoj ulici, gdje je pisac ovih redova boravio, nije bilo ni najmanje pukotine u zidovima i svodovima. I novogradnje su srazmjerno vrlo dobro pretrpjele potres; naročito one zgrade na Zrinjskom trgu koje su tek pred kratko vrijeme bile dovršene: s Vranicanijeve palače i

sudbene zgrade popadale su atike i oštećeni su jače gornji katovi, jednako i pri novogradnji Prve hrvatske štationice u Dugoj ulici, dok je zgrada Jugoslavenske akademije, koja je baš dograđivana pretrpjela dosta štete.

Centar potresa bio je kraj između Kraljeva Vrha, Zeline i Kašine, gdje se potres najkatastrofalnije primijetio. Ubiten je odmah samo jedan čovjek: litograf Stanić, ubio ga je dimnjak kad se zarušio u Kačićevoj ulici. Nekoliko je ljudi u Zagrebu i okolici teško ranjeno, od njih je bankovnik Lavoslav Smetana doskora i umro.

Građevna je šteta procijenjena u sva tri dijela grada na 2.153.000 forinti, što je za ono doba veoma velika svota..... U to se doba snimilo mnoštvo fotografskih snimaka, od kojih su negativni do danas intaktno sačuvani, dok je vanjsko novinstvo donosilo sijaset krivih vijesti i još jadrnijih slika, narisanih većinom samo po krivim vijestima, tako da nemaju nikakove vrijednosti. ... Zagreb je tada imao 1500 kuća za stanovanje, a sa svim drugim zgradama, gdje se moglo stanovati bilo je svega 1736 objekata za prebivanje."

O štetama na katedrali piše Szabo nešto dalje:

"U katedrali se srušio sasvim nevaljali svod nad svetištem, loša kasnija gradnja, koja bi se ionako morala srušiti. Srušila se u desnom pobočnom brodu glavne lađe postrance kamena prečka, koja je probila čak i grobnicu nekadašnjeg koraliste Wiesnera. Rasklimao se toranj, naročito u gornjim partijama, a stubišta što ih je kod svetišta Bollé već dogradio pomakla su se u osi. Nema sumnje, velike štete, ali ni ove nisu nikako opravdale tzv. restauratorski postupak. Taj se uglavnom sastojao iz novogradnje svoda u svetištu, pojačanju dvaju pilova, odstranjenja obiju slijepih empora i hodnika koji je dvor spajao s crkvom, odstranjenja dviju polukružnih kapela, novogradnje sakristije, dopune fijala, pregradnje pročelja, izgradnje novog portala mjesto staroga Vinkovičeva, što ga je Schmidt ostavio....Sagrađeno je novo pjevalište, učinjen novi izlaz, otvoreni dijelom zazidani prozori, uništene su sve grobnice.... Stari mramorni pločnik izmijenjen je pločicama od klinkera. Sve je staro pokućstvo izbačeno, izbačeni su i svi stari oltari (osim dvaju malih, koji su premješteni na drugo mjesto). ...."

Ocjenu intenziteta zagrebačkog potresa dao je Cvijanović [10] prema detaljnim opisima J. Torbara u njegovu "Izvješću" [1]. Cvijanović komentira Torbarove opise: "...osim rušenja dimnjaka, mjestimično zabata i pregradnih zidova te spomenika i ukrasa na kućama, kao i mjestimičnih rušenja pojedinih dijelova kuća, većih rušenja i razaranja nije bilo. Usporedimo li ovo s definicijom stupnja MCS skale vidjet ćemo da **ni u kom slučaju ne možemo tim efektima pridijeliti veći stupanj od 8° MCS.**" U zaključku istog rada navedeno je da je potres 1880. g. zatresao grad Zagreb intenzitetom 8° i da intenzitet tog potresa u epicentru nije bio veći od 9° MCS skale.

## 2.2 Potresi od 1880. do danas

Nakon velikog potresa Zagreb je pogodilo još nekoliko jakih potresa. Svima je epicentar bio u Zagrebačkoj gori. Oštećenja su prouzročili potresi 1893, 1895, 1901 i 1906. Od 1502. do 1938. godine registrirano je 679 sigurno utvrđenih potresa koji su se osjetili u Zagrebu. Epicentar 84% tih potresa je u Zagrebačkoj gori [4]. U dvadesetom stoljeću na zagrebačkom području zabilježen je po jedan potres magnitude  $M=6,1$ ,  $6,0$  i  $5,7$  te dva potresa s  $M=5,6$ . Broj potresa magnitude  $5,5$  do  $5,0$  je šest, a magnitude  $4,9$  do  $4,5$  petnaest.

## 3 Seizmička mikrorajonizacija Zagreba

Rad na seizmičkoj mikrorajonizaciji Zagreba bio je potaknut skopskim potresom 1963. g. [11]. Gradska skupština odlučila je rad provesti u dvije etape: prvo se namjeravalo izraditi preliminarnu kartu seizmičke mikrorajonizacije na temelju raspoloživih seizmičkih, geoloških i hidrogeoloških podataka. U drugoj se fazi namjeravalo izraditi definitivnu mikrorajonizaciju uz potrebna istraživanja. Kao privremena mjera do izrade prve faze mikrorajonizacije za osnovni makroseizmički stupanj užeg gradskog područja usvojen je VIII. stupanj intenziteta po MCS ljestvici (rješenje gradskog Sekretarijata za komunalne poslove, građevinarstvo u saobraćaj od 26.1.1967).

Prva faza mikrorajonizacije načinjena je ograničenim sredstvima krajem šezdesetih godina u mjerilu 1:20.000, a rezultati su objavljeni 1970. g. [12]. Ovu preliminarnu mikrorajonizaciju nije, međutim, Gradska skupština nikada službeno usvojila. Druga faza izrade mikrorajonizacije stalno je odgađana, tako da se ništa nije učinilo do kraja osamdesetih godina. Gradnja se u proteklih 30 godina u Zagrebu odvijala na temelju "neslužbene" karte iz koje su neki podaci preuzeti u generalnom urbanističkom planu grada Zagreba 1971. Izuzeci su bile pojedine lokacije za koje su provedena detaljnija istraživanja mikrolokacije. U zaključku seizmoloških razmatranja u [12] navedeno je da je osnovni stupanj potresa za promatrano područje Zagreba VIII. stupanj intenziteta prema MCS ljestvici.

Druga seizmička mikrorajonizacija Zagreba izrađena je krajem osamdesetih godina za područje tadašnjih 14 zagrebačkih općina i obuhvatila je površinu od  $1.700 \text{ km}^2$  [13]. Studiju je načinila skupina od četiri ugledne zagrebačke znanstvenoistraživačke institucije. Ova studija nije, međutim, prigodom recenzije, dobila prolaznu ocjenu, pa je do danas Gradska skupština nije usvojila kao dokument kojim bi se poslužili projektanti pri proračunu potresnog djelovanja na građevine, a ni rad na poboljšanju studije nije nastavljen.

Iz navedenih se činjenica zaključuje da glavni grad Hrvatske, iako se nalazi u području razornih potresa na početku trećeg tisućljeća još uvijek nema valjanu seizmičku mikrorajonizaciju. Nepotrebno je isticati koliko nepostojanje takvog dokumenta doprinosi nepotrebnom rasipanju sredstava odnosno nesigurnosti pri projektiranju novih gradnja. Stoga bi studiju o seizmičkoj mikrorajonizaciji valjalo staviti u prioritete gradske planove.

## 4 Geotehnički podaci u blizini katedrale

Kako bi se ustanovili podaci o temeljnom tlu na lokaciji katedrale iz geotehničkog katastra Grada Zagreba [14] prikupljeni su izvještaji o sondažnim bušenjima izvedenim posljednjih 45 godina na nekoliko lokacija najbližih katedrali. To su lokacije na kojima su se u tom vremenu gradile ili pripremale za gradnju nove zgrade. Sve se bušotine nalaze u krugu polumjera 300 metara od katedrale, ali su sve smještene na razini nižoj od katedrale, tj. ne na uzvisini Kaptola na kojoj je katedrala. Kako temeljno tlo na "brežuljku" može biti samo bolje, a ne lošije od tla na mjestu istražnih bušotina (neke se bušotine nalaze čak na mjestu bivših potoka), s geotehničkog stajališta katedrala je na boljem tlu od onog opisanog na mjestu bušotina.

Temeljno tlo na lokacijama bušotina, ispod sloja antropogenog nasipa debljine 1-4 m, sve do dubine od 20 metara pod površinom, sačinjavaju horizontalno uslojene gline različita stupnja plastičnosti, označene prema međunarodnoj klasifikaciji oznakama CI (glina srednje plastičnosti), CL (glina niske plastičnosti) i CH (glina visoke plastičnosti), zatim šljunci oznake GFc (šljunkovito prašinasta mješavina vezana glinom), GP (šljunak slabo graduiran s mješavinom praha i pijeska) i GW (dobro graduiran šljunak). Za takva tla, za uobičajene dubine temeljenja i odabrane vrste temeljnih konstrukcija dopušteno osnovno vertikalno opterećenje tla iznosi između  $0,23$  i  $0,29 \text{ MPa}$ , uz proračunski koeficijent sigurnosti na slom  $F_s = 3,0$ . Radi se, prema tome o dobrom tlu za temeljenje u kojem su brzine rasprostiranja poprečnih seizmičkih valova primjereno velike.

## 5 Obnova katedrale 1880. - 1902.

O gradnji zagrebačke katedrale u razdoblju od 11. stoljeća do 1880. g. raspravljeno je u više knjiga povjesničara umjetnosti [15, 16, 17, 18], pa navođenje tih podataka prelazi okvire ovog rada. Već prije potresa započela je njezina obnova, a nakon oštećenja nastalih u velikom potresu obnovu je zamislio kölnsko-bečki arhitekt Fridrich Schmidt, a razradio i proveo Hermann Bollé u razdoblju 1880.-1902. O stanju nosivih konstrukcija katedrale raspravlja Bollé u svom programu obnove iz 1884. godine koji je dan u prilogu ovoga rada.

## PRILOG

Bollé, Hermann; *Program o obnovi prvostolne crkve zagrebačke, Zagreb, 1884., pretisak iz knjige [16]*

Užasnom katastrofom od 9. studenoga 1880. budu baš svi oni djelovi ove lijepe gradjevine, koji su bili krivo sagrađeni i u prijašnje doba obnovljeni, te oni, koji su s vremenom postradali, strahovitim načinom razoreni. Cio svod svetišta spade dolje; priečka u svodu, koja se je naslanjala na svetište, mal da se ne sruši; stupovi, koji nošahu završujuće lukove pobočnih kapela i trijumfalni luk mal da se nesrušise; ovi su se stupovi i ona oba sljedeća stupa medju svetištem i pobočnim kapelama unutar svinuli po prilici za 25 do 30 ctm. Oni stupovi, na koje se je naslanjao sprat za orgulje, biskupovo molišta i dva žrtvenika bila su do polovine u svojih donjih temeljih i stupovnih stublinah oslabljeni. Svi lukovi, počivajući na ovih stupovih, te opet zidovi, sagrađeni na ovih lukovih, bijahu sasma klimavi i poderani, a uz to oslabiše i oba molišta; isto su se tako svodovi pobočnih kapela, nakon što su postavljena lazila te nakon što su točnije pregledani, pokazali također slabimi. Srušen svod razmrvi sasma veliki oltar sa svetim braništem; sva kanonička sjedala i rake u svetištu budu probite. Isto su tako jako popucali svi svodovi u ladjah; a zagvozde su tih svodova i jedan dio kamenih rebara bile sgnječene. Ravni nastrepi lukovi pobočnih ladjah, napeti u XV. vjeku, dielom su se srušili, dielom postrance i prema dola jako nagnuli. Nekoji stupovi, poimecne oni, u kojih su bili uzidani žrtvenici, bijahu u pojedinih slojevih razklimani. Bilo se je bojati, da se kod ponove potresa oba glavna stupa kod ulaza u svetište, na kojih se je celi sustav popružnih lukova usredotočio i koji su bili nejednako opterećeni, sruše i za sobom potegnu veći dio ostalih stupova, lukova i svodova.

Bilo je dakle od potrebe, da se ova mjesta što skorije poprave. Pomoćju nekolicine smionih zidara i klesara, koji su ponajprije sa sprata srušili ostanke svoda u svetištu, viseće kao krpice, uspije mi 11. studenoga ova vrlo pogibeljna mjesta čvrsto poduprijeti. Kad je već bilo nabavljeno dosta drva za pravljenje lazila, počeli su tesari podupirati glavna težišta. Velikom oprežnošću, odvaznošću i vještinom radnika podje za rukom snesti sve pogibeljne i slabe dielove, koliko je to bilo moguće u prvij pometnji. Gornji klobuk tornja, svod kupole i oba gornja sprata, sve je to bilo potrgano i slabo. I ovdje je bilo potrebno, da se odvaznim podupiranjem dalnja nesreća spriječi; a poimecne valjalo je podupreti podove, na kojih počivahu zvoništa, jer su brvna, na kojih su zvana, dielomice iz svojih osiju izkočila, a dielom su bila sva trula. Najmanje je potresom postradala sakristija, a novo sagrađeni gotovi dielovi ostadoše čitavi.

Naravno je, da se je uslijed ove okolnosti i dogodjaja morao prvobitni gradjevni program bitno promieniti; a osobito su planovi za nutarnost crkve drugo lice dobili.

Zaključeno bude, da se prije svega svetište izvana prema osnovi dogotovi i ciela nutarnja stvrdna obnovi, pošto se nakon točnijeja iztraživanja na to nije ni moglo pomisliti, da se svinuti stupovi pridrže i obnovu, jer ne samo da su stupovi, nego kako je već prije spomenuto i dielovi, počivajući na ovih stupovih, bili sasma trošni. Nadalje bi se imao popraviti zvonik, u koliko bi to bilo moguće, tako da bi se moglo opet zvoniti.

Ciela se je gradjevna glavica morala uslijed ovih velikih predradnja te uslijed samoga izvedenja znatno povisiti; a to povišenje bude uračunano sa 100.000 for. po prilici.

Kad je zvonik u nutarnosti bio poduprt, i kad su lazila izvana bila do 15. prosinca 1880. dogotovljena, bude istoga dana krst i trulo (kupola) sa gornjega klobuka zvonikovu skinuta i oba najgornja sprata, u cijelosti 20 metara, srušena; a veliko zvono bude privremeno privremenim krovom. Doljni spratovi budu svezani i pričvršćeni jakim uzpravnim sapinjači od željeza. Na preostalom dielu zvonika bude privremeno sagrađeno zvoništa za veliko zvono, a na ovom opet kapa za malo zvono. Po tom budu privremene podpore zvoništa zamienjene čvrstom gradnjom, koja je drmanje nastajuće sa zvonjenja prenašala dva sprata niže, po prilici 12 metara, na dolnje stene zvonika tako, da je na 5. srpnja 1881. prvi put poslje potresa na dan sv. Cirila i Metoda veliko zvono moglo svoje drvene zvukove šiljati daleko izvan grada. A malo zatim na 7. kolovoza 1881. počelo je zvoniti i malo zvonice, željeno očekivani "cinkuš".

Za ovih se radnja nastavljalno i lazila postavljati unutar svetišta sa 30 tesara po prilici; sva ruševina bude odvežena a ostanci žrtvenika i ostalih predmeta budu uklonjeni. Nadjosmo monstrancu sa presvetim Tielom, zatvorenu u svetom hramištu, od potresa podpuno nepovriedjenu.

Radnje na vanjštim svetišta, protežuće se na obnovu odporanja i obijuh tornjeva za stube, budu početkom proljeća 1881. bez zaprieke nastavljene, jer su već u prošloj godini klesari većinom dogotovili potrebne ploče.

Tekom godine 1881. lazila su i podpore u nutarnosti svetišta tako daleko napredovale, da se je 8. kolovoza iste godine moglo započeti krov snimati. Za ovaj posao trebalo je 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> mjeseca vremena; na to budu porušeni svodovi i zidovi na popriečnim i popružnim lukovih, na dalje 7 metara izvanjskih zidova od apside u svetištu.

Slikani prozori, klesani lukovi i vršci prozora u svetištu zatvorenih zaošljenimi obluci, morali su se također skinuti, pošto su prije stakla sa užezanimi slikami oprezno skinuta i za kašniju porabu ostavljena. Početkom godine 1882. budu odstranjena također oba zidana molišta, i tako su loši stupovi ostali čisti.

Prije nego su se mogli odstraniti zidovi sa stupova i stupovi sami, bila mi je glavna zadaća, da uklonim sprieda spomenute velike vanjske odporne lukove, koji su jako potiskivali gornje zidove, jer je kroz to, što se je srušio svod, prestao svaki odpor prema njemu. Ovi otporni lukovi budu poduprti i u proljeće god. 1881. srušeni.

Na 31. svibnja 1882. zasnovana su 4 nova stupa svetišta, jer su međjutim bili stalci i stubline za te stupove u klesarskoj radionici dogotovljene. Ovi su stupovi osnovani u mnogo jačih razmjerih, jer su oni prvi, kako je već spomenuto, bili vrlo slabo gradjeni, negledeć na to, da je gradjenje samo bilo vrlo loše a gradivo preslabo da nosi tako velik teret.

Ona četiri prije spomenuta stupa, sagrađena za podporu lukova, nebudu opet sagrađena, tako da su se 4 velike uzdužne popruge s obe strane svetišta mogle opet lijepo vidjeti. Sapinjače nekoć odstranjene, od kojih nadjosmo ostanke kod skidanja stupova i koje su bile uklonjene valjda uslijed tehničkog neznanja, budu radi veće sigurnosti opet prikovane. Popružni i popriečni zidovi na stupovih i lukovih budu mjesto prijašnjih od kamena sagrađeni opekom u manjih razmjerih tako, da su podlučja sagrađena po primjeru nekadanjih.

Dne 7. lipnja bijahu dva prva stupa do pružnih glavica skoro namještena, a na 25. srpnja ostala dva tako daleko gotova, da su već u polovini mjeseca rujna 1882. bile dogotovljene popriečne i uzdužne popruge, zatim gradnja vanjskoga i unutarnjega obzida u svetištu. Istoga dana počela je gradnja novoga krova nad svetištem, a još prije zime bio je on privremeno pokriven.

Početkom g. 1883. postavljena su lazila za gradnju svodnih rebara a postupice su popravljeni i svodovi cijeloga svetišta, koji su se još u proljeću počeli popravljati, zatim svodovi sjeverne i južne pobočne kapele, i svodovi ladjah naslanjajućih se na trijumfalne lukove. Popriečne i uzdužne popruge, sastojeće od kamenitih lukova, debelih 60 ctm., svodna rebra, i ona mjesta, na koja se ta rebra upiru, također su od čvrstoga gradiva.

Svodovje samo gradjeno je šupljom opekom umjesto masivnom.

Zagvozde rebara kod svodova pobočnih kapela načinjene su poput sarrtih starih, nu ipak mnogo jače; a one u svetištu budu obnovljene u smislu rane gotike, tako se je mogla zagvozda apsidnoga svoda na 9. svibnja 1883. umetnuti kao zadnje djelo svodjenja.

Uza sve ove radnje bude također sakristija sa svojim novim tornjem za stube popravljena i u svojem prvobitnom licu iznutra i izvana obnovljena. Kašnija neskladna dogradnja sakristije bude srušena, a ova sama razširena dogradnjom kapele rano gotičkoga sloga.

Prvi sprat sakristije bude priuđen za oratorium i riznicu, a nekadanja dolnja riznica, koja je obuzimala jedan dio sakristije, bude opet k ovoj pridana. Sakristija može se već sljedećega proljeća rabiti.

Ovdje se ne smije mimoći, da su na pojedinih stienah i jednom dielu svoda u sakristiji pod vapnenim mazom nadjene vrlo krasne i zanimive, skroz byzantske slikarije na liepu, potičuće svakako iz prve dobe gradnje.

Ove godine bude također nutarnje nevaljano i pljesnivo kamenje izmijenjeno, stupovi i ostanci zidova pojačani, uzidavanjem žrtvenika oslabljeni stupovi u brodu popravljeni, jedan dio zazidanih prozora pobočnih ladjah odzidan i obnovljen, jako oštećena podnožja i pružne glavice na ostancih svoda u svetištu i pobočnih kapelah većim dielom drugimi novim izmijenjene. I pod bude ondje snižen, tako da su se zakopani i zasuti bogati stalci tih stupova mogli opet vidjeti. Na dalje budu i obje polukrugle pobočne kapele u pobočnih ladjah odstranjene, a nastale jame u zidu zazidane, napokon bude jedan daljni dio svoda u srednjoj i obih pobočnih ladjah obnovljen i to tim, što su spojke kod diagonalnih i popriečnih rebara i zagvozde umetnute, te izmijenjene pojedine jako poderane i viseće svodne kape.

Ciela vanjska gradnja svetišta, obijuh pobočnih kapela i sakristije je gotova, svodovi su u ovih dielovih posvema izgradjeni.

Iznutra je svetište također dogotovljeno t. j. glavne stvari osim ureša, žrtvenika i ostalih predmeta, isto je tako jedan dio crkvenoga broda gotov. Jedan dio tla je snižen.

Gradivo, kojim je crkva prvobitno gradjena, jest kamen tesnac. Čini se, da je taj kamen lomljen na domaćem zemljištu, a vjerojatno je, da je dovažen iz dolina Vrabčca, Podsuseda, Markuševca (sv. Simuna) i iz Vinice.

Početkom sadanje obnove dobavljalo se je gradivo iz Bregova kod Samobora i to 61.93 kub. met. Pošto je vrsta gradiva i cijena njegova od osobite važnosti za naše radnje, zaputih se u Vinicu da izvidim tamošnje stare kamenolome, te se osvjedočih, da je to gradivo za radnju veoma prikladno i razmierno cijenije, ali za nas nije osobite vrijednosti radi daljine puta. Iz Vinice bude dobavljeno 83.74 kub. metara kamenja, a iz Podsuseda 126.078 kub. mtr. Već od početka gradnje bila je glavna briga, da u blizini Zagreba nadjem dobro, prikladno gradivo a svoju pozornost svratih poglavito na stare kamenolome kod Vrabčca. U prvij godini neuspješe moja iztraživanja u onih stranah, akoprem sam našao mnogo starih kamenoloma; ali ti su već bili tako iztrošeni i ostrumašeni, da jih više nije bilo vrijedno obnoviti. Kad se je u proljeće god. 1882. potreba kamena radi potresa povećala, poduhvatih opet iztraživanja u Vrabčcu; a sada uspiehom. Nagovorih odbor za gradnju prvostolne crkve da tamošnje kamenolome obnovi, i tako je od one dobe pa do danas najveći dio gradiva dovezen iz Vrabčca. Mi smo tim dobili ne samo liepo i prikladno gradivo, nego su se i troškovi prema praušnjim za dvie trećine umanjili.

Iz crkvenih kamenoloma kod Vrabčca doveženo je do sada 1090.42 kub. met. Svega skupa dobavljeno je 1374.06 kub. met. kamena. Od toga je porabljeno do današnjega dana 1300.71 kub. met. neuračunav ovamo one djelove, koji su sagrađeni starim gradivom. Cielo svetište, tornjevi za stube, svi popružni lukovi, sva svodna rebra, zatim veći dio ostalih popravaka, sve je to sagrađeno kamenom iz Vrabčca. Fiale pobočne južne kapele sagrađene su kamenom iz Samobora, a fiale svetišta kamenom što iz Vinice što iz Podsuseda. Dolnji podložci i prve stubline četirjuh novih stupova u svetištu gradjene su kamenom iz Podsuseda, jer je to gradivo prikladno da nosi velike terete.

U svem je sagrađeno 950 metara svodnih i zidnih rebara, 250 metara popriečnih i uzdužnih popruga i 1365 č. mtr. svodnih kapa.



## 6 Ocjena konstrukcijskih zahvata nakon potresa

Iz podataka o radovima koje su na katedrali izvodili Schmidt i Bollé može se zaključiti da je potres 1880. g. srušio neke od slabijih konstrukcijskih dijelova (npr. svodove nad svetištem), a druge ozbiljno oštetio (zvonik, stupovi, lukovi i dr.). Također se mora pretpostaviti da su obnoviteljski radovi krajem prošlog stoljeća izvođeni uz stalni stručni nadzor Bolléa i od kvalificiranih obrtnika, jer se radilo o monumentalnoj i velikoj javnoj građevini. Zapažanja Bolléa u programu obnove (vidi prilog) upućenom odboru Društva za gradnju prvostolne crkve o nedostacima pojedinih konstrukcijskih dijelova i dotrajalosti građevnog materijala pokazuju njegovu visoku stručnost i poznavanje prakse građenja gotičkih katedrala.

Ipak, znanje o potresima prije sto godina, kao i znanje o ponašanju zidanih konstrukcija u potresu bilo je u odnosu na današnje skromno. Pozornost je u ono doba pretežno bila usmjerena na prijenos statičkih sila od krova do temelja. Stoga tadašnje konstrukcijske zahvate valja ocijeniti i prihvatiti kao kvalitetne zahvate u svjetlu tadašnjih znanja graditelja.

Kvaliteta ugrađenih materijala također odgovara tadašnjim mogućnostima. Bollé je u obnovi lucidno primijenio u višim dijelovima građevine zamjenu teškog materijala (kamen) lakšim (opekom), a svodove je izvodio šupljom opekom umjesto punom.

U to doba nije još u uporabi bilo cementa, pa se zidalo u vapnenom mortu. Njega novoizgrađenog zida na velikoj visini od tla na koju je valjalo ručnim vitlima dopreмати vodu, kako bi se usporilo isušivanje, vjerojatno je bila nedostatna. Čelik je kvalitetom bio slabiji od najslabijih danas upotrebljivanih vrsta (imao je granicu popuštanja oko 200 MPa). Sanacija oštećenih dijelova građevine mogla se sastojati od rušenja jače oštećenih dijelova i građenja iznova ili od "kozmetičkog" maskiranja oštećenja (mahom pukotina). U to vrijeme nisu još bili poznati postupci i uređaji za injektiranje pukotina, a do primjene materijala visokih čvrstoća došlo je još kasnije. Nepoznato je što je Bollé poduzeo na *učvršćenju* obaju donjih dijelova zvonika, dok za gornje dijelove navodi da ih je uklonio. Da je graditelj ipak slutio da u gornjem dijelu tih vitkih i srazmjerno lakih, šupljih, zvonika valja nešto poduzeti, svjedoče u svakom zvoniku postavljene pune željezne kugle obješene o čelično uže pričvršćeno za sam vrh zvonika. Masa svake kugle je oko 4 tone. Njihovim vješanjem za vrh zvonika povećana je vertikalna sila u gornjem dijelu zvonika, što je doprinos njegovoj stabilnosti kod djelovanja horizontalnih sila vjetrova ili potresa.

"Regotizacija" katedrale sastojala se i u oblaganju katedrale novim fino klesanim kamenom te dodavanjem iz-

vana niza ukrasnih elemenata. Time je nešto povećana ukupna masa građevina, što ima utjecaj na povećanje potresnih sila.

Nakon Bolléovih intervencija u dvadesetom stoljeću nisu izvođeni radovi koji bi zadirali u nosivi sustav katedrale.

## 7 Ocjena današnjeg konstrukcijskog stanja

Konstrukcijsko stanje zagrebačke katedrale promatrano sa stajališta današnjih saznanja o djelovanju potresa na zidane građevine ne može se ocijeniti kao dobro. Potpora takvom stajalištu su oštećenja sličnih talijanskih crkava zabilježena u jakim potresima koji su Italiju pogodili posljednjih dvadesetpet godina. Koja su slaba i rizična mjesta jedne gotičke crkve ?



Katedrala u skelama, današnje stanje

Konstrukcijski sustav katedrale sastoji se od niza elemenata namijenjenih prijenosu vertikalnog opterećenja i nešto elemenata za prijenos horizontalnog opterećenja (kontrafore, spone). Zbog veličine građevine kao i upotrebljenoga gradiva (ziđe) ne može se očekivati zajedničko tj. sinkrono osciliranje nosivih elemenata pri pojavi potresa. Stoga će svaki nosivi element djelovati za sebe, a međudjelovanje će postojati pri prijenosu tlačnih sila, dok će prijenos vlačnih sila biti ograničen malom vlačnom čvrstoćom zida.

Slaba mjesta su svodovi i lukovi koji se razupiru jedni o druge, a nemaju horizontalnih čeličnih spona. Već manjim razmicanjem ležajeva kod lučne ili svodene konstrukcije dolazi do pomicanja "tlačne linije", do otvaranja pukotina a zatim do rušenja. Postoji, naravno, mogućnost da lučna konstrukcija djeluje kao sustav u kojem se zglobovi kod potresnog opterećenja otvaraju i zatvaraju na nekoliko, ne uvijek istih, mjesta, no takav sustav prelazi okvire jednostavnog inženjerskog rasuđivanja i nije ga moguće kontrolirati ili predvidjeti. Ugrađivanjem čeličnih spona (zatega), one preuzimaju horizontalne sile koje se javljaju u tim elementima. One sa zidanim dijelovima čine tada zatvoreni sustav sila koji je na djelovanje potresa znatno otporniji.

Povezanost krovne konstrukcije s nosivim zidom osnovni je uvjet za smanjenje štete u potresu. Stare građevine imaju, međutim, krovnu konstrukciju slobodno oslonjenu na zide. Rušenja krovništa, veliki trajni pomaci radi njegova proklizavanja i oštećenja svodova zbog rušenja drvenih elemenata - pojave su koje se neprekidno bilježi kod starih građevina izloženih potresu. Fizičko povezivanje drvene građe krovništa i zida pridonijelo bi manjoj oštetljivosti građevine. Kontrola prostorne povezanosti postojećeg krovništa i zida ukazala bi na eventualnu potrebu njihova pojačanja. Ovo je moguće načiniti tek nakon što se izradi detaljna snimka krovne konstrukcije i provede stručni vizualni pregled cijele građevine. Ako bi se glavni korpus katedrale koliko-toliko povezao da djeluje kao cjelina, dijelovi tornjeva iznad prvoga balkona ostali bi kao konzole koje strše iz te cjeline. Prikladni

## LITERATURA

- [1] Torbar, J.: *Izveštće o zagrebačkom potresu 9. studenoga 1880*, Djela JAZU, knjiga 1, Zagreb, 1882.
- [2] Mohorovičić, A.: *Djelovanje potresa na zgrade*, Vijesti Hrvatskog društva inženjera i arhitekata, Zagreb, 32 (1911), 2-10
- [3] Aničić, D.: *Andrija Mohorovičić - osnivač hrvatskog potresnog inženjerstva*, Građevinar, 49 (1997) 6, 299.-307.
- [4] Mrokrović, J.: *Potresi u Zagrebu*, Rad Geofizičkog Zavoda u Zagrebu, serija II, br. 3, Zagreb, 1950., 25.-77.
- [5] Kišpatić, M.: *Potresi u Hrvatskoj*, Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, knjiga 107, 109 i 122, Zagreb, 1892.
- [6] Hantken von Prudnik, M.: *Das Erdbeben von Agram im Jahre 1880*, Jahrbuch der k.u.geol. Anstalt, VI Band, Budapest, 1882. ili 1880.
- [7] Wöhner, F.: *Das Erdbeben von Agram am 9. November 1880*, Sitzungb. d.k.Ak.Wiss. I. Abth. LXXXVIII Bd, Wien, 1883.
- [8] Szabo, Gj.: *Stari Zagreb*, Spektar - Znanje, Zagreb, 1971.
- [9] Deanović, A.; Čorak, Ž.; Gattin, N.: *Zagrebačka katedrala*, Globus - Kršćanska sadašnjost, Zagreb, 1988.
- [10] Cvijanović, D.: *Seizmičke karakteristike šireg područja Zagreba*, I. dio, Geofizički institut, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1965.

bi proračun pokazao koja su rizična mjesta građevine gdje valja očekivati prva oštećenja već kod manjih potresa.

Ispitivanjima zida *in-situ* razornim postupkom i/ili ekspertskom procjenom na površinskim sondama zidova ustanovila bi se ili procijenila mehanička svojstva zida građevine. Posebno su važni podaci o tlačnoj i o vlačnoj čvrstoći zida najvažnijih konstrukcijskih elemenata, jer se radi o više stoljeća starom zidu koje je do danas bilo izloženo višestrukim mehaničkim i fizikalnim djelovanjima. Takvi bi podaci poslužili kao temeljni podaci pri proračunu.

## 8 Zaključak

Zagreb se nalazi u području djelovanja potresa koji mogu prouzročiti velika oštećenja zidanih i starih monumentalnih građevina. Na prikazu oštećenja zgrada u potresu iz 1880. g. pokazano je što valja očekivati kod sličnih starih zgrada.

Kako do danas za Zagreb nije izrađena valjana studija o seizmičkoj mikrorajonizaciji ukazuje se na nužnost njezine što skorije izrade.

Radovi na konstrukcijskoj obnovi katedrale izvedeni u razdoblju 1880.-1902. raspravljani su u svjetlu današnjih saznanja. Pokušalo se upozoriti na moguća slaba mjesta građevine te uputiti na potrebne radove koji bi osim lijepoga izgleda obnovljenoj katedrali doveli do potrebne sigurnosti. Javna rasprava o potresnoj sigurnosti katedrale u krugu građevnih konstruktora mogla bi motivirati na daljnje aktivnosti i vlasnika - Crkvu i državne službe za zaštitu nepokretnih kulturnih dobara.

- [11] Špigelski, M.: *Problematika mikrosezmičkih istraživanja u Zagrebu*, Savjetovanje - Jedinствena geotehnička istraživanja urbanih cjelina u svrhu geotehničke i seizmičke mikrorajonizacije, Zadar, 1993, Društvo za mehaniku stijena i podzemne radove Hrvatske Zagreb, 83.-94.
- [12] Bubnov, S.; Cvijanović, D.; Jurak, V.; Magdalenić, A.; Skoko, D.; Vukovojac, D.: *Seismic Zoning of Zagreb*, Earthquake Engineering, Proceedings of the Third European Symposium on Earthquake Engineering, Sofia, Sep. 14-17, 1970, Bulgarian Academy of Sciences Press, Sofia, 1971., 95.-102.
- [13] *Seizmička mikrorajonizacija grada Zagreba* (14 općina), Geotehnika - Geološki zavod - Geofizički zavod - RGN fakultet, Zagreb, travanj 1988.
- [14] *Katastar geotehničkih istražnih radova*, arhiv Skupštine Grada Zagreba
- [15] Dobronić, L.: *Zagrebačka biskupska tvrđa*, Školska knjiga, Zagreb, 1988.
- [16] Dobronić, L.: *Zagrebački kaptol i Gornji grad nekad i danas*, III. dopunjeno izdanje, Školska knjiga, Zagreb, 1988., str. 93.-96.
- [17] Dobronić, L.: *Biskupski i kaptolski Zagreb*, Školska knjiga, Zagreb, 1991.
- [18] Ivandija, A.: *Prilozi za građevnu povijest zagrebačke katedrale*, Croatica Christiana periodica, Zagreb, 1981., god. V, broj 18