

# Obnova i održavanje crkve sv. Franje Asiškog

---

**Bender, Vlaho**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:246443>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu  
Građevinski fakultet  
Zavod za organizaciju, tehnologiju i menadžment

# **OBNOVA I ODRŽAVANJE CRKVE SV. FRANJE ASIŠKOG**

**Diplomski rad**

Vlaho Bender

Zagreb, 2023.



## TEMA DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime studenta: **Vlaho Bender**

JMBAG: **0082061467**

Diplomski rad iz predmeta: **Upravljanje održavanjem građevina**

Naslov teme diplomskog rada:	HR	<b>Obnova i održavanje crkve sv. Franje Asiškog</b>
	ENG	<b>Restoration and maintenance of the church of St. Francis of Assisi</b>

Opis teme diplomskog rada:

1. Uvod
2. Osnovne karakteristike crkvenih građevina
3. Obnova crkve sv. Franje Asiškog
4. Prijedlog plana održavanja crkve sv. Franje Asiškog
5. Zaključak
6. Literatura

Datum: **17.4.2023.**

Komentor:

(Ime i prezime komentora)

Mentor: **prof.dr.sc. Anita Cerić**

(Ime i prezime mentora)

## **ZAHVALA**

*Prije svega, želim se zahvaliti Bogu koji me vodio i davao snage tijekom godina studiranja.*

*Zahvaljujem se mentorici prof. dr. sc. Aniti Cerić i asistentici Ivoni Ivić mag. ing. aedif. na savjetima i pomoći prilikom izrade diplomskog rada.*

*Hvala svim profesorima i asistentima na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na prenesenom znanju i kolegijalnom odnosu.*

*Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima koji su mi bili podrška tijekom studentskog razdoblja.*

## **Sažetak**

Održavanje građevine predstavlja skup mjera i postupaka kojima se postiže očuvanje njezine vrijednosti, duže vrijeme uporabe te smanjenje mogućnosti oštećenja. Cilj diplomskog rada je analizirati tehnologije obnove korištene na crkvi sv. Franje Asiškog te izraditi prijedlog plana održavanja crkve kako bi se očuvala njezina izvornost i vrijednost, produžio vijek trajanja te postigla sigurnost uporabe. Rad je podijeljen u tri dijela. Prvi dio rada objašnjava povijesne modele crkvi i njihovu strukturu s karakterističnim graditeljskim elementima. Drugi dio rada obuhvaća opis značajnih oštećenja u potresu i korištenih tehnologija obnove crkve sv. Franje Asiškog. U trećem dijelu rada je predstavljen pojam održavanja građevina, analiziran zakonski okvir koji se odnosi na održavanje građevina te je predložen plan održavanja crkve sv. Franje Asiškog. Plan održavanja crkve sastoji se od definiranja standarda, identificiranja periodičnih pregleda elemenata crkve, primjera obrazaca u svrhu pregleda i održavanja te određivanja potrebnih radova prilikom održavanja elemenata crkve.

**Ključne riječi:** održavanje, crkva sv. Franje Asiškog, obnova, plan održavanja

## **Abstract**

Building maintenance consists of a set of measures and procedures that help to preserve building's value, enable a longer period of use and reduce the possibility of damage. The aim of the thesis is to analyze the renovation technologies used in the church of St. Francis of Assisi and create a proposal for a maintenance plan for the church in order to preserve its originality and value, extend its life-cycle and safety. The thesis consists of three parts. The first part explains the historical models of churches and their structure with characteristic architectural elements. The second part of the thesis includes a description of the significant damage caused by the earthquake and the technologies used to restore the church of the St. Francis of Assisi. In the third part, the concept of building maintenance is presented and building maintenance regulations are analyzed. Then, a maintenance plan for the church of St. Francis of Assisi is developed. The church maintenance plan includes the maintenance standard, identification of regular inspections of church elements, examples of forms for the purpose of inspection and maintenance, and the description of necessary maintenance works.

**Keywords:** maintenance, church of the St. Francis of Assisi, restoration, maintenance plan

## Popis slika

Slika 1. Tlocrt kuće-crkve u Dura Europosu: a) glavna dvorana b) dvorište c) krstionica (Badurina, 1987) .....	9
Slika 2. Starokršćanska bazilika s prikazom karakterističnih građevinskih elemenata (Vojvodić, 2016).....	11
Slika 3. a) Bazilika longitudinalnog tlocrta sv. Ivana u Efezu (6.st.) b) Bazilika centralnog tlocrta Krist 'Latomos' u Solunu (6.st.) (Badurina, 1987).....	12
Slika 4. Gotička katedrala s karakterističnim građevinskim elementima (Vojvodić, 2016) ...	15
Slika 5. Unutrašnji narteks bazilike svete Marije Magdalene u opatiji Vézelay (Vojvodić, 2016) .....	16
Slika 6. Portal katedrale Notre Dame u Parizu (Vojvodić, 2016).....	17
Slika 7. Glavni brod milanske katedrale (Vojvodić, 2016) .....	18
Slika 8. Prezbiterij s oltarom u crkvi Svete Mati slobode u Zagrebu (Župa Duha Svetog, 2022) .....	19
Slika 9. Kor s orguljama u zagrebačkoj katedrali (Škrinjar, 2020) .....	19
Slika 10. Apsida crkve sv. Krševana u Zadru (12. st.) (Kačan, 2019).....	21
Slika 11. Rozeta na pročelju katedrale Notre Dame u Parizu (Trusinová, 2013).....	22
Slika 12. Prikaz mikrolokacije crkve sv. Franje Asiškog u Zagrebu (Uređena zemlja, 2023)	28
Slika 13. Tlocrt crkve (Foretić i Trogrlić, 2021) .....	29
Slika 14. 3D model crkve sv. Franje Asiškog (Prekratić, 2021).....	29
Slika 15. Zapadno pročelje crkve sv. Franje Asiškog (Gagnon, 2019) .....	30
Slika 16. Pogled na svetište crkve (Foretić, 2021).....	31
Slika 17. Zvonik crkve sv. Franje Asiškog (Gagnon, 2019).....	32
Slika 18. Presjek zvonika i visinske kote (Foretić i Trogrlić, 2021).....	33
Slika 19. Pravilan tlocrt zvonika na višim etažama (Foretić i Trogrlić, 2021).....	34

Slika 20. Prikaz sloma svodova (lukova, uvala i grebena) metodom laserskog skeniranja (Foretić i Trogrlić, 2021) .....	36
Slika 21. Detalj sloma rebara na svodu crkve (Foretić, 2021).....	36
Slika 22. Oštećeni svod iznad pjevališta (Foretić, 2021).....	37
Slika 23. Slom kontrafora na unutarnjem sjevernom zidu (Foretić i Trogrlić, 2021) .....	37
Slika 24. Pukotine u kontraforima na vanjskom sjevernom zidu (Foretić i Trogrlić, 2021) ...	38
Slika 25. Oštećenja na zabatnom zidu i reljefu (Foretić, 2021).....	38
Slika 26. Veliko oštećenje na vrhu zabatnog zida (Foretić i Trogrlić, 2021) .....	39
Slika 27. Oštećenje greda drvenog krovišta (Foretić i Trogrlić, 2021) .....	39
Slika 28. Karakteristične pukotine nadvoja na istočnom zidu zvonika (Foretić i Trogrlić, 2021) .....	40
Slika 29. Detalj pukotine i oštećenja nadvoja na zapadnom zidu zvonika (Foretić, 2021) .....	40
Slika 30. Pogled na zvonik s jugo-zapada, označena ravnina u kojoj je došlo do uvrtnja zvonika (Foretić i Trogrlić, 2021).....	41
Slika 31. Pomak zvonika u ravnini uvrtnja (Foretić i Trogrlić, 2021).....	42
Slika 32. Crkva sv. Franje i zvonik tijekom obnove (Foretić, 2021).....	45
Slika 33. Dijelovi samobušivog sidra (Geotech, 2020) .....	46
Slika 34. Ugrađena geotehničkih sidara (Foretić, 2021).....	47
Slika 35. BIM model crkve s presjekom kroz kontrafor, temelj i geotehnička sidra (Prekrtić, 2021) .....	48
Slika 36. Karakteristični detalj temelja kontrafora (Foretić i Trogrlić, 2021) .....	50
Slika 37. Prikaz izvedbe armiranobetonske obloge kontrafora (Foretić, 2021) .....	51
Slika 38. Izvedba armiranobetonskih serklaža na zabatnom zidu crkve (Foretić, 2021) .....	52
Slika 39. Različite faze gradnje kontrafora (Foretić i Trogrlić, 2021).....	54
Slika 40. Zid kontrafora nakon injektiranja (Foretić, 2021) .....	55

Slika 41. Injektiranje na južnom zidu crkve (Foretić, 2021) .....	56
Slika 42. Ugradnja FRP traka na ekstradosu istočnog dijela crkve (Foretić, 2021) .....	59
Slika 43. Plan ugradnje FRP traka na intradosu svoda u istočnom dijelu crkve (Foretić i Trogrlić, 2021) .....	59
Slika 44. Ugradnja FRCM tkanina na intradosu svoda istočnog dijela crkve (Foretić, 2021)	63
Slika 45. Ugradnja FRCM tkanina na unutarnjim zidovima zvonika (Foretić, 2021).....	63
Slika 46. Ugradnja FRCM tkanina na vanjskom zidu zvonika (Foretić, 2021).....	64
Slika 47. FRCM tkanina na južnom zidu crkve (Foretić, 2021).....	64
Slika 48. Prikaz nosača od lijepljenog lameliranog drva u 3D modelu (Prekrtić, 2021).....	66
Slika 49. Detalj LLD nosača s pogledom iz unutrašnjosti crkve (Foretić, 2021).....	66
Slika 50. 3D model svoda crkve od lijepljenog lameliranog drva (Prekrtić, 2021).....	67
Slika 51. Izvedba predgotovljenih šupljih ploča (Foretić, 2021).....	68
Slika 52. 3D model crkve s prikazom predgotovljenih šupljih ploča (Prekrtić, 2021).....	69
Slika 53. Sidrene pločice i vijci ugrađenih zatega (Foretić, 2021) .....	70
Slika 54. Propadanje i obnova građevina kroz vrijeme (Rustempašić i Čaušević, 2014) .....	73
Slika 55. Podjela elemenata crkve sv. Franje Asiškog .....	83



## **Popis tablica**

Tablica 1. Tablica rokova redovitih pregleda i ispitivanja sustava za zaštitu od djelovanja munje (Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama, 2010).....	94
Tablica 2. Primjer obrasca za pregled i održavanje vitraja.....	96
Tablica 3. Primjer obrasca za pregled i održavanje portala.....	97
Tablica 4. Zapisnik o vizualnom pregledu sustava zaštite od munje.....	98
Tablica 5. Radovi održavanja i njihovi vremenski periodi za pojedine elemente crkve .....	104

## Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Osnovne karakteristike crkvenih građevina.....	3
2.1.	Crkva kao građevina i njezina svrha .....	3
2.1.1.	Definicija crkve.....	3
2.1.2.	Svetost crkve.....	5
2.1.3.	Simbolika crkve .....	6
2.2.	Povijesni razvoj crkava .....	8
2.2.1.	Model kuće-crkve .....	8
2.2.2.	Model crkve-bazilike .....	10
2.2.3.	Model crkve-katedrale .....	13
2.3.	Karakteristični graditeljski elementi crkava.....	15
2.3.1.	Narteks .....	16
2.3.2.	Pročelje .....	16
2.3.3.	Portal.....	17
2.3.4.	Lađa.....	17
2.3.5.	Svetište.....	18
2.3.6.	Kor .....	19
2.3.7.	Kupola.....	20
2.3.8.	Apsida .....	20
2.3.9.	Kripta .....	21
2.3.10.	Svod.....	21
2.3.11.	Rozeta.....	22
2.3.12.	Kontrafori .....	22
2.3.13.	Zvonik .....	23
2.3.14.	Zabat.....	23
2.3.15.	Oltar.....	24

3.	Obnova crkve sv. Franje Asiškog .....	25
3.1.	Povijesni prikaz i važnost crkve sv. Franje Asiškog .....	25
3.2.	Tehnički opis crkve i zvonika – stanje prije potresa .....	27
3.3.	Oštećenja nastala u potresima 2020. godine .....	34
3.3.1.	Oštećenja na crkvi.....	35
3.3.2.	Oštećenja na zvoniku .....	39
3.4.	Tehnologije obnove.....	42
3.4.1.	Općenito o obnovi crkve sv. Franje Asiškog .....	43
3.4.2.	Geotehnička sidra.....	45
3.4.3.	Armiranobetonska obloga.....	48
3.4.4.	Injektiranje .....	52
3.4.5.	Vlaknima armirani polimeri.....	56
3.4.6.	Tkaninom armirane cementne matrice.....	60
3.4.7.	Lijepljeno lamelirano drvo.....	65
3.4.8.	Predgotovljene šuplje ploče .....	67
4.	Prijedlog plana održavanja crkve sv. Franje Asiškog .....	71
4.1.	Održavanje građevina.....	71
4.2.	Zakonski okvir održavanja građevina u Republici Hrvatskoj.....	75
4.3.	Plan održavanja crkve sv. Franje Asiškog .....	79
4.3.1.	Definiranje standarda održavanja crkve sv. Franje Asiškog.....	80
4.3.2.	Periodični pregledi .....	81
4.3.2.1.	Temelji crkve .....	84
4.3.2.2.	Zidana nosiva konstrukcija .....	84
4.3.2.3.	Drvena nosiva konstrukcija .....	85
4.3.2.4.	Armiranobetonski elementi .....	86
4.3.2.5.	Kamena obloga podova .....	87
4.3.2.6.	Kameni dijelovi fasade crkve .....	87

4.3.2.7.	Vitracji.....	88
4.3.2.8.	Oluci za odvodnju.....	88
4.3.2.9.	Biber crijep .....	89
4.3.2.10.	Krovni prozori .....	90
4.3.2.11.	Čelični nosači u zvoniku .....	90
4.3.2.12.	Bakreni lim.....	90
4.3.2.13.	Grijanje crkve.....	91
4.3.2.14.	Električne instalacije .....	91
4.3.2.15.	Sustav ventilacije.....	92
4.3.2.16.	Gromobranska instalacija.....	92
4.3.3.	Primjeri obrazaca za pregled i održavanje crkve .....	94
4.3.4.	Definiranje radova na održavanju.....	99
4.3.4.1.	Temelji crkve.....	100
4.3.4.2.	Zidana nosiva konstrukcija .....	100
4.3.4.3.	Drvena nosiva konstrukcija .....	100
4.3.4.4.	Armiranobetonski elementi .....	101
4.3.4.5.	Kamena obloga podova .....	101
4.3.4.6.	Kameni dijelovi fasade crkve .....	101
4.3.4.7.	Vitracji.....	101
4.3.4.8.	Oluci za odvodnju.....	102
4.3.4.9.	Biber crijep .....	102
4.3.4.10.	Krovni prozori .....	102
4.3.4.11.	Čelični nosači u zvoniku .....	103
4.3.4.12.	Bakreni lim.....	103
4.3.4.13.	Grijanje crkve.....	103
4.3.4.14.	Električne instalacije .....	103
4.3.4.15.	Sustav ventilacije.....	103

4.3.4.16. Gromobranska instalacija.....	103
4.3.5. Planiranje radova .....	104
5. Zaključak.....	107
6. Literatura.....	109
7. Popis priloga .....	122

# 1. Uvod

Zidane crkve predstavljaju veliki dio europske kulturne baštine. Ova vrsta konstrukcija je projektirana da izdrži samo vlastitu težinu i vrlo je osjetljiva na seizmička djelovanja (Malena i dr., 2022). Povijesne crkve predstavljaju monumentalne građevine koje karakterizira određeni arhitektonski stil, oblik, prisutnost specifičnih graditeljskih elemenata i različitih materijala te bogato kulturno naslijeđe. One su namijenjene bogoslužju i molitvi, a u njima se svakodnevno sastaju vjernici. Pomno su se gradile, ukrašavale i čuvale pa su mnoge crkve prepoznate kao vrijedna povijesna i kulturna baština te njihove strukture treba čuvati i održavati kako bi im se produžio vijek trajanja.

Budući da kroz vrijeme dolazi do propadanja i trošenja elemenata, potrebno je planirati njihovu konstrukcijsku obnovu kako bi se osigurala mehanička otpornost i stabilnost te sigurnost za boravak. Obnova crkve predstavlja složen proces revitalizacije postojeće građevine s ciljem poboljšanja njenog konstruktivnog stanja, funkcionalnosti, sigurnosti i estetskog značaja. Takav proces zahtijeva multidisciplinarni pristup u kojem sudjeluju stručnjaci iz raznih područja koji su upoznati s općenitim crkvenim obilježjima te poviješću njezine gradnje i dograđivanja. Svaka crkva je jedinstvena i izgrađena od različitih materijala pa se prilikom obnove konstrukcije treba pažljivo odabrati prikladna tehnologija i metode. U slučaju da je konstrukcija oštećena u nekom razornom događaju potrebno je provesti najprije hitne sigurnosne mjere uklanjanja i podupiranja kritičnih dijelova kako bi se zatim moglo pristupiti cjelovitoj i projektiranoj obnovi koja će voditi brigu o mjerama zaštite i očuvanja izvornih obilježja crkve. Obnovom crkve se povećava njezina nosivost i sigurnost, utječe na izgled i funkcionalnost te očuvanje i zaštitu njezine kulturne vrijednosti.

Očuvanje kulturnih dobara, kao što je crkva, zahtijeva razvoj metoda, strategija i planiranja u svrhu zaštite i održavanja. Upravljanje održavanjem karakterizira postupak donošenja odluka, vođenje i planiranje održavanja. Održavanje se definira kao kombinacija svih tehničkih, administrativnih i upravljačkih aktivnosti tijekom životnog ciklusa građevine namijenjenih zadržavanju ili vraćanju u stanje u kojem može obavljati traženu funkciju (Marquez, 2007).

Održavanje postaje sve važnije u današnje vrijeme kada se nastoje smanjiti troškovi investitora za vrijeme životnog vijeka građevine te omogućiti veća sigurnost objekta. Faza korištenja građevine traje najduže, pa je iz tog razloga važno osigurati redovito i ispravno održavanje građevine (Obradović i Marenjak, 2017). Za uspješno održavanje objekta potrebno je dobro

poznavati povijest građenja i kasnije intervencije te stanje njegovih komponenata, posebice nedostataka i mogućih oštećenja (Dukić, 2015). Pravilno i redovito održavanje građevine rezultira produljenjem vijeka trajanja i smanjenjem ukupnih troškova.

Cilj diplomskog rada je analizirati i pojasniti tehnologije obnove korištene na crkvi sv. Franje Asiškog te dati konkretne smjernice i upute za plan održavanja crkve u budućnosti kako bi se očuvala njezina izvornost i vrijednost, produljio vijek trajanja te postigla sigurnost uporabe.

Rad se sastoji od tri dijela. Prvi dio rada objašnjava povijesne modele crkvi i njihovu strukturu s karakterističnim graditeljskim elementima. Drugi dio rada obuhvaća obnovu crkve sv. Franje Asiškog u Zagrebu koja predstavlja zaštićeno kulturno dobro te posjeduje dugu i bogatu povijesnu i umjetničku vrijednost. Prikazana je burna povijest crkve s mnogim razaranjima i obnovama te njezin tehnički opis. Zatim su navedena i analizirana oštećenja koja su se dogodila tijekom potresa, a sve je popraćeno fotografijama. Nakon toga predstavljene su tehnologije obnove kojima se provela cjelovita obnova i ojačanje crkve te se povećala njezina mehanička otpornost i stabilnost. Svaka tehnologija je opisana i analizirana te su navedene njezine prednosti i nedostaci. U trećem dijelu rada je predstavljen pojam održavanja građevina, analiziran zakonski okvir koji se odnosi na održavanje građevina te je predložen plan održavanja crkve sv. Franje Asiškog. Plan održavanja crkve se sastoji od definiranja standarda, identificiranja periodičnih pregleda elemenata crkve, primjera obrazaca u svrhu pregleda i održavanja te određivanja potrebnih radova prilikom održavanja elemenata crkve.

## 2. Osnovne karakteristike crkvenih građevina

Prvi dio rada započinje definiranjem pojma i svrhe crkve u njezinom građevinskom smislu. Prikazana je i hijerarhijska podjela crkava. Zatim se ističe specifičnost crkvenog prostora kao svetog u odnosu na sve ostale građevine jer je prije svega ustanovljena od Isusa Krista i u njoj se slavi euharistija te ostali sakramenti, biskup je posvećuje nakon izgradnje te se u njoj okuplja zajednica vjernika u slavljenju Boga. Dakle, sama svrha tog prostora je sveta, povezivanje i približavanje vjernika Bogu. Nadalje je objašnjena i simbolika crkve kao vidljivog znaka zajedništva Boga i ljudi. Povijesni razvoj crkava daje pregled građevinskih modela crkava počevši od crkve-kuće, zatim crkve-bazilike pa do crkve-katedrale. Nakon toga su navedeni i opisani karakteristični graditeljski elementi crkava kako bi se shvatila njezina struktura i posebnost prilikom izgradnje i obnove. Cilj ovog poglavlja je predstaviti osnovne karakteristike crkvenih građevina po kojima se razlikuje od ostalih te joj stoga treba u izgradnji, obnovi i održavanju pristupati na poseban i multidisciplinarnan način.

### 2.1. Crkva kao građevina i njezina svrha

U ovom potpoglavlju predstavlja se crkva kao građevina namijenjena posebnoj svrsi, a to je bogoslužje i molitva. Fokus ovog poglavlja, kao i cijelog rada, je na katoličkim crkvama, njihovom značenju, svetosti i simbolici prostora.

#### 2.1.1. Definicija crkve

Čovjek svojim građenjem želi nešto poručiti, želi zadovoljiti egzistencijalnu potrebu i izraziti svoje stvaralačko umijeće. Izgradnjom crkve želi izreći duboku potrebu za mirom, sigurnošću, zajedništvom i nadnaravnim, duhovnim svijetom. Građeci sakralni objekt čovjek želi prenijeti neku poruku, želi pokazati posebno značenje tog objekta vidljivim znakovima.

Kroz čitavu povijest ljudskog roda susrećemo se s činjenicom da su za susret, za vezu između Boga i ljudi uvijek bila određena posebna vremena, posebni prostori, posebni ljudi, posebni predmeti, posebne geste, posebne riječi odnosno nesvakidašnji i izuzetni prostori. Za sve ovo nabrojeno upotrebljavamo zajednički naziv sakralni, od lat. *sacrare* što znači posvetiti, prikazati nekom, pokloniti, učiniti besmrtnim, poštivati kao sveto (Badurina, 1987).

Riječ 'crkva' potječe iz latinskog jezika (*ecclesia*), a izvorna grčka riječ '*ekklesia*' znači sazvati, zbor, okupljena zajednica. Tako se naziva zajednica Isusovih vjernika već od početka u Djelima apostolskim. Crkva dakle ima dva značenja. Crkva označava one koji su povjerovali



svjedočanstvu apostola i prihvatili Isusa Krista tj. predstavlja organiziranu zajednicu kršćanskih vjernika osnovanu od Isusa Krista, dok crkva, pisana malim slovima, označava građevinu namijenjenu kršćanskom bogoslužju i molitvi te ona predstavlja predmet proučavanja ovog rada.

Dakle crkva kao građevina je izvorno dobila ime po zajednici vjernika koja se sastaje na definiranom mjestu, najčešće u građevini koja ima bogoslužnu svrhu. Upravo zbog toga ta građevina dobiva isto ime. Stoga crkva predstavlja građevinu gdje se vjernici okupljaju na Božji poziv (Badurina, 1987).

Dakle, crkva kao specifična građevina označava mjesto gdje je Bog na poseban način prisutan, odnosno za vjernike posebno svet prostor u kojem slušaju Riječ Božju, primaju svete sakramente, te je mjesto duhovnog slavljenja i zahvaljivanja. Namjera je da crkve svojom ljepotom i veličanstvenim graditeljskim elementima čovjekov duh usmjere na duhovnu stvarnost i odnos s Bogom.

Tijekom kršćanske povijesti, crkva kao građevina se postupno razvijala i dobivala namjensku definiciju. Crkvu kao građevina se može definirati na sljedeće načine (Škunca, 1987):

- crkva je posvećena zgrada u kojoj se kršćani okupljaju s višestrukim ciljem od kojih je svaki usmjeren slavljenju Boga;
- crkva kao građevina je mjesto gdje okupljena zajednica slavi euharistiju, središnji sakrament, a zatim i druge sakramente, od sakramenta krštenja koji vjernika uvodi u Crkvu do ostalih sakramenata po kojima vjernik ili okupljena zajednica žive svoj odnos s Bogom;
- crkva je mjesto gdje se naviješta i sluša Božja riječ;
- crkva je mjesto gdje se čuvaju svete čestice sakramenta euharistije i gdje se vjernici klanjaju Isusu prisutnom pod prilikama kruha;
- crkva je prostor gdje vjernici zajedno obavljaju izvanliturgijske pobožnosti;
- crkva je mjesto gdje vjernici dolaze pojedinačno na molitvu i promišljanje.

Ukratko, crkva predstavlja građevinu u kojoj kršćani zajednički slave svete sakramente, od kojih je euharistija najznačajniji, slušaju Božju riječ, obavljaju zajedničke i pojedinačne pobožnosti i molitve.

Zakonik kanonskog prava (1996) nazivom crkva označuje posvećenu zgradu određenu za bogoštovlje u koju vjernici imaju pravo pristupa osobito da bi javno obavljali bogoštovlje.

Dakle bitni elementi crkve su: da je to zgrada odnosno čvrsta građevina, određena za bogoštovlje i posvećena, s funkcijom da služi svim vjernicima. Liturgijska tradicija je da svaka crkva ima svoj naslov, ime po kojem se razlikuje od drugih crkava (Škalabrin, 2003).

Crkve su nastale iz potrebe da se kršćani sastaju i da zajedno slave Boga u molitvi, da slušaju njegovu riječ te da slave sveta otajstva vjere. Stoga vjernici trebaju njegovati svijest da je crkva uistinu kuća Božja, i mjesto slavljenja Boga; mjesto osobne i zajedničke molitve, mjesto koje, poput majke prima svoju djecu od krštenja, krizme, ispovijedi i pričesti pa do svečanog slavlja sakramenta svete ženidbe i same ovozemaljske smrti. Naše crkve zavrjeđuju pozornost i poštovanje tako što će se zajednica vjernika brinuti da se svaka crkva održava sigurnom u građevinskom smislu, te urednom i privlačnom za sve vjernike (Prenda, 2008).

Crkve se prema internoj hijerarhiji dijele na: katedrale, bazilike, crkve svetišta, župne crkve, rektorske crkve, kapele i privatne kapelice (Škalabrin, 2003). U cijelom radu ćemo radi jednostavnosti i jasnoće koristiti zajednički naziv crkva. Lijepe i skladne kapelice, crkve i katedrale znak su vjere naših predaka, ali svjedoče njihovo graditeljsko umijeće te smisao za sklad i ljepotu. Prema sakralnim građevinama je oduvijek bio drugačiji pristup u odnosu na druge građevine zbog ljudskih vjerovanja i svijesti crkve kao svetog i uzvišenog prostora koji se mora razlikovati od svih ostalih građevina.

### **2.1.2. Svetost crkve**

Crkva kao zajednica vjernika je sveta budući da joj je tvorac Presveti Bog. Krist je dao sama sebe za nju da je posveti i učini posvetiteljicom, a Duh Sveti je ljubavlju oživljuje. Budući da je u njoj pohranjena punina sredstava spasenja, svetost je poziv svakoga njezina člana i svrha svekolike njezine aktivnosti (Katekizam katoličke crkve, 2016). Crkva vjeruje da je Isus pravi Bog i pravi čovjek te iz njegovog identiteta i riječi proizlazi i svetost Crkve kao zajednice vjernika sabrane u Božje ime kao i svetost crkve građevine posvećene kršćanskom bogoslužju gdje je na poseban način Isus živ i djeluje preko sakramenata. Naime, Krist je utjelovljeni Bog, Druga Božanska Osoba koja je odvijeka, iste biti s Ocem i Duhom Svetim, ali je u jednom povijesnom trenutku sišao na zemlju i postao jedan od nas (Majdandžić-Gladić, 2020). Crkva je monumentalna građevina koja za kršćane označava mjesto najvećeg vjerničkog dostojanstva, sveto mjesto i dom u kojem je Bog živ i prisutan po sakramentima. Hijerarhijski uređena zajednica vjernika se u njoj okuplja oko Isusa Krista koji je ustanovio euharistiju i Crkvu kao zajednicu vjernika.

Konačno, svetost tog mjesta za kršćane dolazi iz susreta koji se događa u Kristu i po Kristu kao izvoru i prvom djelatniku svih liturgijskih čina jer i svećenik u crkvi moli in persona Christi tj. u Kristovoj osobi. Svetost crkve kao mjesta bogoslužja temelji se na susretu zajednice vjernika s Bogom, a bogoslužje je skup znakova pomoću kojih izražavamo naš susret s Bogom. Dakle riječ je o relativno svetom mjestu jer ga promatramo kao sredstvo u komunikaciji s Bogom (Škunca, 1987).

Prema Zakoniku kanonskog prava (1996) dva su konstitutivna elementa svetog mjesta: trajno određenje mjesta za neku izravnu vjersku svrhu tj. bogoštovlje ili pokop te posveta svetog mjesta prema bogoslužnim knjigama. Opći izraz sveta mjesta ili sakralni prostori obuhvaća mjesta određena za bogoslužje kao što su crkve i kapele te mjesta pobožnosti prema pokojnicima tj. groblja. Također nepomični oltar treba biti posvećen posebnim obredom.

Svijest o posebnosti i svetosti crkvenih građevina trebala bi utjecati na način oblikovanja sakralnih prostora i njihovu obnovu. Za vjernike je crkva najznačajnija i najvažnija zajednička zgrada. Upravo zato crkva je kao građevina oduvijek bila predmet posebne pažnje i graditelja (građevinara, zidara) i umjetnika (kipara, slikara) i voditelja kršćanskih zajednica i samih vjernika. Stoga se kod svih onih koji su je gradili, obnavljali i održavali rađala duboka želja da ta građevina bude najljepša i da se ističe od ostalih. Povijest graditeljskog umijeća obilno svjedoči o crkvama kao najljepšim i najimpresivnijim građevinama stvorenim ljudskom rukom. Kod gradnje crkve, kako nekad tako i danas, bitno je uzeti u obzir liturgijsko-teološko-pastoralne smjernice kako bi crkva ispunila svoju funkciju i poslanje.

### **2.1.3. Simbolika crkve**

Crkva kao građevina je povlašteno mjesto, znak povezivanja sa Svetim, s Bogom objavljenim po Isusu Kristu. Zato je zajednica vjernika od drevnih vremena osjećala težnju da crkvu-građevinu smjesti na određeni lokalitet, gradi s posebnim graditeljskim obilježjima koji će simbolizirati njezinu svetost i važnost (Badurina, 1987). Zadaća simbola nije pozornost zaustaviti na sebi samome, nego voditi prema drugome, usmjeravati na nešto veće.

Crkva kao građevina predstavlja znak Božje prisutnosti među ljudima i posvećeni prostor u kojem se kršćanska zajednica, živa Crkva, sastaje od svojih početaka. Prvotno su to bili prostori kuće-crkve, no nakon Milanskog edikta 313. g. kršćanstvo postaje ravnopravno s drugim religijama u Rimskom carstvu te prestaju njihovi progoni. U to vrijeme započinje gradnja

velikih crkava, bazilika te kasnije i katedrala koje služe za bogoslužne obrede i različite pobožnosti.

Ljudi se služe prostorom i predmetima u svojoj komunikaciji s Bogom tj. idu u susret Bogu „per visibilia ad invisibilia“ (od vidljivog ka nevidljivom) odnosno vidljivi elementi služe da bi nas približili Bogu i stvorili ozračje mira, povjerenja, uzvišenosti i strahopoštovanja. Svrha je da sakralne građevine pobuđuju divljenje, strahopoštovanje i uzdižu dušu prema duhovnim vrijednostima.

Misno slavlje koje se odvija u crkvi-građevini daje sliku sabrane zajednice i jedinstva Isusovih vjernika. Narav i ljepota prostora i namještaja treba promicati pobožnost i očitovati svetost slavljenih obreda. Uz to Opća uredba Rimskog misala naglašava da sveta zdanja i bogoštovni predmeti budu uistinu dostojni i lijepi, kao znakovi i simboli viših stvarnosti (Rimski misal: Opća uredba, 2004). Kao što su sakramenti vidljivi izraz nevidljive duhovne stvarnosti, tako je i crkva kroz svoje graditeljske elemente kao što su oltar, svetohranište, kripta, kupola, baldahin, vitraji i rozeta prikaz i simbol Božje veličine i prisutnosti. Čak i vanjski izgled crkve sa svojim pročeljem, portalom i zvonicima te ostalim ukrasima nas podsjeća da se u njoj događa nešto posebno i nadnaravno (Stroik, 2009). Dakle crkva je mjesto susreta Boga i čovjeka, znak Božje prisutnosti ovdje na zemlji. Živa Crkva, okupljena zajednica vjernika i crkva građevina znak su Božji među ljudima (Prenda, 2008).

Crkva kao građevina mora biti prepoznatljiv i jasan znak koji svojim oblikom govori, poziva, upozorava, usmjerava na Boga. Ona predstavlja znak vjernika i njihove vjere u trojedinog Boga. Kod gradnje crkve ne treba težiti da crkva bude najveća građevina u nekoj sredini, nego da ima vlastita specifična obilježja i da bude prepoznatljiva. Stoga će se pri gradnji i obnovi crkve voditi briga da se istakne osobitost crkvenog graditeljstva te da ona odgovara teološkom značenju i liturgijsko-pastoralnim potrebama. Unatoč svemu, čini se da je najveći uzrok neuspjelih gradnji i obnova crkava u nerazumijevanju istinskog značenja crkve i u neosjetljivosti za njezine simbole (Škunca, 1987).

Kršćanska zajednica je tijekom svoje povijesti poštivala i promicala dostojanstveno obilježavanje crkava kršćanskim znakovima i simbolima, a sve u svrhu očuvanja njezina identiteta crkve-građevine kao vidljivog znaka zajedništva Boga i ljudi. Crkva svojom ljepotom i skladom, veličinom i oblicima ima zadaću potaknuti ljude na susret sa živim Bogom. Iz svega navedenog zaključujemo da obnovu i održavanje crkve treba pažljivo planirati i izvoditi nastojeći očuvati njezina karakteristična obilježja i izvornost.

## 2.2. Povijesni razvoj crkava

Kršćani su vjeru u Boga i zajedništvo s braćom oduvijek iskazivali na posebno značajnim mjestima i građevinama. Tijekom povijesti tražili su i nalazili načine da ostvare, oblikuju i obilježe crkvu-građevinu. U tom procesu su bili vođeni teološkim smjernicama primijenjenim na konkretan život, pa se crkve rađaju promišljanjem o euharistiji i prikladnom prostoru za zajedničku molitvu. Apostoli i prvi kršćani su slavljenje euharistije obavljali u kućama samih vjernika ili katakombama. Kad su prestala progonstva započinje gradnja prikladnih zgrada koje su se nazivale kućne crkve (*lat. domus ecclesiae*), a potom se razvijaju prvotne crkve po uzoru na rimske bazilike, dok se u srednjem vijeku grade velebne katedrale.

U moderno doba sakralno graditeljstvo dobiva nove izričaje i oblike nastojeći očuvati ono bitno, svetost, dostojanstvo i simboliku crkve, Božje kuće. Stoga, kršćani kroz cijelu povijest žive svoju vjeru u crkvenim prostorima i u uskoj vezi s njima. To različito poimanje crkvenog prostora za okupljanje zajednice u Božje ime možemo podijeliti u nekoliko osnovnih faza ili modela crkve. U nastavku su predstavljeni osnovni modeli crkve kao građevine prema kronološkom redu njihova pojavljivanja naglašavajući bitne elemente graditeljstva i njihovo značenje u skladu s teološkim poimanjem sakralnog prostora tog razdoblja.

### 2.2.1. Model kuće-crkve

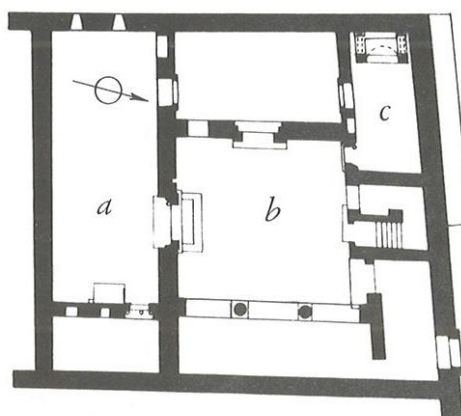
Apostoli se nakon Isusova uskrsnuća okupljaju u dvorani Posljednje večere, a kada je broj učenika porastao skupljaju se u kućama ili u jeruzalemskom hramu. Kada se zajednice počinju širiti i izvan Jeruzalema, na nedjeljne sastanke se okupljaju u privatnim kućama, u pravilu u prostorijama na katu po uzoru na Isusovu posljednju večeru s učenicima ili u židovskim sinagogama ako je cijela zajednica prihvatila evanđelje (Badurina, 1987).

Kršćani u prvim stoljećima, u razdoblju progonstva, svoje bogoslužje nisu obavljali samo u privatnim kućama i katakombama kako se obično misli. Najprije se sastaju u kućama obraćenih imućnih kršćana, a kada se to pokazalo nepriličnim zbog prestiža, u kućama-crkvama koje su pripadale kršćanskoj zajednici. Kršćanske zajednice su već u tom razdoblju kupovale zemljišta i gradile crkve, odnosno kuće u kojima je središnji dio bio uređen za bogoslužje. Dakle, težnja prvih kršćana je bila pronaći stalno mjesto okupljanja i bogoslužja koje je prikladno uređeno. Takve obiteljske kuće izgrađene i određene za bogoslužje predstavljaju prve crkve. One se izvana nisu razlikovale od ostalih zgrada, ali su u svom središnjem dijelu bile namijenjene za liturgijske obrede. Dakle u prvim vremenima se kršćani sastaju u običnim i jednostavnim

prostorima, gdje su se osjećali „kao kod kuće“, u obiteljskom ozračju i u zajedništvu susreta s Bogom. Takvi prostori nisu bili posebno oblikovani i ukrašavani, a od namještaja su imali vjerojatno stol i sjedala (Škunca, 1985).

U tome prostoru kršćanska zajednica sudjeluje u zajedničkom bogoslužju i očituje zajedništvo u euharistiji. Kada je kršćanska zajednica započela odvajati poseban prostor za bogoslužje, takve je zgrade nazivala *domus ecclesiae* odnosno kuća Crkve kao sabrane zajednice Božjega naroda. Kasnije je taj termin prešao u kraći *ecclesia* odnosno crkva kao građevina u kojoj je sabrana zajednica (Milić, 2020).

Takvih je kuća-crkava u 3. st. mnogo sagrađeno. Dvadeset pet takvih kuća-crkava sagrađeno je na rimskim brežuljcima, a zvane su tituli. Naravno da je kuća-crkava bilo i izvan Rima, posvuda gdje su kršćani imali žive zajednice. Najpoznatiji i najbolje sačuvani primjer kuće-crkve je Dura Europos u Mezopotamiji (slika 1.). Riječ je o kući grčkog stila, sagrađenoj oko 200. g. i preuređenoj u kuću-crkvu 232. g. u kojoj su pronađene ranokršćanske freske (Marucchi, 1923). U središnjem dijelu takve kuće bila je glavna dvorana za euharistijske sastanke i molitvu, najčešće u prizemlju. Na istočnom kraju prostorije se nalazio uzvišeni podij za svećenike. Uz taj bogoslužni prostor nalazila se prostorija za podučavanje katekumena, a jedan njezin dio je služio i kao krstionica (Doig, 2016). Prvi kršćani su se nadahnjivali upravo na 'prostoriji na katu' u kojoj je Isus ustanovio euharistiju te ona postaje ideal za mjesto gdje se zajednica vjernika međusobno povezuje, sastaje na istom mjestu i slavi euharistiju. Glavna obilježja tih kuća-crkava su jednostavnost i nenametljivost, te prostorna funkcionalnost i duhovna bliskost. Ovakav način okupljanja vjernika i izgled crkava traje sve do početka 4. stoljeća kada na vlast dolazi car Konstantin (Škunca, 1985).



**Slika 1. Tlocrt kuće-crkve u Dura Europosu: a) glavna dvorana b) dvorište c) krstionica (Badurina, 1987)**

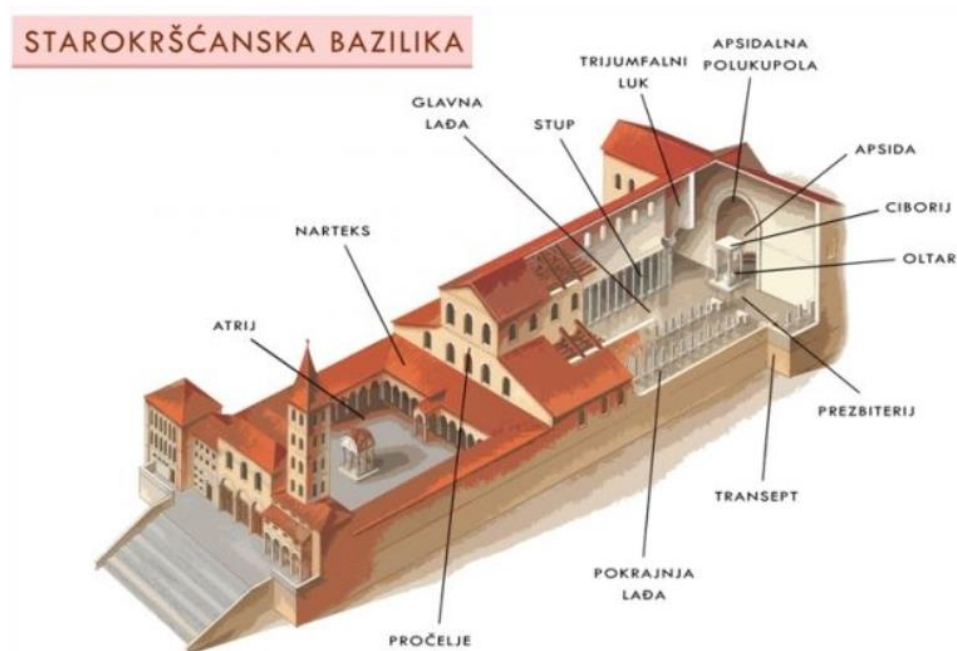
### 2.2.2. Model crkve-bazilike

Kada nakon Milanskog edikta 313. g. kršćanstvo postaje punopravna religija u Rimskom carstvu i kada je broj kršćana već veoma velik započinju se graditi veći i značajniji sakralni prostori. Model crkve-bazilike odgovara sve naglašenijoj hijerarhizaciji Crkve koja je s vremenom sve brojnija i utjecajnija. Liturgijska okupljanja vjernika, nakon Milanskog edikta, su masovnija te sami bogoslužni obredi postaju brojniji, raznovrsniji i dobivaju ceremonijalno obilježje (Škunca, 1985). Sam car Konstantin dao je sagraditi u Rimu i u ostalim dijelovima rimskog carstva desetak prostranih bazilika, od kojih su najznačajnije bazilika Svetog Petra, Svetog Pavla izvan zidina i Svetog Ivana Lateranskog poznata kao prvo službeno sjedište pape. Sve te crkve pripadaju novom građevinskom tipu koji se zove ranokršćanska bazilika i koji postaje glavni uzor za razvoj crkvenog graditeljstva u Zapadnoj Europi (Mokrović, 2001).

Raznovrsnost obreda i povećanje broja vjernika zahtijeva veće i posebno oblikovane prostore. Kao temelj za novi prostor kršćani uzimaju već postojeća mjesta za skupna okupljanja, a to su rimske civilne bazilike. Bile su namijenjene suđenju, trgovanju i drugim skupnim javnim djelatnostima. Izduženog su i kvadratičnog tlocrta te su na jednoj ili obje kraće stranice imale polukružnu apsidu u kojoj je sjedio car ili sudac. Duž stranica s unutarne strane bili su smješteni trijemovi (natkriveni prostori) na stupovima u kojima su se odvijali razni poslovi, a središnji dio je kod carskih bazilika bio prekriven svodovima (Badurina, 1987). Kršćani preuzimaju taj prostor te ga modificiraju i prilagođavaju novoj funkciji i potrebama dajući mu novu svrhu. U prvom redu ulaz se s duže stranice premješta na kraću zapadnu stranicu, dok se nasuprot njemu na istočnoj kraćoj stranici nalazi naglašena apside i povišeni prostor ispred nje tj. svetište u kojem se odvija bogoslužje. U svetište je dodan oltar kao središte kršćanske bazilike. Stoga je cijela građevina orijentirana u smjeru istok-zapad.

Unutarnji je prostor podijeljen stupovima u tri ili pet uzdužnih prostora odnosno lađa, s time da je srednja lađa šira i mnogo viša od bočnih lađa. Bočne lađe olakšavaju kretanje tijekom procesija koje širenjem kulta postaju sve učestalije. Uzdužne su lađe izravno povezane s apsidama, a i samo svetište je spojeno s apsidom (Müller i Vogel, 1999). Glavne i bočne lađe pokrivene su dvostrešnim krovom drvene konstrukcije i ciglama. U zidu koji nosi taj krov glavne lađe, a iznad krovova bočnih lađa, nalaze se veliki prozori kroz koje odozgo dolazi puno svjetla u glavnu lađu tzv. bazilikatno osvjetljenje. Bočne lađe su osvijetljene malim prozorima u bočnim zidovima te su često u polutama. Osim toga, dobivenoj građevini se dodaju i elementi rimske stambene kuće. To se odnosi na peristil koji ovdje postaje atrij tj. predvorje u

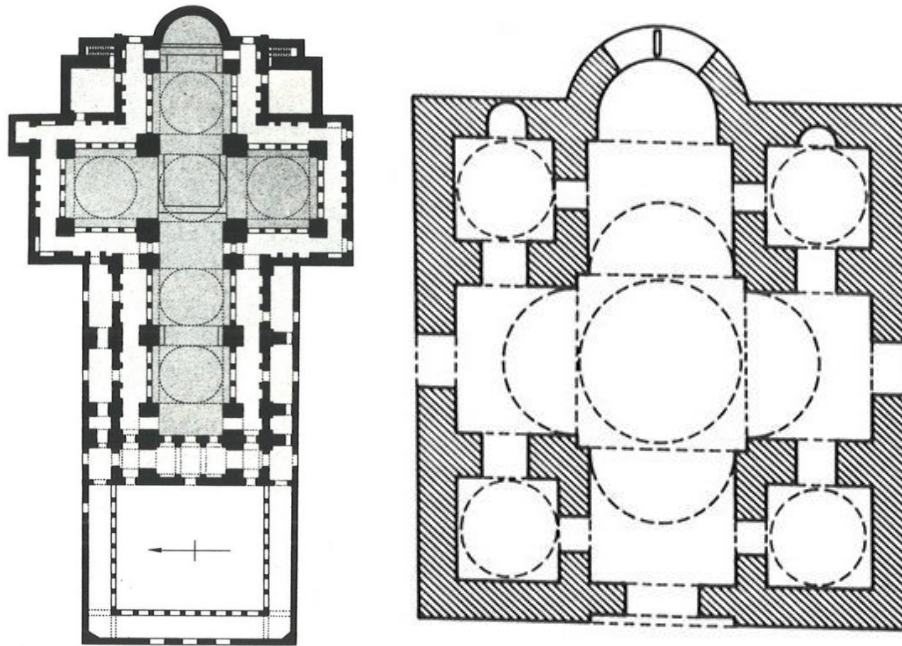
bazilikama, a zatim krila koja dobivaju ulogu krakova transepta odnosno poprečne lađe (Badurina, 1987). U apsidi glavne lađe se nalazi mjesto za biskupa ili svećenika predvoditelja slavlja, a ispred toga je svetište na kojem su smješteni oltar i amboni kao središta crkvenog prostora. Prostor u kojem se nalazio oltar bio je uzdignut na nekoliko stuba i imao je ciborij, čime se isticao u crkvenom prostoru (Sokol-Gojnik i dr., 2011). Ispod prostora svetišta i apsida uobičajeno je da se u podzemnoj prostoriji nalazi grob mučenika odnosno kripta. Time se želi istaknuti uska povezanost oltara-žrtvenika s moćima mučenika te se povišenjem tog dijela vjernicima u lađama omogućava bolji pregled i slušanje obreda koji se zbiva u svetištu. Na slici 2. predstavljen je prikaz starokršćanske bazilike s navedenim karakterističnim građevinskim elementima.



**Slika 2. Starokršćanska bazilika s prikazom karakterističnih građevinskih elemenata (Vojvodić, 2016)**

Longitudinalni tlocrt kakve su imale tzv. latinske bazilike obilježava izduženi prostor za masovne euharistijske skupove, dok je centralni tlocrt kružni ili poligonalni sa simetričnim zrakasto-koncentričnim dijelovima koji se nižu oko središta. Dakle, križ kao simbol Krista raspetog i kršćanstva, je jasno naznačen i u longitudinalnom i u centralnom tlocrtu bazilike. U istočnim bazilikama križ u tlocrtu je jednakih krakova, dok je u zapadnim bazilikama glavna lađa znatno duža od transepta (poprečne lađe) kao što je prikazano na slici 3. (Badurina, 1987).





**Slika 3. a) Bazilika longitudinalnog tlocrta sv. Ivana u Efezu (6.st.) b) Bazilika centralnog tlocrta Krist 'Latomos' u Solunu (6.st.) (Badurina, 1987)**

Kršćanski sakralni prostori su u razdoblju od 4. do 6. st. izvana neugledni, građeni od neožbukane cigle ili kamena, ali su iznutra veoma bogato i prostorno raščlanjeni i ukrašeni. Unutrašnjost je bila raščlanjena s obzirom na namjenu po hijerarhijskom principu: prezbiterij i kor kao mjesta za kler, prostor za vjernike u lađama te prostor za katekumene u predvorju (narteks). Ukrašeni podovi te veliki i robusni zidovi, a posebice apside bogato su ukrašene svjetlucavim mozaicima i freskama, a pokrov iznutra odaje dojam simbolične otvorenosti prema nadnaravnom. Međutim, naglasak je na novom poimanju predsjedateljeve uloge koji sjedi na katedri u dnu apside i blizu je oltaru dok su vjernici udaljeni od oltara i postavljeni u sekundarni položaj za razliku od kuća-crkava. Kuća-crkva je više bila okrenuta zajednici vjernika oko euharistijskog stola, dok je crkva-bazilika više okrenuta predsjedatelju zajednice (Badurina, 1987).

Stoga crkve-bazilike imaju zadaću da u vjerniku izazovu predosjećaj nebeskog prostora kako bi doživjeli ljepotu Božje blizine. Funkcionalnost i simbolika su u ranokršćanskoj arhitekturi crkava-bazilika doživjele svoj vrhunac. Model crkve-bazilike započeo je s carem Konstantinom i održao se do karolinškog doba, ostavivši značajan trag u poimanju crkve kao građevine sve do danas. Iako je pogansko-rimskog nadahnuća malo-pomalo je ovaj model poprimio oblik kršćanskog bogoslužnog prostora i postao sinonim i znak kršćanske crkve (Škunca, 1985).

### 2.2.3. Model crkve-katedrale

Katedrale nastaju u srednjem vijeku u ozračju duhovne i graditeljske grandioznosti. Model crkve-katedrale kakve su na primjer katedrale u Parizu, Chartresu, Reimsu, Strasbourgu, Burgosu i Toledu predstavlja najveće ostvarenje tog savršenstva oblika i građevinskih elemenata koje želi postići srednji vijek, na poseban način u razdoblju gotičkog stila graditeljstva tj. u 12. i 13. st. Katedrala je također znak tadašnjeg teološkog promišljanja zajednice vjernika, tj. izraz želje za približavanjem Bogu koja se očituje kroz vitkost zvonika i vertikalnost cijele konstrukcije (Škunca, 1987).

Pojam katedrale dolazi od riječi katedra koja se koristila za biskupov stolac, sjedište koje je smješteno u prezbiteriju. Biskup na njoj sjedi kada predslavi misu u katedrali. Ona je crkva koja predstavlja središte jedne biskupije i gdje biskup stoluje. Svaka biskupija ima obično samo jednu katedralu, koja je najčešće među najstarijim i najveličanstvenijim crkvama na tom području. Potpuni oblik katedrale doživljavaju u gotici, kada su u sakralnoj arhitekturi ostvarene građevine veličanstvenih proporcija i umjetničkog dosega. Katedrale se od ostalih crkvenih građevina ističu svojom ljepotom, uzvišenošću i veličinom te su značajno obilježile srednjovjekovne gradove.

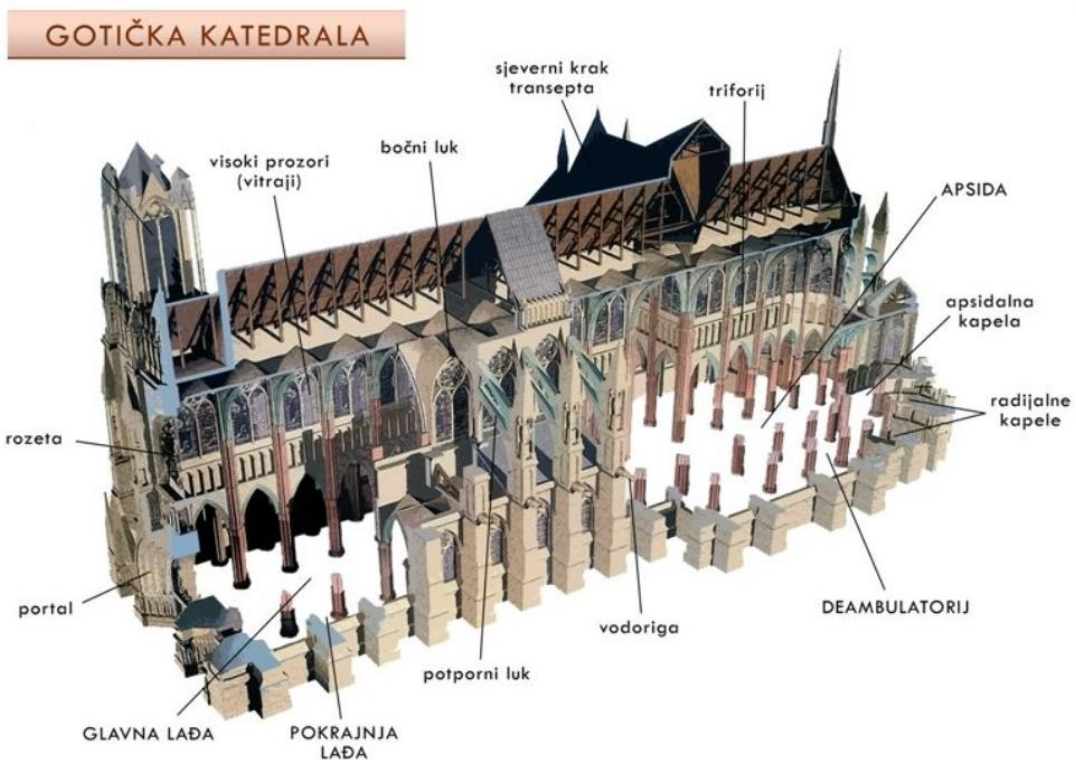
Uporaba šiljatih lukova i potpornih sustava omogućuje znatno višu konstrukciju katedrale. Prepoznatljiv oblik prozora i ulaznih portala s prelomljenim lukovima te rozete i vitraji predstavljaju karakteristične elemente gotičkih katedrala. Osim toga, bitno obilježje je i uporaba rebrastih svodova. Korištenje svodova omogućuje izgradnju tanjih zidova i premošćivanje vrlo širokih prostora. Potporni sustav doveo je do povećanja visine crkava bez ugrožavanja njene stabilnosti (Nemec i dr., 2016).

Osjećaj masivnosti svoda, koji je bio prisutan u romaničkim crkvama, zamijenjen je naglašavanjem i umnožavanjem vertikala. Nadalje ovo razdoblje karakterizira geometrijska proporcija i težnja za osvjetljenjem prostora odnosno nastojanje da se zidovi što više otvore izvedbom prozora (Mokrović, 2001). Svi elementi katedrale usmjereni su prema visinama, a prema tadašnjem načinu mišljenja, crkva-katedrala je trebala očitovati vidljivu prisutnost slavne nebeske Crkve, odnosno željelo se postići da budu nepropadljive i vječne građevine. S graditeljsko-umjetničkog gledišta te crkve-katedrale se smatraju kao najuspješnija ostvarenja zapadne arhitekture i vrhunac grandioznosti. Od kasnog srednjeg vijeka do 20. st. crkve teže izraziti snagu, moć, sigurnost, slavu i samostalnost. Tim obilježjima se pridavala prednost više

nego zajednici vjernika i liturgijskim obredima koji su u svojoj srži komunikacija, sudjelovanje, blizina i zajedništvo (Škunca, 1987).

Gotičke su katedrale jedinstvena sinteza matematičkih i graditeljskih spoznaja, umjetničkih i obrtničkih umijeća nadahnutih najdubljim religijskim osjećajima. Svojim podzemnim kriptama, veličanstvenim portalima, elegantnim stupovima i šiljastim svodovima obasjanim svjetlošću vitraja, omogućavaju susret čovjeka sa samim sobom, usmjeravajući ga prema vječnosti. Zahvaljujući ponovnom otkrivanju matematike i sakralne aritmetike, graditeljstvo je obogaćeno znanjem koje ne samo da je olakšalo izvedbu građevine, već ju je i obogatilo simboličkim elementima. Osnovni matematički ključ koji gotičke katedrale čini jedinstvenima je zlatni rez ili zlatna proporcija, a glavno stilsko obilježje gotike jest forma šiljatog luka. Lukom je povezan svaki raspon u katedrali, od najmanjeg prozora do najvećih lukova svoda. Visine stupova, prozora i svoda su proporcionalne prema širini glavnog broda. Šiljati svod ima i snažan psihološki utjecaj na čovjeka, djelujući tako da mu “uzdiže” pogled iz horizontalnog svijeta svakodnevnog života prema uzvišenom, nebeskom. Osim šiljatog luka, gotički se stil proslavio još jednim osebujnim graditeljskim rješenjem, tzv. kontraforima, pomoću kojih su sile pritiska golemog svoda prenesene na vanjske potporne stupove. To je omogućilo podizanje svoda katedrale do iznimnih visina, bez masivnih unutarnjih stupova, te izvedbu zidova kojima dominiraju prekrasno ukrašeni prozori (Barta, 2008).

Velika osebujnost gotičkih katedrala ogledava se i na portalima, tzv. kamenim knjigama. Uglavnom postoje tri portala: zapadni, sjeverni i južni. Također, svaka gotička katedrala u svom podzemlju sadrži kriptu. Vitraji su staklima različitih boja i geometrijskih oblika stvorili ne samo različite biblijske prikaze, nego je to staklo bilo posebno obrađeno tako da je propuštalo točno određenu količinu svjetlosti. Prema vertikalnom presjeku katedrale se sastoje od tri razine: od kripte koja predstavlja podzemni svijet, glavnog broda koji odgovara zemlji te svoda koji je simbolička predodžba neba (Barta, 2008). Gotičke katedrale su pravi primjer modela crkava-katedrala pa su na slici 4. prikazani su osnovni karakteristični građevinski elementi.



Slika 4. Gotička katedrala s karakterističnim građevinskim elementima (Vojvodić, 2016)

### 2.3. Karakteristični graditeljski elementi crkava

Crkve se zbog svoje posebne svrhe, za razliku od ostalih građevina, sastoje od karakterističnih graditeljskih elemenata koji su tijekom povijesti dobivali svoju funkciju, značenje i različite oblike izvedbe. Mnoge od ovih elemenata kršćani su preuzeli i naslijedili od grčkih, rimskih i židovskih javnih i sakralnih građevina te su im pridavali nov oblik i značenje. Građenje određene crkve bilo je uvjetovano povijesnim trenutkom i teološkom sviješću, dostupnim materijalom i tehnološkim napretkom izgradnje. Kao najčešći materijali kojima su se gradile crkve ističu se kamen, drvo i opeka. Konstruktivni elementi crkve su zajednički i svim ostalim građevinama. Oni se dijele na vertikalne konstruktivne elemente kao što su zid i stup te na horizontalne koje čine strop, svod, kupola i krov. Strop je donji dio međukatne konstrukcije koji oblikuje horizontalnu i ravnu plohu za razliku od svoda koji je zakrivljen tj. čini oblu plohu. U nastavku je dan pregled najznačajnijih građevinskih elemenata crkava koji su kroz povijest mijenjali veličinu i oblike, a neki od njih su i izgubili svoju namjenu kao što su kontrafori. Svrha ovog dijela je pažljiva analiza i upoznavanje s karakterističnim građevinskim elementima crkava kako bi se moglo bolje razumjeti složen proces gradnje, obnove i održavanja crkvenih objekata i provesti adekvatne mjere pri izvedbi radova. Analizirani i

opisani elementi su: narteks, pročelje, portal, lađa, prezbiterij, kor, apsida, kriptna, kupola, svod, rozeta, kontrafori, zabat, zvonik i oltar.

### 2.3.1. Narteks

U ranokršćanskoj arhitekturi narteks je bio naziv predvorja određenog za katekumene i pokajnike jer im nije bilo dopušteno sudjelovati u cijeloj euharistiji. Najčešće se nalazio uz vanjski zid pročelja, a ponekad i uz unutrašnji. Vanjski narteks zapravo je ostatak atrija tj. dvorišta ispred bazilike, koji je služio kao mjesto okupljanja za prijelaz s ulice u crkveni prostor. Unutrašnji narteks predstavlja onaj dio prostora koji se nalazi neposredno nakon ulaza i koji je odijeljen od ostalog crkvenog prostora zidom, ogradom ili stupovima (Bremner, 2016). Obično je pravokutnog tlocrta, smješten okomito na smjer glavne lađe i integriran u unutrašnjost crkve. Na slici 5. prikazan je unutrašnji narteks bazilike svete Marije Magdalene u opatiji Vézelay i označena je njegova tlocrtna pozicija.



**Slika 5. Unutrašnji narteks bazilike svete Marije Magdalene u opatiji Vézelay (Vojvodić, 2016)**

### 2.3.2. Pročelje

Pročelje ili fasada u prvom redu predstavlja prednju stranu zgrade, ali i druga lica usmjerena prema osnovnim stranama svijeta (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2007). Predstavlja najuočljiviji dio crkve i obično se ispred njega prostire trg ili dvorište. Najčešće je glavno pročelje crkve okrenuto prema zapadu i jako bogato ukrašeno. Na glavnom pročelju crkve smješten je glavni ulaz s portalom i zabatom, rozeta i ukrašeni prozori te različite dekoracije i

kipovi svetaca. Izvedeno je od kamena ili opeke koja je većinom prekrivena žbukom. U svojoj biti pročelje predstavlja vanjski zid crkve.

### 2.3.3. Portal

Termin portal potječe od talijanske riječi 'portale' što znači vrata. Predstavlja glavni ulaz u crkvu, odnosno svaki ukrašeni ulaz. Često je bogato ukrašen reljefima, stupovima i kipovima s crkvenom tematikom posebno u povijesnim razdobljima romanike i gotike. Portali se gotovo uvijek izvode od kamena, smještaju se u sredinu pročelja i predstavljaju glavni ulaz u crkvu. Prema obliku svijetlog otvora portali su najčešće pravokutni s lunetom, koja može biti polukružna ili šiljasta no ponekad mogu završavati i trokutnim zabatom (Demonja, 2016). Luneta predstavlja polukružno polje obrubljeno kamenim okvirom iznad portala, vrata ili prozora obično ispunjena reljefom ili mozaikom. Slika 6. predstavlja portal katedrale Notre Dame u Parizu s prizorom posljednjeg suda.

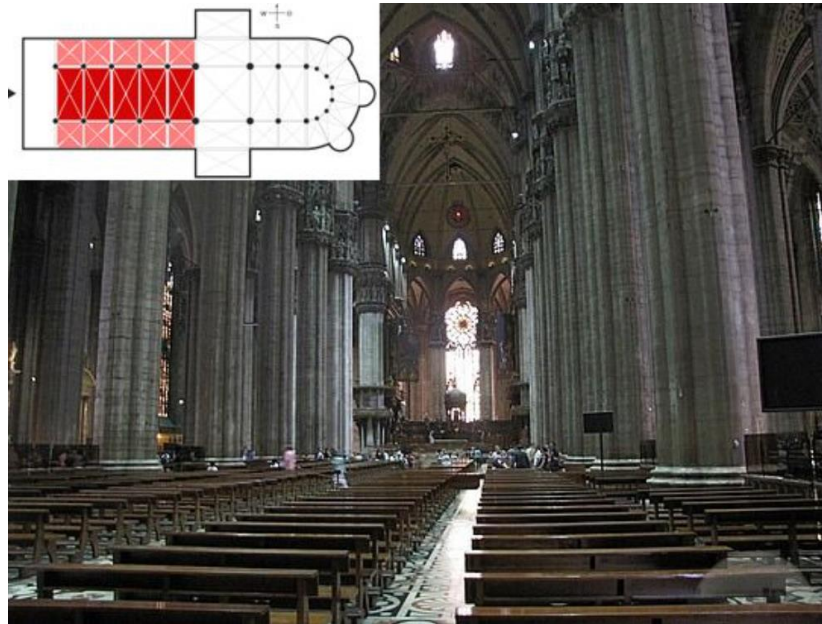


Slika 6. Portal katedrale Notre Dame u Parizu (Vojvodić, 2016)

### 2.3.4. Lađa

Lađa ili brod naziv je glavnog, uzdužnog prostora za vjernike u kršćanskim crkvama. Sastoji se od stupova i svodova koji ga omeđuju te se prostire od ulaza do svetišta. Izraz je najvjerojatnije nastao zbog sličnosti s brodskim trupom, ali i zbog simbolike lađe tj. Crkve koja spašava, što naravno podsjeća na Noinu lađu. Naime, kako su se za vrijeme velikog potopa spasili samo oni koji su s Noom ušli u lađu, tako se u Novom Savezu spašavaju oni koji uđu u Petrovu lađu, odnosno Crkvu Kristovu. Veće crkve uglavnom imaju više lađa odnosno brodova

odijeljenih stupovima. Središnja lađa naziva se glavnom, dok se ostale nazivaju pokrajnje ili bočne lađe (Vojvodić, 2016). Glavni brod milanske katedrale prikazan je na slici 7. s visokim stupovima na obje strane i šiljastim svodom te je označena pozicija glavnog broda i bočnih brodova u svim crkvama longitudinalnog tlocrta.



Slika 7. Glavni brod milanske katedrale (Vojvodić, 2016)

### 2.3.5. Svetište

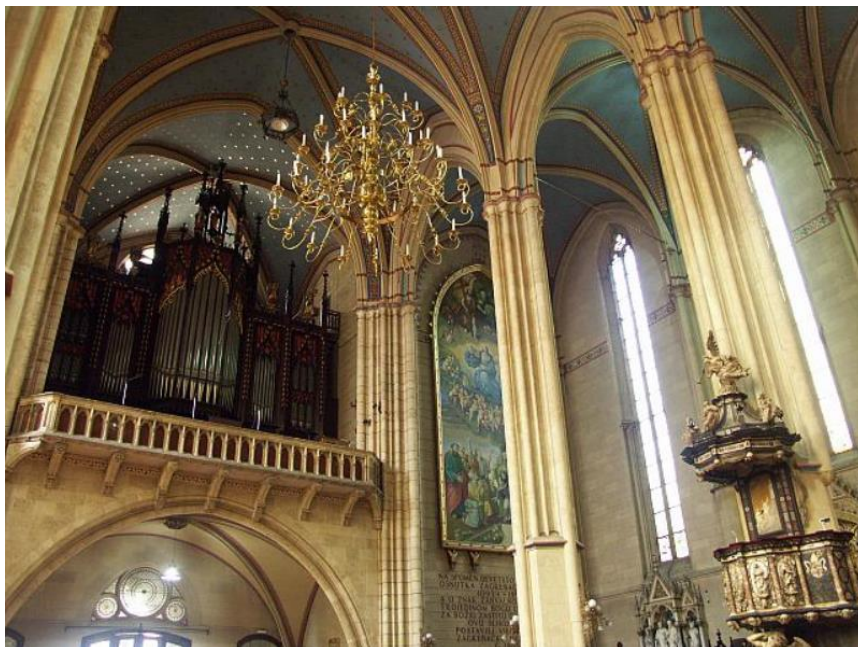
Svetište je glavni dio bogoslužnog prostora u kojem su smješteni bitni elementi kao što su oltar, ambon i sjedište predvoditelja (slika 8.). Njegov položaj mora biti takav da svi sudionici mogu dobro vidjeti i čuti što se na njemu zbiva. Također, ne bi smjelo biti izdvojeno iz lađe i prenaplašeno kako bi vjernici mogli aktivno sudjelovati u euharistijskim obredima (Škunca, 2001). Dakle, svetište ili prezbiterij je dio crkvenog prostora koji je predviđen za klerike (biskupe, prezbitere i đakone). Prostor prezbiterija uglavnom je viši u odnosu na lađu, a od nje može biti i odijeljen ogradom.



**Slika 8. Prezbiterij s oltarom u crkvi Svete Mati slobode u Zagrebu (Župa Duha Svetog, 2022)**

### **2.3.6. Kor**

Kor ili pjevalište je dio crkve određen za pjevače. U katedralnim i samostanskim crkvama nalazi se pokraj i iza oltara te se sastoji od bogato ukrašenih korskih sjedala za svećenike koji se okupljaju na zajedničku molitvu. U razdoblju baroka, uvođenjem velikih orgulja i laičkih pjevačkih zborova, kor se gradi iznad ulaza u crkvu, nasuprot oltaru kao što je prikazano na slici 9. koja prikazuje kor s orguljama u zagrebačkoj katedrali (Vojvodić, 2016).



**Slika 9. Kor s orguljama u zagrebačkoj katedrali (Škrinjar, 2020)**



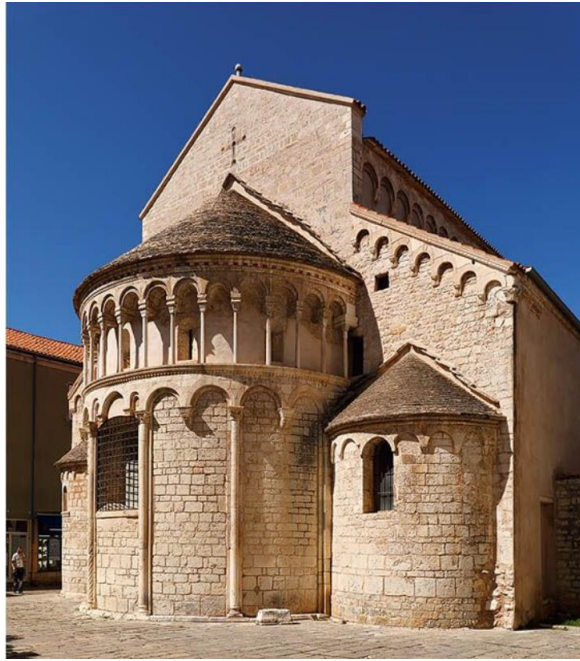
### **2.3.7. Kupola**

Kupola predstavlja svod sferičnog oblika kojim se natkrivaju prostori kružnog, višekutnog ili kvadratičnog tlocrta. Nastaje rotacijom polukružnog, elipsastog, paraboličnog ili šiljastog luka oko vertikalne srednje osi. Zbog povoljnog oblika kupole, njezina vlastita težina i vanjska opterećenja uglavnom se prenose tlačnim unutarnjim silama pa se, slično kao i luk, kupola može zidati od kamena ili opeke. Takve su se kupole gradile od davnine, a zahvaljujući trajnosti tih materijala mnoge su se očuvale do danas i svjedoče o umijeću i raznim tehnikama izgradnje. Kupola u crkvama simbolično označava prikaz nebeskog svoda. Najpoznatije kupole sakralnog graditeljstva su renesansna kupola katedrale u Firenci promjera 42 metra koju je projektirao F. Brunelleschi (1420-1436) i bazilike sv. Petra u Rimu koju je sagradio Michelangelo Buonarroti u 16. stoljeću također promjera 42 metra (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021).

### **2.3.8. Apsida**

Apsida je polukružni završetak antičke bazilike (rimska građevina koja je služila kao sudnica i tržnica), predviđen za predsjednika suda i njegove pomoćnike. Od 4. stoljeća ovaj graditeljski oblik preuzima i kršćanska bazilika kao istočni završetak glavnog crkvenog broda, te u apsidu smješta biskupsku katedru (Vojvodić, 2016). Ona predstavlja jedan od najvažnijih graditeljskih elemenata crkava. Poput funkcije apside u gradskim bazilikama rimskog graditeljstva, i u crkvama je apside središnji prostor obreda, od euharistije i raznih svečanosti do obreda pokrštavanja i krizme (Faber, 1992).

Svod apside redovito je niži od glavnoga crkvenog svoda, a njezin vanjski zid, poglavito u romanici, bio je arhitektonski istaknut i dekoriran kao što je prikazano na slici 10. koja prikazuje vanjski izgled apside crkve sv. Krševana u Zadru. U gotičkoj arhitekturi postignut je spoj kora i apside, tako da od sredine 12. stoljeća ona gubi samostalni arhitektonski značaj i tvori poligonalni završetak kora. Uz glavnu apsidu često su prislonjene manje apside (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021).



**Slika 10. Apsida crkve sv. Krševana u Zadru (12. st.) (Kačan, 2019)**

### **2.3.9. Kripta**

U crkvenom graditeljstvu kripta je naziv za prostoriju ispod prezbiterija crkve koja se prvotno koristila kao mjesto za čuvanje relikvija svetaca (Mannino, 2018). Porijeklo vuče od katakombi, podzemnih tunela i prostorija iz prvih stoljeća u kojima su rane kršćanske zajednice slavile svetu misu i pokapale svoje pokojne, uglavnom mučenike. Kasnije se kripte grade ispod crkava, služeći kao prostori za grobnice sa sarkofagom ili lijesom jer se vjerovalo da će na taj način dočekati uskrsnuće u miru (Bender Maringer, 2012). Obično su smještene ispod broda ili transepta crkve. Cox i Kneller (2000) definiraju kriptu kao nadsvođenu građevinu ili prostor ispod crkve koji sadrži niz diskretnih zatvorenih prostorija sličnih ili različitih veličina koje obuhvaćaju velik broj grobnica.

### **2.3.10. Svod**

Svod označava građevinsku konstrukciju konkavna oblika koja natkriva neki prostor i podupire se o obodne zidove, lukove i stupove. Ploha svoda je najčešće sferičnog ili cilindričnog oblika. Prema načinu gradnje svodovi su zidani ili lijevani, a prema vrsti mogu biti bačvasti, križni, križno-rebrasti, koritasti, zrcalni, zvjezdasti, mrežasti, lepezasti, kupolasti i sl. Svaki graditeljski stil imao je specifična obilježja u oblicima i konstrukciji svodova (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021). Masivni i monumentalni zidovi i stupovi su nosači svodova. Visina svodova veoma varira, od situacije gdje je naglašen bazilikalni oblik s veoma visokim srednjim brodom i gdje svaki brod ima svoj krov, do situacije da su sva tri broda jednako visoka

i pokrivena jedinstvenim krovom, tako da dobivamo prostor dvoranskog tipa (Badurina, 1987). Redanjem lukova u istom smjeru se dobiva bačvasti svod, dok se križanjem dvaju bačvastih svodova pod kutem od 90 stupnjeva stvara križni svod. Tlocrtno polje ispod jednog križnog svoda zove se travej (Rakić, 2005).

### **2.3.11. Rozeta**

Rozeta je veliki okrugli prozor koji se redovito nalazi na pročelju crkve iznad glavnog portala ukrašen kamenom rešetkom te je tipični graditeljski element crkava (slika 11.). Njezina je funkcija da s pročelne strane osvjetljava unutrašnjost crkve. Označava ukrasni motiv kružnog oblika nalik na ružin cvijet sa stiliziranim laticama koji se kao element dekoracije primjenjuje u graditeljstvu. Izrada rozeta svoj vrhunac doseže u gotici, kad su raskošno izvedene i ostakljene vitrajem vrlo često bile glavni ukras pročelja crkve (Mokrović, 2001).

One svojom ljepotom i složenošću obilježavaju vanjsko pročelje, ali i samu unutrašnjost kojoj donose svjetlo i kreiraju mistični ugođaj. Osim graditeljske i umjetničke vrijednosti, rozete imaju i vrlo složenu geometrijsku formu. Iz njih se vidi kako su graditelji, osim dekorativnog aspekta, rozeti pridavali i vrlo snažan geometrijski značaj. Uglavnom se koriste kružnice ili kružni lukovi, te pravilni mnogokuti koji imaju više osi simetrije (Mišljenović i Lobor, 2013).



**Slika 11. Rozeta na pročelju katedrale Notre Dame u Parizu (Trusinová, 2013)**

### **2.3.12. Kontrafori**

Kontrafori označavaju građevinski konstruktivni element, izgrađen u obliku masivne istake uz vanjski zid građevine, koji pojačava zid i preuzima bočne sile nastale zbog opterećenja lukova,

svodova, kupola i krovova. Korišteni još u kasnoantičkoj i ranosrednjovjekovnoj arhitekturi, kontrafori su se osobito razvili u srednjem vijeku, usporedno sa stalnim povećanjem visine i raspona građevina te smanjivanjem debljine vanjskih zidova, dok su se istodobno povećavali otvori na njima. Masivni kontrafori pravokutna presjeka bili su uobičajeni u doba romanike i u fortifikacijskoj i u svjetovnoj arhitekturi. U gotici se proširuju crkveni prostori, pa se povećavaju i rasponi svodova, a kako je riječ o pretežito višebrodnim zdanjima, javljaju se tzv. lebdeći kontrafori, raščlanjeni nizom potpornih lukova, što postaje jedna od karakteristika gotičke arhitekture. Konstruktivni sustav građevina koji preuzima bočna (horizontalna) opterećenja svodova, kupola, lukova i krovova, te ih prenosi na tlo tvori kontraforni sustav, a čine ga kontrafori-potpornji, potporni lukovi i potporni stupci (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2017).

### **2.3.13. Zvonik**

Zvonik može biti samostalna građevina ili sastavni dio neke crkve. Međutim, zajedno s crkvom čini jednu cjelinu jer je u službi okupljanja vjernika na sakramente i molitvu te obavještanja. Obično je građen kao visoki toranj na čijem se vrhu nalazi otvoreni prostor za zvona. Svrha je omogućiti da se zvuk zvona čuje što dalje. Oni su se gradili od raznih materijala ovisno o podneblju, a najčešći su od kamena i cigle, u novije vrijeme od armiranog betona. Zvonici su graditeljski sklopovi izrazito velike visine i visoke vitkosti. Njihova nosivost ovisi o načinu temeljenja i vezama s ostalim konstrukcijama te spojevima unutar samog zvonika. Starost i održavanje čine njihovu strukturu izrazito nedovoljno otpornom na potresna djelovanja.

U sjevernoj i zapadnoj Europi na pročelju crkava se obično postavljaju dva snažna zvonika, a manji tornjevi se javljaju i na ostalim dijelovima crkve. U Italiji i Dalmaciji javlja se uglavnom samo jedan zvonik i to odvojen od same crkve. Zvonici su pri dnu masivni, a prema vrhu se njihove plohe sve više rastvaraju od monofore preko bifore i trifore do kvadrifore završavajući na vrhu piramidom ili ravnim krovom s ogradom (Badurina, 1987). Na vrhu krova se obično nalazi križ.

### **2.3.14. Zabat**

Zabat predstavlja trokutastu zidnu plohu na pročelju građevine uokvirenu sustavom greda i kosim krovom dvoslivnog krova. Potječe iz antičkih hramova, a najčešće je građen od opeke ili kamena. U romanici, renesansi i klasicizmu javljaju se zaobljeni zabati, a u gotici stepenasti

zabati. Redovito je bio ispunjen reljefima, kipovima, mozaikom, freskama i ornamentalnom dekoracijom (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021).

### **2.3.15. Oltar**

Oltar je temelj liturgijskog prostora i najčasniji predmet crkve. On je stol za euharistijsko slavlje i simbolizira samog Krista. Dakle, oltar je središnji element oko kojeg se razvija cijela crkva i uvijek ima istaknuto mjesto. Najčešće se nalazio u apsidi, na prijelazu između svetišta i crkvene lađe gdje je u crkvama bazilikalnog tipa bilo sjedište biskupa. Danas je njegovo mjesto u sredini prezbiterija tako da ga svi mogu vidjeti (Badurina, 1987). Može se reći da je crkva-građevina sagrađena oko oltara, kao što se oko oltara izgrađuje i okuplja Crkva-zajednica vjernika (Šaško, 2005). U Općoj uredbi rimskog misala se kaže: "Oltar, gdje god je to moguće, neka se gradi odvojeno od zida da se može lako obići i na njemu slaviti licem prema narodu. Neka zauzima takvo mjesto da bude uistinu središte kamo se sama od sebe usredotočuje pozornost svekolike zajednice vjernika. Oltar će redovito biti nepomičan i posvećen." Stoga je važno da oltar ima središnje mjesto i bude blizu vjernicima, da bude istaknut, uočljiv i okrenut prema zajednici.

U ranom kršćanstvu oltar je bio malih dimenzija od drva ili metala jer su kršćani bili progonjeni pa su ga nosili sa sobom. S proglasom slobode kršćana, oltar i cijelo crkveno graditeljstvo, ulazi u novu fazu: drvo i metal se zamjenjuju kamenom, a u oltar se ugrađuju relikvije mučenika i svetaca. Oltari imaju najčešće oblik stola pravilnog četverokuta. Kamen je idealan materijal za oltar jer najbolje odgovara njegovoj simbolici kao temelj i čvrsto uporište (Badurina, 1987). Ploča nepomičnog oltara treba biti kamena, i to izrađena od prirodnog kamena (Rimski misal: Opća uredba, 2004).

U uskoj povezanosti s oltarom je i svetohranište, mjesto čuvanja presvete euharistije. Prema Općoj uredbi rimskog misala, svetohranište bi trebalo biti nepomično, izgrađeno od čvrsta i neprozirna materijala i zaključano, tako da bi se opasnost od oskvrnuća mogla u potpunosti izbjeći. Svetohranište bi trebalo biti na mjestu koje je vidljivo, prikladno ukrašeno i koje pomaže molitvi. Obično je to u prezbiteriju ili u nekoj kapeli, u blizini glavnog oltara, prikladnoj za osobno klanjanje i molitvu vjernika (Rimski misal: Opća uredba, 2004).

### **3. Obnova crkve sv. Franje Asiškog**

Obnova crkve sv. Franje Asiškog u Zagrebu nakon potresa predstavlja složen i dugotrajan građevinski zahvat kako bi se nosiva konstrukcija konsolidirala i ojačala. Na početku su prikazani bitni povijesni trenutci građevinskih faza na crkvi kako bi se bolje upoznala struktura konstrukcije te njezina vrijednost kao sakralne i kulturne baštine. Potom je dan tehnički opis crkve i zvonika u njihovom izvornom obliku prije potresa. Navedena su značajnija oštećenja prilikom djelovanja potresa koja su narušila stabilnost i funkcionalnost objekta te su priložene slike zatečenog stanja. Kao glavni dio ovog poglavlja, predstavljene su i analizirane korištene tehnologije obnove i ojačanja nosive konstrukcije crkve i zvonika sa svrhom boljeg razumijevanja njihovih karakteristika i područja primjene. Definirane su različite tehnologije obnove, navedena su njihova svojstva, prednosti i nedostaci, proces izvedbe i primjene na promatranjoj crkvi i zvoniku.

#### **3.1. Povijesni prikaz i važnost crkve sv. Franje Asiškog**

Crkva sv. Franje Asiškog predstavlja vrijedan spomenik hrvatskog graditeljskog i kulturnog naslijeđa. Franjevci su se u Zagrebu nastanili najvjerojatnije prije provale Tatara 1242. g. Prema povijesnim predajama pretpostavlja se da je crkva izgrađena na ruševinama neke prethodne crkve (Cvekan, 1990). Po odlasku Tatara, u razdoblju od 1255. do 1264. godine, franjevci su izgradili novu ranogotičku crkvu propovjedničkog tipa. Imala je tlocrt jednobrodne, dvoranske crkve s dugim korskim svetištem što je svrstava u jednu od prvih takvih crkava u Europi. Pretpostavlja se da je tom istom prilikom izgrađen i prvotni samostan (Mirković, 1987). Veličina tada izgrađene crkve u čast sv. Franji iznosila je 22 metra u duljinu i 8,40 metara u širinu što odgovara dimenzijama današnjeg svetišta (Cvekan, 1990). Kontinentalni dio Hrvatske tada je bio u sastavu franjevačke ugarske Provincije sv. Marije (Provinciae Hungariae), osnovane 1217. g., a 1270. crkva i samostan postaju središte Zagrebačke kustodije (Hoško i dr., 1992).

Crkva i zvonik su više puta stradali tijekom povijesti, a obnavljani su zahvaljujući donacijama vjernika. Na degradaciju i oštećivanje crkve utjecali su požari, društveni sukobi i potresi. Prvi požar koji je zahvatio crkvu i zvonik dogodio se 1435. g., a obnova je uslijedila sredinom 15. st. (Dobronić, 1991). Mirković (1987) pretpostavlja da su tek nakon obnove izvedeni masivni zidani svodovi u crkvi jer prema franjevačkim propisima crkva je do 1372. smjela imati samo ravni drveni strop ili otvoreno krovište. Pretpostavlja se da je tom prilikom izgrađen zvonik.

Godine 1529. samostan i crkva su teško oštećeni u sukobu između pristaša Ferdinanda Habsburškog i Ivana Zapolje (Dobronić, 1991). Potom franjevci održavaju crkvu i samostan u funkcionalnom stanju koliko su im prilike dopuštale te uz financijsku pomoć plemkinje Eufrozine Palfy obnavljaju crkvu (Mirković, 1987).

Zatim su crkva i samostan stradali u požaru 1646. g. koji je zahvatio cijeli grad. Zahvaljujući Elizabeti Muskon-Erdödy crkva i samostan su obnovljeni u baroknom stilu, a glavni oltar je tom prilikom pozlaćen. Po završetku obnove jedino je zvonik zadržao svoj izvorni izgled (Hoško i dr., 1992). Tada su obnovljeni oštećeni zidovi te je izveden novi gotički svod iznad svetišta i cijelog broda crkve. Unutar gotičkih zidova je postavljen niz pregradnih stijena koje tvore bočne kapele čime je preoblikovana u ranobaroknom stilu po uzoru na bečku franjevačku crkvu (Mirković, 1987). Brod crkve duljine 22,60 m kao nastavak svetišta izvorno nije postojao pa je dograđen u 17. stoljeću. Pri tom je i cijela crkva poprimila današnje dimenzije (Cvekan, 1990). Nakon toga je u građevinskom smislu postala uzor za većinu kasnijih franjevačkih crkava u Hrvatskoj (Foretić i Trogrlić, 2021).

Samostan i crkvu je 1731. g. ponovno oštetiio požar te su stradali krovovi na crkvi, samostanu i zvoniku. Zvona su se rastalila i uništila prostoriju koja je služila kao arhiv. Zvonik je tada obnovljen u ranobaroknom stilu, ali ispod njega je sačuvan izvorni gotički dio. Šiljata limena kapa zvonika zamijenjena je tipičnom baroknom lukovičastom te su ugrađena i nova zvona (Mirković, 1987).

Razoran potres je 1880. g. jako oštetiio crkvu i zvonik. Nakon nužnih popravka, Herman Bollé osmislio je cjelovitu obnovu crkve i njezino preuređenje u neogotičkom stilu. Za cilj je imao vraćanje objekta u prvobitno stanje tj. ponovno isticanje gotičkih elemenata. Najteže je stradala sjeverna strana crkve, a jako su popucali i zapadni zidovi s glavnim pročeljem i zabatom. Brod crkve je teže uništen jer se zabat nad glavnim pročeljem srušio i za sobom povukao pjevalište. Također su nastradale kontrafore i dio svetišta (Trogrlić i Nižetić, 2021). Međutim, zvonik se raspuknuo na sve četiri strane te je prijetilo njegovo urušavanje, a pukotine su bile široke više centimetara. Stoga se najprije pristupilo uklanjanju njegove dvije gornje razine, do visine crkvenog vijenca kako bi se spriječilo urušavanje na crkvu (Torbar, 1882).

Temeljita obnova crkve započela je tek 1884. pod vodstvom arhitekta Bolléa. Radovi na obnovi crkve su bili spori i dugotrajni zbog nedostatka novca (Cvekan, 1990). Bollé je najprije 1885. g. izgradio dvije nove etaže gotičkog zvonika te dodao kapu zvonika visoku 25 metara. Po želji franjevaca s vanjske kaptolske strane svetišta izgrađena je 1887. otvorena kapela Svetog Križa

pa je zbog toga djelomično zazidan središnji prostor u apsidi (Damjanović, 2013). U svetišće je postavljen novi drveni oltar koji je posvećen 1900. g. čime je završena obnova svetišta (Cvekan, 1990).

Posljednja faza obnove započela je 1901. dolaskom arhitekta Ivana Holtza koji je prema Bolléovim nacrtima obnavljao brod crkve. Križnorebrasti svodovi su izvedeni u glavnom brodu i ispod novosagrađenog gotičkog pjevališta (Damjanović, 2013). U neogotičkom stilu je obnovljena i sjeverna fasada crkve s potpornjima (kontraforama) te veliki gotički prozori (Mirković, 1987). U tom periodu su s južne strane napravljeni novi prozori radi osvjetljenja broda te je zbog toga srušen drugi kat sjevernog krila samostana. Sjeverna fasada crkve je razdijeljena kontraforima na četiri kapele, a u svakoj su smješteni veliki gotički prozori. Glavno pročelje oblikuje bogato istaknuti zabat i fijale, dok je glavni portal nanovo sagrađen (Cvekan, 1990).

Samostan i crkva su 1897. g. postali središte tzv. Komisarijata Provincije sv. Ladislava, a od 1900. g. središte su Hrvatske franjevačke provincije sv. Ćirila i Metoda. Zagrebački gvardijan časni sluga Božji fra Vendelin Vošnjak bio je prvi provincijalni ministar i njegov grob se nalazi ispod pjevališta lijevo od glavnog ulaza u crkvu. Novouređenu crkvu je 5. srpnja 1902. g. blagoslovio zagrebački nadbiskup Juraj Posilović. Uređivanje crkve se nastavilo tijekom cijelog 20. st. posebice nakon Drugog svjetskog rata u kojem je cijeli kompleks teško stradao te nakon liturgijskih smjernica Drugog vatikanskog sabora.

Postoji nekoliko razloga zbog kojih je crkva sv. Franje važna i značajna. Prije svega jedna je od prvih srednjoeuropskih propovjedničkih dvoranskih crkava s dugim korskim svetištem te je nakon barokizacije prostora postala uzor većini kasnijih franjevačkih crkava u Hrvatskoj. Zatim predstavlja i jednu od najstarijih franjevačkih crkvi na području kontinentalne Hrvatske koja datira još iz 13. st. Također u njoj se od 1900. g. nalazi sjedište Provincije Ćirila i Metoda. Smještena je na zavidnoj lokaciji, u blizini Zagrebačke katedrale i trga bana Josipa Jelačića pa je kroz povijest bila jako cijenjena i uživala poštovanje stanovništva glavnog grada. Tome u prilog govore i nebrojene donacije kojima je narod kroz čitavu povijest pomagao obnove i preuređenja crkve (Mirković, 1987). Osim toga krasi je značajna umjetnička djela.

### **3.2. Tehnički opis crkve i zvonika – stanje prije potresa**

Proučavana građevina je sakralni kompleks te se sastoji od crkve sa zvonikom. Crkva sv. Franje Asiškog i njezin zvonik čine jedinstvenu cjelinu te se nalaze na katastarskoj čestici 1725 K.O.



Centar u Zagrebu. Predmetna parcela je nepravilnog oblika, tj. svojom površinom odgovara tlocrtnoj površini crkve i zvonika. Crkvu i zvonik omeđuje s istočne strane ulica Kaptol, a sa sjeverne i zapadne strane ulica Opatovina, dok se s južne strane nalazi franjevački samostan (slika 12.). Razmatrani kompleks na kojem se planiraju zahvati se prema GUP-u Grada Zagreba nalazi unutar građevinskog područja grada te je pojedinačno zaštićeno nepokretno kulturno dobro upisano na Listu zaštićenih kulturnih dobara pod oznakom br. Z-209. Crkva se zbog toga nalazi unutar kulturno povijesne cjeline Grada Zagreba.

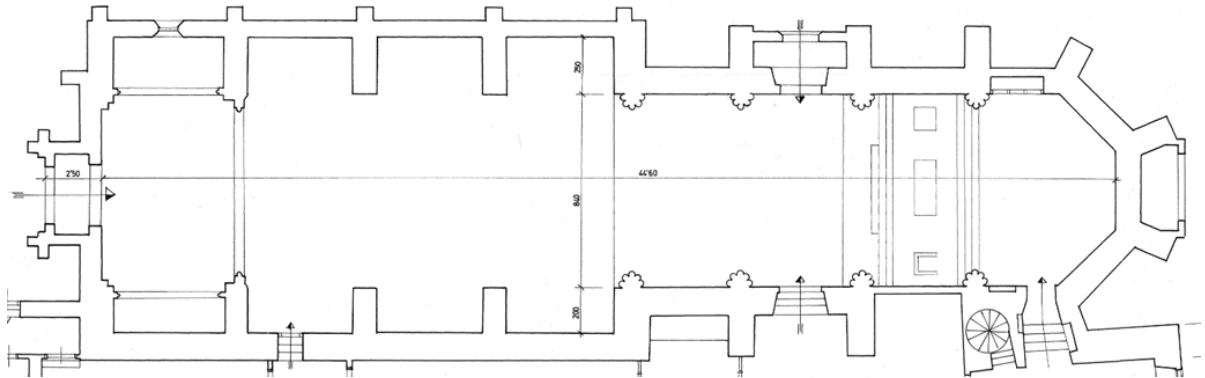


**Slika 12. Prikaz mikrolokacije crkve sv. Franje Asiškog u Zagrebu (Uređena zemlja, 2023)**

Crkva sv. Franje pripada među jednobrodne dvoranske crkve velikih dimenzija, dugoga kora te izduženoga svetišta. Crkva je masivna zidana građevina, tlocrtnih dimenzija 47 m duljine i 15 m širine, te visine oko 16 m do kote krovnog vijenca, odnosno 20,7 m do vrha krovišta tj. sljemena. Tlocrtna površina crkve iznosi 704 m<sup>2</sup>. Zidovi su zidani od pune opeke, a debljina im varira od 0,6 do 1,1 m. Ojačani su kontraforama debljine 1,2 m. Svodovi nad zidovima i kontraforama su zidani od pune opeke, a kao ispuna se koristio građevinski otpad i ugljen. Promjenjive su debljine koja se mijenja od 30 do 60 cm. Krovište je drveno, a pokrov od biber crijepa (Foretić i Trogrlić, 2021).

U podrumskoj etaži ispod crkve nalaze se kripte s posmrtnim ostacima, na razini -2.25 m u odnosu na pod prizemlja. Crkva ima trakaste temelje koji su prošireni 15 cm sa svake strane u odnosu na zidove. Nosivo tlo je, na temelju istražnih radova, svrstano u tip C, odnosno duboke nanose gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka i krute gline. Na slici 13. prikazan je tlocrt crkve na kojem je vidljiv izbočeni narteks crkve na zapadnom pročelju, zapadni širi dio crkve

koji se sastoji od glavnog broda i četiri bočne kapele sa svake strane omeđene kontraforama te istočni uži dio crkve (svetište) u kojem se nalazi oltar i polukružna apsida.



**Slika 13. Tlocrt crkve (Foretić i Trogrlić, 2021)**

Crkva sv. Franje Asiškog je kroz povijest doživjela mnoge promjene i rekonstrukcije, ali sadašnji izgled dobila je nakon potresa 1880. g. kao što je vidljivo na 3D modelu crkve (slika 14.). Tada je crkva dobila i novi visoki zvonik sa šiljastim krovom te je s kaptolske strane crkve uređena otvorena kapela Raspetoga Isusa. Gotička struktura unutrašnjosti ostala je gotovo nepromijenjena. U prostornom smislu smatra se jednom od najzrelijih franjevačkih sakralnih građevina srednjoeuropskog kruga (Trogrlić i Nižetić, 2021).



**Slika 14. 3D model crkve sv. Franje Asiškog (Prekrtić, 2021)**

Na zapadnom pročelju crkve (slika 15.) se nalazi istaknuti portal s polukružnom gotičkom lunetom i s manjim potpornjima. Portal ima i svoj mali zabat te zaseban pokrov od crijepa. On je dio predvorja, odnosno nartekse crkve. Središnjim dijelom pročelja dominira rozeta s vitrajem grba Grada Zagreba, a u glavnom zabatu je veliki reljef s prikazom Utiskivanja rana sv. Franji. Na samom vrhu zabata postavljen je kameni križ. Na zapadnom vanjskom zidu nalaze se još dva kontrafora koja ojačavaju nosivost konstrukcije zida. Pročelje je istaknutim vijencima podijeljeno na tri polja.



**Slika 15. Zapadno pročelje crkve sv. Franje Asiškog (Gagnon, 2019)**

Crkvu prema povijesnim i graditeljskim elementima možemo podijeliti na dva dijela. Granicu između ta dva dijela čini trijumfalni luk koji je oslonjen na pilastre i nalazi se na mjestu suženja crkve. Istočni dio crkve ili svetište je prvotno sagrađen i ima uži tlocrtni oblik te završava polukružnom apsidom koja je križno-rebrastim svodom i pilastrima podijeljena na tri dijela (slika 16.). Njegove dimenzije su duljine 24,60 m i širine 8,35 m. Neogotički oltar i ambon izrađeni su od kamena, dok se iznad oltara nalazi slika sv. Franje. Uz zidove oko oltara postavljena su bogato ukrašena drvena sjedišta za svećenike i poslužitelje. Svi vitraji koji se nalaze u visokim gotičkim prozorima su djelo slikara Ive Dulčića.



**Slika 16. Pogled na svetište crkve (Foretić, 2021)**

Zapadni dio crkve je nadograđen tek u 17. stoljeću prilikom obnove te ima duljinu 22,60 m i širinu 13,35 m. Sastoji se od glavnog broda, četiri bočne kapele sa svake strane odvojene kontraforima, kora i križno-rebrastog svoda ispod kora. Zanimljivo je da je u crkvi desno od glavnog ulaza u zidu 1900. g. napravljena prva zagrebačka lurdska pećina po uzoru na izvornu. Na sjevernom zidu crkve nalaze se visoki i vitki neogotički prozori s vitrajima, dok se na južnom zidu nalaze manji koji su naknadno izvedeni radi zadovoljavajuće prirodne osvijetljenosti crkve. Cijela crkva nadsvođena je zidanim križno-rebrastim svodom i bogato ukrašenim rebrima. Svod ima karakterističan izgled tamnoplavog neba posutog zvijezdama. Pod crkve je popločan kamenom. Otvorena kapela sv. Križa je temeljito obnovljena 2007. g.

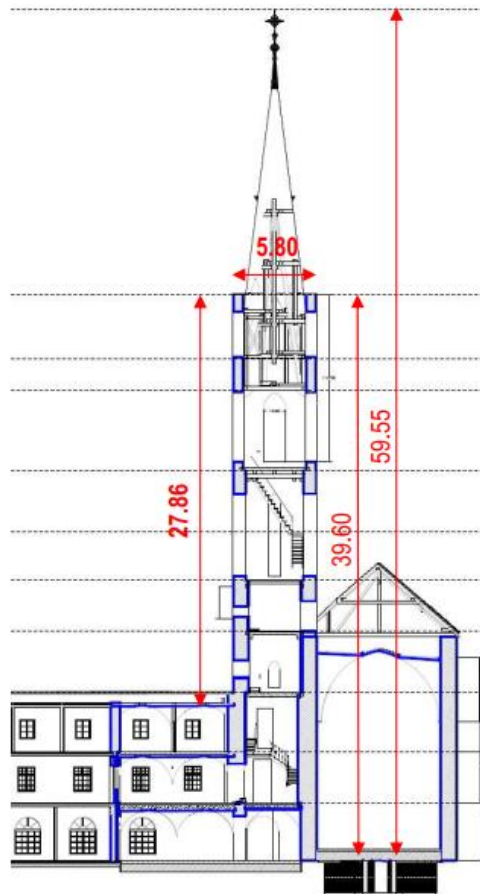
Točni podaci o gradnji zvonika nisu poznati, no pretpostavlja se da je sadašnji zvonik sagrađen oko sredine 15. st. Nakon požara 1731. g. zvonik je obnovljen u ranobaroknom stilu, a krov je oblikovan poput uobičajene barokne lukovice. Nakon potresa 1880. g. zvonik je značajno oštećen te je uklonjen do visine crkvenog vijenca, a zatim je izgrađen novi šiljati zvonik 1885. g. prema projektu arhitekta Hermana Bolléa kakav vidimo na slici 17. (Foretić i Trogrlić, 2021).



**Slika 17. Zvonik crkve sv. Franje Asiškog (Gagnon, 2019)**

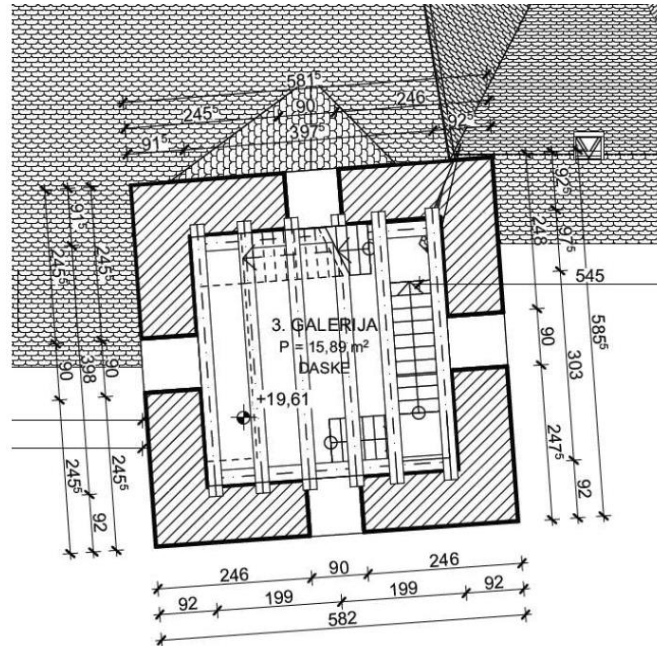
Zvonik crkve sv. Franje Asiškog je oslonjen na južni zid crkve u području svetišta. Dakle zvonik nije samostojeća građevina nego se u konstrukcijskom smislu oslanja na crkvu i samostan. Od temelja do kote oko +11,00 m je trapeznog oblika dimenzija 6,0 x 6,6 m, a do vrha na koti +39,60 m ima kvadratni oblik dimenzija stranica oko 5,80 x 5,80 m. Ukupna visina zvonika iznosi 39,60 m mjereno od kote poda prizemlja crkve do krovnog vijenca zvonika, odnosno 59,55 m do najviše kote zvonika koju čini vrh križa kao što je vidljivo na slici 18. U visini crkvenog krova na svim zidovima zvonika napravljeni su visoki i uski gotički prozori, a u gornjoj etaži se nalaze široki prozori koji su završeni polukružnim gotičkim kamenim ukrasima. Konstrukcija kape zvonika je iznutra drvena, a izvana pokrivena limom.

Sadrži 4 galerije (na koti +11.74, +16.03, +19.61 i +27.26 m) i stepenište posve izrađeno od drvene građe. Zvona se oslanjaju na čeličnu potkonstrukciju. Zvonik je u slobodnom konzolnom dijelu, u konstrukcijskom smislu, 'okvir s krutim prečkama' gdje zidovi predstavljaju 'stupove okvira s krutim prečkama', a nadvoji same krute prečke. Omjer visine slobodnog (konzolnog) dijela zvonika prema najmanjoj stranici u tlocrtu je  $27,86/5,80 \approx 5$ , a vitkost zvonika u cijeloj visini je  $59,55/5,8 \approx 10$  (slika 18.) (Foretić i Trogrlić, 2021).



**Slika 18. Presjek zvonika i visinske kote (Foretić i Trogrlić, 2021)**

Zvonik je zidana građevina od pune opeke u vapnenom mortu s galerijama i stepeništem od drvene građe. On je nesimetrična građevina tj. ima nepravilan tlocrt koji je posljedica mnogih rekonstrukcija tijekom duge povijesti, ali i zbog pridržanja kosim kontraforom u pravcu jugozapad-sjeveroistok te zidovima samostana i crkve. Na etaži prizemlja samostana zvonik je značajno perforiran na mjestu vrata, kružnog stubišta i hodnika. Na 1. i 2. katu samostana zvonik je trapeznog tlocrtnog oblika, sa značajnim diskontinuitetom južnog zida u odnosu na zid u prizemlju. Sjeverni zid zvonika je ujedno i dio južnog zida crkve. Kroz ostale etaže zvonik je pravilan u tlocrtu kao što prikazuje slika 19.



Slika 19. Pravilan tlocrt zvonika na višim etažama (Foretić i Trogrlić, 2021)

### 3.3. Oštećenja nastala u potresima 2020. godine

Tijekom duge povijesti na građevini su izvedene brojne rekonstrukcije te su na njoj nastala brojna oštećenja u više požara i jakih potresa što je dovelo do degradacije samog materijala. Crkva i zvonik su značajno oštećeni u zagrebačkom potresu od 22. ožujka 2020. jačine 5.5 stupnjeva po Richteru i petrinjskom potresu od 29. prosinca 2020. jačine 6.4. po Richteru. Crkva je 7 kilometara udaljena od epicentra zagrebačkog potresa na Markuševcu i 50 kilometara od epicentra petrinjskog potresa. Na temelju brzog pregleda i ocjene uporabljivosti, kompleks je ocijenjen IV. stupnjem oštećenja prema EMS (European Macroseismic Scale) i ocjenom neuporabljivosti zbog oštećenja (Foretić i Trogrlić, 2021). Prema razredbi oštećenja za zidane građevine, stupanj IV. označava vrlo teško oštećenje građevine gdje su se dogodila teška konstrukcijska oštećenja te vrlo teška nekonstrukcijska oštećenja. To podrazumijeva ozbiljne slomove zidova, svodova i kontrafora, te djelomične konstrukcijske slomove krovova.

Zidane konstrukcije crkava tradicionalno su građene od pune opeke i vapnenog morta. Eksperimentalna ispitivanja su pokazala da je njihova tlačna čvrstoća relativno niska te da je vlačna sposobnost zanemariva. Kao posljedica toga, loše međusobno spajanje zidova i konstrukcijske nepravilnosti glavni su nedostaci koji zahtijevaju posebnu pozornost kod povijesnih zidanih građevina. Slaba mehanička svojstva zida negativno utječu na seizmičku otpornost ove vrste konstrukcija izloženih horizontalnom opterećenju (Formisano i dr., 2018). Oštećenja u crkvi mogu nastati zbog pojedinačnih ekstremnih događaja ili dugotrajnih procesa

koji su često povezani s velikim deformacijama i popuštanjem građevinskih elemenata (Karanikoloudis i dr., 2021).

### **3.3.1. Oštećenja na crkvi**

Stare zidane konstrukcije, osim velike težine i krutosti te male duktilnosti, karakterizira i loša kvaliteta materijala te neodgovarajuća izvedba zbog manjka seizmičkih propisa i kontrole tijekom povijesti (Beeson i dr., 2020). Osim toga, neodržavanje od strane vlasnika kao i mnoge za konstrukciju nepovoljne intervencije i renovacije dodatno ugrožavaju sigurnost takvih građevina (Kišiček i dr., 2020). Prilikom potresa najugroženije su one najstarije, nearmirane, zidane konstrukcije koje posjeduju nisku ili gotovo nikakvu razinu potresne otpornosti. Većina takvih građevina ubraja se u kulturno baštinu što čini dodatan motiv za njihovo očuvanje i adekvatnu obnovu (Tomažević, 2000).

Crkva sv. Franje Asiškog je masivna građevina od nearmiranog zida, pune opeke zidane u vapnenom mortu, vrlo niske vlačne i posmične čvrstoće te relativno male tlačne čvrstoće. Zidovi su ojačani kontraforama na koje se oslanja masivni zidani svod. Uslijed potresa su najviše oštećene kontrafore, zidani svodovi posebno na zapadnom dijelu crkve te zapadni zabatni zid. U naknadnom petrinjskom potresu otpalo je još žbuke sa svodova i kontrafora te je dodatno oštećen zabat na zapadnom pročelju. Zidani svod na istočnom dijelu crkve nije zadobio značajna oštećenja. Pregledom konstrukcije nisu primijećena ni oštećenja koja bi ukazivala na popuštanje temelja.

Načini otkazivanja zidane konstrukcije izvan ravnine nakon potresa su mnogobrojni, a uzrok im je slaba povezanost međusobno okomitih zidova i spojeva zidova s međukatnom konstrukcijom. Svi takvi slomovi i oštećenja su pokazatelj osjetljivosti nearmiranih zidanih konstrukcija na horizontalna djelovanja (Kišiček i dr., 2020). Kao posljedica takvog djelovanja na crkvu došlo je do značajnog sloma svodova na zapadnom dijelu crkve (slika 20.) s otpadanjem velikih komada žbuke te su vidno napukla brojna tanka rebra koja pridržavaju svodove (slika 21.). Padom žbuke oštećene su brojne masivne drvene klupe i ostali inventar crkve.





**Slika 20. Prikaz sloma svodova (lukova, uvala i grebena) metodom laserskog skeniranja (Foretić i Trogrlić, 2021)**



**Slika 21. Detalj sloma rebara na svodu crkve (Foretić, 2021)**

Ozbiljna konstruktivna oštećenja su se dogodila i na svodu iznad pjevališta gdje su se pojavile dugačke i široke pukotine te slomovi svodova na spojevima sa zidovima, a komadi žbuke i prašine koji su se odlomili oštetili su orgulje. Na slici 22. su vidljivi i veliki lomovi rebara na spojevima s kontraforom i što dokazuje da su spojevi nosivih konstrukcijskih elemenata kritična mjesta prilikom potresa te da zidani svodovi nisu sposobni za prijenos horizontalnog

opterećenja. Uzrok ovakvog oštećenja nalazi se i u masivnosti zapadnog zida pročelja te izvedbi svoda pjevališta s ispunom od kamena i građevinskog otpada.



**Slika 22. Oštećeni svod iznad pjevališta (Foretić, 2021)**

Došlo je do velikih pukotina i lomova na kontraforima sjevernog zida s unutarnje strane koje su vidljive na slici 23., dok su pukotine na vanjskom sjevernom zidu manje izražene (slika 24.). Takav oblik dijagonalnog vlačnog sloma zidanih konstrukcija je najprepoznatljiviji zbog učestalosti u područjima pogođenim potresom (Bhattacharya i dr., 2014).



**Slika 23. Slom kontrafora na unutarnjem sjevernom zidu (Foretić i Trogrlić, 2021)**



**Slika 24. Pukotine u kontraforima na vanjskom sjevernom zidu (Foretić i Trogrlić, 2021)**

Na zapadnom pročelju crkve oštećena je rozeta, a veliki komad reljefa u zabatu se odlomio i raspao u unutrašnjosti krovništva. Zabatni zid iznad vijenca je pretrpio znatna oštećenja uslijed djelovanja potresa (slika 25.) te se njegov sam vrh jako degradirao kao što je vidljivo na slici 26.



**Slika 25. Oštećenja na zabatnom zidu i reljefu (Foretić, 2021)**



**Slika 26. Veliko oštećenje na vrhu zabatnog zida (Foretić i Trogrlić, 2021)**

Na slici 27. se vidi dotrajala drvena konstrukcija krovništva koja je također pretrpjela znatna oštećenja i deformacije.



**Slika 27. Oštećenje greda drvenog krovništva (Foretić i Trogrlić, 2021)**

### **3.3.2. Oštećenja na zvoniku**

Zvonik je masivna građevina od nearmiranog ziđa vrlo niske vlačne i posmične čvrstoće, s relativno velikim omjerom visine naspram najmanje stranice tlocrta (oko 10). Uslijed značajne perforacije zidova zvonika (visoki otvori), zvonik se ponaša slično kao 'okvir s krutim prečkama'. Stoga su se pri djelovanju potresa pojavile relativno velike poprečne sile u nadvojima (prečkama) što je prouzročilo značajna posmična (vlačna) naprezanja odnosno

pukotine u nadvojima (slika 28. i slika 29.) te posljedično dovelo do povećanja naprezanja i pukotina u zidovima.



**Slika 28. Karakteristične pukotine nadvoja na istočnom zidu zvonika (Foretić i Trogrlić, 2021)**



**Slika 29. Detalj pukotine i oštećenja nadvoja na zapadnom zidu zvonika (Foretić, 2021)**

Kroz prve tri etaže samostana zvonik je pridržan, ali nesimetrično jer je njegova konstrukcija s tri strane omeđena samostanom i prilagođena njegovoj funkciji. Od temelja do vrha 2. kata zvonik je diskontinuirane krutosti (ne poklapaju se obrisi zidova) kao posljedica mnogih rekonstrukcija. Nisu primijećena značajnija oštećenja zidova u prve tri etaže, ali nužno je zidovima zvonika osigurati kontinuitet od temelja do krova zbog postizanja dostatne otpornosti na buduće potrese (Foretić i Trogrlić, 2021).

Usljed potresa se dogodio zaokret (uvrtanje) zvonika na višoj etaži (+28.30 m), što je svojstveno konstrukcijama pravilnim u tlocrtu (s dvije osi simetrije), kakav je promatrani zvonik iznad vijenca crkve (slika 30.). Zvonik je u potresu teško oštećen te se gornji dio u potpunosti odvojio i zarotirao za 2 do 3 cm što je vidljivo na slici 31. Značajnije su oštećeni istočni i zapadni zidovi zvonika zbog dominantnog djelovanja potresa u pravcu sjever-jug. Kao posljedica toga oštećeni su i polukružni kameni elementi prozora.



**Slika 30. Pogled na zvonik s jugo-zapada, označena ravnina u kojoj je došlo do uvrtnja zvonika (Foretić i Trogrlić, 2021)**



**Slika 31. Pomak zvonika u ravni uvrtnja (Foretić i Trogrlić, 2021)**

### **3.4. Tehnologije obnove**

Pojam obnova u građevinskom smislu označava poboljšanje određenih svojstava objekta izvedbom građevinskih radova na konstrukcijskim elementima. Osnovni cilj obnove je poboljšati otpornost i stabilnost građevine te zadovoljiti aktualne tehničke standarde i zakonsku regulativu. Za obnovu postojeće građevine, sa zakonskog aspekta, nije potrebna građevinska dozvola, no u slučaju obnove kulturno-povijesnih spomenika kao što je crkva sv. Franje Asiškog potrebno je odobrenje mjerodavnog konzervatorskog tijela.

U posljednjih nekoliko godina razvijene su tehnologije i materijali za poboljšanje mehaničke otpornosti i stabilnosti u postojećim zidanim konstrukcijama. Cilj obnove i pojačanja zidanih konstrukcija je osigurati potrebnu razinu otpornosti i sigurnosti uz što manje intervencije na konstrukciji. Kod obnove i pojačanja povijesnih zidanih građevina, kao što je crkva, nužna je uska suradnja projekatanta, arhitekata, investitora, izvođača i konzervatora (Galić i dr., 2020).

S obzirom na očuvanje kulturne baštine, dostupne su različite tehnike obnove i ojačanja koje se mogu primijeniti kako bi se povećala potresna otpornost i stabilnost crkve. Tradicionalna metodologija se sastoji od uvođenja sustava konsolidacije za zidove i ostale konstrukcijske elemente poput upotrebe geotehničkih sidara, injektiranja i armiranobetonskih obloga, dok se od inovativnih materijala koriste vlaknima armirani polimeri (FRP), tkanine armirane cementnim matricama ili mortovima (FRCM), upotreba lijepljenog lameliranog drva i predgotovljenih šupljih armiranobetonskih ploča.

### **3.4.1. Općenito o obnovi crkve sv. Franje Asiškog**

S obzirom na vrijeme gradnje crkve zaključuje se da konstrukcija nema zadovoljavajuću razinu potresne otpornosti sukladno važećem Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije (NN 17/17), Tehničkim propisom o izmjeni i dopunama tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN 75/2020) i normama HRN EN (Krolo, 2020). Stoga se na temelju ocjene postojećeg stanja građevinske konstrukcije izradio projekt cjelovite obnove i ojačanja konstrukcije kako bi se postigla zahtijevana razina potresne otpornosti i mehaničke stabilnosti objekta prema važećim zakonima, propisima i normama. Obnovom je potrebno dovesti građevinu u prvobitno stanje te povećati njezinu otpornost na sva buduća izvanredna djelovanja. Za poboljšanje otpornosti crkve potrebno je osigurati cjelovitost zidane konstrukcije te sanirati i ojačati glavnu nosivu konstrukciju.

Prema Zakonu o obnovi zgrada oštećenih potresom (2023) pod cjelovitom obnovom konstrukcije se podrazumijeva izvođenje radova koji uključuju pojačanja i popravke potresom oštećene građevinske konstrukcije zgrade kojima se postiže mehanička otpornost i stabilnost zgrade u odnosu na potresno djelovanje u skladu s Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije. Projekt obnove građevine koja se nalazi u povijesnoj urbanoj cjelini grada Zagreba, kao što je crkva sv. Franje Asiškog, izrađuje se u skladu s konzervatorskim smjernicama propisanim programom mjera obnove. Obnovljena građevina se može rabiti nakon primitka završnog izvješća nadzornog inženjera u obnovi te pisane izjave izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja.

U slučaju oštećenja građevine djelovanjem prirodnih nepogoda, ratnih ili drugih razaranja građevina se može, neovisno o stupnju oštećenja, vratiti u prvobitno stanje bez građevinske dozvole u skladu s projektom postojećeg stanja građevine. U slučaju kada se radi o građevini koja je upisana u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske potrebno je ishoditi dopuštenje prema Zakonu o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara (Zakon o gradnji, 2019).

Popisivanje šteta i procjena obavljaju se prema Obrascu za popis štete od potresa na kulturnim dobrima. Nakon statičke provjere oštećenih elemenata i procjene o potrebi njihova uklanjanja, radovima se može pristupiti tek nakon ishoda uvjeta Konzervatorskog zavoda (Todorić i Bogdan, 2020). Glavna značajka obnove kulturno zaštićenih spomenika je zaštita i očuvanje vrijednih povijesnih elemenata unutar građevine u skladu s konzervatorskim smjernicama. Za vrijeme odvijanja radova iskopa za proširenje temelja i bušenja geotehničkih sidara bilo je potrebno osigurati stalni arheološki nadzor jer se ispod crkve nalazi kripta s grobnicama pa su



se pri radu trebale poštivati konzervatorske smjernice kako bi se ostaci sačuvali i prikladno premjestili. Također je bilo potrebno da restauratori demontiraju i odlože u čuvaonicu sve lijevane ornamente kao što su snopovi polukapitela, polukapiteli i ukrasne konzole izrađene od gipsa.

Prije donošenja odluke o tehnologiji obnove crkve u obzir treba uzeti neke opće kriterije koji se odnose na troškove radova i značenje građevine, dostupnost odgovarajuće tehnologije te načela očuvanja povijesne vrijednosti kulturnih dobara. Detaljna dijagnoza konstrukcije osnova je za donošenje odluke o tome koja su tehnološka rješenja najprikladnija za postizanje veće otpornosti građevine te za realnu procjenu troškova potrebnih intervencija, koja je u velikom broju slučajeva najznačajniji kriterij za obnovu i ojačanje. Da bi građevina bila otporna na seizmička i druga opterećenja, cjelovita konstrukcija treba posjedovati odgovarajuću otpornost, duktilnost i sposobnost raspršivanja energije (Tomažević, 2000). Postupci obnove i ojačanja starih zgrada zahtijevaju uporabu visokokvalitetnih materijala koji svojim mehaničkim karakteristikama, čvrstoćom i krutošću, zidu osim obnove trebaju osigurati stabilnost i trajnost (Hadzima-Nyarko i dr., 2020).

Građevini je uslijed potresa i dotrajalosti narušena mehanička otpornost i stabilnost međutim temeljem pregleda nosive konstrukcije građevine i preliminarnih proračuna ocjenjuje se da je moguća sanacija nastalih oštećenja te ojačanje s ciljem postizanja razine 3: pojačanje konstrukcije sukladno Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije. Pojačanje potresom oštećene građevinske konstrukcije zgrade izvršava se uz primjenu postupaka kojima se postiže povećanje mehaničke otpornosti i stabilnosti zgrade u odnosu na potresno djelovanje za poredbenu vjerojatnost premašaja od 20% u 50 godina (povratni period 225 god.) za granično stanje znatnog oštećenja (Trogrlić i Nižetić, 2021). Projektirani vijek uporabe građevine nakon obnove je najmanje 100 godina. Na slici 32. je prikazana crkva sv. Franje i zvonik tijekom izvedbe radova na cjelovitoj obnovi konstrukcije.



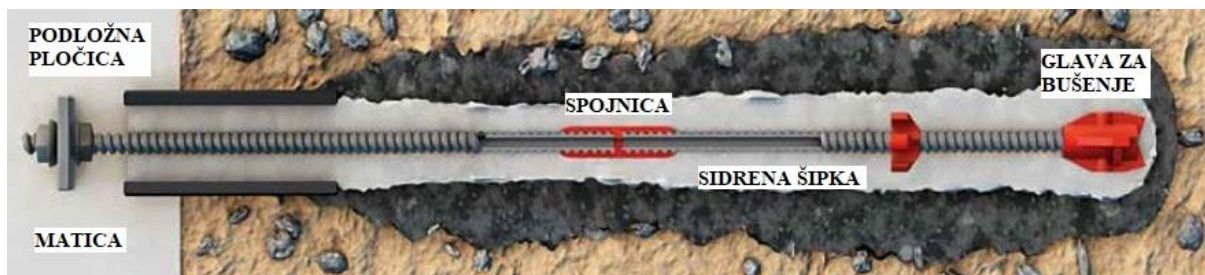
**Slika 32. Crkva sv. Franje i zvonik tijekom obnove (Foretić, 2021)**

### **3.4.2. Geotehnička sidra**

Geotehnička sidra su najčešće relativno dugi čelični nosači kružnog poprečnog presjeka koji ugrađeni u stijensku masu prvenstveno prenose vlačna opterećenja, ali mogu prenijeti i tlačna, savojna, posmična i torzijska opterećenja. Ovisno o primijenjenoj antikorozivnoj zaštiti, geotehnička sidra mogu biti privremena i trajna. Prema vrsti sidra se dijele na aktivna i pasivna. Ako se za vrijeme ugradnje u geotehnička sidra unosi sila specijalnom prešom tada se radi o aktivnim sidrima koja se koriste za sile veće od 400 kN. S druge strane pasivna sidra prenose opterećenje tek nakon deformacija stijenske mase tj. aktiviraju se pomakom konstrukcije. Sidra se ugrađuju u bušotine sidrenjem mehaničkim putem, trenjem ili injektiranjem smjesama na bazi cementa, bentonita i umjetnih smola (Kovačević, 2021). Koriste se kao nosivi elementi pomoću kojega se sile s konstrukcije prenose u tlo ili stijensku masu.

Sidro predstavlja statički element preko kojeg se prenosi vlačna sila s konstrukcije u tlo. Sidrenje se u inženjerskoj praksi koristi zbog jednostavnosti izvođenja, brzine, efikasnosti i ekonomičnosti posebice kod obnova i ojačanja građevina. Sidro je geostatički element koji je sastavni dio sklopa objekt-sidro-tlo, unutar kojeg su redovito vrlo složena stanja naprezanja i deformacija. Kod geotehničkih sidara prednaprezanje se provodi sa svrhom da se sidro po potrebi trenutno aktivira i spriječi eventualni nepoželjni pomak objekta (Jašarević, 1987). Injekcijska smjesa omotava sidro štiteći ga od korozije i stvara s tlom ukrućenu cjelinu.

Korištena su samobušiva sidra, a njihova glavna karakteristika je da na svom vrhu imaju samobušaću glavu odgovarajućeg promjera. Time se istodobno vrši bušenje bušotine i završno postavljanje čeličnog sidra koje je u sredini šupljeg profila te omogućuje injektiranje bušotine. Njihova prednost je u većoj dužini izvedbe i upotreba u oštećenim stijenskim masama ili tlima u kojima postoji opasnost od zarušavanja bušotine uslijed izvlačenja bušaće šipke. Samobušivo sidro se sastoji od šuplje čelične cijevi odgovarajućeg vanjskog i unutarnjeg promjera, tipskih spojnica, bušaće glave na jednom kraju, a na drugom ima maticu s podložnom pločicom (slika 33.) (Kovačević, 2021).



**Slika 33. Dijelovi samobušivog sidra (Geotech, 2020)**

Postupak njegove ugradnje može se podijeliti u nekoliko koraka: priprema samobušće glave, bušenje, injektiranje, prednaprezanje te zaklinjavanje pomoću podložne pločice i matice. Prednost samobušćeg prednapetog sidra je u tome što se procesi bušenja i ugradnje odvijaju istovremeno pa je pogodan kod mekanih iskopa i velikih nagiba tla (Xie i dr., 2012).

Samobušiva geotehnička sidra su u promatranom slučaju imala funkciju stabilizacije kontrafora i ojačanja temelja ispod kontrafora te preuzimanje horizontalnih opterećenja. Šuplja čelična cijev se ugrađuje do potrebne dubine metodom udarnog rotacijskog bušenja. Ugrađivano je sidro ukupne duljine 15,0 metara te sidrišne dionice 10,0 metara koja se ostvaruje ubrizgavanjem injekcijske smjese kroz šupljinu cijevi. Na vrh prve cijevi ugrađuje se bušaća glava koja razgrađuje materijal te ima otvore za injektiranje tijekom i nakon bušenja. Proces injektiranja je gotov kada injekcijska smjesa dođe na ušće bušotine. Smjesa za injektiranje sastoji se od cementa s dodatkom sredstva za bubrenje. Za tijelo sidra upotrebene su čelične navojne šipke vanjskog promjera 50 mm, duljine 3 m te promjera 100 mm (slika 34.). Potrebna nosivost za trenutno-kratkotrajno opterećenje iznosi 300 kN. Za ostvarenje sile prednaprezanja primjenjivale su se specijalne hidrauličke preše (Foretić i Trogrlić, 2021).



**Slika 34. Ugrađena geotehničkih sidara (Foretić, 2021)**

Sidra preuzimaju vlačna naprezanja naglavne grede temelja kontrafora. Preko naglavne grede vrši se stalna raspodjela sila i deformacija te stoga ona predstavlja element kontinuiteta. Projektom je obuhvaćeno proširenje temelja kontrafora s tri strane zbog potrebe za ukrutom kontrafora. Kroz temelje i naglavnu gredu prolaze sidra na dubinu od 15 metara. Nakon što se napravio adekvatan iskop oko temelja kontrafora postavljena je oplata i armatura za ojačanje temelja betonom. Zatim je na vrhu temelja izvedena naglavna greda s tri strane kontrafora. Po dva sidra su se izvodila na bočnim stranama kontrafora tek 15 dana nakon betoniranja temelja, ali prije izvedbe tankostijene armiranobetonske obloge kontrafora. Poslije naprezanja sidara na projektiranu silu, i glave sidara su se prekrile betonskom pločom (Mihovilović, 2021). Na slici 35. prikazan je poprečni presjek kontrafora, temelja i geotehničkih sidara u 3D BIM modelu crkve.



**Slika 35. BIM model crkve s presjekom kroz kontrafor, temelj i geotehnička sidra (Prekrtić, 2021)**

Metoda ugradnje sidara osigurava bolju mehaničku otpornost i stabilnost cjelokupne konstrukcije, a s druge strane sidra ne ugrožavaju izgled i bitne elemente crkve. Svrha korištenja geotehničkih sidara je stabilizacija temelja kontrafora kao mjera potresnog ojačanja konstrukcije. Prednaprežanjem sidara unosi se tlačna sila kako bi se postigla kruta veza s podlogom te omogućilo preuzimanje opterećenja.

### **3.4.3. Armiranobetonska obloga**

Oblaganje površine zidova uobičajena je metoda koja se uglavnom razvila iskustveno. Armiranobetonska obloga pojačava zid i utječe na arhitektonski ili povijesni izgled konstrukcije. Postupak oblaganja zidova primjenjuje se: ako su pukotine velike i duboke, odnosno kada postoje znatna oštećenja; kod pojačanja zidova za prihvat potresnih horizontalnih opterećenja i kada se zidovima daje određena statička uloga (Hadzima-Nyarko i dr., 2020).

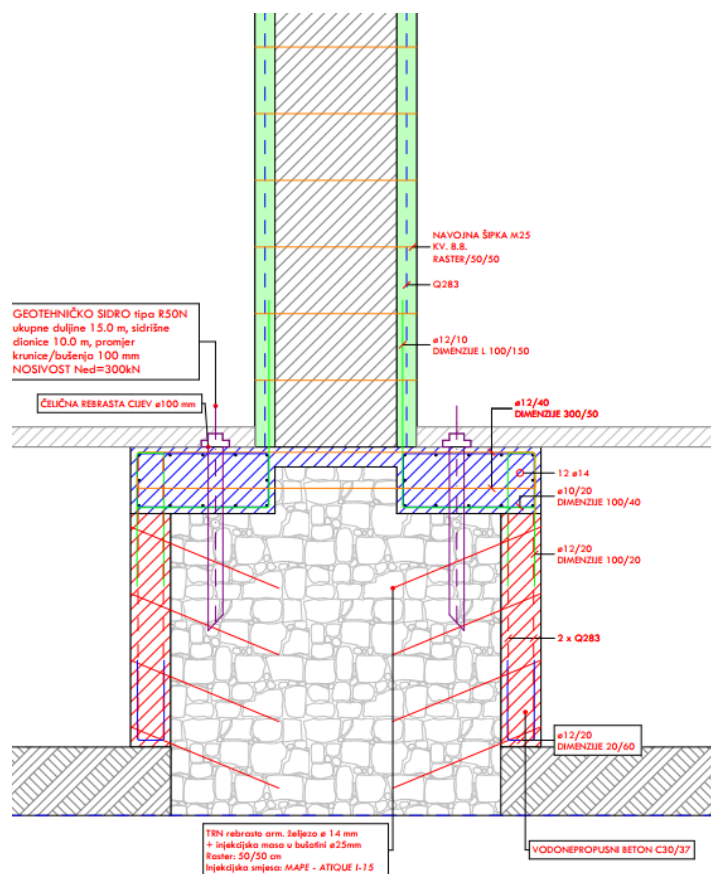
Beton je kompozitni građevinski materijal koji se dobiva stvrdnjavanjem mješavine cementa, vode i agregata. Osim tih sastojaka, u modernoj tehnologiji, vrlo često se upotrebljavaju dodaci betonu ili aditivi koji mu daju posebna svojstva (Galić, 2016). Karakterizira ga velika tlačna čvrstoća i mala vlačna čvrstoća. Da bi popravili ovaj osnovni nedostatak betonu dodajemo armaturu koja preuzima vlačna naprezanja. Armirani beton kao kompozitni materijal osigurava zajedničko optimalno djelovanje betona u tlaku i armature u vlaku. U odnosu na druge materijale, ima niz prednosti kao što su nezapaljivost, trajnost, relativno mali troškovi održavanja i mogućnost izrade najraznovrsnijih oblika (Harapina i dr., 2020).

Beton ima dominantnu ulogu u građenju zbog niske početne cijene, široke dostupnosti sastavnih komponenata i superiornosti nad drugim materijalima u prijenosu tlačnog naprezanja te pogodnost ugradnje čelične armature za preuzimanje vlačnog opterećenja (Beslač, 2000). On je kombinacija dvaju po mehaničkim karakteristikama različitih materijala, betona i čelika, koji zajednički sudjeluju u prijenosu opterećenja kao jedna monolitna cjelina (Gukov, 2019).

Metoda ugradnje armiranobetonske obloge se sastoji od pojačanja elemenata konstrukcije pomoću betona u kombinaciji s prethodno postavljenom armaturom s jedne ili s obje strane zida. Zbog jednostavne izvedbe i iznimne učinkovitosti metoda se upotrebljava širom svijeta za pojačanje zidanih konstrukcija kod kojih je dopušteno povećanje presjeka. Cilj tehnike je povezati različite slojeve zida, to jest stvoriti deblji presjek kako bi se povećale tlačna, vlačna i posmična čvrstoća te duktilnost (Baričević i Pojatina, 2021).

Nedostaci pri izvedbi armiranobetonske obloge su sljedeći: povećanje težine konstrukcije, promjena ponašanja konstrukcije pri seizmičkom opterećenju, dodatna debljina zida smanjuje korisni prostor, utječe na brzinu izvedbe tj. potreban je dulji period za izvedbu, nužan je prekid funkcionalnosti zgrade, događa se korozija armature, nedovoljna učinkovitost izvedbe na kutevima odnosno spojevima različitih konstrukcijskih elemenata. Upravo su to razlozi kontinuiranog istraživanja i primjene novih sustava obnove i pojačanja zidanih građevina koji ne narušavaju nosivost, a ekonomski su prihvatljiviji, jednostavni za izvedbu i djeluju povoljno na estetske zahtjeve građevine (Galić i dr., 2020).

U svrhu ojačanja postojećih kamenih temelja kontrafora armiranobetonskom oblogom pažljivo su izvedeni iskopi u crkvi kako ne bi došlo do rastresanja postojećeg zida i temelja, a osobito oštećenja zidova i ploče kripte koja se nalazi ispod crkve. Uklonjeni su svi slojevi poda, a kamen se odlagao na posebno mjesto. Tlo u iskopu se sastoji od šljunčanog nasipa do oko 0,5 m dubine, a zatim slijedi glina srednje plastičnosti. Ostvarena armiranobetonska obloga temelja široka je 30 cm sa svake strane te visoka 2,4 m. Temelji su izvedeni od betona C30/37, armirani s armaturnom mrežom kvalitete B500B, a zaštitni slojevi su debljine 5,0 cm. Armatura je sidrena za temelje kontrafora kao što je prikazano na slici 36. pomoću rebrastih armaturnih šipki promjera Ø14 mm.



**Slika 36. Karakteristični detalj temelja kontrafora (Foretić i Trogrlić, 2021)**

Kontrafore su zidane mješovitim zidom (nepravilan kamen, opeka, vapneni mort i šuta) u različitim fazama gradnje što je uzrok velikih dijagonalnih lomova i pukotina. S tim razlogom ojačanje kontrafora u zapadnom dijelu crkve postiglo se tankostjenim armiranobetonskim oblogama. Obloge su većinom izvedene s tri strane kontrafora po cijeloj visini, osim na mjestima gdje je oslikan zid (Prilog 1.). Sidrene su u temelje i povezane s krovnim vijencem i međukatnom konstrukcijom ispod krovišta, dok su temelji sidreni putem geotehničkih sidara. Takvi vertikalni serklaži se preko naglavnih greda povezuju s geotehničkim sidrima koji su zabušeni u temeljno tlo. Dakle, izvedba horizontalnih i vertikalnih serklaža obuhvaća područje od temelja unutarnjih kontrafora do vrha vijenca crkve što čini jedinstvenu povezanu konstruktivnu cjelinu (Prilog 2.).

Izvedbom vertikalnih serklaža oko kontrafora povećava se njihova nosivost i plastična svojstva (Hadzima-Nyarko i dr., 2020). Pripremni radovi na unutarnjim površinama kontrafora prije ugradnje armiranobetonskih obloga obuhvaćali su obijanje postojeće žbuke, obnovu sljubnica novim mortom te injektiranje zida. Zatim su na unutarnje površine kontrafora postavljene armaturne čelične mreže te slojevi betonske obloge koji su na suprotnim licima zida povezani

zategama kao što je prikazano na slici 37. Gotovi beton se dopremao automješalicom na gradilište te se uz pomoć pumpe za beton transportirao na mjesto ugradnje. Upotrebljavala se duo sistemska oplata čije su karakteristike jednostavna i brza montaža i demontaža, mala težina i kvalitetna površinska obrada betona nakon stvrdnjavanja u odnosu na tradicionalnu oplatu. Prema potrebnom stupnju pojačanja debljina obloge je iznosila 20 cm sa svake strane kontrafora što povećava njihovu težinu. Zatege koje imaju funkciju stabilizacije armaturne mreže su injektirane cementnim mortom i pričvršćene navojnom pločicom i maticom.



**Slika 37. Prikaz izvedbe armiranobetonske obloge kontrafora (Foretić, 2021)**

Armiranobetonske obloge u obliku serklaža primijenjene su kod izvedbe ojačanja zabatnog zida te novih horizontalnih serklaža koji omataju crkvu u krovnoj ravnini. Cijeli zabatni zid na zapadnom pročelju crkve je srušen, te je izveden novi kojemu nosivu konstrukciju čine vertikalni i kosi armiranobetonski serklaži, a ispunjena je od opeke i vapnenog morta (slika 38.). Horizontalni armiranobetonski serklaži na vrhu vanjskih zidanih zidova i unutarnjih greda pojačavaju građevinu u razini vijenca i međukatne konstrukcije ploče te imaju zadaću povezivanja nosivih zidova i u znatnoj mjeri povećavaju stabilnost cijele konstrukcije.





**Slika 38. Izvedba armiranobetonskih serklaža na zabatnom zidu crkve (Foretić, 2021)**

#### **3.4.4. Injektiranje**

Konsolidacijska cjelovitost i homogenost, ispunjavanje šupljina, poboljšanje mehaničkih karakteristika i zapunjavanje pukotina u zidovima i drugim konstrukcijskim elementima mogu se ostvariti injektiranjem. Glavna ideja takve vrste pojačanja je povezivanje i ukrućenje nestabilnih dijelova nakon očvršćivanja injekcijske smjese (Baričević i Pojatina, 2021). Injektiranje predstavlja tehnički postupak kojim se posebne injekcijske smjese posredstvom bušotina ubrizgavaju u stijene, nevezana tla ili konstrukcijske elemente radi poboljšanja njihovih mehaničkih karakteristika i smanjivanja vodopropusnosti (Jašarević, 1987).

Zadaća injektiranja je poboljšati posmičnu i tlačnu čvrstoću na mjestima gdje je došlo do pojave pukotina. Smatra se najjednostavnijim postupkom popravka i pojačanja zidanih konstrukcija. Zid pojačano injektiranjem ima znatnu bočnu deformabilnost i bolju sposobnost raspršivanja potresne energije (Hadzima-Nyarko i dr., 2020). Niskotlačno injektiranje šupljina prikladno je za konsolidaciju građevine te povećanje homogenosti i čvrstoće strukture zidova kako bi se vratilo konstrukciju u prvobitno stanje.

Od tradicionalnih tehnika ojačanja danas se najviše koristi injektiranje hidrauličkim mortovima te se smatra rješenjem za većinu slučajeva oštećenja zidova. Tehnika se u osnovi sastoji od popunjavanja šupljina ili pukotina unutar zida injektiranjem nove smjese kako bi se ostvarila njegova homogenost. Prije injektiranja treba prethoditi procjena efektivne mogućnosti da se

injekcijska smjesa može pravilno rasporediti unutar zida s obzirom na tipologiju i sastav zida (Corradi i dr., 2002).

Učinkovitost injektiranja zida ovisi o fizikalno-kemijskoj kompatibilnosti mješavine koja se injektira s postojećim zidom (Hadzima-Nyarko i dr., 2020). Secco (2012) je analizirajući povijesne građevine oštećene potresom u talijanskoj regiji Abruzzo došao je do zaključka da vapnene, hidrauličko-vapnene i pucolanske smjese za injektiranje uzrokuju poboljšanje mehaničkih svojstava obnovljenih zidova te su potpuno kompatibilne s kemijsko-fizikalnog stajališta s povijesnim materijalima. Stoga je bitno da injekcijske smjese budu što sličnije osnovnom materijalu, a kod zidanih građevina preporučuje se korištenje smjesa na bazi hidrauličnog vapna koji ima svojstva slična korištenom mortu.

Tehnike injektiranja i s njim povezana metoda obnove sljubnica na zidovima rezultiraju snažnim povećanjem posmične krutosti s minimalno tri puta većim vrijednostima (Borri i dr., 2008). Visoka penetracija smjese osigurava se finoćom komponenata i niskom viskoznošću, pri čemu vrijeme vezivanja i očvršćivanja treba uskladiti s uvjetima izvođenja uz nisku razinu skupljanja i bubrenja, netopljivosti u vodi i otvorenosti za difuziju vodene pare (Baričević i Pojatina, 2021). Materijal se širi kroz šupljine u zidu i stvrdnjava se kako bi popunio praznine ili pukotine te osigurao međusobnu povezanost i potrebna svojstva zida. Stoga je svrha injektiranja sanacija i poboljšanje mehaničkih svojstava gradiva odnosno konstrukcijskog elementa.

Obično su kod starih građevina izvedeni višeslojni zidani zidovi s nepravilnim vezovima i kamenim nabačajem s velikim brojem šupljina. Takvi zidovi su osjetljivi na vertikalna i potresna opterećenja, stoga im je injektiranjem potrebno povećati nosivost i ostvariti kompaktnost (Galić i dr., 2020). Zidovi starih zidanih građevina su obično nadozidani te je ispuna često od lošijeg materijala (kameni nabačaj, zemlja, šuta) zbog uštede kvalitetnijeg materijala. Na slici 39. uočavaju se tri različite faze dogradnje kontrafora koje pokazuju nehomogenost strukture te veliku poroznost. Prvi sloj uz zid je od pune opeke, u sredini se nalazi široki sloj kamenog nabačaja (nepravilan kamen) dok je na drugom kraju opet tanki sloj pune opeke. Također se pokazalo i da je vezivno sredstvo (mort) bilo slabije kvalitete. Takva struktura kontrafora imala je lošu povezanost i čvrstoću što je jedan od razloga zašto su se pojavile brojne i široke dijagonalne pukotine i slomovi zida. Stoga se metoda injektiranja pod tlakom primijenila kod ojačanja zidova kontrafora.



**Slika 39. Različite faze gradnje kontrafora (Foretić i Trogrlić, 2021)**

U slučaju promatrane crkve sv. Franje Asiškog bušile su se rupe dubine  $\frac{2}{3}$  debljine zida na razmaku oko 25 cm kako bi se ostvarila homogena struktura zida (slika 40.). Potom slijedi ispiranje bušotina vodom i zasićenje zida. Fiksiranje pakera (cjevčica) izvodilo se brzovezujućim mortom ili mortom za ispunjavanje sljubnica. Pakeri se ugrađuju u zid 10-cm. Sa zidanom konstrukcijom su kompatibilne bescementne vapnene smjese koje svojim mehaničkim i fizikalno-kemijskim karakteristikama odgovaraju zidanim konstrukcijama. Takva injekcijska smjesa se ugrađivala pod niskim tlakom od 1 do 1,5 bar kroz pakere pomoću pumpe za injektiranje. Bitno je krenuti od najniže točke prema višim točkama. Prelazak na sljedeći paker se provodi u trenutku kad na susjednom pakeru dođe do istjecanja injekcijske smjese, što je ujedno i kontrola ispunjenosti. Nakon očvršćivanja injekcijske smjese višak pakera se odreže i mjesto se popuni mortom (Foretić i Trogrlić, 2021).



**Slika 40. Zid kontrafora nakon injektiranja (Foretić, 2021)**

Injektirana smjesa poboljšava mehaničko ponašanje ispune (srednjeg manje kvalitetnog sloja), kao i svojstva vanjskih slojeva. Na takav način je zidani element homogeniziran, a rezultat toga je veća otpornost ispune na tlačno opterećenje te smanjenje naprezanja i deformacija u vanjskim slojevima. Time je povećana tlačna čvrstoća zida i odgođena pojava poprečnih pukotina. Istraživanjem je pokazano da injekcijske smjese na bazi cementa dovode do krhkijeg ponašanja zida, dok smjese na bazi hidrauličnog vapna omogućuju da zid podnese veća tlačna opterećenja prije dostizanja maksimalne otpornosti (Vintzileou, 2011).

Proces injektiranja na ovoj građevini se pažljivo izvodio zbog velike razine poroznosti zidova. Ova metoda sanacije zida je najmanje invazivna jer ne narušava strukturu i oblik građevinskih elemenata te ih održava u izvornom obliku. Metoda injektiranja zida primijenjena je na cjelovitoj zidanoj konstrukciji crkve i zvonika, s posebnim naglaskom na već spomenute kontrafore te na sjeverni, zapadni i južni nosivi zid crkve (slika 41.). Zidovi zvonika su također injektirani iznutra i izvana kako bi se lokalno ojačalo konstrukciju.



**Slika 41. Injektiranje na južnom zidu crkve (Foretić, 2021)**

### **3.4.5. Vlasknima armirani polimeri**

Vlasknima armirani polimeri (eng. *fiber reinforced polymer* - FRP) su kompozitni materijali koji se sve više upotrebljavaju za potrebe sanacije i ojačanja postojećih konstrukcija. Trenutno je glavno područje primjene FRP-a u građevinarstvu zamjena za čelik i armaturu (Galić i dr., 2020). Sastoji se od kontinuiranih dugih karbonskih, staklenih ili aramidnih vlakana te polimerne matrice, najčešće epoksidnih smola koja imaju izvrsna svojstva lijepljenja. Polimeri ojačani vlasknima mogu se smatrati heterogenim i anizotropnim materijalima te su prikladni za primjenu kod povijesnih zaštićenih građevina gdje je potrebno očuvanje izvornih struktura ili gdje tradicionalne tehnike nisu učinkovite. U FRP materijalima vlakna preuzimaju opterećenje i nositelji su čvrstoće, dok polimerna matrica povezuje vlakna i podlogu, omogućava raspodjelu opterećenja između vlakana i štiti ih od štetnih vanjskih utjecaja čineći tako kompozit velike čvrstoće i modula elastičnosti (Ascione i dr., 2013).

Polimeri ojačani vlasknima sastoje se od najmanje dva sastavna materijala koji se razlikuju u pogledu termomehaničkih svojstava, a kombiniranjem njihovih svojstava ostvaruje se poželjni i učinkovitiji materijal. Ključna značajka kompozita je da sastavni materijali ostaju odvojeni i različiti u konačnom proizvodu. Proizvodni proces se sastoji od proizvodnje tkanine (tkanje,

pletenje ili šivanje) koje se zatim spajaju polimernom matricom ručno, poluautomatski ili automatski. Prednosti polimernih matrica su niska cijena, jednostavnost obrade, niska gustoća i dobra kemijska otpornost (Zoghi, 2013).

Najvažnija svojstva FRP-a su neosjetljivost na koroziju, velika vlačna čvrstoća u smjeru vlakana, mala zapreminska težina (oko 6 puta manja od čelika), dobro ponašanje pod dinamičkim opterećenjem (70% vrijednosti početne čvrstoće nakon 2 milijuna ciklusa) te ne provodi električnu energiju (Galić i dr., 2020). Ostale povoljne karakteristike su sposobnost prigušenja vibracija, otpornost na većinu kiselina i lužina, mogućnost korištenja različitih oblika i dužina, jednostavnost primjene te smanjenje troškova zbog nekoristenja oplata (Risan i dr., 2017). Osim toga posjeduje dobra svojstva vezana za zamor materijala (Hadzima-Nyarko i dr., 2020).

Ovaj je sustav često korišten zbog brze ugradnje na licu mjesta, pogodnosti za obrađivanje i povećanom otpornošću na agresivno okruženje što smanjuje ukupne troškove i troškove samog održavanja. Osim toga, mala težina FRP sustava ostvaruje jako povoljan omjer krutosti i vlastite težine materijala (Ascione i dr., 2016). Bitno je da ovaj postupak ne djeluje invazivno na zidanu konstrukciju. Njihovom upotrebom se postiže značajno povećanje krutosti, čvrstoće i duktilnosti ojačanih elemenata bez dodavanja mase konstrukciji, a ukupna krutost objekta ovisi o vrsti i količini slojeva (Albert i dr., 2001; Hadzima-Nyarko i dr., 2020).

FRP materijali imaju dobru trajnost u usporedbi s konvencionalnim građevinskim materijalima pa se njihovom upotrebom smanjuju troškovi održavanja i popravaka (Raftery i Whelan, 2013). Međutim, njegovi nedostaci su linearno-elastično ponašanje do sloma, koeficijent toplinskog širenja je znatno manji nego kod betona, nije otporan na visoke temperature, a tlačna čvrstoća iznosi oko 50% vlačne čvrstoće. Još jedan bitan nedostatak je mala otpornost na požar (Galić i dr., 2020). U uvjetima izloženosti vatri, smanjenje mehaničkih svojstava FRP-a može se značajno spriječiti korištenjem pasivnih sustava zaštite (protupožarni premazi i vatrootporne boje) ili aktivnih sustava zaštite (prskalice). Mehanička svojstva FRP sustava se smanjuju pod utjecajem alkalnog okoliša, vlage, ekstremnih temperatura, ciklusa smrzavanja i odmrzavanja te ultraljubičastog zračenja (Ascione i dr., 2016). Stoga FRP tehnologija postavljena s vanjske strane ima neka ograničenja: nemogućnost ugradnje FRP-a na vlažnu podlogu, loše ponašanje smole na temperaturama iznad njezine temperature staklastog prijelaza i nedostatak paropropusnosti što može uzrokovati oštećenje podloge (Babaeidarabad i dr., 2014; Tumialan i De Luca, 2014).

FRP prenosi isključivo vlačna naprezanja unutar konstrukcijskog elementa i između različitih konstrukcijskih elemenata te se postavlja u vlačnom području (Corradi i dr., 2002). Kod tlaka, FRP proizvodi ne povećavaju učinkovitost pojačanog elementa jer imaju manju nosivost na tlak, ali i zbog malih dimenzija često dolazi do lokalne nestabilnosti i odvajanja. Pojačanje zidane konstrukcije FRP-om se ostvaruje lijepljenjem na zidane elemente epoksidnim smolama i eventualno mehaničkim sidrenjem (Galić i dr., 2020).

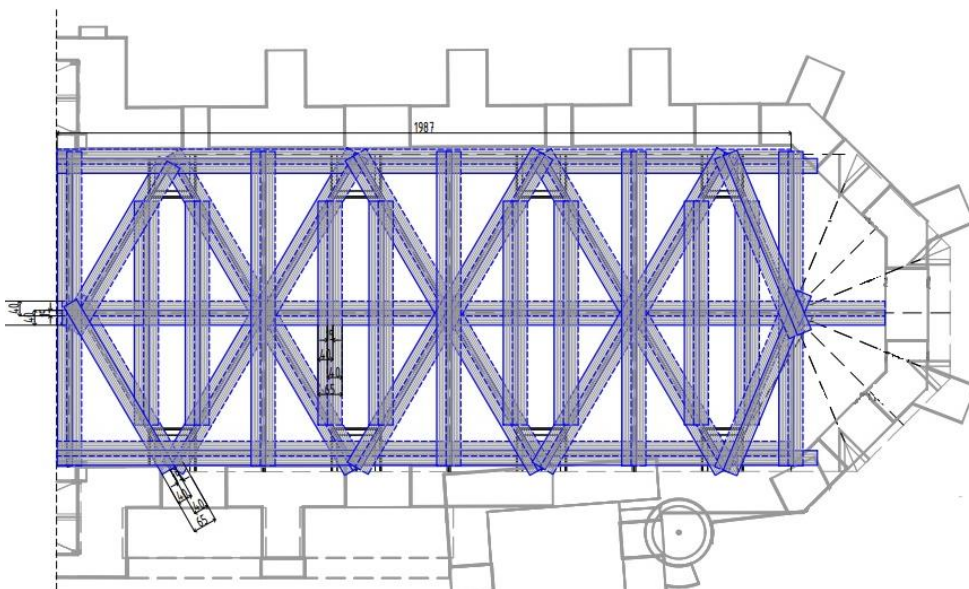
Načini otkazivanja ziđa pojačanog FRP-om nastaju zbog: pretjeranog raspucavanja ziđa koje je posljedica velikih vlačnih naprezanja, drobljenja ziđa, sloma FRP-a dosežanjem vlačne čvrstoće te odvajanja sa ziđa u vlačnoj zoni koje dovodi do krtoog loma (Ascione i dr., 2013). Najčešće se događa kombinacija odvajanja i još jednog načina otkazivanja. FRP sustav se primjenjuje kod pojačavanja stropnih dijafragmi i drvene krovne konstrukcije, međusobnog povezivanja zidova, povećanja kapaciteta nosivosti zidova u ravnini i na savijanje okomito na ravninu, povećanje kapaciteta nosivosti lukova, svodova i kupola te ovijanje stupova radi poboljšanja tlačne čvrstoće i duktilnosti (Galić i dr., 2020).

Cilj je omatanje i povezivanje zidova u razini svodova po mogućnosti s obje strane kako bi se postigla funkcija horizontalnog serklaža čime bi se spriječilo odvajanje zidova odnosno poboljšala mjesta spoja i sudara zidova (Galić i dr., 2020). Time se postiže povećanje duktilnosti svakog konstrukcijskog elementa, a samim time i cijele zidane konstrukcije. Izvanravninsko urušavanje zidova prevrtanjem jedna je od najčešćih vrsta sloma zidanih konstrukcija, a optimalno rješenje je ovijanje cijelog opsega objekta FRP trakama (Ascione i dr., 2013).

FRP trake se koriste i za ojačanje horizontalnih elemenata konstrukcije kao što su svodovi sa zadaćom poboljšanja duktilnosti i stabilnosti čime se smanjuje opasnost od urušavanja i omogućava raspršivanje opterećenja (Ascione i dr., 2013). Kod zidanih lukova dovoljno je pojačati samo intrados ili ekstrados FRP trakama, dok je za svodove preporuka ojačanje s obje strane (Baričević i Pojatina, 2021). Trake su ugrađene na intradosu i ekstradosu svoda istočnog dijela crkve kao što je prikazano na slici 42. na već postavljeni FRCM sustav. Njima je obložena i cijela donja zona svoda pjevališta. Na slici 43. prikazan je plan ugradnje FRP traka na intrados svoda u istočnom dijelu crkve. Korištene su trake širine 40 cm, a minimalni poprečni preklop iznosio je 15 cm.



**Slika 42. Ugradnja FRP traka na ekstradosu istočnog dijela crkve (Foretić, 2021)**



**Slika 43. Plan ugradnje FRP traka na intradosu svoda u istočnom dijelu crkve (Foretić i Trogrlić, 2021)**

Kako bi se ostvarila kvalitetna veza između FRP-a i površine zida, iznimno su važni povoljni uvjeti na mjestu ugradnje te kvalitetna obrada površine zida. Potrebno je paziti na kvalitetu i potpunu kompatibilnost svih komponenata kako bi se izbjeglo odvajanje FRP-a od podloge (Sorić i Kišiček, 2020). Karbonska užad se upotrebljavala za međusobno povezivanje i sidrenje mreža i traka na licu zida. Ugrađuje se u prethodno izbušene otvore i preklapa širenjem niti i fiksiranjem ljepilom po licu zida.



Na promatranoj građevini korištene su FRP trake (imaju manje otvore u odnosu na tkanine) i sidra (užad). Prilikom izvedbe na crkvi sv Franje i zvoniku ugradnja FRP traka ovisila je o temperaturi i vlažnosti okoline te karakteristikama podloge. Prije njihove ugradnje izravnala se podloga vapnenim mortom koji dobro prijanja na zidanu konstrukciju nakon što je zide injektirano i obnovljene sljubnice. Zatim se nanosio dvokomponentni epoksidni temeljni premaz (primer) kako bi se ostvarila dobra prionjivost, a dok je on još svjež postavljao se sloj epoksidnog kita i sloj tekuće epoksidne smole. Potom se ugrađuju FRP trake s preklopima od minimalno 0,5 m u nosivom smjeru te se nanosi drugi sloj epoksidne smole. Na kraju postupka je potrebno epoksidnu smolu dok je još svjež posuti suhim pijeskom. Važno je pravilno sidriti materijal u zidove, a preporuka je da sidrenje bude minimalno 30 cm (Foretić i Trogrlić, 2021).

FRP sustavi su posebno prikladni za omatanje objekata na podnim i krovnim područjima, stupovima te za povezivanje zidova lijepljenjem traka samo na vanjske strane ili obostrano (Baričević i Pojatina, 2021). FRP trakama su ovijeni i donji dijelovi kontrafora do razine oslika nakon ugradnje armiranobetonskih obloga radi poboljšanja tlačne čvrstoće i duktilnosti te pojačanja i povezivanja kontrafora sa zidom.

Zatim, doprinose povećanju kapaciteta nosivosti zidova na savijanje okomito na ravninu postavljanjem traka u vertikalnom smjeru segmentno (Baričević i Pojatina, 2021). Budući da je na zvoniku došlo do posmičnog sloma klizanjem FRP trake se postavljaju dijagonalno preko klizne plohe uz dodatne vertikalne dijelove. Na takav način FRP trakama je ojačan cijeli zvonik iznutra i izvana u horizontalnom, vertikalnom i dijagonalnom smjeru. Prilikom omatanja zvonika FRP trakama osobita pažnja se posvećivala zonama nadvoja iznad visokih otvora gdje su postavljena dva sloja ojačanja.

#### **3.4.6. Tkaninom armirane cementne matrice**

Tkaninom armirane cementne matrice (eng. *fabric reinforced cementitious matrix* - FRCM) su relativno moderna i kompatibilna tehnologija ojačanja postojećeg zida koja se sastoji od nanošenja slojeva cementne matrice ili morta s ugrađenom tkaninom od visokovrijednih vlakana. Ova tehnologija može biti vrlo korisna za povećanje potresne otpornosti zidanih građevina, budući da se armatura na bazi vlakana, koja nosi velika vlačna naprezanja, suprotstavlja širenju pukotina i osigurava duktilnost zidova (Boem, 2022).

Tkanine su obično izrađene od ugljičnih, staklenih i bazaltnih vlakana te imaju funkciju preuzimanja vlačnih naprezanja. Funkcija matrice je obaviti i zaštititi tkaninu, te prenijeti

opterećenja s podloge na tkaninu. Matrica (mort) može biti na bazi vapna ili pucolanskog cementa. Mort treba biti neskupljajući i obradiv, kako bi se lako nanosio i prodirao u otvore tkanine, a viskoznan za nanošenje na okomite površine. FRCM sustavi nude bolja svojstva pri povišenim temperaturama, vlažnosti i ultraljubičastom zračenju od FRP sustava te bolju kompatibilnost s podlogom i poboljšanje trajnosti. Poroznost i paropropusnost cementnih matrica slične su zidanoj podlozi pa se vlaga ne zadržava unutar zida (Tumialan i De Luca, 2014). Radi bolje adhezije s matricom vlakna tkanine su obično impregnirana organskim premazima što dodatno utječe na trajnost vlakana. FRCM kompoziti omogućavaju pojačanja konstrukcije uz znatno manju debljinu sloja koja prosječno iznosi 1,5 cm (Baričević i Pojatina, 2021).

U literaturi se za FRCM koriste i termini TRM (textile reinforced mortar), MBC (mineral-based composite) i TRC (textile-reinforced concrete). Ovo je također kompozitni materijal nastao zamjenom organskog veziva (matrice) s anorganskim, najčešće cementni ili vapneni mort, kako bi riješio nedostatke FRP sustava (Misseri i dr., 2019). Tkanine su izrađene od snopova vlakana u dva ortogonalna smjera (Kišiček i dr., 2020). FRCM-om se povećava otpornost zida na posmik i savijanje u ravnini, savijanje izvan ravnine te vertikalna nosivost (Kouris i dr., 2018). Problem koji se javlja kod pojačavanja zidova na posmik je veza između zida i FRCM materijala. Kako bi se ostvario prijenos sila sa zida na FRCM i postiglo kompozitno djelovanje, potrebna je kvalitetna veza između podloge i matrice te između matrice i tkanine koja se poboljšava mehaničkim sidrenjem slojeva pomoću sidara (Kišiček i dr., 2020).

FRCM tehnologijom postiže se dobra mehanička i kemijska kompatibilnost starog i novog materijala, minimalna intervencija na građevini, mogućnost uklanjanja pojačanja i održivost kao važne komponente kod pojačanja kulturno-povijesnih građevina (Hadzima-Nyarko i dr., 2020). Promatrani sustav ima visok omjer čvrstoće i težine što znači da se ne mijenja krutost i ne uvodi dodatna masa, a prednosti su mu otpornost na koroziju, povećanje duktilnosti elementa te jednostavnost i brzina ugradnje. Osigurava prihvatljivu sigurnost za potrese srednjeg intenziteta. Budući da je cementna smjesa jeftinija i čuva tradicionalni izgled zidanih građevina češće se koristi od epoksi smjesa (Galić i dr., 2020). Nadalje, pruža otpornost na ultraljubičasto zračenje i požar (Boem, 2022).

Ovaj sustav značajno pridonosi duktilnosti, nosivosti i u manjoj mjeri krutosti zidova u ravnini i izvan ravnine. Za konstrukcijska pojačanja i obnove zidanih građevina povoljniji je FRCM sustav zbog korištenja anorganskih matrica umjesto smola (Misseri i dr., 2019). Osim toga što

je FRCM pri izloženosti požaru nezapaljiv i netoksičan, on doprinosi i požarnoj otpornosti samog konstrukcijskog elementa zbog dodatnog zaštitnog sloja (Bisby i dr., 2013).

Papanicolau i suradnici (2007) zaključuju da tkanina ojačana mortom značajno povećava čvrstoću i deformabilnost te se rezultat poboljšava dodavanjem slojeva. Ako se javlja kontrolirani slom u zidu, FRCM materijali su bolji izbor od FRP-a, dok ako mehanizam sloma uključuje vlačni slom učinkovitost FRCM-a je manja u odnosu na FRP. FRCM sustav je prikladno rješenje za ojačanje i seizmičku otpornost nearmiranih zidova izloženih savijanju izvan ravnine tj. za strukturnu nadogradnju zidanih konstrukcija.

Boem (2022) je kroz svoje istraživanje istaknula kako rezultati ispitivanja FRCM sustava nisu jednoznačni, nego ovise o mnogim promjenjivim čimbenicima kao što su korišteni materijali, međusobna interakcija s podlogom, opterećenje, karakteristike geometrije i štetni utjecaji iz okoliša. Stoga još uvijek ne postoje smjernice za specifikaciju tih materijala.

Osnovni cilj pojačanja zidanih građevina FRCM-om je povećanje nosivosti i duktilnosti konstrukcijskih elemenata, posebice zidova, a time posljedično i cijele konstrukcije. FRCM se treba primjenjivati u područjima vlačnih naprezanja, dok se ne može očekivati preuzimanje tlačnih naprezanja zbog lokalnih nestabilnosti. Kad se upotrebljava kod povijesnih građevina odabir sustava treba uskladiti s konzervatorskim načelima kako bi izvedeno rješenje osiguralo potpunu kompatibilnost, trajnost i reverzibilnost (Baričević i Pojatina, 2021).

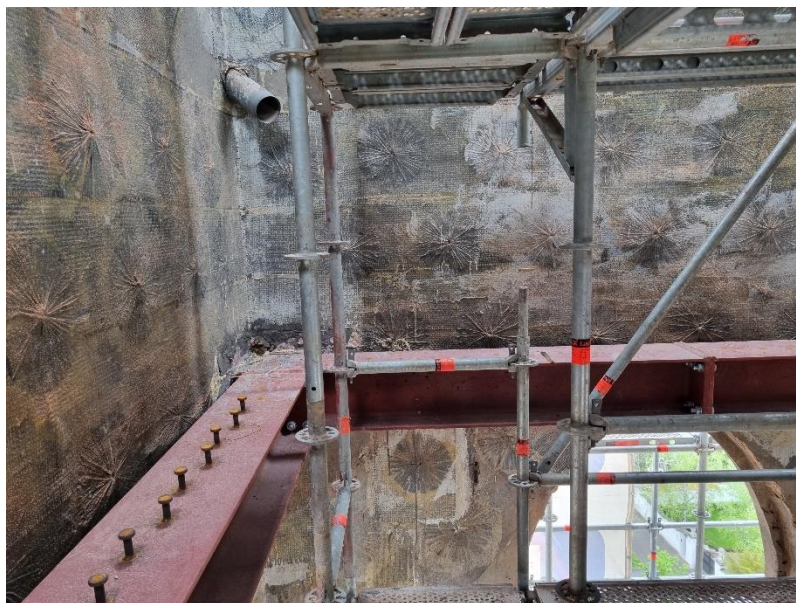
FRCM materijali se postavljaju najčešće ručno. Konsolidiranu, ravnu i čistu podlogu je potrebno navlažiti kako bi prvi sloj morta imao dobru vezu s podlogom, zatim se ugrađuje tkanina od karbonskih vlakana nakon koje opet slijedi sloj morta u debljini 5-6 mm. Bitno je osigurati minimalni preklop tkanine od 30 cm. Cijeli sustav se posebnim sidrima povezuje s podlogom. Sidra su napravljena od užadi duljine 30 cm i uobičajeno se izvode 4 sidra po metru kvadratnom površine koja se ojačava. Dio sidra se ugrađuje u izbušene otvore i injektira, a ostatak se poput lepeze širi po površini zida i impregnira epoksidnom smolom. Nakon toga površina se zasićuje kvarcnim pijeskom (Foretić i Trogrlić, 2021).

Postavljanje FRCM tkanina na intrados i ekstrados svoda povećava kapacitet nosivosti i duktilnosti svodova (Baričević i Pojatina, 2021). Zato je ovim sustavom ojačan cijeli zidani svod u svetištu (istočnom dijelu crkve) s obje strane, donja zona svoda pjevališta te područje sjevernog ulaza u crkvu kao što je prikazano na slici 44.



**Slika 44. Ugradnja FRCM tkanina na intradosu svoda istočnog dijela crkve (Foretić, 2021)**

Kompletan zvonik iznutra i izvana je obložen laganim FRCM sustavom što je dodatno povećalo stabilnost i duktilnost konstrukcije, a nije doprinijelo samoj težini konstrukcije (slike 45. i 46.) FRCM omogućava obostrano pojačanje zidova koje značajno povećava nosivost te osigurava simetričnost krutosti zida. Primjena samo s jedne strane dovodi do različite krutosti na pojačanoj i nepojačanoj strani što može uzrokovati savijanje zida i slom izvan ravnine (Türkmen i dr., 2020). Upravo iz tog razloga potrebno je izvesti adekvatno sidrenje kako bi se postigla zadovoljavajuća povezanost ojačanja i konstrukcijskog elementa.



**Slika 45. Ugradnja FRCM tkanina na unutarnjim zidovima zvonika (Foretić, 2021)**



**Slika 46. Ugradnja FRM tkanina na vanjskom zidu zvonika (Foretić, 2021)**

Kad je oblaganje vanjsko i kontinuirano uzduž cijelog oboda građevine ima funkciju povezivanja zidova te sprečavanja prevrtanja vanjskih zidova crkve. Posebnu pozornost treba obratiti na uglove koje treba zaobliti kako bi se smanjila koncentracija naprezanja u vlaknima (Baričević i Pojatina, 2021). Njima je u širini od 0,5 m omotana vanjska strana zidova u gornjem pojasu ispod vijenca crkve čime su se zidovi dodatno povezali i povećala se njihova stabilnost.

Povećanje kapaciteta nosivosti zidova na savijanje okomito na ravninu postiže se postavljanjem FRM-a na vlačnoj strani, kao što je izvedeno na vanjskom južnom zidu crkve (slika 47.).



**Slika 47. FRM tkanina na južnom zidu crkve (Foretić, 2021)**

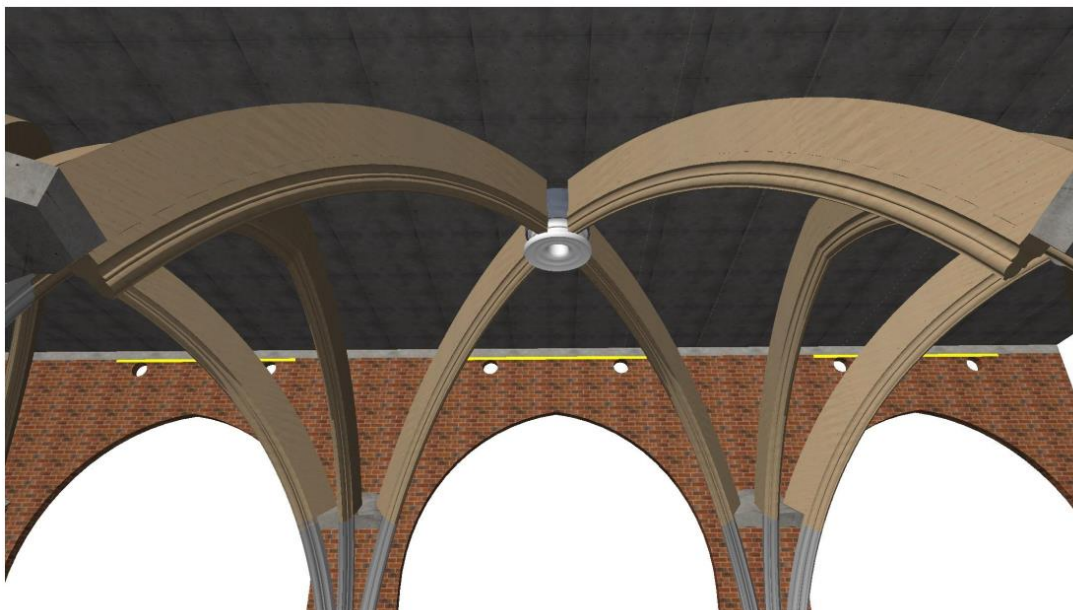
### 3.4.7. Lijepljeno lamelirano drvo

Lijepljeno lamelirano drvo (LLD) je kompozitni materijal koji u nosivoj konstrukciji ima bolja mehanička svojstva od monolitnog piljenog drva. Sastoji se od tankih lamela s uglavnom paralelnim vlakancima, a lijepe se strukturalnim ljepilima koja su čvrsta i izdržljiva te otporna na vlagu, temperaturu i biološke faktore. Lijepljeno lamelirano drvo jedan je od najlakših građevinskih materijala, a zbog svojih izvanrednih elastičnih i mehaničkih svojstava može se koristiti za izradu pojedinačnih greda, lukova i stupova te prostornih konstrukcija velikih raspona (Kitek Kuzman i dr., 2010).

Drvo predstavlja ekološki i obnovljiv materijal te jedan od najvažnijih prirodnih materijala koji se primjenjuju u građevinarstvu. Prednosti drva koje ga čine prikladnim građevinskim materijalom su: mala težina elemenata, laka obradljivost, velika čvrstoća paralelno s vlakancima, mala osjetljivost na temperaturne promjene, mnogobrojne mogućnosti oblikovanja i montaže te transporta konstrukcijskih elemenata. Drvo posjeduje i određene nedostatke kao što su nehomogenost, utjecaj insekata i gljiva, higroskopnost, ovisnost mehaničkih svojstava o sadržaju vlage u drvu, skupljanje i bubrenje (Lovrić Vranković i dr., 2018).

Lijepljeno lamelirano drvo ima bolji omjer čvrstoće i težine u usporedbi s čelikom i betonom, a sa svojim velikim poprečnim presjekom i raznovrsnim dimenzijama ima izvrsnu otpornost na požar (Ong, 2015). Kao građevni materijal puno je elastičniji od opeke i betona te može preuzeti velika naprezanja pa stoga drvene konstrukcije bolje podnose potres (Bogdan, 2020).

Pošto je zidani svod zapadnog dijela crkve bio jako oštećen odlučilo se njega zamijeniti drvenim nosačima od lijepljenog lameliranog drva u istom obliku. Nova drvena konstrukcija svodova je izvedena od laganog materijala koji neće dodatno opterećivati vitke dijelove zida koji su građeni od nehomogenog materijala, najvećim dijelom od lomljenog kamena i opeke. Sidre se u ojačane kontrafore koje su bolje povezane s temeljima i zidovima. Lijepljeni lamelirani nosači su odabrani kao optimalna tehnologija koja je značajno olakšala konstrukciju i povećala otpornost u slučaju potresa. Oni su omogućili horizontalnu stabilizaciju kontrafora jer zide nema otpornost na horizontalne sile, a time i povezanost samih zidova. Prednosti lijepljenog lameliranog drva su mala težina, jednostavna ugradnja te sigurniji način vraćanja svoda u izvorni geometrijski oblik. Slika 48. prikazuje lijepljene lamelirane drvene nosače svoda u 3D modelu i njihovo oslanjanje na pilastre.



**Slika 48. Prikaz nosača od lijepljenog lameliranog drva u 3D modelu (Prekrtić, 2021)**

Ostale prednosti LLD-a uključuju olakšanje nosive konstrukcije, jednostavnost rukovanja i pričvršćivanja na mjestu ugradnje te raznolikost oblikovanja kao ravnih, zaobljenih i polukružnih konstruktivnih elemenata (Abbott i Whale, 1987). Na slici 49. vidljiv je detalj nosača s pogledom iz unutrašnjosti crkve.



**Slika 49. Detalj LLD nosača s pogledom iz unutrašnjosti crkve (Foretić, 2021)**

Kao zamjena za svodove izvedena je osnovna konstrukcija i rebra od lijepljenog lameliranog drva prema izvornom profilu, a kao ispuna između rebara korišteni su dodatni drveni elementi. Drvena konstrukcija svoda ostaje vidljiva te će se prema uputama konzervatora naknadno

obožati. Pomoću 3D modela predstavljeno je skladno uklapanje lijepljenih lameliranih nosača u novoobnovljeni prostor crkve (slika 50.).



**Slika 50. 3D model svoda crkve od lijepljenog lameliranog drva (Prekrtić, 2021)**

### **3.4.8. Predgotovljene šuplje ploče**

Predgotovljene ili prednapete šuplje ploče su građevinski proizvod namijenjen za primjenu u stropnim konstrukcijama građevina kao tehnička inovacija u odnosu na pune pločaste, klasično armirane betonske stropne konstrukcije. Takva izvedba omogućava manju vlastitu težinu predgotovljene šuplje ploče između 38-54% u odnosu na punu ploču iste debljine zbog osmišljeno postavljenih uzdužnih šupljina. Nosivost ploča za uporabno opterećenje time je znatno povećana budući da se upotrebljavaju materijali vrlo visokih čvrstoća: beton razreda C50/60 i čelik za prednapinjanje koji je 3,7 puta jači od rebrastog betonskog čelika (Aničić i Netinger, 2004).

Da bi se osigurala cjelovitost konstrukcije te postigla otpornost nosivih zidova crkve, postojeća zidana konstrukcija svoda se zamijenila lijepljenim lameliranim nosačima iznad kojih su



montirane predgotovljene armiranobetonske šuplje ploče koje su usidrene i oslonjene na armiranobetonski vijenac koji ima ulogu horizontalnog serklaža. Šuplje ploče se montiraju u području središnje lađe crkve u krovnoj ravnini. Ova tehnologija je primijenjena na zapadnom dijelu krovništa crkve u kojem je prethodno uklonjen cijeli zidani svod. Taj središnji prostor u krovnoj ravnini crkve je trebalo učvrstiti iz nekoliko razloga. Prije svega, sustav predgotovljenih šupljih ploča služi kao horizontalna ukruta svoda i zidova čime se ostvaruje efekt kutije, a zatim i zbog funkcionalne potrebe jer je potkrovlje crkve namijenjeno za uporabu. Ploče su služile i kao oplatni sustav zbog nemogućnosti opiranja podupirača i oplata na tako velikoj visini te iz sigurnosnih razloga kako se već postavljeni LLD nosači ne bi oštetili prilikom same izvedbe (slika 51.). Ploče su bile duljine 8,8 m, širine 1,2 m i debljine 20 cm.



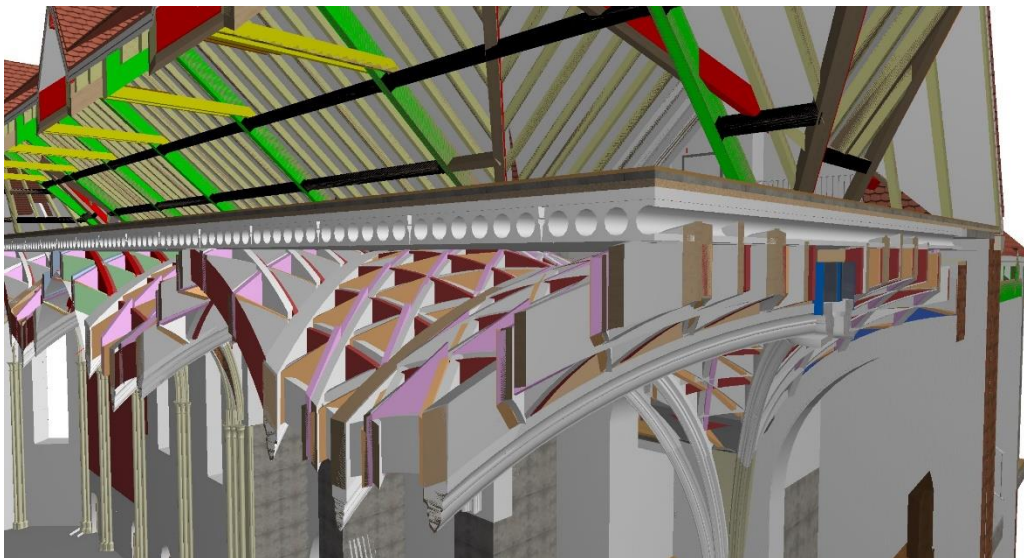
**Slika 51. Izvedba predgotovljenih šupljih ploča (Foretić, 2021)**

Ove stropne konstrukcije prilagodljive su svakom načinu gradnje pa se primjenjuju ne samo u armiranobetonskim nosivim konstrukcijama nego i u zidanim i čeličnim građevinama. Pri njihovoj izradi ne koristi se oplata ploča, armiranje na gradilištu svodi se na horizontalne serklaže i veznu armaturu, a gradilišni beton je reduciran na najmanju moguću mjeru. Stropna ploča spremna je za puno uporabno opterećenje već nekoliko dana nakon montaže. Ploče se proizvode u cijelosti automatizirano novim kliznim finišeom, a proizvodnja je stalno kontrolirana (Aničić i Netinger, 2004).

Prednosti ove tehnologije su relativno mala težina podne konstrukcije u odnosu na beton i opeku čime se značajno smanjuje ukupno vlastito opterećenje građevine, niski troškovi rada na gradilištu (smanjuje troškove i vrijeme izgradnje), relativno visoka čvrstoća betona (Torić i dr.,

2012) te jednostavnost i brzina montaže. Osim toga, primjenjuju se za duge raspone, proizvedeni su tvornički prema rigoroznim standardima kvalitete te ne zahtijevaju oplatu i podupirače što olakšava proces ugradnje (Al-Shaarbaf i dr., 2018). S druge strane zahtijevaju obradu spojeva između ploča i više pažnje prilikom transporta na gradilište te uporabu toranjskih dizalica za podizanje i montažu.

Predgotovljene šuplje ploče osiguravaju nosivost, povezuju i ukružuju zidove u horizontalnom smislu, a sama konstrukcija ne trpi velike inercijske sile jer je značajno lakša od prvobitne izvedbe. Na predgotovljene šuplje elemente izbetonirana je lagana monolitna ploča kako bi povezala sve elemente s armiranobetonskim horizontalnim serklažima, a ploče su pri tome poslužile kao oplata. Također su izvedeni i rubni serklaži koji uokviruju ploče i osiguravaju njihovo zajedničko djelovanje u prijenosu horizontalnih opterećenja na zidove i ostale elemente konstrukcije. Takvim rješenjem se postiglo ukrućenje u horizontalnom smislu u razini krovnog vijenca. Na slici 52. prikazan je poprečni presjek crkve u 3D modelu s vidljivim predgotovljenim šupljim pločama, monolitnom pločom i drvenom konstrukcijom krovišta.



**Slika 52. 3D model crkve s prikazom predgotovljenih šupljih ploča (Prekrtić, 2021)**

Kao spoj konstrukcije u krovnoj razini korištene su zatege koje prolaze kroz armiranobetonske serklaže i predgotovljene šuplje ploče (slika 53.). Nakon što je beton dosegnuo 90% svoje čvrstoće izvelo se prednapinjanje preko vijka sa sidrenom pločicom silom prednapinjanja od 10 kN. Zatege povezuju postojeće elemente nosive konstrukcije, to jest omogućuju bolju vezu između šupljih ploča (međukatna konstrukcija) i vanjskih zidova crkve.



**Slika 53. Sidrene pločice i vijci ugrađenih zatega (Foretić, 2021)**

Prilikom tvorničke proizvodnje predgotovljenih šupljih ploča, u kontroliranim uvjetima, troši se manje energije i minimalan otpad betona, a time se doprinosi i ukupnom manjem ugljičnom otisku. U smislu održivosti, predgotovljene šuplje ploče su konstrukcijski element koji pridonosi ne samo brzini gradnje, već i značajnom smanjenju emisije CO<sub>2</sub> zbog manje potrošnje betona (Ferreira i dr., 2021).

## **4. Prijedlog plana održavanja crkve sv. Franje Asiškog**

U ovom poglavlju se analizira literatura koja se odnosi na održavanje građevina te se predlaže plan održavanja crkve sv. Franje Asiškog u Zagrebu. U prvom dijelu se objašnjava pojam održavanja građevina i njegova važnost kako bi građevina očuvala svoju vrijednost, bila sigurna i upotrebljiva tijekom životnog vijeka trajanja. Drugi dio donosi zakonske aspekte održavanja građevina u Republici Hrvatskoj. Navedeni su i objašnjeni zakoni, propisi i pravilnici koji definiraju aktivnosti održavanja građevina, a posebna pažnja je dana Zakonu o gradnji i Pravilniku o održavanju građevina. Zatim je u trećem dijelu predstavljen prijedlog plana održavanja crkve sv. Franje Asiškog kroz definiranje standarda, periodičnih pregleda elemenata, primjera obrazaca za pregled i održavanje elemenata te radova u svrhu održavanja pojedinih elemenata.

### **4.1. Održavanje građevina**

Upravljanje održavanjem građevina je važan aspekt upravljanja građevinskim projektima (Aliyu i dr., 2016), a predstavlja složen proces koji uključuje planiranje, organiziranje, vođenje i kontroliranje aktivnosti održavanja (Idrus i dr., 2009). Pravilno upravljanje održavanjem građevine utječe na pouzdanost, sigurnost, dostupnost i kvalitetu građevine, može spriječiti oštećenja i smanjiti troškove rada, produljiti vijek trajanja, utjecati na učinkovitost procesa održavanja kako bi se građevina održala uporabljivom (Aliyu i dr., 2016).

Održavanje građevina je poduzimanje potrebnih aktivnosti kako bi građevina i svi njezini dijelovi očuvali svoju vrijednost i namjenu. Također, održavanje se može promatrati kao periodično obnavljanje dijelova građevine u određenim vremenskim intervalima. Iznimno je važno pravilno i pravodobno održavati građevinu kako bi bila sigurna za upotrebu tijekom svog životnog vijeka. Budući da je uporaba građevine najdulje razdoblje u životnom ciklusu građevine i da ima najveći utjecaj na ukupne troškove potrebno je osigurati pravilno održavanje građevine (Obradović i Marenjak, 2017).

Održavanje građevina može se definirati kao skup svih procesa i usluga poduzetih radi očuvanja, zaštite i poboljšanja elemenata građevine i usluga koje pruža, u skladu s važećim standardima, kako bi građevina mogla služiti željenim funkcijama tijekom cijelog životnog vijeka bez drastičnog narušavanja osnovnih značajki i načina uporabe (Lateef i dr., 2010). Životni vijek trajanja građevine je vrijeme poslije gradnje ili obnove građevine tijekom kojeg

ona zadovoljava nosivost i funkcionalnost (Marenjak i dr., 2002). Svrha održavanja građevina je očuvanje njezinih projektiranih temeljnih zahtjeva za građevinu, funkcionalnosti i sigurnosti građevine tijekom uporabe (Pravilnik o održavanju građevina, 2014).

U posljednje vrijeme poseban naglasak se stavlja na održavanje postojećih objekata u cilju produživanja njihove trajnosti i upotrebljivosti. Budući da od ukupnog broja izgrađenih objekata samo 2% čine novi objekti, a čak 98% su postojeći objekti jasno je koliko veliku ulogu ima održavanje objekata na svjetskom građevinskom tržištu (Dukić, 2015). U prilog tome ide činjenica da najveći dio ukupnih životnih troškova građevine čine upravo troškovi održavanja i uporabe (Krstić i Marenjak, 2012).

Danas se sve više pažnje posvećuje smanjivanju troškova održavanja i uporabe građevine te time utječe na smanjenje ukupnih troškova građevine, dok je u prošlosti fokus bio usmjeren isključivo na smanjenje troškova prilikom izgradnje (Marenjak i dr., 2002). Održavanje građevine je jedna od najvažnijih stavki za vrijeme cijelog postojanja građevine jer faza korištenja traje najduže odnosno prosječno 30-50 godina (Obradović i Marenjak, 2017).

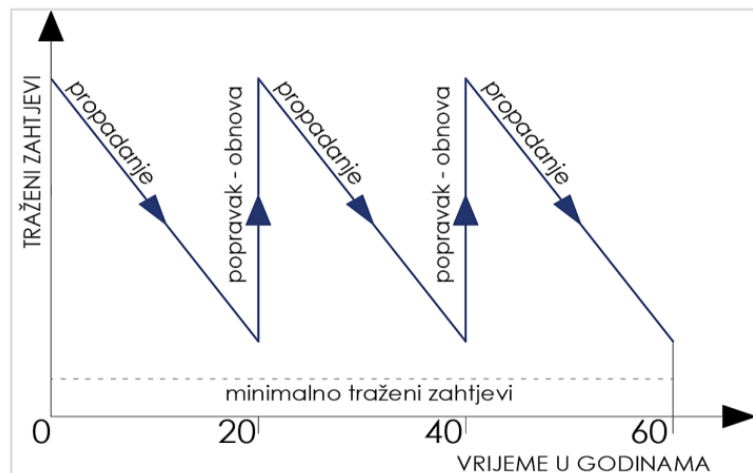
Planiranje radova za kontinuirano održavanje građevine, a time i potrebnih sredstava treba provesti u fazi projektiranja objekta. To predstavlja najbolji način da se osigura racionalno i učinkovito održavanje građevine (Cerić i Katavić, 2000). Istraživanja su pokazala kako se u fazi projektiranja može utjecati na 70 – 80% troškova održavanja i uporabe kao značajnih troškova životnog ciklusa građevina (Asiedu i Gu, 1998).

Održavanje građevine provodi se radi ostvarenja sljedećih ciljeva (Horner i dr., 1997):

- osiguranje sigurnosnih zahtjeva građevine i pripadajućih usluga
- osiguranje prikladnosti građevine za uporabu
- osiguranje ispunjenja zahtjeva svih zakonskih propisa za građevine
- izvođenje prijeko potrebnih poslova održavanja radi očuvanja vrijednosti imovine
- izvođenje prijeko potrebnih poslova održavanja radi očuvanja kvalitete građevine.

Ako se održavanje građevine ne bi provodilo primjereno i pravovremeno ona bi propala u relativno kratkom vremenu (Obradović i Marenjak, 2017). Održavanje objekta u vremenu se može prikazati kao periodično propadanje i periodično obnavljanje u određenim vremenskim intervalima kao što se može vidjeti na slici 54. Najpovoljniji slučaj održavanja građevine odnosi se na obavljanje manjih radova preventivnog održavanja tijekom uporabe građevine te

minimalno jedne velike obnove. Na takav način se pozitivno utječe na pouzdanost građevine i produljenje njezinog životnog vijeka (Rustempašić i Čaušević, 2014).



**Slika 54. Propadanje i obnova građevina kroz vrijeme (Rustempašić i Čaušević, 2014)**

Održavanje građevina se može podijeliti na (Bognar i dr., 2011):

- preventivno održavanje koje se temelji na stanju elemenata ili na vremenskim intervalima pregleda, a obuhvaća zakonom propisane periodične preglede, zamjenu istrošenih elemenata te planirane periodične radove i popravke.
- reaktivno održavanje ovisi o otkazivanju elemenata, a sastoji se od popravaka i hitnih intervencija kao što su puknuća, oštećenja elementa i kvarovi na instalacijama.

Održavanje stoga podrazumijeva niz zakonom propisanih pregleda, popravaka i zamjena istrošenih dijelova. Njih je moguće planirati prilikom projektiranja građevine, a tijekom faze uporabe se trebaju kontinuirano pratiti i evidentirati. Financijski pokazatelji investicijskih ulaganja razvijenih zemalja u stambene objekte pokazuju da sredstva uložena u održavanje postojećih zgrada sve više premašuju sredstva uložena u izgradnju novih zgrada. Upravo zato je potrebno sustavno planirati aktivnosti i troškove održavanja građevina. Prilikom toga se uz uporabni vijek definira trajnost svih elemenata građevine, periodi njihovih pregleda, popravaka, obnove ili zamjene kako bi se zadržali postavljeni zahtjevi (Bognar i dr., 2011).

Održavanje postojećih građevina je važno jer utječe na trajnost građevine i nastoji produljiti njezin životni vijek. Trajnost konstrukcije je definirana kao sposobnost posjedovanja zahtijevane razine sigurnosti i uporabljivosti uz odgovarajuće održavanje (Gukov, 2019). Trajnost se u osnovi izražava kroz uporabni vijek građevine. Nedovoljna trajnost postojećih građevina je glavni problem gospodarenja građevinama širom svijeta te zahtijeva ulaganje

golemih financijskih sredstava da bi se sigurnost i uporabljivost konstrukcije zadržala iznad minimalne propisane granice. Jedan od značajnih faktora koji utječu na takvo stanje je neredovito ili neodgovarajuće održavanje tijekom uporabe (Radić i dr., 2010). Stoga se definiranjem standarda određuje donja dopustiva kvaliteta koju može imati element ili građevina zbog starenja i trošenja, tako da budu zadovoljeni svi temeljni zahtjevi za građevinu, bitni funkcionalni uvjeti za uporabu (grijanje, hlađenje, svjetlo, čišćenje i dr.) te estetski uvjeti (kvaliteta pojedinih elemenata i njihov izgled) (Cerić i Katavić, 2000).

U najužem smislu, održavanje obuhvaća (Dukić, 2015):

- vršenje periodičnih pregleda na objektu, odnosno kontrola stanja elemenata prema unaprijed definiranom planu
- uklanjanje uočenih nedostataka u cilju očuvanja funkcionalnosti objekta
- evidenciju podataka o pregledima i intervencijama na objektu.

Kvalitetno održavanje objekta podrazumijeva provođenje preventivnih mjera kojima se sprječava pojava većih oštećenja koja mogu rezultirati gubitkom funkcije nekog dijela objekta ili cijelog objekta. Da bi se ovo spriječilo potrebno je pratiti ponašanje svih dijelova objekta. To se može postići prikupljanjem podataka o stanju elemenata, analizom i sortiranjem podataka. Na temelju toga se mogu vršiti predviđanja potrebnih aktivnosti na održavanju, što smanjuje nepredvidiva oštećenja i utječe na troškove. Što je proces održavanja bolje planiran, kontroliran i proveden, bolji su i rezultati održavanja (Dukić, 2015).

Osnovni problemi vezani za održavanje građevina su: izvori financiranja, neinicijativa vlasnika, nepostojanje plana održavanja, nepoznavanje propisa i zanemarena svijest o važnosti održavanja građevine (Lozančić i dr., 2019).

U osnovi se pristup održavanju može podijeliti na tradicionalan i suvremen. Tradicionalan pristup održavanju temelji se na neplaniranom održavanju gdje je primarni fokus na korektivnom procesu. To znači da se elementi građevine koriste do kvara nakon čega se pristupa popravku ili zamjeni elementa. Ovaj pristup ne zahtijeva praćenje stanja elemenata, ali može imati negativne posljedice ako kvar jednog elementa ošteti druge elemente građevine. Suvremeni pristup održavanja građevina zahtijeva primjenu planiranog održavanja koje se temelji na praćenju tehničkog stanja elemenata i preventivnim pregledima kako bi se smanjilo ili spriječilo oštećenje građevine. Ovakvo održavanje je planirano, troškovi održavanja su smanjeni, a poboljšan je utjecaj na sigurnost i zdravlje korisnika građevine (Dubovečak, 2022).

## 4.2. Zakonski okvir održavanja građevina u Republici Hrvatskoj

Održavanje građevina unutar hrvatskog zakonodavstva uređeno je različitim zakonima, pravilnicima i propisima. To uključuje različite aktivnosti i mjere koje se poduzimaju kako bi se spriječili problemi, otklonili nedostaci te produžio životni vijek građevina i cjelokupne konstrukcije.

Nakon snažnih potresa koji su se tijekom 2020. godine dogodili u Hrvatskoj te prouzročili ljudske žrtve i ogromne materijalne štete na području Grada Zagreba i okolnih županija, Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine je izdalo 25. veljače 2021. godine Uputu o zakonskoj obavezi održavanja građevina. Ministarstvo, kao najveće mjerodavno tijelo u Republici Hrvatskoj, je ovom uputom o zakonskoj obavezi još jednom ukazalo na važnost dosljedne i redovite potrebe ispunjavanja zakonske regulative povezane s održavanjem građevina radi sigurnosti ljudi i samih građevina (Uputa o zakonskoj obavezi održavanja građevina, 2021). Potreba za ovakvom vrstom zakonske upute proizlazi iz iskustava stručnjaka prilikom postpotresnih pregleda konstrukcija zaključivši kako postoji slaba svijest o održavanju građevina i njezino zanemarivanje. Boljom i učinkovitijom provedbom mjera održavanja građevina mogle su se izbjeći ljudske žrtve, a mnoga oštećenja i otkazivanja elemenata bi se spriječila i umanjila.

Zakon o gradnji predstavlja sveobuhvatni zakon o graditeljstvu u Hrvatskoj te se njime definira projektiranje, građenje, uporaba i održavanje građevine kao i provedba upravnih i drugih postupaka radi osiguranja zaštite, uređenja prostora i osiguranja temeljnih zahtjeva za građevinu (Zakon o gradnji, 2019). U članku 3. navedenog zakona održavanje građevina se definira kao *izvedba građevinskih i drugih radova na postojećoj građevini radi očuvanja temeljnih zahtjeva za građevinu tijekom njezina trajanja, kojima se ne mijenja usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena*. Stoga je fokus održavanja na aktivnostima kojima se građevina zadržava u stanju u kojem je bila nakon što je izgrađena.

Ovisno o svojoj namijeni, svaka građevina mora biti projektirana i izgrađena tako da tijekom svog trajanja ispunjava temeljne zahtjeve za građevinu koji se sastoje od (Zakon o gradnji, 2019):

- mehaničke otpornosti i stabilnosti,
- sigurnosti u slučaju požara,
- higijene, zdravlja i okoliša,



- sigurnosti i pristupačnosti tijekom uporabe,
- zaštite od buke,
- gospodarenja energijom i očuvanja topline,
- održivom uporabom prirodnih izvora.

Međutim, zakon dozvoljava odstupanje od temeljnih zahtjeva za građevinu u dva slučaja. Prvi slučaj se odnosi na odstupanje od temeljnih zahtjeva za građevinu, uz suglasnost Ministarstva, prilikom rekonstrukcije građevine upisane u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske ili građevine koja se nalazi u kulturno-povijesnoj cjelini upisanoj u taj Registar ako bi se njima narušila bitna spomenička svojstva. Drugi slučaj odstupanja uzima u obzir rekonstrukciju građevine s ciljem da se osobama smanjene pokretljivosti omogućiti nesmetan pristup, kretanje, boravak i rad (Zakon o gradnji, 2019).

Zakon naglašava kako je za radove rekonstrukcije potrebna građevinska dozvola, dok se radovi održavanja odvijaju bez ishođenja građevinske dozvole. Predviđene su i kazne zakonom u slučaju neodržavanja građevina. Ako vlasnik građevine ne primjenjuje i ne osigura održavanje građevine tako da se tijekom njezina trajanja očuvaju temeljni zahtjevi za građevinu te unapređuje ispunjavanje temeljnih zahtjeva, energetske svojstava i neometan pristup može biti kažnjen novčanom kaznom u iznosu od 25.000,00 do 50.000,00 kuna (Zakon o gradnji, 2019).

U članku 150. Zakona o gradnji navodi se da je vlasnik građevine dužan osigurati održavanje građevine kako bi se tijekom njezina trajanja očuvali i unaprijedili temeljni zahtjevi za građevinu, energetska svojstva zgrada te nesmetan pristup i kretanje. Ako dođe do oštećenja građevine i opasnosti za život i zdravlje ljudi, okoliš, prirodu, druge građevine ili stabilnost tla na okolnim zemljištima, vlasnik je dužan poduzeti hitne mjere za uklanjanje opasnosti i označavanje građevine opasnom. Također, vlasnik ili osoba koja obavlja poslove upravljanja građevinama treba održavanje građevine te poslove praćenja stanja građevine, povremene godišnje preglede građevine, izradu pregleda poslova za održavanje i unapređivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, povjeriti osobama koje ispunjavaju uvjete za obavljanje tih poslova propisane posebnim zakonom kako ističe članak 151. (Zakon o gradnji, 2019).

Pravilnikom o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevine (2019) se definira da tehnički opis odgovarajućeg projekta pojedine struke sadrži, između ostalog, i projektirani vijek uporabe te uvjete za održavanje projektiranog dijela građevine. Osim toga, navodi se da program kontrole i osiguranja kvalitete projekta sadrži zahtjeve učestalosti periodičnih

pregleda tijekom uporabe, pregled i opis potrebnih kontrolnih postupaka, ispitivanja i rezultata u svrhu održavanja dijela građevine.

Pisana izjava izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine treba između ostalog sadržavati izvješće o izvođenju radova i ugrađivanju građevnih proizvoda i opreme u odnosu na tehničke upute za njihovu ugradnju i uporabu s uvjetima i uputama o provedbi radova održavanja građevine s obzirom na izvedeno stanje (Pravilnik o sadržaju pisane izjave izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine, 2014).

Prema Zakonu o građevinskoj inspekciji (2013) građevinski inspektor u ministarstvu obavlja inspekcijski nadzor, provedbe stručnog nadzora građenja, održavanja i uporabe građevine, osim građevina čije građenje nadzire upravno tijelo.

Zakon o vlasništvu i drugim stvarnim pravima (2017) propisuje pravila za upravljanje i održavanje zajedničkih dijelova i uređaja u stambenim i poslovnim zgradama. Specificira da je dužnost upravitelja izraditi pregled predviđenih poslova za održavanje i poboljšice.

Pravilnik o održavanju građevina predstavlja najdetaljniji zakonski akt kojim se propisuju uvjeti za održavanje i unapređivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu. No, ovaj pravilnik se ne odnosi na izvođenje građevinskih i drugih radova na postojećoj građevini kojima se utječe na ispunjavanje temeljnih zahtjeva ili se mijenja usklađenost s lokacijskim uvjetima kao što je dograđivanje i uklanjanje vanjskog dijela građevine te radovi u svrhu njezine obnove. Ovakvim pristupom odredba želi spriječiti da se pod pojmom održavanja provedu i prikrivene rekonstrukcije građevine.

Pravilnik o održavanju građevina (2014) razlikuje redovito i izvanredno održavanje građevina. Svrha održavanja je očuvanje temeljnih zahtjeva za građevinu na razini postignutoj danom izdavanja uporabne dozvole.

Redovito održavanje označava preventivno pregledavanje građevine odnosno njezinih dijelova i preventivno izvođenje radova kojima je cilj spriječiti gubitak svojstava građevine i njezine funkcionalnosti. Takve preventivne mjere se provode prema utvrđenom planu i programu, a dužan ih je izraditi vlasnik za petogodišnje razdoblje kako bi se trajno zadržala primjerena uporabljivost građevine tijekom životnog vijeka trajanja. Ono obuhvaća sljedeće skupine aktivnosti: održavanje dijelova građevine čistim i prohodnim kada o njima ovisi ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu ili trajnost same građevine, popravak dijelova građevine koji su oštećeni redovitom uporabom, obnova zaštitnih slojeva te servisiranje ugrađene opreme i

uređaja. Zatim odnosi se i na zamjenu dijelova građevine i opreme za koje je istekao rok trajanja ili je dotrajala tijekom uporabe, otklanjanje nedostataka kako bi se osigurao nesmetan pristup i kretanje osobama s invaliditetom kao i uklanjanje posljedica izazvanih očekivanom erozijom tla, djelovanjem vode ili atmosferilija (Pravilnik o održavanju građevina, 2014).

S druge strane, izvanredno održavanje predstavlja skup mjera koje se provode radi uklanjanja posljedica izvanrednih djelovanja (npr. poplava, požar, potres, prirodno urušavanje tla) koje su umanjile ili ugrozile uporabljivost građevine ili njezinog dijela. Cilj takvih mjera je vratiti građevinu u prvobitno tehničko i funkcionalno stanje. Izvanredne mjere održavanja ostvaruju se zamjenom dijelova građevine, uređaja ili instalacija koje su oštećene, ali i uklanjanjem posljedica koje su nastale neočekivanim djelovanjem vode, atmosferilija, potresa ili erozijom okolnog tla. Pravilnik navodi da je potrebno prijaviti početak izvođenja radova izvanrednog održavanja (Pravilnik o održavanju građevina, 2014).

Održavanje građevina se provodi pomoću sljedeće četiri vrste aktivnosti (Pravilnik o održavanju građevina, 2014):

- redoviti pregledi dijelova građevine, u razmacima i na način definiran projektom građevine
- izvanredni pregledi dijelova građevine nakon izvanrednog događaja
- izvođenje radova kojima se dio građevine zadržava ili vraća u tehničko i funkcionalno stanje određeno projektom
- vođenje i čuvanje dokumentacije o održavanju građevine koja se sastoji od zapisnika, priloga i izvedenih radova.

Bitno je naglasiti kako se radovima na održavanju građevine ne smije mijenjati tehničko rješenje građevine, ugrožavati ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu niti mijenjati usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena. U slučaju održavanja građevine koja je upisana u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske kao pojedinačno kulturno dobro ne smiju se narušiti njezina spomenička svojstva (Pravilnik o održavanju građevina, 2014).

Fučić (2019) navodi da se u praksi vrlo često pod nazivom 'održavanje' izvode radovi koji znatno prelaze ograničeni skup radova koji su obveza vlasnika građevine prema zakonima i pravilnicima. Stoga predlaže da se takvi radovi na postojećim građevinama koji se izvode s ciljem promjene ili unapređenja tehničkog stanja nazivaju 'pojačanim održavanjem' ili

'poboljšicom'. Ukazuje i na činjenicu kako je tematika održavanja građevina u svim dosadašnjim Zakonima o gradnji značajno podcijenjena čemu je dokaz znatno veći broj odredbi kojima se uređuje odobravanje građenja u odnosu na održavanje.

Važeća regulativa o održavanju generira mnoge dvojbe i ne rješava učinkovito problem inertnosti vlasnika građevina prema obvezama održavanja što ima za posljedicu smanjenu sigurnost korisnika građevine i kontinuirano smanjenje vrijednosti građevina. Međutim, bilo bi korisno unutar Zakona o gradnji razraditi temu održavanja i prilagoditi je određenim vrstama građevina kao što je održavanje zgrada, održavanje prometnih, vodnih i drugih infrastrukturnih građevina (Fučić, 2019).

Troškove u vezi s očuvanjem i održavanjem kulturnog dobra, te provedbom mjera tehničke zaštite snosi vlasnik kulturnog dobra. Ako održavanje kulturnog dobra ili radovi na njegovu popravku, konzerviranju ili provedbi mjera tehničke zaštite zahtijevaju izvanredne troškove koji premašuju redovite troškove održavanja ili druge koristi koje vlasnik ima od kulturnog dobra, vlasnik ima pravo podnijeti zahtjev za naknadu izvanrednih troškova (Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, 2022).

Tehnički propisi određuju minimalne zahtjeve za održavanjem građevine, dok se razrada zahtjeva i određivanje postupaka i metoda za održavanje propisuje projektom konstrukcije. U svrhu poboljšanja stanja građevina u Hrvatskoj potrebne su dopune odredaba koje se odnose na održavanje, prije svega potrebno je definirati stručne osobe koje su zadužene za preglede i praćenje stanja građevine te opseg i postupke pregleda konstruktivnih elemenata (Radić i dr., 2010).

### **4.3. Plan održavanja crkve sv. Franje Asiškog**

U ovom dijelu rada se predlaže plan održavanja crkve sv. Franje Asiškog u Zagrebu nakon dovršetka cjelovite obnove. Navedeni podaci temelje se na smjernicama zakonske regulative koja se odnosi na održavanje građevina, proučenim praksama održavanja iz dostupne literature te polustrukturiranom intervju sa stručnom i odgovornom osobom. Polustrukturirani intervju proveden je s glavnim projektantom i nadzorom na obnovi crkve sv. Franje Asiškog nakon potresa (Prilog 5.). Radi se o inženjeru građevinarstva i ovlaštenom arhitektu Damiru Foretiću koji ima bogato profesionalno iskustvo. Od 1993. godine je projektant dosadašnje obnove i restauracije Zagrebačke katedrale te je član konzorcija trenutnih hitnih mjera protupotresnog osiguranja i ojačanja katedrale.

Plan održavanja je strukturiran i dokumentiran skup zadataka koji uključuje aktivnosti, postupke, resurse i vremenski okvir potreban za provođenje održavanja (Barontini i dr., 2022). Izrada plana održavanja predstavlja temeljnu aktivnost prilikom održavanja. Planom održavanja iskazuje se način obavljanja održavanja, učestalost pregleda te planiranje potrebnih radova održavanja prema potencijalnim oštećenjima na elementu.

Vlasnik je dužan izraditi plan i program održavanja kojim se određuje koje se aktivnosti redovitog održavanja planiraju provoditi u razdoblju od pet godina s obzirom na specifičnosti građevine (Tehnički propis za građevinske konstrukcije, 2022).

Plan održavanja predstavlja dodatni dokument uz projekt koji predviđa preventivne radnje održavanja, prema različitim vremenskim rasponima, uz minimalno ometanje normalnog funkcioniranja građevine. Njegov cilj je očuvati temeljne zahtjeve za građevinu produžujući vijek trajanja i njezinu funkcionalnost. Planiranje aktivnosti održavanja moguće je nakon analize stanja građevine, u skladu s predviđenim vijekom trajanja i potrebama održavanja te modela najčešćih oštećenja. Dugoročno gledano plan održavanja treba redovito ažurirati (Madureira i dr., 2017).

U nastavku je definiran standard održavanja crkve i opisan postupak periodičnih pregleda bitnih elemenata crkve s njihovom učestalošću. Kako bi se pregledi i zapisnici provodili sistematično i učinkovito važno je imati strukturirane obrasce. Upravo na taj način se svi pregledi i stanja elemenata dokumentiraju u svrhu kvalitetnijeg praćenja i održavanja tijekom vremena. Zatim su predloženi radovi održavanja pojedinih elemenata crkve koji se provode u vremenskim intervalima ili po potrebi.

#### **4.3.1. Definiranje standarda održavanja crkve sv. Franje Asiškog**

Hrvatska građevinska regulativa ne posvećuje svoju pozornost posebno održavanju crkava. Crkva sv. Franje Asiškog nema plan održavanja u vidu dokumenta, nego su se radovi održavanja u prošlosti izvodili prema uočenim potrebama i dostupnim sredstvima. Crkva spada u monumentalne građevine i njezin uporabni vijek trajanja iznosi 100 g. (Radić i dr., 2010), a u njoj se okuplja velik broj ljudi stoga pouzdanost njezine konstrukcije mora biti na visokoj razini odnosno pripada u razred važnosti konstrukcije CC3. Značajna je isto tako njezina povijesna, graditeljska i kulturna vrijednost koju treba nakon obnove očuvati primjerenim mjerama održavanja. Pošto crkva spada u pojedinačno zaštićeno kulturno dobro potrebno je prikladnim mjerama utjecati na njezino očuvanje i održavanje. Za zgrade koje se koriste za

održavanje vjerskih obreda ili aktivnosti ne izdaje se energetska certifikat (Zakon o gradnji, 2019).

Posebni crkve sv. Franje Asiškog prilikom održavanja su sljedeće: građevina je pojedinačno kulturno dobro i nije predviđeno njeno uklanjanje, pojedini njezini dijelovi potječu iz 13. stoljeća, uporabu crkve karakterizira veliki broj korisnika tijekom cijele godine, a održavanje građevine financira investitor (franjevačka zajednica) uz mogućnost sudjelovanja na javnim natječajima za dodjelu sredstava. Održavanje crkve odvija se na poseban način drugačiji od ostalih zgrada i građevina jer u njezinom održavanju sudjeluje velik broj ljudi koji ju redovito čiste te puno specijaliziranih tvrtki koje su zadužene za pojedine radove održavanja. Crkvu treba održavati tako da tijekom cijelog vijeka trajanja budu zadovoljeni temeljni zahtjevi, svi bitni uvjeti za uporabu te estetski uvjeti jer se u njoj svakodnevno okuplja veliki broj ljudi.

Planiranje održavanja je funkcija upravljanja održavanjem u kojoj se postavljaju ciljevi održavanja koji se žele ostvariti te se odlučuje na koje će se načine to učiniti. Ciljevi uglavnom uključuju povećanje trajnosti, povećanje zadovoljstva korisnika te učinkovito korištenje resursa. Planiranje se odnosi na utvrđivanje onoga što se mora napraviti i kako to treba napraviti prije obavljanja bilo kakvog fizičkog održavanja, a trebalo bi uključivati proaktivnu i sustavnu provedbu procesa i usluga održavanja u skladu s ciljevima održavanja građevine (Olanrewaju i Abdul-Aziz, 2014).

Predloženi su sljedeći ciljevi održavanja:

- održati povijesnu, graditeljsku i kulturnu vrijednost crkve
- osigurati da je crkva pogodna i sigurna za vjerske obrede
- produljiti uporabni vijek crkve
- smanjiti ukupne životne troškove crkve
- kvalitetno obavljati radove održavanja.

#### **4.3.2. Periodični pregledi**

Budući da se cjelovitom obnovom crkve svi dijelovi obnavljaju i dovode u izvorni oblik potrebno je provoditi periodične preglede građevinskih elemenata, uređaja i instalacija te prema tome poduzimati planirane aktivnosti održavanja u cilju očuvanja crkve, njezine kulturno-povijesne vrijednosti i smanjenja ukupnih troškova održavanja. Održavanje građevine služi očuvanju uporabne vrijednosti građevine pomoću redovnih pregleda i predloženih mjera

održavanja. Periodični pregledi su važna mjera planiranog održavanja koja doprinosi većoj sigurnosti i funkcionalnosti građevine za dobrobit korisnika.

Periodični pregledi uključuju niz aktivnosti koje su propisane važećim zakonima i propisima radi poduzimanja mjera neophodnih za sigurnost, zdravlje i život ljudi. Pregledom građevine se definiraju radovi na održavanju što zahtijeva poznavanje kvarova i prijedloge mjera sanacije (Bognar i dr., 2011). Ti postupci se sastoje najčešće od vizualnih pregleda i ispitivanja određenih dijelova građevine, uređaja i instalacija. Vizualni pregled je brza i jeftina metoda kojom se dobivaju relevantne informacije o procesu degradacije elemenata građevine. Obično se periodični pregledi uređaja i instalacija te osjetljivijih elemenata provode svake godine, dok je dijelove nosive konstrukcije potrebno pregledati jednom u određenom vremenskom intervalu ovisno o tipu konstrukcije, materijalu i njegovoj izloženosti vanjskim utjecajima. U ovom dijelu se preporučuju vremenski intervali unutar kojih treba obaviti pregled pojedinih dijelova crkve.

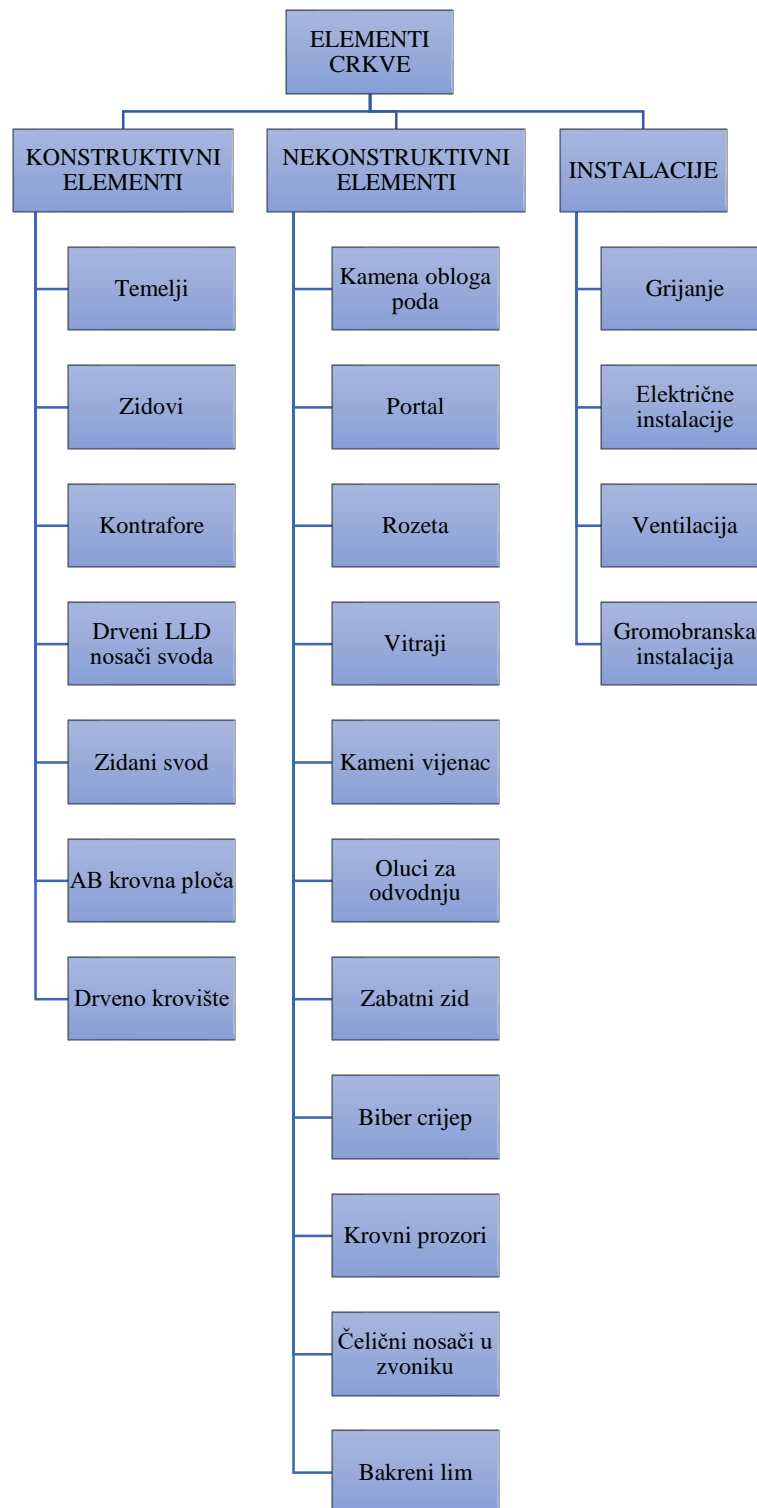
Takve preglede obavljaju posebno obučene osobe sa specijaliziranom opremom. Zato je investitor dužan osigurati odnosno povjeriti ovlaštenim osobama ispitivanje određenih dijelova građevine u svrhu provjere, odnosno dokazivanja temeljnih zahtjeva za građevinu (Zakon o gradnji, 2019).

Prema Pravilniku o održavanju građevina (2014) redoviti i izvanredni pregledi uključuju:

- utvrđivanje je li građevina ili njezin dio u ispravnom stanju, odnosno postoje li deformacije, položaj i veličina napuklina i pukotina te druga oštećenja vezana za očuvanje tehničkih svojstava građevine
- utvrđivanje stanja zaštitnih slojeva
- utvrđivanje ispunjava li građevina u cjelini odnosno njezin dio zahtjeve određene projektom
- utvrđivanje usklađenosti uređaja i opreme s projektom građevine.

Utvrđivanje navedenih stanja provodi se opažanjima, mjerenjima, ispitivanjima, uvidom u dokumentaciju građevine koju čine nacrti, troškovnici, izjave, potvrde, izvješća, fotodokumentacija, građevinski dnevnik i zapisnici. Ispunjavanje propisanih uvjeta održavanja dijelova građevine dokumentira se prema načinu kako je definirano glavnim projektom, a koriste se još zapisnici o pregledima i ispitivanjima te zapisnici o radovima održavanja (Pravilnik o održavanju građevina, 2014).

Elementi crkve koji se održavaju podijeljeni su u tri kategorije na konstruktivne elemente, nekonstruktivne elemente i instalacije počevši od poda crkve pa sve do krova kao što je prikazano na slici 55.



Slika 55. Podjela elemenata crkve sv. Franje Asiškog



U prilogu 3. je za razdoblje od 20 godina prikazan plan periodičnih pregleda svih elemenata crkve koje je potrebno redovito kontrolirati i prikladno održavati te je navedena učestalost njihovih pregleda. Zbog jednostavnosti i sistematičnosti elementi su podijeljeni na konstruktivne elemente, nekonstruktivne elemente i instalacije. Nakon iznimno velike oluje i udara groma predlaže se obavezno provoditi potrebne preglede. Čelija označena bojom označava da se u toj godini treba obaviti pregled elementa.

U svrhu redovitog održavanja građevinske konstrukcije provode se redoviti pregledi prema vremenskim intervalima. Osnovni pregled utvrđuje opće stanje konstrukcije uvidom u postojeću dokumentaciju i vizualnim pregledom stanja glavnih elemenata konstrukcije koji su važni za nosivost, otpornost na požar i pravilno funkcioniranje građevine. Izvanredni pregledi i održavanje provode se nakon izvanrednih događaja koji mogu utjecati na promjenu mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine. Ako se tijekom pregleda pronađu nedostaci u tehničkim svojstvima građevinske konstrukcije, treba se provesti naknadno dokazivanje da građevinska konstrukcija ispunjava minimalne zahtjeve propisa i pravila prema kojima je projektirana i izgrađena. Zahvatima popravaka i sanacije se postojeća tehnička svojstva koja ne zadovoljavaju propise i pravila dovode do minimalne zadovoljavajuće razine (Tehnički propis za građevinske konstrukcije, 2022).

#### *4.3.2.1. Temelji crkve*

Crkva ima trakaste temelje koji su prošireni sa svake strane u odnosu na zidove. Izgrađeni su od opeke i kamena odnosno miješanog zida. Tijekom obnove ojačani su armiranobetonskom oblogom. Pregledi temelja se provode jednom unutar 10 godina ili češće ako je uočena potreba. Prilikom pregleda potrebno je utvrditi postoji li slijeganje ili pomak temelja. Pomaci se određuju geodetskim mjerenjima visoke točnosti s obzirom na referentne točke stabilizirane izvan područja deformacija. Osim toga može se ispitati stanje podzemnih i oborinskih voda koje mogu utjecati na temelje i tlo ispod temelja.

#### *4.3.2.2. Zidana nosiva konstrukcija*

Unutar crkve sv. Franje zidanu nosivu konstrukciju čine zidovi, kontrafore i zidani svod u istočnom dijelu crkve. Stoga se provodi vizualni pregled stanja zidova crkve, kontrafora i zidanog svoda jer su bitni za nosivost i sigurnost građevine. Pregled također obuhvaća i uvid u svu raspoloživu dokumentaciju, materijale i nacрте koji se odnose na zidane elemente. Posebnu pažnju treba posvetiti spojevima zidova i kontrafora te spojevima zidova i svodova koji čine

kritična mjesta nastanka oštećenja. Periodične preglede zidane konstrukcije u svrhu održavanja potrebno je obavljati jednom u svakih 10 godina.

Vizualnim pregledom treba utvrditi postoje li eventualne pukotine, oštećenja, promjene u strukturi kao što su mrlje, plijesan i ljuštenje površine. U slučaju izvanrednog događaja potrebno je obaviti detaljan vizualni pregled zidane konstrukcije, a po potrebi koristiti i specijalne uređaje i opremu kako bi se provjerila nosivost i svojstva. Preglede obavlja stručna osoba, najčešće inženjer građevinarstva ili arhitekt, odnosno tvrtke specijalizirane ili iskusne u tom području.

Ispitivanja uređajima treba provoditi jedino ako se vizualnim pregledom ukaže potreba za tim. Prilikom pregleda zidanih konstrukcija na licu mjesta po potrebi se mogu koristiti i sljedeći uređaji za procjenu stanja zida: infracrvena termografija, sklerometar i uređaj za mjerenje brzine zvuka (Hafner i Kišiček, 2020).

Redovitim mjerama održavanja objekta moguće je na najmanju mjeru svesti zadržavanje vlage i prljanje zidanih elemenata te time smanjiti rizik od pojave gljivica, algi i ostalih oštećenja. To se postiže adekvatnom odvodnjom površinskih voda s objekta, redovitim čišćenjem krovnih žljebova, redovitim kontroliranjem drenaže, čišćenjem snijega i čišćenjem fasade primjenom uređaja za čišćenje vodenom parom pod tlakom. Završni slojevi žbuke s vremenom gube svoja svojstva pa je periodično potrebno izvršiti premazivanje biocidnim sredstvima (Stunja i dr., 2016).

#### *4.3.2.3. Drvena nosiva konstrukcija*

Drvena nosiva konstrukcija crkve sastoji se od drvenih LLD nosača u zapadnom svodu crkve i drvene konstrukcije krovništa. Redovitim pregledima i postupcima održavanja drvene konstrukcije krovništa crkve i LLD nosača u zapadnom svodu crkve se produljuje njihovo trajanje te se doprinosi sigurnosti cijele konstrukcije. Redovite preglede drvene konstrukcije u crkvi treba provoditi jednom u 5 godina. Poslije nekog izvanrednog događaja potrebno je također obaviti izvanredni pregled drvene konstrukcije. Takve preglede izvršava osoba koju zaduži investitor, a u slučaju ozbiljnih oštećenja potrebna je konzultacija s građevinskim stručnjakom ili projektantom.

Pregled drvene konstrukcije obuhvaća vizualni pregled stanja glavnih elemenata drvene konstrukcije kao što su spojevi drvenih nosača krovništa, spojevi LLD nosača u svodu i njihov oslonac na kontrafore koji su bitni za nosivost konstrukcije te pravilno funkcioniranje

građevine. Pri tom je bitno procijeniti položaj i veličinu pukotina, nastanak i širenje bioloških zaraza drva, ustanoviti sadržaj vode i stanje sloja zaštitnog premaza te navesti ostala eventualna oštećenja (Tehnički propis za građevinske konstrukcije, 2017). Ako se vizualnim pregledom primijete oštećenja koja utječu na mehaničku otpornost i stabilnost treba utvrditi veličinu progiba glavnih nosača.

Drveni elementi mogu biti osjetljivi na vremenske uvjete, insekte, vlagu i druge vanjske čimbenike koji mogu uzrokovati propadanje drveta. Vizualnim pregledom se mogu ustanoviti pukotine i deformacije, znakovi propadanja i truljenja pod utjecajem vlage, prisutnost nametnika i stanje metalnih spojeva.

Prvi korak u ocjenjivanju stanja drvene konstrukcije uvijek bi trebao biti vizualni pregled jer nam daje grube, ali jasne podatke o očiglednim oštećenjima i nepravilnostima kao npr. pukotinama, pretjeranoj truleži, uništenim vlakancima, puzanju i ozbiljnim raspuklinama. Vizualni pregled pripomaže u cjelokupnom dojmu stanja konstrukcije, identificira oslabljena i kritična područja i omogućuje informacije o stanju globalne stabilnosti, stanju drvenih elemenata i kritičnih detalja u drvenoj konstrukciji. Općenito, najčešća metoda ocjenjivanja stanja postojećih drvenih konstrukcija je kombinacija istraživanja na mjestu gradnje (in-situ) i nerazornih ispitivanja (Stepinac i dr., 2017).

Bitno je kontrolirati zaštitu drvene konstrukcije koja obuhvaća mjere zaštite od atmosferskih djelovanja, djelovanje vode, bioloških i požarnih djelovanja radi očuvanja mehaničke otpornosti i stabilnosti te otpornosti na požar. Zato svojstva i održavanje drvene konstrukcije moraju omogućiti da ona podnese sve utjecaje uporabe i okoliša bez gubitka tehničkih svojstava.

#### *4.3.2.4. Armiranobetonski elementi*

Održavanjem armiranobetonskih dijelova se trebaju očuvati tehnička svojstva i zahtjevi određeni projektom. Pravilni pregledi armiranobetonskih zidova omogućavaju rano otkrivanje potencijalnih problema i poduzimanje mjera kako bi se očuvala strukturalna stabilnost crkve.

Pregledi obuhvaćaju uvid u postojeću dokumentaciju i vizualni pregled stanja glavnih elemenata od armiranogbetona kao što su krovna ploča i obloga kontrafora te njihovi spojevi. Takve preglede je potrebno izvoditi jednom unutar 10 godina na crkvi. Provodi ih stručna osoba ili tvrtka specijalizirana za takvu vrstu djelatnosti.

Periodičnim pregledima se definira stanje konstrukcije i materijala koji su bitni za nosivost konstrukcije, a u promatranom slučaju su to obloga kontrafora i krovna ploča koji spojeni čine jednu konstruktivnu cjelinu. Vizualnim postupkom se utvrđuje pojava pukotina, odlamanje betona, ljuštenje površine, stvaranje mrlja, pojava mahovine i plijesni te znakovi korozije armature. Podaci o održavanju dokumentiraju se u izvješćima o pregledima i ispitivanjima konstrukcije te zapisima o radovima održavanja.

#### *4.3.2.5. Kamena obloga podova*

Cijeli pod crkve prekriven je kamenim pločama. Vizualne preglede treba obavljati jednom u 5 godina, a obavlja ih osoba stručna za kamen, najčešće konzervator. Prema Crnkoviću i Šariću (2003) na kamenom podu mogu nastati oštećenja izazvana eflorescencijom i subflorescencijom, cvjetanjem topivih soli na površini ili kristalizacijom topivih soli neposredno ispod površine kamenih ploča. Cvjetanje dovodi do ljuskanja površine, do gubitka sjaja i do promjene boje kamena. Kameni podovi u zimskim mjesecima mogu se oštetiti unošenjem soli kojom su posute javne prometne površine. Time dolazi do kristalizacijskih pritisaka, naprezanja i razaranja kamena. Oni mogu biti zahvaćeni i ljuštenjem površine zbog djelovanja topljivih alkalijskih.

#### *4.3.2.6. Kameni dijelovi fasade crkve*

Potrebno je obavljati redovite preglede i održavati kamene elemente na fasadi crkve kao što su rozeta, portal, vijenac i kameni dio zabatnog zida. Budući da oni predstavljaju kamene elemente i da su izloženi istim vanjskim utjecajima za njih vrijede iste upute za preglede, moguća oštećenja i radovi na održavanju. Pregled kamenih elemenata na fasadi je važan iz trajnosnih, sigurnosnih i estetskih razloga. Važno je poznavati vanjske utjecaje kojima su izloženi kameni elementi kako bi se procijenila njihova trajnost i vremenski intervali pregleda. Stoga se smatra primjerenim provoditi periodične vizualne preglede kamenih elemenata jednom u 5 godina u svrhu kontrole procesa prirodnog trošenja i starenja te poduzimanja odgovarajućih mjera zaštite i održavanja.

Postupak održavanja sastoji se od detaljnog pregleda svakog elementa, utvrđivanja nedostataka i njihovih uzroka, te odabira potrebne aktivnosti. Kamen kao materijal je osjetljiv na vremenske uvjete, eroziju i druge čimbenike koji mogu utjecati na njegov izgled i strukturu. Održavanje i pregled navedenih kamenih elemenata na crkvi zahtijeva pažnju i stručnost kako bi se osiguralo

očuvanje njihove povijesne i estetske vrijednosti. Nedostatak odgovarajućeg održavanja kamenih elemenata dovodi do njihove degradacije i starenja.

Za takvu vrstu pregleda potrebno je angažirati stručnu osobu, najbolje arhitekta ili restauratora koji imaju iskustva s radovima sanacije i održavanja kamenih dijelova građevine. Vizualni pregled se sastoji od: utvrđivanja pukotina, uočavanja promjene boje ili mrlja na kamenim elementima, opažanja ljuštenja površinskih slojeva, procjene erozije površine, uočavanja pomaka kamenih dijelova, procjene oštećenja od vlage na kamenu, uočavanja mahovina, algi i gljivica te utvrđivanja stanja sljubnica.

#### *4.3.2.7. Vitraji*

Pregledi vitraja su važni kako bi se očuvala njihova ljepota i umjetnička vrijednost te spriječila degradacija i oštećenja. Vitraji su često osjetljivi na vanjske čimbenike kao što su sunčeva svjetlost, vlaga i vremenske nepogode pa ih je bitno redovito održavati. Preporučuje se provoditi vizualne preglede jednom u 5 godina. Preglede treba provoditi i nakon nekog izvanrednog događaja kao što su velike oluje i udari gromova. Svrha vizualnog pregleda je utvrđivanje pukotina, oštećenja, promjena boje i nepravilnosti spojeva između okvira vitraja i kamena. Ovakve preglede provode stručne osobe kao što su arhitekti, ovlaštteni restauratori i konzervatori za vitraje ili specijalizirane tvrtke koje se bave izradom i sanacijom vitraja. Njihova je zadaća identificirati uzrok propadanja i predložiti radove za sanaciju. Da bi se uočili problemi na vitrajima potrebno je omogućiti prikladan pristup autodizalicom ili pregledom pomoću drona što predstavlja jednostavnije i jeftinije rješenje od postavljanja skele.

Prilikom pregleda treba procijeniti stanje olovnih okvira vitraja koji se troše i korodiraju te njihovo pričvršćenje. Zatim se utvrđuje postojanje pukotina i deformacija pod utjecajem temperature, tuče i jakih udara vjetrova. Moguć je lom stakla, pojava ogrebotina i udubljenja, onečišćenje vitraja, prisutnost plijesni, algi i mahovine. Atmosferska djelovanja mogu uzrokovati blijedenje boje na vitrajima.

#### *4.3.2.8. Oluci za odvodnju*

Oluci služe u sprječavanju prekomjernog namakanja vodom vanjskih zidova i elemenata crkve. Održavanje oluka za odvodnju važno je kako bi se osigurala ispravna funkcionalnost i sprečavanje problema poput začepljenja ili oštećenja. Oni imaju ulogu odvođenja kišnice s krova crkve sprječavajući potencijalne probleme s vlagom i strukturalnim oštećenjima na

fasadi crkve. Redovito održavanje oluka može produžiti njihov vijek trajanja, spriječiti štetu na crkvi i osigurati nesmetan protok vode.

Preporučuje se provoditi pregled oluka za odvodnju najmanje svako dvije godine, a po potrebi i češće zbog blizine drveća koje svojim granama i lišćem može začepiti odvode. Pregledi se provode vizualno utvrđujući oštećenja i deformacije, koroziju ili nakupljanje otpada. Prilikom pregleda se provjeravaju spojevi oluka kako bi se otkrila moguća oštećenja ili otvori. Provjerava se također postoje li mjesta s nakupljenim lišćem, grančicama i ostalim otpadnim materijalima koji otežavaju ili onemogućuju protok vode. Oluci trebaju biti postavljeni s odgovarajućim nagibom tako da voda može otjecati stoga je bitno vidjeti postoje li mjesta gdje se voda zadržava i gdje je narušen nagib oluka. Ako se sumnja na curenje vode ili probušenost može se utvrditi ispravnost odvoda ulijevanjem vode i praćenjem njezina toka. Uzrok takvih oštećenja mogu biti oluje, tuča ili snijeg. Preglede obavljaju osobe ili tvrtke specijalizirane za takve radove, a najčešće su to limarske tvrtke. Pri tom se koriste autodizalice te radnik mora imati odgovarajuću zaštitnu opremu i biti vezan sigurnosnim užetom.

#### *4.3.2.9. Biber crijep*

Krovni pokrov mora biti nepropustan, postojan i otporan na atmosferske utjecaje, nezapaljiv, dobar toplinski izolator i lagan. Osnovna zadaća krovnog pokrova je sprečavanje prodora vanjske vlage i vjetra u unutrašnjost građevine. Površina krova je relativno velika te nisu potrebna velika i vidljiva oštećenja kako bi voda i vjetar prodrli u građevinu, dovoljna je sitna pukotina. Dnevno na krovni pokrov djeluju različiti čimbenici: sunce, kiša, snijeg i tuča, vrućina i mraz, izmjenično otapanje i smrzavanje te vjetar. Zbog svega navedenog, krovni pokrov mora biti postojan i dobro pričvršćen te velike elastičnosti kako bi bez oštećenja podnio vlastite deformacije te deformacije nosive konstrukcije uslijed razlika u temperaturi i promjeni opterećenja (Banjad Pečur, 2016).

Krovni pokrov od biber crijepa se treba pregledati svakih 5 godina, te nakon težih vremenskih nepogoda kao što su oluja i tuča od strane stručnjaka. Zbog brzine, jednostavnosti i smanjenja troškova preporučuje se pregled obaviti pomoću drona. Osim toga moguće je za pregled koristiti autodizalicu. Za taj posao preporučuje se angažiranje profesionalnih tvrtki ili majstora krovopokrivača. Korišteni biber crijep je impregniran u svrhu zaštite od gljivica i algi.

Prilikom vizualnog pregleda krovnog pokrova od biber crijepa potrebno je provjeriti:

- pojavu truljenja pod utjecajem vlage,

- puknuće i mehanička oštećenja crijepa kojem uzrok može biti tuča, promjene temperature ili udar groma
- pomicanje ili odizanje crijepa uslijed jakih oluja ili vjetra
- pojavu mahovina i algi.

#### *4.3.2.10. Krovni prozori*

Redoviti pregledi prozora na krovu važni su kako bi se osigurala njihova ispravna funkcionalnost i vodonepropusnost. Prozori na krovu često su izloženi ekstremnim vremenskim uvjetima, stoga je redovito održavanje ključno za sprečavanje problema poput prodora vode ili oštećenja.

Preporučuje se provoditi vizualne preglede krovnih prozora svakih 5 godina kako bi se utvrdilo njihovo stanje i uklonili eventualna oštećenja. Obuhvaćaju procjenu ispravnosti i istrošenosti brtve oko prozora, pregled stanja stakla, ispravnost otvaranja i mogućnost čvrstog zatvaranja, prisutnost gljivica i mahovine, nakupljanje lišća i granja te prisutnost prokišnjavanja vode.

#### *4.3.2.11. Čelični nosači u zvoniku*

Čelični nosači u zvoniku služe kao oslonac međukatne konstrukcije te su povezani vijčanim spojevima. Potrebno je vijčane spojeve svako 2 godine vizualno pregledati i pritegnuti radi održavanja sigurnosti čelične konstrukcije. Pregledi su ključni kako bi se spriječili problemi kao što su popuštanje vijaka, korozija, deformacije ili lom što može dovesti do ozbiljnih posljedica. Pregled vrše specijalizirane tvrtke za čelične konstrukcije te pri tome sve podatke dokumentiraju u izvješću. Prilikom pregleda treba provjeriti jesu li vijci čvrsto pričvršćeni, ima li znakova korozije, jeli potrebno nanijeti antikorozivni premaz ili zamijeniti oštećeni vijak.

#### *4.3.2.12. Bakreni lim*

Bakreni krovovi su dugotrajni i estetski privlačni, ali zahtijevaju redovito održavanje kako bi zadržali svoju funkcionalnost i izgled. Pravilnim pregledima i brzim intervencijama može se produžiti životni vijek bakrenog krova i očuvati njegovu kvalitetu.

Kao krovni pokrov zvonika koristi se bakreni lim. Preporuka je obavljati vizualni pregled bakrenog krova najmanje jednom svakih 5 godina. Preglede obično provode limari pomoću autodizalica, ali se mogu obaviti i pomoću drona zbog jednostavnosti, brzine i smanjenja troškova. Prilikom pregleda treba obratiti pažnju na: pukotine, ogrebotine, deformacije, koroziju te spojeve i zavrtanja lima. Bakreni lim se pod utjecajem temperature širi i skuplja što

može dovesti do pucanja ili deformacija dijelova bakrenog krova. Vлага također može uzrokovati koroziju i propadanje bakrenog pokrova te promjenu boje. Važno je utvrditi stanje spojeva lima kako bi se spriječila veća razaranja.

#### *4.3.2.13. Grijanje crkve*

Za grijanje crkve zadržava se postojeći sustav podnog grijanja koji se spaja na plinsko postrojenje, dok se u muzejskom prostoru potkrovlja predviđa instalacija četiri parapetna ventilokonvektora s ugrađenim termostatima za regulaciju temperature. Navedeno postrojenje se sastoji od apsorpcijskih plinskih dizalica topline koje kao radnu tvar koriste mješavinu amonijak-voda te tako ne oštećuje ozonski omotač. Plinsko postrojenje je predviđeno za vanjsku ugradnju i kompletno je zaštićeno i otporno na sve uvjete iz atmosfere (sunce, kiša, hladnoća, snijeg, vjetar, led). Rad plinskog postrojenja je u potpunosti automatiziran te je omogućena optimalna iskoristivost i siguran rad. Cijevni razvod grijanja sastoji se od bakrenih i čeličnih bešavnih cijevi obloženih toplinskom izolacijom (Lekić, 2022).

Redoviti pregledi plinskog postrojenja za grijanje izuzetno su važni kako bi se osigurala sigurnost, učinkovitost i ispravno funkcioniranje sustava. Plinska postrojenja mogu predstavljati rizik od curenja plina i drugih problema ako nisu pravilno održavana. Stoga se preporučuje provoditi preglede plinskog postrojenja za grijanje najmanje 2 puta godišnje, prije početka sezone grijanja i na njezinom kraju.

Za temeljit i siguran pregled plinskog postrojenja i instalacija potrebno je angažirati ovlaštenog tehničara ili servisera. Provjerava se ispravnost i nepropusnost dostupnih cijevi, plinskog postrojenja, spojeva i ventila sustava kako bi se osiguralo da nema curenja plina. Pregled može obuhvatiti i dimovodne cijevi te funkcionalnost senzora ili sigurnosnih uređaja.

Redoviti pregled sustava grijanja treba završiti izvješćem o provedenom redovitom pregledu koji potpisuju sve ovlaštene osobe koje su sudjelovale u njegovoj izradi (Zakon o gradnji, 2019).

#### *4.3.2.14. Električne instalacije*

Sve preglede i ispitivanja na električnim instalacijama treba obavljati ovlaštena tvrtka. Jednom godišnje se obavlja detaljna kontrola razvodnih ormara, osigurača, sklopnika i svih električnih spojeva. Pregledi i održavanje električnih instalacija se dokumentiraju u zapisnicima o obavljenim pregledima i radovima održavanja (Kufirin, 2022).



#### 4.3.2.15. Sustav ventilacije

Predviđena je ventilacija muzejskog prostora u krovu crkve s ventilacijsko-rekuperacijskom jedinicom horizontalne izvedbe za dobavu svježeg zraka s integralnim rashladnim krugom. Uređaj se ugrađuje na unutarnji stropni dio i ima funkciju filtracije, rekuperacije i djelomične ili potpune obrade svježeg zraka. Ventilacijsko-rekuperacijska jedinica se sastoji od tlačnog i odsisnog ventilatora, filtera zraka, kondenzatora, kompresora i ventila, električnog predgrijača te zidne upravljačke jedinice. Na jedinici je potrebno izvesti odvod kondenzata do najbližeg izljevno mjesto (Lekić, 2022). Učestalost redovitih pregleda s ciljem održavanja sustava provodi se jednom godišnje. Prilikom pregleda sustav se obavezno čisti i dezinficira. Pregledima se može ustanoviti začepljenje filtera, fizička oštećenja cijevi, neispravnost ventilatora, loše brtvljenje spojeva te akumulacija vlage unutar cijevi.

Prema Tehničkom propisu o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada (2007) održavanje sustava podrazumijeva:

- redovite preglede sustava, u razmacima i na način određen projektom zgrade i pisanom izjavom o izvedenim radovima i uvjetima održavanja
- izvanredni pregled sustava koji se provodi prije svake promjene u sustavu, nakon svakog izvanrednog događaja koji može utjecati na tehnička svojstva ili izaziva sumnju u funkcionalnost sustava.

Način obavljanja redovitih pregleda sadrži (Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada, 2007):

- vizualni pregled kojim se utvrđuje položaj i veličina napuklina i pukotina te drugih bitnih oštećenja za očuvanje tehničkih svojstava sustava
- mjerenje protočnih količina zraka, temperature, vlage zraka te buke koju proizvodi sustav što se bilježi u dokumentaciju.

#### 4.3.2.16. Gromobranska instalacija

Redoviti pregledi gromobrana ili sustava za zaštitu od munje izuzetno su važni kako bi se osigurala njihova sigurnost i funkcionalnost. Gromobran je dio elektroenergetske instalacije koji štiti objekte od udara munje, a njegovo redovito održavanje pomaže u sprječavanju ozbiljnih oštećenja na crkvi i potencijalno opasnih situacija za ljude.

Sustav zaštite od djelovanja munje na građevini čini međusobno povezani unutarnji i vanjski sustav zaštite kojim se smanjuje vjerojatnost nastanka šteta na građevini zbog udara munja. Općeniti dijelovi od kojih se sustav izvodi su hvataljke, odvodi i uzemljivači, spojni elementi, potpornji, kućišta, odvodnici struje munje i odvodnici napona te iskrišta za odvajanje (Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama, 2010).

S obzirom na namjenu i visinu građevine, te prema rezultatima proračuna rizika crkvu je potrebno zaštititi od atmosferskog pražnjenja sustavom zaštite od munje LPS razreda III. Sustav se bazira na principu mreže hvataljki izvedenih okruglim bakrenim vodičem montiranim na izolirane nosače sa sigurnosnim razmakom minimalno 37 cm sukladno proračunu. Izvedeni sustav čine: okomiti uzemljivači, zemljovodi, mjerni spoj i mreža hvataljki (Kufrin, 2022).

Sustav zaštite od munje se mora održavati tako da se tijekom trajanja građevine očuvaju njegova tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom građevine i Tehničkim propisom za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama. Održavanje sustava odnosi se na (Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama, 2010):

- redovite preglede sustava u vremenskim razmacima i na način određen projektom građevine
- izvanredne preglede sustava nakon nekog izvanrednog događaja (potres, snažne oluje itd.)
- izvođenje radova kojima se sustav zadržava ili vraća u stanje određeno elektrotehničkim projektom.

Način obavljanja redovitih pregleda sustava uključuje pregled koji utvrđuje jesu li svi dijelovi sustava u ispravnom stanju i mjerenje kako bi se utvrdilo ispunjava li sustav u cjelini zahtjeve određene projektom građevine (Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama, 2010). Osnovni pregled gromobrana uključuje vizualni pregled svih dijelova sustava. To uključuje provjeru stanja uzemljivača, odvoda, hvataljki, spojeva, izolatora i ostalih komponenata. Oštećeni dijelovi trebaju se zamijeniti ili popraviti. Svi pregledi i provedene intervencije trebali bi se temeljito dokumentirati. To pomaže u praćenju stanja gromobrana te u planiranju budućih održavanja.

Obavljanje propisanih uvjeta održavanja sustava dokumentira se izvješćima o pregledima i ispitivanjima te zapisnicima o izvedenim radovima održavanja (Tehnički propis za sustave

zaštite od djelovanja munje na građevinama, 2010). Ispitivanje označava uzimanje uzoraka hvataljki, odvoda i uzemljivača kako bi se utvrdila njihova svojstva.

Učestalost pregleda gromobranske instalacije treba obavljati u skladu s preporučenim razdobljima iz tablice 1. ili u kraćim periodima. Budući da je crkva sv. Franje visoki objekt s većim rizikom izloženosti preporučuje se provoditi preglede jednom svake 2 godine kako bi se prevenirala oštećenja te omogućila potpuna funkcionalnost sustava, a sve u svrhu zaštite temeljnih zahtjeva za građevinu i sigurnosti korisnika. Za pouzdane i sigurne preglede gromobrana potrebno je angažirati stručnjaka ili tvrtku koja ima iskustva u instalaciji i održavanju ovih sustava. Također nakon iznimno velike oluje i udara groma se predlaže obaviti pregled ispravnosti gromobranskih instalacija.

Prilikom pregleda ključno je ispitati učinkovitost uzemljenja. Mjerenje otpora uzemljenja pomaže u osiguravanju da uzemljivači pravilno rade i da su u skladu sa standardima. Treba provjeriti i ispravnost gromobranskog odvoda. Gromobran je neprestano izložen vremenskim utjecajima, pa je važno utvrditi postoji li korozija ili oštećenja koja bi mogla utjecati na funkcionalnost sistema.

**Tablica 1. Tablica rokova redovitih pregleda i ispitivanja sustava za zaštitu od djelovanja munje (Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama, 2010)**

Razina zaštite sustava	Razdoblje između pregleda	Razdoblje između ispitivanja i mjerenja	Razdoblje između pregleda kritičnih dijelova
I	1 godina	2 godine	1 godina
II	1 godina	4 godine	2 godine
III, IV	2 godine	6 godina	3 godine

#### 4.3.3. Primjeri obrazaca za pregled i održavanje crkve

Planom održavanja je važno tipizirati obrasce koji će se popunjavati svakim pregledom i tako jednoznačno prikupljati relevantni podaci o radovima na održavanju građevine (Cerić i Katavić, 2000). Takvi obrasci služe kao pomoć i orijentir prilikom pregleda i procjene stanja elementa građevine te omogućuju dokumentiranje zabilježenih podataka. Važno je pohraniti takve obrasce jer se njihovom analizom može razumjeti ponašanje pojedinih elemenata i identificirati optimalne radove održavanja. Obrasci za pregled sistematično prate stanje

dijelova građevine i usmjereni su prema rješavanju nedostatka i provođenju mjera održavanja u definiranom vremenu.

Obrasci služe kod redovitih i izvanrednih pregleda elemenata crkve, a njima se koriste stručne osobe koje su zadužene za održavanje crkve te unesene podatke potvrđuju svojim potpisom. Koriste se raznim instrumentima i vizualnim pregledima, a svoja razmatranja zapisuju u tipske obrasce koji se trajno čuvaju uz ostalu dokumentaciju o održavanju građevine (Cerić, 2021). Dosljedna, ispravna i cjelovita dokumentacija važno je sredstvo kojim se stječe razumijevanje o ponašanju građevine i olakšava se proces održavanja (Kajko-Mattsson, 2001). Takav način pohrane podataka daje cjelovite informacije o građevini i omogućuje baze podataka na temelju kojih se može točnije planirati i provoditi održavanje elemenata (Tijanić Štrok, 2021).

Ako se radi o složenoj građevinskoj konstrukciji, kao što je crkva, vlasnik je odgovoran za čuvanje i vođenje dokumentacije o održavanju u kontinuitetu rednih brojeva i datuma provedenih radnji koja obuhvaća sve podatke o izvršenim pregledima i provedenim radovima, svojstvima građevnih proizvoda, izvješćima s ispitivanja te osobama koje su provodile održavanje (Tehnički propis za građevinske konstrukcije, 2022).

Oštećenje predstavlja nepoželjno ili neadekvatno stanje u građevinama koje utječe na uporabljivost, izvedbu, konstrukcijsko stanje ili izgled građevine. Ono dakle utječe na troškove održavanja, ali i na sigurnost te zadovoljstvo korisnika (Olanrewaju i dr., 2010). Predstavlja grešku koja utječe na funkcionalnost ili estetiku određenog elementa crkve.

Aktivnosti kontinuiranog redovnog praćenja i vrednovanja koje se provode pomoću obrazaca za pregled su važan instrument u očuvanju građevina kulturne baštine kao što je crkva. Ovom aktivnošću se žele otkriti i prikupiti podaci o održavanju objekta kako bi se moglo pratiti pojavu oštećenja. Uočavanje i popisivanje oštećenja konstruktivnih elemenata doprinosi boljem razumijevanju njihovih uzroka te prikladnom popravku i održavanju. Crkvi se može produžiti vijek trajanja samo sustavnom brigom, pregledima i adekvatnim popravcima kako bi se očuvala u izvornom i funkcionalnom stanju (Rilatupa i dr., 2021). Pregledi elemenata crkve uključuju vizualni pregled, mjerenja i ispitivanja posebnim uređajima, a zabilježene podatke je potrebno dokumentirati kao dokaz o obavljenoj mjeri održavanja te podloga za buduće aktivnosti koje će se poduzimati. Stoga obrasci služe za dokumentiranje podataka o obavljenom pregledu, identificiranih oštećenja i radova održavanja pojedinih elemenata.

Primjer obrasca za pregled i održavanje vitraja prikazan je u tablici 2. U obrascu se navodi datum pregleda, osoba koja je obavila pregled, bitni elementi na koje treba obratiti pozornost prilikom vizualnog pregleda, opis oštećenja, uzrok oštećenja, procjena predviđenog troška te rok izvedbe potrebnih radova. Zatim su opisani radovi održavanja na vitrajima koji se provode u periodičnim vremenskim intervalima ili po potrebi.

**Tablica 2. Primjer obrasca za pregled i održavanje vitraja**

<b>Građevina:</b>	Crkva sv. Franje Asiškog	
<b>Element građevine:</b>	Vitraji	
<b>Datum pregleda:</b>		
<b>Provoditelj pregleda:</b>		
<b>Mobitel:</b>		
<b>E-mail:</b>		
<b>Vizualni pregled</b>		
Trošenje i korozija olovnih okvira vitraja	da / ne	
Postojanje pukotina na vitraju	da / ne	
Korozija i labavljenje metalnih šipki	da / ne	
Taloženje nečistoća na vitrajima	da / ne	
Utvrđivanje jesu li boje izbljedjele	da / ne	
Postojanje puknuća stakla prilikom tuče, jakih udara vjetra	da / ne	
Postoje li ogrebotine i udubljenja na vitraju	da / ne	
Prisutnost mahovina i algi	da / ne	
<b>Opis oštećenja</b>		
<b>Uzrok oštećenja</b>		
<b>Predviđeni trošak</b>		
<b>Rok izvedbe radova</b>		
<b>Radovi održavanja</b>		
Čišćenje površine vitraja mekanom četkom ili krpom, vodom i prikladnim sredstvom		
Popravak olovnih okvira vitraja		
Postavljanje zaštitnog sloja		
Popravak pukotina		
Restauracija boja na vitrajima		
Zamjena dijelova vitraja		
Stabilizacija i učvršćivanje nestabilnih dijelova vitraja		
Redovita restauracija vitraja jednom u 25 godina		

U tablici 3. dan je primjer obrasca za pregled i održavanje portala. Obrazac se sastoji od tri dijela. U prvom dijelu se navodi datum pregleda i ime osobe koja je pregledala stanje portala.

Drugi dio čine smjernice s najčešćim oštećenjima koja se mogu identificirati vizualnim pregledom na portalu, zatim se ispunjava opis oštećenja, uzrok oštećenja, predviđeni trošak i rok izvedbe radova održavanja. Radovi koje je potrebno provoditi prilikom održavanja portala su prikazani u trećem dijelu obrasca.

**Tablica 3. Primjer obrasca za pregled i održavanje portala**

<b>Građevina:</b>	Crkva sv. Franje Asiškog	
<b>Element građevine:</b>	Portal	
<b>Datum pregleda:</b>		
<b>Provoditelj pregleda:</b>		
<b>Mobitel:</b>		
<b>E-mail:</b>		
<b>Vizualni pregled</b>		
Uočavanje promjene boja ili mrlja		da / ne
Utvrđivanje pukotina		da / ne
Opažanje ljuštenja površinskih slojeva		da / ne
Pojava erozije na površini		da / ne
Uočavanje pomaka kamenih dijelova		da / ne
Postoje li oštećenja od vlage na kamenu		da / ne
Ispravno stanje sljubnica		da / ne
Prisutnost mahovina i algi		da / ne
<b>Opis oštećenja</b>		
<b>Uzrok oštećenja</b>		
<b>Predviđeni trošak</b>		
<b>Rok izvedbe radova</b>		
<b>Radovi održavanja</b>		
Čišćenje vodom pod pritiskom i čeličnim četkama		
Popravlak pukotina pazeći na boju i teksturu kamena		
Zamjena kamenih dijelova u slučaju ozbiljnog oštećenja ili nedostatka		
Nanošenje impregnacije ili premaza koji štite površinu kamena od daljnje degradacije		

U tablici 4. prikazan je zapisnik o vizualnom pregledu sustava zaštite od munje prema Tehničkom propisu za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama (2008). Nakon uvodnih općenitih informacija slijede podaci o referentnim dokumentima bitnima prilikom pregleda. Zatim se pregledavaju i bilježe podaci o stanju vanjskog i unutarnjeg sustava zaštite od munje, a na kraju obrasca se daje zaključna ocjena stanja cijelog sustava. Nakon toga dolazi potpis odgovorne osobe koja je obavila pregled.

**Tablica 4. Zapisnik o vizualnom pregledu sustava zaštite od munje**

ZAPISNIK O VIZUALNOM PREGLEDU SUSTAVA ZAŠTITE OD MUNJE			
<b>1. Općenito</b>			
Naziv građevine	crkva sv. Franje Asiškog	Investitor	
Broj zapisnika		Datum pisanja zapisnika	
Vrsta ispitivanja (zaokružiti): a) prva provjera (nakon izvedbe) b) redovita provjera (održavanje) c) ostalo (opisati)			
<b>2. Podaci o referentnim dokumentima</b>			
A) Podaci o odobrenom elektrotehničkom projektu			
B) Podaci o primjenjenim odredbama Tehničkog propisa za sustave zaštite od djelovanja munje			
C) Podaci o primjenjenim normama			
D) Podaci o proizvođaču sustava			
Potvrda na glavni projekt/građevinska dozvola			
Uporabna dozvola: da / ne			
Ime odgovorne osobe za pregled sustava			
Broj uvjerenja odgovorne osobe o položenom stručnom ispitu			
Tvrtka, pravna/fizička osoba koja obavlja pregled sustava			
<b>3. Podaci o obavljenom pregledu</b>			
<i>A) Stanje vanjskog sustava zaštite od munje</i>			
1. Vrsta sustava zaštite (razina zaštite) (zaokružiti): I / II / III / IV		u skladu s projektom: da / ne	
2. Vrsta hvataljke (zaokružiti): mreža vodiča/štapne hvataljke/odvojeni vanjski sustav u skladu s projektom: da / ne			
3. Gradivo hvataljke (zaokružiti): željezo/bakar/aluminij u skladu s projektom: da / ne			
stanje vodiča: u redu / vodič na mjestu _____ prekinut/olabavljen/pohrđan			
stanje spojeva: u redu / nije u redu na mjestu _____ olabavljen/pohrđan			
ostale primjedbe:			
4. Gradivo odvoda (zaokružiti): željezo/bakar/aluminij			
stanje vodiča: u redu / vodič na mjestu _____ prekinut/olabavljen/pohrđan			
stanje mehaničke zaštite vodiča: _____			
stanje spojeva: u redu / nije u redu na mjestu _____ olabavljen/pohrđan			
ostale primjedbe:			
5. Stanje mjernih spojeva u skladu s projektom: da / ne			
stanje: u redu / nije u redu na odvodu _____			
ostale primjedbe:			
6. Ima li dogradnje ili preinaka koje zahtijevaju proširenje vanjskog sustava: da / ne (opisati)			
<i>B) Stanje unutarnjeg sustava zaštite od munje</i>			
1. Stanje odvodnika struje munje i prenapona:			
a) na elektroenergetskom kabelu / nadzemnom vodu: oštećen ili proradio: da / ne			
osigurač pregorio: da / ne			
b) na telekomunikacijskom kabelu / nadzemnom vodu: oštećen ili proradio: da / ne			
osigurač pregorio: da / ne			
c) ostale primjedbe:			
2. Stanje spojeva opskrbnih vodova sa sustavom uzemljenja te sustavom za izjednačenje potencijala oštećenost / pohrđanost / olabavljenost			
3. Stanje vodiča za izjednačenje potencijala unutar građevine: oštećenost / olabavljeni spojevi			
4. Stanje spojeva na sabirnicama za izjednačenje potencijala: oštećenost / olabavljeni spojevi / oštećeno kućište			
5. Ima li dogradnji ili preinaka koje zahtijevaju proširenje unutarnjeg sustava te izmjenu ili dopunu projekta: da / ne			
<b>4. Zaključna ocjena pregleda sustava</b>			
Pregledom je utvrđeno da izvedeni sustav bitne zahtjeve iz prethodno navedenih normativnih dokumenata (zaokružiti):			
ZADOVOLJAVA / NE ZADOVOLJAVA			
Ispitivanje obavili:			

Obrazac za pregled i održavanje svih elemenata crkve sadrži konkretne elemente crkve predviđene za održavanje u budućem razdoblju (Prilog 4.). Na početku je potrebno ispuniti datum pregleda i ime odgovorne osobe koja ga je provela. Obrazac je strukturiran tako da se za svaki element zabilježe podaci kao što su opis oštećenja, uzrok oštećenja, radovi održavanja, predviđeni trošak i rok izvedbe radova. U stupcu 'Detalji pregleda' su za svaki element navedene kratke upute na što treba paziti prilikom pregleda odnosno koja su najčešća oštećenja i nedostaci pojedinog elementa.

Cilj ovakvog obrasca je identificirati na vrijeme oštećenje i predložiti adekvatne radove popravka i održavanja elementa dajući rok do kojeg rad treba biti obavljen. Takvim pristupom želi se djelovati preventivno i učinkovito u rješavanju oštećenja i trošenja elemenata. Zapisnik o provedenom pregledu i radovima održavanja služi kao pomoć kojim se prati povijest održavanja, primijenjene dobre prakse te kao polazište za planiranje budućih intervencija i troškova.

#### **4.3.4. Definiranje radova na održavanju**

Periodični planirani radovi održavanja obuhvaćaju sve aktivnosti koje se ponavljaju u jednakim vremenskim intervalima kako bi određeni element zadržao zahtijevana svojstva i uporabljivost. Nakon obavljenih pregleda definiraju se potrebni radovi na održavanju pojedinog elementa crkve. Primjenom aktivnosti održavanja produljuje se uporabni vijek građevinskih elemenata, uređaja i instalacija, smanjuje se mogućnost nesreće na najmanju moguću mjeru i korisnicima se omogućuju povoljni uvjeti boravka. Pri održavanju crkve obavljat će se preventivni i korektivni radovi održavanja.

Tehnička svojstva građevinske konstrukcije moraju biti takva da tijekom trajanja građevine, uz propisano izvođenje i održavanje, ona podnese sve utjecaje uporabe i okoliša koji neće prouzročiti rušenje dijela građevine, velike deformacije i oštećenja na drugim dijelovima građevine (Tehnički propis za građevinske konstrukcije, 2022).

Definiranje radova održavanja pojedinih elemenata crkve zahtijeva poznavanje uzroka oštećenja i prijedloge mjera sanacije (Cerić i Katavić, 2000). Zadatak planiranog preventivnog održavanja je spriječiti veće kvarove i oštećenja kako bi se redovitim pregledima i popravcima osigurala učinkovitost građevine, odnosno usluga koje se u njoj pružaju. Preventivno održavanje planira se na temelju periodičnih aktivnosti održavanja poput čišćenja, popravaka i zamjene komponenata kako bi se spriječilo dodatno pogoršavanje njihova stanja. Tako



održavanje utječe na učinkovitost opreme, sprječavanje prerane zamjene komponenata, izbjegavanje kvarova i izbjegavanje prekida upotrebe građevine. Na taj način se dugoročno smanjuju troškovi održavanja jer se izbjegavaju problemi koji bi kasnije doveli do većih troškova popravaka. Čak i ako se dobro isplaniraju radovi na održavanju, uvijek može doći do neočekivanih kvarova ili oštećenja (Le i dr., 2018).

Na vremenski interval obavljanja radova održavanja utječe trajnost materijala, stupanj izloženosti atmosferilijama i kvaliteta popravka (Kayan i dr., 2018). U nastavku će se ukratko navesti radovi za održavanje pojedinih elemenata crkve sv. Franje Asiškog koji se temelje na polustrukturiranom intervju s glavnim projektantom i nadzorom g. Damirom Foretićem.

#### *4.3.4.1. Temelji crkve*

Radovi na održavanju temelja obuhvaćaju sanaciju dijelova zahvaćenih vlagom, a u slučaju slijeganja ili pomaka temelja koristi se metoda podbetoniranja, sanacija mlazno injektiranim stupnjacima, sanacija mikropilotima ili sanacija ekspanzirajućim smjesama (Geotech, 2023).

#### *4.3.4.2. Zidana nosiva konstrukcija*

Održavanje zidova od opeke, kontrafora i zidanog svoda važno je kako bi se osigurao strukturalni integritet zgrade, estetski izgled i dugotrajnost elemenata. Ako se primijeti da zidovi upijaju vlagu ili su vidljiva oštećenja potrebno je sanirati taj dio, te primijeniti hidroizolacijske premaze ili specijalne hidrofobne mortove. Prilikom takvih radova korisno je zidani element očistiti vodenim mlazom ili mehaničkim metodama (čeličnim četkama). Uspješnim saniranjem prodora vlage u zidove rješavaju se mnogi problemi koji uzrokuju propadanje zidanih elemenata. Potrebno je sanirati uočene pukotine, redovito ličiti svakih 5 godina i izraditi novi sloj žbuke ako je došlo do otpadanja.

#### *4.3.4.3. Drvena nosiva konstrukcija*

Održavanje drvenih nosača bitno je za dugotrajnost i strukturnu stabilnost crkve. Pravilno održavanje drvenih konstrukcija može spriječiti propadanje drveta, smanjiti troškove održavanja i produljiti njihov vijek trajanja. Radove održavanja drvenih konstrukcija na crkvi provodi tvrtka koja je specijalizirana za takve radove. Održavanje vodonepropusnosti ključno je za sprječavanje propadanja drveta. Kao važna mjera održavanja drvenih elemenata koriste se lazurni premazi koji pružaju dugotrajnu zaštitu od plijesni i gljivica koji oštećuju drvo te sprečavaju nakupljanje vlage, pucanje i ljuštenje površine. U slučaju gljivica i plijesni potrebno je provesti čišćenje drvenih površina. Popravak drvenih nosača je potreban ako dođe do

truljenja ili deformacija određenih dijelova, a ako su nosači jako oštećeni potrebno ih je zamijeniti novim dijelovima. Po potrebi treba provoditi popravak i pritezanje metalnih spojeva na drvenim elementima te njihovo premazivanje antikorozivnim sredstvima.

#### *4.3.4.4. Armiranobetonski elementi*

Radovi održavanja AB korovne ploče i obloge kontrafora uključuju popravke pukotina i oštećenja, sanaciju oštećenih i korodiranih dijelova armature te nanošenje zaštitnih premaza protiv korozije.

#### *4.3.4.5. Kamena obloga podova*

Radovi održavanja kamenih podova uključuju: premazivanje podova vodoodbojnim sredstvima, čišćenje kamenih podova običnom vodom dva puta tjedno te brušenje i poliranje kamenih ploča (Crnković i Šarić, 2003).

#### *4.3.4.6. Kameni dijelovi fasade crkve*

Čišćenje kamenih elemenata kao što su vijenci, portal, rozeta i zabatni zid odvija se mlazom vode pod pritiskom i čeličnim četkama izbjegavajući korištenje agresivnih sredstava koja mogu oštetiti kamen. Popravak manjih oštećenja i pukotina izvodi se pomoću odgovarajućih smjesa pazeći na boju i teksturu kamena, a preporučuje se upotreba kamene žbuke. Zamjena kamenih elemenata potrebna je u slučaju ozbiljnog oštećenja ili nedostatka. Periodično svakih 5 godina se nanose sredstva za impregnaciju ili premazi koji štite površinu kamena od daljnje degradacije. Sredstva za impregnaciju dugoročno smanjuju sposobnost upijanja kamenih površina te ih čine vodoodbojnim tako da voda i otopljene štetne tvari ne mogu doprijeti u pore kamena i prouzročiti oštećenja. Ovakve radove popravaka i održavanja obavljaju specijalizirane tvrtke za obradu i održavanje kamenih površina.

#### *4.3.4.7. Vitraji*

Održavanje vitraja zahtijeva posebnu pažnju kako bi se očuvala njihova ljepota, povijesna vrijednost i strukturalna stabilnost. Za radove održavanja vitraja treba angažirati stručnjake ili restauratore koji imaju iskustva s restauracijom vitraja. Radovi održavanja vitraja sadrže:

- čišćenje površine vitraja mekanom četkom ili krpom, vodom i prikladnim sredstvima jednom u 5 godina. Pri tome treba izbjegavati oštre ili abrazivne materijale koji bi mogli oštetiti vitraj.
- popravak pukotina i ogrebotina stakla

- popravak istrošenog olovnog okvira: jer olovo s vremenom oksidira, troši se i gubi svoja svojstva (postaje sve tanje)
- zamjenu teško oštećenih komada vitraja novim komadima
- restauraciju boja ako su izbljedjele ili oštećene
- postavljanje zaštitnih prozirnih ploča koje će štititi vitraj od negativnih vanjskih utjecaja
- stabilizaciju i učvršćivanje nestabilnih dijelova vitraja
- redovitu cjelovitu restauraciju svakih 25 godina prilikom koje je potrebno sve dijelove vitraja demontirati, očistiti, restaurirati boju i zamijeniti olovne okvire.

#### *4.3.4.8. Oluci za odvodnju*

U olucima za odvodnju se često nakupljaju lišće, grančice i ostale nečistoće pa je redovitim čišćenjem jednom u 2 godine potrebno osigurati nesmetan protok vode. U slučaju loših spojeva i curenja vode treba poduzeti hitne mjere popravka ili zamjene kako bi se spriječila šteta na fasadi i drugim dijelovima zgrade. Ponekad se u zimskom periodu može ukazati potreba za postavljanjem zaštite od lišća poput mrežica kako bi se smanjilo nakupljanje nečistoća u olucima. Oluci od lima su podložni koroziji pa je u slučaju takvog oštećenja dijelove potrebno očistiti, sanirati i zaštititi premazom protiv korozije.

#### *4.3.4.9. Biber crijep*

Održavanje crijepa na krovu pomaže produžiti životni vijek pokrova i osigurati da crkva bude zaštićena od vremenskih utjecaja. Radovi održavanja se sastoje od čišćenja crijepa od lišća i granja jednom unutar 5 godina, zamjene oštećenih crjepova novima, učvršćivanja labilnog crijepa te nanošenja zaštitnih premaza u slučaju formiranja algi i mahovine.

#### *4.3.4.10. Krovni prozori*

Radovi održavanja krovnih prozora uključuju: čišćenje nagomilanog lišća i granja, zamjenu brtve na prozoru u slučaju oštećenja i istrošenosti, podmazivanje mehanizma za otvaranje, zamjenu stakla u slučaju puknuća, popravak kvake ako je neispravna, premazivanje prozora biocidnim sredstvima te bojanje prozora. Za izvođenje radova održavanja i popravaka na krovnim prozorima, preporučljivo je angažirati profesionalne majstore.

#### *4.3.4.11. Čelični nosači u zvoniku*

Radovi prilikom održavanja čeličnih nosača u zvoniku sastoje se od pritezanja vijaka jednom u dvije godine, nanošenja premaza protiv korozije i zamjene oštećenih vijaka.

#### *4.3.4.12. Bakreni lim*

Radovi na održavanju bakrenog lima obuhvaćaju čišćenje bakrenog lima, premazivanje zaštitnim sredstvima svakih 5 godina, zamjenu ili popravak oštećenih dijelova.

#### *4.3.4.13. Grijanje crkve*

Održavanje instalacija za grijanje ključno je za osiguranje optimalne učinkovitosti, sigurnosti i dugovječnosti sustava grijanja. Bez redovitog održavanja, instalacije za grijanje mogu postati manje učinkovite, sklonije kvarovima i potencijalno opasne. Zato je potrebno redovito dva puta godišnje čistiti filtere, dimovodne cijevi i komponente plinskog sustava kako bi se osigurala učinkovita distribucija plina i optimalna izvedba grijanja. Istrošene i neispravne dijelove potrebno je zamijeniti, a pumpu redovito servisirati dva puta godišnje.

#### *4.3.4.14. Električne instalacije*

Kod električnih instalacija potrebno je jednom godišnje pritezati vijke i spojne elemente te čistiti razvodne ormare. U slučaju kratkog spoja potrebno je popraviti ili zamijeniti oštećene dijelove.

#### *4.3.4.15. Sustav ventilacije*

Redoviti pregledi, čišćenje i održavanje sustava ventilacije pomažu u sprječavanju oštećenja i osiguravaju pravilan protok zraka. Ako se primijete ozbiljnija oštećenja ili problemi, preporučuje se angažiranje stručnjaka za ventilaciju kako bi se izbjegle potencijalne opasnosti i osigurala ispravna funkcionalnost sustava. Radovi pri održavanju sustava ventilacije obuhvaćaju: čišćenje i dezinfekciju sustava, zamjenu filtera, servisiranje ventilatora koji se obavljaju jednom godišnje te popravak spojeva gdje struji zrak.

#### *4.3.4.16. Gromobranska instalacija*

Ako su u okolini gromobrana postavljene prepreke kao što su grane drveća ili drugi objekti, potrebno ih je ukloniti kako bi se osigurala neometana funkcionalnost gromobrana. Gromobranska instalacija se održava popravcima i zamjenama oštećenih dijelova te korištenjem zaštitnih sredstava protiv korozije.

#### 4.3.5. Planiranje radova

U tablici 5. definirani su radovi održavanja pojedinih elemenata crkve s vremenskim periodom provedbe održavanja. Određeni radovi održavanja se obavljaju u periodičnim vremenskim intervalima, a neki radovi se odvijaju tek onda kada se ukaže potreba. Najznačajniji radovi koje je potrebno obavljati u određenim vremenskim intervalima odnose se na čišćenje pojedinih elemenata, nanošenje zaštitnih sredstava i redovito ličenje. Određeni elementi zahtijevaju učestalije provođenje radova održavanja kao što su radovi održavanja i servisiranja sustava ventilacije, grijanja i električnih instalacija te održavanje čistoće podova. Ostale elemente treba kontrolirati i po potrebi izvoditi radove popravaka i održavanja.

**Tablica 5. Radovi održavanja i njihovi vremenski periodi za pojedine elemente crkve**

<b>ELEMENTI CRKVE SV. FRANJE ASIŠKOG</b>	<b>RADOVI ODRŽAVANJA POJEDINIH ELEMENATA</b>	<b>VREMENSKI PERIODI RADOVA ODRŽAVANJA</b>
Temelji	Sanacija dijelova zahvaćenih vlagom	Po potrebi
	Sanacija u slučaju slijeganja ili pomaka	
Zidovi	Ličenje	Jednom u 5 godina
	Sanacija vlage pomoću hidroizolacijskih premaza ili hidrofobnih mortova	Po potrebi
	Čišćenje vodom pod pritiskom i četkama	
	Sanacija pukotina i ugradnja novog sloja žbuke	
Kontrafore	Ličenje	Jednom u 5 godina
	Sanacija vlage pomoću hidroizolacijskih premaza ili hidrofobnih mortova	Po potrebi
	Čišćenje vodom pod pritiskom i četkama	
	Sanacija pukotina i ugradnja novog sloja žbuke	
	Sanacija korodiranih dijelova armature	
	Nanošenje zaštitnih premaza protiv korozije	
Drveni LLD nosači svoda	Nanošenje lazurnog premaza	Jednom u 5 godina
	Čišćenje površine	Po potrebi
	Popravak oštećenja i deformacija	
	Zamjena oštećenog dijela	
	Premazivanje metalnih spojeva antikorozivnim sredstvom	
Zidani svod	Ličenje	Jednom u 5 godina
	Sanacija vlage pomoću hidroizolacijskih premaza ili hidrofobnih mortova	Po potrebi
	Čišćenje vodom pod pritiskom i četkama	
	Sanacija pukotina i ugradnja novog sloja žbuke	
AB krovna ploča	Popravci pukotina i oštećenja	Po potrebi
	Sanacija korodiranih dijelova armature	
	Nanošenje zaštitnih premaza protiv korozije	

Drveno krovište	Nanošenje lazurnog premaza	Jednom u 5 godina
	Čišćenje površine	Po potrebi
	Popravak oštećenja i deformacija	
	Zamjena oštećenog dijela	
	Premazivanje metalnih spojeva antikorozivnim sredstvom	
Kamena obloga poda	Čišćenje podova	2 puta tjedno
	Premazivanje podova vodoodbojnim sredstvima	Po potrebi
	Brušenje i poliranje podova	
Portal	Nanošenje sredstva za impregnaciju	Jednom u 5 godina
	Čišćenje vodom pod pritiskom i četkama	Po potrebi
	Popravak manjih pukotina i oštećenja	
	Zamjena kamenih elemenata	
Rozeta	Nanošenje sredstva za impregnaciju	Jednom u 5 godina
	Čišćenje vodom pod pritiskom i četkama	Po potrebi
	Popravak manjih pukotina i oštećenja	
	Zamjena kamenih elemenata	
Vitraci	Čišćenje površine vitraja	Jednom u 5 godina
	Redovita restauracija vitraja	Jednom u 25 godina
	Popravak olovnih okvira vitraja	Po potrebi
	Popravak pukotina i ogrebotina	
	Postavljanje zaštitne prozirne ploče	
	Restauracija boja na vitrajima	
	Zamjena dijelova vitraja	
	Stabilizacija i učvršćivanje nestabilnih dijelova vitraja	
Kameni vijenac	Nanošenje sredstva za impregnaciju	Jednom u 5 godina
	Čišćenje vodom pod pritiskom i četkama	Po potrebi
	Popravak manjih pukotina i oštećenja	
	Zamjena kamenih elemenata	
Oluci za odvodnju	Čišćenje od lišća, granja i nečistoća	Jednom u 2 godine
	Popravak ili zamjena dijelova	Po potrebi
	Premazivanje zaštitnim sredstvima protiv korozije	
	Postavljanje mrežica kao zaštita od začepljenja	
Zabatni zid	Nanošenje sredstva za impregnaciju	Jednom u 5 godina
	Čišćenje vodom pod pritiskom i četkama	Po potrebi
	Popravak manjih pukotina i oštećenja	
	Zamjena kamenih elemenata	
Biber crijep	Čišćenje crijepa	Jednom u 5 godina
	Zamjena oštećenih crjepova	Po potrebi
	Premazivanje zaštitnim sredstvima	
	Učvršćenje labilnog crijepa	
Krovni prozori	Čišćenje od lišća i granja	Jednom u 5 godina
	Premazivanje biocidnim sredstvima	
	Bojanje prozora	
	Zamjena brtve na prozoru	Po potrebi
	Podmazivanje mehanizma za otvaranje	
	Zamjena stakla	
	Popravak kvake	

Čelični nosači u zvoniku	Pritezanje vijaka	Jednom u 2 godine
	Nanošenje premaza protiv korozije	Po potrebi
	Zamjena oštećenog vijka	
Bakreni lim	Čišćenje lima	Jednom u 5 godina
	Premazivanje zaštitnim sredstvima	Po potrebi
	Zamjena oštećenih dijelova	
	Popravak oštećenih dijelova	
Grijanje	Čišćenje filtera, dimovodnih cijevi i ostalih dijelova	Dva puta godišnje
	Servisiranje pumpe	Po potrebi
	Zamjena istrošenih ili neispravnih dijelova	
Električne instalacije	Pritezanje vijaka i spojnih elemenata	Jednom godišnje
	Čišćenje razvodnih ormara	Po potrebi
	Popravak i zamjena oštećenih dijelova	
Ventilacija	Čišćenje i dezinfekcija sustava	Jednom godišnje
	Zamjena filtera	
	Servisiranje ventilatora	
	Popravak spojeva	Po potrebi
Gromobranska instalacija	Uklanjanje prepreka	Po potrebi
	Zaštita od korozije	
	Popravak oštećenih dijelova	
	Zamjena oštećenih dijelova	

Nakon definiranja radova na održavanju, može se pristupiti procjeni troškova održavanja, vremenskom planiranju radova te organizaciji izvedbe radova. Ti koraci plana održavanja nisu obrađeni u ovom diplomskom radu zbog nedostatka podataka o crkvi sv. Franje Asiškog. Procjena troškova radova na održavanju sadrži predikcijski model troškova održavanja svih elemenata crkve koji se oslanja na iskustvenu procjenu, a uključuje troškove rada i materijala. Planiranje radova odnosi se na definiranje početka i kraja svakog pojedinog rada na održavanju objekta te njegov utjecaj na uporabljivost crkve. Organizacija izvedbe radova ovisi o tome hoće li se održavanje crkve ugovoriti s jednim izvođačem radova ili će se za svaki pojedini rad angažirati posebni izvođači (Cerić i Katavić, 2000). Važno je pratiti kontrolu troškova i kontrolu kvalitete kako bi se radovi održavanja obavljali unutar predviđenog budžeta i ostvarila zahtijevana kvaliteta radova. Redoviti pregledi i pravilno održavanje elemenata značajno utječu na produljenje trajnosti i nosivosti crkve te očuvanje izvornog izgleda. Uspješnost procesa održavanja ovisi o koordinaciji i usklađenosti svih spomenutih koraka.

## 5. Zaključak

Obnova crkve sv. Franje Asiškog u Zagrebu nakon potresa predstavlja složen i dugotrajan građevinski zahvat kako bi se nosiva konstrukcija konsolidirala i ojačala. Sama crkva je vrijedan spomenik hrvatskog graditeljskog i kulturnog naslijeđa te pripada u zaštićeno kulturno dobro. Tijekom povijesti na građevini su izvedene brojne rekonstrukcije kao posljedica mnogih požara i potresa. Potres koji je 2020. godine pogodio Zagreb značajno je ošteti zvonik crkve, a ozbiljni slomovi dogodili su se na zidovima, svodovima i kontraforama pa je ocijenjena kao teško konstrukcijsko oštećenje. Obnovom je potrebno dovesti konstrukciju u prvobitno stanje te povećati njezinu otpornost na sva buduća djelovanja. Cjelovita obnova zidane konstrukcije nastoji osigurati potrebnu razinu otpornosti i sigurnosti crkve koristeći prikladne metode obnove i ojačanja koje su kompatibilne s postojećom konstrukcijom.

Postupci obnove i ojačanja zahtijevaju uporabu visokokvalitetnih materijala koji osiguravaju stabilnost i trajnost konstrukcije. Prilikom obnove crkve korištene su tradicionalne tehnologije konsolidacije i ojačanja kao što su geotehnička sidra, injektiranje zida i ugradnja armiranobetonske obloge. Inovativne tehnologije ojačanja crkve poput vlaknima armiranih polimera i tkaninom armiranih cementnih matrica primijenile su se kod obnove kontrafora, zidanih svodova, zidova i zvonika. Osim toga u zapadnom dijelu crkve je izveden novi drveni svod od lijepljenih lameliranih nosača, a iznad njega se nalazi krovna ploča od predgotovljenih šupljih elemenata što čini puno lakši sustav od prethodnog i stvara manje opterećenje na konstrukciju. Ova dva sustava služe kao horizontalna stabilizacija nosivih zidova crkve. Projekt obnove je izrađen u skladu s konzervatorskim smjernicama koje nastoje zaštititi i očuvati vrijedne povijesne elemente unutar crkve.

Održavanje crkve ima veliki utjecaj na dugoročno očuvanje njezinih elemenata te sigurnost i nosivost. Pravilno održavanje omogućava sprječavanje degradacije materijala i produljenje životnog vijeka građevine. Redoviti pregledi i održavanje mogu umanjiti potrebu za skupim popravcima ili zamjenom elemenata što omogućuje dugoročno smanjenje ukupnih troškova i sprječavanje oštećenja. Također dobro održavana i uredna crkva privlači vjernike i doprinosi kvaliteti života ljudi koji ju koriste. Izostankom održavanja dolazi do degradacije svojstava i uporabljivosti građevine u kratkom vremenskom periodu. U konačnici, održavanje crkve je investicija u dugoročnu sigurnost, funkcionalnost i očuvanje vrijednosti građevine.



U radu je predložen plan održavanja crkve sv. Franje Asiškog. Plan održavanja se sastoji od definiranja standarda, opisa periodičnih pregleda elemenata, primjera obrazaca za pregled i održavanje te definiranih radova održavanja pojedinih elemenata s njihovim vremenskim periodom provođenja. Sukladno definiranom standardu stručne osobe provode vizualne preglede i procjenu stanja elemenata. Opisani su postupci pregleda pojedinih elemenata i navedena je njihova učestalost. Kako bi se pregledi i održavanje mogli učinkovito provesti bitno je sve podatke bilježiti u tipizirane obrasce koji se dokumentiraju. U tu svrhu su dani primjeri obrazaca za pregled i održavanje crkve. Prvi tip obrazaca se odnosi na pojedine elemente crkve, a drugi na pregled svih konstrukcijskih i nekonstrukcijskih elemenata te instalacija. Obrasci se temelje na uputama za pregled, opisu oštećenja i njezinom uzroku, radovima održavanja, predviđenom trošku i roku izvedbe rada. Cilj obrazaca je identificirati oštećenje na vrijeme i pratiti stanje elemenata kako bi se mogli kvalitetno i pravovremeno definirati radovi popravaka i održavanja. Radovi održavanja obuhvaćaju aktivnosti koje je potrebno periodično provoditi kako bi određeni element zadržao zahtijevana svojstva i uporabljivost. Definirani su radovi održavanja za sve elemente crkve i njihov vremenski interval, a sastoje se od čišćenja, ličenja, popravaka, zamijene dijelova i premazivanja zaštitnim sredstvima. Redoviti radovi održavanja mogu umanjiti velike intervencije na građevini što se odražava na smanjenje troškova te opći izgled i funkcionalnost građevine.

## 6. Literatura

- Abbott, A. R. i Whale, L. R. J. (1987) 'An overview of the use of glued laminated timber (glulam) in the UK', *Construction and Building Materials*, vol. 1, br. 2, str. 104-110.
- Albert, M. L., Elwi, A. E. i Cheng, J. J. R. (2001) 'Strengthening of Unreinforced Masonry Walls Using FRPs', *Journal of Composites for Construction*, vol. 5, br. 2, str. 76-84.
- Aliyu, A., Bello, A., Muhammad, S., Singhry, M. i Bukar, M. G. (2016) 'An assessment of building maintenance management practice for Abubakar Tafawa Balewa University Teaching Hospital', Bauchi, *African Scholar Journal of Pure and Applied Science (AJPAS)*, vol. 2, str. 41-85.
- Al-Shaarbaf, I. A., Al-Azzawi, A. A. i Abdulsattar, R. (2018) 'A state of the art review on hollow core slabs', *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 13, br. 9, str. 3240-3245.
- Aničić, D. i Netinger, I. (2004) *Priručnik za projektiranje prednapetih šupljih ploča*, Osijek, ITG Zagreb.
- Ascione, L., Caron, J.-F., Godonou, P., van IJselmuiden, K., Knippers, J., Mottram, T., Oppe, M., Gantriis Sorensen, M., Taby, J. i Tromp, L. (2016) *Prospect for new guidance in the design of FRP*, Ispra, Joint Research Centre – European Commission.
- Ascione, L., Feo, L. i Rosati, L. (2013) *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures*, Rome, Italian National Research Council.
- Asiedu, Y. i Gu, P. (1998) 'Product life cycle cost analysis: state of the art review', *International Journal of Production Research*, vol. 36, br. 4, str. 883-908.
- Babaeidarabad, S., Arboleda, D., Loreto, G. i Nanni, A. (2014) 'Shear strengthening of unreinforced concrete masonry walls with fabric-reinforced-cementitious-matrix', *Construction and Building Materials*, vol. 65, str. 243-253.
- Badurina, A. (1987) Povijesni razvoj sakralnog prostora, u Badurina, A., Škunca, B., Škunca, F. (ur.) *Sakralni prostor tijekom povijesti i danas*, Zagreb, vlastita naklada, str. 13-81.

- Banjad Pečur, I. (2016) *Kontinuirana izobrazba građevinskih radnika u okviru energetske učinkovitosti*, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet.
- Baričević, A. i Pojatina, J. (2021) Metode popravka i pojačanja zidova, u Uroš, M., Todorčić, M., Crnogorac, M., Atalić, J., Šavor Novak, M., Lakušić, S. (ur.) *Potresno inženjerstvo – Obnova zidanih zgrada*, Zagreb, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 365-392.
- Barontini, A., Ramos, L. F., Masciotta, M. G. i Lourenco, P. B. (2022) *Inspection and diagnosis of historical structures*, Guimaraes, University of Minho.
- Barta, A. (2008) 'Gotička katedrala', *Nova akropola*, br. 55, str. 15-21.
- Beeson, S., Kubin, J. i Unav, A. I. (2015) 'Potresna osjetljivost povijesnih zidanih konstrukcija nepravilne geometrije', *Građevinar*, vol. 67, br. 2, str. 151-158.
- Bender Maringer, M. (2012) 'Kripta katedrale sv. Terezije Avilske u Požegi', *Radovi Zavoda za znanstveni i umjetnički rad u Požegi*, br. 1, str. 209-229.
- Beslač, J. (2002) 'Beton u novom stoljeću', *Građevinar*, vol. 54, br. 1, str. 15-22.
- Bhattacharya, S., Nayak, S. i Dutta, S. C. (2014) 'A critical review of retrofitting methods for unreinforced masonry structures', *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 7, str. 51–67.
- Bisby, L., Stratford, T., Hart, C. i Farren, S. B. (2013) 'Fire Performance of Well-Anchored TRM, FRCM and FRP Flexural Strengthening Systems', *Advanced Composites in Construction – Conference Proceeding*, Belfast, str. 98-109.
- Boem, I. (2022) 'Masonry Elements Strengthened with TRM: A Review of Experimental, Design and Numerical Methods', *Buildings*, vol. 12, br. 9, str. 1307-1326.
- Bogdan, A. (2020) 'Drvo u modernom graditeljstvu', *Građevinar*, vol. 72, br. 1, str. 70-76.
- Bognar, B., Marenjak, S. i Krstić, H. (2011) 'Analiza stvarnih i planiranih troškova održavanja i uporabe građevina', *Elektronički časopis građevinskog fakulteta Osijek-e-GFOS*, vol. 2, br. 3, str. 85-96.
- Borri, A., Corradi, M., Tedeschi, C. i Binda, L. (2008) 'Experimental evaluation of shear and compression strength of masonry wall before and after reinforcement: Deep repointing', *Construction and Building Materials*, vol. 22, br. 4, str. 463-472.

- Bremner, G.A. (2016) 'Narthex reclaimed: reinventing disciplinary space in the Anglican mission field 1847–1903', *Journal of Historical Geography*, vol. 51, str. 1-17.
- Cerić, A. (2021) Upravljanje održavanjem građevina, Pregled objekta i definiranje radova [Predavanje na kolegiju Upravljanje održavanjem građevina, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu], studeni 2021.
- Cerić, A. i Katavić, M. (2000) 'Upravljanje održavanjem zgrada', *Građevinar*, vol. 53, br. 2, str. 83-89.
- Corradi, M., Borri, A. i Vignoli, A. (2002) 'Strengthening techniques tested on masonry structures struck by the Umbria–Marche earthquake of 1997–1998', *Construction and Building Materials*, vol.16, br. 4, str. 229-239.
- Cox, M. i Kneller, P. (2000) 'Crypt archaeology: an approach', Reading, Institute of Field Archaeologists [Online]. Dostupno: [http://www.archaeologists.net/sites/default/files/ifa\\_paper\\_3.pdf](http://www.archaeologists.net/sites/default/files/ifa_paper_3.pdf) (Pristupljeno: 10. srpnja 2023.).
- Crnković, B. i Šarić, Lj. (2003) *Građenje prirodnim kamenom*, Zagreb, Institut građevinarstva hrvatske.
- Cvekan, P. (1990) *Kaptolski Franjevci: kulturno-povijesni prikaz djelovanja franjevaca kroz 770 godina na Kaptolu u Zagrebu*, Zagreb, vlastita naklada.
- Damjanović, D. (2013) *Arhitekt Herman Bollé*, Zagreb, Muzej za umjetnost i obrt, Leykam international.
- Demonja, D. (2016) 'Elementi arhitekture franjevačkih crkava građenih do kraja 16. stoljeća u Istri i na otocima kvarnerskog zaljeva', *Histria archeologica: Časopis Arheološkog muzeja Istre*, vol. 46 br. 46, str. 195-240.
- Dobronić, L. (1991) *Biskupski i kaptolski Zagreb*, Zagreb, Školska knjiga.
- Doig, A. (2016) *Liturgy and architecture: from the Early Church to the Middle Ages*, New York, Routledge.
- Dubovečak, T. (2022) 'Održavanje prijamnih zgrada kolodvora HŽ infrastrukture', *Željeznice 21*, vol. 21, br. 2, str. 25-35.

- Dukić, D. (2015) Model upravljanja održavanjem objekata visokogradnje, Doktorska disertacija, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, Sveučilište u Novom Sadu.
- Faber, A. (1992) 'Antička apsida i njezin kontinuitet u arhitekturi sakralnih objekata', *Vjesnik Arheološkog muzeja u Zagrebu*, vol. 24-25, br. 1, str. 151-162.
- Ferreira, F. P. V., Tsavdaridis, K. D., Martins C. H. i De Nardin S. (2021) 'Steel-Concrete Composite Beams with Precast Hollow-Core Slabs: A Sustainable Solution', *Sustainability*, vol. 13, br. 8, str. 4230-4255.
- Foretić, D. (2021) *Fotodokumentacija cjelovite obnove konstrukcije zgrade – crkva, zvonik i samostan*, Zagreb, Foretić i sinovi d.o.o.
- Foretić, D. i Trogrlić, B. (2021) *Projekt cjelovite obnove konstrukcije zgrade – crkva, zvonik i samostan*, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu.
- Formisano, A., Vaiano, G., Fabbrocino, F. i Milani, G. (2018) 'Seismic vulnerability of Italian masonry churches: The case of the Nativity of Blessed Virgin Mary in Stellata of Bondeno', *Journal of Building Engineering*, vol. 20, str. 179-200.
- Fučić, L. (2019) *Zakonsko uređivanje održavanja građevina*, Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva, Opatija, 13.-15. lipnja.
- Gagnon, B. (2019) Croatie, *Wikimedia commons* [Online]. Dostupno: <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Bgag/Croatia?uselang=hr> (Pristupljeno: 15. srpnja 2023.).
- Galić, J. (2016) *Betonske konstrukcije*, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski fakultet.
- Galić, J., Vukić, H., Andrić, D. i Stepinac, L. (2020) *Tehnike popravaka i pojačanja zidanih zgrada*, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski fakultet.
- Geotech (2020) 'Samobušiva sidra', Geotech [Online]. Dostupno: <https://www.geotech.hr/samobusiva-sidra/> (Pristupljeno: 7. srpnja 2023.).
- Geotech (2023) 'Temeljenje', Geotech [Online]. Dostupno: <https://www.geotech.hr/sanacija-temelja-uvodni-dio/> (Pristupljeno: 4. rujna 2023.).

- Gukov, I. (2019) *Betonske konstrukcije I* (interna skripta), Zagreb, Tehničko veleučilište Zagreb.
- Hafner, I. i Kišiček, T. (2020) 'Procjena stanja postojećih zidanih konstrukcija: Pregled metoda', u Štirmer, N. (ur.) *Zbornik radova - 6. simpozij doktorskog studija građevinarstva*, Zagreb, 7.-8. rujna, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, str. 21-32.
- Hadzima-Nyarko, M., Ademović, N. i Jeleč., M. (2020) *Konstruktivska pojačanja zidanih zgrada*, Osijek, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek.
- Harapina, A., Radnić, J., Grgić, N., Smilović Zulim, M., Sunara, M. i Buzov, A. (2020) *Osnove betonskih konstrukcija*, Split, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije.
- Horner, R. M., El-Haram, M. A. i Munns, A. (1997) 'Building Maintenance Strategy: A New Management Approach', *International Journal of Quality in Maintenance*, vol. 3, br. 4, str. 273-280.
- Hoško, F. E., Mirković, M. i Belaj, V. (1992) *Franjevci Hrvatske provincije sv. Ćirila i Metoda*, Zagreb, Hrvatska franjevačka provincija sv. Ćirila i Metoda.
- Idrus, A., Khamidi, M. F. i Olanrewaju, A. L. (2009) 'Value-based maintenance management model for university buildings in Malaysia - a critical review', *Journal of sustainable development*, vol. 2, br. 3, str. 127-133.
- Jašarević, I. (1987) *Geotehnička sidra i sidrenje konstrukcije*, Zagreb, Sveučilišna naklada Liber.
- Kaćan, B. (2019) 'Sv. Krševan – Zadar', [www.boriskacan.com](https://www.boriskacan.com) [Online]. Dostupno: <https://www.boriskacan.com/tags.php?type=image&what=&image=17778&tag=Zadar#image> (Pristupljeno: 7. srpnja 2023.).
- Kajko-Mattsson, M. (2001) 'The state of documentation practice within corrective maintenance', u Werner, B. (ur.) *Proceedings IEEE International Conference on Software Maintenance, ICSM 2001*, Firenca, Italija, 7.-9. studenog. Los Alamitos, IEEE Computer Society, str. 354-363.

- Karanikoloudis, G., Lourenco, P. B., Alejo, L. E. i Mendes, N. (2021) 'Lessons from Structural Analysis of Great Gothic Cathedral: Canterbury Cathedral as a Case Study', *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 15, br. 12, str. 1765-1794.
- Katekizam katoličke crkve (2016) 'Ispovijedanje vjere', *Hrvatska biskupska konferencija*, Zagreb, Glas koncila, br. 823–828, str. 239-240.
- Kayan, B. A., Halim, I. A. i Mahmud, N. S. (2018) 'Green maintenance for heritage buildings: an appraisal approach for St Paul's church in Melaka, Malaysia', *International Journal of Technology*, vol. 9, br. 7, 1415-1428.
- Kišiček, T., Stepinac, M., Renić, T., Hafner, I. i Lulić, L. (2020) 'Pojačanje ziđa na posmik pomoću FRP-a ili TRM-a', *Građevinar*, vol. 72, br. 10, str. 937-953.
- Kitek Kuzman, M., Oblak, L., i Vratuša, S. (2010) 'Lamelirano lijepljeno drvo u arhitekturi', *Drvena industrija*, vol. 61, br. 3, str. 197-204.
- Kovačević, M. S. (2021) *Mehanika stijena*, Zagreb, Tiskara Zelina.
- Krolo, J. (2020) *Izješće o istražnim radovima na konstrukciji crkve sv. Franje i franjevačkog samostana u Zagrebu*, Zagreb, Građevinski fakultet u Zagrebu.
- Krstić, H., i Marenjak, S. (2012) 'Analiza troškova održavanja i uporabe građevina', *Građevinar*, vol. 64, br. 4, str. 293-303.
- Kufrin, T. (2022) *Elektrotehnički projekt crkve sv. Franje Asiškog*, Samobor, Opting.
- Lateef, O. A., Khamidi, M. F. i Idrus, A. (2010) 'Building maintenance management in a Malaysian university campus: a case study', *Construction Economics and Building*, vol. 10, br. 1-2, str. 76-89.
- Le, A. T. H., Domingo, N., Rasheed, E. i Park, K. S. (2018) 'Building Maintenance Cost Planning and Estimating: A Literature Review', u Gorse, C. i Neilson, C. J. (ur.) *Proceedings 34th Annual ARCOM Conference*, Belfast, Ujedinjeno Kraljevstvo, 3.-5. rujna. Manchester, ARCOM, str. 697-706.
- Lekić, M. (2022) *Cjelovita obnova crkve i franjevačkog samostana - Projekt strojarских instalacija*, Zagreb, Tehnokom.
- Leksikografski zavod Miroslav Krleža (2021) *Hrvatska enciklopedija*, [Online]. <https://www.lzmk.hr/> (Pristupljeno: 9. srpnja 2023.).

- Leksikografski zavod Miroslav Krleža (2017) *Hrvatska enciklopedija*, [Online]. Dostupno: <https://proleksis.lzmk.hr/32266/> (Pristupljeno: 8. srpnja 2023.).
- Leksikografski zavod Miroslav Krleža (2007) 'Pročelje', *Tehnički leksikon*, [Online]. Dostupno: <https://tl.lzmk.hr/clanak/5611> (Pristupljeno: 9. srpnja 2023.).
- Lovrić Vranković, J., Boko, I. i Divić, V. (2018) 'Eksperimentalno istraživanje i numeričko modeliranje lijepljenog lameliranog drva', *Common Foundations 2018 - uniSTem: 6th Congress of Young Researchers in the Field of Civil Engineering and Related Sciences*, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, str. 134-140.
- Lozančić, S., Bošnjak Klečina, M. i Jurić, A. (2019) Održavanje višestambenih objekata, u Hadzima – Nyarko, M., Blažević, D., Fekete, K., Glavaš, H. i Karakašić, M. (ur.) Zbornik radova 28. Međunarodni znanstveni skup „Organizacija i tehnologija održavanja“, Vinkovci, Hrvatska, 12. prosinca. Panon – Institut za strateške studije, str. 87-91.
- Madureira, S., Flores-Colen, I., de Brito, J. i Pereira, C. (2017) 'Maintenance planning of facades in current buildings', *Construction and building materials*, vol. 147, str. 790-802.
- Majdandžić-Gladić, S. (2020) 'Isus Krist – pravi Bog i pravi čovjek', *Vjera i djela* [Online]. Dostupno: <https://www.vjeraidjela.com/isus-krist-pravi-bog-i-pravi-covjek/> (Pristupljeno: 7. srpnja 2023.).
- Malena, M., Genoese, A., Panto', B., Spina, D. i de Felice, G. (2022) 'Two Steps Procedure for the Finite Elements Seismic Analysis of the Casamari Gothic Church', *Buildings*, vol. 12, br. 9, str.1451-1466.
- Mannino, N. (2018) 'Le cripte nelle chiese cristiane. Questioni di fede e di architettura', u Chiavelli, R. (ur.) *Le cripte del Santo Sepolcro di Acquapendente e del Santissimo Salvatore al Monte Amiata nell'ambito delle cripte ad oratorium della Tuscia*, Viterbo, Italia, 27.-28. travnja. Viterbo, CIS Sa. S Centro Internazionale di Studi sul Santo Sepolcro e Comune di Acquapendente, vol. 5, str. 7-26.
- Marenjak, S., El-Haram, M. A. i Horner, R. M. W. (2002) 'Procjena ukupnih troškova projekata u visokogradnji', *Građevinar*, vol. 54, br. 7, str. 393-401.
- Marucchi, O. (1923) *Manuale di archeologia cristiana*, Rim, Desclee & C.



- Márquez, A. C. (2007) *The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance*, London, Springer-Verlag.
- Mihovilović, Ž. (2021) *Glavni projekt – Geotehnički elaborat*, Zagreb, Grasa projekt d.o.o.
- Milić, J. (2020) 'Je li crkva kao mjesto okupljanja kršćanske zajednice obična građevina?', *Horizonti vjere* [Online]. Dostupno: <https://ipaprkc.org/2020/05/28/crkva-kao-mjesto-okupljanja-krscanske-zajednice-obicna-gradevina/> (Pristupljeno: 8. srpnja 2023.).
- Mirković, M. (1987) 'Zagrebačka franjevačka crkva na Kaptolu i njezino kulturno-povijesno značenje', *Godišnjak zaštite spomenika kulture Hrvatske*, br. 13, str. 115-134.
- Misseri, G., Rovero, L., Stipo, G., Barducci, S., Alecci, V. i De Stefano, M. (2019) 'Experimental and analytical investigations on sustainable and innovative strengthening systems for masonry arches', *Composite Structures*, vol. 210, str. 526–537.
- Mišljenović, V. i Lobar, Z. (2013) 'Prozor (rozeta)', *Matka*, vol. 21, br. 83, str. 146-149.
- Mokrović, Lj. (2001) 'Uzajamni utjecaj kršćanstva i umjetnosti na zajedničkom povijesnom putovanju (I. dio) Od ranokršćanstva do ranog srednjeg vijeka', *Obnovljeni život*, vol. 56, br. 1, str. 79-102.
- Müller, W. i Vogel, G. (1999) *Atlas arhitekture I*, Zagreb, Golden marketing.
- Nemec, F., Vondračkova, T. i Nyvlt, V. (2016) 'Characteristics of Gothic Cathedrals in France and Their Structural Elements', u Yilmaz, I. (ur.) *World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2016*, Prague, 13. -17. lipnja. Netherland, Elsevier, str. 1751-1756.
- Obradović, D. i Marenjak, S. (2017) 'Uloga održavanja u životnom ciklusu građevine', u Glavaš, H., Barić, T., Nyarko, E. K., Barukčić, M., Keser, T. i Karakašić, M. (ur.) *Zbornik radova 26. Međunarodni znanstveno – stručni skup „Organizacija i tehnologija održavanja“*, Osijek, Hrvatska, 26. svibnja. Osijek, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT), str. 61-67.
- Olanrewaju, A. L. A. i Abdul-Aziz, A. R. (2014) *Building maintenance processes and practices: The case of a fast developing country*, New York, Springer.

- Olanrewaju, A. L. A., Khamidi, M. F. i Idrus, A. (2010) 'Quantitative analysis of defects in Malaysian university buildings: Providers' perspective', *Journal of Retail & Leisure Property*, vol. 9, br. 2, str. 137-149.
- Ong, C. B. (2015) Glue-laminated timber (Glulam), u Ansell M. P. (ur.) *Wood Composites*, Cambridge, Woodhead Publishing, str. 123-140.
- Papanicolaou, C. G., Triantafillou, T. C., Papathanasiou, M. i Karlos, K. (2007) 'Textile reinforced mortar (TRM) versus FRP as strengthening material of URM walls: out-of-plane cyclic loading', *Materials and Structures*, vol. 41, br.1, str. 143–157.
- Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevine* (2019) Narodne novine, br. 64/14, 41/15, 105/15, 61/16, 20/17, 118/19.
- Pravilnik o održavanju građevina* (2014) Narodne novine, br. 122/14.
- Pravilnik o sadržaju pisane izjave izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine* (2014) Narodne novine, br. 43/14.
- Prekrtić, D. (2021) *Projekt cjelovite obnove konstrukcije zgrade 3D model – crkva, zvonik i samostan*, Zagreb, Foretić i sinovi d.o.o.
- Prenda, I. (2008) 'Živa Crkva i crkva građevina znak su Božji među ljudima', *Informativna katolička agencija* [Online]. Dostupno: <https://ika.hkm.hr/dokumenti/ziva-crkva-i-crkva-gradevina-znak-su-bozji-medu-ljudima/> (Pristupljeno: 7. svibnja 2023.).
- Radić, J., Bleiziffer, J. i Kalafatić, I. (2010) 'Novi pristup osiguranju trajnosti konstrukcija', *Građevinar*, vol. 62, br. 11, str. 971-980.
- Raftery, G. M. i Whelan, C. (2014) 'Low-grade glued laminated timber beams reinforced using improved arrangements of bonded-in GFRP rods', *Construction and Building Materials*, vol. 52, str. 209-220.
- Rakić, D. A. (2005) *Opća povijest arhitekture: od pra-arhitekture do anti-arhitekture*, Zagreb, Kućni majstor.
- Rilatupa, J., Dianty, G. P., Napitupulu, S. i Rilatupa, G. Z. (2021) 'Damage assessment of construction components: case study: the jakarta sion church building', *Stavebni obzor-Civil Engineering Journal*, vol. 30, br. 3, str. 1-13.
- Rimski misal: Opća uredba* (2004) 3.izd., Zagreb, Kršćanska sadašnjost.

- Risan, H. K., Harba, I. S. I. i Abdulridha, A. J. (2017) 'Numerička analiza armiranobetonskog zida s otvorom ojačanim CFRP-om podvrgnutim ekscentričnim opterećenjima', *Građevinar*, vol. 69, br. 7, str. 573-580.
- Rustempašić, N. i Čaušević, A. (2014) 'Održavanje objekata', *The importance of place conference theme: Cities and Cultural Landscapes: between recognition, preservation and usage*, str. 255-267.
- Secco, M. (2012) 'Restoration of cultural heritage masonry structures damaged by the 2009 Abruzzo earthquake: Materials and methods', *Il Nuovo cemento*, vol. 35, br. 5, str. 189-199.
- Sokol Gojnik, Z., Crnčević, A. i Obad-Šćitaroci, M. (2011) 'Utjecaji na preobrazbe kršćanske liturgijske arhitekture do 20. stoljeća', *Prostor*, vol.19, br. 2(42), str. 282-295.
- Sorić, Z. i Kišiček, T. (2020) *Betonske konstrukcije 3. Projektiranje betonskih konstrukcija prema europskim normama EN*, Zagreb, Skripta Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
- Stepinac, M., Rajčić, V. i Barbalić, J. (2017) 'Pregled i ocjena stanja postojećih drvenih konstrukcija', *Građevinar*, vol. 69, br. 9, str. 861-873.
- Stroik, D. G. (2009) *The church building as a sacred place. Beauty, Transcendence and the Eternal*, Chicago, Hillenbrand Books.
- Stunja, K., Vilenica, D. i Karač, Lj. (2016) *Alge i gljivice na fasadama*, Zagreb, Hrvatska udruga proizvođača toplinsko fasadnih sustava.
- Šaško, I. (2005) *Per signa sensibilia. Liturgijski simbolički govor*, 2. izdanje, Zagreb, Glas koncila.
- Škalabrin, N. (2003) 'Sveta mjesta i osobito crkve u kanonskom pravu', *Bogoslovska smotra*, vol. 73, br. 4, str. 901-923.
- Škrinjar, Lj. (2020) 'Đavlova glava u zagrebačkoj katedrali', *Portal hrvatskog kulturnog vijeća* [Online]. Dostupno: <https://www.hkv.hr/reportae/lj-krinjar/3428-reportaa-avlova-glava-u-zagrebakoj-katedrali-910.html> (Pristupljeno: 7. srpnja 2023.).
- Škunca, B. (1985) 'Crkva - građevina, što je to? (II)', *Služba Božja*, vol. 25, br. 2, str. 132-141.

- Škunca, B. (1987) Crkva – građevina, u Badurina, A., Škunca, B., Škunca, F. (ur.) *Sakralni prostor tijekom povijesti i danas*, Zagreb, vlastita naklada, str. 83-118.
- Škunca, F. (2001) 'U traženju jedinstva i sklada bogoslužnog prostora. Između liturgijske funkcije i arhitekture', *Služba Božja*, vol. 41, br. 3, str. 205-214.
- Vintzileou, E. (2011) 'Three-Leaf Masonry in Compression, Before and After Grouting: A Review of Literature', *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 5, br. 4-5, str. 513-538.
- Vojvodić, M. (2016) 'Dvanaest pojmova iz crkvene arhitekture koje bi svaki katolik trebao znati', *Bitno.net* [Online]. Dostupno: <https://www.bitno.net/kultura/likovna-umjetnost/dvanaest-pojmova-iz-crkvene-arhitekture-koje-bi-svaki-katolik-trebao-znati/> (Pristupljeno: 10. lipnja 2023.).
- Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada (2007)*  
Narodne novine, br. 03/07.
- Tehnički propis za građevinske konstrukcije (2022)* Narodne novine, br. 17/17, 75/20, 07/22.
- Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama (2010)* Narodne novine, br. 87/08, 33/10.
- Tijanić Štrok, K. (2021) *Razvoj modela za učinkovito upravljanje održavanjem javnih obrazovnih građevina*, Doktorska disertacija, Osijek, Građevinski i arhitektonski fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
- Todorić, M. i Bogdan, A. (2020) 'Zaštita kulturne baštine nakon potresa', *Građevinar*, vol. 72, br. 5, str. 453-458.
- Tomažević, M. (2000) 'Protupotresna obnova postojećih zidanih građevina', *Građevinar*, vol. 52, br. 11, str. 683-693.
- Torbar, J. (1882) *Izješće o zagrebačkom potresu 9. studenoga 1880.*, Zagreb, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti.
- Torić, N., Divić, V. i Boko, I. (2012) 'Ponašanje prednapetih šupljih betonskih ploča uslijed djelovanja požara – eksperimentalna analiza', *Tehnički vjesnik*, vol. 19, br. 4, str. 847-856.

- Trogrlić, B. i Nižetić, Đ. (2021) *Elaborat ocjene postojećeg stanja građevinske konstrukcije*, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu.
- Trusinová, M. (2013) 'Katedrala Notre Dame u Parizu', *Česky rozhlas* [Online]. Dostupno: <https://plus.rozhlas.cz/katedrala-notre-dame-de-paris-7996095> (Pristupljeno: 9. srpnja 2023.).
- Tumialan, G. i De Luca, A. (2014) 'FRCM Systems: The second Generation of Externally-Bonded Composite Systems for Strengthening of Concrete and Masonry Structures', *Structure*, br. 9, str. 22-24.
- Türkmen, Ö. S., De Vries, B. T. i Wijte, S. N. M. (2020) 'In-plane behaviour of clay brick masonry wallettes retrofitted with single-sided fabric-reinforced cementitious matrix and deep mounted carbon fibre strips', *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 18, br. 2, str. 725–765.
- Uputa o zakonskoj obvezi održavanja građevina* (2021) Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine.
- Uređena zemlja (2023) Mikrolokacija crkve sv. Franje na Kaptolu, *Uređena zemlja* [Online]. Dostupno: <https://oss.uredjenazemlja.hr/map> (Pristupljeno: 19. srpnja 2023.).
- Zakonik kanonskog prava* (1996) Zagreb, Glas koncila.
- Zakon o gradnji* (2019) Narodne novine, br. 153/13, 20/17, 39/19, 125/19.
- Zakon o građevinskoj inspekciji* (2013) Narodne novine, br. 153/13.
- Zakon o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije* (2023) Narodne novine, br. NN 21/23.
- Zakon o vlasništvu i drugim stvarnim pravima* (2017) Narodne novine, br. 91/96, 68/98, 137/99, 22/00, 73/00, 129/00, 114/01, 79/06, 141/06, 146/08, 38/09, 153/09, 143/12, 152/14, 81/15, 94/17.
- Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara* (2022) Narodne novine, br. 69/99, 151/03, 157/03, 87/09, 88/10, 61/11, 25/12, 136/12, 157/13, 152/14, 44/17, 90/18, 32/20, 62/20, 117/21, 114/22.

Zoghi, M. (2013) *The International Handbook of FRP Composites in Civil Engineering*, London, CRC Press.

Župa Duha Svetog (2020) 'Crkvena lađa i prezbiterij', *Župa Duha Svetog* [Online]. Dostupno: <https://zupa-duhasvetoga-jarun.hr/sveta-mati-slobode/crkvena-lada/> (Pristupljeno: 9. srpnja 2023.).

Xie, X., Zhu, K., Hua, J., Ying, H. i Lui, K. (2012) 'Behaviour and In-situ tests of self-drilling prestressed anchors', *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications, Switzerland, vol. 130-134, str. 3536-3542.

## **7. Popis priloga**

**Prilog 1:** Presjek kroz kontrafore s prikazom AB obloga i krovne ploče

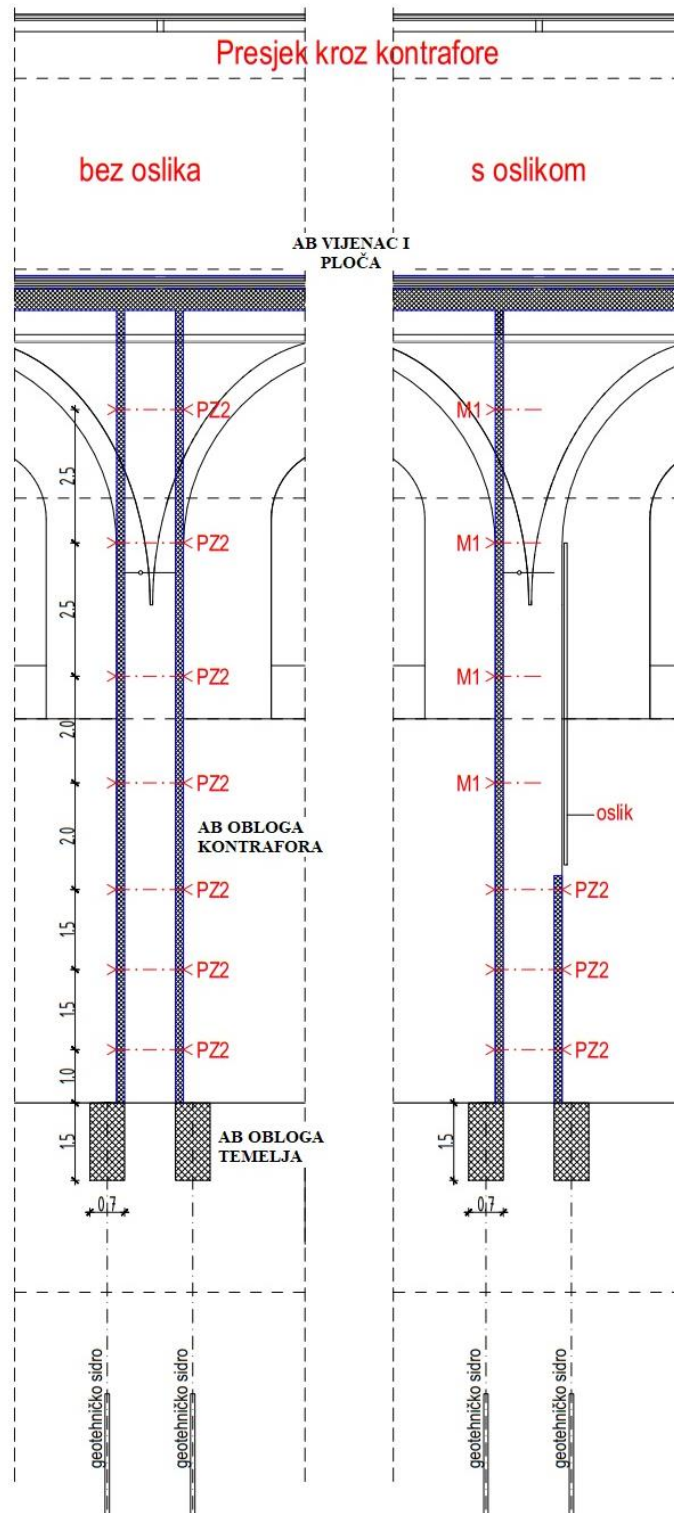
**Prilog 2:** Uzdužni presjek crkve sv. Franje Asiškog u 3D BIM modelu

**Prilog 3:** Plan periodičnih pregleda elemenata crkve sv. Franje Asiškog za razdoblje od 20 godina

**Prilog 4:** Obrazac za pregled i održavanje elemenata crkve sv. Franje Asiškog

**Prilog 5:** Polustrukturirani intervju s g. Damirom Foretićem glavnim projektantom i nadzorom obnove crkve sv. Franje Asiškog u Zagrebu

**Prilog 1:** Presjek kroz kontrafore s prikazom AB obloga i krovne ploče





**Prilog 2:** Uzdužni presjek crkve sv. Franje Asiškog u 3D BIM modelu





**Prilog 4:** Obrazac za pregled i održavanje elemenata crkve sv. Franje Asiškog

<b>OBRAZAC ZA PREGLED I ODRŽAVANJE ELEMENTA CRKVE SV. FRANJE ASIŠKOG</b>									
<b>Redni broj</b>	<b>Element</b>	<b>Detalji pregleda</b>	<b>Datum pregleda</b>	<b>Provoditelj pregleda</b>	<b>Opis oštećenja</b>	<b>Uzrok oštećenja</b>	<b>Radovi održavanja</b>	<b>Predvideni trošak</b>	<b>Rok izvedbe</b>
1.	Temelji	slijeganje, pomak, utjecaj podzemnih i oborinskih voda							
2.	Zidovi	pukotine, mrlje, plijesan							
3.	Kontrafore	Zidane - pukotine, mrlje, plijesan AB obloga - pukotine, odlamanje betona, korozija armature, mahovina i plijesan							
4.	Drveni LLD nosači svoda	znakovi truljenja, gljivice i insekti, utvrđivanje pukotina i deformacija, stanje zaštitnog premaza, stanje metalnih spojeva							
5.	Zidani svod	pukotine, mrlje, plijesan							
6.	AB krovna ploča	pukotine, odlamanje betona, korozija armature, mahovina i plijesan							
7.	Drvena konstrukcija krovništa	znakovi truljenja, gljivice i insekti, utvrđivanje pukotina i deformacija, stanje zaštitnog premaza, stanje metalnih spojeva							
8.	Kamena obloga poda	ljuštenje površine, gubitak sjaja, promjena boje, mehanička oštećenja, pukotine							
9.	Portal	promjena boje i pojava mrlja, pukotine, ljuštenje kamena, erozija kamena, pomaci kamenih elemenata, stanje sljubnica, mahovina, alge i gljivice							
10.	Rozeta	promjena boje i pojava mrlja, pukotine, ljuštenje kamena, erozija kamena, pomaci kamenih elemenata, stanje sljubnica, mahovina, alge i gljivice							

11.	Vitracji	olovni okviri vitraja, pukotine, deformacije, lom stakla, čvrstoća pričvršćenja, korozija na staklu, plijesan, alge i mahovina, promjene boja							
12.	Kameni vijenac	promjena boje i pojava mrlja, pukotine, ljuštenje kamena, erozija kamena, pomaci kamenih elemenata, stanje sljubnica, mahovina, alge i gljivice							
13.	Oluci za odvodnju	začepljenje, curenje vode, korozija, deformacije, probušenost							
14.	Zabatni zid	promjena boje i pojava mrlja, pukotine, ljuštenje kamena, erozija kamena, pomaci kamenih elemenata, stanje sljubnica, mahovina, alge i gljivice							
15.	Biber crijep	puknuće i mehanička oštećenja, pomicanje ili odizanje crijepa, truljenje, mahovine i alge							
16.	Krovni prozori	istrošenost brtve oko prozora, puknuće stakla, pojava mahovine i gljivica, prokišnjavanje vode, ispravnost otvaranja							
17.	Čelični nosači u zvoniku	popuštanje vijaka, znakovi korozije, deformacije							
18.	Bakreni lim	pucanje ili deformacije, korozija, pojava pukotina, promjena boje, problemi na spojevima							
19.	Grijanje	ispravnost i nepropusnost cijevi, pumpi, spojeva i ventila, funkcionalnost senzora							
20.	Električne instalacije	razvodni ormari, osigurači, sklopnici, električni spojevi							
21.	Ventilacija	kontrola filtera, fizičko oštećenje cijevi, ispravnost ventilatora, brtvljenje spojeva, akumulacija vlage unutar cijevi							
22.	Gromobranska instalacija	stanje uzemljivača, hvataljki, odvoda, spojeva, pojava korozije, prepreke							

**Prilog 5:** Polustrukturirani intervju s Damirom Foretićem glavnim projektantom i nadzorom obnove crkve sv. Franje Asiškog u Zagrebu

1. Koliko često je potreban pregled oluka za odvodnju i kako se on provodi? Kojim radovima se oluci održavaju u funkcionalnom stanju?
2. Treba li pregledavati bakreni lim na zvoniku? Koja se oštećenja na njemu mogu pojaviti?
3. Kako i koliko često se provode pregledi krovnih prozora? Na koje načine treba održavati krovne prozore?
4. Koliko često se vrše pregledi vitraja? Kojim radovima treba održavati vitraje u narednom vremenu? Kakva se oštećenja mogu pojaviti na vitraju?
6. Na koji način se provode ispitivanja i pregledi zidanih konstrukcija kao što su zidovi, svodovi i kontrafore? Koje radove treba obavljati prilikom održavanja ovih elemenata?
7. Koliko često provoditi preglede drvenih konstrukcija unutar crkve i kako se one trebaju održavati u budućnosti?
8. Koliko često i na koje načine se održavaju kameni elementi na fasadi crkve kao što su portal, rozeta, kameni vijenac i zabatni zid? Jeli potrebno provoditi periodično čišćenje kamenih elemenata?
9. Koliko često se pregledavaju gromobrani i koji su najčešći radovi na održavanju?
10. Na koji način se provode pregledi za biber crijep? Koliko često je potrebno obavljati takve preglede? Koji su uzroci oštećenja biber crijepa?
11. Kada je potrebno provoditi preglede temelja? Koji su najčešći radovi održavanja na temeljima?
12. Kako se obavlja održavanje grijanja u crkvi i koje je radove potrebno izvoditi?
13. Koliko često treba provoditi preglede armiranobetoskih elemenata kao što su krovna ploča i obloge kontrafora? Koja oštećenja se na njima mogu pojaviti i kako ih sanirati?
14. Na koje načine treba obavljati preglede i radove održavanja na čeličnim nosačima u zvoniku?