

Rušenje mostova

Jagarinec, Kaja

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:803115>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-23**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



zir.nsk.hr



image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Kaja Jagarinec

Rušenje mostova

Završni rad

Rijeka, 2021. godina

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Preddiplomski sveučilišni studij
Mostovi

Kaja Jagarinec
JMBAG:0082055169

Rušenje mostova

Završni rad

Rijeka, rujan 2021. godine

Naziv studija: **Sveučilišni preddiplomski studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Nosive konstrukcije

Tema završnog rada

**RUŠENJE MOSTOVA
BRIDGE COLLAPSES**

Kandidatkinja: **KAJA JAGARINEC**

Kolegij: **MOSTOVI**

Završni rad broj: **21-P-69**

Zadatak:

U uvodnom dijelu rada je potrebno navesti i opisati uzroke rušenja mostova. U glavnom dijelu rada potrebno je stvoriti bazu srušenih mostova (iz relevantne literature) te statistički obraditi rušenja prema uzroku rušenja, te prema konstrukcijskom sustavu, nosivoj konstrukciji i vrsti materijala od kojeg su srušeni mostovi bili izgrađeni. Statistička obrada može sadržavati i druge podatke kao godinu izgradnje, godinu rušenja, vijek eksploatacije i sl. Poželjno je detaljnije opisati i nekoliko primjera mostova koji su se srušili zbog prirodnih uzroka ili ljudske greške.

Tema rada je uručena: 24. veljače 2021.

Mentorica:

prof. dr. sc. Ivana Štimac Grandić
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Završni rad sam izradila samostalno, u suradnji s mentoricom uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Kaja Jagarinec

U Rijeci, 14. rujna 2021.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Preddiplomski sveučilišni studij
Mostovi**

**Kaja Jagarinec
JMBAG:0082055169**

**Rušenje mostova
Završni rad**

Rijeka, rujan 2021. godine

SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI

Mostovi su konstrukcije kojima se ostvaruje prijelaz preko postojeće prepreke te njihova gradnja seže daleko u povijest. Prvi mostovi građeni su u obliku priručnih pješačkih mostova izrađenih od drva. Gradnja mostova kroz povijest razvijala se sporo i iskustveno uz brojne greške koje su kao posljedicu imale rušenje cijelog mosta ili dijela konstrukcije.

Rušenje mostova može biti uzrokovano ljudskim ili prirodnim faktorom. Ljudski faktor obuhvaća ljudske greške u proračunu, tijekom gradnje, neadekvatno održavanje, sudar automobila ili broda u konstrukciju, požar, ratna zbivanja i marširanje. Prirodne pojave obuhvaćaju poplave, potrese, tornada, eroziju, klizište i vjetar.

Ključne riječi: most, rušenje, ljudski faktor, prirodni faktor

ABSTRACT AND KEYWORDS

Bridge is a structure built cross existing obstacles. Their building goes back in time. First bridges were built from wood in the form of pedestrian bridge. Bridge constructions developed slowly and experientially throughout history whit numerous errors that resulted in collapsion of the whole bridge or parts of the structure.

The collapse of bridges can be caused by human or natural factors. The human factor includes human errors in design, construction, inadequate maintenance, crash by car or ship into construction, fire, war and marching. Natural phenomena include floods, earthquakes, tornadoes, erosion, landslides and wind.

Keywords: bridge, collapse, human factors, natural factors

Sadržaj

1.	UVOD	9
2.	OPĆENITO O MOSTOVIMA.....	10
3.	RAZLOZI RUŠENJA MOSTOVA.....	11
3.1.	PRIRODNI ČIMBENICI	12
3.1.1.	POTRES	12
3.1.2.	VJETAR.....	12
3.1.3.	TORNADO	12
3.1.4.	EROZIJA.....	12
3.1.5.	KLIZIŠTE	13
3.2.	LJUDSKI ČIMBENICI.....	14
3.2.1.	POGREŠKE U PROJEKTIRANJU I IZVOĐENJU RADOVA.....	14
3.2.2.	PREOPTEREĆENJE.....	14
3.2.3.	SUDAR	14
3.2.4.	NEADEKVATNO ODRŽAVANJE I PREGLED	14
3.2.5.	POŽAR.....	15
3.2.6.	RATNA ZBIVANJA.....	15
3.2.7.	MARŠIRANJE.....	15
4.	STATISTIKA URUŠAVANJA MOSTOVA.....	16
4.1.	PREMA KONTINENTU NA KOJEM SE NALAZE.....	16
4.2.	PREMA DRŽAVI U KOJOJ SE NALAZI.....	17
4.3.	PREMA GODINI IZGRADNJE	18
4.4.	PREMA GODINAMA EKSPLOATACIJE.....	19
4.5.	PREMA MATERIJALU	20
4.6.	PREMA GLAVNOM NOSIVOM SKLOPU.....	21
4.7.	PODJELA PREMA TIPU NOSIVE KONSTRUKCIJE.....	22
4.8.	PODJELA PREMA LJUDKOM I PRIRODNOM FAKTORU	23
4.8.1.	PRIRODNI FAKTOR	24
4.8.2.	LJUDSKI FAKTOR.....	25
5.	NAJPOZNATIJA I NAJZANIMLJIVIJA URUŠAVANJA MOSTOVA	26
5.1.1.	TACOMA NARROWS.....	26
5.1.2.	LEON SALOMON MOISSEIFF	29
5.2.1.	VIADOTTO POLCEVERA (PONTE MORANDI)	30
5.2.2.	RICARDO MORANDI.....	34
5.3.	MOST BROUGHTON.....	35

6.	MOSTOVI U HRVATSKOJ.....	37
6.1.1.	MASLENIČKI MOST	37
6.1.2.	VOJISLAV DRAGANIĆ.....	39
6.2.1.	GORNJI I DONJI MOST U NINU	40
7.	ZAKLJUČAK	44
8.	POPIS DIJAGRAMA.....	45
9.	POPIS SLIKA	46
10.	LITERATURA.....	48
11.	LITERATURA KORSIŠTENNA ZA MOSTOVE U UZORKU	50

1. UVOD

Definicija mostova kao građevine kojima se ostvaruje prijelaz preko postojeće prepreke pokazuje da njihova gradnja seže daleko u povijest. Prvi mostovi gradili su se od priručnih, odnosno dostupnih materijala kao što su kamen i drvo, a građeni su u svrhu pješačkog prijelaza. Pojavom kočijaškog prometa, a kasnije i razvojem željezničkog te cestovnog prometa zahtjevi za izgradnju mosta uvelike se mijenjaju. Teži se izgradnji dužih mostova sa većom rasponskom konstrukcijom, duljim vijekom trajanja, izdržljivijim i otpornijim materijalima te bržoj gradnji.

Sam razvoj gradnje kroz povijest tekao je sporo na osnovi iskustva sa brojnim greškama i katastrofama tijekom gradnje i/ili tijekom uporabe mosta. Usprkos ljudskim žrtvama te katastrofe imale su pozitivan utjecaj na buduće gradnje u obliku novih saznanja o ponašanju konstrukcije.

Današnja gradnja mostova uz velike duljine i širine, bržu gradnju, otpornijim i izdržljivijim materijalima, te što duljim vijekom trajanja zahtjeva još i podnošenje velikih opterećenja, skladnost konstrukcije s okolinom te ekonomičnu isplativost. Od prijašnje gradnje najviše se razlikuje po upotrebi novih materijala i metoda gradnje te strojeva koji uvelike olakšavaju i ubrzavaju sam proces. Također, u proračun prilikom projektiranja mosta uzimaju se brojni utjecaji i opterećenja okoliša, prometa i same konstrukcije. Danas su ti zahtjevi obuhvaćeni i regulirani europskim normama za projektiranje konstrukcija odnosno Eurokodom.

Mostovi su zbog svoje zahtjevnosti i opsežnosti gradnje oduvijek fascinirali brojne ljude i s vremenom postaju simbol povezanosti mjesta, gradova, država, te kao metafora međuljudske povezanosti, života, ljubavi, prijateljstva, trajnosti i prolaznosti vremena.

Ovim završnim radom obuhvaćen je kratak uvod o mostovima te statistika rušenja mostova na određenom uzorku. Mostovi korišteni za potrebe ovog rada odabrani su na temelju mogućnosti pronalaska informacija o kontinentu i državi u kojoj su se nalazili, godinama izgradnji i urušavanja, materijalu, glavnom nosivom sklopu, tipu glavne nosive konstrukcije i razlogu urušavanja.

2. OPĆENITO O MOSTOVIMA

Mostovi su građevine kojima se ostvaruje prijelaz prometnica preko prirodnih (rijeke, morski tjesnaci, kanali, doline, kanjoni) ili umjetnih zapreka (ulice, druge prometnice, kolodvori) koje se nalaze na trasi pružanja prometnice. Prometni objekti koji u sebi sadržavaju nosive konstrukcije, a sastoje se od sastojke od gornjeg i donjeg ustroja.

Podjela mostova nije jednoznačno određena, odnosno jedan most može pripadati u više grupa ovisno koji se kriterij/podjela promatra.

Mostove možemo podijeliti prema:

1. namjeni: cestovni, željeznički, pješački, kombinirani, akvadukti, za cijevi, vodovode i kanale
2. prepreci koju premošćuje: viadukti, mostovi preko rijeka, nadvožnjaci, obronački, tvrđavni inundacijski
3. položaju u prostoru: gradski, u neizgrađenom krajoliku
4. dimenzijama: propusti, mali mostovi, srednji mostovi, veći mostovi, veliki mostovi, izvanredne građevine
5. trajnosti: provizorni, privremeni, polustalni, stalni
6. fleksibilnosti: nepokretni, pokretni, plutajući
7. gradivu: drveni, metalni, masivni, kombiniranih gradiva, drugih gradiva
8. položaju kolnika: s kolnikom gore, dolje ili upuštenim
9. obliku glavnog nosivog sklopa: gredni, lučni, okvirni, viseći, ovješeni, kombinirani
10. tipu nosive konstrukcije: pločasti, rebrasti, sandučasti, rešetkasti
11. tlocrtnom položaju: okomiti, kosi, u pravcu, u zavoju [1]

Za potrebe ovog završnog rada koristit ćemo podjele prema gradivu (7.), obliku glavnog nosivog sklopa (9.) i tipu nosive konstrukcije (10.).

3. RAZLOZI RUŠENJA MOSTOVA

Rušenje dijela mosta ili cijelog mosta događa se od kad je započeta sama gradnja mostova. Gradnja mostova kao i gradnja općenito razvija se iskustveno, a većina tehničkog znanja koje danas posjedujemo temelji se na pogreškama i saznanjima iz prošlosti. Svako rušenje mosta ima svoje jedinstvene značajke i čimbenike.

Ovim radom prikazat će se statistika najčešćih razloga rušenja mostova na uzorku¹ od 52 mosta. Podjela se vrši prema kontinentu, državi, vremenu eksploatacije, te razlozima urušavanja. Razlozi urušavanja podijeljeni su na prirodne čimbenike (potres, poplava, oluja, klizište, vjetar, tsunami, itd.) i na ljudske čimbenike (nepravilan proračun, nacrt, izgradnja, sudari, požar, korozija, nepravilno održavanje, ratna stradavanja).

Podaci o mostovima korištenim u uzorku može se naći kao prilog na kraju završnog rada.

¹ Podaci o mostovima korištenim u uzorku može se naći kao prilog na kraju završnog rada u obliku tablice korištene za potrebe statistike te dodatnih informacija u obliku natuknica.

3.1. PRIRODNI ČIMBENICI

3.1.1. POTRES

Potres kao prirodna nepogoda dovodi do vertikalnih i horizontalnih kretanja tla koja mogu uzrokovati oštećenja ili kolaps građevina. Kod mostova prilikom potresa najčešća oštećenja javljaju se kao slom stupa mosta, klizanje nosača u poprečnom ili uzdužnom smjeru, pomicanje ili slijeganje tla što smanjuje nosivost temeljne konstrukcije. [2]

3.1.2. VJETAR

Vjetar uzrokuje aerostatske i aerodinamičke sile koje su glavni izazov u projektiranju mostova, a posebno mostova velikih raspona. Aerodinamičke vibracije obično uzrokuju lepršanje, udaranje i oscilacije izazvane vrtlogom, a one dovode do pomaka i naprezanja koji mogu premašiti projektirana naprezanja na most i uzrokovati urušavanje. Najpoznatije rušenje mosta uzrokovano djelovanjem vjetra je most Tacoma Narrow. [2]

3.1.3. TORNADO

Tornado je intenzivan zračni vrtlog koji ima oblik lijevka ili cijevi. Pruža se vertikalno ispod oblaka sve do površine tla. Cijev može biti promjera do 1000 m, uzduž osi nastaje jaki i nagli pad tlaka zraka, a brzina vjetra može premašiti i 500 km/h. [3]

3.1.4. EROZIJA

Pojava u kojoj razina korita postaje niža pod utjecajem vodene erozije, a događa se zbog povećanja brzine protoka ili dugotrajne erozije korita. Uzrokuje izloženost temelja mosta i može doći do savijanja ili lokalnog izvijanja temelja, a time se značajno smanjuje nosivost mosta. [2]

3.1.5. KLIZIŠTE

Klizište je dio padine na kojem je zbog poremećaja stabilnosti došlo do klizanja tla, odnosno kretanja površinskog sloja zemlje. Najčešći uzroci klizanja tla su promjena razine podzemne vode, vlažnosti, temperature, tektonski poremećaji i potresi, te neprikladni zahvati na tlu (krčenje vegetacije). [4] Pokretanje, tj. odron materijala uzrokuje udare u stupove i/ili upornjake mostova te dovode do znatnih oštećenja pa čak i rušenja mosta. [2]

3.2. LJUDSKI ČIMBENICI

3.2.1. POGREŠKE U PROJEKTIRANJU I IZVOĐENJU RADOVA

Projektiranje svake građevine zahtjeva detaljnu analizu opterećenja, pravilno projektiranje prema zadanim normama i adekvatno izvođenje radova uz nadzor. Veliku ulogu ima i izbor materijala i oblik nosivog sustava ovisno o okolišu u kojem se most nalazi te količini opterećenja koju mora prenijeti. Prilikom gradnje često dolazi do uštede na materijalu što uzrokuje nedostatnu nosivost konstrukcije. Nepravilno projektiranje ili nesavjesno projektiranje i izvođenje može dovesti do urušavanja konstrukcije i ljudskih žrtava. [2]

3.2.2. PREOPTEREĆENJE

Preopterećenje mosta može se javiti zbog pogrešne pretpostavke preopterećenja, odnosno pogreške kod projektiranja, prenamjene mosta, povećanje prometnog opterećenja u odnosu na projektirano, te preopterećena vozila (kamioni) koji prolaze tim mostom. Preopterećenje se javlja u obliku zamora u dijelovima mosta i skraćuje vijek trajanja, a s vremenom uzrokuje urušavanje. Kod nekih ekstremnih slučajeva dovoljan je jedan preopterećeni kamion da premaši nosivost mosta i uzrokuje njegovo urušavanje. [2]

3.2.3. SUDAR

Sudar kod mostova prvenstveno se promatra kao udar plovila ili vozila u stupove mosta. Dolazi do oštećenja stupova mosta, smanjuje se nosivost te dolazi do urušavanja. [2]

Vozilo ili plovilo može udariti i u rasponsku konstrukciju, čime je može oštetiti ili srušiti, no takva rušenja su izuzetno rijetka.

3.2.4. NEADEKVATNO ODRŽAVANJE I PREGLED

Mostovi se projektiraju kao konstrukcije čiji životni vijek iznosi minimalno 100 godina. Prilikom upotrebe mostovi su izloženi raznim opterećenjima i utjecaju okoline čime se pogoršava njihovo stanje i dovodi do propadanja. Pravilnim pregledima i održavanjem, odnosno sanacijama smanjuje se rizik i proces propadanja. [2]

3.2.5. POŽAR

Požar na mostovima javlja se kao posljedica sudara vozila ili građevinskih nesreća. Brzi porast temperature stvara velike temperaturne promjene materijala koje dovode do pucanja betona i izvijanja čeličnih elemenata. Doprinosi smanjenju čvrstoće i krutosti materijala čime se smanjenje nosivost dijelova konstrukcije i uzrokuje djelomično ili potpuno urušavanje mosta. [2]

3.2.6. RATNA ZBIVANJA

Rat kao oružani sukob između dvije ili više država ili saveza ima za posljedicu brojne ljudske žrtve, razaranja gradova i građevina pa samim time i mostova. [5] U Hrvatskoj mnogi su primjeri stradavanja mostova tijekom ratnih stanja, a pogotovo za vrijeme Domovinskog rata od kojih je najpoznatiji Maslenički most.

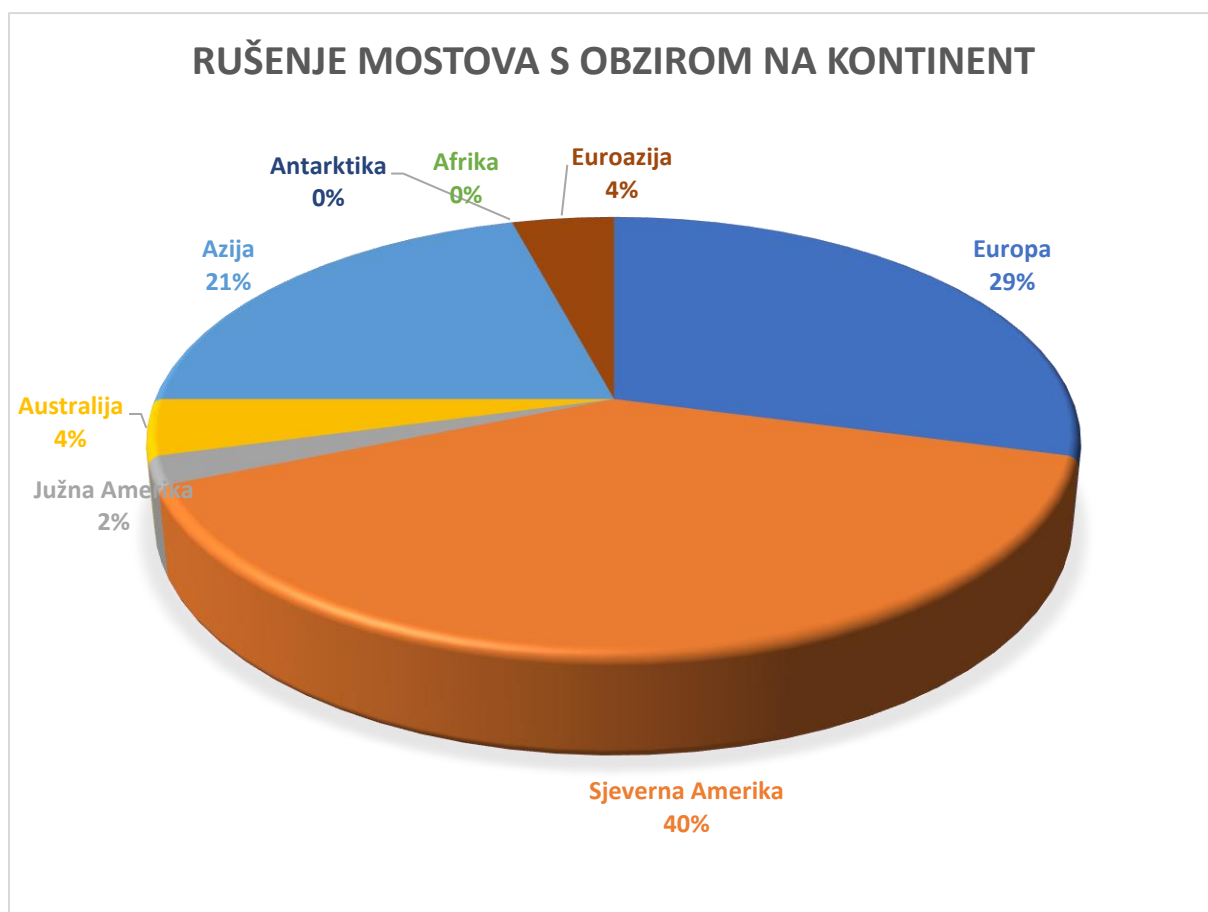
3.2.7. MARŠIRANJE

Marš je kretanje vojne jedinice karakterističnim hodom, odnosno stupanjem. Nakon urušavanja mosta Broughton prilikom marširanja vojske, 1831. godine naređeno je engleskoj vojsci da se preko mosta kreće normalnim hodom. Profesori fizike objasnili su taj fenomen pojavom rezonance, tj. usklađeni hod vojnika pogađa frekvenciju mosta te raste amplituda titranja što dovodi do otkazivanja mosta. [6]

4. STATISTIKA URUŠAVANJA MOSTOVA

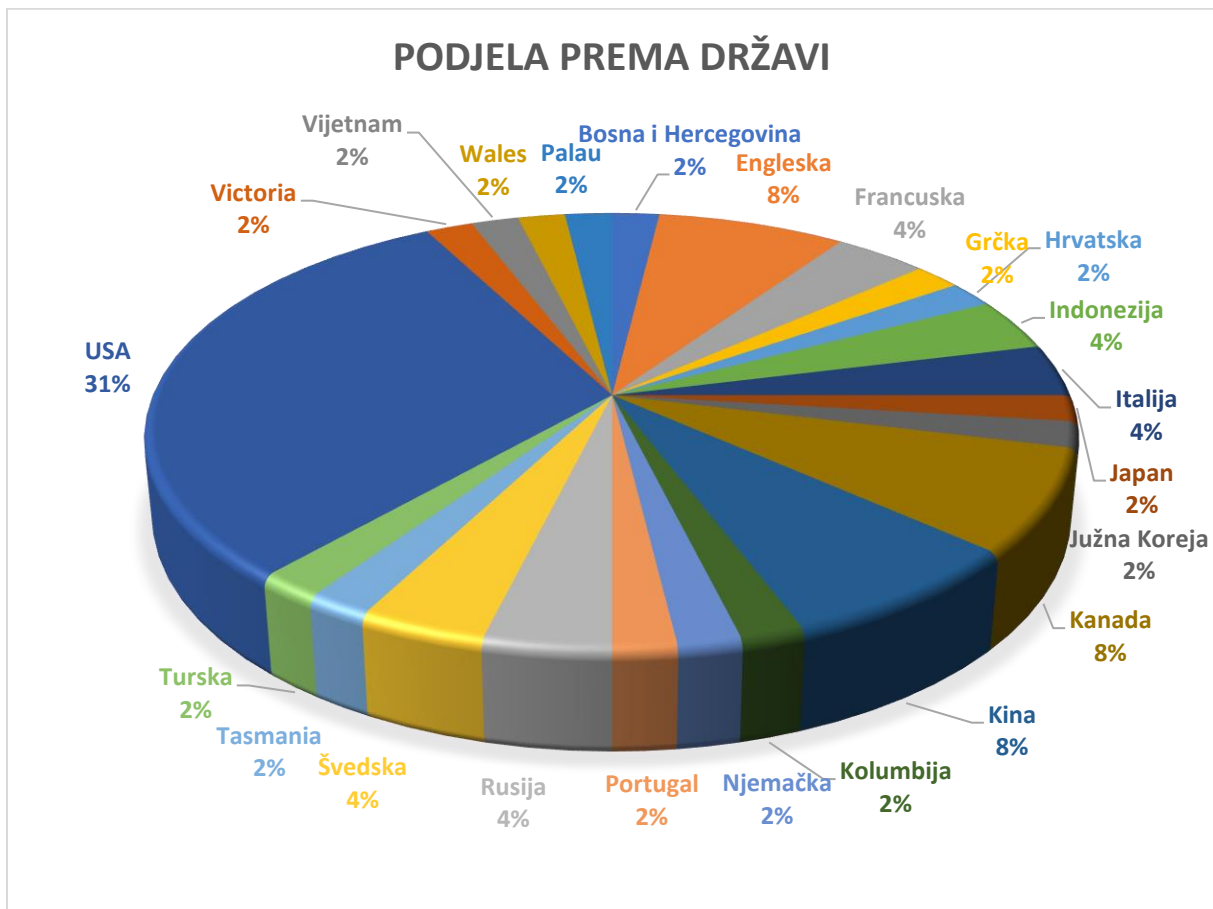
4.1. PREMA KONTINENTU NA KOJEM SE NALAZE

Podjela prema kontinentima vrši se na Europu, Sjevernu Ameriku, Južnu Ameriku, Aziju, Afriku, Australiju, Antarktiku i Euroaziju. S obzirom na prikupljene podatke i dostupnost podataka najviše urušavanja desilo se unutar Europe i Sjeverne Amerike, a unutar Antarktike ne postoji ni jedno urušavanje.



Dijagram 1. Prikaz podjele mostova iz uzorka prema kontinentu

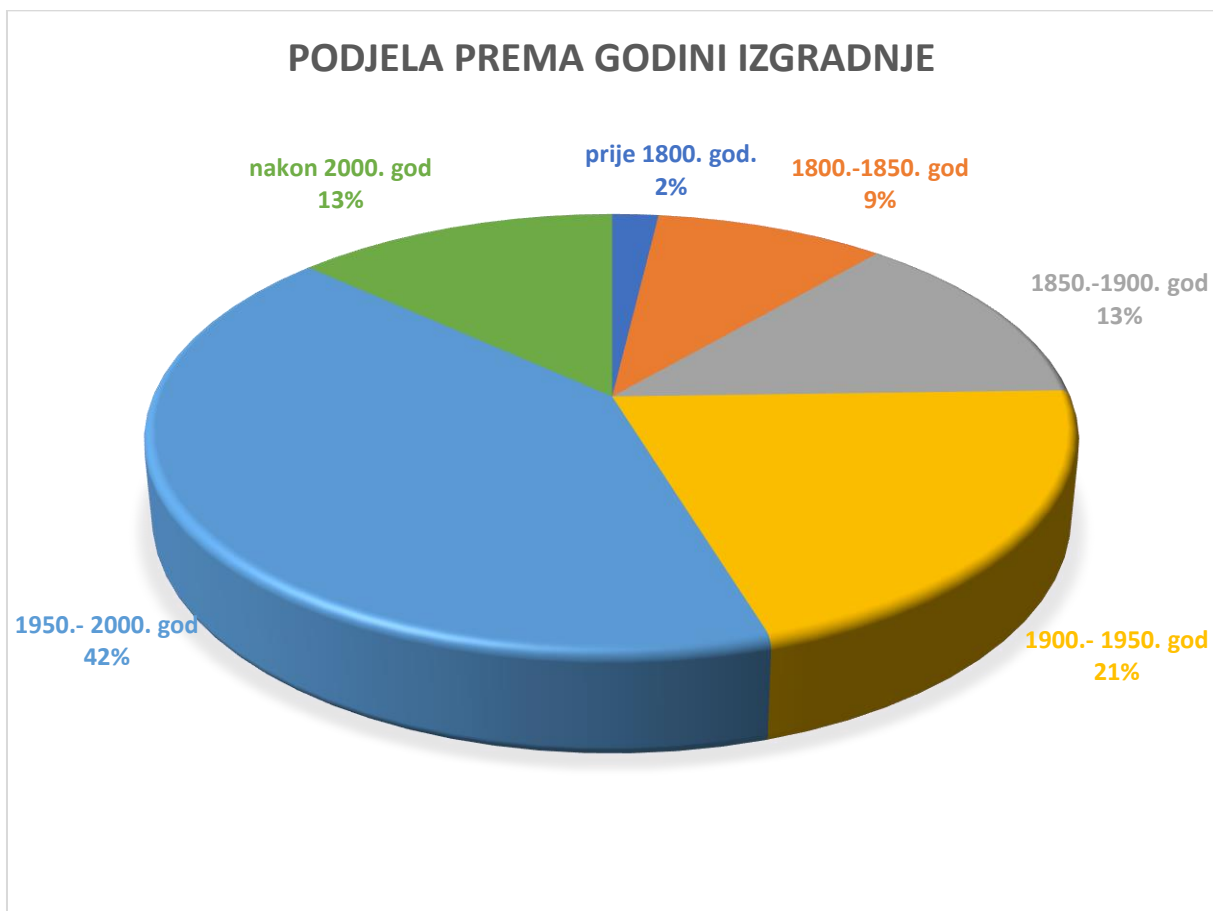
4.2. PREMA DRŽAVI U KOJOJ SE NALAZI



Dijagram 2. Prikaz podjele mostova u uzorku prema državi u kojoj se nalaze

4.3. PREMA GODINI IZGRADNJE

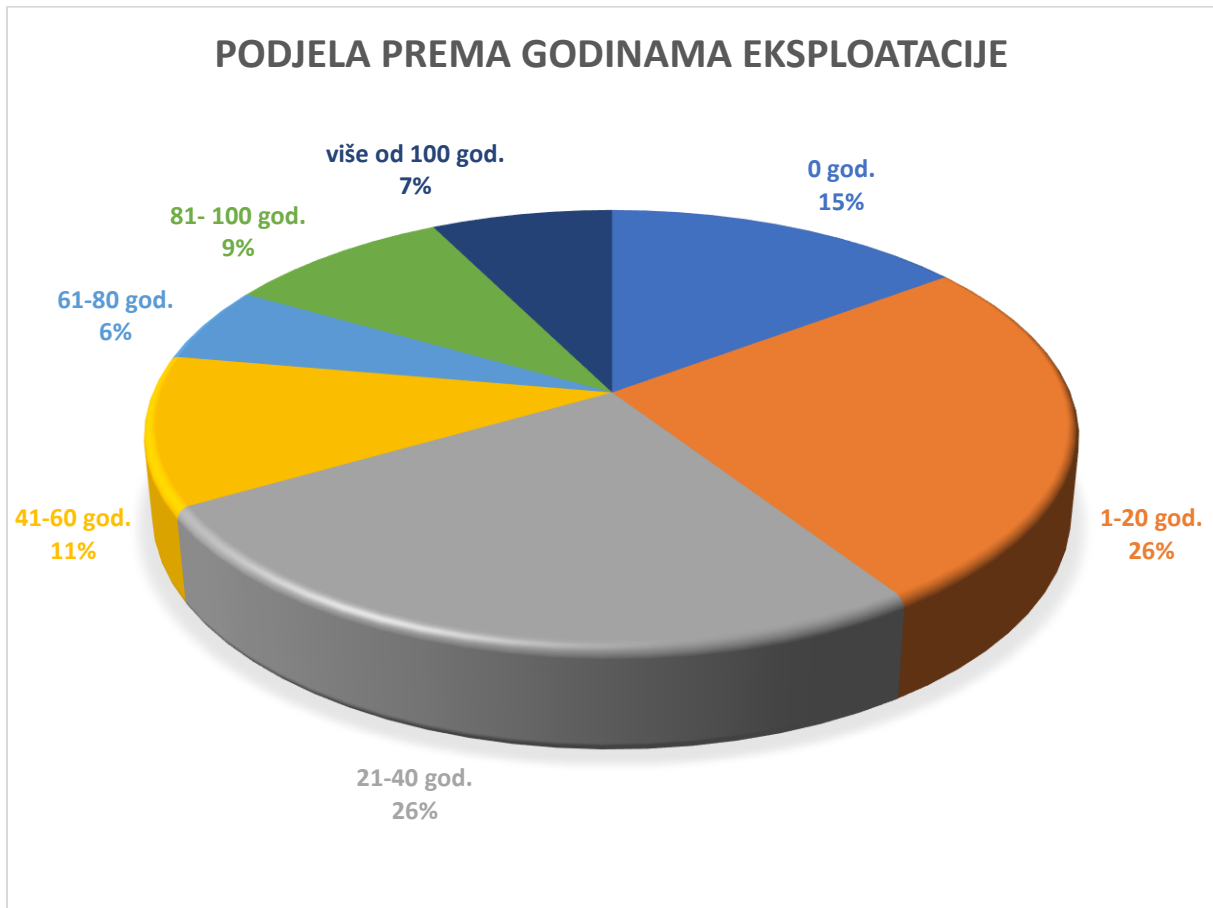
Podjela prema godini izgradnje odnosi se na mostove izgrađene prije 1800. godine, između 1800. i 1850. godine, 1850. i 1900. godine, 1950. i 2000. godine te nakon 2000. godine. S obzirom da dostupni podaci ne sežu daleko u povijest, odnosno za starije mostove dane su samo godine urušavanja i/ili još jedan od podataka nisu uzeti u obzir. Prema prikupljenim podacima možemo vidjeti da je većina urušenih mostova izgrađena tijekom 20. stoljeća, odnosno za te mostove s obzirom da se nalaze u bliskoj prošlosti imamo najviše informacija. Najstariji most u ovoj skupini je Stari most u Mostaru i datira iz 1566. godine.



Dijagram 3. Prikaz podjele mostova u uzorku prema godinama u kojima su izgrađeni

4.4. PREMA GODINAMA EKSPLOATACIJE

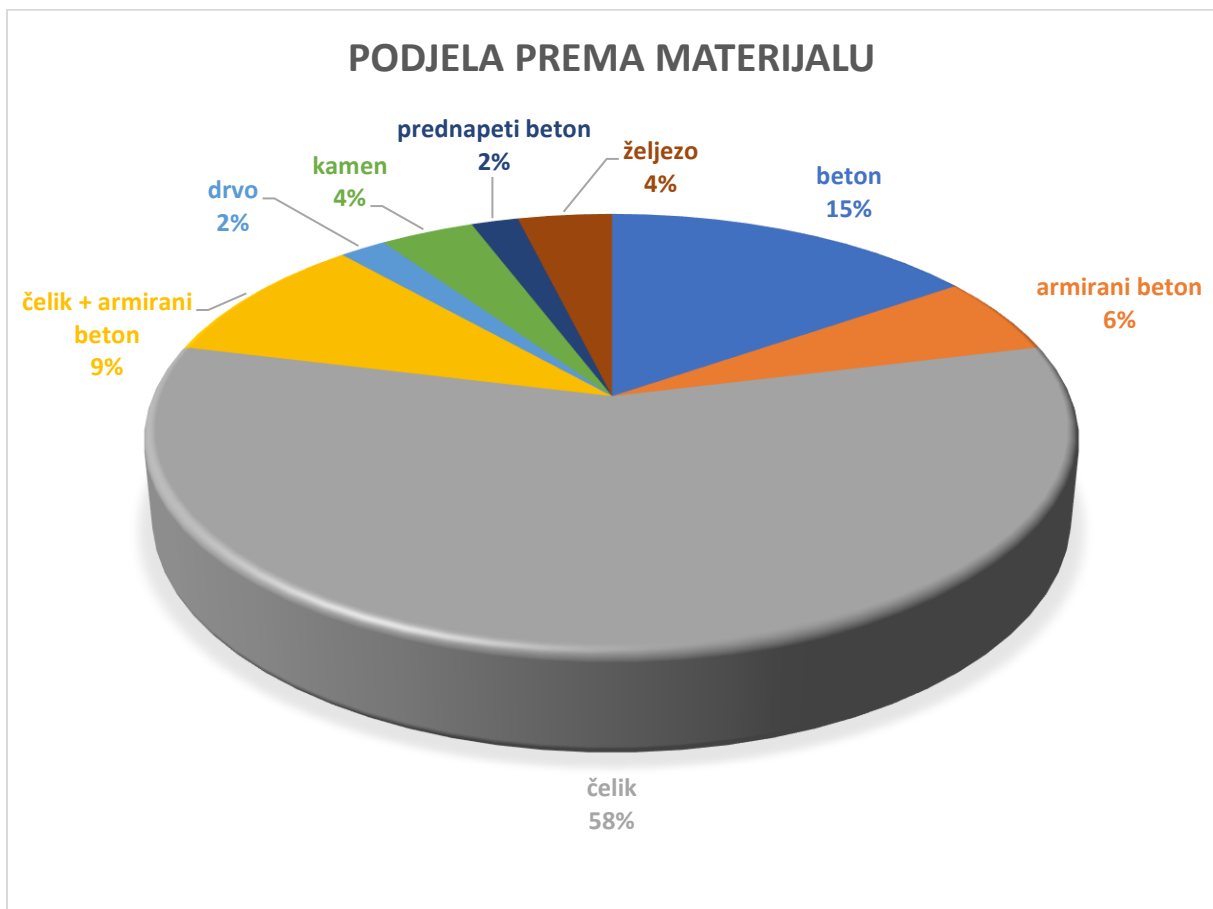
Ova podjela odnosi se na vrijeme korištenja mosta kao prijelaza preko postojeće prepreke. Podjela će se vršiti prema godinama, odnosno 0 godina za srušene mostove za vrijeme gradnje, od 1-20 godina, 21-40 godina, 41-60 godina, 61-80 godina, 81-100 godina i više od 100 godina.



Dijagram 4. Prikaz podjele mostova u uzorku prema godinama korištenja/ eksploatacije

4.5. PREMA MATERIJALU

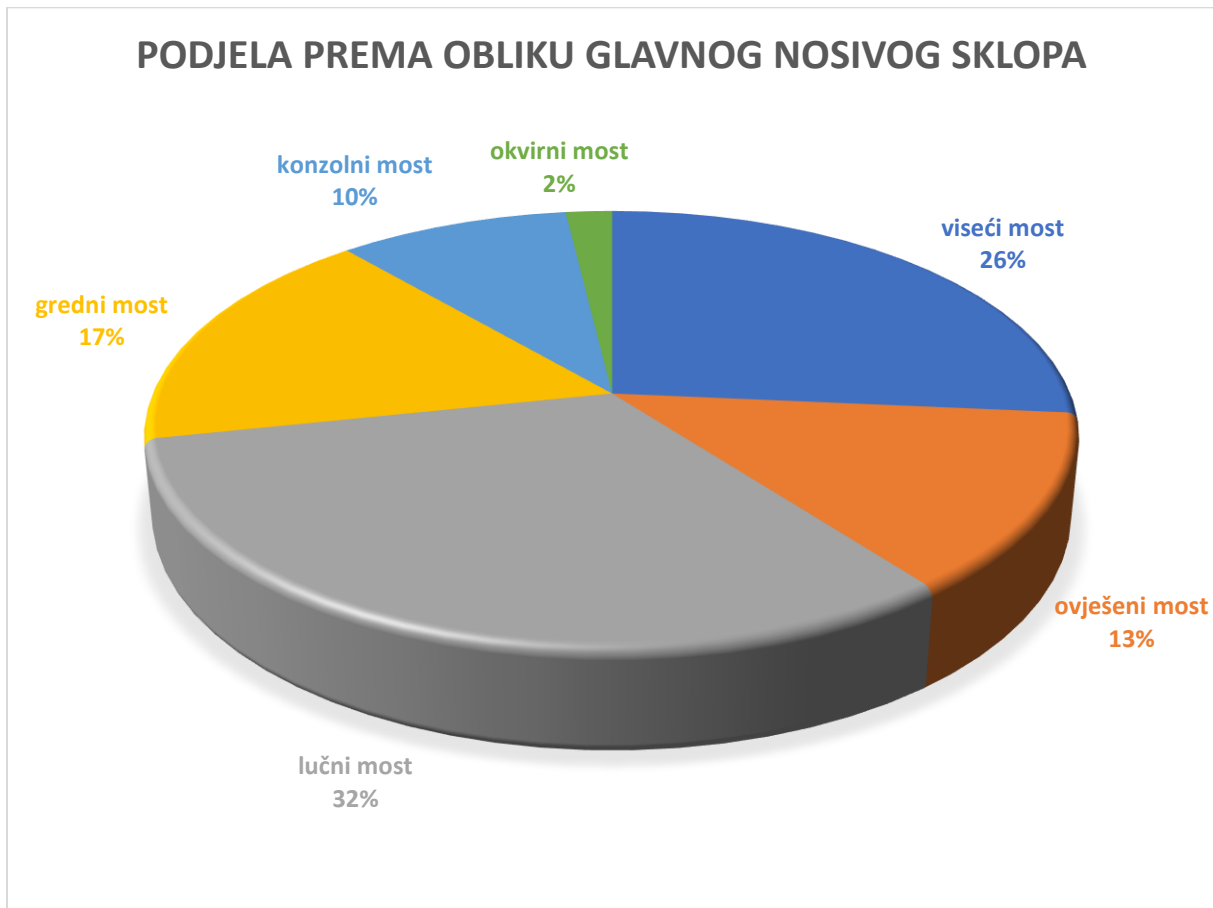
Ova podjela svrstana je na mostove izgrađene od kamena, čelika, betona, armiranog betona, prednapetog betona te kombinacijama čelika i betona te čelika i armiranog betona. Prema prikupljenim podacima najviše mostova građeno je u prošlom stoljeću kada popularnost stječe čelik kao ekonomični materijal, odnosno proporcionalnog omjera cijene i kvalitete. Također mostovi građeni od čelika su vitkiji i elegantniji i brža je gradnja u odnosu na betonske, armirano betonske, prednapete betonske i zidane mostove.



Dijagram 5. Prikaz podjele mostova u uzorku prema materijalu od kojeg su izgrađeni

4.6. PREMA GLAVNOM NOSIVOM SKLOPU

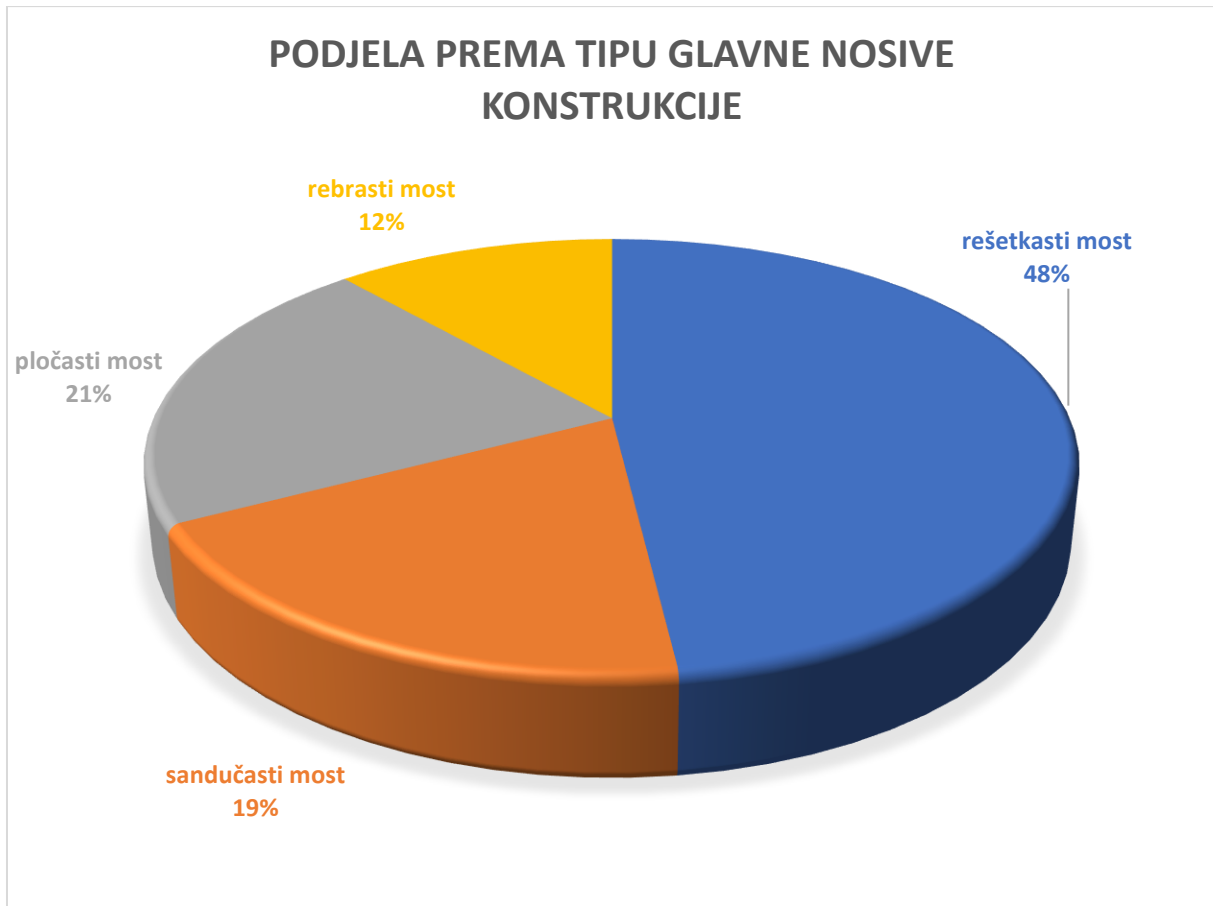
Podjela se vrši na gredni, lučni, okvirni, viseći, ovješeni i konzolni most. Obzirom na prikupljene podatke i činjenicu da je većina mostova građena od čelika, možemo unaprijed zaključiti da će većina mostova kao glavni nosivi sklop biti viseći ili lučni zbog skladnosti i elegantnosti mosta.



Dijagram 6. Prikaz podjele mostova u uzorku prema obliku glavnog nosivog sklopa

4.7. PODJELA PREMA TIPU NOSIVE KONSTRUKCIJE

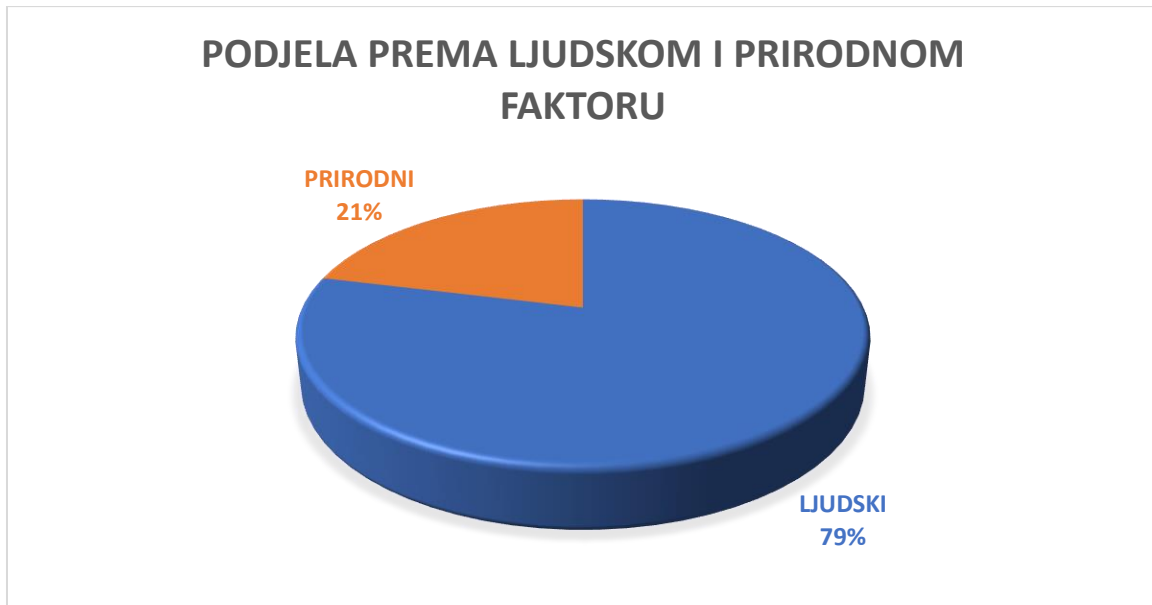
Podjela se vrši na pločaste, rebraste, sandučaste i rešetkaste nosive konstrukcije. Prema prikupljenim podacima većina mosta je građena od čelika te možemo zaključiti da će u ovoj kategoriji najviše prevladavati rešetkasti mostovi.



Dijagram 7. Prikaz podjele mostova u uzorku prema tipu nosive konstrukcije

4.8. PODJELA PREMA LJUDKOM I PRIRODNOM FAKTORU

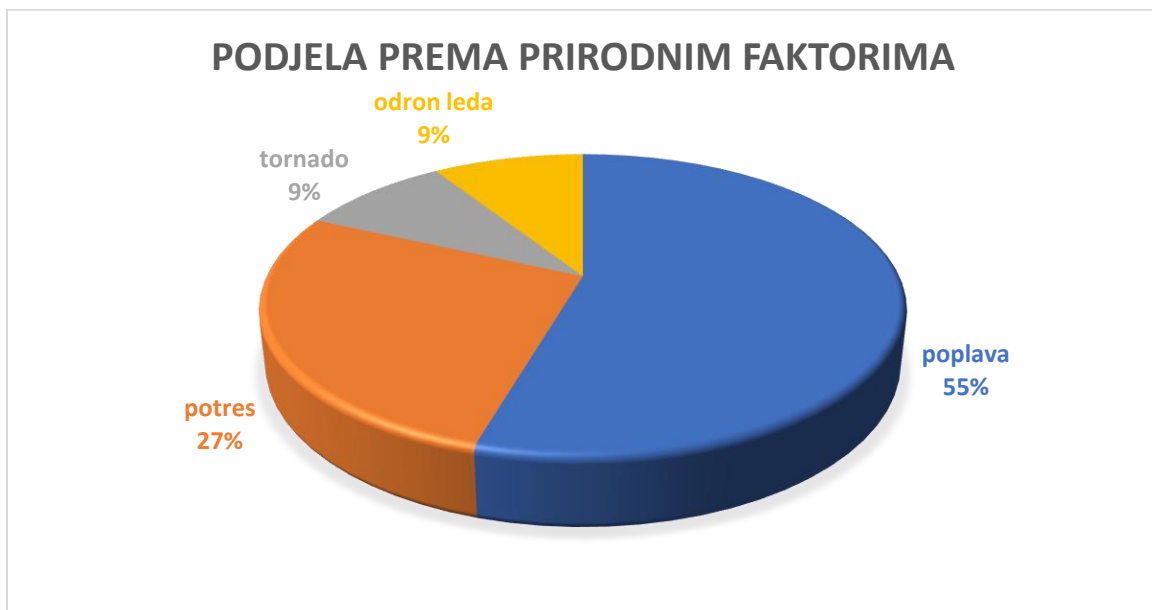
Podjela se vrši prema utjecaju ljudi i prirode. Pod ljudske faktore smatramo pogreške u proračunu, gradnji, preopterećenje mosta, neadekvatno održavanje, sudare i ratno stanje. U prirodne faktore smatramo poplava, potres, tornado, odron leda.



Dijagram 8. Prikaz podjele mostova u uzorku prema ljudskom i prirodnom faktoru

4.8.1. PRIRODNI FAKTOR

Prirodne pojave poput tornada, potresa i poplava djeluju razorno na širem području, te djeluju na sve građevine na tom području. Potres u blizini grada Kobe u Japanu dogodio se 17. siječnja 1995. godine. Tijekom potresa poginulo je više od 6 000 ljudi, a urušeno je oko 400 000 građevina te brojni cestovni i željeznički mostovi. Jedan od primjera je most Fukae koji se nalazio u sklopu autoceste Hanshin.

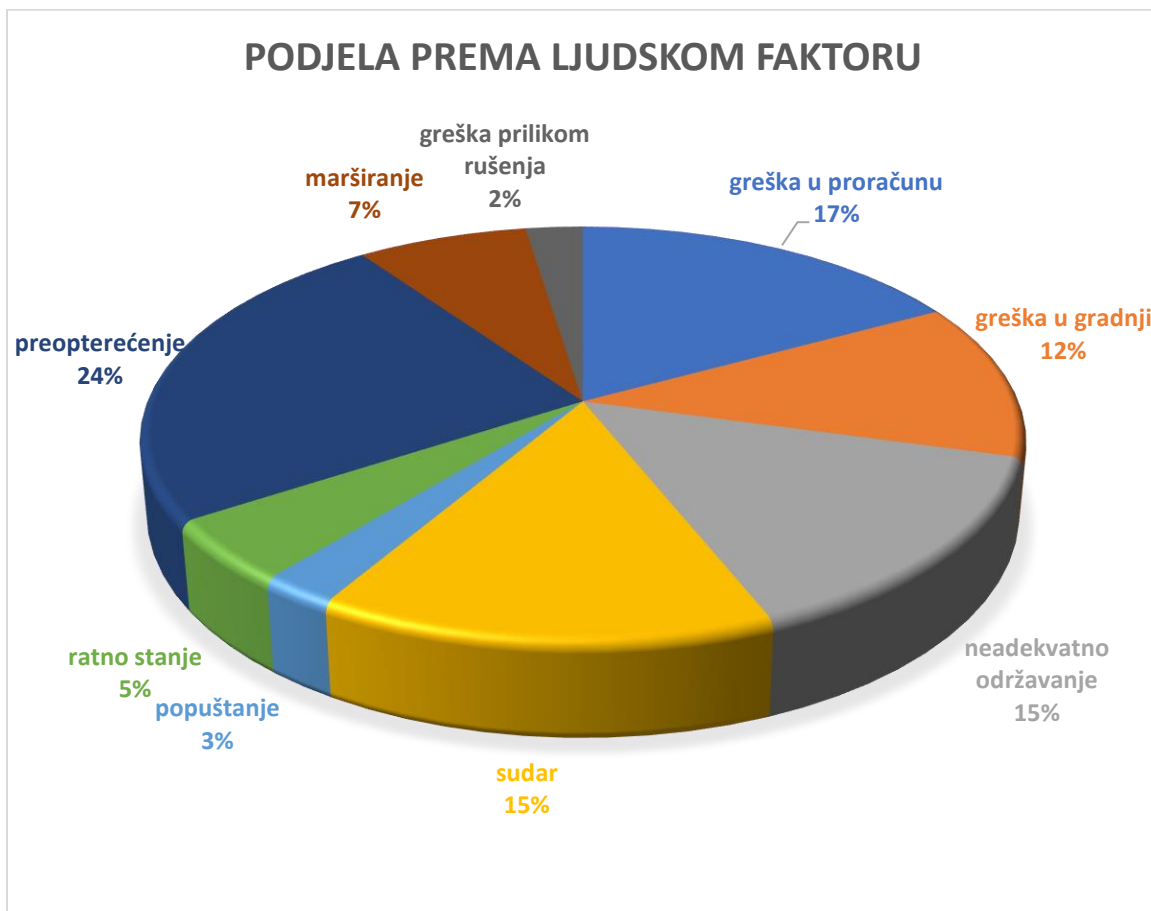


Dijagram 9. Prikaz podjele mostova u uzorku prema prirodnim faktorima

4.8.2. LJUDSKI FAKTOR

Kod utjecaja ljudskih faktora prema uzorku podjela se vrši na greške prilikom rušenja, projektiranja (proračun), greška u gradnji te na neadekvatno održavanje, preopterećenje, sudar, marširanje, ratno stanje i popuštanje.

Popuštanje mosta odnosi se na rušenje mosta zbog puzanje materijala uslijed dugoročnog djelovanja opterećenja pri povišenoj temperaturi.



Dijagram 10. Prikaz podjele mostova u uzorku prema ljudskom faktoru

5. NAJPOZNATIJA I NAJZANIMLJIVIJA URUŠAVANJA MOSTOVA

5.1.1. TACOMA NARROWS

Izvorni most Tacoma Narrows otvoren je za promet 1. srpnja 1940. godine i nosio je nadimak Galopirajuća Gertie zbog vertikalnih pomicanja rasponske konstrukcije koja nosi kolnik za vrijeme vjetrovitih uvjeta pri izgradnji. Srušio se svega četiri mjeseca nakon otvaranja, odnosno 7. studenog 1940. godine uslijed djelovanja vjetra od oko 70 km/h.



Slika 1. Otvorenje mosta 1.srpnja 1940. godine

(<https://www.wsdot.wa.gov/TNBhistory/img/tacoma-narrows-bridge-grand-opening-1940.jpg>)

U to vrijeme bio je treći najveći viseći most na svijetu. Ukupna duljina iznosila je 1810 m s glavnim rasponom od 853 m i pilonima visine 147 m. Prilaz sa zapadne oblikovan je kao kontinuirani čelični nosač dužine 138 metara, a prilaz s istočne strane oblikovan je kao armiranobetonski okvir duljine 64 metara. Sastojao se od dva sidrišta za kabele, dva prometna traka i dva pločnika. Snop užadi bio je ukupnog promjera 45 cm, a svaki snop težio je 3817 tona.

Nakon urušavanja mosta provedena su brojna istraživanja preko kojih se došlo da zaključka da je glavni razlog urušavanja mosta njegova aerodinamika. Naime, zbog financijskih razloga država se odlučila za projekt mosta s velikim čeličnim pločama tzv. punostijeni nosači umjesto rešetke. Kod rešetkastog oblika vjetru je dopušteno kretanje kroz konstrukciju, a kod punostijenih nosača vjetar se kretao ispod i iznad rasponske kolničke konstrukcije.



Slika 2. Oscilacije pred urušavanje na mostu za vrijeme vjetra

(<https://www.tportal.hr/media/thumbnail/800x600/88150.jpeg?cropId=0>)

Zahvaljujući tome da su oscilacije u početku bile male i elastičnosti mosta svi putnici koji su se u to vrijeme nalazili na mostu uspjeli su se skloniti s njega te je jedina žrtva postao pas koji je zbog straha odbijao izaći iz automobila.

Nakon urušavanja novi most je redizajniran na temelju prethodnog katastrofalnog iskustva, te sadržava trokutastu rešetku i ukružene nosače kolničke rasponske konstrukcije. Saznanja dobivena nakon urušavanja mosta Tacoma Narrow upotrijebljena su i na mostu Whitestone u SAD-u na način da su dodane rešetke i otvori ispod kolničke konstrukcije. Također, ta katastrofa rezultirala je idejom o korištenju dinamičke i modalne analize prilikom projektiranja. Kroz teoriju otklona dovedeno je do razvoja analize konačnih elemenata za projektiranje građevina. [7][8]



Slika 3. Današnji izgled mosta

(<https://www.wsdot.wa.gov/TNBhistory/img/tacoma-narrows-bridge-6-14-08.jpg>)

5.1.2. LEON SALOMON MOISSEIFF

Glavni projektant Tacoma Narrow mosta Leon Salomon Moisseiff rođen je 1872. godine u Latviji. Zajedno sa obitelji preselio je u New York kao devetnaestogodišnjak, te je diplomirao na Sveučilištu Kolumbija 1895. godine. Tri godine nakon završetka fakulteta pridružio se tzv. „New York City Bridge Department“ te je kao član sudjelovao u projektiranju brojnih poznatih mostova u New Yorku od kojih je najpoznatiji Manhattanski most. Nakon rada na Manhattanskom mostu objavio je članak u kojem zagovara teoriju otklona konstrukcija koja je u to vrijeme poznata u Europi. Tom teorijom postavio je temelj za izgradnju visećih mostova velikih raspona koji su uži i lakši, a samim time i elegantniji, ljepši i jeftiniji.



Slika 4. Leon Salomon Moisseiff

(<https://alchetron.com/cdn/leon-moisseiff-bb23145c-92b6-4159-a4d7-fb0b0f550f9-resize-750.jpeg>)

Kruna njegove karijere bilo je projektiranje mosta Tacoma Narrow, koji je sam nazivao najljepšim mostom na svijetu. Moisseiff je tijekom projektiranja previdio je važnost i utjecaj aerodinamičkih sila na lagani i tanak most koji je zbog svojih karakteristika elastičniji i nestabilniji.

Nakon urušavanja mosta brojni kolege oslobađaju ga krivice, no usprkos tome njegova karijera naglo propada. Od 1935. godine njegovo zdravlje je u lošem stanju te 1943. godine umire u 71. godini života. Unatoč propasti karijere, Američko društvo inženjera građevine pokrenulo je Moisseiff nagradni fond kao priznanje za njegova postignuća i doprinose u izgradnji mostova. [9][10][11]

5.2.1. VIADOTTO POLCEVERA (PONTE MORANDI)

Cestovni vijadukt imena Viadotto Polcevera ili poznatije Ponte Morandi u Genovi projektirao je Riccardo Morandij. Povezivao je dva okruga Genove preko doline Polcevera, te se pružao po europskoj ruti koja spaja Italiju i Francusku. Građen je između 1963. i 1967. godine, a službeno je otvoren 4. rujna 1967. godine. Imao je ukupnu duljinu od 1 182 metra, visinu iznad doline od 45 metara, tri armiranobetonska pilona visine 90 metara, a maksimalni raspon iznosio je 210 metara.



Slika 5. Morandijev most za vrijeme izgradnje

https://i.guim.co.uk/img/media/d017e0594d6da9fb8f4b3e11b63c31a83d6a11ae/2168_453_9550_5731/master/9550.jpg?width=465&quality=45&auto=format&fit=max&dpr=2&s=45d5a193d45ca8cf0c396bb3000c7b5b

Most se srušio 14. kolovoza 2018. godine ubivši 43 osobe. Razlozi rušenja mosta su greške u dizajnu, greške prilikom izgradnje i neadekvatno održavanje. Glavni razlog rušenja je neadekvatno održavanje mosta kroz godine korištenja od strane privatne koncesijske tvrtke. Greške u dizajnu i prilikom izgradnje ispravljale su se kontinuiranim restauratorskim radovima od 1970- ih zbog krive početne procjene učinka puzanja betona.

Morandi je sam 1979. godine priopćio vlastima da uklone sve tragove hrđe i napune zakrpe epoksi smolom i sve prekriju elastomerima vrlo visoke kemijske otpornosti. Tijekom 1990- tih godina otkriveno je najveće oštećenje na jednom od stupova te smanjena nosivost kabla za pola od projektirane vrijednosti. Ministar nadležan za infrastrukturu i promet obaviješten je tijekom 2016. godine o nužnom održavanju mosta, a 2017. godine u povjerljivom izvješću od strane Sveučilišta u Genovi prikazano je ponašanje jednog od stupova kao rizično, pred rušenje.



Slika 6. Most Morandi prije rušenja

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ponte_Morandi_letterbox.png)

Rušenjem mosta Morandi proglašeno je izvanredno stanje u regiji, te nacionalan dan žalosti za žrtve poginule tijekom rušenja. Također, otvorilo je pitanje koncesije talijanskih autocesta privatnim koncesionarima i njihov interes za dobrobit korisnika.



Slika 7. Most Morandi nakon rušenja

https://i.guim.co.uk/img/media/7a038926a8a878a61cd56165f711e8f216f54332/0_0_3500_2100/master/3500.jpg?width=1200&quality=85&auto=format&fit=max&s=56bdfcb4047a6ed6a97258f2c836c79

Ostatak mosta srušeno je u kontroliranim i osiguranim uvjetima eksplozivom 28. lipnja 2019. godine. Konstrukcija novog mosta Genoa-Saint George započela je 25. lipnja 2019. godine, a most je službeno otvoren za promet 3. kolovoza 2020. godine. [12][13][14][15]



Slika 8. Rušenje ostatka Morandijevog mosta

https://cdn-ika.hkm.hr/2019/08/PXL_REU_280619_25185818.jpg



Slika 9. Novi most u Genovi

(<https://m.vecernji.hr/media/img/8d/73/c8f0ceaef35650fc1a17.jpeg>)

5.2.2. RICARDO MORANDI

Riccardo Morandi (1. rujna 1902. – 25. prosinca 1989.) bio je talijanski inženjer građevine rođen u Rimu. Nakon školovanja radno iskustvo stekao je u Kalabriji na područjima oštećenim potresom koristeći armirani beton. Nakon povratka u Rim nastavio je tehničko istraživanje armiranih i prednapetih betonskih konstrukcija po čijoj inovativnoj upotrebi postaje najpoznatiji.

Njegove mostove karakterizira vrlo mali broj pridržanja i rasponi izrađeni od prednapregnutog betona umjesto uobičajenijeg čelika. Kroz godine se pokazalo da zahtijevaju opsežna održavanja i popravke kako bi bili sigurni za upotrebu, a kabele ugrađene u beton teško je pregledati. Problem se javlja i u obliku brze korozije kabela te njihovo pucanje.

Neki od njeovih najpoznatijih mostova su Valdotto Polcevera u Genovi, Wadi el Kuf u Libiji, Laureano Gomez u Kolumbiji, Castleger most u Kanadi, Servia most u Grčkoj, Most generala En Jefe Rafael Urdaneta u Venezueli. [15][16][17][18]



Slika 10. Riccardo Morandi (drugi s desna) demonstrira model Morandijevog mosta talijanskom predsjedniku (treći s desna)

https://www.engineering.com/images/q75/https://res.cloudinary.com/engineering-com/image/upload/w_640,h_640,c_limit,q_auto,f_auto/image003_zlz6he.jpg

5.3. MOST BROUGHTON

Nije poznato tko je projektirao most Broughton koji je izgrađen je 1826. godine preko rijeke Irwell spajajući Broughton i Pendleton u Engleskoj. Izgrađen je o vlastitom trošku bogataša i vlasnika dvorca Castle Irwell House, Johna Fizgeralda. Bio je jedan od prvih visećih mostova u Europi i izvor lokalnog ponosa pošto su viseći mostovi u to vrijeme smatrani novim čudom.

Most se urušio 12. travnja 1831. godine prilikom marširanja vojske pod zapovjedništvom sina Johna Fizgeralda. Prilikom prelaska mosta vojnici su osjetili vibriranje mosta u korak s njihovim koracima i smatrali to kao senzaciju. Jedan od željeznih stupova koji je podupirao ovjese pao je prema mostu te za sobom povukao veliki kamen s mola na koji je bio pričvršćen vijcima. Nepridržani ugao mosta pao je u rijeku i bacio četrdesetak vojnika u vodu. Obzirom da voda nije bila duboka nitko nije poginuo no bilo je teških i lakših ozljeda i prijeloma.

Tijekom istrage utvrđeno je otkazivanje vijka koji je bio loše kovan i izveden kao samostalni na mjestu gdje su bila potrebna dva vijka. Također, došlo je do savijanja nekolicine drugih vijaka no bez nastanka sloma. Bez obzira na marširanje vijak bi svejedno otkazao, ali je marširanje ubrzalo taj proces.



Slika 11. Obnovljeni most nakon urušavanja

(<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Broughton-suspension-bridge.jpg>)

Most je nakon urušavanja obnovljen i ojačan, ali je na kraju zamjenjen 1924. godine Prattovim rešetkastim mostom. Urušavanje mosta uzrokovalo je nepovjerenje u viseće mostove i izdavanje naredbe od strane britanske vojske kojom vojnici pri prelasku mosta prestaju marširati i koriste normalni hod sa većim razmakom. [6][19][20][21][22]



Slika 12. Izgled mosta danas, Prattova rešetka
(https://en.wikipedia.org/wiki/File:Broughton_bridge.jpg)

6. MOSTOVI U HRVATSKOJ

6.1.1. MASLENIČKI MOST

Maslenički most ili tzv. „Stari“ Maslenički most izgrađen je krajem 1960. godine, a pušten u promet 1961. godine. Srušen je u Domovinskom ratu 21. studenog 1991. godine, a obnovljen i pušten ponovno u promet 2005. godine. Maslenički most je lučni čelični most duljine 315 m i nalazi se na Jadranskoj magistrali.



Slika 13. Obnovljeni „Stari“ Maslenički most

(https://s3.amazonaws.com/gs-geo-images/1f0ed1c5-cca8-4685-a2a5-c734c36859f7_1.jpg)

„Stari“ most projektirao je Vojislav Draganić, a izgradnju je financirala tadašnja Zajednica poduzeća za ceste savezne države Hrvatske. Gradnju su predvodila dva građevinska poduzeća iz Beograda Pionir i Mostogradnja, a čelik je stizao iz tvornice čeličnih konstrukcija Metalna iz Maribora.

Tijekom redovnih održavanja uočena su oštećenja te je most saniran, ojačan i obnovljen 1990. godine, a srušen godinu dana nakon obnove. Danas se tvrdi kako je most srušen da bi se spriječio prodor neprijatelja do Zadra od strane branitelja.

Početkom 1993. godine operacijom Maslenica oslobođen je širi prostor Maslenice, a kao privremeno rješenje izgrađen je pontonski most. U srpnju 2002. godine donesena je odluka o izgradnji novog „Starog“ mosta od strane Povjerenstva za ubrzanu gradnju autoceste Zagreb-Split.

Novi „Stari“ most otvoren je 17. lipnja 2005. godine te ima ukupnu širinu 10,5 m i nalazi se na visini 55 m.n.m. Danas je na tom mostu popularan te ujedno i najviši u Hrvatskoj bungee jumping.

Svega 1,5 km sjevernije 2004. godine izgrađen je armiranobetonski lučni most tzv. „Novi“ Maslenički most koji se nalazi na autocesti A1, dionica Maslenica- Zadar 1. „Stari“ most često je alternativna ruta tijekom bure kada je „Novi“ most zatvoren. [23][24][25][26][27]



Slika 14. „Novi“ Maslenički most

(<https://morski.hr/wp-content/uploads/2021/01/Masleni%C4%8Dki-most-2-1024x683.jpg>)



Slika 15. Pogled na obnovljeni „Stari“ i „Novi“ Maslenički most

(https://s3.amazonaws.com/gs-geo-images/feb1e10e-bd0e-4f07-8227-9abe883d7ec4_1.jpg)

6.1.2. VOJISLAV DRAGANIĆ

Vojislav Draganić bio je hrvatski inženjer građevine rođen u Zagrebu 1917. godine. Završio je 1935. godine gimnaziju u Karlovcu, a diplomirao je na Građevinskom odsjeku Tehničkog fakulteta u Zagrebu 1941. godine.

Radio je u Arhitektonskom projektном zavodu u Zagrebu od 1946. godine, a od 1948. godine u Inženjerskom projektном zavodu u Zagrebu, te je bio honorarni asistent na Građevinskom odsjeku Tehničkog fakulteta u zagrebu od 1948. do 1955. godine.

Od 1978. godine pa sve do smrti 1982. godine radio je u Hidroelektrani Zagreb kao projektant i savjetnik. U svojoj karijeri posebno se istaknuo u području mostogradnje te je projektirao više od 50 mostova i mnogo vijadukata i nadvožnjaka. Neki od njegovih istaknutih projekata su Most mladosti u Zagrebu, vijadukt istočnog izlaza iz Rijeke, vijadukt na obilaznici iznad Crikvenice, pokretni most u Tisnom i mnogi drugi. [28][29]



Slika 16. Vojislav Draganić

(https://www.enciklopedija.hr/Ilustracije/HE3_0032.jpg)

6.2.1. GORNJI I DONJI MOST U NINU

Gornji i Donji most su dva povijesna mosta u Hrvatskoj koja spajaju povijesno središte Nina smješteno na malom otoku sa kopnom. Oba mosta izgrađena su u 16. stoljeću i upisana u Hrvatski registar nepokretnih kulturnih dobara, te su dio kulturno - povijesnog grada Nina. Izgrađeni su na mekom tlu niske nosivosti te su oba mosta tijekom godina stradala u poplavama i bila rekonstruirana. Poplava 2017. godine uništila je oba mosta te su predstavljeni projekti obnove koji uključuju i rješene temeljenja mosta na takvom tlu.

Donji most ima ukupnu duljinu 70 m, a širinu 4,5 m, te tri svoda raspona 3,5 m. Nakon oštećenja u poplavi 1988. godine most je obnovljen je i rekonstruiran na način da su sačuvani razdjelni zidovi i svodovi, a zamijenjena je ispuna unutar mosta. U poplavi 2017. godine srušio se jedan od svodova, kameni zidovi su popucali i zadobili velike deformacije.



Slika 17. Donji most prije poplave 2017. godine

(https://triprabbits.com/wp-content/uploads/2016/03/IMG_7714_N.jpg)



Slika 18. Donji most nakon poplave

(https://static.slobodnadalmacija.hr/Portals/3/Images/2018/03/05/pontonski_most3-130917.jpg)



Slika 19. Obnovljen Donji most nakon poplave 2017. godine

(<https://static.slobodnadalmacija.hr/images/slike/2020/06/12/13701456.jpg?1591953358>)

Gornji most ima ukupnu duljinu 90 m, a širinu od 4,9 do 6,2 m tj. 3,9 do 5,3 m, te tri svoda s maksimalnim razmakom od 4 m. Tijekom godina most je nekoliko puta rušen zbog oštećenja tijekom slijeganja tla ili poplava. Rekonstrukcija mosta započela je 2007. godine a završila 2009. godine na način da se sačuvaju izvorni dijelovi zida i temelja te izvorna struktura mosta. U poplavi 2017. godine srušena je srednja trećina mosta zbog potiska vode na svodove mosta, a druge dvije trećine zadobila su znatna oštećenja.

Mostovi su rekonstruirani prema projektima konzorcija predvođenih tvrtkom Geokon d.d. Zagreb i Građevinskim fakultetom u Rijeci te otvoreni za promet u lipnju 2020. godine. Radove na rekonstrukciji i obnovi izvela je tvrtka SPEGRA d.o.o Split. [30][31]



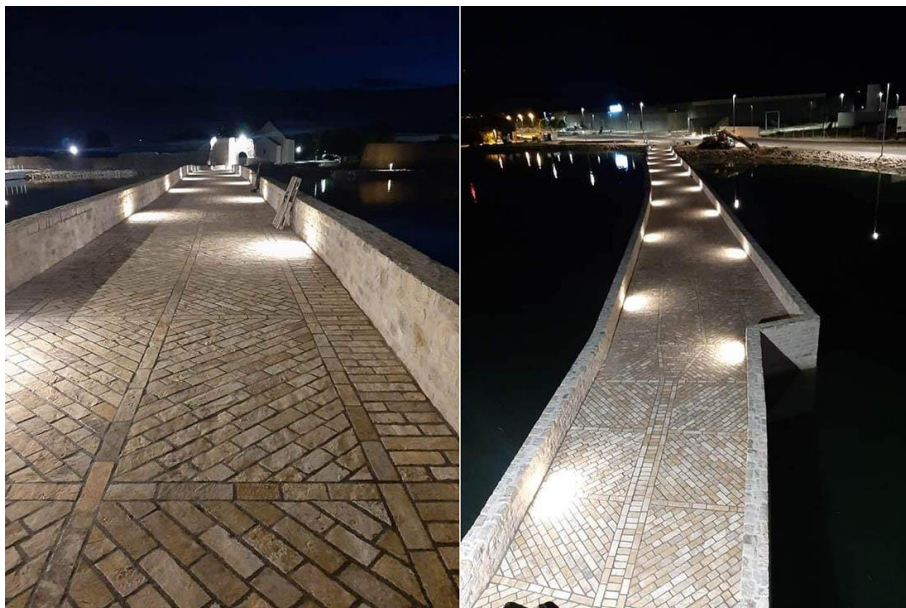
Slika 20. Gornji most prije poplave 2017. godine

(https://triprabbits.com/wp-content/uploads/2016/03/IMG_7999_N.jpg)



Slika 21. Gornji most nakon poplave

(https://static.slobodnadalmacija.hr/Portals/3/Images/2018/03/05/ministri_obilazak22-130917.jpg)



Slika 22. Gornji most nakon rekonstrukcije

(<https://morski.hr/wp-content/uploads/2020/06/Obnovljeni-most-Nin.jpg>)

7. ZAKLJUČAK

Mostovi kao građevine kojima se ostvaruje prijelaz preko postojeće prepreke sežu daleko u prošlost. Iako ih možemo smjestiti u određene kategorije, graditi istim tehnikama ili materijalima svaki most je specifičan i poseban.

Ovim radom prikazan je uzorak mostova i razlozi urušavanja u postocima. Obzirom na ograničenost dostupnih podataka većina mostova seže iz bliže prošlosti, odnosno iz 20. stoljeća. To razdoblje u graditeljstvu karakterizira korištenje novih materijala kao što je čelik i armirani beton, te jednostavan moderni izgled. Zbog tih značajki 20. stoljeća u mostogradnji prevladavaju čelični mostovi, a ponajviše lučni, viseći i rešetkasti. Iz navedenih razloga upravo su ovi mostovi najzastupljeniji srušeni mostovi u ovom radu. Uz podjelu prema razdoblju, materijalu i tipu mosta prikazana je i podjela prema ljudskom i prirodnom faktoru. Prema ovom uzorku mostova prevladavaju ljudske greške nad prirodnim pojavama, a ponajviše greške prilikom gradnje i proračuna te neadekvatno održavanje. Podjela prema državama i kontinentima pokazuje nam kako rušenje mostova nije nužno vezano uz razvoj, bogatstvo i prometnu opterećenost pojedine zemlje.

Ukratko možemo zaključiti da svaki most iziskuje individualni pristup projektiranja, gradnje i održavanja te pozornost korisnika mosta na ograničenja.

8. POPIS DIJAGRAMA

Dijagram 1. Prikaz podjele mostova iz uzorka prema kontinentu

Dijagram 2. Prikaz podjele mostova u uzorku prema državi u kojoj se nalaze

Dijagram 3. Prikaz podjele mostova u uzorku prema godinama u kojima su izgrađeni

Dijagram 4. Prikaz podjele mostova u uzorku prema godinama korištenja/ eksploatacije

Dijagram 5. Prikaz podjele mostova u uzorku prema materijalu od kojeg su izgrađeni

Dijagram 6. Prikaz podjele mostova u uzorku prema obliku glavnog nosivog sklopa

Dijagram 7. Prikaz podjele mostova u uzorku prema tipu nosive konstrukcije

Dijagram 8. Prikaz podjele mostova u uzorku prema ljudskom i prirodnom faktoru

Dijagram 9. Prikaz podjele mostova u uzorku prema prirodnim faktorima

Dijagram 10. Prikaz podjele mostova u uzorku prema ljudskom faktoru

9. POPIS SLIKA

Slika 1. Otvorenje mosta 1.srpnja 1940. godine,

<https://www.wsdot.wa.gov/TNBhistory/img/tacoma-narrows-bridge-grand-opening-1940.jpg>

Slika 2. Oscilacije pred urušavanje na mostu za vrijeme vjetrova,

<https://www.tportal.hr/media/thumbnail/800x600/88150.jpeg?cropId=0>

Slika 3. Današnji izgled mosta,

<https://www.wsdot.wa.gov/TNBhistory/img/tacoma-narrows-bridge-6-14-08.jpg>

Slika 4. Leon Salomon Moisseiff,

<https://alchetron.com/cdn/leon-moisseiff-bb23145c-92b6-4159-a4d7-fb0b0f550f9-resize-750.jpeg>

Slika 5. Morandijev most za vrijeme izgradnje,

https://i.guim.co.uk/img/media/d017e0594d6da9fb8f4b3e11b63c31a83d6a11ae/2168_453_9550_5731/master/9550.jpg?width=465&quality=45&auto=format&fit=max&dpr=2&s=45d5a193d45ca8cf0c396bb3000c7b5b

Slika 6. Most Morandi prije rušenja,

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ponte_Morandi_letterbox.png

Slika 7. Most Morandi nakon rušenja,

https://i.guim.co.uk/img/media/7a038926a8a878a61cd56165f711e8f216f54332/0_0_3500_2100/master/3500.jpg?width=1200&quality=85&auto=format&fit=max&s=56ebdfcb4047a6ed6a97258f2c836c79

Slika 8. Rušenje ostatka Morandijevog mosta,

https://cdn-ika.hkm.hr/2019/08/PXL_REU_280619_25185818.jpg

Slika 9. Novi most u Genovi

<https://m.vecernji.hr/media/img/8d/73/c8f0ceaf35650fc1a17.jpeg>

Slika 10. Riccardo Morandi (drugi s desna) demonstrira model Morandijevog mosta talijanskom predsjedniku (treći s desna),

https://www.engineering.com/images/q75/https://res.cloudinary.com/engineering-com/image/upload/w_640,h_640,c_limit,q_auto,f_auto/image003_zlz6he.jpg

Slika 11. Obnovljeni most nakon urušavanja,

<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Broughton-suspension-bridge.jpg>

Slika 12. Izgled mosta danas, Prattova rešetka,

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Broughton_bridge.jpg

Slika 13. Obnovljeni „Stari“ Maslenički most,

https://s3.amazonaws.com/gs-geo-images/1f0ed1c5-cca8-4685-a2a5-c734c36859f7_1.jpg

Slika 14. „Novi“ Maslenički most,

<https://morski.hr/wp-content/uploads/2021/01/Masleni%C4%8Dki-most-2-1024x683.jpg>

Slika 15. Pogled na obnovljeni „Stari“ i „Novi“ Maslenički most,

https://s3.amazonaws.com/gs-geo-images/feb1e10e-bd0e-4f07-8227-9abe883d7ec4_1.jpg

Slika 16. Vojislav Draganić,

https://www.enciklopedija.hr/Ilustracije/HE3_0032.jpg

Slika 17. Donji most prije poplave 2017. godine,

https://triprabbits.com/wp-content/uploads/2016/03/IMG_7714_N.jpg

Slika 18. Donji most nakon poplave,

https://static.slobodnadalmacija.hr/Portals/3/Images/2018/03/05/pontonski_most3-130917.jpg

Slika 19. Obnovljen Donji most,

<https://static.slobodnadalmacija.hr/images/slike/2020/06/12/13701456.jpg?1591953358>

Slika 20. Gornji most prije poplave 2017. godine,

https://triprabbits.com/wp-content/uploads/2016/03/IMG_7999_N.jpg

Slika 21. Gornji most nakon poplave,

https://static.slobodnadalmacija.hr/Portals/3/Images/2018/03/05/ministri_obilazak22-130917.jpg

Slika 22. Gornji most nakon rekonstrukcije,

<https://morski.hr/wp-content/uploads/2020/06/Obnovljeni-most-Nin.jpg>

10. LITERATURA

- [1] Štimac Grandić, Ivana, Skripta iz predmeta Mostovi, Građevinski fakultet u Rijeci 2010. godina, revidirano 2021. godine
- [2] Choudhury Jamilur, Hasnat Ariful, Bridge collapses around the world: Causes and mechanisms, https://www.researchgate.net/publication/281280663_Bridge_collapses_around_the_world_Causes_and_mechanisms, pristup 8.7.2021., vlastiti prijevod
- [3] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=61856>, pristup 10.9.2021.
- [4] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=31944>, pristup 8.7.2021.
- [5] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=51918>, pristup 27.8.2021.
- [6] <https://povijest.hr/nadanasnjidan/srusio-se-most-zbog-stupanja-vojnika-po-njemu-1831/>, pristup 10.8.2021., vlastiti prijevod
- [7] <https://practical.engineering/blog/2019/3/9/why-the-tacoma-narrows-bridge-collapsed>, pristup 8.7.2021., vlastiti prijevod
- [8] <https://www.simscale.com/blog/2018/07/tacoma-narrows-bridge-collapse/>, pristup 8.7.2021., vlastiti prijevod
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/Leon_Moiseiff, pristup 22.8.2021., vlastiti prijevod
- [10] <https://prabook.com/web/leon.moisseiff/2155067>, pristup 22.8.2021., vlastiti prijevod
- [11] <https://wsdot.wa.gov/TNBhistory/stories-1940-bridge.htm>, pristup 9.7.2021., vlastiti prijevod
- [12] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029619331840>, pristup 9.7.2021., vlastiti prijevod
- [13] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452321619303695>, pristup 9.7.2021., vlastiti prijevod
- [14] https://en.wikipedia.org/wiki/Ponte_Morandi, pristup 9.7.2021., vlastiti prijevod
- [15] https://en.wikipedia.org/wiki/Riccardo_Morandi, pristup 8.7.2021., vlastiti prijevod
- [16] <http://architectuul.com/architect/riccardo-morandi>, pristup 8.7.2021., vlastiti prijevod
- [17] <https://www.architecturaldigest.com/story/bridge-collapse-design>, pristup 8.7.2021., vlastiti prijevod
- [18] <https://www.domusweb.it/en/from-the-archive/2018/08/31/from-domus-archives-the-original-report-of-the-morandi-viaduct.html>, pristup 8.7.2021., vlastiti prijevod
- [19] <http://scihi.org/broughton-suspension-bridge-resonance-disaster/>, pristup 10.8.2021., vlastiti prijevod

- [20] <http://www.fieldtripper.com/c/sWE68ho2s0I/>, pristup 10.8.2021., vlastiti prijevod
- [21] https://en.wikipedia.org/wiki/Broughton_Suspension_Bridge, pristup 10.8.2021., vlastiti prijevod
- [22] <https://manchestervictorianarchitects.org.uk/buildings/suspension-bridge-broughton>, pristup 10.8.2021., vlastiti prijevod
- [23] https://hr.wikipedia.org/wiki/Masleni%C4%8Dki_most, , pristup 26.8.2021.
- [24] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Masleni%C4%8Dki_most_\(autocesta_A1\)](https://hr.wikipedia.org/wiki/Masleni%C4%8Dki_most_(autocesta_A1)) , pristup 26.8.2021.
- [25] <https://morski.hr/2021/01/30/na-danasnji-dan-prije-28-godina-franjo-tudman-polozio-kamen-temeljac-za-novi-maslenicki-most/>, pristup 26.8.2021.
- [26] <https://www.antenazadar.hr/clanak/2016/01/na-danasnji-dan-predsjednik-tudman-polozio-kamen-temeljac-za-novi-maslenicki-most/>, pristup 26.8.2021.
- [27] <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-56-2004-12-05.pdf>, pristup 26.8.2021.
- [28] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=16113>, pristup 26.8.2021.
- [29] <https://hbl.lzmk.hr/clanak.aspx?id=5281>, pristup 26.8.2021.
- [30] I. Štimac Grandić, D. Grandić, P. Šćulac, L. Matešić, Reconstruction and restoration of the Lower bridge in Nin, IABSE symposium 2020., vlastiti prijevod
- [31] I. Štimac Grandić, D. Grandić, P. Šćulac, L. Matešić, P. Krolo, Reconstruction and restoration of the Upper bridge in Nin, IABSE symposium 2020., vlastiti prijevod

11. LITERATURA KORSIŠTENNA ZA MOSTOVE U UZORKU

1. I- 35 W, Bridge 9240
https://en.wikipedia.org/wiki/I-35W_Mississippi_River_bridge
2. Skagit River
https://en.wikipedia.org/wiki/I-5_Skagit_River_Bridge_collapse
<https://historylink.org/File/10584>
3. Xiaoshan
https://www.researchgate.net/publication/343736177_A_forensic_investigation_of_the_Xiaoshan_ramp_bridge_collapse
4. FIU
https://en.wikipedia.org/wiki/Florida_International_University_pedestrian_bridge_collapse
<https://www.newcivilengineer.com/latest/fiu-bridge-collapse-lessons-learned-three-years-since-florida-tragedy-15-03-2021/>
5. Heyuan Dongjiang
<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/3/1205/htm>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135063071931653X>
<https://structurae.net/en/structures/heyuan-bridge>
6. Fukae bridge
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038080620337240>
https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-27438-3_7
<https://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2621&context=icchge>
7. Botan bridge
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352012420301004>
https://en.wikipedia.org/wiki/Be%C4%9Fendik_Bridge
8. Taihe
<https://trid.trb.org/view/1553096>
<https://www.semanticscholar.org/paper/A-forensic-investigation-of-the-Taihe-arch-bridge-Xu-Jintao/15ab146da86dcadc54581c8ab342c49d31151753>
9. Polcevere
https://en.wikipedia.org/wiki/Ponte_Morandi
<https://www.idvia.es/en/reasons-for-the-collapse-of-a-bridge-morandi-bridge>

10. Egyptian
https://en.wikipedia.org/wiki/Egyptian_Bridge
<http://www.visit-petersburg.ru/en/showplace/196621/>
<https://structurae.net/en/structures/egyptian-bridge>
11. Hoan
https://en.wikipedia.org/wiki/Hoan_Bridge
<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CF.1943-5509.0000403>
12. Sgt. Aubrey Cosens
https://en.wikipedia.org/wiki/Sgt._Aubrey_Cosens_VC_Memorial_Bridge
<http://www.thekingshighway.ca/latchford.html>
<https://amp.www.en.freejournal.org/3483477/1/sgt-aubrey-cosens-vc-memorial-bridge.html>
13. Kinzua
https://en.wikipedia.org/wiki/Kinzua_Bridge
14. I-10 Twin Span
https://en.wikipedia.org/wiki/I-10_Twin_Span_Bridge
<https://www.ltrc.lsu.edu/bridge09/pdf/Featured%20Bridges.pdf>
15. Houghton–Hancock
https://en.wikipedia.org/wiki/Portage_Lake_Lift_Bridge
<https://historicbridges.org/bridges/browser/?bridgebrowser=michigan/houghtonhancock/>
16. Quebec
https://en.wikipedia.org/wiki/Quebec_Bridge
17. Quebec
https://en.wikipedia.org/wiki/Quebec_Bridge
18. Honeymoon
[https://en.wikipedia.org/wiki/Honeymoon_Bridge_\(Niagara_Falls\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Honeymoon_Bridge_(Niagara_Falls))
19. Sandö
https://en.wikipedia.org/wiki/Sand%C3%B6_Bridge
https://dbpedia.org/page/Sand%C3%B6_Bridge
20. Tacoma Narrows
https://en.wikipedia.org/wiki/Tacoma_Narrows_Bridge
[https://en.wikipedia.org/wiki/Tacoma_Narrows_Bridge_\(1940\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tacoma_Narrows_Bridge_(1940))
<https://www.history.com/this-day-in-history/tacoma-narrows-bridge-collapses>

21. Seven Railway
https://en.wikipedia.org/wiki/Severn_Railway_Bridge
22. Silver
https://en.wikipedia.org/wiki/Silver_Bridge
23. West Gate
https://en.wikipedia.org/wiki/West_Gate_Bridge
24. Reichsbrücke
<https://en.wikipedia.org/wiki/Reichsbr%C3%BCcke>
25. Almö Bridge
https://en.wikipedia.org/wiki/Alm%C3%B6_Bridge
26. Oakland Bay
https://en.wikipedia.org/wiki/San_Francisco%E2%80%93Oakland_Bay_Bridge
https://en.wikipedia.org/wiki/1989_Loma_Prieta_earthquake
27. Walnut Street
[https://en.wikipedia.org/wiki/Walnut_Street_Bridge_\(Harrisburg,_Pennsylvania\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Walnut_Street_Bridge_(Harrisburg,_Pennsylvania))
28. Koror- Babeldaob
https://en.wikipedia.org/wiki/Koror%E2%80%93Babeldaob_Bridge
<https://www.wje.com/projects/detail/koror-babeldaob-bridge>
29. Yangmingtan
https://en.wikipedia.org/wiki/Yangmingtan_Bridge
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630715001533>
30. Tasman
https://en.wikipedia.org/wiki/Tasman_Bridge_disaster
<https://www.abc.net.au/news/2015-01-05/tasman-bridge-disaster-40th-anniversary/5998396>
<https://www.ccc.tas.gov.au/community/culture-history/tasman-bridge-disaster/>
31. Yarmouth
https://en.wikipedia.org/wiki/Yarmouth_suspension_bridge
32. Angers
https://en.wikipedia.org/wiki/Angers_Bridge
<http://www.bridgesofdublin.ie/bridge-building/disasters/angers-bridge-france-1850>
33. Sunshine Skyway
https://en.wikipedia.org/wiki/Sunshine_Skyway_Bridge

34. Schoharie Creek

https://en.wikipedia.org/wiki/Schoharie_Creek_Bridge_collapse

35. Broughton

https://en.wikipedia.org/wiki/Broughton_Suspension_Bridge

<https://manchestervictorianarchitects.org.uk/buildings/suspension-bridge-broughton>

36. Dee

https://en.wikipedia.org/wiki/Dee_Bridge_disaster

<https://devastatingdisasters.com/dee-bridge-collapse-1847/>

<https://trid.trb.org/view/389848>

37. Stari most u Mostaru

https://hr.wikipedia.org/wiki/Stari_most_u_Mostaru

38. Pont de Mirepoix

<https://www.bbc.com/news/world-europe-50479476>

<https://structurae.net/en/structures/mirepoix-suspension-bridge>

39. Dale Bend

<https://bridgehunter.com/ar/yell/petit-jean/>

<https://www.arkansasonline.com/news/2021/jan/17/state-sues-over-destroyed-bridge/>

40. Palu IV

https://en.wikipedia.org/wiki/Palu_IV_Bridge

<https://www.cbc.ca/news/world/indonesian-bridge-collapse-kills-4-1.1011946>

<https://www.aa.com.tr/en/asia-pacific/indonesia-9-dead-30-injured-near-bali-bridge-collapse/666056>

41. Chiarajara

https://en.wikipedia.org/wiki/Chirajara_bridge_collapse

http://www.highestbridges.com/wiki/index.php?title=Chirajara_Bridge

42. Maslenički most

https://hr.wikipedia.org/wiki/Masleni%C4%8Dki_most

[https://hr.wikipedia.org/wiki/Masleni%C4%8Dki_most_\(autocesta_A1\)](https://hr.wikipedia.org/wiki/Masleni%C4%8Dki_most_(autocesta_A1))

43. Yelow Love

<https://lokabalitour.com/bali-destination/the-yellow-love-bridge>

<https://www.independent.co.uk/news/world/asia/bali-suspension-bridge-collapse-eight-people-dead-30-injured-yellow-bridge-klungkung-a7364871.html>

<https://www.nothingfamiliar.com/nusa-ceningan/>

<https://www.bbc.com/news/world-asia-37673528>

44. Nipigon
https://en.wikipedia.org/wiki/Nipigon_River_Bridge
<https://www.cbc.ca/news/canada/thunder-bay/nipigon-bridge-no-costs-1.4922674>
45. Bob White
https://en.wikipedia.org/wiki/Bob_White_Covered_Bridge
46. Cần Thơ
https://en.wikipedia.org/wiki/Collapse_of_C%E1%BA%A7n_Th%C6%A1_Bridge
47. Plaka
https://en.wikipedia.org/wiki/Plaka_Bridge
48. Cleddau
<https://www.bbc.com/news/av/uk-wales-52878059>
https://en.wikipedia.org/wiki/Cleddau_Bridge
49. Ulyanovsk
https://en.wikipedia.org/wiki/President_Bridge
<https://www.nytimes.com/1983/06/08/world/more-than-100-died-in-volga-boat-crash-soviet-official-says.html>
[https://en.wikipedia.org/wiki/Aleksandr_Suvorov_\(ship\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Aleksandr_Suvorov_(ship))
50. Seongsu
https://en.wikipedia.org/wiki/Seongsu_Bridge
51. Hitze Riberio
https://en.wikipedia.org/wiki/Hintze_Ribeiro_disaster
<https://www.intechopen.com/chapters/75869>
52. Petrulla
https://www.researchgate.net/figure/Overview-of-the-Petrulla-viaduct-a-collapsed-structure-b-original-design-of-the_fig1_328133266
<https://www.bbc.com/news/blogs-news-from-elsewhere-30684743>

Tablica 1. Popis mostova i njihovi podaci korišteni u završnom radu

Br.	NAZIV	KONTINENT	DRŽAVA	GOD. IZGRADNJE	GOD. URUŠAVANJA	STAROST	MATERIJAL	GL. NOSIVI SKLOP	TIP NOSIVE KONSTR.	FAKTOR	RAZLOG RUŠENJA
1	I-35 W, Bridge 9240	Sjeverna Amerika	USA	1967	2007	40	čelik	lučni	rešetkasti	ljudski	greška u proračunu
2	Skagit River	Sjeverna Amerika	USA	1955	2013	58	čelik	viseći	rešetkasti	ljudski	preopterećenje
3	Xiaoshan	Azija	Kina	2009	2017	8	čelik, ab	okvirni	sandučasti	ljudski	greška u gradnji
4	FIU	Sjeverna Amerika	USA	2013	2018	5	beton	ovješeni	rešetkasti	ljudski	greška u proračunu
5	Heyuan Dongjiang	Azija	Kina	1972	2019	47	kameni	lučni	pločasti	ljudski	neadekvatno održavanje
6	Fukae bridge	Azija	Japan	1969	1995	26	ab	lučni	sandučasti	prirodni	potres
7	Botan bridge	Euroazija	Turska	2018	2018	0	ab	konzolni	sandučasti	ljudski	greška u gradnji
8	Taihe	Azija	Kina	1994	2016	22	ab	lučni	sandučasti	ljudski	greška prilikom rušenja
9	Polcevere	Europa	Italija	1967	2018	51	ab	ovješeni	sandučasti	ljudski	neadekvatno održavanje
10	Egyptian	Euroazija	Rusija	1826	1905	79	čelik	viseći	pločasti	ljudski	marširanje
11	Hoan	Sjeverna Amerika	USA	1977	2002	25	čelik	lučni	rešetkasti	ljudski	neadekvatno održavanje
12	Sgt. Aubrey Cosens	Sjeverna Amerika	Kanada	1960	2003	43	čelik	lučni	rešetkasti	ljudski	preopterećenje
13	Kinzua	Sjeverna Amerika	USA	1900	2002	102	čelik	gredni	rebrasti	prirodni	tornado
14	I-10 Twin Span	Sjeverna Amerika	USA	1965	2005	40	beton	ovješeni	pločasti	prirodni	poplava
15	Houghton–Hancock	Sjeverna Amerika	USA	1875	1905	30	čelik	viseći	rešetkasti	ljudski	sudar
16	Quebec	Sjeverna Amerika	Kanada	1907	1907	0	čelik	lučni	rešetkasti	ljudski	greška u proračunu
17	Quebec	Sjeverna Amerika	Kanada	1916	1916	0	čelik	lučni	rešetkasti	ljudski	greška u gradnji
18	Honeymoon	Sjeverna Amerika	USA	1898	1938	40	čelik	lučni	rešetkasti	prirodni	odron leda
19	Sandö	Europa	Švedska	1939	1939	0	beton	lučni	rešetkasti	ljudski	greška u gradnji
20	Tacoma Narrows	Sjeverna Amerika	USA	1940	1940	0	čelik	viseći	pločasti	ljudski	greška u proračunu
21	Seven Railway	Europa	Engleska	1879	1960	81	čelik	viseći	rešetkasti	ljudski	sudar
22	Silver	Sjeverna Amerika	USA	1928	1967	39	čelik	viseći	rešetkasti	ljudski	neadekvatno održavanje
23	West Gate	Australija	Victoria	1968	1970	2	čelik	ovješeni	sandučasti	ljudski	greška u proračunu
24	Reichsbrücke	Europa	Njemačka	1876	1976	100	čelik	viseći	rešetkasti	ljudski	neadekvatno održavanje
25	Almö Bridge	Europa	Švedska	1960	1980	20	čelik	lučni	rebrasti	ljudski	sudar
26	Oakland Bay	Sjeverna Amerika	USA	1936	1989	53	čelik	viseći	rešetkasti	prirodni	potres
27	Walnut Street	Amerika	USA	1890	1966	76	čelik	gredni	rešetkasti	prirodni	poplava
28	Koror- Babeldaob	Azija	Japan	1978	1996	18	ab	gredni	sandučasti	ljudski	popuštanje
29	Yangmingran	Azija	Kina	2011	2012	1	čelik, ab	viseći	sandučasti	ljudski	preopterećenje
30	Tasman	Australija	Tasmania	1964	1975	11	ab	gredni	rebrasti	ljudski	sudar
31	Yarmouth	Europa	Engleska	1829	1845	16	čelik	viseći	rešetkasti	ljudski	preopterećenje
32	Angers	Europa	Francuska	1839	1850	11	željezo	viseći	rebrasti	ljudski	marširanje
33	Sunshine Skyway	Sjeverna Amerika	USA	1954	1980	26	čelik, ab	konzolni	rešetkasti	ljudski	sudar
34	Schoharie Creek	Sjeverna Amerika	USA	1955	1987	32	čelik	gredni	rešetkasti	prirodni	poplava
35	Broughton	Europa	Engleska	1826	1831	5	čelik	viseći	pločasti	ljudski	marširanje
36	Dee	Europa	Engleska	1846	1847	1	željezo	lučni	pločasti	ljudski	preopterećenje
37	Stari most u Mostaru	Europa	Bosna i Hercegovina	1566	1993	427	kameni	lučni	pločasti	ljudski	ratno stanje
38	Pont de Mirepoix	Europa	Francuska	1935	2019	84	čelik	viseći	rešetkasti	ljudski	preopterećenje
39	Dale Bend	Sjeverna Amerika	USA	1930	2019	89	čelik	lučni	rešetkasti	ljudski	preopterećenje
40	Palu IV	Azija	Indonezija	2006	2018	12	čelik	lučni	rešetkasti	prirodni	potres
41	Chiarajara	Južna Amerika	Kolumbija	2018	2018	0	čelik,ab	ovješeni	pločasti	ljudski	greška u proračunu
42	Maslenički	Europa	Hrvatska	1961	1991	30	čelik	lučni	pločasti	ljudski	ratno stanje
43	Yelow Love	Azija	Indonezija	1960	1980	20	čelik	viseći	rešetkasti	ljudski	preopterećenje
44	Nipigon	Sjeverna Amerika	Kanada	1974	2016	42	čelik	ovješeni	pločasti	ljudski	preopterećenje
45	Bob White	Sjeverna Amerika	USA	1921	2015	94	drveni	gredni	pločasti	prirodni	poplava
46	Cần Thơ	Azija	Vijetnam	2007	2007	0	ab	ovješeni	rebrasti	ljudski	greška u gradnji
47	Plaka	Europa	Grčka	1886	2015	129	kameni	lučni	pločasti	prirodni	poplava
48	Cleddau	Europa	Wales	1970	1970	0	čelik	gredni	sandučasti	ljudski	greška u proračunu
49	Ulyanovsk	Euroazija	Rusija	1916	1983	67	čelik	gredni	rešetkasti	ljudski	sudar
50	Seongsu	Azija	Južna Koreja	1979	1994	15	čelik	konzolni	rešetkasti	ljudski	preopterećenje
51	Hitze Riberio	Europa	Portugal	1886	2001	115	čelik,ab	gredni	rešetkasti	prirodni	poplava
52	Petrulla	Europa	Italija	1985	2014	29	prednapeti beton	gredni	rebrasti	ljudski	neadekvatno održavanje