

**ZAJEDNIČKE KARAKTERISTIKE GLAVNIH DOPRINOSA RUĐERA BOŠKOVIĆA,
MILUTINA MILANKOVIĆA I BRANKA ŽEŽELJA RAZVOJU GRAĐEVINARSTVA**
**COMMON CHARACTERISTICS OF MAIN CONTRIBUTIONS OF ROGER BOSCOVICH,
MILUTIN MILANKOVIĆ AND BRANKO ŽEŽELJ TO THE DEVELOPMENT OF CIVIL
ENGINEERING**

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK /UDC: 624(497.11)

5:929

624:929

Rad primljen / Paper received: 14.10.2017

Adresa autora / Author's address:

¹⁾ Intellectual Property Office of the Republic of Serbia

²⁾ University of Belgrade, University Studies, History and
Philosophy of Natural Sciences and Technology, Belgrade,
Serbia, email: mjelicjm@gmail.com

Ključne reči

- Ruđer Bošković
- Milutin Milanković
- Branko Žeželj
- armirani beton
- građevinarstvo
- konstrukcija
- prednapregnuti beton
- pronalazak
- patent
- teorija elastičnosti
- tehnologija gradnje

Izvod

Cilj rada je prikaz zajedničkih karakteristika glavnih doprinosa Ruđera Boškovića, Milutina Milankovića i Branka Žeželja razvoju građevinarstva. Kroz doprinose Boškovića, Milankovića i Žeželja sagledan je kontinuitet razvoja građevinarstva u kome su se preplitali teorija i praksa. Boškovića i Milankovića povezuje teorijski pristup i uspešna primena teorije u rešavanju praktičnih građevinskih problema, dok Milankovića i Žeželja povezuje jedinstven pristup tehnologiji gradnje betonskih građevina. Osim navedenog, radom je obuhvaćen hronološki prikaz patenata Branka Žeželja i Milutina Milankovića u oblasti građevinarstva, jer su njihovi patenti bili uspešno primenjivani u izgradnji betonskih konstrukcija. Pored toga, u radu je izvršena tipologija svih patenata Branka Žeželja prema oblastima primene, čime se ilustruje Žeželjev doprinos tehnologiji gradnje.

UVOD

Kroz dela Ruđera Boškovića, Milutina Milankovića i Branka Žeželja se može pratiti razvoj paradigme u oblasti građevinarstva. Imajući u vidu da su živeli i stvarali u različitim epohama, cilj rada je sagledavanje zajedničkih karakteristika njihovih glavnih doprinosa u oblasti građevinarstva i to:

- Ruđera Boškovića i Milutina Milankovića, kroz teorijski pristup i primenu teorije u rešavanju praktičnih građevinskih problema i
- Milutina Milankovića i Branka Žeželja kroz jedinstven pristup tehnologiji gradnje betonskih građevina.

Keywords

- Roger Boscovich
- Milutin Milanković
- Branko Žeželj
- reinforced concrete
- civil engineering
- structure
- prestressed concrete
- invention
- patent
- theory of elasticity
- civil construction technology

Abstract

The aim of the paper is to show the common characteristics of the main contributions of Roger Boscovich, Milutin Milanković and Branko Žeželj to the development of civil engineering. Through contributions of Boscovich, Milanković and Žeželj, the continued development of civilization is overlooked in which theories and practices are intertwined. Bošković and Milanković are linked by theoretical approach and successful application of theory in solving practical problems in civil engineering, while Milanković and Žeželj are linked by an unique approach to the technology of building concrete structures. Besides this, a chronological review of the patents of Žeželj and Milanković in the field of civil engineering is covered, as their patents were successfully applied in the construction of concrete structures. In addition, a typology of all patents of Branko Žeželj is given by field of application, thus illustrating Žeželj's contribution to the technology of construction.

Ruđer Bošković i Milutin Milanković su bili svestrani stvaraooci širokog obrazovanja koji su u sebi povezivali različite naučne oblasti. Ruđer Bošković je više poznat kao teolog, astronom, matematičar, fizičar, filozof, diplomata i pesnik, dok je Milutin Milanković poznatiji kao astronom, klimatolog i matematičar. Zajedničke karakteristike Boškovićeve i Milankovićeve doprinosa u oblasti građevinarstva su postavke teorijskih osnova i uspešna primena teorije u rešavanju praktičnih građevinskih problema, koje su izložene u prvom delu rada.

Zanimljiv je niz i preplitanje sudbina Branka Žeželja i Milutina Milankovića, koji dolazi u Srbiju kao proslavljeni

građevinski inženjer i pronalazač i nastavlja da se bavi inženjerskim poslom. Njihov rad karakteriše inovativnost u tehnologijama gradnje kojima su uzdignili srpsko graditeljstvo i neimare, a koji su prikazani u drugom delu rada na primerima najsloženijih konstrukcija i primenama njihovih patenata u tehnologiji gradnje.

Kako su Milutin Milanković i Branko Žeželj bili ovceni i pronalazačkom slavom u oblasti građevinarstva, zbog uspešne primene njihovih patenata u izgradnji betonskih konstrukcija, radom je obuhvaćen hronološki prikaz patenata Milutina Milankovića u oblasti građevinarstva i hronološki prikaz patenata Branka Žeželja na osnovu poslednjih istraživanja patentne dokumentacije kojima se ujedno ilustruju njihovi doprinosi tehnologiji gradnje.

Objedinjeni prikaz tri austrijska patenta (AT 25292 B, AT 36916 B i AT 42720 B), jednog mađarskog (HU 73734 B) i jugoslovenskog patenta (YU 10929 B) Milutina Milankovića je 2009. godine dao profesor dr Aleksandar Petrović u svojoj knjizi *Ciklusi i zapisi: Opus solis Milutina Milankovića*, povodom obeležavanja 130. godišnjice od rođenja ovog slavnog naučnika. Na osnovu poslednje pretrage patentne literature, pronađena su još tri Milankovićeva patenta iz oblasti građevinarstva: jedan mađarski (HU 43572 B), jedan francuski (FR 390283 A) i jedan američki (US 940041 A). Mađarski patent HU 43572 B je osnovni patent za mašinu za proizvodnju balirane trske, slame ili sličnog materijala za toplotnu izolaciju. Francuski patent je analog mađarskog patenta HU 43572 B, a američki patent je analog austrijskog patenta AT 42720 B. Tabela prikaz svih patenata Milutina Milankovića je objavljen na sajtu Zavoda za intelektualnu svojinu 28. maja 2015. godine, dok je u ovom radu priložen tabelarni prikaz njegovih patenata u oblasti građevinarstva (tabela 1).

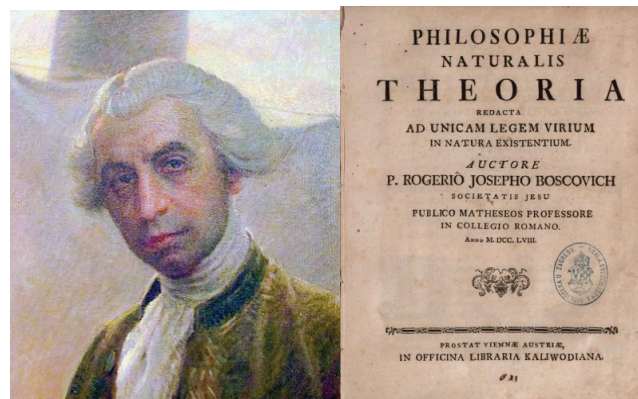
U radu patentnog inženjera Zavoda za intelektualnu svojinu Branislave Parlić-Popović pod nazivom: „Branko Žeželj – pronalazač i neimar“ iz zbornika radova Međunarodnog naučno-stručnog skupa povodom stogodišnjice rođenja Branka Žeželja člana SANU pod nazivom: *Istraživanja, projekti i realizacije u graditeljstvu*, koji je objavljen 2010. godine, navodi se 36 odobrenih patenata Branka Žeželja. Međutim, prema poslednjim pretragama patentne dokumentacije Branku Žeželju je priznat ukupno 41 patent i 2 pronalazačka svedočanstva¹, od kojih su 26 domaći patenti. Pronalasci Branka Žeželja su zaštićeni patentom u 9 evropskih zemalja i to: u Austriji - ukupno četiri; na teritorijama Nemačke i Švajcarske po dva; i na teritorijama Finske, Francuske, Grčke, Italije, Mađarske i Norveške po jedan pronalazač. Osim navedenog, Žeželju je priznat i jedan patent na teritoriji SAD. Navedeni podaci su objavljeni 2015. godine u publikaciji Zavoda za intelektualnu svojinu pod nazivom: *95 godina zaštite intelektualne svojine u Srbiji, /12/*.

¹ Prema Zakonu o pronalascima i tehničkim unapređenjima iz 1948. godine, osnovni vid zaštite pronalazaka je bilo pronalazačko svedočanstvo, kojim se priznavalo autorstvo na pronalasku, kao i pravo na naknadu u slučaju da se pronalazak iskorišćava. Nosilac prava na iskorišćavanje pronalazaka je po navedenom propisu bila država - videti u Marković, S. (1997), *Patentno pravo*, Beograd: NOMOS, str.20

U ovom radu je izvršena tipologija svih do sada dostupnih patenata Branka Žeželja prema oblastima primene, koja je praćena tabelarnim prikazom po datumima podnošenja prijave pronalazaka, sa nazivima pronalazaka i registarskim brojevima patenata (tabela 2). Patenti obuhvaćeni tabelarnim prikazom su rezultat istraživanja dostupne patentne dokumentacije u Zavodu za intelektualnu svojinu i najvećoj digitalizovanoj svetskoj bazi patenata Espacenet.

Prikaz glavnih doprinosa Ruđera Boškovića i Milutina Milankovića kroz razvoj teorije i njene primene u praksi

Ruđer Bošković (sl. 1) je na početku graditeljske karijere bio angažovan na sanaciji kupole crkve Svetog Petra u Rimu iz 16. veka. Ovog posla se prihvatio 1742. godine, zajedno sa još dva matematičara, po pozivu pape Benedikta XIV, kada su prsline na kupoli postale tako velike da se smatralo da je kolaps neminovan. Iako su inicijalno tri matematičara bila angažovana za objašnjavanje uzroka oštećenja kupole i predlog sanacije, smatra se da je Bošković preuzeo ovaj posao, /4/. Dve su „neobičnosti“ pratile rad na sanaciji kupole. Prva se odnosila na činjenicu da su angažovani matematičari, a druga da je po prvi put u građevinarstvu primenjena mehanika za objašnjenje i predlog sanacije koja je uspešno sprovedena.



Slika 1. Ruđer Bošković² i naslovna strana njegovog kapitalnog dela³.

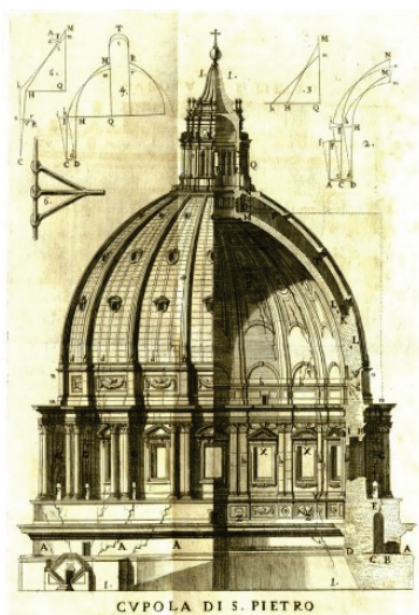
Angažovanje matematičara na rešavanju jednog ovakvog problema je bio izuzetak od pravila imajući u vidu da su se do 18. veka građevinski objekti gradili na osnovu iskustva protomajstora „i izvesnih, mahom geometrijskih pravila“, /4/, odnosno, da se u to vreme u građevinarstvu nisu koristila nikakva teorijska razmatranja, /1/. Naime, glavni udžbenici građevinskih majstora do sredine 16. veka su bile *Deset knjiga o arhitekturi* iz prvog veka pre nove ere, koje je napisao rimski arhitekta i inženjer Marko Vitruvio Polio (Marcus Vitruvius Pollio), dok su se za teoriju lukova i kupola koja se bazirala na geometrijskim pravilima koristili radovi italijanskog vajara i arhitekta iz 15. veka Leona Batista Albertija (Leon Battista Alberti), /4/. Iako se meha-

² Portret Ruđera Boškovića slikara Vlaho Bukovca iz 1919. godine - deo legata Mihajla Pupina u Narodnom muzeju u Beogradu.

³ *Philosophiæ naturalis theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium*, auctore p. Rogerio Josepho Boscovich, Societatis Jesu, publico matheseos professore in Collegio Romano, anno MDCCLVIII, Videti na: <http://digitalna.nsk.hr/?object=info&id=10618> (septembar 2017. godine)

nika u to vreme „brzo razvijala nije se smatralo potrebnim da se ona koristi kod gradnje građevinskih objekata“ /4/. To jasno potvrđuje izveštaj komisije pod nazivom: *Mišljenje trojice matematičara o oštećenjima pronađenim na kupoli crkve Svetog Petra krajem 1742, po naređenju njegove svetosti Pape Benedikta XIV (Parere di tre matematici sopra i danni, che si sono trovati nella cupola di S. Pietro sul fine dell'anno MDCCXLII: dato per ordine di nostro signore Papa Benedetto XIV)*, gde se na strani IV navodi: „Osećamo se obavezni da se izvinimo svima onima koji pretpostavljaju praksu teoriji i praksu smatraju jedino korisnom i svrsishodnom, a teoriju čak i štetnom...“, a dalje se objašnjava kakve su koristi od teorije „iz koje sledi šta će se u drugim delimično sličnim, ali i različitim slučajevima nužno dogoditi“.

Mehanika se standardno primenjuje u građevinarstvu od 19. veka, dok je u vreme Boškovića takav pristup bio potpuna novina. Navedeno ukazuje da je Bošković bio daleko ispred svog vremena, i da po svom doprinosu više pripada epohi moderne nauke. Naime, on je na osnovu analize oštećenja kupole formirao „prvi mehanički model jedne građevine u istoriji“ koji mu je omogućio da se prostorni problem kupole svede na problem u ravni i tako obave potrebni statički proračuni (sl. 2), /4/. Bošković je na ovaj način uspeo da objasni pomeranje kupole i nastajanje prslina i da zatim izračuna rad težine i momenta inercije kupole pri njenim pomeranjima, /4/. Pošto je Boškoviću bila poznata sila loma u prstenovima za ojačanje kupole, na osnovu proračuna je pokazao da sila u postojećim prsteno-



Slika 2. Crtež polupreseka kupole i modela sa pojednostavljenim prikazom rezultata geometrijske analize kupole crkve Svetog Petra u Rimu⁴.

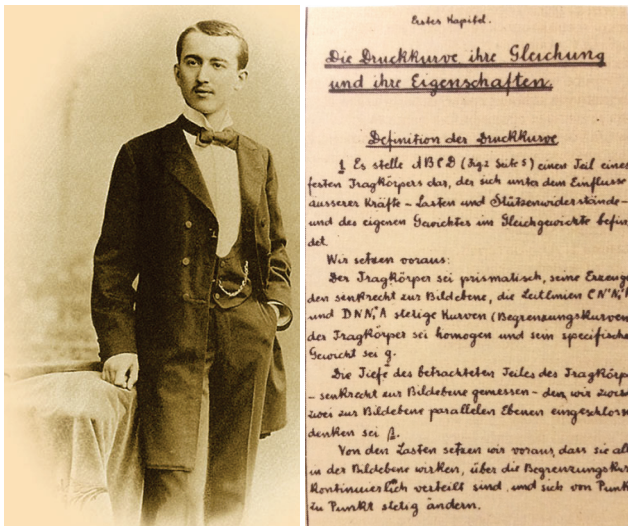
⁴ Iz knjige: Thomas Le Seur, François Jacquier, Ruggero Giuseppe Boscovich, *Parere di tre matematici sopra i danni che si sono trovati nella cupola di S. Pietro sul fine dell'anno MDCCXLII. Dato per ordine di nostro signore papa Benedetto XIV, Roma 1742*, videti na: http://antiquorum-habet.senato.it/section/section_61_it/ (oktobar 2017. godine)

vima za ojačanje kupole nije dovoljna da zadrži vertikalno pomeranje kupole, /4/. Tako je na bazi statičkog proračuna Bošković dao predlog sanacije kojim se predviđa ugradnja dodatnih prstenova za ojačanje kupole koja su i izvedena na predloženi način. „Posebno revolucionarno u ovom radu je korišćenje mehanike pri objašnjenju uzroka oštećenja i pri predlogu sanacije“, što je bio značajan korak ka kasnijem brzom razvoju mehanike čvrstog tela, a takođe je ocenjen kao rad koji označava rođenje modernog građevinskog inženjerstva, /4/.

Bošković je nakon ovog poduhvata bio angažovan na raznovrsnim građevinskim poslovima kao što su rad na istraživanju uzroka oštećenja katedrale Duomo u Milanu i na carskoj biblioteci u Beču, a u oblasti građevinske hidrotehnike na sanaciji obalne zaštite u Fjumićinu (Fiumicino) i popravci luke u Riminiju, /4/. Boškovićev pristup u rešavanju praktičnih problema u oblasti građevinarstva je bio sveobuhvatan i metodičan, a njegovi radovi su se bazirali „na strogoj teoriji, odnosno na matematičkoj interpretaciji i mehaničkim zakonima“ što je u njegovo vreme bio potpuno nov pristup u toj oblasti, /1/. Takođe, Bošković je pokazao da je u stanju da na efekatan način poveže teorijska razmatranja sa praksom, /4/. Osim navedenog, glavni teorijski doprinos Boškovića u oblasti građevinarstva je uvođenje koncepta „molekularnih sila pri objašnjenju kohezije i elastičnosti čvrstih tela“ /4/ u njegovom kapitalnom delu *Theoria philosophiae naturalis redakta ad unicam legem virium in natura existentium* (naslovna strana na sl. 1). Naime, na ovaj koncept se pozivao francuski inženjer i fizičar Klod Luj Navije (Navier Claude-Louis), pri formulisanju osnova teorije elastičnosti u prvoj polovini 19. veka „bez koje bi izgradnja moderne građevinske infrastrukture bila nemoguća“ /4/.

Teorija elastičnosti prevladava u primeni za konstruisanje betonskih i kamenih svodova i lukova od sedamdesetih godina 19. veka, /2/. Tako se Milutin Milanković (na sl. 3) sa praktičnom primenom teorije linije pritiska, koja se bazira na principima elastičnosti čvrstih tela, upoznaje tokom studija na Tehničkoj visokoj školi u Beču „pri izradi školskih projekata građevina na vodi i projekta betonskog mosta“, /9/. Međutim, Milanković ide korak dalje u pogledu primene teorije pritiska, a evo i kako.

U to vreme armirani beton počeo je da potiskuje gvožđe kao nov građevinski materijal za zasvođene konstrukcije, a posebno za mostove velikih raspona. Upravo je za projektovanje ovakvih konstrukcija bilo potrebno da se teorija linija pritiska „podigne na viši stepen“, /5/, jer je pravilno određivanje linije pritiska ključno za stabilnost građevinske konstrukcije. Milanković to ostvaruje u svojoj doktorskoj tezi pod nazivom *Prilog teoriji krivih pritiska*. Doktorsku tezu je odbranio pod mentorstvom profesora Johana Brika 17. decembra 1904. godine, i postao jedan od prvih doktora nauka u Austrougarskoj. Milanković je prvi Srbin sa najvišim akademskim zvanjem i prvi stručnjak koji uvodi opšti matematički model problema ravnoteže konačnog lučnog elementa, i napušta dotadašnji grafički metod za dobijanje linije pritiska betonske konstrukcije.



Slika 3. Milutin Milanković iz studentskih dana (1899-1901)⁵ i rukopis disertacije, /9/.

U svojoj disertaciji (rukopis na sl. 3), na osnovu upoznavanja sa svim prethodnim radovima u toj oblasti uočava greške svojih prethodnika, i primenom deduktivne metode dolazi do vlastitog teorijskog pristupa, /9/. Milankovićevi prethodnici su polazili od konkretnih primera građevinskih konstrukcija i uopštavanjem dolazili do rešenja. Međutim, Milankovićeva teorija linije pritiska je proistekla iz rešavanja najopštijeg slučaja ispitivanja oblika i osobine linije pritiska koja odgovara dejstvu „proizvoljnih no kontinuirano raspoređenih opterećenja“ koja deluju na „kakav homogen masivni nosač, svod, oslonac, potporni zid, vodojaža, proizvoljna oblika“, /5/. On je primenio analitički metod jer nije bio zadovoljan sa grafičkim načinom određivanja krive pritiska koja se dobijala ucrtavanjem „od oka“ na taj način što tangira sile pritiska koje su delovale na određeni broj preseka položenih kroz objekat koji se dimenzioniše, /5/. Kada je dobio analitički obrazac linije pritiska za najopštiji slučaj ravnoteže konačnog lučnog elementa zaključio je „da sila pritiska ne tangira liniju pritiska, već je seče“, /5/. To je iznenadilo Milankovića jer je u svojoj pristupačnoj literaturi o teoriji svodova „nebrojeno puta pročitao da sila pritiska tangira liniju pritiska“, /5/. Ustanovio je da su njegovi prethodnici grešili u određivanju težišta elementa i zanemarivanju statičkog momenta sopstvene težine elementa, jer iako je sopstvena težina beskonačno mala, krak te sile nije zanemarljiv, /5/. „Ta zabluda, provlačila se kroz celu naučnu literaturu, počev jednom raspravom od 1844. godine, pa sve do jednog velikog dela objavljenog 1901. godine“, /5/.

Milanković zaključuje da mu ne bi pošlo za rukom da ustanovi greške svojih prethodnika da je „u svojoj studiji pošao induktivnim putem, od jednostavnijeg ka opštijem“ /5/. Iako svestan vrednosti svog rada skromno zaključuje da njegova rasprava „u prvom redu, ima istorijsko-kritički karakter“, i ne pada u iskušenje da, kao mlad naučnik, od grešaka svojih prethodnika, među kojima je bilo „velikih i zaslužnih ljudi“, stvara sebi „naučni kapital i reputaciju“, /5/. Ovakav stav Milankovića, u velikoj meri objašnjava

kasnije padanje u zaborav njegovog teorijskog doprinosa u oblasti građevinarstva, ali svakako vaskrsava u savremenim radovima, gde se ocenjuje da je Milankovićeva teorija linije pritiska „verovatno najopštija rasprava u tehničkoj literaturi o ovom predmetu. Među prethodnim i novijim studijama teško je, i sa matematičkog i sa mehaničkog gledišta, naći tako visok standard obrade. Autor je izgleda bio svestan toga i njegova kritika nekih prethodnih doprinosa posebno je vredna u ovom smislu“, /2/.

Zahvaljujući pravilnoj primeni matematičkog modela mehaničkog problema koji se odnosi na ravnotežu konačnog lučnog elementa, /2/, Milankovićeva teorija linije pritiska očito predstavlja trajan doprinos nauci, jer ima opšti karakter koji „anticipira savremeni stav u ovoj oblasti“, /2/. Milanković je sa ovakvim vanrednim teorijskim znanjem i sa praktičnim iskustvima sa studija u projektovanju mosta od armiranog betona, već na početku karijere bio spreman za rešavanje najtežih problema u građevinarstvu. Tako je za projekat velikog magacina od armiranog betona morao da uradi statički proračun za dimenzionisanje stubova i tavanica za bečko špeditersko preduzeće „Kurmajr i drug“, /9/. Imao je pre toga iskustvo sa projektom fabričke hale, gde se namučio sa izračunavanjem armature, jer nisu postojali obrasci za njeno direktno određivanje, već se to radilo isprobavanjem, primenom mukotrpne iterativne metode /9/. Ovog puta hrabro i samouvereno primenjuje opštu teoriju linije pritiska iz svog doktorskog rada i izvodi obrasce za dimenzionisanje armature, /9/. Uz pomoć obrazaca za svaki tip nosača priprema dijagrame za izbor armature na osnovu momenata savijanja i u roku od dva dana obučava sve svoje kolege za primenu novog projektantskog alata, /5/. Ovaj praktični problem je krunisao sa raspravom *Prilog teoriji armirano-betonskih nosača*, koja je objavljena 1905. godine, a koji je ušao u tehničku naučnu literaturu, stručne enciklopedije i priručnike, /5/. Osim toga, ovo Milankovićevo „delo služilo je kao komentar zvaničnim propisima austrijskog ministarstva unutrašnjih dela o građevinama od betona. Zato su se njime služili austrijski projektanti armirano-betonskih građevina, a pogotovo državni inženjeri kojima je stavljano u dužnost da ispitaju te projekte i priložene statičke račune i dadu dozvole za građenje. Kod tih inženjera stajao sam u velikom ugledu, a to je olakšavalo ophođenje našeg preduzeća sa državnim vlastima. Moj potpis na projektu i statičkom računu važio mu je kao sigurna propusnica“, /5/.

Tako je Milanković svoja teorijska znanja i projektantske alate verifikovao na brojnim armiranobetonskim konstrukcijama koje je gradio za vreme inženjerske službe u Beču, /9/. Neke od tih građevina su: akvedukt za hidrocentralu u Sebešu, u Erdelju, akvedukt za Semeringu i Pitenu, mostove u Kranju, Banhildi i Išli, zatim beogradsku kanalizaciju, te Krupovu fabriku metala u Berdorfu, /9/.

Prikaz glavnih doprinosa Milutina Milankovića i Branka Žeželja kroz jedinstveni pristup tehnologiji gradnje betonskih građevina

Velikom ugledu Milankovića su svakako doprineli i pronalasci novog sistema izrade tavanica od armiranog betona (tabela 1), pod imenom „Sistem Milanković - Krojč“, sa kojim se proslavio širom bivše Austrougarske. Navedeni sistem izrade tavanica razvio je i patentirao sa Teodorom

⁵ Videti u /9/ i na: https://sr.wikipedia.org/wiki/Милутин_Миланковић (septembar 2017.godine)

Krojom radeći u čuvenoj građevinskoj firmi „Betonbau“ barona Pitela koja je na ovom sistemu dobro zaradila. Ova tavanica (sl. 4 i 5) se u odnosu na postojeće izdvajala po jednostavnijem izvođenju, manjem utrošku materijala i po tome što je imala integrisanu toplotnu i zvučnu izolaciju, a što je činilo i estetski elegantnijom, /5/. Kako je tavanica „Sistem Milanković – Krojce“ po svojim preimućstvima stajala „visoko iznad svih ostalih“ izabrana je na konkursu za izgradnju novog dela zgrade Tehničke velike škole u Beču, što je bila posebna čast za Milankovića, koji je tu diplomirao i doktorirao, te taj poduhvat smatra najvećim uspehom njegovih patenata, /5/. On sa ponosom ističe da je „Zasebna jedna monografija, objavljena 1908. godine u Beču i jedan članak Tegracija objavljen 1907. godine u

časopisu „Beton und Eisen“, jer „daju detaljne izveštaje o tom načinu građenja i ilustruju ga crtežima i fotografiskim snimcima“, /5/. Međutim, „aneksiona kriza i balkanski ratovi omlitaviše građevinsku delatnost u Austriji, a prvi svetski rat preseče je sasvim. Za vreme tih ratnih vremena pogasiše se svi patenti iz doba moje inženjerske prakse, a pojaviše se noviji“, /5/.

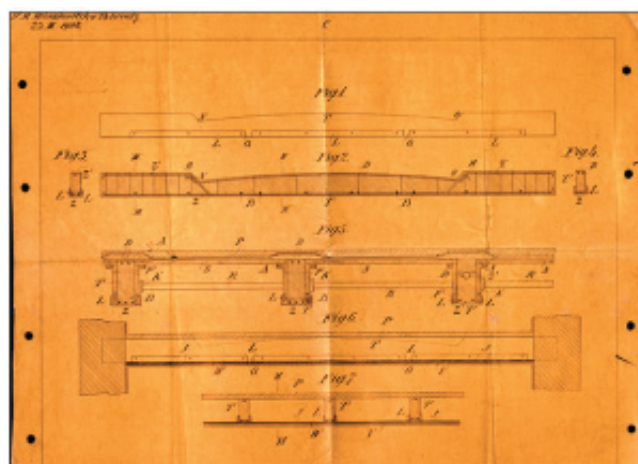
Tabela 1. Prikaz patenata Milutina Milankovića u oblasti građevinarstva⁶.

Datum podnoš. prijave	Originalni naziv pronalaska/Naziv pronalaska na srpskom jeziku	Broj patenta	Napomena
17.6.1905.	Eisenbetondecke/ Tavanica od armiranog betona	AT25292 B	
23.12.1907.	Eisenbetondecke mit Scilifrohrbündeleinlage/ Tavanica od armiranog betona sa toplotnom izolacijom od bala trske, slame ili sličnog materijala	AT36916 B	Pronalazak Milutina Milankovića i Teodora Krojca (Teodor Kreutz)
4.4.1908.	Gép kötegeknek sásból, nádból, szalmából és hasonló anyagokból való előállítására/ Mašina za proizvodnju balirane trske, slame ili sličnog materijala za toplotnu izolaciju	HU43572B	
16.6.1908.	Verfahren zur Herstellung hohler Eisenbetondecken mit ebener Untersicht mittels Schablonen/ Postupak za proizvodnju šupljih armiranobetonskih ploča	AT42720 B	Pronalazak Milutina Milankovića
15.8.1908.	Machine pour la confection de paquets de roseaux, pailles, cannes et substances semblables/ Mašina za proizvodnju balirane trske, slame ili sličnog materijala za toplotnu izolaciju	FR390283 A	Analog patenta HU43572 B
15.6.1909.	Production of hollow reinforced-concrete slabs/ Postupak za proizvodnju šupljih armiranobetonskih ploča	US 940041 A	Analog patenta AT 42720 B
28.5.1918	Falszerkezet/ Betonski zid	HU 73734 B	Pronalazak Milutina Milankovića

⁶ Tabela prikaz preuzet sa sajta Zavoda za intelektualnu svojinu: http://www.zis.gov.rs/upload/documents/pdf_sr/pdf_patenti/Listapatenata%20Milutina%20Milankovica.pdf (februar 2017. god.)



Slika 4. Nadgledanje izvođenja tavanice u preduzeću barona Pitela⁷.



Slika 5. Crtež patentirane tavanice od armiranog betona⁷.

Aneksiona kriza, koju je u Austriji pratila „hajka protiv Srba“, /9/, kao i želja Milankovića da se prevashodno bavi naukom i profesurom, bili su od presudnog uticaja na odluku Milankovića da na poziv Mihajla Petrovića i Jovana Cvijića 1909. godine dođe u Srbiju na mesto vanrednog profesora Univerziteta u Beogradu, na katedri primenjene matematike Filozofskog fakulteta, /5/. Iako je ovako nastala prekretnica u Milankovićevoj karijeri, ipak ga ne napušta „strast za ceo opseg graditeljskih poslova, od teorijskih zamisli do zanatskih umeća“, /9/, i nastavlja da se bavi projektovanjem i gradnjom, paralelno sa naučnim radom.

⁷ Videti u /9/ i na: <https://nadgradnja.wordpress.com/2014/01/13/milutin-milankovic-kao-gradevinski-inzenjer/> (septembar 2017. g.)

Tako se Milanković prihvata projektovanja i gradnje prvih armiranobetonskih mostova u zemlji na pruži Niš-Knjaževac (na sl. 6 je izgled jednog od tih mostova nakon izgradnje) na molbu svog prijatelja iz Tehničke visoke škole u Beču i građevinskog inženjera Petra Putnika, /9/. Ovaj poduhvat je bio jedinstven po tome što se, po predlogu inženjera Putnika, prvi put primenjuje tipska konstrukcija armiranobetonskog mosta, /9/. Projekat mosta raspona 30 metara, koji se oslanja na stenovite obale je uradio Milanković sa ciljem lakše i brže izgradnje pruge na čijoj trasi je bila predviđena izgradnja 19 mostova, /9/. Zahvaljujući ovakvom jednostavnom pristupu jednim projektom rešava se izgradnja svih 19 mostova. Upravo zato Putnikova građevinska firma dobija ovaj posao na licitaciji 1912. g. kada je i započeta gradnja, /9/. Milanković je učestvovao u izgradnji prvog od devetnaest mostova, koji se nalazio kod Svrlljiga, gde se potpuno unosi u posao i brine o tome kako se „beton meša, raspoređuje po oplati i nabija“, /6/.



Slika 6. Nekadašnji izgled mosta na pruži Niš-Knjaževac⁸.

Pored navedenog, Milanković ide korak dalje, s obzirom da u njemu sazreva ideja o korišćenju tehnologije livenog betona, budući da je bio nezadovoljan učinkom tehnologije izgradnje mosta nabijanjem betona. Naime, on se na gradilištu suočava sa nedostatkom osnovne opreme za nošenje i ubacivanje betona, koji su se još i mogli nekako improvizovati, dok je bez „propisanih sprava za nabijanje“ kojih „nije nigde bilo“, tehnologija izgradnje nabijanjem betona bila veoma otežana, /6/. Stoga je manje zahtevnu tehnologiju livenog betona primenio u istom danu, /9/. Tu je došlo do izražaja Milankovićeva praktično iskustvo i sposobnost da problem pretvori u originalno rešenje u gradnji na licu mesta, jer je u jednom danu osmislio i sproveo nov metod

koji je ušao „i drugde u sve veću primenu ...“, /9/. Osim toga, Milanković je sa krajnjom pažnjom birao saradnike na gradilištima, gde je kao šef tehničkog odeljenja zapošljavao nove inženjere, gde nikada nije tražio da vidi „njihove univerzitetske diplome, ili ocene; mogao ih je bolje proceniti na osnovu rada“, /9/. Pored navedenog, Milanković je smatrao da njegovo „teorijsko znanje ne bi mnogo vredelo da nije bilo dopunjeno praktičnim iskustvom“, /9/. Rezultat takvog pristupa su bile građevine na kojima „ni posle nekoliko decenija nije se pokazivao ni najmanji problem“, /9/. Zbog toga Milankovića posle Prvog svetskog rata angažuje Inženjersko odeljenje Komande vazduhoplovstva „za odgovorne ekspertske zadatke“ na građevinskim objektima za potrebe vojske, odnosno, „na projektovanju i nadzoru izgradnje aerodromskih hangara u Zemunu, Mostaru, Skoplju, Kraljevu, Pančevu, Sarajevu, Novom Sadu i Beogradu“, /9/.

Milanković nastavlja da se bavi poslom građevinskog inženjera, ali uvek je pazio „da mu ne odnese previše vremena potrebnog za rad na astronomskoj teoriji klime“, /9/. Tridesetih godina prošlog veka Milanković se intenzivno bavio klimatologijom, a Branko Žeželj (na sl. 8) završava studije na „tadašnjem čuvenom“ Tehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, /3/. Naime, Žeželj je studirao u vreme kada je na Tehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu radila „generacija izuzetnih profesora od Arnovljevića i Kirila Savića, preko Bajalovića i Micića, do tada mladog Kašanina i Tucakovića“, /3/. Žeželj sa ponosom ističe najvišu ocenu iz mehanike koju je tokom studija dobio od čuvenog profesora Ivana Arnovljevića, jer je to bila prava retkost, /3/. Profesor Arnovljević je stekao slavu građevinca i naučnika u Beču gde je doktorirao na Tehničkoj visokoj školi i bio blizak prijatelj Milutina Milankovića, /5/. Stoga je moguće da je Žeželj preko predavanja profesora Arnovljevića bio upoznat sa doprinosima Milankovića u oblasti građevinarstva. Pored toga, Žeželj je već tokom studija izradio prvi projekat kamenog mosta, /3/, koji spada u konstrukcije na koje se može primeniti Milankovićeva teorija linije pritiska. U želji da se što pre osamostali, Žeželj je studije koje traju četiri godine završio za tri, jer je za jednu godinu položio ispite iz dve godine, /3/, i zapošljava se na Odseku za mostove Ministarstva građevina, na projektovanju, građenju i ispitivanju armiranobetonskih mostova, /10/. Radeći na tom mestu zavoleo je mostove, „što je bilo od presudnog uticaja na njegovu kasniju karijeru“, /10/. Naime, Ministarstvo građevina je u oblasti konstrukcija od armiranog betona bilo ispred Tehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, /10/. U Ministarstvu je „postojala veoma dobra biblioteka, u kojoj je bila celokupna nemačka literatura, ali i mnogo italijanskih i francuskih knjiga. Bilo je i mnogo časopisa, i to iz celog sveta“ koju je Žeželj temeljno čitao i proučavao, /3/. Tako se Žeželjev doprinos nadovezuje na Milankovićev, jer Žeželj započinje karijeru sa izgradnjom armiranobetonskih mostova, koju je u Srbiji započeo Milanković.

Krajem dvadesetih godina prošlog veka dolazi do preokreta u tehnici građenja betonom uvođenjem prednapregnutog betona u mostogradnji, koju je prvi put 1928. godine uspešno primenio francuski inženjer Eugen Fresine (Eugène

⁸ Videti u /9/ i na: <https://nadgradnja.wordpress.com/2014/01/13/milutin-milankovic-kao-gradevinski-inzenjer/> (septembar 2017. g.)

Freyssinet)⁹. Ovo stoga što se prednaprežanjem, koje podrazumeva „veštačko unošenje sila putem kablova iz visokovrednog čelika u betonske preseke“ uz pomoć posebne opreme za prednaprežanje, smanjuju ili eliminišu naponi zatezanja, a u tehnologiji gradnje omogućava „savladavanje većih raspona koji su bili nedostižni za armirani beton“¹⁰. Međutim, „istinski procvat prednapregnutih betonskih konstrukcija na međunarodnom nivou postignut je tek u godinama nakon Drugog svetskog rata.“¹¹.

U periodu nakon Drugog svetskog rata postojala je potreba za brzom izgradnjom i obnovom razrušene zemlje, a posebno mostova. Ovaj poduhvat je u velikoj meri obuhvatio montažu i popravku čeličnih mostovskih konstrukcija, na kojima je Žeželj stekao potrebna znanja i veštine, koja su mu kasnije pomogla u montaži konstrukcija od prednapregnutog betona i u radu na patentima hidrauličkih presa, /3/, koje su sastavni deo opreme za prednaprežanje betona. Prvi veliki Žeželjev most u tom periodu je most preko reke Morače u Podgorici (sl. 7) , a ubrzo i most preko Bosuta na novom autoputu Beograd-Zagreb, koji su bili izgrađeni od armiranog betona, /10/. Most preko Bosuta je bio prvi most u zemlji za koji je bila predviđena tehnologija gradnje prednaprežanjem betona, ali pošto „uslovi za to nisu bili sazreli, most je projektovan i izveden kao armirano betonska konstrukcija“, /10/. Međutim, „Na ovom mostu realizovani su prvi montažni nosači raspona 28 m od armiranog betona“, /13/. Ovakav poduhvat je tada zahtevao hrabrost i preduzimljivost projektanta, imajući u vidu „odsustvo bilo kakvih, sem improvizovanih, dizalica i veliku osetljivost betonskih konstrukcija na manipulaciju te vrste“, /10/. Tako je Žeželj ostao upamćen kao graditelj prvog montažnog mosta na teritoriji Jugoslavije, čime se nadovezao na Milankovićev doprinos prilikom projektovanja i izvođenja prvih armirano betonskih mostova na našim prostorima, gde je na osnovu jednog projekta izvedeno 19 mostova, a što je bio prvi građevinski poduhvat tipske gradnje.



Slika 7. Žeželjev most preko Morače u Podgorici, /8/.

⁹ Videti u: Javno preduzeće „Putevi Srbije“ (2012), *Priručnik za projektovanje puteva u Srbiji - Projektovanje mostova*, Beograd, dostupno na: [http://www.putevi-srbije.rs/pdf/harmonizacija/prirucnik_za_projektovanje_puteva/SRDM9-1-opsta-smernica\(120430-srb-konacni\).pdf](http://www.putevi-srbije.rs/pdf/harmonizacija/prirucnik_za_projektovanje_puteva/SRDM9-1-opsta-smernica(120430-srb-konacni).pdf) (februar 2017)

¹⁰ Isto

¹¹ Isto

U to vreme su u svetu pored Fresineovog postojala još dva uspešno razvijena sistema prednaprežanja, /10/. Iako je Žeželj bio svestan ograničenosti domaće građevinske operative, ograničenja u pogledu kvaliteta čelika za prednaprežanje na domaćem tržištu kao i „otpora koji mu mogu pružiti stariji već formirani inženjeri“, /10/, prihvata izazov razvijanja domaćeg sistema prednaprežanja. Naime, domaći sistem gradnje je bio jedini pravi odgovor za potrebe brže izgradnje razrušene zemlje, jer nije postojala mogućnost uvođenja strane patentirane tehnologije. Tako se „Žeželj sa pravom može smatrati jednim od svetskih pionira uvođenja i razvijanja ove tehnike građenja“, /10/.

Žeželjev „uspon kao pronalazača, naučnika, istraživača i naučnika“, /10/, počinje od 1948. godine u kojoj je postao direktor Saveznog građevinskog instituta. „Obaveze jedne takve ustanove bile su u svemu avangardne. Morala je, pre svega, da unapređuje struku, ali i da podiže kadrove“ što je bila glavna misija Žeželja kao čelnog čoveka, /3/. Taj Žeželjev rad se odvijao „na polju unapređenja rada na tehničkim naukama i nauci uopšte, zatim na njihovoj organizovanosti, na stvaranju boljih uslova za njihov razvoj, kao i za njihovu popularizaciju“, /3/.

Žeželj „je rukovodio naučnoistraživačkim projektima u gotovo svim oblastima armiranih i prethodno napregnutih konstrukcija“, /10/. Pod njegovim vođstvom sprovedena su brojna teorijska i eksperimentalna istraživanja, koja su proistekla iz „rešavanja konkretnih, često vrlo složenih problema, koji su se javljali kod izgradnje velikih objekata“, jer „se nije išlo uhodanim putevima, pa je svaka novina samim tim morala biti iscrpno teoretski proverena i potvrđena“, /13/. Tako u primere teorijskih istraživanja spadaju: problemi izvijanja čeličnih štapova, problemi kontinuiteta prednapregnutih nosača, razvoj metoda proračuna prednapregnutih konstrukcija i analiza parazitnih uticaja kod svih vrsta konstrukcija, određivanje graničnih stanja pod uticajem statičkih i dinamičkih opterećenja, problemi ponašanja montažnih skeletnih konstrukcija od prednapregnutog betona u seizmičkim područjima i problemi proračuna reaktorskih posuda

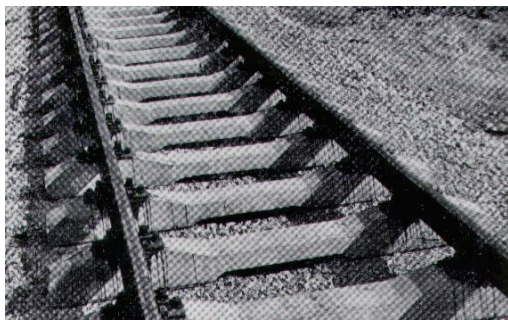


Slika 8. Branko Žeželj u velikoj sali Instituta IMS ispred modela Hale 1 Beogradskog sajma, /8/.

pod pritiskom od prednapregnutog betona, /13/. U primere eksperimentalnih istraživanja konstrukcija spadaju ispitivanja nosivosti i ponašanja konstrukcija u različitim uslovima eksploatacije na prototipovima i modelima konstrukcija.

U najpoznatija modelska ispitivanja spada ispitivanje modela Hale 1 Beogradskog sajma na modelu u razmeri 1:10 (sl. 8), /13/.

„Od pedesetih godina prošlog veka nadalje Žeželj je potpuno posvećen prednapregnutom betonu“, kada su nastala „njegova vrhunska konstruktorska i istraživačka ostvarenja“ /8/, a što se sagledava kroz brojne Žeželjeve pronalaskе koji su nastajali u periodu od 1950. do 1994. godine. Naime, vanserijske konstrukcije „mostova i hala, odnosno, zgrada od prednapregnutog betona“ sa kojim se Žeželj proslavio i na kojima je verifikovao svoje patente, su „po pravilu bile rezultat stvaralačkog procesa koji je započinjao od ideje, da bi preko studijsko-istraživačke faze i faze evaluacije, konačno rezultirao projektom i realizacijom projekta“, /8/. Njegovi patentni se mogu svrstati u tri glavne grupe (tabela 2): prva grupa patenata obuhvata opremu za prednaprezanje betona, druga grupa obuhvata tehnologiju prednaprezanja u visokogradnji - zgradarstvu, a treća grupa se odnosi na tehnologiju gradnje betonskih mostova. Preostalih 6 od 41 patenata se odnose na: patent za pribor u vidu nepropustljive betonske zavese (YU 23553 B) sa primenom kod građevinskih i hidrograđevinskih objekata, patent za uređaj za elastičnu vezu šine za železnički prag od betona (YU 25412 B) sa primenom u izradi železničkih pragova (sl. 9), dva patenta za konstrukciju toplotno zaštićene reaktorske posude pod pritiskom od prednapregnutog betona (YU 29002 B i FR 1526536 A) sa primenom u nuklearnim elektranama, patent za postupak za proizvodnju okruglih betonskih stubova (YU 29494 B) sa primenom za izradu dalekovoda za prenos električne energije i patent za kalup sa stazom za livenje i prednaprezanje betonskih elemenata promenljivih dužina, naročito vinogradarskih podupirača (YU 44730 B) sa primenom za izradu vinogradarskih stubova. Ovim je pokazano „da za Žeželja nije bilo značajnih i manje značajnih konstrukcija“, /8/, kao i raznovrsne mogućnosti primene tehnologije prednaprezanja za koje je Žeželj govorio: „Beton ima svoje čudi, propinje se, otima se, ne da se. Ali je vaše da ga zaustavite, da ga pokorite, da sve bude kako vi hoćete i da doživite ono što doživi vešti konjanik u sedlu: fini osjećaj ugodnosti i superiornosti...“¹².



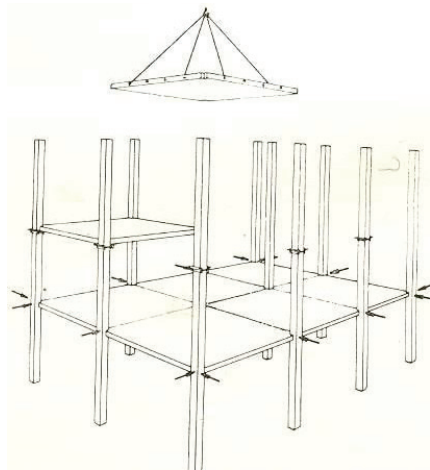
Slika 9. Žeželjevi prednapregnuti pragovi, /8/.

¹² Videti u Jovičić, S. (2017), Građevinski materijali i zanimljivosti, dostupno na: <https://www.industrija.rs/vesti/clanak/gradjeviniski-materijali-i-zanimljivosti> (oktobar 2017)

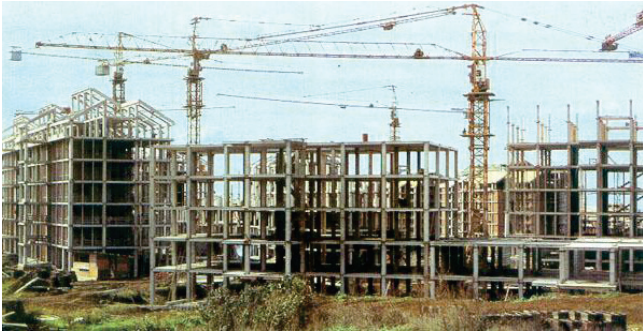
U periodu od 1950. do 1958. godine Žeželj se već proslavio sa prvom grupom patenata za opremu za prednaprezanje betona i prvim pronalaskom za montažno skeletnu konstrukciju od prednapregnutog betona koja se primenivala širom zemlje u visokogradnji stambenih i javnih objekata pod imenom „IMS-Žeželj“. Ovi pronalasci su razvijani u laboratorijama Instituta za ispitivanje materijala SR Srbije (IMS), čije osnivanje je inicirao Žeželj i na čijem čelu je bio od 1954. godine. Primarni element konstrukcije sistema gradnje „IMS-Žeželj“ u visokogradnji je međuspratna konstrukcija, odnosno, Žeželjeva tavanica od prednapregnutog betona, koja nastaje iste godine kao i Milankovićeve rasprava *Vavilonski toranj moderne tehnike*, koja je njegovo poslednje delo u oblasti građevinarstva.

Tako se Žeželj sa sistemom „IMS-Žeželj“ proslavlja poput Milankovića sa sistemom „Milanković-Kroje“, pri čemu je ključni element oba sistema betonska tavanica, s tim da je Milankovićeve tavanica od armiranog betona, a Žeželjeva je od prednapregnutog betona. Milanković kruniše svoj doprinos građevinarstvu radom u oblasti visokogradnje u isto vreme kada se Žeželj proslavlja sa patentima u toj oblasti. Naime, delo *Vavilonski toranj moderne tehnike*, nastalo dve godine pred smrt Milankovića, predstavlja teorijsku raspravu o „projektovanju najveće moguće betonske zgrade na svetu“, /9/, u kojoj Milanković daje „proračune o visini ove zgrade kakvu ljudski um pre njega nije zamislio“, /9/. Ona „iznosi 20,25 km“ iznad površine Zemlje, pri čemu „površina njene baze meri 40.000 km²“, /9/. Ovom građevinom Milanković „doseže vrhunce teorijskih mogućnosti građevinskog inženjerstva“, /9/, i zaokružuje svoj doprinos građevinarstvu, koji je započeo doktorskom tezom *Prilog teoriji krivih pritisaka*.

Žeželj nastavlja da usavršava i razvija svoje pronalaskе kroz eksploataciju i ispitivanje karakteristika izvedenih objekata, tako da je u periodu od 1960. do 1963. godine usledila nova serija patenata za opremu za prednaprezanje betona i za montažno skeletnu konstrukciju od prednapregnutog betona koja se primenivala u visokogradnji (sl. 10 i 11). Prvi i poslednji Žeželjev pronalazak u periodu od 1964. do 1994. godine se odnose na tehnologiju gradnje mostova bez upotrebe skela. U tom periodu on i dalje usavršava montažno skeletni sistem za primenu u visokogradnji i opremu za prednaprezanje.



Slika 10. Šema montažnog skeleta sistema IMS, /8/.



Slika 11. Izvedena skeletna konstrukcija sistema IMS, /8/.

Iako se Žeželjevo ime najviše vezuje za patentirani montažno skeletni sistem gradnje stambenih i javnih objekata od prednapregnutog betona, „koji je, osim na prostorima prethodne Jugoslavije, našao primenu i na drugim stranama: Kubi, Mađarskoj, Etiopiji, Angoli, Egiptu, Rusiji, Kini i u još nekim zemljama“, /8/, mostogradnja je bila i ostala „njegovo osnovno životno opredelenje“, /11/.

Njegovi mostovi „odlikuju se elegantnim izgledima, originalnim tehnologijama građenja, a neki i svetskim rekordima u rasponima, u svoje vreme i u svojoj vrsti“, /11/. Jedan od takvih je bio Žeželjev most kod Novog Sada, jer je po rasponu velikog luka od 211 metara u svoje vreme bio svrstan među najveće lučne betonske mostove sveta koji se koriste za železnički i drumski saobraćaj (sl. 12), /8/. Ovaj most je porušen tokom NATO bombardovanja, i doživeo istu sudbinu kao i prvi armirano betonski most u zemlji kod Svrlijiga na pruzi Niš-Knjaževac koji je projektovao i gradio Milutin Milanković, a koji je porušen prilikom povlačenja Nemaca u prvom svetskom ratu, /9/. Međutim, ostala je zapamćena lepota i snaga Žeželjevog mosta kao i upornost i istrajnost njegovog graditelja. O snazi mosta svedoči podatak da je bilo neophodno 6 razornih projektila za njegovo rušenje, /8/, kao i kazivanje, Žeželjevog dugogodišnjeg saradnika Mr Branislava Vojinovića, koji je „četrvt veka posle izgradnje mosta preko Dunava u Novom Sadu“ radio „na projektu revitalizacije mosta“, /11/. Naime on je detaljno „obavio pregled celoga mosta i ogromne tanjiraste hidrauličke prese kojima je, na originalan način, veliki konstruktor Branko Žeželj rešio problem fundiranja velikog lučnog mosta u aluvijalnom tlu. Svi delovi mosta bili su, za ono vreme i primenjenu tehnologiju građenja, izuzetno kvalitetno izgrađeni“, /11/. O upornosti i odvažnosti Branka Žeželja u vreme projektovanja ovog mosta puno govori anegdota koju je takođe zabeležio Mr Branislav Vojinović. Naime, „u vreme projektovanja, ovakav način fundiranja (gore opisan), zbog prirode tla u kojem je fundiran, nije naišao na odobravanje onih bez čije saglasnosti ne bi mogao da ostvari svoju ideju. Siguran u svoje stručno znanje (pomalo i sujetan) rešio je da problem "mostovske opozicije" reši "diplomatski", u skladu sa stručnim znanjem i položajem "opozicionara" na društvenoj lestvici (komisiju za odobravanje projekta činili su i stručnjaci i političari). Jednog člana, izuzetno velikog stručnjaka u oblasti betonskih konstrukcija, angažovao je kao spoljnog saradnika na projektu, i time ga pridobio za zastupanje iste ideje. Za visoko rangiranog političara u lestvici političke strukture u vojvođanskoj vlasti pripremio je drugačiji način "ubeđivanja". Saznavši

da je dotični pasionirani lovac, zatražio je prijem i "spontano" zapodenuo razgovor o lovu: „... Kad sam bio u lovu sa Titom, mi na čeki, kad naiđe medved. - Pucaj ti Branko! - kaže mi Tito - Pucajte Vi, Predsedniče! - kažem ja, ...“ Više nije bilo nesaglasja u vezi sa Žeželjevim idejama i most je fundiran onako kako je autor zamislio, a pokazalo se da je način bio ispravan“, /11/.



Slika 12. Žeželjev most na Dunavu kod Novog Sada nakon izgradnje, /8/.

U prilog kvaliteta izvedenih radova na ovom mostu kao i originalnosti rešenja Branka Žeželja govori i činjenica da je na kongresu Svetskog udruženja za prednapretnje (FIP), održanog u Rimu 1960. godine, dobio priznanje za uvođenje izuzetne novine u građenju mostova, /8/. Ovo je ujedno bilo priznanje i Žeželjevim saradnicima koje je brižljivo stvarao i birao jer je „akademik Branko Žeželj, pored svih vrednosti koje je posedovao, imao i dve retke vrline: poštovao je ličnost svakog čoveka i imao strpljenja da svakoga saslušaju. I pored svih znanja i zvanja, srdačno je razgovarao sa saradnicima, od inženjera do radnika, interesujući se za njihovo mišljenje i sugestije, da bi na kraju doneo odluku“, /8/. Žeželjeva najveća zasluga je ta što je „stvorio celu jednu inženjersku školu“, a delovao je „u neposrednim dodirima sa studentima, i pretežno sa mladim inženjerima sa kojima je radio, diskusijama „oči u oči“ prilikom razrade raznih ideja, projekata ili organizacije istraživanja“, /10/. Tako „je naše građevinarstvo uveo u svet i predstavio nas kao inženjere sposobne da reše i najsloženije probleme projektovanja i građenja“, /10/.

ZAKLJUČAK

Kroz dela Ruđera Boškovića, Milutina Milankovića i Branka Žeželja se sagledava razvoj paradigme u oblasti građevinarstva kroz tri veka. Od postavke teorijskih osnova, preko uspešne primene teorije u rešavanju praktičnih građevinskih problema i razvoja eksperimentalnih istraživanja, do građevina najviših dometa u pogledu primenjene tehnologije gradnje koja je zbog svoje inovativnosti bila predmet patentne zaštite širom sveta. Bošković, Milanković i Žeželj nisu usamljene pojave velikih ličnosti sa kojima se njihovo delo završava. Kroz njihove doprinose se sagledava kontinuitet razvoja građevinarstva u kome su se preplitali teorija i praksa.

Rađanje modernog građevinskog inženjerstva se vezuje za Boškovićev rad na sanaciji kupole Crkve Svetog Petra u Rimu kada je formirao „prvi mehanički model jedne građevine u istoriji“, /4/. Ovo delo je u svoje vreme bilo revolucionarno po tome što je tada prvi put korišćena primenjena matematika, odnosno mehanika, za objašnjenje uzroka oštećenja i za predlog sanacije jednog praktičnog problema u građevinarstvu, a čime je Bošković doprineo kasnijem brzom razvoju mehanike čvrstog tela. Pored toga, Bošković je u svom kapitalnom delu *Theoria philosophiae naturalis redakta ad unicam legem virium in natura existentium* postavio koncept za teoriju elastičnosti „bez koje bi izgradnja moderne građevinske infrastrukture bila nemoguća“, /4/. Milanković je unapredio teoriju linije pritiska, koja se bazirala na principima teorije elastičnosti. Naime, on je prvi stručnjak koji uvodi opšti matematički model problema ravnoteže konačnog lučnog elementa i prvi stručnjak koji napušta dotadašnji grafički metod za dobijanje linije pritiska betonske konstrukcije. Tako je Milanković ujedno doprineo pravilnoj primeni teorije linije pritiska u izgradnji zasvođenih konstrukcija.

„Tokom 19. veka je bilo napisano mnogo studija o teoriji linija pritiska u vezi građevinskih objekata. Međutim, sveobuhvatna teorija linija pritiska sa matematičke i mehaničke tačke gledišta se može naći samo u radovima srpskog naučnika Milutina Milankovića koji su objavljeni u periodu od 1904. do 1910. godine...“, /2/. U te radove spadaju Milankovićeva doktorska teza pod nazivom *Prilog teoriji krivih pritiska* (1904), rasprava proistekla iz građevinske prakse pod nazivom *Prilog teoriji armirano-betonskih nosača* (1905), koja je ušla u stručne enciklopedije i priručnike, i Milankovićevi patentni koji su poznati u primeni kao „Sistem Milanković-Krojc“. Milanković je postigao velike uspehe zahvaljujući odličnom obrazovanju i temeljnom poznavanju dostignuća njegovih prethodnika. Takođe, bio je nadahnut delima Ruđera Boškovića, o kome je pisao kao o „velikom i slavnom sinu naroda našeg“, /7/. Međutim, dostignuća u oblasti graditeljstva su bila impresivna i pre pojave Boškovića. Tako se Milanković divi konstrukcijama italijanskog arhitekta iz 15. veka Filipa Brunelleskija (Filippo Brunelleschi), koji je rešio stabilnost kupole florentinskog doma, tako što je, u skladu sa znanjima „moderne tehnike“, uzidao drvene obručeve za ojačanje u zoni kupole u kojoj se pojavljuju sile istezanja, /5/. Međutim, Bošković pravi veliki iskorak u građevinarstvu davanjem prednosti teoriji „iz koje sledi šta će se u drugim delimično sličnim, ali i različitim slučajevima nužno dogoditi“, /4/. Time je započeto novo poglavlje u građevinskoj praksi, na koju se nadovezao Milanković daljim razvojem teorije i njene primene u praksi.

Sedamdesetih godina 19. veka nastaje epoha nagle primene betona u građevinarstvu koja se intenzivira nakon Drugog svetskog rata kroz primenu prednapregnutog betona. Tako su Milutin Milanković i Branko Žeželj, svako u svom vremenu, imali sličan izazov i podsticaj za pomeranje granica, jer su se susretali sa različitim vrstama betona u izgradnji zasvođenih konstrukcija. Milanković po dolasku u Srbiju, uoči Prvog svetskog rata, projektuje i gradi prve mostove od armiranog betona na ovim prostorima na pruzi Niš-Knjaževac. Suočen sa skromnim mogućnostima građevinske operative, Milanković odmah nalazi rešenje i inovira način gradnje prelaskom sa tehnologije nabijanja betona na tehnologiju izlivanja, koja se ubrzo širi i na druga gradilišta. Osim toga ovaj Milankovićev angažman je jedinstven i po tome što se tu prvi put primenjuje koncept tipskog projektovanja izgradnje mostova, gde se jednim projektom mosta rešava izgradnja 19 mostova.

Žeželjev doprinos se nadovezuje na Milankovićev. Naime, Žeželj započinje karijeru sa izgradnjom armirano betonskih mostova, koji su u njegovo vreme bili građevine koje se izvode rutinski. Međutim, Žeželj već tada pokazuje karakter odvažnog građevinca prihvatanjem rizika izvođenja prvih montažnih nosača od armiranog betona na mostu preko Bosuta. U želji da pomogne brzu izgradnju zemlje razrušene tokom Drugog svetskog rata, Žeželj ubrzo prihvata mnogo veći izazov od prethodnog, a to je uvođenje i razvijanje domaćeg sistema prednapreznog betona. Tako Žeželj postaje jedan od svetskih pionira u ovoj oblasti koji „je, tokom vremena, razvio celokupnu tehniku projektovanja i građenja prednapregnutog betona koja je danas predmet opšteg znanja naših građevinskih inženjera“, /10/. Značaj ovog poduhvata je utoliko veći što je Žeželj morao da se izbori sa brojnim preprekama i problemima poput ograničenosti domaće građevinske operative, ograničenja u pogledu kvaliteta čelika za prednapreznje na domaćem tržištu, kao i otpora konzervativnih inženjera. Žeželj stasava kao pronalazač, naučnik i istraživač kroz rukovođenje „naučnoistraživačkim projektima u gotovo svim oblastima armiranih i prethodno napregnutih konstrukcija“, /10/, u okviru kojih se rešavaju konkretni, često vrlo složeni problemi, koji su se javljali kod izgradnje velikih objekata“ jer „se nije išlo uhodanim putevima, pa je svaka novina samim tim morala biti iscrpno teoretski proverena i potvrđena“, /13/. Žeželj je otelovljenje maestralnog graditeljstva na svim poljima primene prednapregnutog betona kojoj je posvetio život, a koje je proisteklo iz naučnoistraživačkih aktivnosti i inženjerskih veština. Od mostova i hala izuzetnih raspona i lepote, preko objekata visokogradnje, nuklearnih reaktora i hidrotehničkih objekata, do betonskih dalekovoda, železničkih pragova i vinogradarskih stubova koje je obuhvatio u svojim patentima. Međutim, njegova najveća zasluga je stvaranje domaće škole graditeljstva i osposobljavanje budućih naraštaja građevinskih inženjera za nove izazove.

Milanković i Žeželj su bili aktivni građevinski inženjeri skoro do poslednjeg daha. Tako se Žeželj, poput Milankovića sa sistemom „Milanković-Krojc“, proslavlja sa sistemom „IMS-Žeželj“ u visokogradnji, pri čemu je ključni element oba sistema betonska tavanica, s tim da je Milankovićeva tavanica od armiranog betona, a Žeželjeva je od prednapregnutog betona. Milanković kruniše svoj doprinos građevinarstvu radom u oblasti visokogradnje u isto vreme kada se Žeželj proslavlja sa patentima u toj oblasti. Naime, Milankovićovo delo *Vavilonski toranj moderne tehnike*, koje je objavljeno dve godine pred njegovu smrt, jedinstveno je po tome što je reč o poduhvatu „najveće moguće betonske zgrade na svetu“, /9/. Ovim delom Milanković „doseže vrhunce teorijskih mogućnosti građevinskog inženjerstva“, /9/, i zaokružuje svoj doprinos građevinarstvu, koji je započeo doktorskom tezom *Prilog teoriji krivih pritiska*, koja

Milanković i Žeželj su bili aktivni građevinski inženjeri skoro do poslednjeg daha. Tako se Žeželj, poput Milankovića sa sistemom „Milanković-Krojc“, proslavlja sa sistemom „IMS-Žeželj“ u visokogradnji, pri čemu je ključni element oba sistema betonska tavanica, s tim da je Milankovićeva tavanica od armiranog betona, a Žeželjeva je od prednapregnutog betona. Milanković kruniše svoj doprinos građevinarstvu radom u oblasti visokogradnje u isto vreme kada se Žeželj proslavlja sa patentima u toj oblasti. Naime, Milankovićovo delo *Vavilonski toranj moderne tehnike*, koje je objavljeno dve godine pred njegovu smrt, jedinstveno je po tome što je reč o poduhvatu „najveće moguće betonske zgrade na svetu“, /9/. Ovim delom Milanković „doseže vrhunce teorijskih mogućnosti građevinskog inženjerstva“, /9/, i zaokružuje svoj doprinos građevinarstvu, koji je započeo doktorskom tezom *Prilog teoriji krivih pritiska*, koja

je proistekla iz prvih projekata mostova tokom studija u Beču. Kod Žeželja se tokom inženjerske karijere takođe prepliću mostogradnja i visokogradnja. Iako se Žeželjevo ime najviše vezuje za sistem gradnje stambenih i javnih objekata od prednapregnutog betona „IMS-Žeželj“, koji je primenjen širom sveta, mostogradnja je bila i ostala „njegovu osnovno životno opredeljenje“, /11/. Žeželj je svoj doprinos građevinarstvu započeo i završio doprinosom u oblasti mostogradnje, koji je krunisao patentom za *Postupak za betoniranje lučnih mostova bez skela*, a koji je prijavio godinu dana pred smrt.

Premošćavanje, visokogradnja, kročenje betona kroz preplitanje egzaktne nauke i inženjerstva, podjednaka strast za ceo opseg graditeljskih poslova, brižljivo biranje saradnika, odvažnost i originalnost u primeni tehnologije gradnje su zajedničke karakteristike Žeželjevih i Milankovićevih doprinosa. Njihova dostignuća i delovanje su se nadovezivali i preplitali stvarajući neprekidni niz kako kroz praktičan, tako i kroz naučni doprinos, kojim su uzdigli srpsko graditeljstvo i neimare.

Tabela 2. Prikaz patenata Branka Žeželja.

Datum prijave	Originalni naziv pronalaska/ Naziv pronalaska na srpskom j.	Broj patenta	Oblast primene	Napomena
24.9.1950.	Oprema za zatezanje i ukotvljenje čeličnih žica kod izrade građevinskih elemenata od prednapregnutog betona	PS 34	Oprema za prednaprezanje	Pronalazačko svedočanstvo ¹³ za Žeželj Branka
13.2.1953.	Postupak za upredanje čeličnih žica za izradu građevinskih elemenata od prednapregnutog betona	PS 165	Postupak za prednaprezanje	Pronalazačko svedočanstvo za Žeželj Branka, Popadić Svetozara i Rajić Čedomira
31.1.1956.	Oprema za zatezanje i ukotvljenje čeličnih žica kod izrade građevinskih elemenata od prednapregnutog betona	YU21796 B	Oprema za prednaprezanje	Pronalazak Žeželj Branka
30.8.1956.	Postupak za proizvodnju lakih građevinskih ploča sa prednapregnutim umetcima	YU 20876 B	Izrada krovnih i međuspratnih konstrukcija - primarni element konstrukcije sistema industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada (IMS, Žeželj)	Pronalazak Žeželj Branka
16.8.1957.	<i>Pressenaggregat zum Spannen und Verankern der Stahlkräfte von Spannbetonbauteilen</i> / Oprema za zatezanje i ukotvljenje čeličnih žica kod izrade građevinskih elemenata od prednapregnutog betona	DE 1248271B	Oprema za prednaprezanje	Pronalazak Žeželj Branka
25.3.1958.	Montažna skeletna konstrukcija od prednapregnutog betona	YU 22984 B	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka
3.7.1958.	<i>Vorrichtung zum Spannen und Verankern der Stahlkräfte an Bauteilen aus Spannbeton</i> / Uređaj za zatezanje i ukotvljenje čeličnih žica za elemenata od prednapregnutog betona	AT 215648 B	Oprema za prednaprezanje	Priznat prioritet YU prijave podnete 13.7.1957. Pronalazak Žeželj Branka
18.3.1959.	Tavanica od betonskih montažnih rebara	YU22985 B	Izrada tavanica - primarni element konstrukcije sistema IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka
6.5.1959.	Priboj u vidu nepropustljive betonske zavese	YU 23553 B	Kod građevinskih i hidrograđevinskih objekata	Pronalazak Žeželj Branka
29.8.1960.	Μησανισμός εφελκούσεως και προσδέσεως καλυβδίων συρμάτων κατά την παραγωγήν προεφελκυσμένων στοιχείων σκυροδέματος/ Oprema za zatezanje i ukotvljenje čeličnih žica kod izrade građevinskih elemenata od prednapregnutog betona	GR 21176 B	Oprema za prednaprezanje	Pronalazak Žeželj Branka
18.1.1961.	Uređaj za prednaprezanje čeličnih žica kod konstrukcija od prednapregnutog betona	YU 24581 B	Oprema za prednaprezanje	Pronalazak Žeželj Branka
30.1.1961.	Uređaj za elastičnu vezu šine za železnički prag od betona	YU25412 B	Izrada železničkih pragova	Pronalazak Žeželj Branka
2.2.1961.	Poboljšana kotva za ukotvljavanje čeličnih žica kod prednaprezanja betonskih elemenata	YU 23833 B	Oprema za prednaprezanje	Pronalazak Žeželj Branka
28.11.1962.	Uređaj za ukotvljenje čeličnih žica kod prednaprezanja betonskih elemenata	YU 26824 B	Oprema za prednaprezanje	Pronalazak Žeželj Branka
7.12.1962.	Prefabrikovana skeletna konstrukcija od prednapregnutog betona	YU 25452 B	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka

¹³ Videti 2. fusnotu

Datum prijave	Originalni naziv pronalaska/ Naziv pronalaska na srpskom j.	Broj patenta	Oblast primene	Napomena
21.2.1963.	<i>Verankerung für Vorspannstahlkräfte von Betonbauelementen/</i> Kotva za prednapre-zanje čeličnih žica betonske konstrukcije	AT 257891 B	Oprema za prednapre-zanje	Pronalazak Žeželj Branka
3.4.1963.	<i>Skelettbaukonstruktion aus vorgespannten Betonfertigteilen/</i> Montažna skeletna konstrukcija od prednapregnutog betona	AT 248070 B	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Analog patenta YU 25452 B
19.7.1963	<i>Vorgefertigte Montage-Skelett-Baukonstruktion aus vorgespanntem Beton/</i> Prefabrikovana skeletna konstrukcija od prednapregnutog betona	DE 1299838B	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Analog patenta YU 25452 B
31.7.1964.	Postupak za betoniranje grednih mostova bez upotrebe skele	YU 26996 B	Mostogradnja	Pronalazak Žeželj Branka Nosilac patenta Institut za ispitivanje materijala SR Srbije
4.5.1965.	<i>Prefabrikert monterings ferdig bygge konstruksjon av forspent tetong/</i> Prefabrikovana skeletna konstrukcija od prednapregnutog betona	NO 116386 B	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka
11.5.1965.	<i>Esijännitetystä betonista esivalmistettu rakennuksen runko/</i> Prefabrikovana skeletna konstrukcija od prednapregnutog betona	FI 47918 B. C	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka
8.6.1966.	Konstrukcija toplotno zaštićenog reaktorskog suda pod pritiskom od prednapregnutog betona	YU 29002 B	Nuklearni reaktori	Pronalazak Žeželj Branka Nosilac patenta Institut za ispitivanje materijala SR Srbije
29.3.1967.	<i>Verankerung für Vorspannstahlkräfte von Betonbauelementen/</i> Uredaj za ukotvljenje čeličnih žica kod prednapre-zanja betonskih elemenata	CH 456105 A	Oprema za prednapre-zanje	Pronalazak Žeželj Branka
8.6.1967.	<i>Cuve de réacteur sous pression en béton précontraint isolée thermiquement/</i> Konstrukcija toplotno zaštićenog reaktorskog suda pod pritiskom od prednapregnutog betona	FR 1526536 A	Nuklearni reaktori	Analog patenta YU 29002 B
28.6.1967.	<i>Verfahren zum gerüstlosen Bau von Balkenbrücken aus Beton/</i> Postupak za izgradnju grednih mostova od betona bez upotrebe skele	AT 285664 B	Mostogradnja	Pronalazak Žeželj Branka
29.6.1967.	<i>Verfahren zur gerüstlosen Betonierung von Stahlbetonbrücken /</i> Postupak za izgradnju armirano betonskih mostova bez upotrebe skele	CH 498982 A	Mostogradnja	Pronalazak Žeželj Branka
10.7.1967.	Postupak za montažu lučnih mostova bez skela	YU 30637 B	Mostogradnja	Pronalazak Žeželj Branka Nosilac patenta Institut za ispitivanje materijala SR Srbije
28.6.1968.	Postupak za proizvodnju okruglih betonskih stubova	YU 29494 B	Betonski dalekovodi – prenos električne energije	Pronalazak Žeželj Branka i Žeželj Dušana
20.3.1972.	Skeletna montažna prostorno monolitna konstrukcija	YU 33492 B	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka Nosilac patenta Institut za ispitivanje materijala SR Srbije
12.7.1973.	Vertikalni elementi skeletne konstrukcije	YU 33493 B	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka Nosilac patenta Institut za ispitivanje materijala SR Srbije
4.9.1973.	<i>Eljaras eloregyartott vasbeton elemekbol keszult monolitikus vazszerkezet eloallitasara/</i> Postupak izgradnje skeletne konstrukcije od prefabrikovanih betonskih elemenata	HU 200528 B	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka Nosilac patenta Institut za ispitivanje materijala SR Srbije
9.7.1974.	<i>Precast skeleton spatial monolithic structure/</i> Skeletna montažna prostorno monolitna konstrukcija	US 4065897A	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka
31.10.1979	Konstrukcija tavanice od prednapregnutog betona	YU 43911 B	Izrada tavanica - primarni element konstrukcije sistema IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka
4.11.1980.	Međuspratna konstrukcija sa zvučnom i toplotnom zaštitom	YU 44319 B	Izrada međuspratne konstrukcije - primarni element konstrukcije sistema IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka

Datum prijave	Originalni naziv pronalaska/ Naziv pronalaska na srpskom j.	Broj patenta	Oblast primene	Napomena
4.11.1980.	Hidraulički uređaj za zatezanje čeličnih žica i užadi	YU 42540 B	Oprema za prednaprezanje	Pronalazak Žeželj Branka
28.6.1982.	Kalup sa stazom za livenje i prednaprezanje betonskih elemenata promenljivih dužina naročito vinogradarskih podupirača	YU 44730 B	Vinogradarski stubovi	Pronalazak Žeželj Branka
24.6.1983.	Kalup za dobijanje koničnih šupljih vibriranih betonskih elemenata	YU 44976 B	Deo opreme sistema za prednapre-zanje	Pronalazak Žeželj Branka
7.5.1986.	<i>Struttura di solaio precompresso composto da solette prefabbricate e procedimento per l'esecuzione di una struttura intelaiata portante i solai/</i> Konstrukcija od prednapregnutih prefabrikovanih međuspratnih ploča i način izvođenja skeletne konstrukcije sa nosačima ploča	IT 1188664 B	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka
15.5.1986.	Konstrukcija horizontalno nosećih zidova omotača	YU 45781 B	Sistem industrijskog građenja stambenih i drugih zgrada poznat pod nazivom IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka
26.2.1987.	Konstrukcija upuštenog ukotvljenja prednapregnutih kablova	YU 45403 B	Oprema za prednaprezanje	Pronalazak Žeželj Branka
27.6.1988.	Konstrukcija sandučaste tavanice	YU 47285 B	Izrada tavanica - primarni element konstrukcije sistema IMS - Žeželj	Pronalazak Žeželj Branka
22.11.1990.	Postupak konzolnog betoniranja mostova	YU 47647 B	Mostogradnja	Pronalazak Žeželj Branka
26.4.1994.	Postupak za betoniranje lučnih mostova bez skela	YU 48888 B	Mostogradnja	Pronalazak Žeželj Branka i Žeželj Sanje

LITERATURA

- Dadić, Ž., Ruđer Bošković, Zagreb, Školska knjiga, 1987.
- Foce, F. (2007), *Milankovitch's Theorie der Druckkurven: Good mechanics for masonry architecture*, Nexus Network Journal, 9(2):185-210.
- Jevtić, M. (1995), Branko Žeželj, iz *Dvadeset godina – dvadeset razgovora*, Beograd: RTS, str. 68-89.
- Hajdin, R. (2014), *Ruđer Bošković: Začetnik modernog građevinskog inženjerstva*, iz Knežević, Z. (ur.): Trista godina od rođenja Ruđera Boškovića, Beograd, SANU, Astronomska opservatorija, str. 33-43.
- Milanković, M., Uspomene doživljaji i saznanja: Detinjstvo i mladost (1879-1909), Beograd: SANU, 1979.
- Milanković, M., *Prvi armirano-betonski mostovi u predratnoj Srbiji*, iz N. Pantić i A. Petrović (ur.): Spisi iz istorije nauke/ Milutin Milanković, Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 1997.
- Milanković, M., Ruđer Bošković, iz D. Stefanović, (ured.), Članci govori, prepiska/Milutin Milanković, Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 1997.
- Muravljev, M. (2010), *Branko Žeželj - Stvaralaštvo inženjera i naučnika*, iz Z. Popović i G. Petrović (ur.): Istraživanja, projekti i realizacije u graditeljstvu, Međunarodni naučno-stručni skup povodom stogodišnjice rođenja Branka Žeželja člana SANU, Beograd: Institut IMS, str.7-39.
- Petrović, A., Ciklusi i zapisi: Opus solis Milutina Milankovića, Beograd: SANU, 2009.
- Petrović, B., *Branko Žeželj*, iz V. Đorđević (ur.), Život i delo srpskih naučnika, Knjiga 10, Beograd: SANU, 2005, str. 187-235.

- Vojinović, B., *Moji susreti sa Brankom Žeželjom*, dostupno na: <http://www.zis.gov.rs/prava-is/patenti/> (februar 2017.)
- Zavod za intelektualnu svojinu, *95 godina zaštite intelektualne svojine u Srbiji*, Beograd: Colorgrafx, dostupno na: http://www.zis.gov.rs/upload/documents/pdf_sr/pdf/95_godina_ZIS/monografija_ekspoziti%20izlozbe.pdf (februar 2017. godine).
- Žeželj, B., *Doprinosi Instituta razvoju nauke i proizvodnje*, iz M. Maksimović (ur.), Institut za ispitivanje materijala SR Srbije - 20 godina rada (1948-1968), Beograd: Institut za ispitivanje materijala SR Srbije, 1968, str.11-22.

E-IZVORI

- <http://antiquorum-habet.senato.it/>
<http://digitalna.nsk.hr/>
<https://mininglibrarytreasures.wordpress.com>
<https://nadgradnja.wordpress.com>
<https://sr.wikipedia.org/wiki/>
<https://www.industrija.rs/>
<http://www.putevi-srbije.rs/>
<http://www.zis.gov.rs/>

© 2017 The Author. Structural Integrity and Life, Published by DIVK (The Society for Structural Integrity and Life 'Prof. Dr Stojan Sedmak') (<http://divk.inovacionicentar.rs/ivk/home.html>). This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)