

## **PREDMET**

### **ČELIČNE KONSTRUKCIJE I**

Semestar: V  
Fond časova: 2+2  
Kredita: 5

Nastavnik: Prof.dr Duško Lučić  
Saradnici: Mr Petar Subotić

U sljedećem semestru i na Modulu 1 – Konstrukcije i na Modulu 2 – Infrastrukture, imaćemo predmet:

#### **Čelične konstrukcije II,**

Sa fondom časova 2+2.

Na Master studijama, na studijskom programu Građevinarstvo - konstrukcije, na I godini studija, unaprijeđuje se znanje iz ove oblasti kroz tri predmeta:

#### **Projektovanje i građenje čeličnih konstrukcija Spregnute konstrukcije Čelične konstrukcije inženjerskih objekata**

Na II godini master studija na Modulu 2 - Čelične, spregnute i drvene konstrukcije, više predmeta je vezano za ovu oblast.

#### ***Informacija za studente - KOMENTAR***

(Pogledati Informaciju za studente koja se daje u prilogu)

## UVOD

### KONSTRUKCIJA?

- Konstrukcija je element ili skup elemenata koji mogu da nose određeno opterećenje. Ili malo preciznije, koji mogu da prihvate, izdrže i prenesu na oslonce određeno opterećenje.
- Ako ovako definišemo konstrukciju, onda je konstrukcija praktično sve što vidimo, sve što nas okružuje. Primjeri: prozor, stolica, olovka, međuspratna ploča iznad nas...

### GRAĐEVINSKA KONSTRUKCIJA

#### ČELIČNA KONSTRUKCIJA

- Građevinska konstrukcija? .... Mogu biti: čelične, spregnute, betonske, armirano betonske, prethodnonapregnute, drvene, kamene, aluminijumske...
- U ovom predmetu izučavamo čelične konstrukcije koje u građevinarstvu imaju veoma široku primjenu.

#### MATERIJAL: ČELIK (Istorijat, upotreba u građevinarstvu)

- Čelik koji se danas upotrebljava u građevinarstvu je najpoznatija legura željeza (Fe).
- Najstarija legura koja je napravljena od željeza je gvožđe. Za gvožđe se zna već više od 5000 g. Nije utvrđeno kako je čovjek uspio da napravi gvožđe. U prirodi se željezo ne može naći slobodno (osim u slučajevima kada stigne na zemlju u meteoritima). Uglavnom se nalazi u rudama: ferit, magnetit, hematit, limonit i pirit.

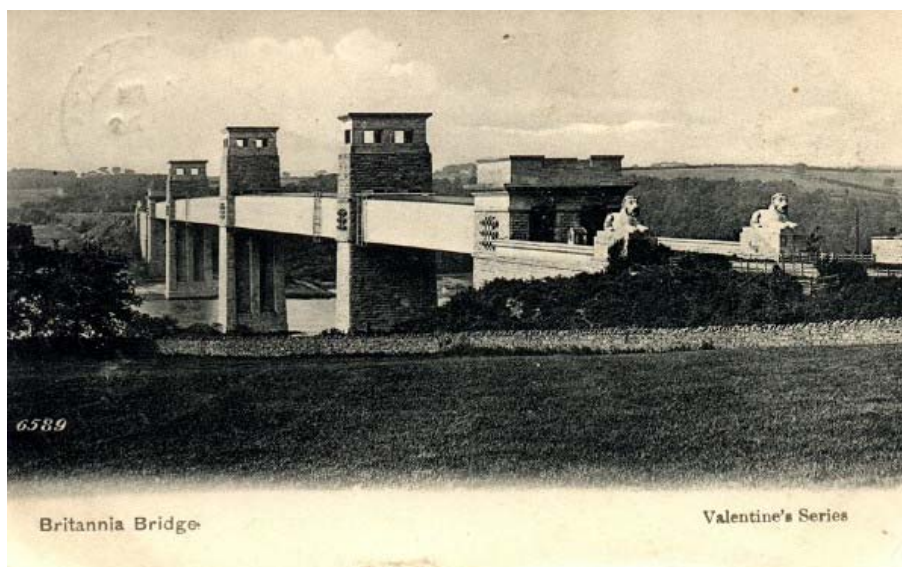
- Pronalaskom dobijanja sirovog gvožđa pomoću koksa u visokim pećima 1735. g. omogućena je veća proizvodnja sirovog gvožđa, a time i njegova široka primjena.
- Dok nije zaživio ovaj postupak gvožđe je bilo veoma skup proizvod koji se koristio uglavnom za proizvodnju alata i oružja, dok je upotreba u građevinarstvu bila vrlo ograničena: spojna sredstva (ekseri, zavrtnjevi ili zakivci), razne zatege i sajle i spojevi ili nastavci elemenata drvenih konstrukcija. Međutim, po pronalasku visokih peći sirovo gvožđe postaje konkurentan građevinski materijal i počinje da se primjenjuje u građevinskim konstrukcijama kao osnovni noseći materijal.
- Prvi građevinski objekat sa nosećom konstrukcijom od gvožđa je most The Iron Bridge, preko rijeka Severn, u mjestu Coalbrookdale u Engleskoj, podignut u periodu od 1777-1779 (pušten je u saobraćaj 1781.g.). Izgradnjom je rukovodio Abraham Darby III.

*The Iron Bridge, Coalbrookdale, England*



- Lučni most raspona 30.5 m, sa strijelom od 13.7 m. Most se sastoji od pet segmentnih lukova na tri zgloba i na međusobnom rastojanju od 1.5 m. Lukovi su izliveni iz dvije polovine. U most je ugrađeno 378 t gvožđa. Most je i danas u upotrebi i služi za pješački saobraćaj.
- Prethodni pokušaj izrade mosta od livenog gvožđa u Francuskoj 1755. g. je propao jer se pokazalo da je postupak livenja konstruktivnih elemenata suviše skup.
- Pronalaskom parne mašine postupak dobijanja gvožđa postaje još efikasniji, jer se mašinama na parni pogon u peći uduvava prethodno zagrijani vazduh. Potom se 1784. g. razvija pudel-proces dobijanja varenog gvožđa, sa svojstvima veoma sličnim današnjem čeliku.
- Svojstva varenog gvožđa omogućila su konstruisanje smjelijih objekata tako da je 1850. g. napravljen most Britannia preko moreuza Menai Strait u Velsu. Dvokolosječni željeznički most raspona  $71.9 + 2 \times 141.7 + 71.9$  m. Dva odvojena sanduka kroz koje su prolazili vozovi.

*Most Britannia, Wales*





*Most Britannia, Wales - Današnji izgled*



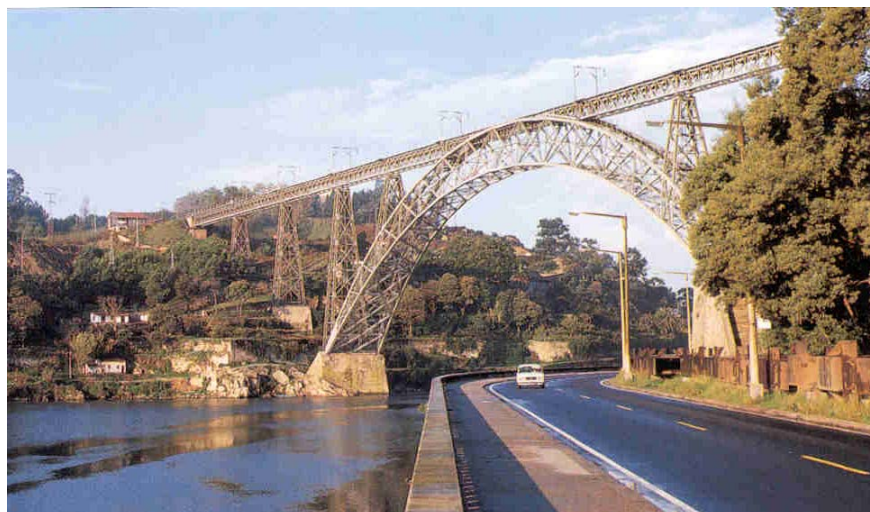
- Progres u gradnji konstrukcija od gvožđa zahtijevao je upotrebu elemenata sa poprečnim presjecima racionalnim u pogledu težine, a sa što većom nosivošću. Godine 1839. dolazi do pojave prvih profila. Francuski inženjer Charles Ferdinand Zores je uspio da izvalja prvi I profil, a potom i U profil.
- Pronalazak topljenog čelika vezuje se za godinu 1855. i postupak poznat kao Besemeroov postupak.
- Drumsko željeznički most Sent Luis (Eads Bridge) preko rijeke Misisipi, dužine 1964 m, sa rasponom najvećeg luka od 158 m, povezuje gradove St.Louis, Missouri i East St.Louis, Illinois, građen od 1867. do 1874.g., prvi je značajni most napravljen od čelika. Projektovao ga je i gradio američki inženjer James Eads.

*Most Sent Louis, East St.Louis, Illinois, USA*



- Pia Maria Most, preko rijeke Douro, u Portu, Portugalija. Remek djelo Gustave Eiffel-a, sa rasponom luka od 160.0 m. Završen je 1877. i urađen je od kovanog gvožđa.

*Pia Maria Bridge, Porto, Portugal*



- Uvođenje Simens-Martinovog postupka, a naročito Tomasovog postupka, omogućilo je, poslije 1880., masovnu proizvodnju topljenog čelika dobrog kvaliteta, koji je i danas u upotrebi.
- U New Yorku je 1883. završen Brooklin Bridge preko East River sa rasponom od 486.0 m.

*Brooklin Bridge, New York, USA*



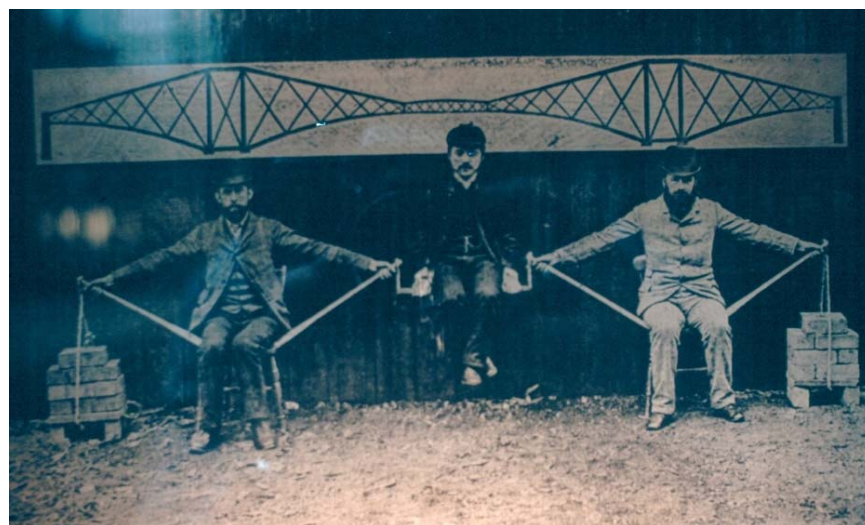


- Monumentalni Forth Bridge preko moreuza Firth of Forth, željeznički most u blizini Edinburga u Škotskoj, sa rasponom  $210.0 + 2 \times 521.2 + 210.0$  m. Građen je u periodu od 1882. do 1890. g.

*Forth Bridge, Edinburgh, Scotland*



*Forth Bridge – Konstruktivni sistem - Ideja*



- Najraniji početci primjene čeličnih konstrukcija u građevinarstvu vezuju se uglavnom za mostogradnju, međutim paralelno se gvožđe i čelik upotrebljavaju i u konstruisanju ostalih građevinskih objekata. Snažan zamah u izgradnji zgrada dešava se početkom dvadesetog vijeka, naročito u SAD.

- U New York-u je 1931. završena Empire State Building, visine 381.0 m, sa 102 sprata i preko 50 000 tona ugrađenog čelika. Bila je preko 40 godina najviša zgrada na svijetu.

*Empire State Building, New York, USA*



- Godina 1881. se vezuje za početak elektrolučnog zavarivanja, međutim tek 1928. se ovaj postupak počinje primjenjivati u građevinarstvu. Najveći razvoj ovog postupka desio se za vrijeme drugog svjetskog rata. Danas je ovo nezamjenjiv postupak spajanja konstruktivnih elemenata i znatno je doprinio da čelične konstrukcije postanu još lakše i racionalnije.

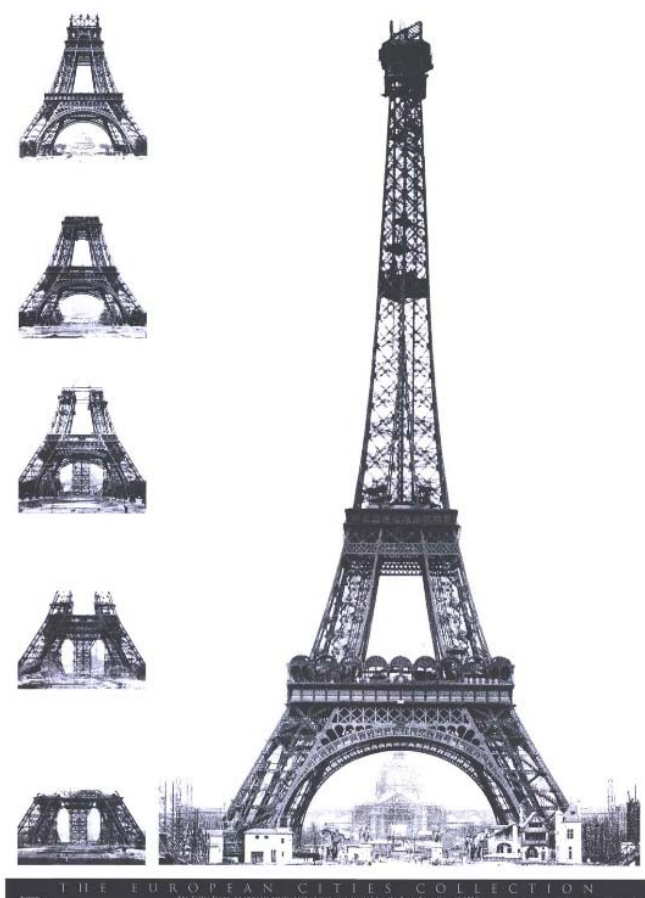


## PRIMJENA ČELIKA U GRAĐEVINARSTVU

- Čelik se kao noseći materijal primjenjuje za izgradnju:  
  
mostova, zgrada visoke spratnosti, garaža, industrijskih hala, hangara, izložbenih dvorana, sportskih dvorana, stadiona, rezervoara, silosa, vodotornjeva, antenskih stubova, stubova dalekovoda, dimnjaka, ustava na branama hidroelektrana, cjevovoda, off shore platformi, vjetrenjača...
- Na sljedećim slajdovima prikazuje se nekoliko poznatih objekata izgrađenih sa čelikom kao osnovnim nosećim konstruktivnim materijalom.

Ajfelova kula, najčuvenije djelo Gustave Eiffel-a urađena u periodu od 1887.-1889., 301 m visoka kula izrađena u čast Evropske izložbe koja je održana u Parizu.

*Eiffel Tower, Paris, France*

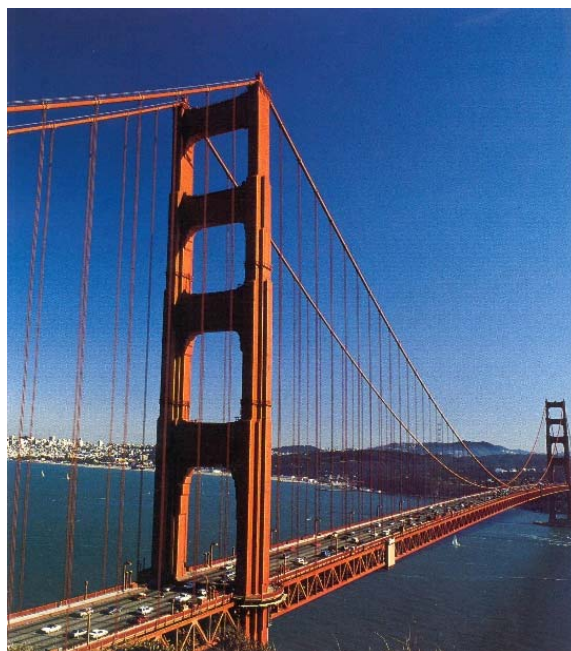




CONSTRUCTION DE LA TOUR EIFFEL.1887-1889

Most Golden Gate. Vjerovatno najčuvaniji most svih vremena, sa rasponom između pilona od 1282 m i pilonima visokim 227 m, nalazi se na ulazu u San Francisko zaliv. Građen je u periodu 1933.-1937., po projektu inženjera Joseph B. Strauss-a.

*Golden Gate Bridge, San Francisko, USA*





Dva, na žalost po katastrofi, čuvena nebodera. Srušeni 11. Septembra 2001.g. Visina kula je bila 417 m. Završene su 1972. i 1973. godine. Kada su izgrađene bile su najviše zgrade na svijetu.

*World Trade Centar (Twins Towers), New York, USA*





1915 Çana Kale Bridge (Dardaneli Bridge), Turska. Ukupna dužina mosta je 3563.0 m (zajedno sa prilaznim vijaduktima 4608.0 m). Raspon između pilona 2023.0 m, sa širinom kolovoza od 45.06 m i pilonima visokim 334.0 m. Konstrukcija je od čelika. Most danas drži svjetski rekord u pogledu raspona. Građen je u periodu 2017.-2022.

*1915 Çanakkale Bridge, Dardanelles Strait, Çanakkale Province, Turkey*



Akashi-Kaikyo Bridge, Kobe, Japan. Ukupna dužina mosta 3910.0 m. Raspon između pilona 1990.0 m, sa širinom kolovoza od 35.5 m i pilonima visokim 297.2 m. Građen je u periodu 1988.-1998. U periodu od 1998. do 2022. držao je svjetski rekord u rasponu.

*Akashi-Kaikyo Bridge, Cobe, Japan*



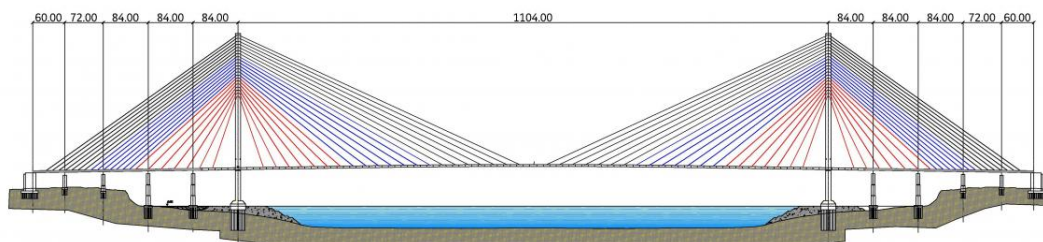
Great Belt East Bridge. Dio 18 km dugog spoja između dva najveća danska ostrva Zealand i Funen premošćuje kanal Great Belt. Kada je pušten u saobraćaj 1996., sa rasponom između pilona od 1624 m, bio je svjetski rekord u rasponu. Danas je most sa najvećim rasponom u Evropi. Kuriozitet je da su piloni visine 254 m najviše tačke u cijeloj Danskoj.

*Great Belt East Bridge, Danmark*



Rusky Bridge. Nalazi se u Vladivostoku, Primorsky Krai, Rusija. Najduži most sa kosim kablovima na svijetu. Centralni raspon između pilona je 1,104 m. Visina pilona 321 m. Ukupna dužina mosta je 3,100 m i širina 29.5 m. Pušten je u saobraćaj 2012.g.

*Rusky Bridge, Vladivostok, Russia*





Tatara Bridge, Hirošima, Japan. Od 1999. do 2008. g. najveći most sa kosim kablovima, sa rasponom 890 m i pilonima visokim 226 m. Sva konstrukcija je u čeliku.

*Tatara Bridge, Hiroshima, Japan*



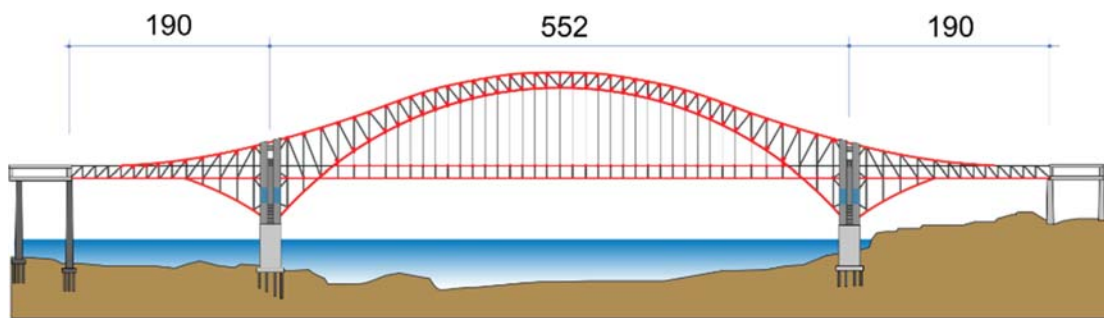
Most sa kosim kablovima na Oresund Link-u, objektu koji povezuje Švedsku i Dansku.

*Oresund Link, Denmark-Sweden*



Chaotianmen Changjiang Bridge, Nan'an u Kini, ukupne dužine 1.741 m. Raspon luka je 552 m, sa visinom 142 m. Premošćuje rijeku Jangce. Završen je 2009.g. Danas ima najveći raspon luka na svijetu.

*Chaotianmen Bridge, Nan'an, China*



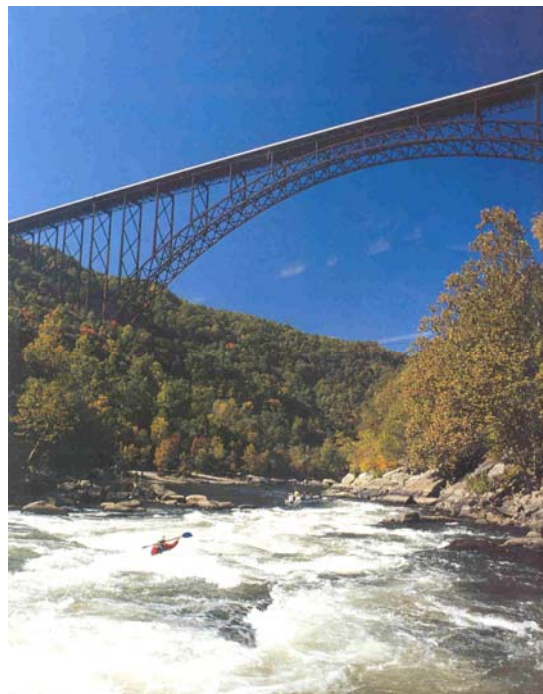
Lupu Arch Bridge. Lučni most sa rasponom luka od 550 m. Nalazi se u Šangaju, Kina. Završen 2003.g.

*Lupu Arch Bridge, Shanghai, China*



New River Gorge Bridge završen 1978 u West Virginia, sa rasponom od 518 m, uzdiže se 267 m iznad rijeke.

*New River Gorge Bridge, Fayetteville, West Virginia, USA*





Bayonne (Bejon) Bridge, građen od 1928 do 1931, pod rukovodstvom čuvenog inženjera Othmar Ammann-a. Povezuje Bayonne (New Jersey) i Staten Island (New York). Dugo godina svjetski rekord u rasponu među lučnim mostovima. I danas je na visokom četvrtom mjestu sa 510.5 m raspona.

*Bayonne Bridge, New Jersey, USA*



Ulaz u Sidnejsku luku sa jednim od najpoznatijih lučnih mostova na svijetu i pogledom na krovove čuvene Sidney Opera House. Građen je od 1923. do 1932. godine. Raspon luka je 502 m.

*Sidney Harbor Bridge, Sidney, Australia*



Željeznički most na Maloj Rijeci na pruzi Beograd-Bar. Dužina mosta je 500 m, a niveleta se nalazi 200 m iznad nivoa rijeke. Dugo godina najviši most na svijetu. Građen je u periodu od 1968. do 1973. godine.

*Most na Maloj Rijeci, Crna Gora*





30 St Mary Axe ili Londonski obelisk, zgrada visoka 180 m, 41 sprat, urađena od 2000-2004, po projektu Normana Fostera.

*30 St Mary Axe, London, England*



John Hancock Centar u Chicagu, završen 1970. godine, 100 spratova i 344 m visine.

*John Hancock, Chikago, USA*







Willis (bivša Sears) Tower, Chikago, SAD, svojevremeno najveća zgrada na svijetu (443 m, sa antenom 520 m), sa 109 spratova, završena je 1974.

*Willis Tower, Chikago, USA*



*Petronas Twins Towers, Kuala Lumpur, Malaysia. 387 m.*



Taipei 101 u Tajvanu, rađena od 2003-2004, 101 sprat, 448 m visina krova i 508 m vrh. Do 2010. najviša zgrada na svijetu.

*Taipei 101, Taipei, Taiwan*



Shanghai tower je 632 m visok neboder, sa 128 spratova. Danas je druga najviša zgrada na svijetu. U osnovi se uvrće prema vrhu za 120°. Građena je od 2009. do 2015. godine. Urađena je kao spregnuta konstrukcija sa kombinacijom armirano betonskog jezgra i čelične konstrukcije.

*Shanghai tower, Shanghai, China*



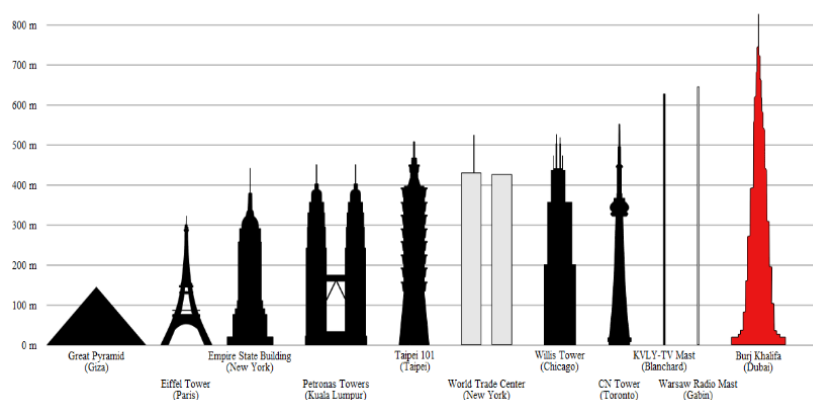


Burj Khalifa u Dubai-u, Ujedinjeni Arapski Emirati, je danas najviša zgrada na svijetu. Visina vrha zgrade je 829,8 m, sa 163 sprata. Građena od 2004. do 2009. godine, a zvanično je otvorena januara 2010. godine. Urađena je kao spregnuta konstrukcija sa kombinacijom armirano betonskog jezgra i čelične konstrukcije. Izgradnja je koštala 1,5 milijardi dolara.

*Burj Khalifa, Dubai, UAE*



Poznate građevine poredane po apsolutnoj visini



Millenium Dome, London. Impozantna šatorska konstrukcija prečnika 400 m, koja pokriva 80 000 m<sup>2</sup> (16 fudbalskih terena), urađena je za potrebe Milenijumske izložbe 2000. g. u Londonu.

*Millenium Dome, London, England*



Stade de France. Remek djelo modernog konstrukterstva i arhitekture. Pokriva 62 000 m<sup>2</sup>.

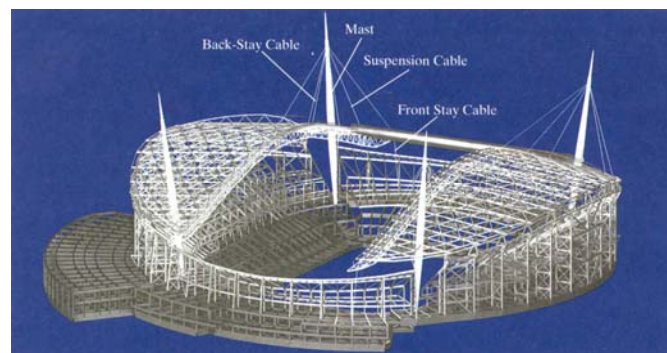
*Stade de France, Paris, France*





Toyota Stadion, Toyota City, Japan. Urađen u čast 50 godišnjice osnivanja grada.  
Pokriva 40 000 m<sup>2</sup>.

*Toyota Stadion, Toyota City, Japan*





*Željeznička stanica, Holandija*



*Vjetrenjača i dalekovodni stub, Njemačka*



Dalekovodni stub i vjetrenjača, Njemačka. Vjetrenjača je visoka 117 m sa generatorom na vrhu teškim 63 t i elisom raspona 32 m.

**PREDAVANJE 01**

**Pitanja:**

1. Koja je najstarija legura napravljena od željeza?
2. Kako se zove prvi građevinski objekat sa nosećom konstrukcijom od gvožđa?
3. Kako se zove prvi značajni most napravljen od čelika?
4. U kom periodu se gradila Ajfelova kula?
5. U kom periodu se gradio most Golden Gate?