

UVOD U GRADITELJSTVO
3. i 4. PREDAVANJE

GRADITELJSKI POZIV I STRUKTURE U PRIRODI



3. GRADITELJSKI POZIV

- Graditelj pojedinac
- Sastavnice graditeljske djelatnosti
- Podjela graditeljstva
- Počeci školovanja u svijetu
- Počeci školovanja u Hrvatskoj
 - narodni preporod i osnutak inženjerskih udruga
 - razvoj srednjeg i visokog tehničkog školstva
- Građevinski fakultet u Zagrebu
 - povijest, istaknuti profesori i djelatnost fakulteta danas
- Veliki graditelji

3. GRADITELJSKI POZIV

- Graditeljska struka je nastajala i razvijala se prateći civilizacijski razvoj čovječanstva
- Graditelj je tvorac građevine
- Građevinu treba osmisliti, sagraditi i održavati
- Što je građevina složenija, to su graditeljski poslovi raznolikiji i interdisciplinarniji

3.1 Graditelj pojedinac

U počecima graditelj je pojedinac, osoba, potom skupina ljudi, a kasnije i više različitih struka.

- U svojem djelovanju on koristi uz svoje i iskustva drugih na koja se nadovezuje i nadopunjuje ih.
- osoba iznimne hrabrosti – svaki napredak iziskuje dodatni napor i skriva opasnosti.
- Bez proračunskih analiza napredak je bio posljedica iskustva, znanja i hrabrosti
- primjer: Mimar Hajrudin je prije izgradnje mosta u Mostaru dao napraviti isti objekt u mjerilu 1:4 (most "Kriva Čuprija") kako bi provjerio konstrukcijska načela

3.1 Graditelj pojedinac

- postoje tek zanatske škole čija je funkcija da prenose znanje s jedne generacije na drugu
- iako od najranijih početaka postoji relativno složena matematika, fizika, astronomija, u graditeljstvu se ne koriste analize zasnovane na tim znanostima
- analiziraju se tek proporcije i odnosi i na osnovu toga se izvlače zakoni estetike
- nisu analizirana djelovanja

3.1 Graditelj pojedinac

Usprkos ovakvom pristupu struci poznata su nam velebna djela ranih graditelja:

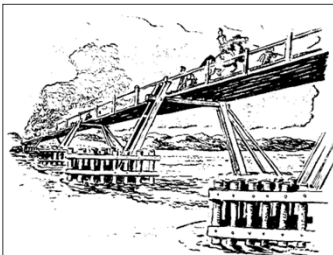
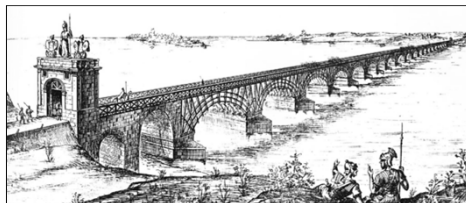
Oko 2550.g.pr.Kr. Imhotep – **PRVI DOKUMENTIRANI INŽENJER** – gradi poznatu stepenastu Piramidu Kralja Zosera kod Saqqaraha.



3.1 Graditelj pojedinac

Usprkos ovakvom pristupu struci poznata su nam velebna djela ranih graditelja:

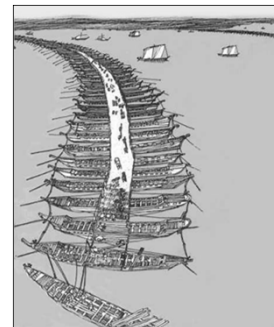
Trajanov most na Dunavu – Hadrijan kao nasljednik Trajana ga je dao srušiti jer se želio osvetiti ovome što je bio bolji graditelj



Cezarov most na Rajni – podignut za ratove u Galiji

3.1 Graditelj pojedinac

Usprkos ovakvom pristupu struci poznata su nam velebna djela ranih graditelja:



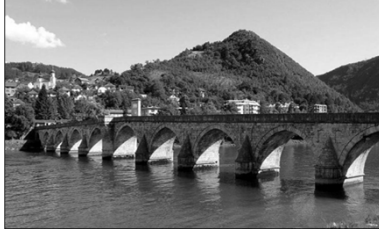
Pontonski most preko Helesponta (Dardanela) – Herodotov zapis govori da je graditelj Herpales koristio više od 300 lađa povezanih drvenim pomostom.

Most grada Rima - Pons Aelius (ili Ponte Sant'Angelo), sagrađen 136.g.pr.Kr., graditelj Messius Rustieus za vrijeme Hadrijana.



3.1 Graditelj pojedinac

Usprkos ovakvom pristupu struci poznata su nam velebna djela ranih graditelja:



kodža Mimar Sinan – gradi
Osječki most preko Drave i most
na Drini u Višegradu 1571.-
1577.g kojeg je u svom djelu Na
Drini Čuprija opisao Ivo Andrić

Njegov učenik, Mimar Hajrudin
gradi Mostarski most 1547.-
1556.g u čijoj su gradnji
sudjelovali dubrovački graditelji



3.1 Graditelj pojedinac

■ Vitruvius je bio prvi kroničar graditeljstva napisavši 10 knjiga o graditeljstvu pod nazivom "De Architectura"

■ objavljena je oko 1.g. u Rimu i danas nam služi kao uvid u graditeljsku edukaciju antičkih vremena

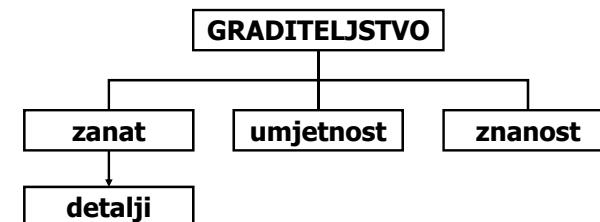


jedno od
današnjih izdanja
ovog djela

3.2 Sastavnice graditeljske djelatnosti

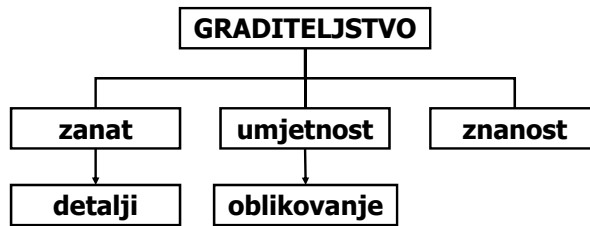


3.2 Sastavnice graditeljske djelatnosti



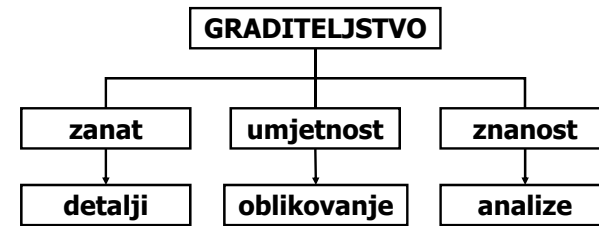
- u okviru ZANATA rješavamo probleme detalja vezanih uz građevinu,
- oni jako utječu na trajnost i funkcionalnost
- obuhvaćaju gomilu znanja iz prakse

3.2 Sastavnice graditeljske djelatnosti



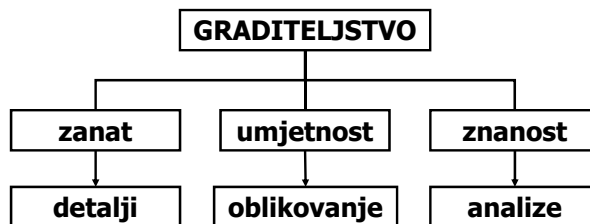
- UMJETNOST podrazumijeva oblikovanje, vizuru, sklad i red
- sve to građevina mora poštivati u odnosu na samu sebe, ali i u odnosu na prirodu koja je okružuje
- ljepota naravno ne dolazi sama od sebe
- ona zahtjeva promišljanje i projektiranje

3.2 Sastavnice graditeljske djelatnosti



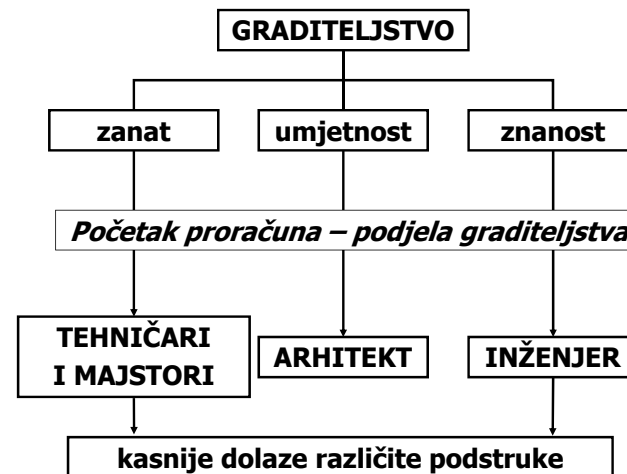
- ZNANOST obuhvaća analize, proračune, metodologije proučavanja novih materijala i vrsta konstrukcija
- osobito ostvarenje građevine sposobne da se odupre svim djelovanjima kojima će u svojem životnom vijeku biti izložena

3.2 Sastavnice graditeljske djelatnosti



= bujanje znanja
 ⇓
 PODJELA

3.3 Podjela graditeljstva



3.3 Podjela graditeljstva

Do takvog razvoja došlo je zbog čitavog niza razloga:

- količina znanja i iskustva u svim granama graditeljstva značajno je narasla kvantitativno i kvalitativno
- sve veći funkcionalni zahtjevi za građevine doveli su do uključivanja sve većeg broja znanstvenih i tehnoloških struka u građenje tako da su se granična područja u potpunosti integrirala, dok su marginalna područja postala granična s velikim utjecajem na donošenje odluka

3.3 Podjela graditeljstva

Do takvog razvoja došlo je zbog čitavog niza razloga:

- međudjelovanje i međuovisnost građevine i okoliša razvilo se od rubnog utjecaja do jedne od glavnih utjecajnih veličina tako da se društveni i sociološki odnosi moraju detaljnije i stručnije uzeti u obzir
- razrada pojedinih zadataka tog procesa oslanja se sve više na široki spektar specijalističkih postupaka uz primjenu raznih pomagala čija se puna djelotvornost može ostvariti samo specijaliziranim znanjima i dugotrajnom obukom.

3.4 Počeci školovanja u svijetu

Sredinom 18.st. dolazi do početka temeljite i sustavne naobrazbe graditeljskih stručnjaka.

- 1716.g. utemeljenje Odjela za mostove i ceste u Parizu:
CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES
- zadatak im je popravak i proširenje kraljevske mreže cesta
- tokom njihova rada uvidjelo se kako opća naobrazba koju nudi do tada jedina pariška tehnička škola (**ÉCOLE DE PARIS**) nije dovoljna za rješavanje specifičnih problema pa je odlukom Kraljevog Vijeća 1747.g. stvoren je poseban program izobrazbe državnih inženjera pod vodstvom Jean-Rodolphe Perronet-a – *prva posebna tehnička škola u svijetu.*

ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

3.4 Počeci školovanja u svijetu

ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

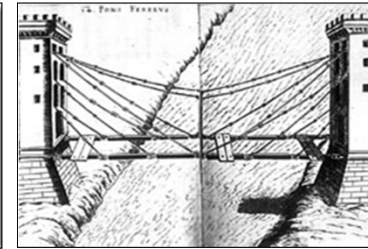
- nakon višetisućljetnog iskustvenog pristupa u graditeljstvu započinje znanstveni pristup proučavanja, analiziranja i proračuna nosivosti struktura na djelovanja kojima su izložena
- u početku škola nije imala učitelja već su stariji i iskusniji studenti bili tutori za mlađe – vladalo je dijeljenje znanja kao pedagoški princip
- u 19.st. uvode se učitelji i predavači, stvaraju se laboratoriji, broj studenata raste na 200 po godini
- graditeljska struka se tako počinje dijeliti na uža, specifičnija područja
- škola i danas postoji u Francuskoj gdje se školuje oko 1300 studenata u raznim područjima građevinarstva



3.4 Počeci školovanja u svijetu

- prvi put naziv "GRAĐEVINSKI INŽENJER" je upotrijebio JOHN SMEATON nazvavši se tako naspram dosadašnje titule "vojnog inženjera"
- tada započinje i ozbiljno pisanje knjiga, priručnika i ostalih djela iz područja graditeljstva:
- 1714.g. Hubert Gautier je objavio prvu knjigu o mostogradnji "Traite des Ponts" ("Rasprava o mostovima") u kojoj analizira antičke i suvremene mostove s poglavljima o gradivima, nosivim sustavima, temeljenju, načinu građenja...

3.5 Počeci školovanja u Hrvatskoj



Faust Vrančić
(1551. - 1617.)
najvažniji je
konstruktor i
tehnički pisac u
Hrvata na
prijelazu iz 16.
u 17. stoljeće

Priručnik Fausta Vrančića "Machinae novae" iz 1595.g.:

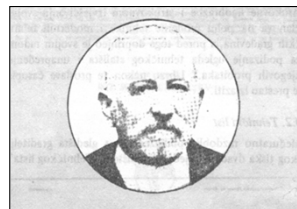
- Vrančićevi tehnički projekti pokazuju da je u nekim fizikalnim pitanjima blizak novoj fizici koja se sve više udaljavala od aristotelizma
- Projekti opisani u djelu su samo fenomenološki u nedostatku fizikalnih i tehničkih znanja potrebnih za konstrukcije, a do kojih se došlo tek u 18. stoljeću
- Vrančićevi projekti su bili daleko ispred svog vremena i nadmašivali su mogućnost svog ostvarenja
- prikaz ovješnog mosta originalna je Faustova zamisao

3.5 Počeci školovanja u Hrvatskoj

NARODNI PREPOROD

Potkraj 19.st. u sklopu svekolikog buđenja nacionalne svijesti, dolazi do osnivanja inženjerskih udruga i pokretanja stručnih glasila, a zatim i do osnivanja srednje i visokoškolskih graditeljskih obrazovnih institucija.

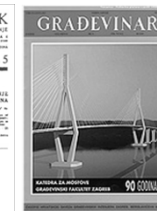
- do tada se Hrvati školuju po Beču, Pragu i Budimpešti
- 1878.g. je osnovan "Klub inženirah i arhitektah" u Zagrebu – to je preteča današnjeg "Hrvatskog inženjerskog saveza":
 - početno je brojila 83 člana
 - presudna uloga u rađanju i razvoju osnovnih institucija tehničke struke u Hrvatskoj
 - prvi predsjednik – ing. Kamil Bedeković (1839.-1915.)



3.5 Počeci školovanja u Hrvatskoj

... "Klub inženirah i arhitektah" u Zagrebu:

- izdaju glasilo "Viesti Kluba inženirah i arhitektah" – donosi vijesti o dometima graditeljske djelatnosti iz zemlje i svijeta
- ovo glasilo je tokom svoje povijesti mijenjalo nazive i održalo se sve do danas:
 - Inženjer (1913-1914)
 - Tehnički list (1919-1936)
 - Građevinski vjesnik (1932-1941)
 - Građevinar - pod tim naslovom izlazi od 1948. godine bez prekida kao mjesečnik sa 12 brojeva godišnje i nastavljač je bogate tradicije kontinuiranog izlaženja graditeljskih stručnih publikacija



Slika 41. Prva stranica Vijesti iz 1913. godine

3.5 Počeci školovanja u Hrvatskoj

- pokretanje srednjoškolskog graditeljskog obrazovanja krajem 19.st.:

■ Zemaljska obrtna škola u Zagrebu



■ unutar ove škole organizira se tečaj za obrazovanje graditelja i građevno - obrtnih poslovođa – jezgra i početak kasnijeg razgranatog srednjoškolskog obrazovanja graditelja

3.5 Počeci školovanja u Hrvatskoj

- osnutak visokoškolskog graditeljskog obrazovanja bio je dugotrajan i usporavan od strane tadašnjih državnih središta
- najviše napora za njegovim ostvarivanjem uložio je *Klub inženirah i arhitektah*:
 - 19. rujna 1891.g. se na izvanrednoj skupštini društva razmatra ta tema – predlaže se osnutak Visoke tehničke škole u sklopu postojećeg Sveučilišta u Zagrebu
 - 21. veljače 1898.g. na glavnoj skupštini društva jasno je formuliran i jednoglasno prihvaćen prijedlog o izradi dokumenta za ustrojenje "Inženirskog odjela visoke tehničke škole u Zagrebu" – dokument je izrađen i predan banu
 - 17. prosinca 1898.g. je na sjednici proračunskog odbora sabora kraljevinah Hrvatske i Slavonije iskazana potreba za ovakvom školom
 - slijede mnoga lobiranja izaslanstva Kluba u zemlji i inozemstvu
 - unatoč tim naporima, utemeljenje škole dugo nije uspijevalo

**Upornim radom Kluba, do osnutka Tehničke visoke škole u Zagrebu dolazi nakon 1. svjetskog rata –
10. prosinca 1918.g.**

3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu



POVIJEST:

- Studij građevinarstva započinje radom Tehničke visoke škole u Zagrebu 1. listopada 1919. godine
- Građevni odjel škole smjestio se na prvom katu preuređene zgrade bivše škole na Rooseveltovu trgu br. 6.
- 2. travnja 1919.g. imenovani su prvi profesori Tehničke visoke škole u Zagrebu:
ing. Milan Čalogović, ing. Jaroslav Havliček, arh. Milan Pilar
- Tehnička visoka škola prerasta 1926. godine u Tehnički fakultet u okviru Sveučilišta u Zagrebu
- Fakultet je 1940. godine preselio u novu zgradu u Kačićevoj ulici br. 26, gdje se nastava građevinarstva održava i danas
- Tehnički fakultet se 1956. godine dijeli u nekoliko fakulteta - među njima je i Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet koji se 1962. godine razdvaja u tri fakulteta i tako nastaje samostalni Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu



POVIJEST:

- Građevinski fakultet se 1977. godine udružuje s Institutom građevinarstva Hrvatske i djeluje kao Fakultet građevinskih znanosti u okviru novonastalog Građevinskog instituta Hrvatske
- iste godine u sastav fakulteta ulaze i dvije postojeće više građevinske škole, koje nastavljaju djelovanje kao studij građevinarstva za stjecanje više stručne spreme
- prestankom rada Građevinskog instituta 1. srpnja 1991. godine Građevinski fakultet ponovno djeluje kao samostalna ustanova u okviru Sveučilišta u Zagrebu
- 1948. uvodi se konstruktorski, prometni i hidrotehnički, a 1970. godine i organizacijsko- tehnološki smjer
- 1963.g. uvode se poslijediplomski studiji na Građevinskom fakultetu u Zagrebu – tako su stvoreni svi preduvjeti za sustavni znanstveni rad na području građevinarstva.
- od 1977. godine održava se studij organizacije građenja, kao mogućnost nastavka školovanja nakon završenog studija više spreme. Ovaj se studij postupno ukida 1988. godine.

3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu

ISTAKNUTI PROFESORI U POVIJESTI GRAĐEVINSKOG FAKULTETA:

- Prof. ing. Milan Čalogović (1878.-1945.)
 - diplomirao u Budimpešti 1900.g. i zaposlio se tamo kao pomoćni profesor za statiku i mostogradnju
 - imenovan kao prvi profesor Tehničke visoke škole u Zagrebu 2. travnja 1919.g.
 - na čelu Katedre za Mostove do početka 1943.g.
 - projektirao je:
 - most preko Velikog Struga
 - vodotoranj u Crikvenici
 - željeznička i lučka skladišta u Sušaku i Rijeci
 - most preko Gradne u Samoboru
 - kupolu i toranj Crkve Sv. Blaža u Zagrebu, itd.
 - autor prvog hrvatskog naputka za izvođenje konstrukcija od armiranog betona 1917.g., knjigu "Neutralna os" 1945.g., te razne članke u časopisima
 - član Međunarodnog društva za mostove i konstrukcije (IABSE), aktivno sudjeluje na kongresima u Beču, Parizu Münchenu



3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu

ISTAKNUTI PROFESORI U POVIJESTI GRAĐEVINSKOG FAKULTETA:

- Prof. dr. Rajko Kušević (1894.–1966.)
 - drugi inženjer nakon Konstantina Čališeva, koji je doktorirao na ovome fakultetu 1923. g.
 - od 1935. godine predaje nove predmete koji se tada uvode: Željezne konstrukcije i Željezne mostove
 - nakon odlaska u mirovinu prof. Čalogovića, a do honorarnog angažiranja prof. Tonkovića (1946.) predaje i dio njegovih predmeta
 - kao dugogodišnji urednik tadašnjega graditeljskog glasila Tehničkog lista u bitnome doprinosio usmjerenju i razvitku struke.
- Prof. Jure Erega (1902. – 1981.)
 - pripadnik je jedne od prvih generacija Tehničke visoke škole u Zagrebu
 - diplomirao na Građevinskom odsjeku 1928. g.
 - nakon diplomiranja, pa do 1940. radio je u Oblasnom odboru Zagrebačke oblasti (potom Savske banovine) da bi od 1940. do 1944. obnašao dužnost glavnog direktora Tvornice vagona u Slavonskom Brodu (poduzeće koje se danas zove Đuro Đaković)

3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu

ISTAKNUTI PROFESORI U POVIJESTI GRAĐEVINSKOG FAKULTETA:

- Prof. Jure Erega (1902. – 1981.)
 - od 1951. do 1955. bio profesor na Građevinskom fakultetu u Skopju, gdje je utemeljio Zavod za ispitivanje i čvrstoću materijala
 - od 1955. do umirovljenja 1972. godine na Tehničkom odnosno Građevinskom fakultetu u Zagrebu predavao je Metalne mostove
 - autor originalne tehnologije pri izvedbi metalnih mostova
 - prva nagrada na međunarodnom natječaju za željeznički most u Zagrebu (1936.) te sudjelovanje u izvedbi Frkovićeve mosta na Savskoj cesti u Zagrebu
 - tijekom II. svjetskog rata sagradio i nekoliko privremenih mostova preko Drave i Dunava, a svoja ostvarenja objavljivao je i u svjetskim časopisima



Profesori Tonković i Erega (u sredini slike) s kolegama Koščakom, Zagodom i Kronfeldom na mostu u Slunju

3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu

ISTAKNUTI PROFESORI U POVIJESTI GRAĐEVINSKOG FAKULTETA:

- Prof. dr. Kruno Tonković (1911-1989)
 - diplomirao je na Tehničkom fakultetu u Zagrebu 1935. g.
 - već 1937. god., prešao u službu tehničkog odjeljenja Savske banovine, gdje radi na projektiranju i izvedbi mostova
 - nakon II. svjetskog rata razvija se u jednog od najznačajnijih hrvatskih projektanata mostova
 - doktorirao je na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu
 - bio je veliki graditelj i umjetnik, naš najveći mostograditelj, predvodnik i vrhunski izdanak zagrebačke škole građenja mostova

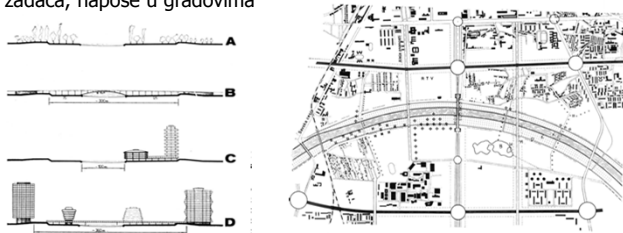


3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu

ISTAKNUTI PROFESORI U POVIJESTI GRAĐEVINSKOG FAKULTETA:

■ Prof. dr. Kruno Tonković (1911-1989)

- u građevine koje je projektirao ugrađena su neka napredna i nekonvencionalna tehnička rješenja, kao što je turbobeton u lukovima Skradinskog mosta, uređaj za vodoravno pokretanje mosta u Omišu, poluzglobovi mostova Jankomir u Zagrebu i preko Drave u Osijeku
- struku nije promatrao u uskim tehničkim okvirima, već se bavio i širim implikacijama graditeljske djelatnosti
- zapaženi su njegovi radovi na području rješavanja složenih prometnih zadaća, napose u gradovima



3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu

ISTAKNUTI PROFESORI U POVIJESTI GRAĐEVINSKOG FAKULTETA:

■ Prof. dr. Kruno Tonković (1911-1989)

- od mostova sagrađenih prema njegovu projektu treba istaknuti
 - most preko Korane u Slunju
 - simbiozne mostove preko Rječine u Rijeci
 - most Slobode u Zagrebu
 - Skradinski most
 - pokretni most u Omišu
 - most preko Save u Jankomiru
 - most preko Drave u Osijeku



3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu

ISTAKNUTI PROFESORI U POVIJESTI GRAĐEVINSKOG FAKULTETA:

■ Prof. dr. Kruno Tonković (1911-1989)

- osim mostovima, istakao se i projektiranjem drugih zahtjevnih inženjerskih objekata, kao što je drvena kupola Brodarskog instituta u Zagrebu, koja je u vrijeme kad je građena bila rekordnog raspona u svjetskim razmjerima, a slično je bilo i s visećim krovštem paviljona na Zagrebačkom velesajmu

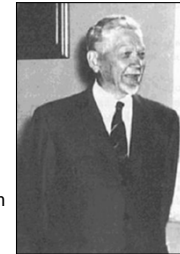


3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu

ISTAKNUTI PROFESORI U POVIJESTI GRAĐEVINSKOG FAKULTETA:

■ Stjepan Timošenko (1878-1972)

- osnivač Zavoda za ispitivanje gradiva (1920) pri Tehničkoj visokoj školi u Zagrebu
- diplomirao je 1901. god. na Institutu za prometne inženjere u Sankt Petersburgu s područja čvrstoće materijala, teorije elastičnosti, teorije konstrukcija i dinamike
- djelovao je kao znanstvenik i pedagog i kao pisac mnogobrojnih udžbenika i knjiga - objavio je više od 190 radova, od toga 30 knjiga, na primjer knjigu *Čvrstoća* i knjigu *Teorija elastičnosti*
- radio je 1903. god. na Politehničkoj školi u Sankt Petersburgu, 1905. god. u Göttingenu, 1906. god. kao profesor na Politehničkoj školi u Kijevu, 1920. god. na Tehničkoj visokoj školi u Zagrebu, 1922. na Vibration Speciality Company u Pittsburgu, 1927. god. na Inženjerskoj školi u Michiganu i 1936. god. na Stanford University.
- bio je izabrani član Ukrajinske akademije znanosti, Ruske akademije znanosti, Poljske akademije tehničkih znanosti, Američkog filozofskog društva, Francuske akademije znanosti, Nacionalne akademije znanosti u Washingtonu, Kraljevskog društva u Londonu i Talijanske akademije znanosti
- podijeljeno mu je osam počasnih doktorata u Americi i Europi, pa i Sveučilišta u Zagrebu 1956. godine.



3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu

ISTAKNUTI PROFESORI U POVIJESTI GRAĐEVINSKOG FAKULTETA:

- Vladimir Juranović (1900-1975) kao utemeljitelj suvremene nastave i prakse iz teorije betona i armirano-betonskih konstrukcija
- Otto Werner (1908-1981) kao konstruktor "Wernerove ljuske"
- Milivoj Petrik (1894-1979) kao istraživač fenomena i zagađenja mora i jezera
- Miroslav Čabrian (1914-1969) koji je uveo voznu dinamiku u nastavu i praksu

3.6 Građevinski fakultet u Zagrebu

DJELATNOSTI FAKULTETA:

- osnovna djelatnost fakulteta je ustrojavanje i izvođenje sveučilišnih i stručnih dodiplomskih studija u polju građevinarstva
- ustrojavanje i izvođenje poslijediplomskog stručnog studija te poslijediplomskog znanstvenog studija i provedbu postupka za stjecanje akademskog stupnja doktora znanosti (izvandokorskog studija)
- ustrojavanje i izvođenje programa stalnog usavršavanja u polju građevinarstva
- znanstvenoistraživački rad u polju građevinarstva i u srodnim poljima
- stručni poslovi u polju građevinarstva i srodnim poljima
- izdavačka djelatnost

FAKULTET JE USTROJEN U 9 ZAVODA:

- za geotehniku
- za hidrotehniku
- za konstrukcije
- za matematiku
- za materijale
- za organizaciju i ekonomiku građenja
- za prometnice
- za tehničku mehaniku
- za zgradarstvo

3.7 Veliki graditelji

Oskudna su ili uopće ne postoje podaci o autorima mnogih značajnih graditeljskih ostvarenja.

- Ovdje donosimo sačuvane podatke o malom broju velikih graditelja koji su po svom opusu, s današnjeg gledišta zapravo "građevinari":

- Imhotep – nagađa se da je živio u razdoblju između 2778. do 2600. g.pr. Kr. u Egiptu za vrijeme vladavine faraona Neterkhet-Zosera.

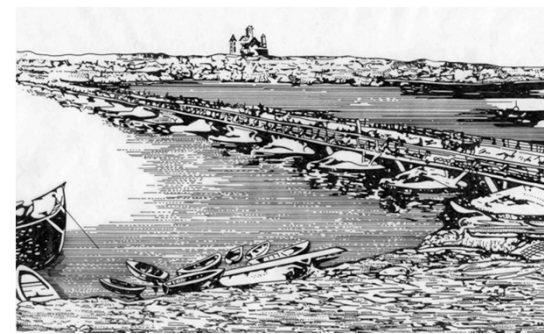


- sagradio je poznatu stepenastu piramidu u Saqqari oko 2650.g.pr.Kr.
- najstariji imenom poznati graditelj.



3.7 Veliki graditelji

- Mandrokles od Samosa – živio je oko 500. g.pr.Kr. na jonskom otok Samosu.
- U službi perzijskog kralja Darija I. u 515. g.pr.Kr. vodio je izgradnju pontonskog most preko tjesnaca Bospora.
- 70000 Darijevih ljudi je prešlo most na pohodu prema Europi

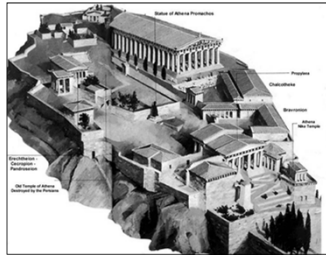


3.7 Veliki graditelji

- Iktinos – živio je oko 480. do 420. g.pr.Kr. u Grčkoj. Poznat je kao graditelj Parthenona na Akropoli u Ateni kao i Apolonovog hrama u Bassai.



- Kalikrates – živio je u 5. stoljeću pr.Kr. u Grčkoj.
- Uz Iktinosa bio uključen u nastanak Parthenona kao ravnopravni suradnik graditelj.
- Gradio je hram Atene Nike sa Samotrake na Akropoli u Ateni kao i zid oko Akropole.

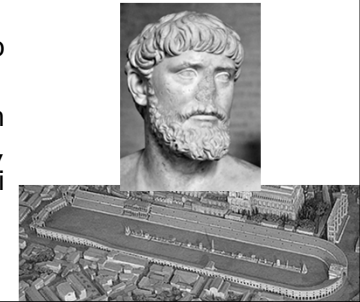


3.7 Veliki graditelji

- Agripa Marcus Vipsanius – živio je od 63. do 12.g.pr.Kr. u Rimu.
- Rimski vodovod u razdoblju ranog carstva njegova zasluga
- Sagradio je dva akvadukta u Rimu i navodno Pont du Gard.



- Apollodoros od Damaska – živio je otprilike od 60. do 120.g.
- Gradio je mnoge zgrade: Forum Traiani, Terme i Odeon u Rimu, Trajanove slavoluke u Beneventu i Anconi.
- Proširio je Circus Maximus



3.7 Veliki graditelji

- Johan Bénézet – živio je od 1150. do 1184. u Francuskoj.
- Bio je religiozno legendarna osoba koji je sa svojom redovničkom zajednicom sagradio most u Avignonu.
- Peter Parler – živio je od 1330. do 1399.
- On je bio graditelj koji je za njemačkog cara Karla IV. sagradio Karlov most u Pragu na rijeci Vltavi.
- Poznat je po gradnji katedrale Sv. Vida u Pragu.



3.7 Veliki graditelji

- Juraj Dalmatinac Matvejević – rođen je početkom 15.st. u Zadru, a umro je 1473. u Šibeniku.
- Gradio je katedralu u Šibeniku i najpoznatiju dubrovačku kulu Minčetu.
- Kodža Mimar Sinan – rođen je 1489. Turskoj.
- Bio je vrhovni dvorski graditelj turskih vladara Sulejmana Veličanstvenog i Selima II.
- Najpoznatije građevine koje je sagradio su Sulejmanova džamija u Instmbulu i most na Drini u Višegradu.



3.7 Veliki graditelji

- Jean Radolphe Perronet – živio je od 1708. do 1794. u Francuskoj.
 - Poznat je po mnogim kamenim lučnim mostovima (Concorde)
 - 1760.g. postaje prvi ravnatelj i profesor na École des Ponts et Chaussées u Parizu.
- Thomas Telford – živio je od 1757. do 1834. u Velikoj Britaniji.
 - Poznat je kao klesar i graditelj mostova, cesta i kanala.
 - Sagradio je iznimno puno mostova od kojih je najpoznatiji most Menai kod Bangora.



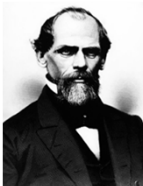
3.7 Veliki graditelji

- Josip Kajetan Knežić – živio od 1786. do 1848., bio je časnik Vojne krajine
 - Vodio gradnju ceste preko Malog Alana na Velebitu, cestu Gospić-Karlobag i tridesetih godina 19.st. tzv. novu Jozefinsku cestu.
 - Sagradio je gornji kat na mostu u Tounju.
- Isambard Kingdom Brunel – živio je od 1806. do 1859.g. u Velikoj Britaniji.
 - Vodio je gradnju prve velike britanske željezničke pruge.
 - Graditelj mostova od kojih su najpoznatiji viseći most Clifton.



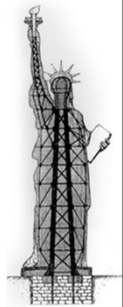
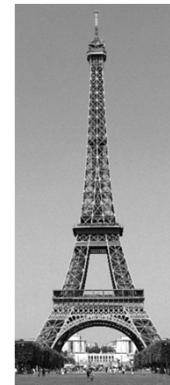
3.7 Veliki graditelji

- Robert Stephenson – živio je od 1803. do 1859. u Velikoj Britaniji.
 - Bio graditelj mostova za željeznicu - najpoznatiji: most Conway Castel, most High Level i most Britannia.
- John Augustus Roebling – rođen je 1806.g. u Njemačkoj u kojoj se školovao.
 - U S.A.D.-u je izgradio poznate viseće mostove.
 - Pri gradnji mosta Brooklyn u New Yorku se jako ozlijedio i od zadobivenog tetanusa je preminuo 1869.g.



3.7 Veliki graditelji

- Gustave Eiffel – živio je od 1832. do 1923.
 - Graditelj nosive konstrukcije Kipa Slobode u New Yorku.
 - Konstruirao je vijadukt Garabit
 - Najpoznatija njegova graditeljska ostavština je Eiffelov toranj u Parizu, kojeg je izgradio za svjetsku izložbu 1889.g. i bio je najviša građevina na svijetu do 1931.g.



3.7 Veliki graditelji

- Francois Hennebique – živio je od 1842. do 1921.g.
- Definirao je prve približne formule za proračun armiranobetonskih konstrukcija.
- Gradnja nekih od prvih a.b. mostova (Ponte Risorgimento).
- Robert Maillart – živio je od 1872. do 1940.g.
- Švicarski inženjer - unaprijedio armirani beton uvođenjem njegovih novih originalnih ideja: trozglobni luk, luk ukrućen gredom i gljivaste ploče.
- Most Salginatobel



3.7 Veliki graditelji

- Othmar Herman Ammann – rodio se 1872.g. u Švicarskoj gdje se i školovao za inženjera.
- U S.A.D.-u je izgradio brojne poznate mostove: Bayonne, Washington, Bronx Whitestone i Verrazano Narrows.
- Eugène Freyssinet – živio je od 1879. do 1962.g.
- Otkrio i izučio način ugradnje betona pomoću vibriranja, nov sustav zgloba, pojavu puzanja betona i unaprijedio je prednapeti beton.
- Most preko rijeke Elron kod Plougastela



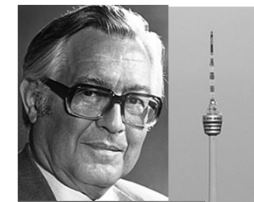
3.7 Veliki graditelji

- Milivoj Frković – živio je od 1887. do 1946.g.
- Čitav radni vijek je proveo kao tehnički savjetnik Savske banovine.
- U to doba bila je raširena primjena standardiziranih i ružnih rešetkastih konstrukcija čeličnih mostova.
- On se tome uspješno odupirao i stvarao je iznimne originalne mostove od kamena, opeke, betona.
- Most peko Kupe u Sisku i most preko Like u Kosinju.



3.7 Veliki graditelji

- Eduardo Torroja – živio je od 1899. do 1961.g.
- Predvodnik u proračunu i gradnji armiranobetonskih ljuski.
- brojne konstrukcije stadionskih nadstrešnica i tankih krovitja
- Fritz Leonhardt – živio je od 1909. do 1999.g.
- Jedan od najizvrsnijih i najštovanijih inženjera, konstruktora i profesora njemačke inženjerske škole.
- Iznimno je doprinijeo razvoju mostogradnje 20. st., a osobito razvojem ovješanih mostova.



UVOD U GRADITELJSTVO

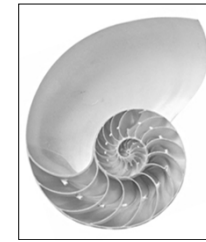
4. PREDAVANJE

STRUKTURE U PRIRODI



4.1 Uvod

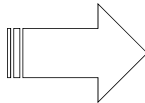
- ❑ Priroda je neiscrpni izvor "živih struktura"
- ❑ Razvoj kroz evoluciju dugu milijunima godina



- ❑ Analiza takvih struktura bitna je podloga za istraživanje, opis i ocjenu nosivih struktura.

4.1 Uvod

- ❑ Priroda je jedan od najboljih učitelja oblikovanja nosivih struktura.
- ❑ Naj snažnija i najnemilosrdnija metoda odabira –
ONO ŠTO NIJE DOVOLJNO ČVRSTO BITI ĆE UNIŠTENO



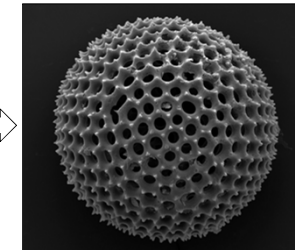
Drvo koje nema dovoljno rasprostrto korijenje u tlu će jednog dana biti izloženo snažnom vjetru koji će ga iščupati.

4.1 Uvod

- ❑ Svaki organizam ima svoju strukturu
- ❑ Napravimo usporedbu konstrukcije iz sredine 20. st. I radiolarije (jednostanični organizam sličan amebi)



Konstrukcija paviljona SAD bila je geodetska kupola promjera 76 m.

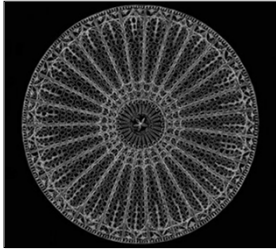


Skelet radiolarije je integrirani dio svakog živog organizma

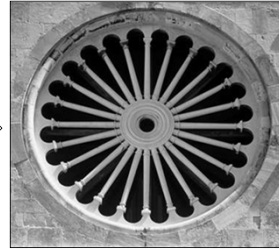
- ❑ Ovo je samo analogija oblika

4.1 Uvod

- ❑ Slika okrugle alge kremenjašice neodoljivo podsjeća na rozetu na crkvenom pročelju.



Alga kremenjašica
(uvećanje 100x)



Rozeta na pročelju crkve u Zadru

- ❑ *Da li su sličnosti između živih i izgrađenih struktura slučajne ili su posljedica točno definiranih zakonitosti?*

4.1 Uvod

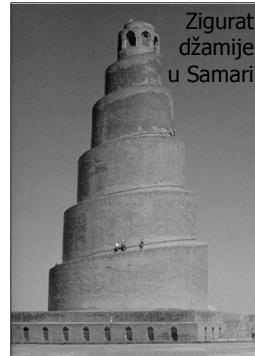
- ❑ Tijekom razvoja čovječanstva može se dokazati intuitivno i svjesno preuzimanje uzora iz prirode u graditeljstvo.



- ❑ Primitivna staništa tako svojim oblikom i konstrukcijom podsjećaju na gnijezda ptica

4.1 Uvod

- ❑ Tijekom razvoja čovječanstva može se dokazati intuitivno i svjesno preuzimanje uzora iz prirode u graditeljstvo.



- ❑ Stare visoke građevine su oblikovane kao staništa termita

4.1 Uvod

Promatranjem samo ovih par primjera mogu se postaviti provokativna pitanja:

- ❑ da li su građevinske konstrukcije u usporedbi s prirodnim konstrukcijama nadmoćnije ili manje vrijedne?
- ❑ koje su bitne razlike između prirodnih i izgrađenih konstrukcija?
- ❑ da li možemo prirodne konstrukcije smatrati uzorom za građevinske konstrukcije?

Sve spoznaje o prirodi zasnivaju se na analizi prirode. Zaključci te analize o zakonima koji se mogu primijeniti za sintezu tehničke strukture uvijek su poželjni tamo gdje je čovjek postavljen pred zadatak koji u prirodi ima svoju analogiju.

4.2 Bionika – poveznica prirode i graditeljstva

❑ Spoznaje biologa i razvoj graditeljstva u drugoj polovici 19. st. kreću se prema korištenju osnovnih principa prirode za razvoj tehnike.

❑ Razvila se nova znanstvena grana: **BIONIKA**

Bionika je izučavanje prirodnih mehanizama u cilju planiranja konstrukcija raznih tehničkih područja.

❑ Bionika je integracija većeg broja znanstvenih područja.

4.2 Bionika – poveznica prirode i tehnike

❑ U smislu graditeljstva podjela pojma bionike sa stanovišta pojedinih znanstvenih grana može se podijeliti prema osnovnim zadaćama.

Tako se govori o:

- biotehnici
- biomehanici
- biograditeljstvu
- biotehnologiji.

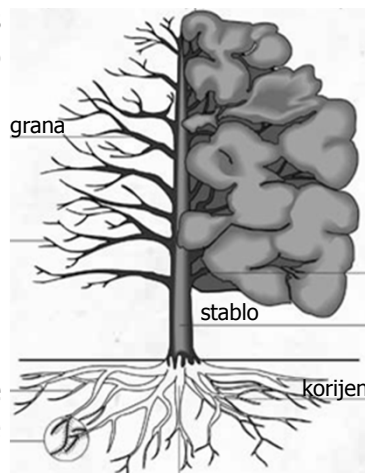
❑ Osnovni je zadatak biotehnike - interpretacija struktura i principa prirode te pronalaženje pandana u tehnici.

4.3 Strukture u prirodi – STABLO

❑ Konstrukcija stabla nas može naučiti dosta o učinkovitom konstrukcijskom oblikovanju.

❑ Stablo je jedna velika vertikalna konzola koja je na jednom kraju učvršćena korijenjem.

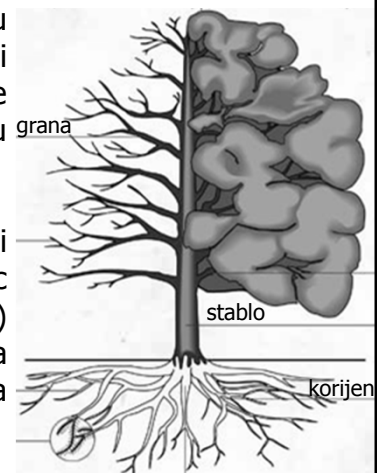
❑ Slično, pojedinačne grane su također manje konzole upete u deblo ili veće grane.



4.3 Strukture u prirodi – STABLO

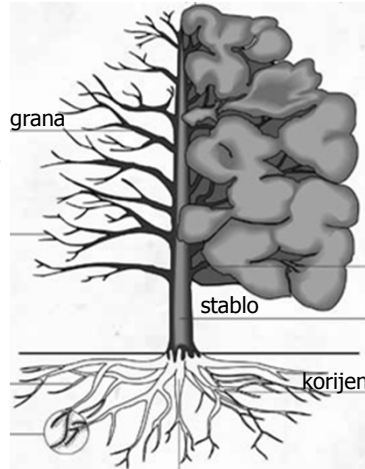
❑ Kod konzola naprezanja su najveća na mjestu upetosti konzole u oslonac dok se naprezanja smanjuju prema vrhu.

❑ Konzola bi trebala biti najdeblja uz oslonac (najveći utrošak gradiva) dok bi se njezina debljina trebala smanjivati prema vrhu.



4.3 Strukture u prirodi – **STABLO**

- ☐ Točno to je slučaj kod stabla.
- ☐ Deblo je najšire pri dnu drveta dok su grane sve tanje što su udaljenije od stabla.



- ☐ Logičnost konstrukcije stabla je bila uzor mnogima što je vidljivo iz primjera stupova aerodromske zgrade u Stuttgartu.

4.3 Strukture u prirodi – **PRIRODNI KAMENI LUKOVI**

- ☐ Na mjestima gdje je voda erodirala stijenu priroda nam je dala primjere kako luk može biti učinkovito rješenje za prijenos velikog opterećenja preko prepreke.



- ☐ Ključ nosivosti prirodnih kamenih lukova leži u njihovom obliku.

4.3 Strukture u prirodi – **PRIRODNI KAMENI LUKOVI**

- ☐ Stijena je čvrsta kada je pritisnuta dok je slaba kada je se razvlači.
- ☐ Luk je savršeni oblik za prijenos opterećenja preko prepreke pritiskom na stijenu.



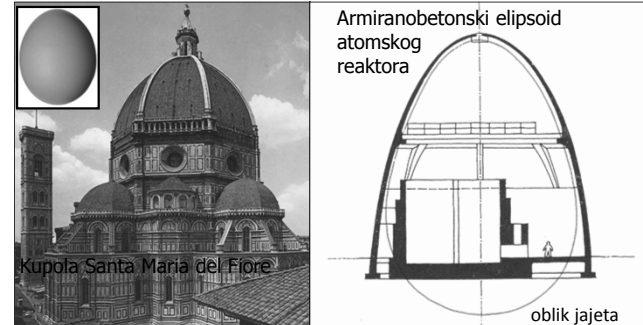
4.3 Strukture u prirodi – LJUSKA OD JAJETA

- ❑ Osnovna svrha ljuske od jajeta je da pruži zaštitu mladuncu koji se razvija unutar nje. Težnja je da se ta zaštita pruži uz što manji utrošak materijala.
- ❑ Preveliki utrošak materijala bi iscrpio majčin organizam, a sama ljuska bi bila prečvrsta da ju mladunče probije pri izlasku.



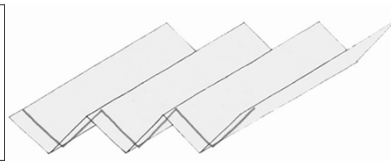
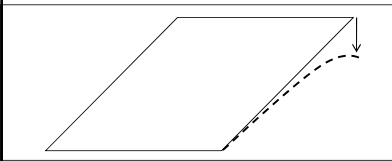
4.3 Strukture u prirodi – LJUSKA OD JAJETA

- ❑ Ljuskę jajeta možemo promatrati kao trodimenzionalni luk koji vrlo učinkovito prenosi tlačne sile.
- ❑ Osnova raznih kupola i ljuski koje je čovjek sagradio



4.3 Strukture u prirodi – ŠKOLJKA

- ❑ Kao i kod ljuske jajeta uvijek se teži reduciranju količine materijala.
- ❑ Primjer - list papira i savijmo ga. Papir neće pružati nikakav otpor savijanju.
- ❑ Ako pak papir naboramo uočiti ćemo da smo sa istom količinom materijala postigli znatno veću otpornost na savijanje.



4.3 Strukture u prirodi – ŠKOLJKA

- ❑ Priroda nas je naučila toj lekciji na primjeru morske školjke.
- ❑ Po uzoru na školjke oblikovane su armirano betonske ljuske krovništva diljem svijeta.

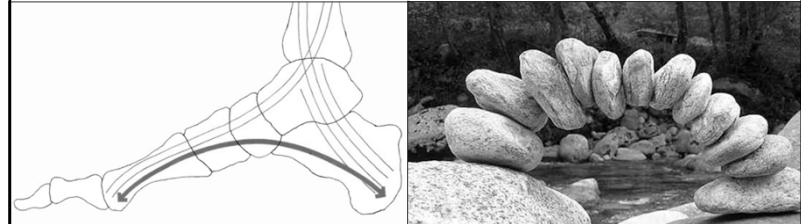


4.3 Strukture u prirodi – LJUDSKO TIJELO

- ❑ Primjer je učinkovitog konstruiranja i funkcioniranja sustava.
- ❑ Kostu su sastavni elementi kostura koji nosi težinu čovjeka te sa njima možemo povući analogiju sa nosivim konstrukcijama modernih zgrada.
- ❑ Priroda je omogućila maksimalnu čvrstoću kostura uz minimalnu težinu.
- ❑ Kostu su jače i gušće na mjestima gdje su izložene većim pritiscima (u zglobovima) dok su laganije i ošupljenije na mjestima gdje nisu opterećene.

4.3 Strukture u prirodi – LJUDSKO TIJELO

- ❑ Kao primjer nosivog elementa u ljudskom tijelu može poslužiti stopalo u kojem se pritisak težine tijela prenosi oblikom luka u tlo.
- ❑ Vrlo lako se takav nosivi element može napraviti pomoću oblutaka.



4.3 Strukture u prirodi – LJUDSKO TIJELO

- ❑ Kada promatramo ljudsko tijelo kao cjelinu možemo uspostaviti analogiju bioloških i tehničkih funkcija sustava:
- ❑ upravljanja (U)
- ❑ napajanja (N)
- ❑ podupiranja (P)
- ❑ zaštite (Z)

Bioški elementi	Funkcija	Tehnički elementi
mozak	U upravljanje	gospodarenje građevinama
organi	N napajanje	proizvodnja energije
kostur	P podupiranje	nosiva konstrukcija
koža	Z zaštita	fasada

4.3 Strukture u prirodi – LJUDSKO TIJELO

- ❑ Za razliku od biologije tehnikom je moguće, ovisno o ciljevima, ispuniti funkcije na način da su podijeljene te ih neovisno ili proizvoljno kombiniramo i rangiramo.
- ❑ Akcenti kod građevina su primarno usmjereni na funkcije podupiranja (P) i zaštite (Z). Dok su kod građevina s estetsko – kulturološkim ciljem ili duhovno – ideološkim ciljem funkcije (P) i (Z) sekundarne.

Bioški elementi	Funkcija	Tehnički elementi
mozak	U upravljanje	gospodarenje građevinama
organi	N napajanje	proizvodnja energije
kostur	P podupiranje	nosiva konstrukcija
koža	Z zaštita	fasada

4.3 Strukture u prirodi

Za razvoj tehnike mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- ☐ Nezadovoljavanje nekog rješenja u konkretnim uvjetima u prošlosti ne bi se trebalo ocijeniti kao općenito nezadovoljavanje
- ☐ Promjenljivi odnosi između tehničkog rješenja, okoliša i funkcionalnih zadaća trebaju se kontinuirano uspoređivati s prije odbačenim rješenjima koja bi možda u ovim novim okolnostima bila iskoristiva.
- ☐ Uz veliki broj pozitivnih primjera postoji i veliki broj primjera nekritičnog prenošenja sredstava za ispunjenje funkcije iz prirode u tehniku. Takvi su i pokušaji prenošenja leta ptica za ostvarenje ljudske želje za letenjem.

4.3 Strukture u prirodi

- ☐ U sklopu bio-graditeljstva analiza prirode je ključ razumijevanja cjelovitosti, harmonije i ljepote odnosa te jedinstvenosti funkcije i oblika, odnosno sadržaja i oblika.
- ☐ Forme i strukture u prirodi tako postaju poticaj graditeljsko tehničkog razvitka.



4.4 Simuliranje procesa evolucije u koncipiranju građevine

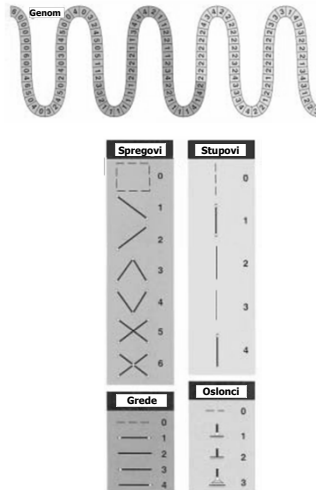
- ☐ Građevinski inženjeri su danas u mogućnosti da projektiraju inovativnije i naprednije strukture koristeći principe koje već odavno koristi genetika.
- ☐ Građevinski inženjeri su često vrlo konzervativni u obavljanju svojeg posla i to s dobrim razlogom: ako njihov rad nije valjan, građevina se može srušiti i ubiti ljude.
- ☐ Ipak može se otići čak i jedan korak dalje od samog imitiranja prirodnih oblika i formi, a to je simuliranje prirodnih evolucijskih i razvojnih procesa pri nalaženju rješenja njihovih projekata.

4.4 Simuliranje procesa evolucije u koncipiranju građevine

- ☐ Osnovna ideja iza jednog algoritma koji simulira evoluciju je ta da računalo koristi veliki broj različitih ulaznih podataka koji opisuju ponašanje pri nekom zadatku.
- ☐ Kao primjer ovakvog suvremenog načina projektiranja ćemo navesti genetski algoritam koji simulira konstrukciju čelične zgrade.

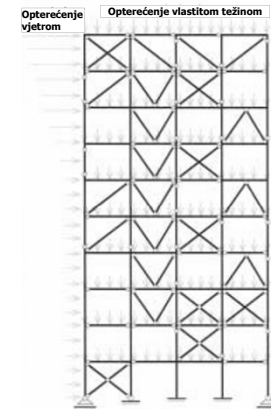
4.4 Simuliranje procesa evolucije u koncipiranju građevine

- ❑ Algoritam prvo generira nasumične "genome" koji sadržavaju brojke od 1 do 6.
- ❑ Različito obojeni odjeljci "genoma" šifrirano predstavljaju spregove (roza), grede (ljubičasta), stupove (žuta) i oslonce (zeleni) zgrade sa brojkama koje specificiraju koji tip elementa se koristi na pojedinom mjestu.



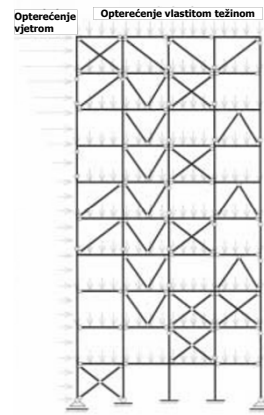
4.4 Simuliranje procesa evolucije u koncipiranju građevine

- ❑ Nakon što računalni program prevede nizove iz "genoma" u konstrukciju zgrade, on može testirati koliko dobro se model zgrade nosi s opterećenjima od vjetra i vlastite težine.
- ❑ Program zatim pripisuje svakom genomu vrijednost koja predstavlja njegovu jačinu na osnovu testa da li je on zadovoljio sve zahtjeve u pogledu nosivosti i na osnovi ukupne vlastite težine svih elemenata zgrade.



4.4 Simuliranje procesa evolucije u koncipiranju građevine

- ❑ Upotrebom ovakvog računalnog algoritma koji simulira evoluciju nakon nekoliko proračunskih koraka dolazimo do najjače odnosno najoptimalnije nosive konstrukcije.
- ❑ To je ona koja uz najmanji utrošak gradiva pruža zadovoljavajući otpor svim nametnutim joj djelovanjima.

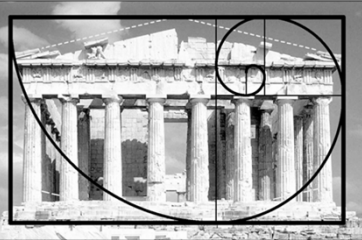


4.5 Estetske zakonitosti proizašle iz prirode

- ❑ Estetika je znanost koja se bavi osjećanjem ljepote i njenim percipiranjem kroz naša osjetila, odnosno proučavanjem ljepote objekata.
- ❑ Iako je poimanje lijepoga prilično subjektivan osjećaj, estetika nastoji razjašnjenju svojih zakonitosti prići što god je racionalnije moguće.
- ❑ Reći ćemo da je neka građevina ljepša i prihvatljivija što je skladnije, bolje oblikovana i što je uspješnije uklopljena u okoliš.
- ❑ Prema većini autora sklop uravnoteženih podražaja izaziva osjećaje ugone i zadovoljstva, a neuravnoteženi, neharmonični podražaji osjećaje neugode i nemira.

4.5 Estetske zakonitosti proizašle iz prirode

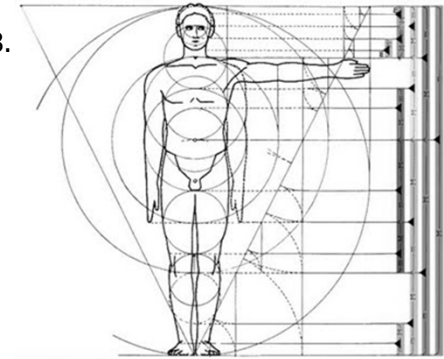
- ❑ Grčki filozof Pitagora utvrdio da proporcije između malih cijelih brojeva (1:2; 2:3; 3:4 ili 4:3; 3:2; 2:1) imaju ugodne učinke za tonove i za dužine.
- ❑ Taj međuodnos harmonije i sklada u glazbi i graditeljstvu, kasniji su istraživači ustanovili realno postojećim i prije Pitagorina vremena u grčkim hramovima pa čak i u građevinama Staroga Egipta, Babilona i Kine.



Skladni odnosi grčkog hrama Partenona

4.5 Estetske zakonitosti proizašle iz prirode

- ❑ Mnogi će reći da je oblikovno najskladnija podjela po zlatnom rezu (*sectio aurea*) koja proizlazi iz proporcija ljudskoga tijela, a koju je moguće i grafički konstruirati.
- ❑ Riječ je o odnosu 1:1,618.



Hvala na pažnji!