

## **PREDMET**

### **PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE ČELIČNIH KONSTRUKCIJA**

**Master studije**  
**Građevinarstvo - konstrukcije**

Semestar: I  
Fond časova: 2+2  
Kredita: 4

Nastavnik: Prof.dr Duško Lučić  
Saradnik: Mr Mladen Muhadinović

Iz ove grupe predmeta, u ovom semestru, slušaju se još:

**Spregnute konstrukcije,**

a u sljedećem semestru:

**Čelične konstrukcije inženjerskih objekata.**

*Informacija za studente - KOMENTAR*

(Pogledati Informaciju za studente koja se daje u prilogu)

## UVOD

- U prošloj studijskoj godini savladali smo gradivo iz dva predmeta: Čelične konstrukcije I i Čelične konstrukcije II.
- U predmetu Čelične konstrukcije I, savladane su osnove projektovanja i proračuna nosivosti presjeka i elemenata. U ovom predmetu, obrađene su klase poprečnih presjeka 1, 2 i 3.
- Dalje, u sljedećem predmetu Čelične konstrukcije II, zaokružen je postupak proračuna nosivosti presjeka i elemenata sa klasom poprečnih presjeka 4. U drugom dijelu ovog predmeta obrađen je proračun veza čeličnih konstrukcija.
- U ovom i sljedećim predmetima govoriće se o projektovanju i građenju čeličnih konstrukcija za razne objekte, sa adekvatnom primjenom naučenog iz prethodnih kurseva.
- U zavisnosti od namjene, oblika i veličine objekta, naravno zavisi i kakva će konstrukcija tog objekta biti. Čelik kao konstruktivni materijal, koristi se za izradu konstrukcija za razne objekte. Recimo:

*mostovi,*



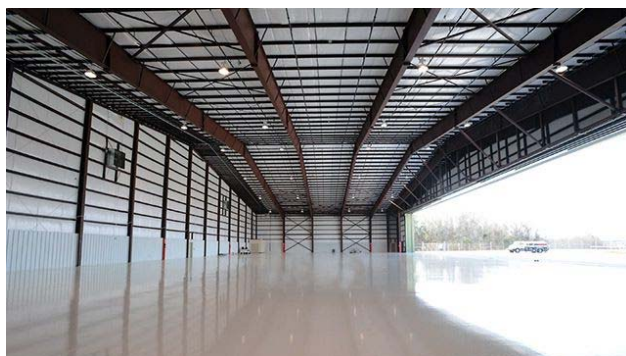


*zgrade visoke spratnosti,*



*garaže, industrijske hale, hangari,*

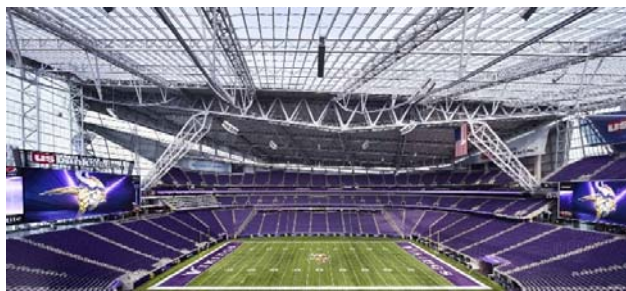




*izložbene dvorane, sportske dvorane, stadioni,*







*rezervoari,*



*silosi,*



*vodotornjevi,*



*antenski stubovi,*



*stubovi dalekovoda,*



*dimnjaci,*



*ustave na branama hidroelektrana,*



*cjevovodi,*



*off shore platforme,*



*vjetrenjače ...*





- Za sve prethodno navedene objekte, čelik je ili vrlo konkurentan konstruktivni materijal ili u nekim slučajevima i jedini izbor da bi se projektovala i izgradila konstrukcija objekta.
- Svaki posebni objekat ima svoje specifičnosti i pravila koja je potrebno poznavati i poštovati kada se projektuje konstrukcija objekta. Naravno, na kraju bez obzira na namjenu i vrstu objekta, projektovanje i dokazi nosivosti konstruktivnih elemenata, zasnivaju se na postupcima i procedurama koje su naučene u Čeličnim konstrukcijama I i II.
- U ovom predmetu najviše će se govoriti o pravilima projektovanja konstrukcija za industrijske hale i spratne zgrade.

## OPŠTA PRAVILA ZA PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA

- Neka pravila projektovanja konstrukcija imaju opšti karakter i moraju se imati u vidu, bez obzira da li se projektuje i gradi most, antenski stub, krov stadiona ili bilo koji drugi objekat. O ovim principima već je bilo riječi u uvodnim predavanjima Čeličnih konstrukcija I i ovdje ćemo ih i ponoviti i dopuniti.
- Konstrukcija, za bilo koji objekat, mora da zadovolji tri osnovna uslova. To su: nosivost, funkcionalnosti i trajnosti. Da bi konstrukcija zadovoljila ove uslove potrebno je još u fazi koncipiranja i projektovanja konstrukcije, pažljivo odabrati materijale i presjeke konstruktivnih elemenata.
- MEST EN 1990: Osnove projektovanja konstrukcija, može se smatrati suštinskim dokumentom Eurokodova za konstrukcije jer se u njemu uspostavljaju principi i zahtjevi za nosivost, funkcionalnosti i trajnost konstrukcija.
- Eurokodovi za konstrukcije su zasnovani na projektovanju prema graničnim stanjima. MEST EN 1990 definiše granično stanje kao "stanje nakon koga konstrukcija nije više u stanju da ispuni relevantne kriterijume projektovanja".
- Projektovanje prema graničnim stanjima obezbijuje sigurnost konstrukcije od loma, tako što osigurava da neće biti prekoračene proračunske vrijednosti kada se analiziraju opterećenja, materijal (čelik), geometrijske karakteristike profila i geotehnički parametri.
- Proračunske vrijednosti se dobijaju množeći karakteristične vrijednosti opterećenja i geometrijskih karakteristika sa parcijalnim faktorima.
- Dva granična stanja se razmatraju u postupku projektovanja: granično stanje nosivosti i granično stanje upotrebljivosti.
- Granično stanje nosivosti je povezano sa lomom pojedinog konstruktivnog elementa ili konstrukcije u cjelini. Proračunske provjere koje su povezane sa sigurnošću ljudi u i oko konstrukcije su provjere graničnih stanja nosivosti.

- Granično stanje upotrebljivosti razmatra funkcionalnost konstrukcije u uslovima normalne upotrebe. Komfort ljudi koji koriste konstrukciju, tj. objekat i izgled konstrukcije.
- Kriterijumi koji se razmatraju kod provjere graničnog stanja upotrebljivosti su:
  - ugibi ili pomjeranja koji utiču na izgled konstrukcije, komfor korisnika i funkcionalnost objekta;
  - vibracije koje utiču na neudobnost kod korišćenja konstrukcije i koje mogu uticati da se smanji funkcionalnost konstrukcije, tj. objekta;
  - oštećenja koja mogu uticati na izgled objekta ili trajnost.
- Opterećenja i dejstva koja treba analizirati kada se projektuje konstrukcija obrađeni su u obavezujućim standardima MEST EN 1991: Dejstva na konstrukcije, koji se sastoji od 10 posebnih dijelova. U ovim standardima obrađena su najvažnija opterećenja, kao što su: snijeg, vjetar, temperaturni uticaji, opterećenja u slučaju požara, saobraćajna opterećenja na mostovima... Opterećenja vezana za specijalne inženjerske objekte, kao što su antenski stubovi sa kosim zategama, dimnjaci, cjevovodi...obrađena su u posebnim dijelovima Eurokodova koji se bave ovim konstrukcijama.
- Projektovanje konstrukcije za bilo koji objekat, sastoji se od manje više istih nekoliko koraka, koje u nastavku navodimo.

#### *1. Koncipiranje konstrukcije - postavljanje konstruktivnog sistema;*

Ovo je najvažniji dio projektovanja. Postavljanje koncepta konstrukcije i osmišljavanje svih konstruktivnih elemenata u jednom objektu. Da bi se riješila konstrukcija, potrebno je poznavati pravila projektovanja konstrukcija za pojedine objekte, npr. industrijska hala, željeznički most... U zavisnosti od objekta (veličine, namjene itd.) treba postaviti konstruktivne elemente u određenom rasporedu i po određenim pravilima, tako da se mogu prihvatiti i racionalno prenijeti do tla sva opterećenja koja se mogu desiti na, oko i u objektu u njegovom životnom vijeku.

Svaki objekat i konstrukcija za taj objekat su jedinstveni i projektovani prema osnovnim pravilima postavljanja konstruktivnog sistema o kojima treba voditi računa. Osnovna pravila za projektovanje čeličnih konstrukcija raznih objekata (primjeri su navedeni na početku ovoga predavanja), daju se kroz standarde koji pokrivaju specifične objekte od MEST EN 1993-2 do MEST EN 1993-6.

Čelične konstrukcije su veoma široko zastupljene, što se ogleda i u pravilima projektovanja konstrukcija koja su standardizovana u šest dijelova sa 20 posebnih dijelova Eurokodova (od ukupno 58 posebnih dijelova).

U ovom predmetu najviše će se govoriti o konstruktivnim sistemima industrijskih objekata i višespratnih zgrada.

2. *Analiza opterećenja;*

U sljedećem koraku, potrebno je uraditi analizu svih opterećenja koja mogu djelovati na objektu. Potom treba uraditi i analizu koliki je udio pojedinih opterećenja na pojedine konstruktivne elemente, s obzirom na njihovu izloženost i položaj u odnosu na dejstvo opterećenja.

Takođe, potrebno je utvrditi i mogućnost istovremenog dejstva pojedinih opterećenja.

3. *Statičko i po potrebi dinamičko modeliranje konstruktivnog sklopa; proračun statičko-deformacijskih uticaja i dinamičkih karakteristika sistema;*

Konstruktivni elementi pojedinačno ili kao cijelina su u sljedećem koraku modeliraju prema pravilima Statike i Dinamike konstrukcija (prosta greda, kontinualac, ram na dva zgloba...). Na tako modeliranu konstrukciju nanose se opterećenja i proračunavaju karakteristične i proračunske vrijednosti statičko deformacijskih uticaja i u slučaju potrebe dinamičke karakteristike sistema. Da bi se uradio ovaj dio projektovanja konstrukcije, podrazumijevaju se znanja iz Statike i Dinamike konstrukcija.

4. *Dimenzionisanje elemenata konstrukcije;*

Kada utvrdimo proračunske vrijednosti uticaja, prelazimo na dimenzionisanje elemenata konstrukcije. Ovo pretpostavlja utvrđivanje poprečnih presjeka elemenata čelične konstrukcije koji će zadovoljiti sve provjere nosivosti presjeka i elemenata prema graničnim stanjima nosivosti i upotrebljivosti. Da bi se uspješno završio ovaj korak potrebno je vladati znanjima iz Čeličnih konstrukcija I i II.

Treba imati u vidu da korake 3. i 4., kod statički neodređenih sistema, treba ponavljati u iteracijama sve dok izabrani presjeci konstruktivnih elemenata u tački 3. (elementi u statičkom modelu) i tački 4. (dimenzionisani elementi konstrukcije) ne budu isti.

5. *Proračun veza;*

Pošto se odrede dimenzije svih konstruktivnih elemenata, potrebno je konstruisati i proračunati nosivost veza između svih konstruktivnih elemenata međusobno, kao i vezu elemenata čelične konstrukcije i temeljne konstrukcije. Da bi se uspješno uradio proračun jedne veze potrebno je vladati znanjem iz Čeličnih konstrukcija II.



6. *Proračun temeljne konstrukcije;*

Proračun temeljne konstrukcije zaokružuje projektovanje konstruktivnih elemenata. Temelji su elementi preko kojih se uravnotežuju naprezanja od objekta sa naprezanjima ispod objekta u tlu. Ova oblast je obrađena u predmetima koji su povezani sa Fundiranjem i Mehanikom tla.

7. *Izrada grafičke dokumentacije čelične konstrukcije (crteža za izvođenje i montažu).*

Na kraju da bi se izvela čelična konstrukcija potrebno je uraditi crteže za izvođenje. Potrebno je dati crteže pomoću kojih će se izraditi konstruktivni elementi u pogonu za izradu čeličnih konstrukcija, kao i crteži potrebni za montažu konstrukcije na gradilištu.

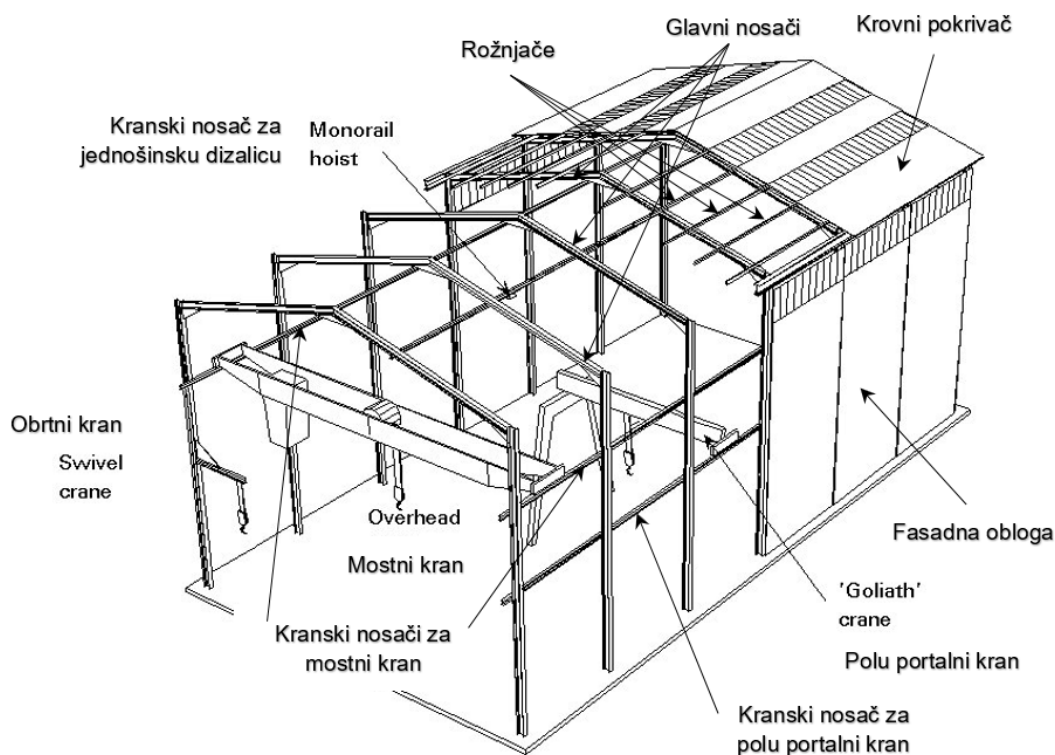
Prema pravilima crtanja tehničkih crteža potrebno je dati detalje za sve konstruktivne elemente posebno (uključujući sve elemente veza), kao i pojedinačno konstruktivne sklopove više elemenata (recimo crtež rešetkastog nosača sa svim elementima zajedno). Na kraju potrebno je dati sve crteže za potrebe montaže konstrukcije na gradilištu. Za tu potrebu treba pripremiti generalne crteže koje nazivamo opšta dispozicija konstruktivnih elemenata (General arrangement drawings).

Crteži opšte dispozicije konstruktivnih elemenata, takođe služe i da se omogući sagledavanje svih konstruktivnih elemenata koji su predviđeni u projektu konstrukcije i da se omogući kontrola projekta konstrukcije.

- Na kraju ovog poglavlja napomenućemo da se projekat konstrukcije sastoji, pored prethodno navedenog i od još nekoliko tekstualno - numeričkih dijelova: Tehnički izvještaj, Tehnički uslovi za izvođenje i Predmjer sa predračunom i opisom radova za obračun. O ovim dijelovima tehničke dokumentacije više će se govoriti u predmetima Menadžment u građevinarstvu i Organizacija građenja i građevinska mehanizacija. Nešto specifično vezano za tehničke uslove izvođenja čeličnih konstrukcija, reći će se i u ovom predmetu na kraju semestra.

## KONSTRUKTIVNI ELEMENTI JEDNE INDUSTRIJSKE HALE

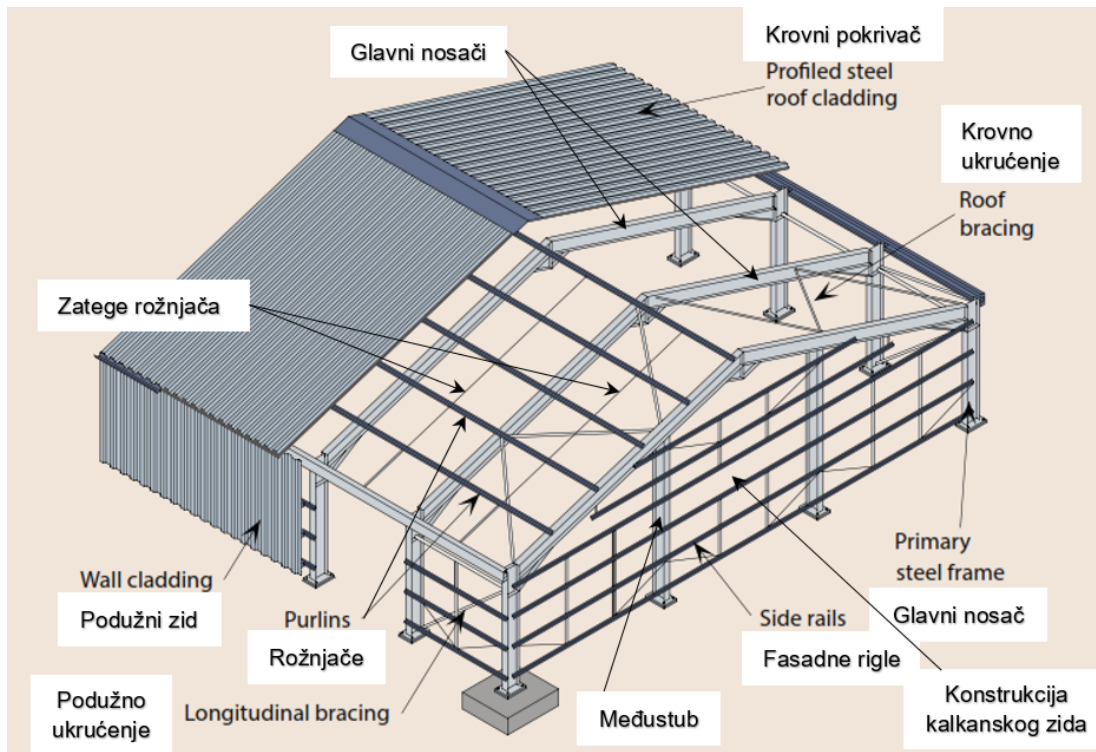
- Osnovna karakteristika industrijskih hala je zajednički veliki prostor unutar objekta sa uglavnom jednom etažom velike visine. U osnovi su ovi objekti uglavnom kvadratnog ili pravougaonog oblika sa premošćivanjem glavnog nosećeg sistema po kraćem pravcu i spratnom visinom od deset i više metara u zavisnosti od tehnoloških potreba unutar objekta. Kod ovakvih objekata unutar hale može da saobraća jedan ili više kranova, koji služe za premještanje tereta unutar objekta. Kranovi su gotovi mašinski elementi koji se montiraju u halama i mogu biti raznih vrsta: mostni kranovi, portal kranovi, obrtne dizalice, jednošinske dizalice... Mjesto i vrsta kрана u hali zavisi od tehnoloških potreba unutar hale i same namjene objekta. Kada se projektuje konstrukcija industrijske hale o kranovima posebno treba voditi računa i potrebno je predvidjeti sve odgovarajuće konstruktivne elemente potrebne da bi kran unutar hale bezbjedno saobraćao.
- Na sljedećoj skici, vidi se konstrukcija jedne industrijske hale sa prikazom mogućih varijanti kranova, koji tehnološki mogu da se zahtijevaju unutar objekta.



- Kranovi su najčešće šinska vozila koja se kreću unutar objekta u unaprijed projektovanom koridoru. Šine po kojima se kreću kranovi mogu biti postavljene u podu (portalni kranovi) ili se postavljaju na konstruktivne elemente koji se za tu svrhu moraju projektovati. Ovi elementi se nazivaju nosači kranova ili kranske staze.
- Pored ovih osnovnih elemenata za nošenje kranova, potrebno je u industrijskoj hali predvidjeti još neke konstruktivne elemente koji služe da obezbijede stabilnost konstrukcije u cijelini, a potrebni su i da bi prihvatili razna horizontalna opterećenja koja se dešavaju kada se kran kreće. Na sljedećoj slici vide se nosači mostnog kрана, velike nosivosti, u jednom industrijskom objektu, koji su postavljeni na rešetkaste stubove glavnih nosača.



- Na sljedećoj skici daje se prikaz konstruktivnih elemenata sa više detalja, jednog objekta u kome nije predviđen kran. Ovakav objekat može biti neka industrijska hala, a može biti i magacinski prostor, visokoregalno skladište, sajamska hala...



- U jednoj hali, kao što je prikazano na prethodnoj skici, pravougaonog oblika u osnovi, postoje krov i fasadni zidovi: dva podužna zida i dva kalkanska zida. Krov i zidovi, pored toga što fizički ograničavaju objekat i štite unutrašnji prostor od atmosferilija, predstavljaju konstruktivne elemente koji prvi prihvataju opterećenja od spoljašnjih uticaja (snijeg i vjetar) i prenose ih dalje na konstrukciju. Takođe, treba predvidjeti određeni broj prozora (zbog prirodnog osvijetljenja unutrašnjosti prostora), kao i vrata. U industrijskim halama, po potrebi, projektuju se vrata velikih dimenzija, za dvosmjerni saobraćaj kamiona, vučnih vozova, šlepera... Vrata se mogu projektovati i u kalkanskim i u podužnim zidovima.
- U nastavku se navodi uloga osnovnih konstruktivnih elemenata u jednoj industrijskoj hali.
- **Rožnjače** - Krovni pokrivač se postavlja na rožnjače, tako da rožnjače prihvataju težinu krovnog pokrivača i svih uticaja spolja koji mogu djelovati na krovni pokrivač, a to su prvenstveno snijeg i vjetar. Da bi se spriječilo bočno torziono izvijanje rožnjača, treba predvidjeti i krovne zatege na rožnjačama, koje obezbijavaju bočnu i torzionu nepomjerljivost rožnjača na mjestima zatega.



- **Fasadne rigle i međustubovi** - Fasadne rigle i međustubovi u podužnim i kalkanskim zidovima služe da se na njih montiraju fasadni zidovi. Ovi elementi treba da prihvate primarno uticaje od vjetra koji djeluje na zidove. I na fasadnim riglama treba projektovati vertikalne zatege (slično rožnjačama), radi bočno torzione nepomjerljivosti i skraćivanja polja savijanja fasadne rigle oko slabije ose.
- **Glavni nosači** - Glavni noseći sistem se obično postavlja tako da premošćuje osnovu preko kraćeg raspona (kraća strana pravougaonika). Projektuje se od jednog do drugog kalkanskog zida na određenom ravnornom međusobnom razmaku. Glavni nosač, u svom pripadajućem polju i u svojoj ravni, treba da prihvati sve uticaje od opterećenja koji se mogu desiti, bilo spolja: snijeg, vjetar, temperatura, seizmičke sile..., bilo unutar objekta: kranovi. Glavni nosači se oslanjaju na temelje.
- **Spregovi** - U krovnoj ravni uz kalkanske zidove, kao i u podužnim zidovima uz kalkanske zidove, treba predvidjeti krovna ukrućenja i ukrućenja u podužnom zidu. Ova ukrućenja, koja se još nazivaju i spregovi, predstavljaju rešetkaste konstrukcije kod kojih su pojasevi rešetke elementi glavnih nosača (krovna rigla i glavni stub), dok su štapovi ispune: dijagonale i vertikale - dodatni elementi. Spregovi služe kao oslonac konstrukciji kalkanskog zida i prihvataju reakcije kalkanskog zida usljed dejstva sila vjetra upravno na kalkansku ravan. Takođe, spregovima se povjeravaju i seizmičke sile u pravcu podužnih zidova. Na kraju spregovi služe da bi se obezbijedila prostorna stabilnost konstrukcije jednog ovakvog veoma vitkog i fleksibilnog objekta. U tu svrhu, veoma često se projektuju i krovna ukrućenja uz podužne zidove, kao i ukrućenja na krajevima kalkanskih zidova uz podužne zidove.

## PREDAVANJE 01

### Pitanja:

1. Nabroj nekoliko vrsta objekata sa čelikom kao osnovnim konstruktivnim materijalom?
2. Koja se dva granična stanja razmatraju u postupku projektovanja?
3. Sa čime je povezano granično stanje nosivosti?
4. Sa čime je povezano granično stanje upotrebljivosti?
5. U kojoj grupi standarda se obrađuju opterećenja i dejstva?
6. Nabroj nekoliko vrsta kranova koji se koriste u industrijskim objektima?
7. Što je rožnjača?
8. Što je fasadna rigla?
9. Što su spregovi?