

GRAĐEVNA STATIKA I

Predavač: izv. prof.dr.sc. SILVA LOZANČIĆ,
dipl.ing.grad.

Asistent: doc. dr.sc. TANJA KALMAN, dipl.ing.grad.
dr.sc.MARIN GRUBIŠIĆ

Literatura:

V. Simović: *Građevna statika*, Građevinski institut, Zagreb, 1988.

Ante Mihanović, Boris Trogrlić *Građevna statika I.* - 1. izd. - Split : Sveučilište u Splitu,
Lozančić S., Kalman T., Grubišić M.

Nastavni materijali

<http://www.gfos.unios.hr/portal/index.php/nastava/studiji/sveucilisni-preddiplomski-studij/gradjevna-statika-i.html>

Dodatno:

K. Fresl: *GS – Bilješke i skice predavanja*, <http://master.grad.hr/nastava/gs>

A.Ghali, A.M.Neville and T.G.Brown : "Structural analysis ", Spon press,
2003.

Uvjeti za dobivanje drugog potpisa:

70% prisustva na nastavi

Predani ispravni programi-u zadanom vremenskom roku

Ispit: pismeni (zadatci) i usmeni dio (teorija)

Mogućnost oslobađanja od ispita (kompletno):

Programi 20% + Kolokviji 80%

Sadržaj predmeta

Predmet, zadaća i metode građevne statike. Osnovni principi.

Klasifikacija konstruktivnih sistema. Geometrijska nepromjenljivost

konstruktivnih sistema. Opterećenja. Metode proračuna i svojstva

statički određenih sustava: ravni nosači sa zglobovima, rešetkasti

nosači; sistemi sastavljeni iz više diskova: troglobni lukovi i okviri-

punostjeni i rešetkasti, konstruktivni sistemi s ojačanjima, poduprte i

obješene grede, prostorne rešetkaste konstrukcije. Pokretna

opterećenja. Utjecajne linije. Veze između pomaka i deformacijskih

veličina.

UVOD

Svrha / cilj predmeta građevna statika I:

Naučiti osnovna svojstva i odgovore statičkih određenih sustava, metode iznalaženja presječnih sila i pomaka konstrukcija, numeričko modeliranje statičkih određenih sustava-za stalna i pokretna opterećenja.

Očekivani ishodi učenja za predmet:

Prepoznavanje geometrijske nepromjenjivosti i statičke ne/određenosti linijskih sustava(identificirati nosivi sustav)

Analizirati osnovna svojstva statički određenih sustava i njihovih dijagrama.

Skicirati dijagrame unutarnjih sila za bilo koji statički određen sustav.

Kreirati numerički računalni model linijskih konstruktivnih sustava.

Nacrtati utjecajne linije jednostavnijih statički određenih sustava.

OSNOVNI POJMOVI

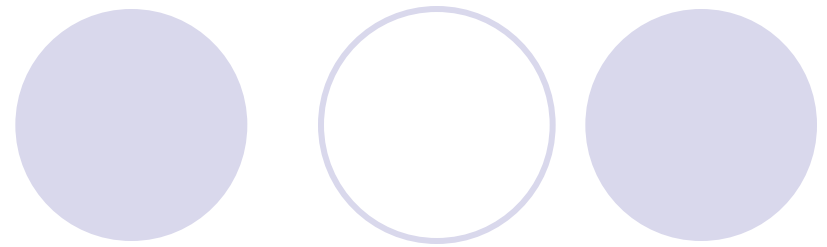
GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE

UZROK:
-sile
-vanjski utjecaji

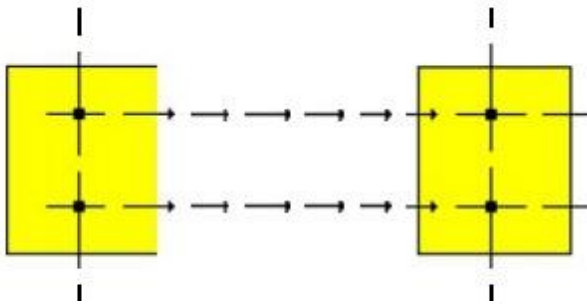


POSLJEDICE:
-gibanje
-deformacija
-unutarnje sile,
naprezanje

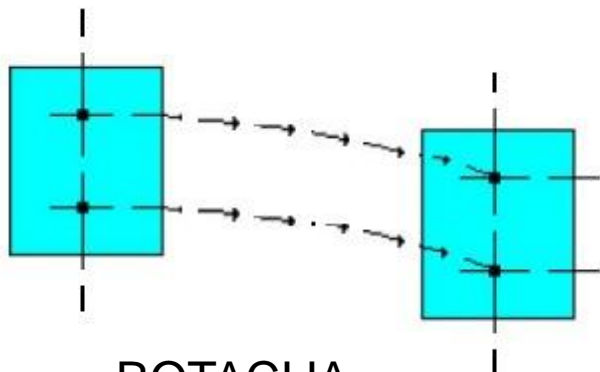
OSNOVNI POJMOVI



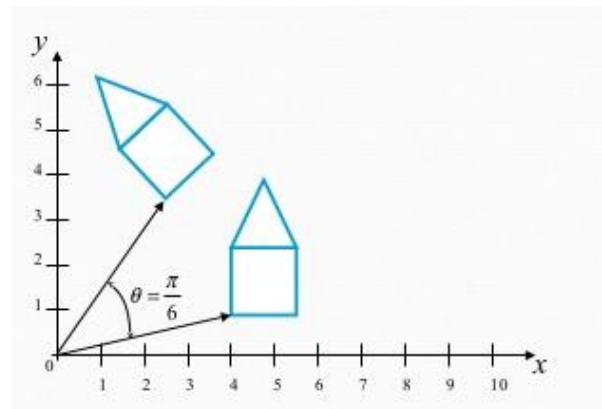
GIBANJE: promjena položaja tijela



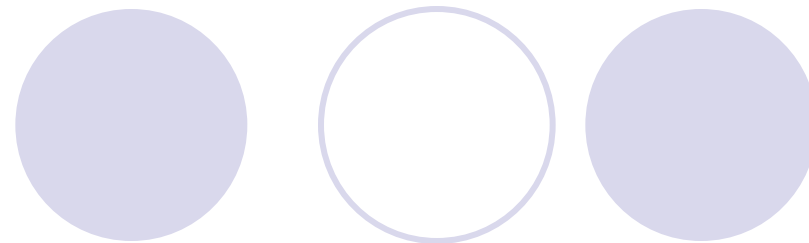
TRANSLACIJA



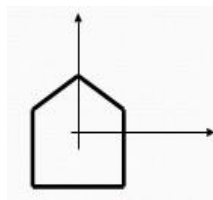
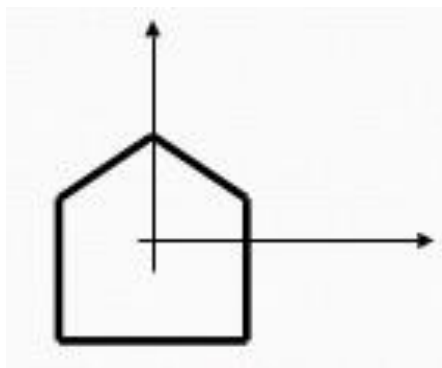
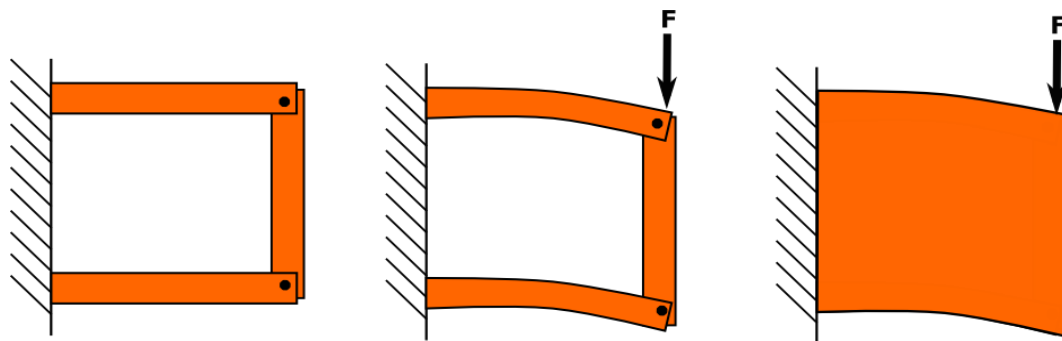
ROTACIJA



OSNOVNI POJMOVI



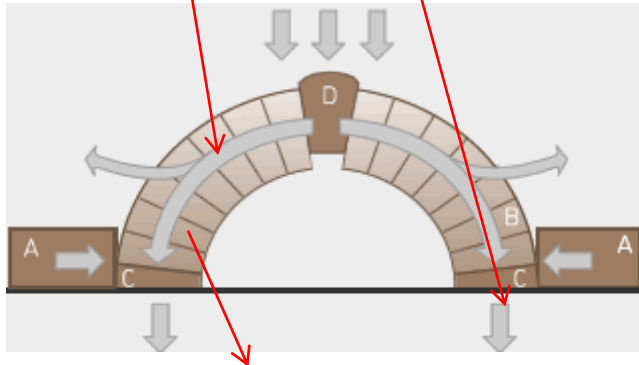
DEFORMACIJA: promjena oblika i obujma tijela



OSNOVNI POJMOVI

UNUTARNJE SILE I NAPREZANJA

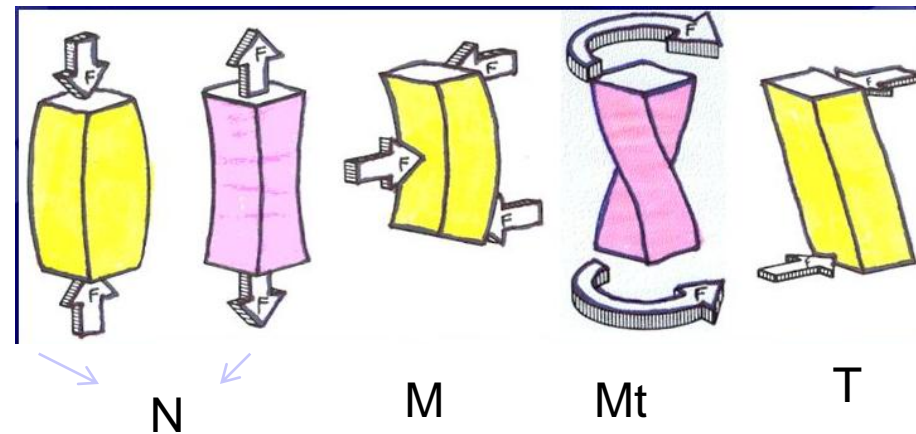
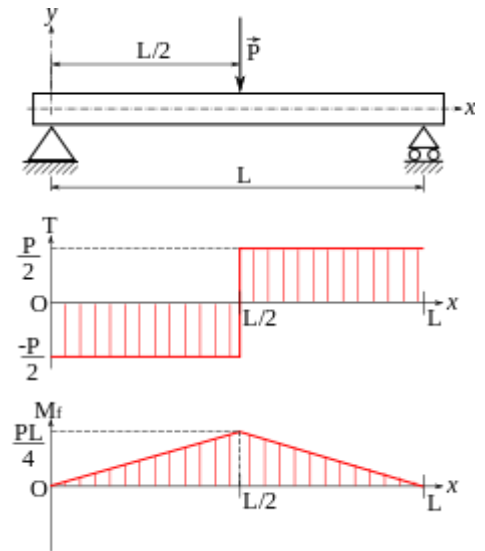
Opterećenje \rightarrow unutarnje sile i reakcije



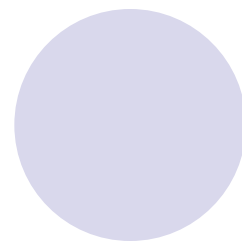
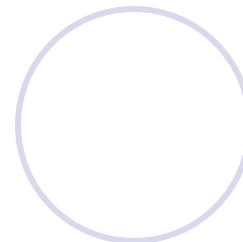
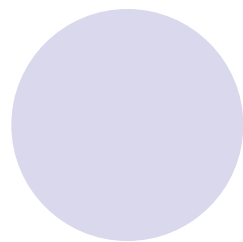
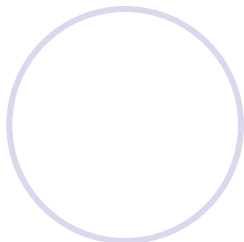
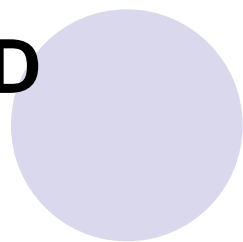
NOSIVI SUSTAV

Naprezanja-ovisna o unutarnjoj sili u elementu

Unutarnje sile se prikazuju dijagramima un.sila



UVOD



MEHANIKA

Proučava zakone ravnoteže i gibanja opterećenih tijela

MEHANIKA ČVRSTIH TIJELA

MEHANIKA FLUIDA I PLYNOVA

KINEMATIKA
(uči o gibanju bez djelovanja sila)

DINAMIKA
(uči o silama sa i bez gibanja)

STATIKA
(sile su u ravnoteži-nema gibanja)

KINETIKA
(sile nisu u ravnoteži, ima gibanja)

STATIKA KRUTIH TIJELA
(nema deformacija)

STATIKA DEFORMABILNOG TIJELA
(teorija elastičnosti, plastičnosti..)

UVOD

Osnovni pojmovi.....

❖ FIZIKA



❖ MEHANIKA

1. MEHANIKA KRUTOG TIJELA

- Kontinuum
- Apsolutno kruto tijelo

2. MEHANIKA DEFORMABILNOG TIJELA

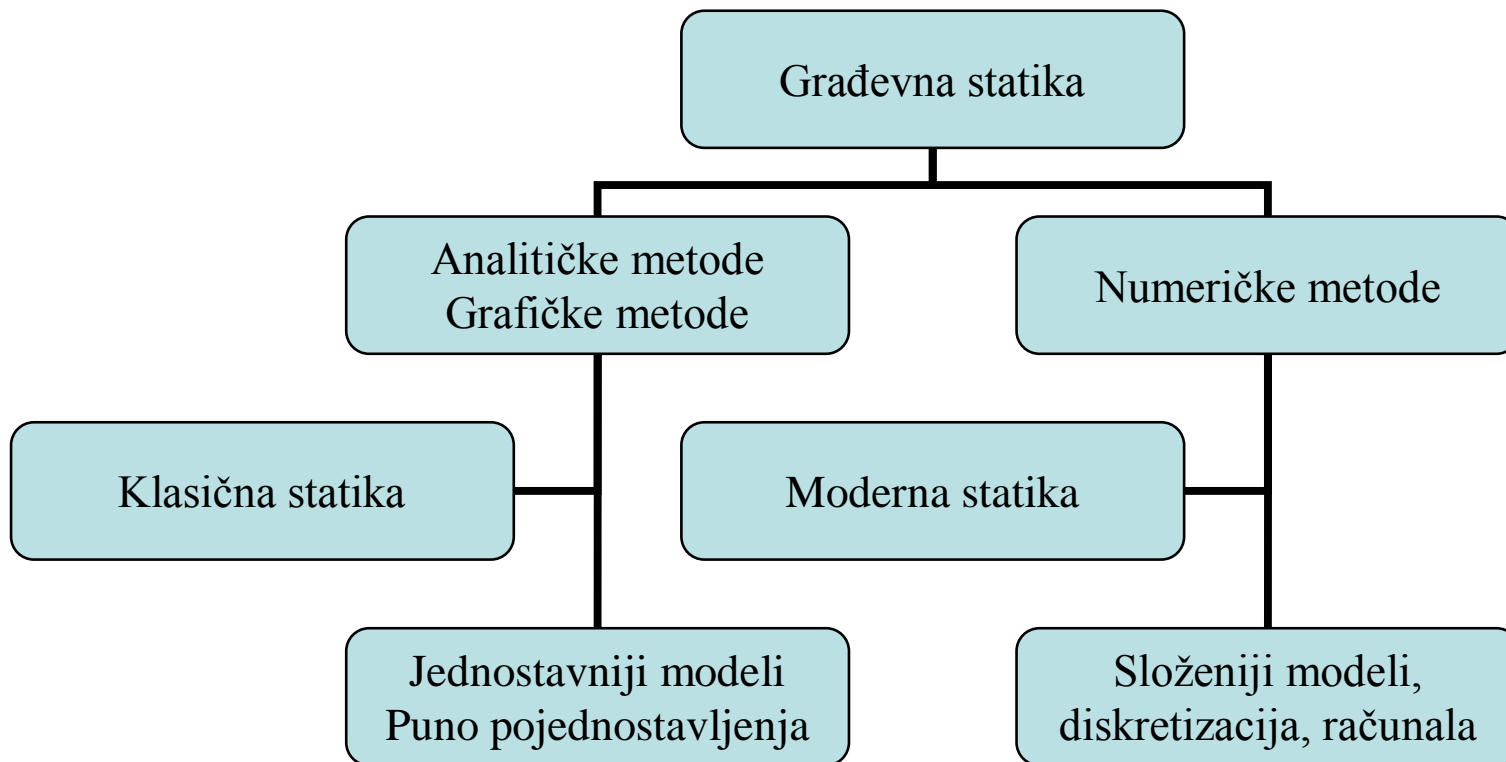
- Kontinuum

Kontinuum=idealizirani model tijela za koji pretpostavljamo da je cijeli obujam tijela jednoliko ispunjen materijom.

Materijalno tijelo=ograničen prostor ispunjen materijom, glavna svojstva tijela su:
Oblik, obujam, položaj

Apsolutno kruto tijelo=idealizirani model tijela za koji pretpostavljamo da ne mijenja niti oblik niti obujam pod djelovanjima vanjskih sila.

UVOD



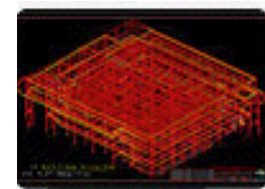
UVOD

PROJEKAT
Vrsta građevine
Oblici poprečnih presjeka
Materijal

GRAĐEVNA STATIKA
Slika modela konstrukcije
(Pojednostavljen statički sistem + opterećenje) ⇒
Presječne sile
Sile u vezama, pomaci

PRORAČUN
Poprečnih presjeka elemenata konst.
Spojeva

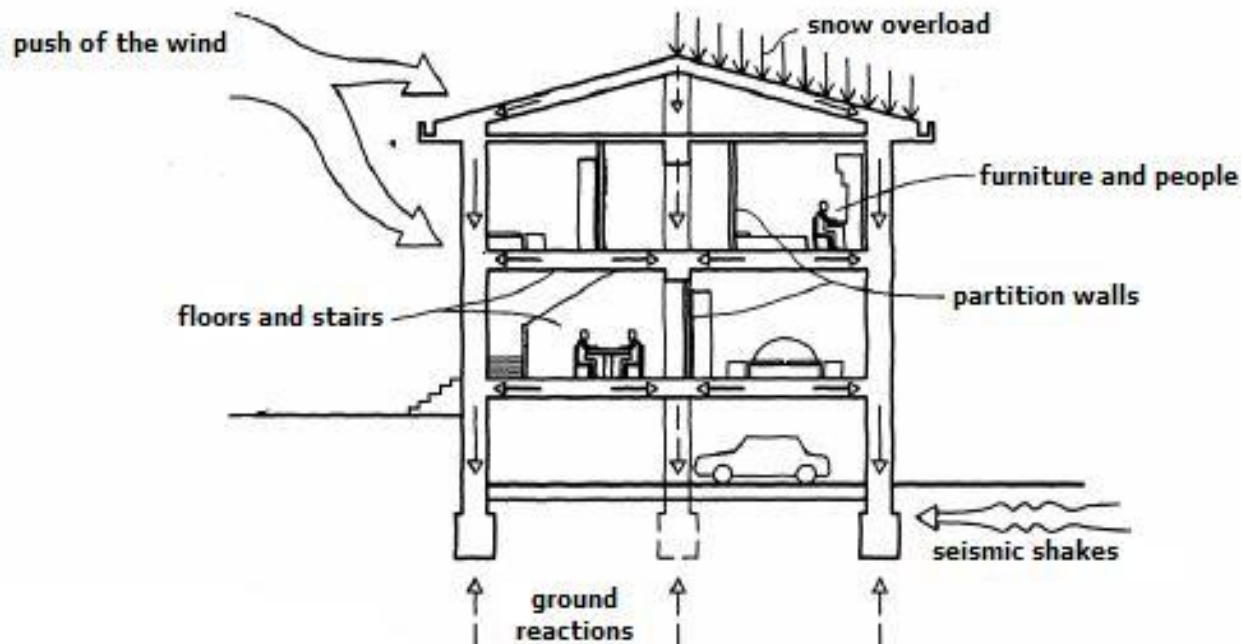
IZVOĐENJE
Etape građenja
Montaža
Organizacija gradilišta
Transport materijala i sl.



Statika kao dio ukupne inženjerske zadaće

UVOD

- U građevnoj statici uče se metode određivanja vanjskih i unutarnjih sila te pomaka i deformacija u štapnim konstrukcijama koje su izložene mirnim-statičkim opterećenjima. U građevnoj statici I obrađuju se **statički određeni sustavi**.
- Statička ili mirna djelovanja ne ovise o vremenu, a na konstrukciju se nanose sporo, bez udara, te ne izazivaju ubrzanja niti inercijalne sile.



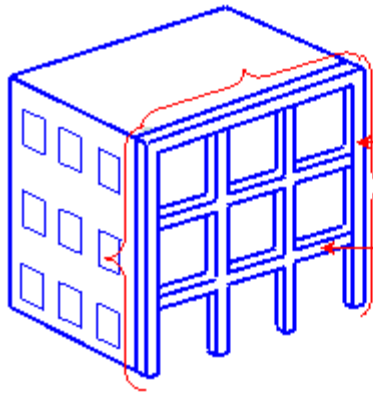
OPTEREĆENJE SE PRENOSI
KONSTRUKCIJOM PREKO
NOSIVIH ELEMENATA...
KROVNE KONSTRUK., GREDA,
STUPOVA, SERKLAŽA, PLOČA,
TEMELJA DO NOSIVOG TLA.

POJAM KONSTRUKCIJE

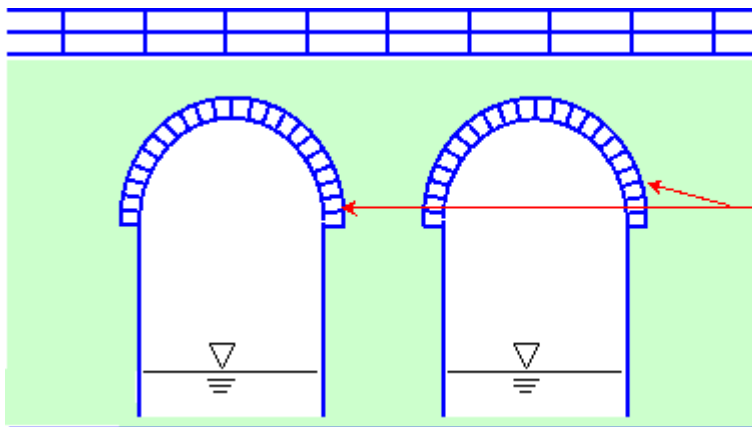
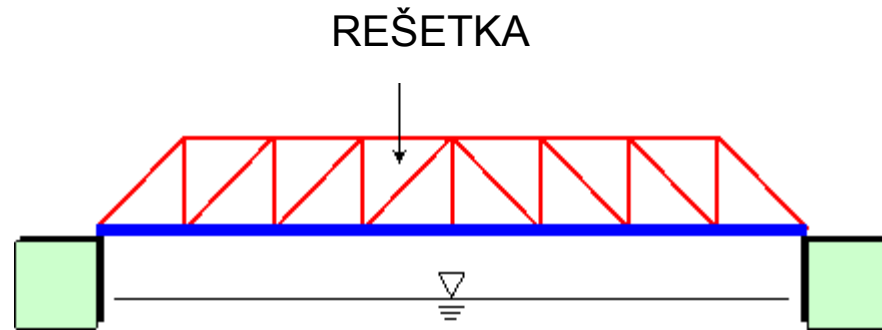
- **Konstrukcija(nosivi sklop objekta)** je element ili sustav spojenih elemenata(nosača) koji je sposoban primiti opterećenje i prenijeti ga na referentnu podlogu i ostati u ravnoteži, održavajući oblik.
- **Svojstva konstrukcije:**
 - projektirane su da preuzimaju (nose) opterećenje
 - oslonjene su na referentnu podlogu ili drugu konstrukciju što izaziva pojavu reaktivnih sila na mjestima oslanjanja
 - opterećenje koje djeluje na konstrukciju i reaktivne sile izazivaju pojavu unutrašnjih sila u elementima konstrukcije
 - elementi konstrukcije ne smiju izgubiti svoju stabilnost i nosivost niti se deformirati u mjeri koja bi izazvala probleme tijekom uporabe



STATIČKI SUSTAVI-ELEMENTI



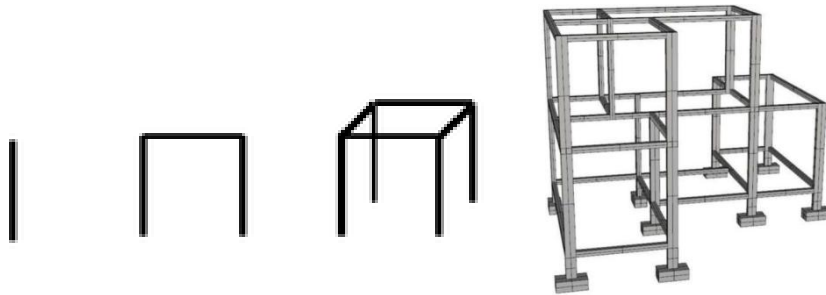
STUP
OKVIR
GREDA



LUK

UVOD

- **Štapne konstrukcije** su sastavljene od štapnih elemenata, čija je duljina znatno veća od širine i debljine .



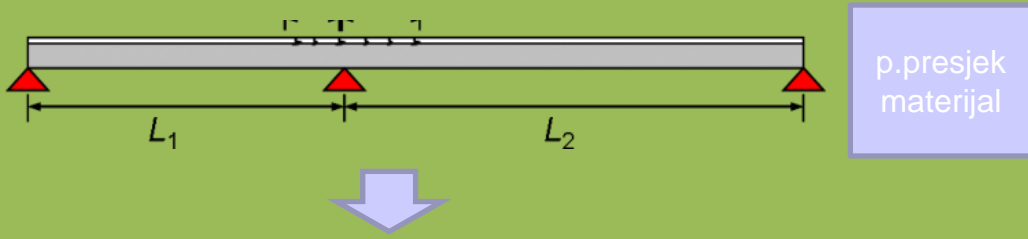
- Mogu biti ravninske ili prostorne štapne konstrukcije. Razlika u proračunu je u broju jednađbi za izračun nepoznanica-3 ili 6.
- U građevnoj statici, kod statički određenih sistema sa 3 jednađbe ravnoteže određujemo nepoznanice. (ravninski sistemi, 6 prostorni).
- $\Sigma F_x=0; \Sigma F_y=0; \Sigma M_z=0;$ $\Sigma F_x=0; \Sigma F_y=0; \Sigma F_z=0; \Sigma M_x=0; \Sigma M_y=0; \Sigma M_z=0$

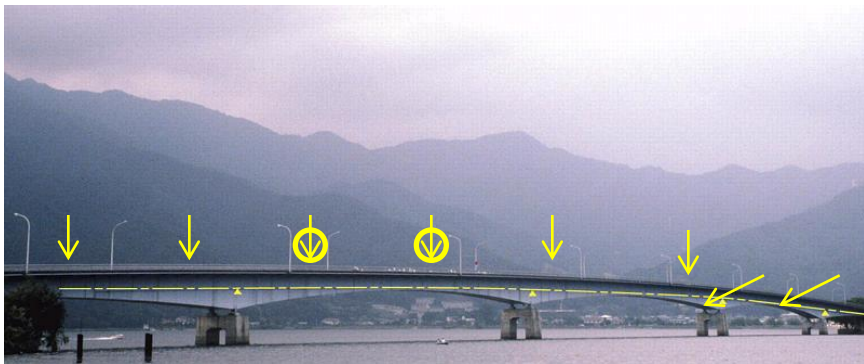
UVOD

Primjenom statike na konstrukcijama radimo:

1. Utvrđivanje oblika-proračunskog modela, geometrijske nepromjenjivosti i statičke određenosti
2. Utvrđivanje opterećenja
3. Određivanje dijagrama unutrašnjih sila, pomaka i reakcija



ULAZ	STATIČKI =PRORAČUNSKI SISTEM	IZLAZ:
OPTEREĆENJA -DIREKTNA (sile) -INDIREKTNA (slijeganje, temperature, greške izvođenja)	 <p data-bbox="569 1206 985 1363"> Jednadžbe ravnoteže Kompatibilnost pomaka Veze sila –pomak , i dr. </p>	ODGOVORI SISTEMA -REAKCIJE -UNUTARNJE SILE (DIJAGRAMI UN.SILA) -POMACI



Osa nosača s osloncima=statički sustav; analiza opterećenja



Progibna linija

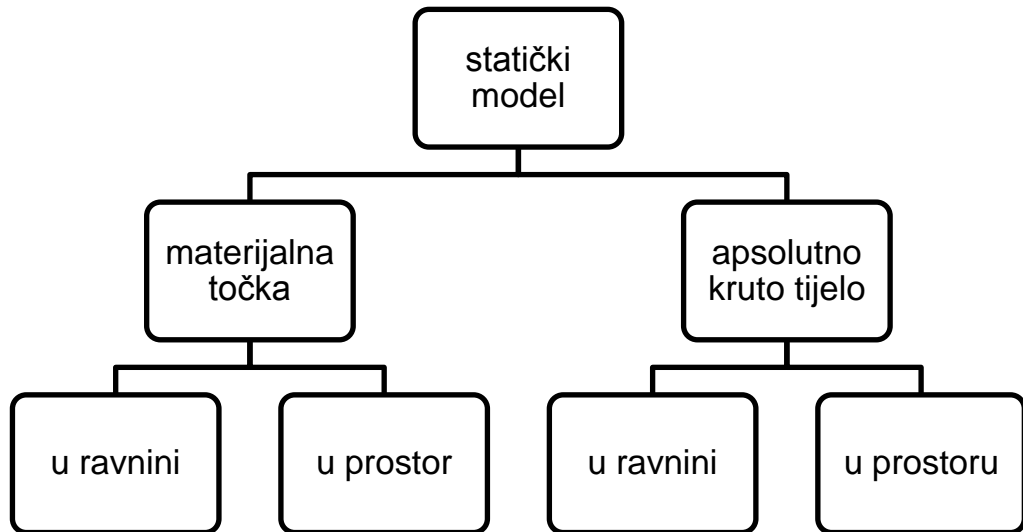


Progibna linija-točke infleksije



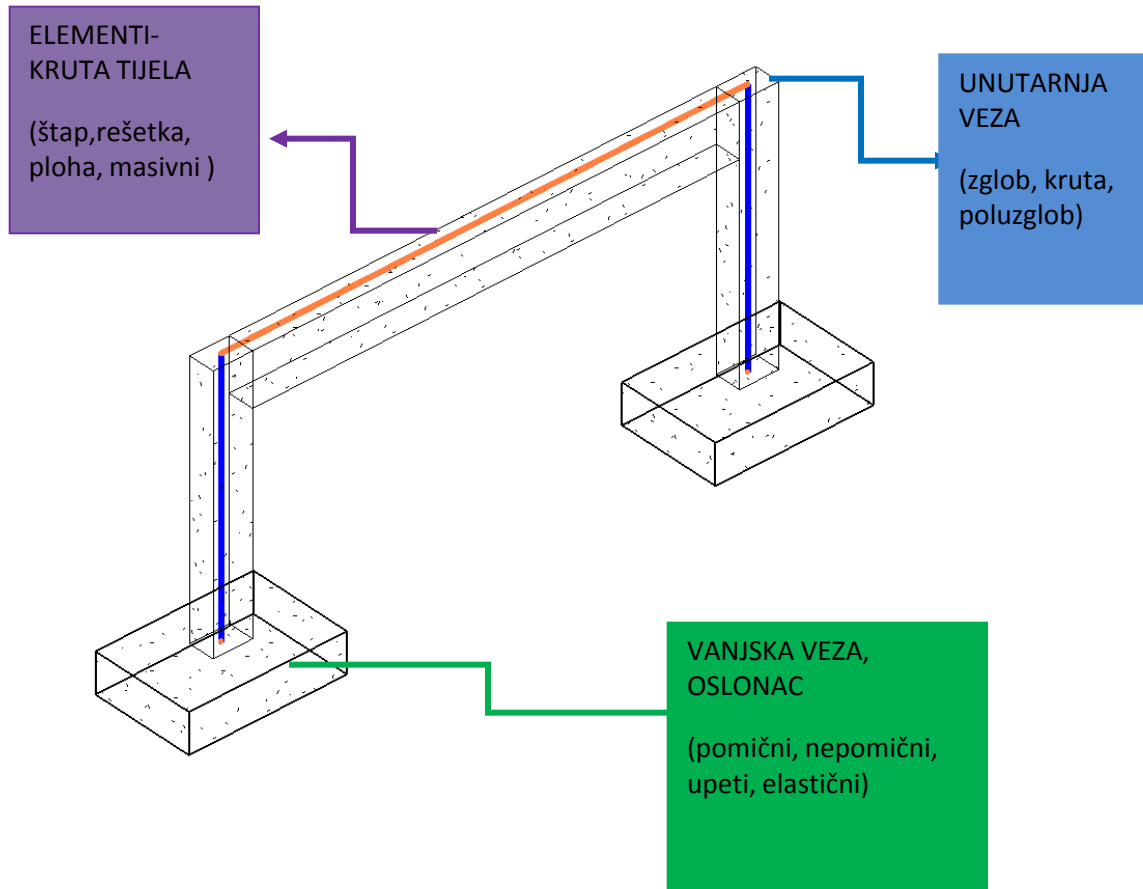
M dijagram- određuje dimenzije

STATIČKI MODELI KONSTRUKCIJA



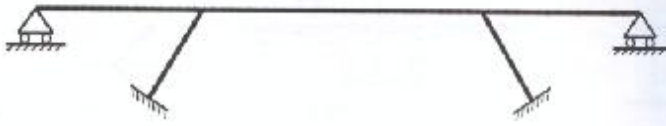
STATIČKI MODELI KONSTRUKCIJA

je sistem sastavljen od:



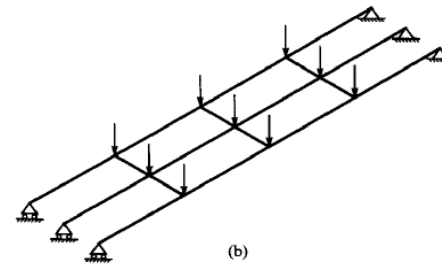
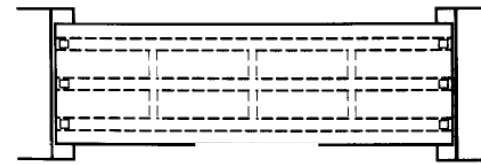
STATIČKI MODELI KONSTRUKCIJA

Konstrukcija nadvožnjaka



Statički model-ravninski okvirni sistem

Konstrukcija mosta



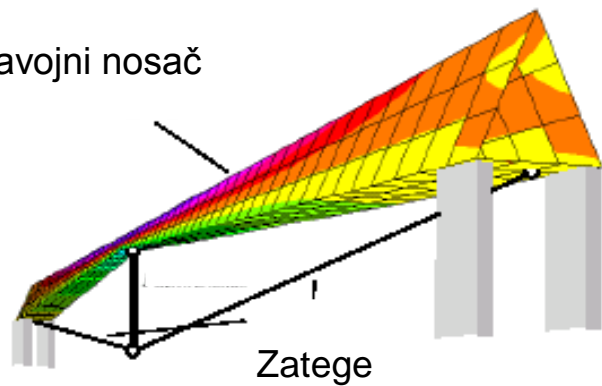
Statički model-prostorni okvirni sistem

STATIČKI MODELI KONSTRUKCIJA

Armirano betonski pješački most(štapni sistem)



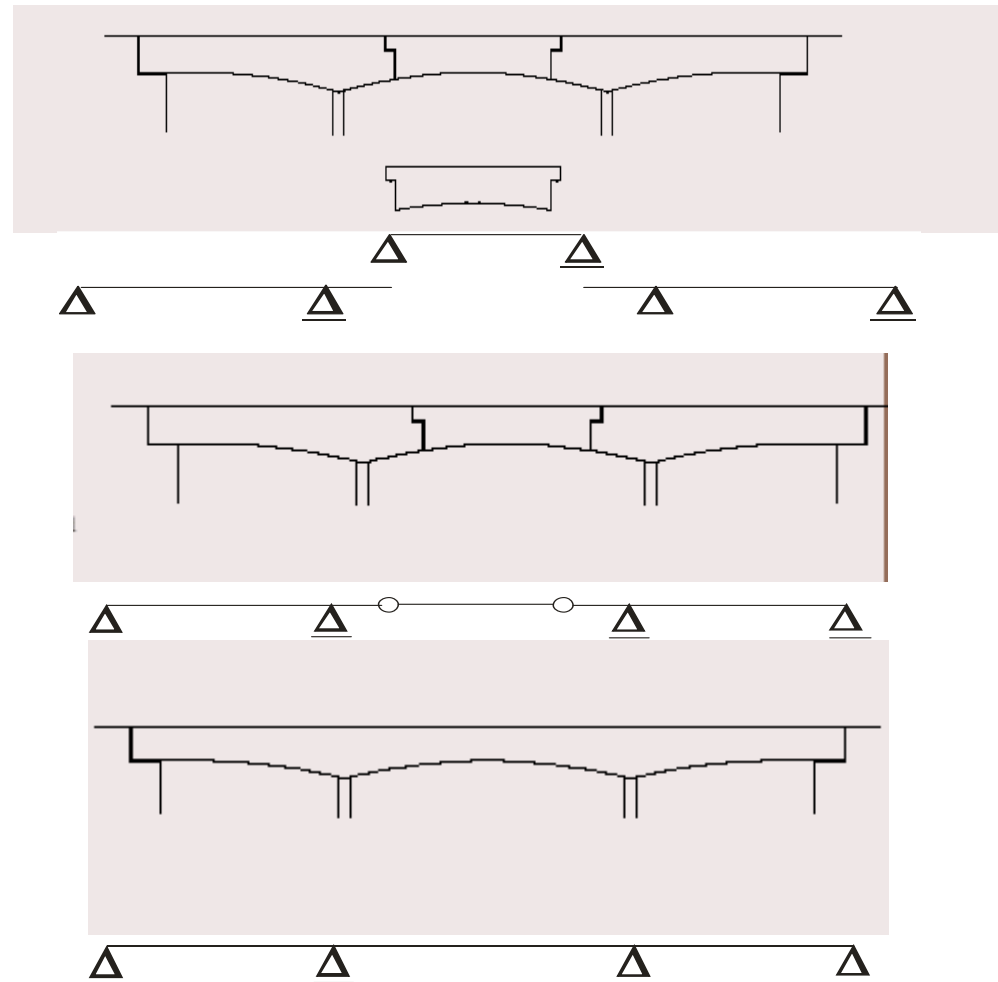
Savojni nosač



Model nosača mosta KE-numerički model

STATIČKI MODELI KONSTRUKCIJA

Za jednu konstrukciju može se izabrati više statičkih sistema (2D, 3D), treba sisteme analizirati i izabrati najpovoljniji.



AKSIOMI U STATICI

Mehanika raspolaže sa nekoliko aksioma, koji se temelje na opažanju i iskustvu.

OSNOVNI ZAKONI MEHANIKE (NEWTON)

1. Svako tijelo ostaje u stanju mirovanja ili stanju jednolikog pravocrtnog gibanja sve dok neka sila koja na nj djeluje ne promijeni to stanje. (**Zakon tromosti**)
2. Ubrzanje (vektor!) (promjena brzine) proporcionalno je sili koja djeluje na tijelo, a zbiva se u smjeru djelovanja sile. (**Zakon proporcionalnosti sile i ubrzanja**)
3. Dva tijela djeluju uvijek jedno na drugo silama koje su po veličini jednake, ali suprotna smisla. (**Princip akcije i reakcije**)

AKSIOMI STATIKE

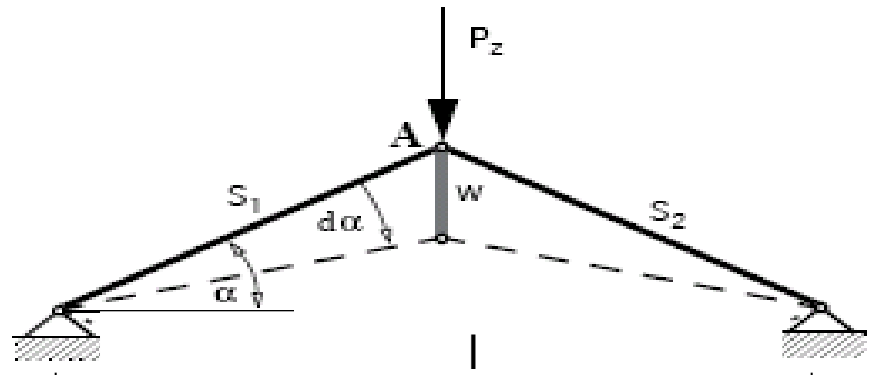
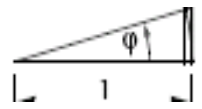
1. Ako na kruto tijelo djeluju dvije sile, ono će biti u ravnoteži ako su sile kolinearne, jednake po veličini, a usmjerene suprotno. Kolinearne sile su one sile koje leže na istom pravcu.
2. Rezultantna se dviju sila koje djeluju u istoj točki krutog tijela određuje po zakonu paralelograma. Umjesto paralelograma može se upotrijebiti trokut sila. Dakle, ove se dvije sile mogu zamijeniti rezultantom, a isto tako se ova rezultanta (dakle nova sila) može rastaviti na dvije sile koje djeluju u istoj točki, a na pravcu ove rezultante.
3. Ravnoteža ili jednoliko gibanje krutog tijela neće se promijeniti ako se tijelo oslobodi veza i umjesto njih dodaju se krutom tijelu sile koje su jednake reakcijama veza.
4. Stanje ravnoteže ili jednolikog gibanja neće se promijeniti ako se tijelu doda ili oduzme uravnoteženi sustav sila.
5. Ako deformabilno tijelo pod djelovanjem sila zauzme deformirani ravnotežni položaj, ravnoteža se neće narušiti ako se deformirano tijelo razmatra kao idealno kruto tijelo. Ovaj se aksiom često naziva i princip solidifikacije ili načelo ukrućenja.

Uvode se pretpostavke u proračunu, temeljene na opažanju i iskustvu, koje olakšavaju proračun i prave male greške.

PRETPOSTAVKE ŠTAPNE MEHANIKE:

1. Geometrijska linearnost (teorija malih pomaka).

$\sin \varphi = \tan \varphi = \varphi$
 $\cos \varphi = 1$

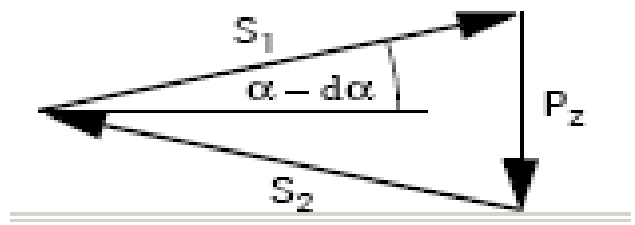
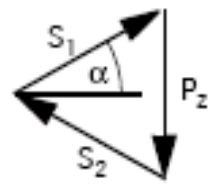


$w \leq l / 200 - l / 300$ $d\alpha < 5^\circ$

Teorija malih pomaka

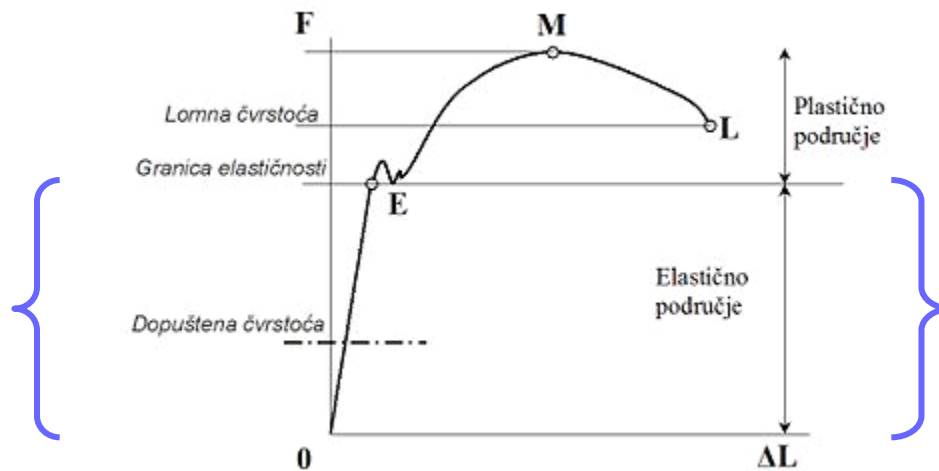
Teorija velikih pomaka

Sile u konstrukciji :



PRETPOSTAVKE ŠTAPNE MEHANIKE:

2. Fizikalna ili materijalna linearnost



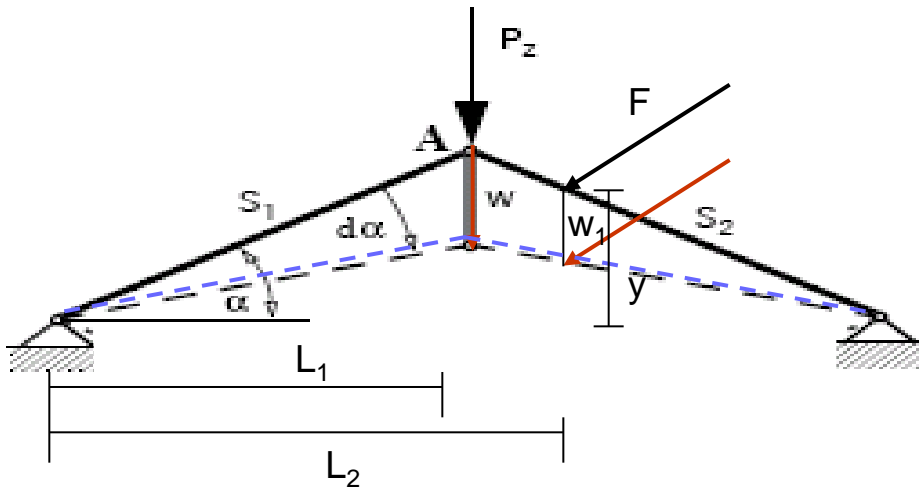
Vrijedi:

$$\sigma = E \times \varepsilon$$

$$\tau = G \times \gamma$$

PRETPOSTAVKE ŠTAPNE MEHANIKE:

3. Statička linearnost



Jednadžbe ravnoteže na nedeformiranoj konstrukciji:

$$\sum M_A = 0$$

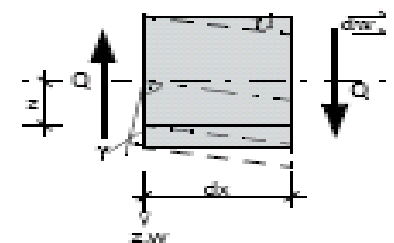
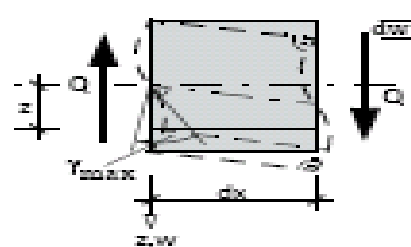
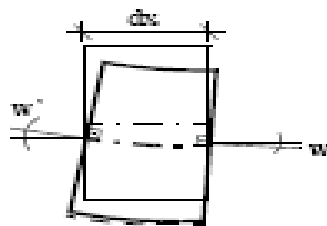
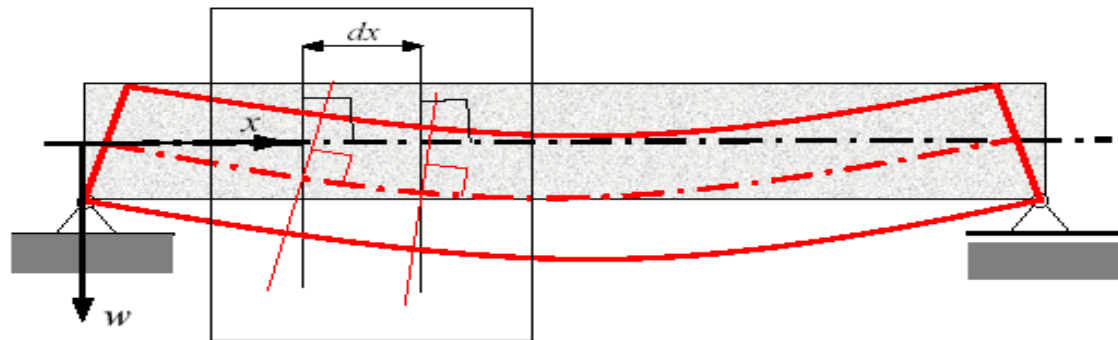
$$R_B^V \times L - P_z \times L_1 - F \times \sin \alpha \times L_2 + F \times \cos \alpha \times Y = 0$$

~~$$\sum M_A = 0$$~~

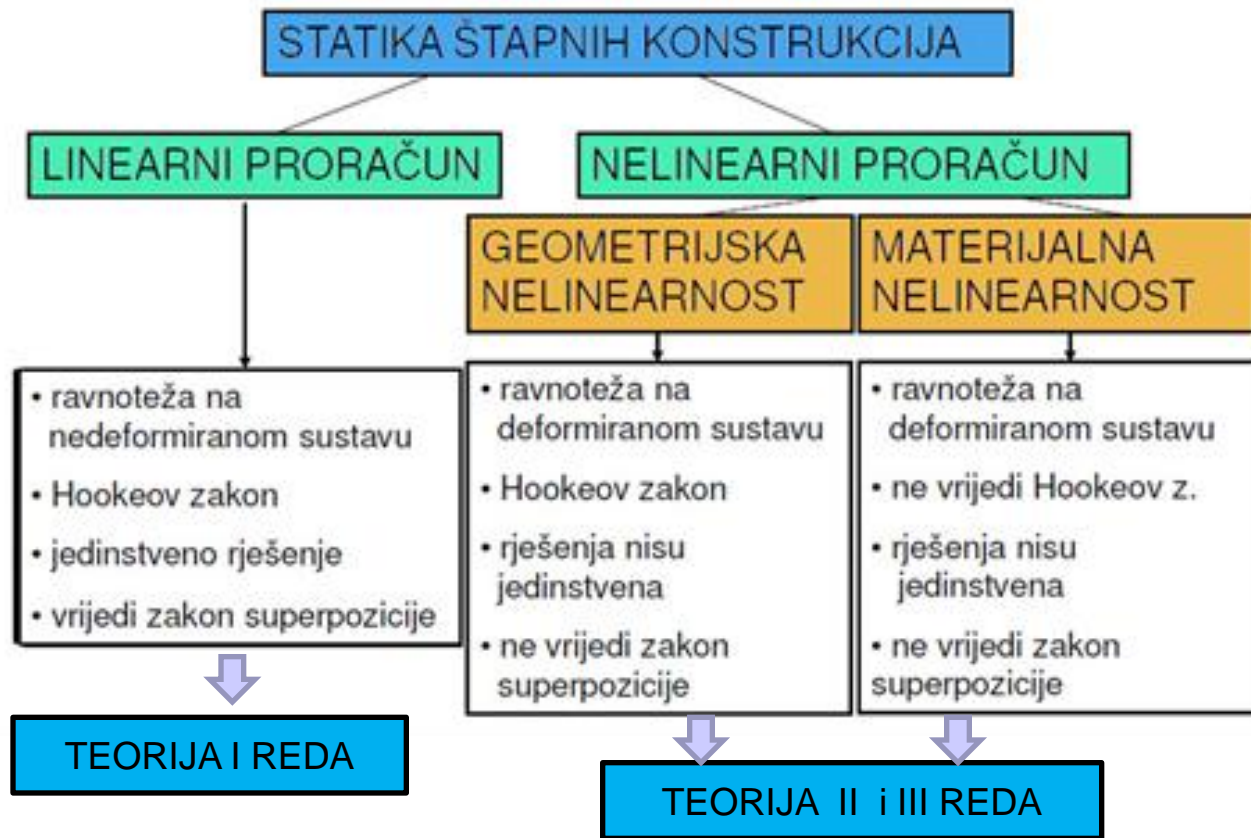
~~$$R_B^V \times L - P_z \times L_1 - F \times \sin \alpha \times L_2 + F \times \cos \alpha \times (Y - W_1) = 0$$~~

PRETPOSTAVKE ŠTAPNE MEHANIKE:

4. Pretpostavka ravnih presjeka



UVOD



Ovisno o odabranim pretpostavkama se odabire način proračuna statičkih sustava, odnosno teorija po kojoj se računa.

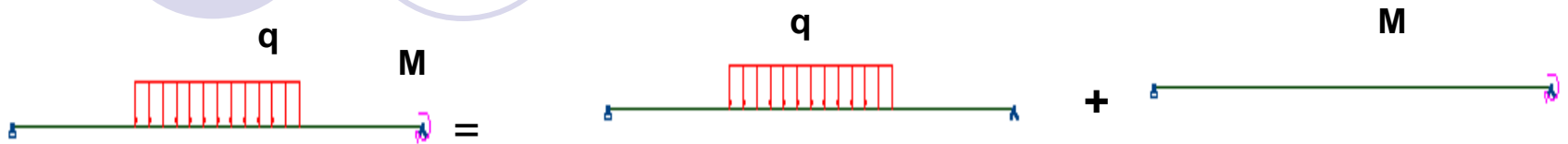
NAČELO SUPERPOZICIJE (ZBRAJANJA)

ili

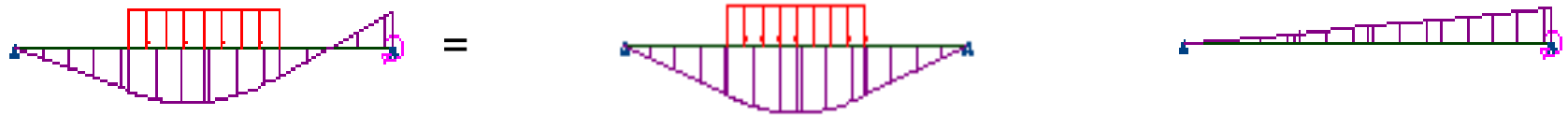
PRINCIP NEOVISNOSTI DJELOVANJA VANJSKOG OPTEREĆENJA

Djeluje li na konstrukciju više opterećenja, rezultat djelovanja (reakcije, unutarnje sile, naprezanja, deformacije, pomaci) svih opterećenja zajedno može se izračunati kao zbroj rezultata zasebnih djelovanja pojedinih opterećenja → ako za isti vrijede pretpostavke štapne mehanike.

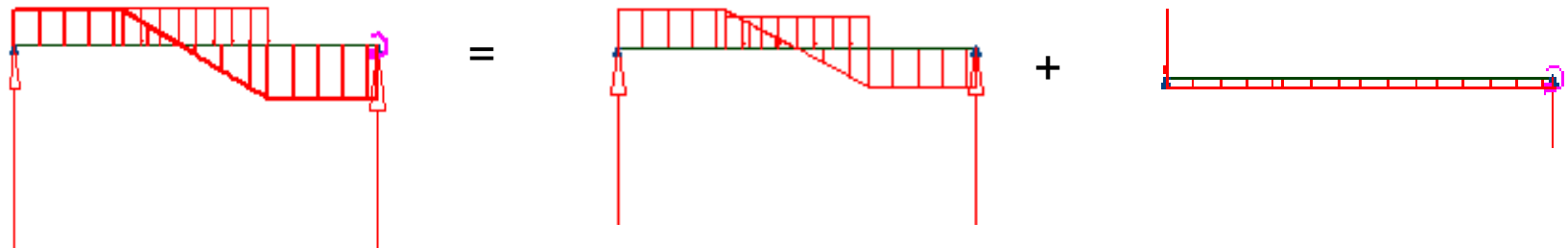
NAČELO SUPERPOZICIJE (ZBRAJANJA)



$M(x)$

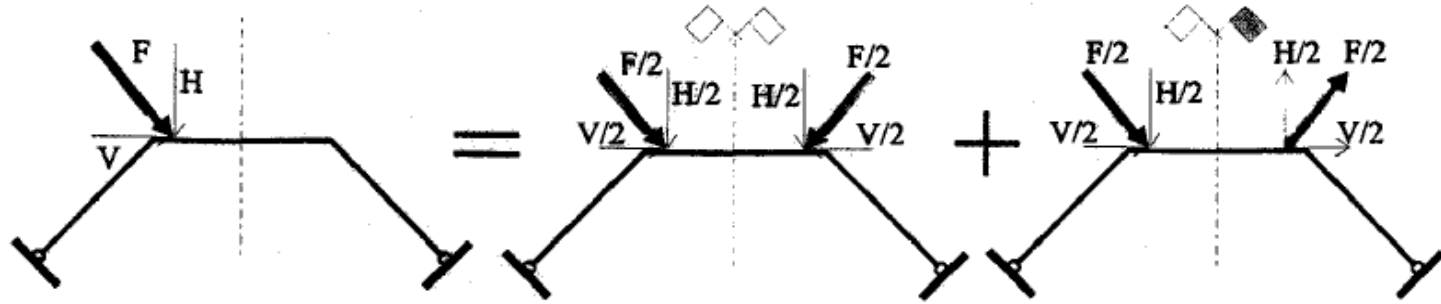


$T(x)$

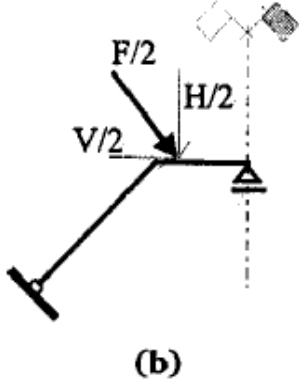
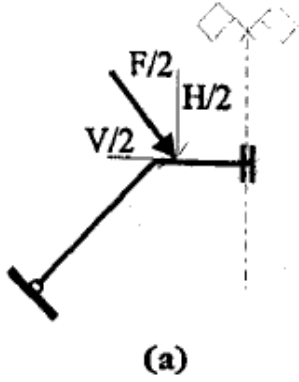


NAČELO SIMETRIJE I ANTISIMETRIJE

Uvjet: simetrija konstrukcije



1. Rastavljanje opterećenja na simetrično i antisimetrično



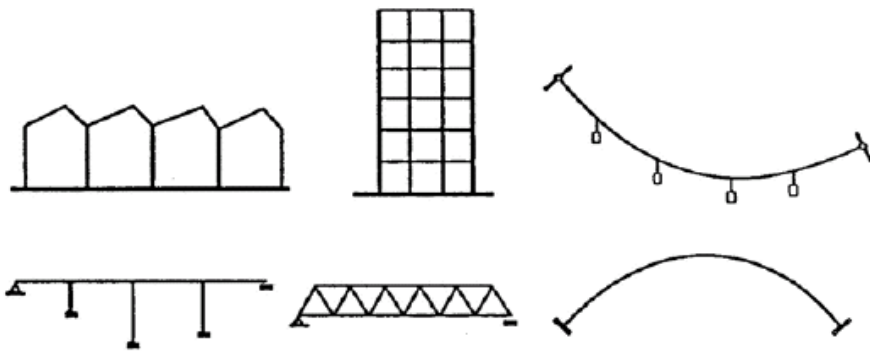
S + A = cijeli model

2. Model 1/2 konstrukcije -uz rubne uvjete simetrije i antisimetrije

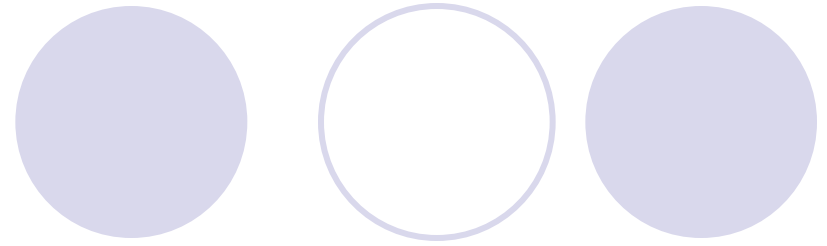
PODJELA ST. SISTEMA

a) prema geometriji tijela

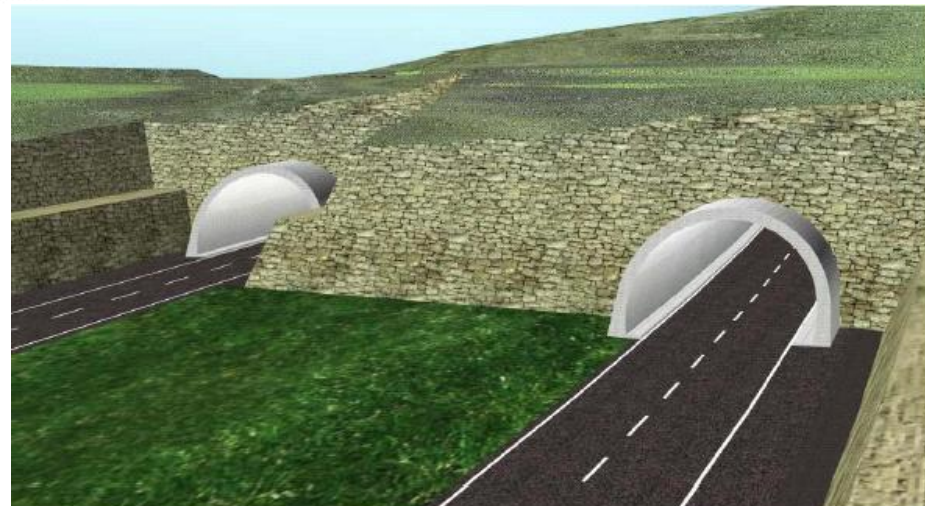
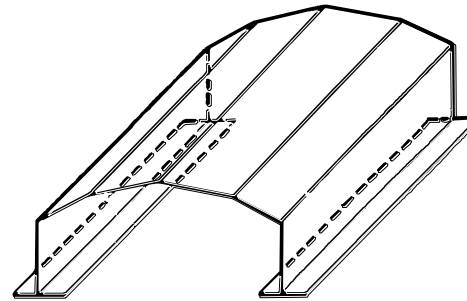
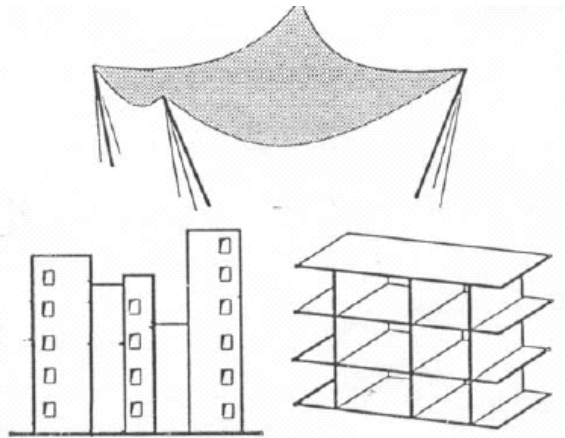
1.ŠTAPNE/LINIJSKE KONSTRUKCIJE



PODJELA ST. SISTEMA

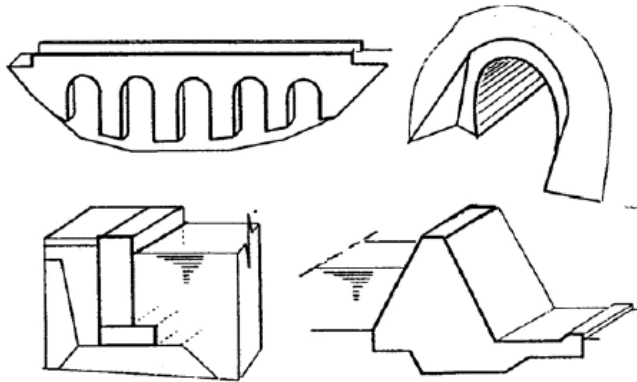


2. PLOŠNE KONSTRUKCIJE

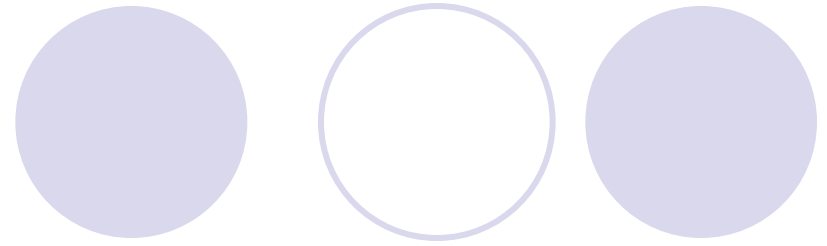


PODJELA ST. SISTEMA

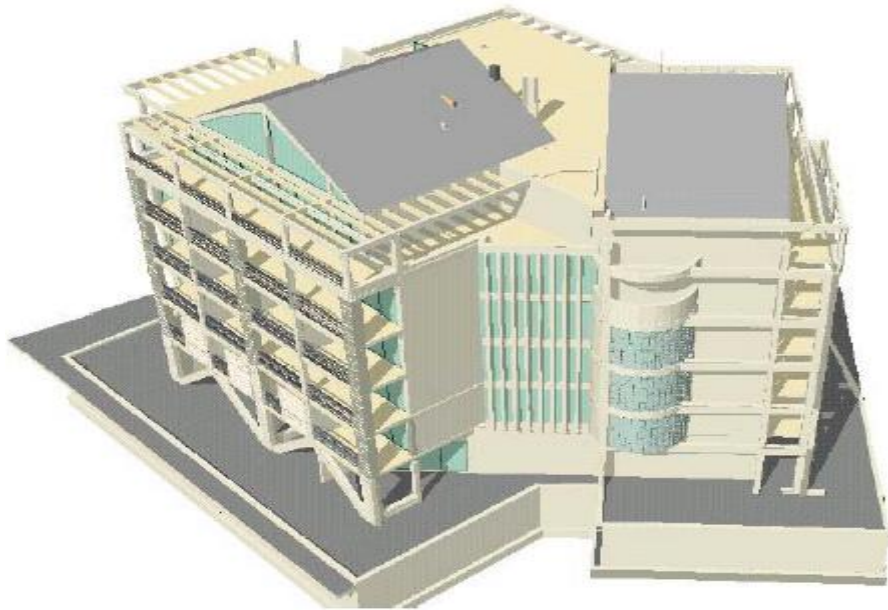
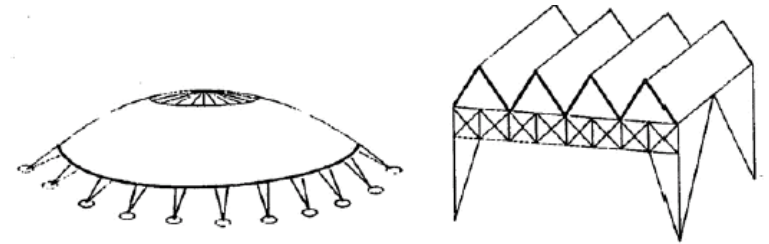
3. MASIVNE KONSTRUKCIJE



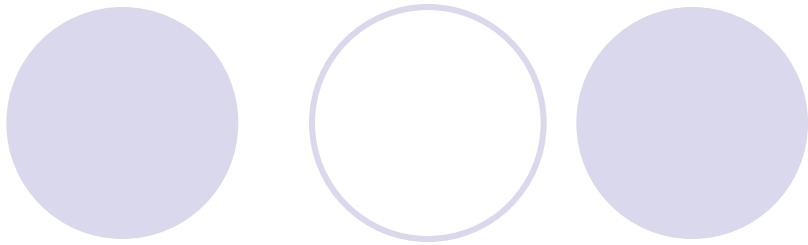
PODJELA ST. SISTEMA



4. MJEŠOVITI / SLOŽENI SUSTAVI



PODJELA ST. SISTEMA



b) Podjela konstrukcija prema stupnju kinematičke stabilnosti

Statički određene

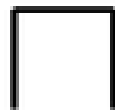


Statički neodređene

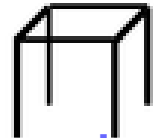


c) Podjela konstrukcija prema dimenzionalnosti u prostoru

Konstrukcije u ravnini

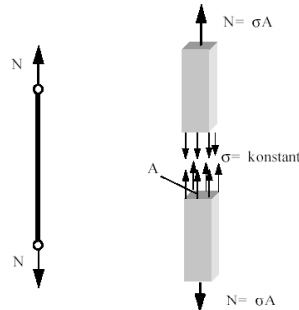


Konstrukcije u prostoru

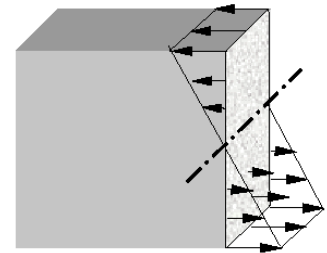


d) Podjela konstrukcija prema iskoristivosti djelovanja

Sa jednolikim napreznjima

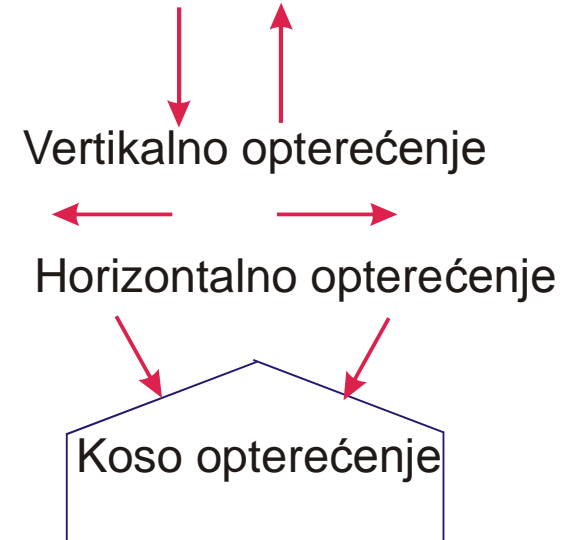


Sa nejednolikim napreznjima



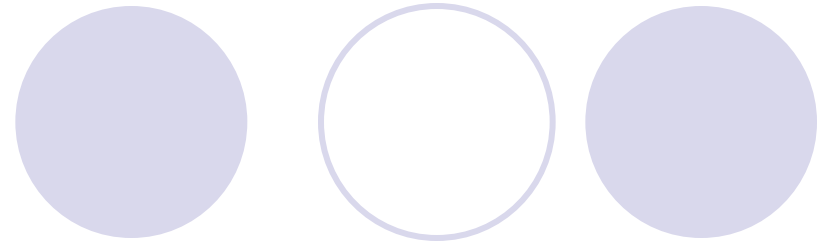
OPTEREĆENJA

- Proučavanje ponašanja konstrukcija i proračun počinje s analizom opterećenja koje djeluje na istu.
- Opterećenje prikazujemo s vektorom koji ukazuje smjer, pravac i veličinu djelovanja.



Opterećenje sistema:
-sile koje djeluju na sistem
-temperatura opterećenja
-prisilni pomaci(slijeganje)

OPTEREĆENJA



PODJELA OPTEREĆENJA

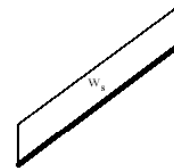
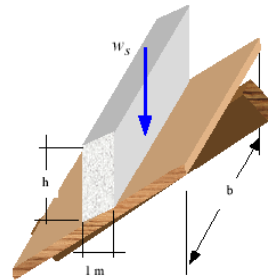
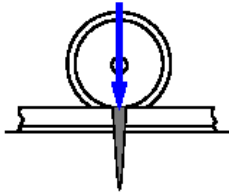
a) Prema načinu djelovanja:

-koncentrirane sile

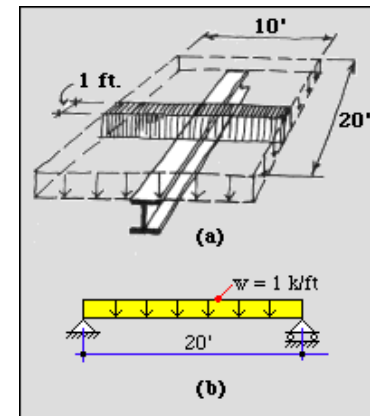
-površinska opterećenja

-linijska opterećenja

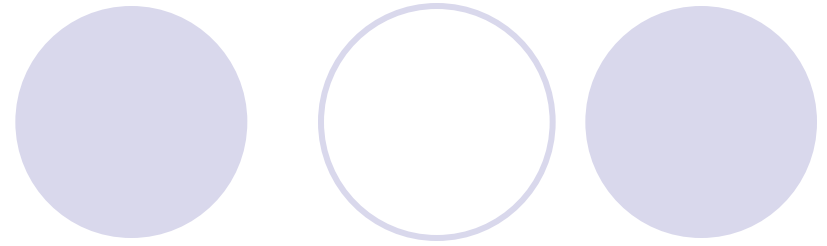
-volumenske sile



Većina opterećenja djeluju volumno.



OPTEREĆENJA



b) Prema položaju na konstrukciji

- stalna-ne mijenjaju položaj na konstrukciji (vl. težina, pritisak zemlje, težina kolovoza, tež. pokrova)
- pokretna ili povremena opterećenja-djeluju povremeno na konstrukciji i mijenjaju položaj

c) Na karakter djelovanja opterećenja

- statička
- dinamička

Opterećenja dana propisima.

