



PREDNAPETI BETON

Ana Mandić Ivanković

Dominik Skokandić

SADRŽAJ

1. Osnovna načela, povijesni razvoj, vrste i sustavi prednapinjanja
2. Materijali, sustavi i tehnologija prednapinjanja te područje primjene
3. Sila prednapinjanja, trenutni i vremenski gubitci
4. Osnovni prednapeti elementi
5. Elementi izloženi savijanju
6. Posmik i torzija
7. Progibi i pukotine
8. Prijenos prednapinjanja
9. Detalji i konstruktivna pravila za prednapete betonske konstrukcije
10. Konzolne grede
11. Kontinuirane i djelomično kontinuirane grede
12. Spregnute grede
13. Prednapete ploče
14. Elementi u tlaku
15. Kružno prednapinjanje
16. Vanjsko prednapinjanje
17. Primjeri

1.kolokvij

9

2.kolokvij

14

Popravni kolokvij

15

PREDNAPETI BETON

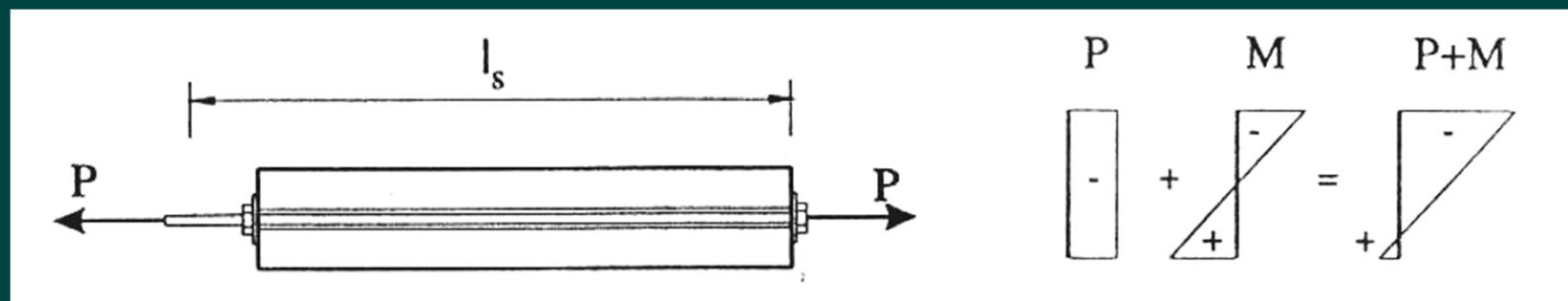
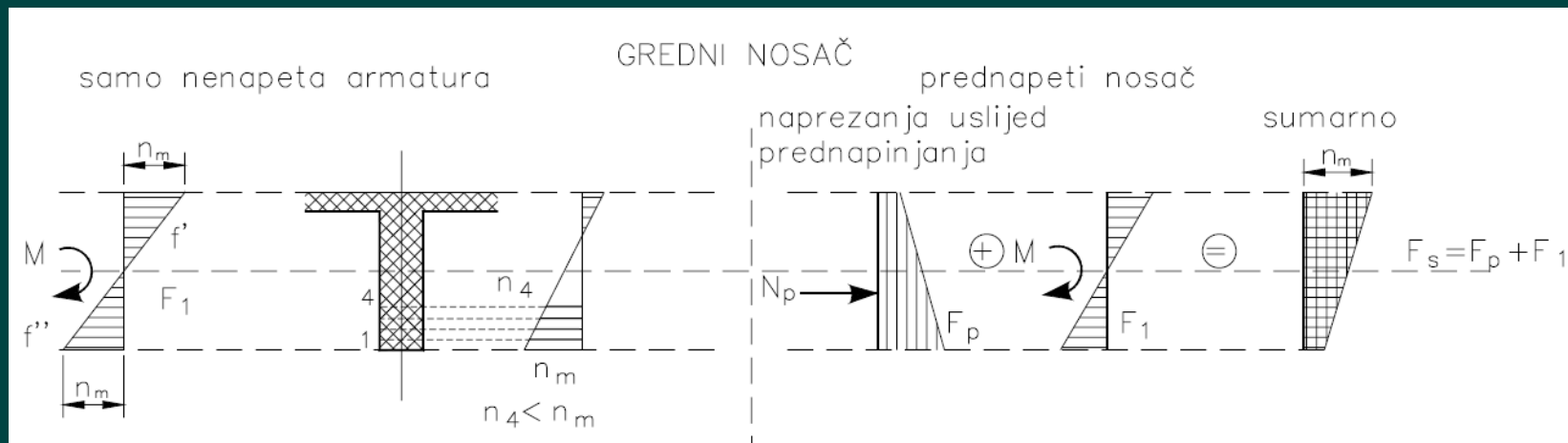


– 1 –

**OSNOVNA NAČELA,
POVIJESNI RAZVOJ,
VRSTE I SUSTAVI PREDNAPINJANJA**

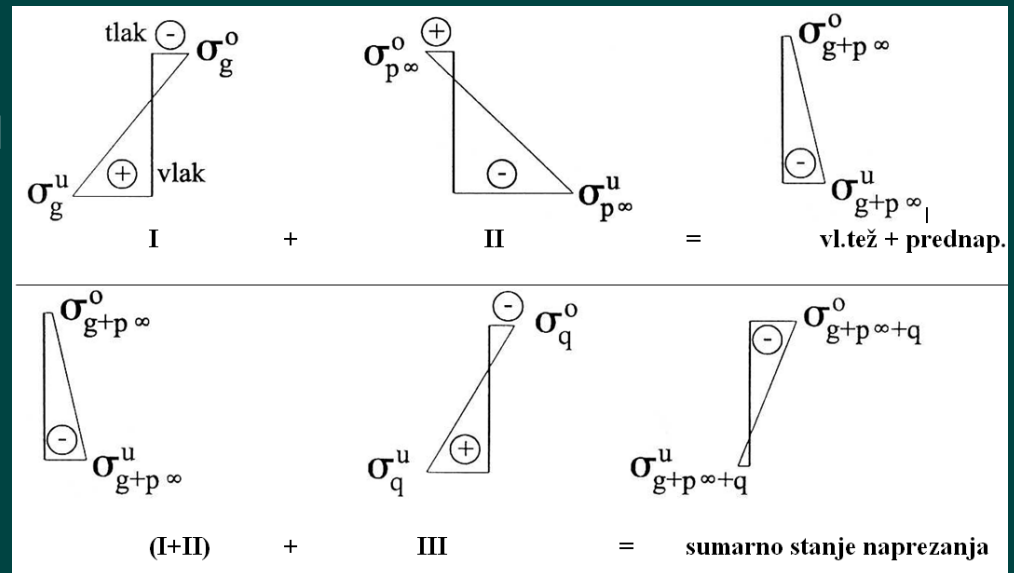
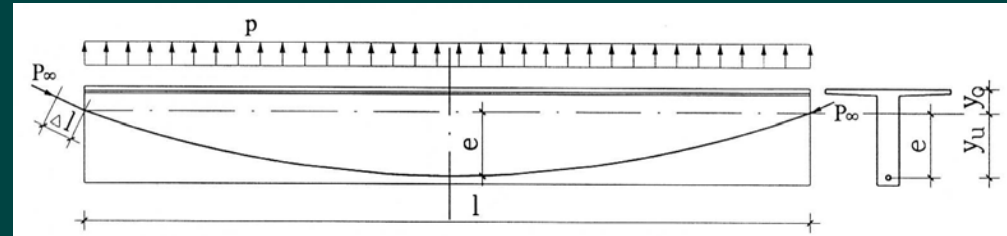
OSNOVNA NAČELA

- Razlika u odnosu na ab: uvođenje opterećenja – prednaprezanja – prije same upotrebe
- Prednaprezanje se uvodi kako bi protudjelovalo naprezanjima koja će se dogoditi tijekom uporabe



OSNOVNA NAČELA

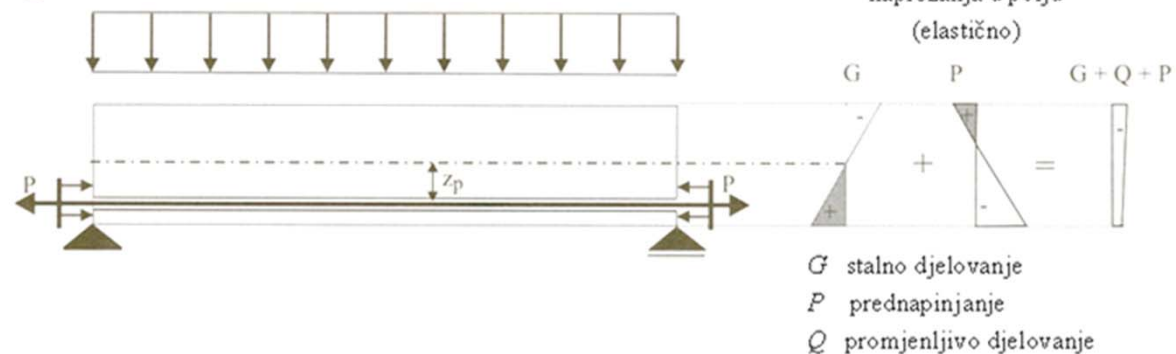
- $k = M_{dek} / M_{G+Q}$
- M_{dek} moment savijanja izazvan vanjskim opterećenjem koji je po veličini i smjeru takav da na vlačnom rubu poništi tlačna naprezanja izazvana silom prednapinjanja



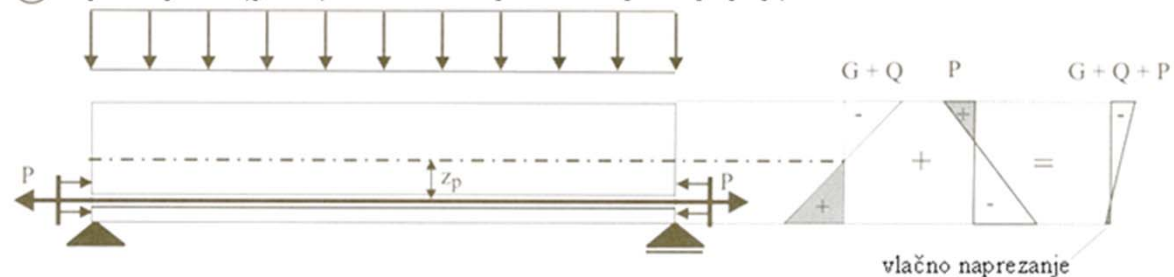
- Puno prednapinjanje: vlačno naprezanje = 0, $k=1,0$
- Ograničeno prednapinjanje: vlačno naprezanje < graničnog, $k<1,0$
- Djelomično prednapinjanje: $a_k < a_g$ (širine pukotina); $k = 0,4 - 0,7$

OSNOVNA NA

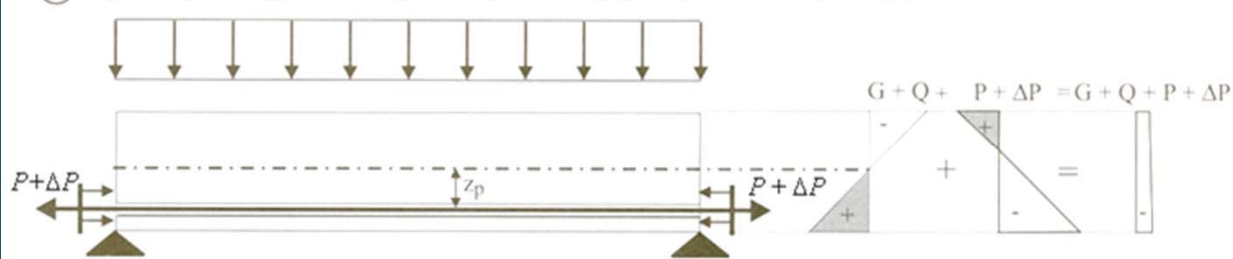
(a) djelovanje: $G + P$ (vlastita težina + prednapinjanje)



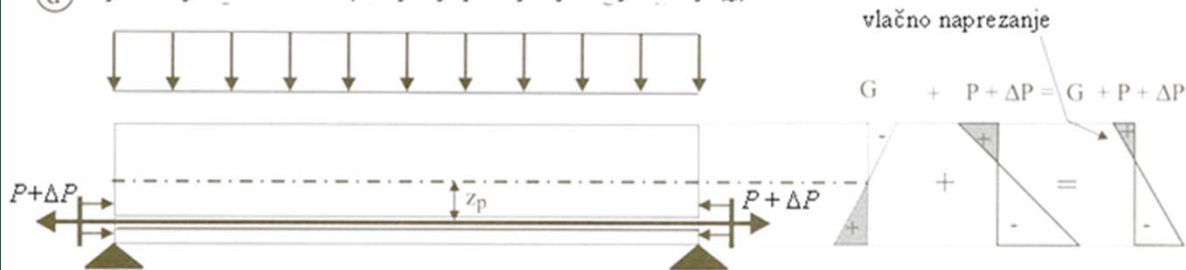
(b) djelovanje: $G + Q + P$ (vlastita težina + prometno + prednapinjanje)



(c) djelovanje: $G + Q + P + \Delta P$ (povećanje P za izbjegavanje vlačnih naprezanja)



(d) djelovanje: $G + P + \Delta P$ (ne djeluje promjenljivo djelovanje Q)



OSNOVNA NAČELA

- Načelo prednapinjanja postojalo je i prije primjene u betonu
- **Primjer 1**: metalni obruči na drvenoj bačvi
izazivaju stanje početnog prstenastog tlaka, koje će se suprotstaviti prstenastom vlaku koje izaziva tekućina u bačvi



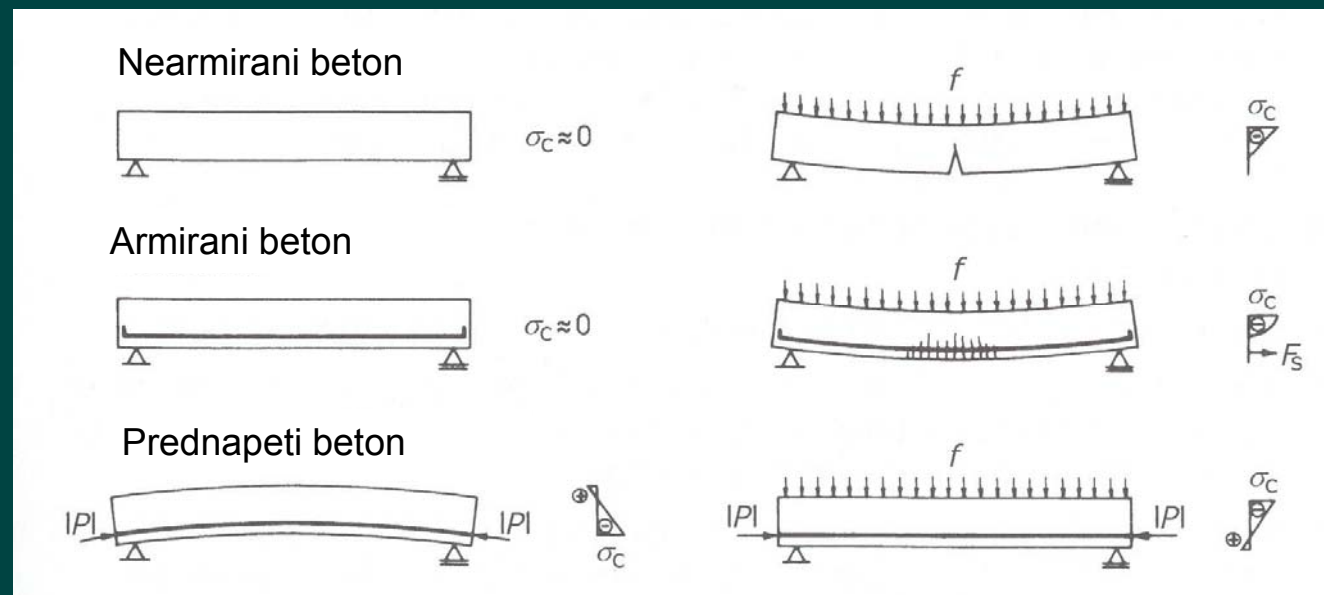
OSNOVNA NAČELA

- Načelo prednapinjanja postojalo je i prije primjene u betonu
- **Primjer 2**: prednaprezanje žica u kotaču bicikla
primjenjuje se tako da uvijek u žici postoji vlačna rezerva nosivosti, u suprotnom bi se žice izbočile



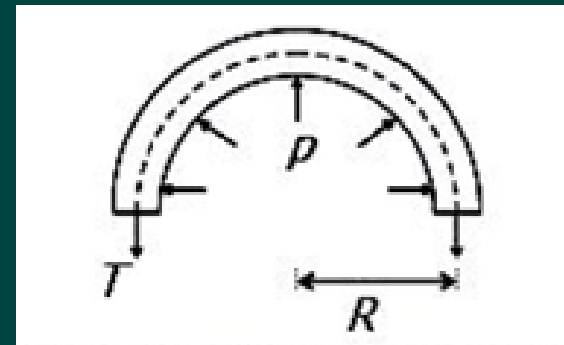
OSNOVNA NAČELA

- Kod betona unutarnji prednapon izaziva se jer:
 - Vlačna čvrstoća betona iznosi svega 8 do 14% njegove tlačne čvrstoće
 - U pločama i gredama koje su izložene savijanju javljaju se pukotine i to u ranim fazama naprezanja
 - Kako bi se te pukotina spriječile potrebno je osigurati tlačno naprezanje okomito na smjer njihova pružanja



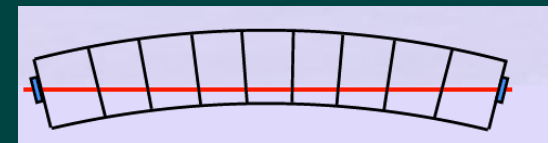
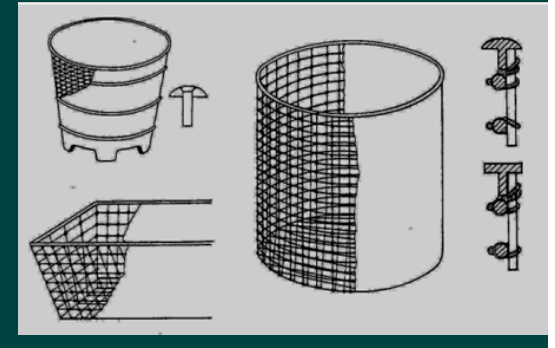
OSNOVNA NAČELA

- Kod betona unutarnji prednapon izaziva se jer:
 - Prednapinjanje poboljšava kapacitete savijanja, posmika i torzije elemenata izloženih savijanju
 - Kod cijevi i rezervoara za tekućine, prstenastom vlačnom naprezanju uspješno se suprosvavlja kružno prednapinjanje



POVIJESNI RAZVOJ

- ↓ 1824. Aspdin, J. (Engleska)
 - ↓ Patent za proizvodnju Portland cementa
- ↓ 1857. Monier, J. (Francuska)
 - ↓ Umeće čelične žice u beton kako bi proizveo tegle za cvijeće, cijevi, lukove i ploče
- ↓ 1886. Jackson, P.H. (SAD)
 - ↓ Uvodi načelo napinjanja čeličnih šipki u lukovima od umjetnog kamena ili betona
- ↓ 1888. Doebling, C.E.W., (Njemačka)
 - ↓ Proizvodi betonske ploče i male grede s ugrađenim vlačno napregnutim čelikom
- ↓ 1908. Stainer, C.R. (SAD)
 - ↓ Spoznaje gubitke usljed skupljanja i puzanja betona i predlaže ponovno napinjanje šipki kako bi se nadoknadili gubitci



POVIJESNI RAZVOJ

↓ 1923. Emperger, F., (Austrija)

↓ Razvija metodu omatanja i vlačnog prednapinjanja čeličnih žica oko betonskih cijevi



↓ 1924. Hewet, W.H: (SAD)

↓ Uvodi horizontalnu armaturu naprezanu prstenasto oko zidova betonskih spremnika uz pomoć petlji (svinutih spona)



↓ 1925. Dill, R.H. (SAD)

↓ Primjenjuje čelične šipke visoke čvrstoće koje nisu vezane za beton. Šipke se napinju i sidre nakon što beton očvrsne.

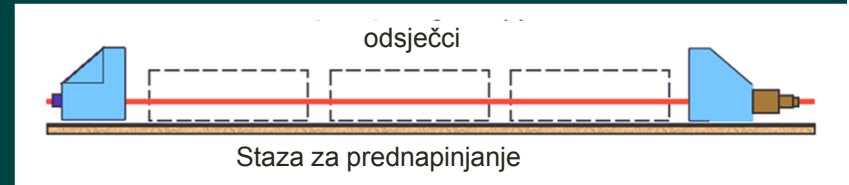
↓ 1926. Freyssinet, E. (Francuska)

↓ Primjenjuje žice od čelika visoke čvrstoće, s graničnom čvrstoćom od 1725 MPa i granicom popuštanja 1240 MPa

POVIJESNI RAZVOJ

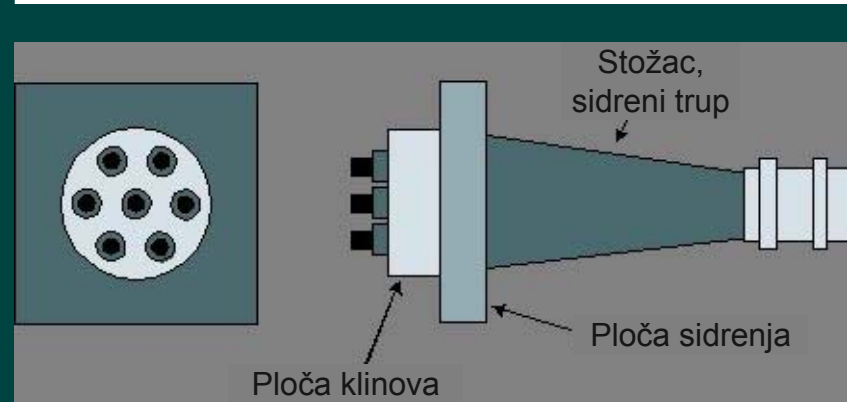
↓ 1938. Hoyer. E., (Njemačka)

↓ Razvija metodu prednapinjanja na traci "long-line"



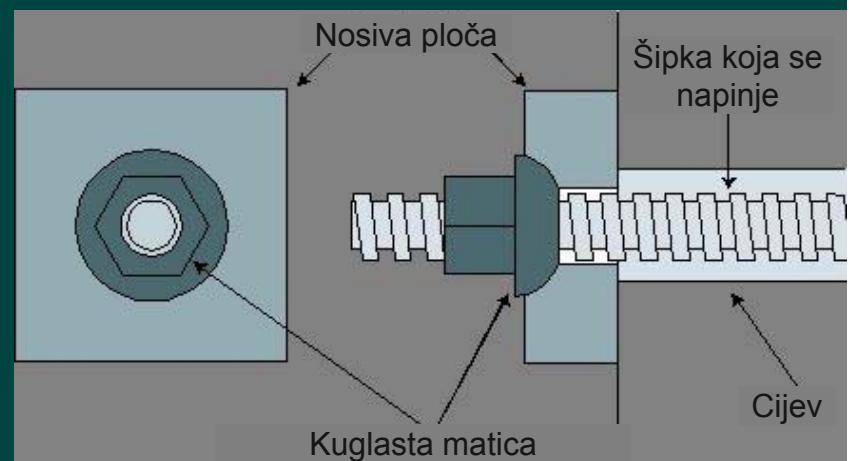
↓ 1939. Freyssinet, E. (Franc.)

↓ Razvija stožaste klinove za rubno sidrenje kod naknadnog prednapinjanja



↓ 1940. Mangel, G. (Belgija)

↓ Razvija sustav sidrenja za naknadno prednapinjanje pomoću plošnih klinova



POVIJESNI RAZVOJ

↓ II svj.rat porast primjene prednapetog i predgotovljenog betona

↓ Guyon, Y. (Francuska), prednapeti mostovi u zapadnoj i srednjoj Europi

↓ Abeles, P.W. (Engleska), djelomično prednapinjanje

↓ Leonhard, F., (Njemačka); Mikhalior, V. (Rusija); Lin, T.Y. (SAD)

↓ 1952. osniva se FIP u Europi

↓ The International Federation for Prestressing

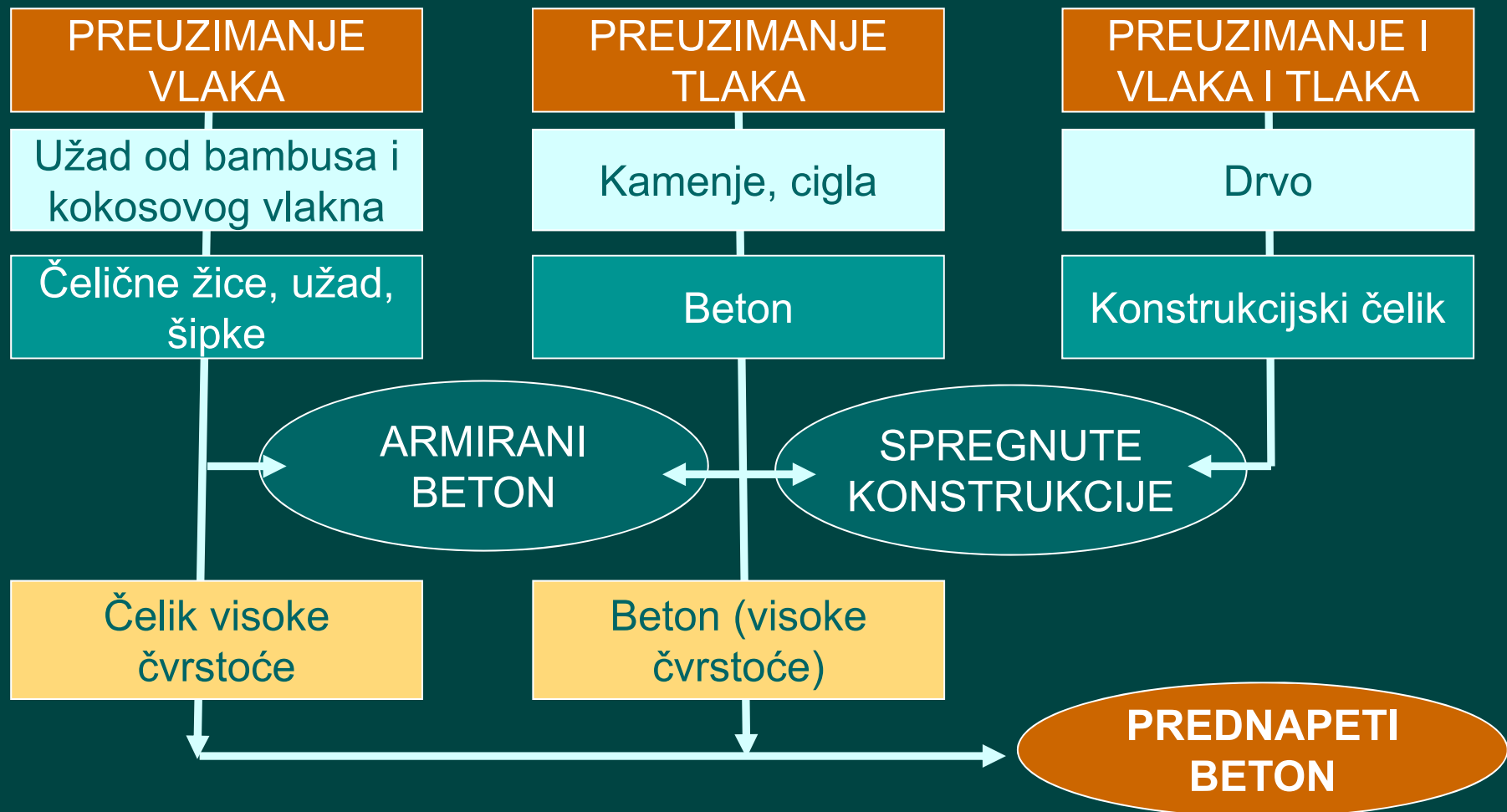
↓ 1954. osniva se PCI u SAD

↓ The Precast/Prestressed Concrete Institute

↓ Širi se primjena prednapetog betona kod okvira zgrada, garaža, stadiona, tračnica, mostova, ploča u zgradama, hala tornjeva, spremnika...

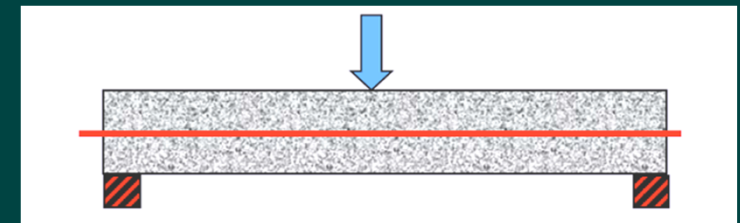
POVIJESNI RAZVOJ

- Razvoj prednapetog betona može se promatrati u sklopu razvoja tradicionalnih materijala za građenje



POVIJESNI RAZVOJ

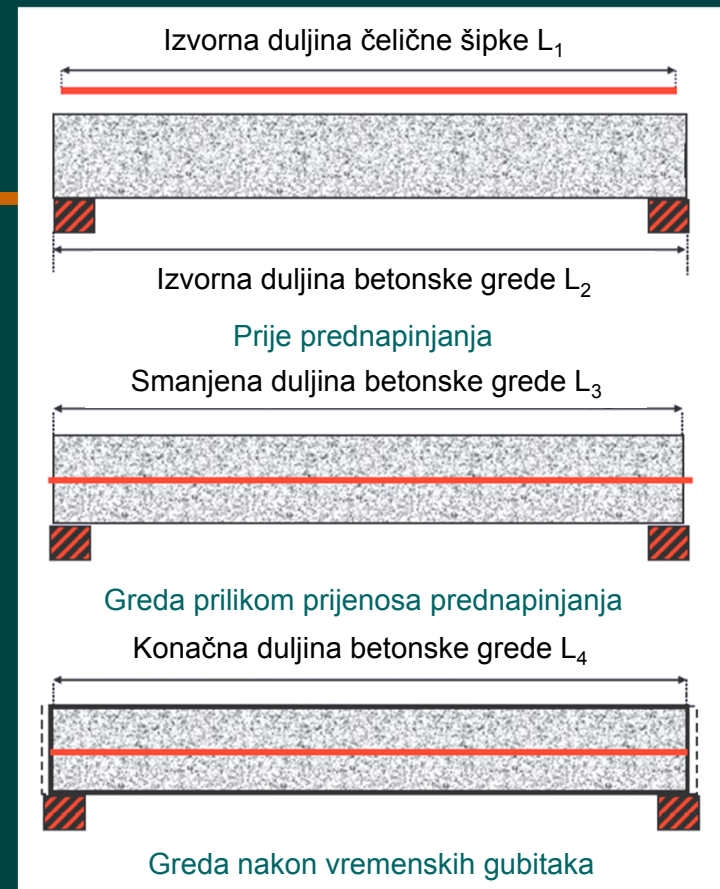
- ❑ Rani pokušaji prednapinjanja (krajem 19 st.) nisu bili potpuno uspješni.
 - Mekane čelične žice postavljaju se i napinju te se naknadno oko njih lijeva beton.
 - Nakon očvršćavanja betona, vlak u žicama se otpušta. Žice ponovno pokušavaju postići svoju izvornu duljinu, ali je ovo spriječeno okolnim betonom. Stoga je beton u stanju prednaprezanja tlakom. Sposoban je suprotstaviti se vlačnom naprezanju usljed opterećenja.
 - Ali s vremenom učinak prednapinjanja se smanjuje. Pod trajnim opterećenjem elementi otkazuju.
 - Naime, beton se skuplja. Uz to pod trajnim opterećenjem deformacije se povećavaju s vremenom – deformacije puzanja. Usljed puzanja i skupljanja događa se skraćenja čelika te se bitno gubi vlačno naprezanje.



POVIJESNI RAZVOJ

- Rani pokušaji prednapinjanja (krajem 19 st.) nisu bili potpuno uspješni.
 - Čvrstoća žica i deformacija tijekom prednapinjanja bila je puno manja nego danas. Preostala deformacija odnosno naprezanje iznosili su svega 10% početne vrijednosti.
 - Preostala deformacija u čeliku = početna vlačna deformacija u čeliku – tlačna deformacija koja odgovara trenutnim i vremenskim gubitcima

Promjena duljine prednapete grede

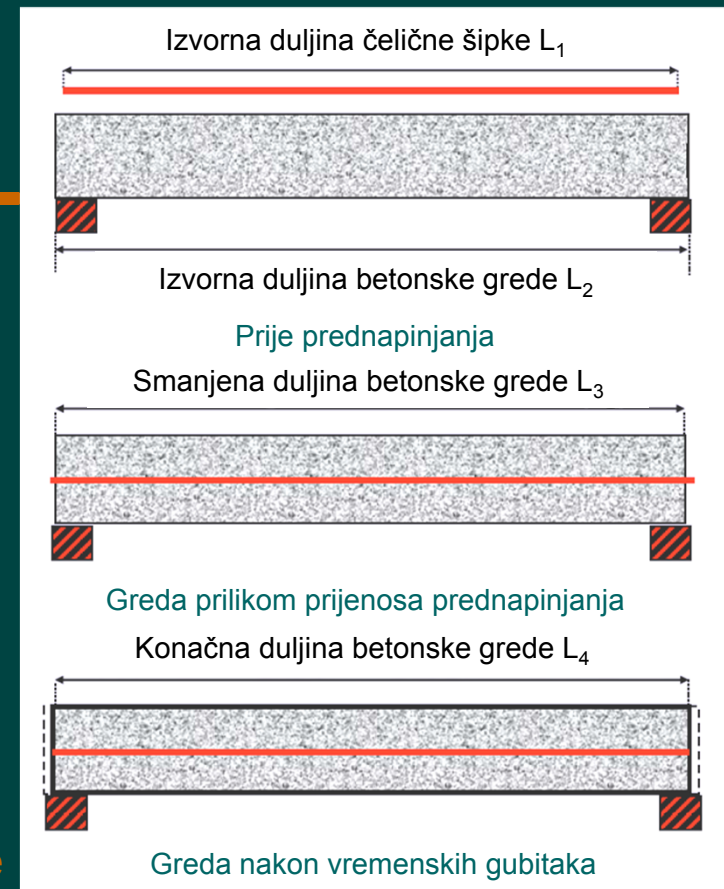


- Početna vlačna deformacija u čeliku $= (L_2 - L_1) / L_1$
 - Tlačna deformacija usljed elastičnog skraćenja betona (trenutni gubitci) $= (L_2 - L_3) / L_1$
 - Tlačna deformacija usljed puzanja i skupljanja (vremenski gubitci) $= (L_3 - L_4) / L_1$
 - Preostala deformacija u čeliku $= (L_4 - L_1) / L_1$
 - Maksimalna izvorna vlačna deformacija mekog čelika
 $= \text{dozvoljeno naprezanje} / E = 140 \text{ MPa} / 2 \times 10^5 \text{ MPa} = 0,0007$
 - Ukupni gubitci deformacije $\approx 0,0007$
- Preostala deformacija zanemariva

POVIJESNI RAZVOJ

- ❑ Rani pokušaji prednapinjanja (krajem 19 st.) nisu bili potpuno uspješni.
 - Čvrstoća žica i deformacija tijekom prednapinjanja bila je puno manja nego danas. Preostala deformacija odnosno naprezanje iznosili su svega 10% početne vrijednosti.
 - Preostala deformacija u čeliku = početna vlačna deformacija u čeliku – tlačna deformacija koja odgovara trenutnim i vremenskim gubitcima

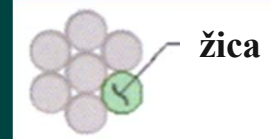
Promjena duljine prednapete grede



- ❑ Kako povećati preostalu deformaciju i djelotvornost prednapinjanja?
- ❑ RJEŠENJE!!!
 - Upotrijebiti čelik visoke čvrstoće s daleko većim početnim deformacijama ➡ visoka razina sile prednapinjanja
 - Upotrijebiti beton veće čvrstoće da bi izdržao veliku silu prednapinjanja

OSNOVNI POJMOVI

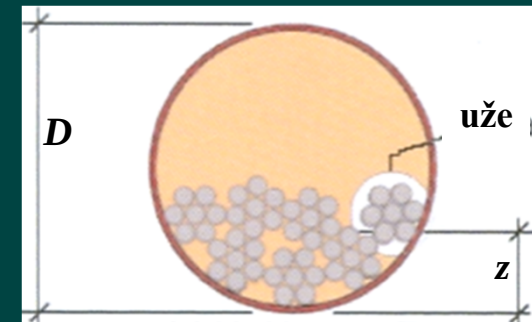
□ **ŽICA** pojedinačni element od čelika, *wire*



□ **UŽE** 2, 3 ili 7 žica povezano da tvore uže, *strand*

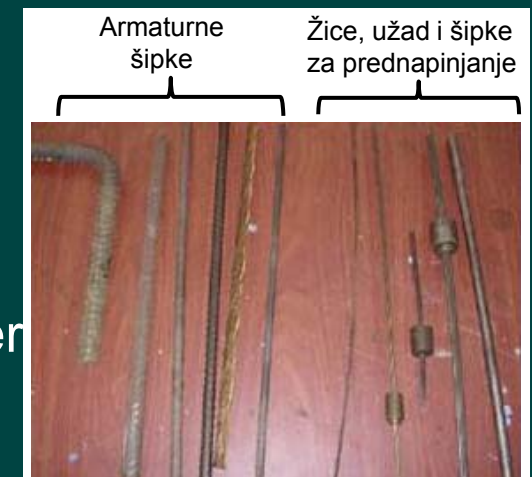


□ **KABEL** ili NATEGA (pojedinačni), *tendon*
grupa užadi ili žica povezanih da
tvore nategu; primjenjuju se kod
naknadnog prednapinjanja



□ **KABEL** ili NATEGA (grupa kabela), *cable*
primjenjuju se kod mostova

□ **ŠIPKA** pojedinačna čelična šipka, *bar*,
također može biti prednapeta. Promjer
je daleko veći od promjera žice.



OSNOVNI POJMOVI

□ SLOBODNA NATEGA

- natega je odvojena od betona cijelom duljinom; ne primjenjuje se injekciona smjesa; zaštita čelika za prednapinjanje osigurava se injektiranjem sredstava za zaštitu od korozije na osnovi ulja ili voska

□ SPREGNUTA NATEGA

- Natega je povezana s betonom cijelom duljinom; prati deformacije betona; natega su spregnute kod prethodnog napinjanja i kod naknadnog prednapinjanja uz primjenu injekcione smjese u cijevima

□ FAZE OPTEREĆENJA PREDNAPETIH ELEMENATA

- | | | |
|---------------|-----|----------------------------------|
| 1. Početna | 1.A | Prednapinjanje čelika |
| | 1.B | Prijenos prednaprezanja na beton |
| 2. Prijelazna | | opterećenja tijekom transporta |
| 3. Konačna | 3.A | tijekom uporabe |
| | 3.B | tijekom izvanrednih događaja |

PREDNOSTI

1. Pod uporabnim opterećenjem presjek ostaje neraspucan

- ▶ Smanjenje korozije čelika

 - ▶ povećanje trajnosti

- ▶ Cijeli presjek je upotrebljiv

 - ▶ viši moment inercije (veća krutost)

 - ▶ manja deformabilnost (poboljšana uporabljivost)

- ▶ Povećanje nosivosti na posmik (kosina kabela)

- ▶ Prikladnost kod spremnika pod tlakom, rezervoara

- ▶ Poboljšano ponašanje pod dinamičkim djelovanjem i zamorom

PREDNOSTI

2. Velika vitkost, velik odnos L/H

► Mogućnost svladavanja većih raspona

- Smanjenje vlastite težine
- Estetika vitkih konstrukcija
- Ekonomski povoljniji presjeci

	PLOČA	L/h		max L (m)	
	statički sustav	armirano-betonski	prednapeti	armirano-betonski	prednapeti
	slobodno oslonjena greda	17	22	15,0	25,0
	kontinuirani nosač	22	28*	20,0	30,0

* kod pločastih mostova s vutama L/h može ići do 40

PREDNOSTI

3. Prikladnost za izgradnju od predgotovljenih elemenata

- ▶ Brža izgradnja
- ▶ Bolja kontrola kvalitete
- ▶ Manja potreba za održavanjem
- ▶ Prikladnost za tipske konstrukcije
- ▶ Smanjenje potrebe za oplatom, višekratno korišćenje



OGRANIČENJA

- ❑ Prednapinjanje zahtijeva iznimnu tehnološku vještinu – ipak se primjenjuje manje nego armirani beton.
- ❑ Potreba za materijalima visokih čvrstoća predstavlja veći trošak.
- ❑ Dodatni trošak čini i pomoćna oprema
- ❑ Kvaliteta kontrole i nadzor pri provedbi prednapinjanja su od velike važnosti.



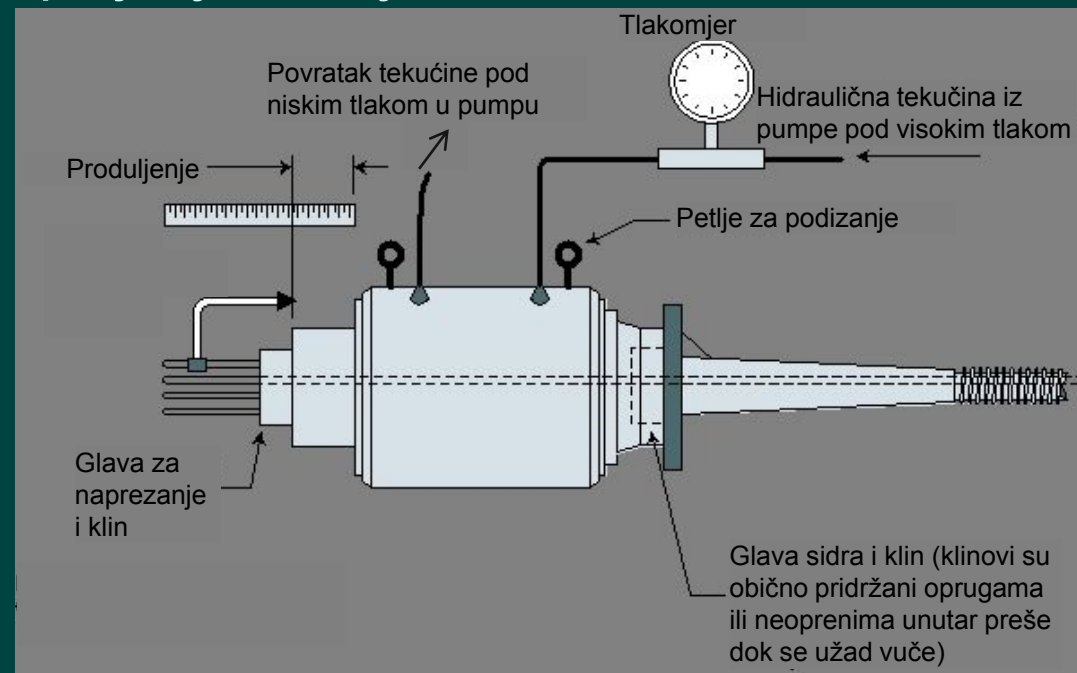
VRSTE PREDNAPINJANJA

A) Prema načinu postizanja sile prednapinjanja:

1. HIDRAULIČKO PREDNAPINJANJE

- ▣ Najjednostavnije, proizvodi velike sile prednapinjanja
- ▣ Hidraulične preše primjenjuju se za napinjanje kabela, sadrže kalibrirani tlakomjer koji pokazuje intenzitet sile koja se tijekom napinjanja razvija

Hidraulička preša za prednapinjanje užadi



VRSTE PREDNAPINJANJA

A) Prema načinu postizanja sile prednapinjanja:

2. MEHANIČKO PREDNAPINJANJE

- ▣ Sustav se sastoji od utega bez ili sa prijenosnom polugom, opreme za prijenos s kolotutom, vijčane dizalice sa ili bez zupčanika i strojeva za namatanje žice.
- ▣ Primjenjuje se za masivnu proizvodnju.

3. ELEKTRIČNO ILI TERMO-ELEKTRIČNO PREDNAPINJANJE

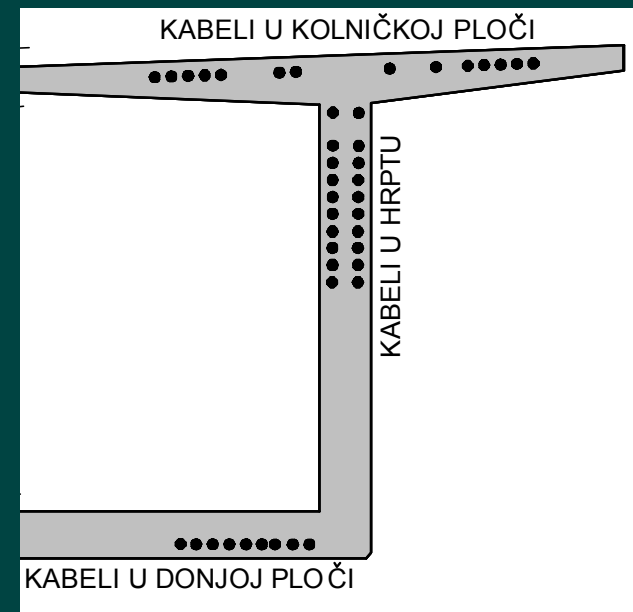
- ▣ Čelične žice se zagrijavaju strujom i sidre prije lijevanja betona u kalupe.

VRSTE PREDNAPINJANJA

B) Prema položaju natege u odnosu na betonski presjek:

1. UNUTARNJE PREDNAPINJANJE

- ▣ Kabel ili užad su unutar samog betona
- ▣ Učestalija primjena



VRSTE PREDNAPINJANJA

B) Prema položaju natege u odnosu na betonski presjek:

2. VANJSKO PREDNAPINJANJE

- ▣ Kabeli se nalaze izvan samog betona
- ▣ Izvan betonskog nosača I presjeka, izvan zida, unutar šupljine sandučastog presjeka
- ▣ Primjenjuje se pri gradnji i ojačavanju mostova i pri ojačavanju zgrada



VRSTE PREDNAPINJANJA

C) Prema obliku elementa koji se prednapinje:

1. LINEARNO PREDNAPINJANJE

- Kada su prednapeti elementi ravni ili plosnati, u smjeru prednapinjanja.
- Prednapinjanje greda, pilota, ploča, stupova, željezničkih pragova.
- Natega može biti zakrivljena (kontinuirane grede)



VRSTE PREDNAPINJANJA

C) Prema obliku elementa koji se prednapinje:

2. KRUŽNO PREDNAPINJANJE

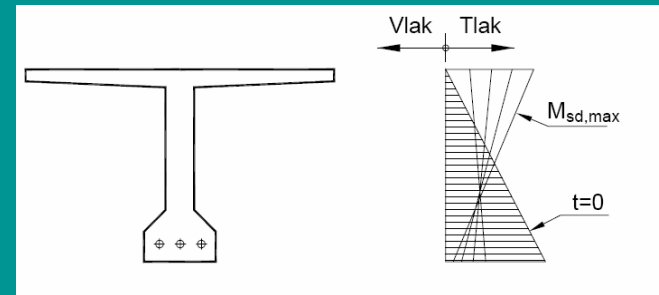
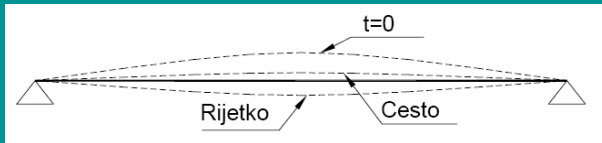
- Kada su prednapeti elementi zakrivljeni u smjeru prednapinjanja.
- Prednapinjanje silosa, rezervoara i cijevi po obodu.



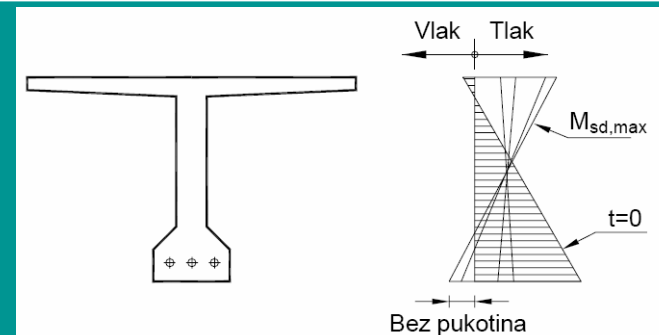
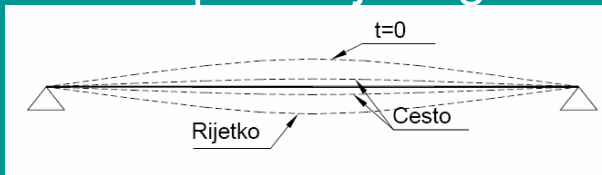
VRSTE PREDNAPINJANJA

D) Prema razini do koje se prednapinje:

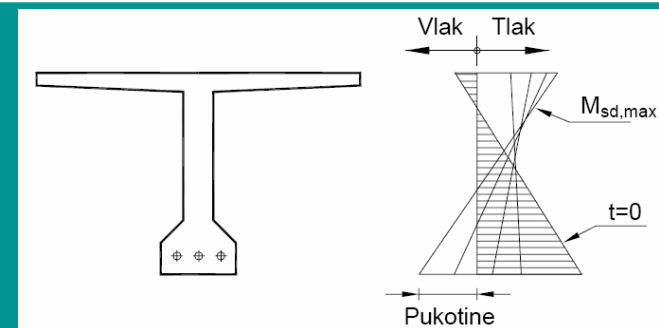
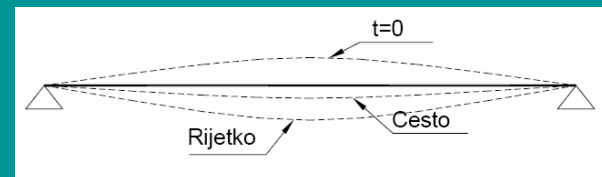
1. PUNO PREDNAPINJANJE:
vlačno naprezanje = 0



2. OGRANIČENO PREDNAPINJANJE:
vlačno naprezanje < graničnog



3. DJELOMIČNO PREDNAPINJANJE:
 $a_k < a_g$ (širine pukotina)



VRSTE PREDNAPINJANJA

E) Prema smjerovima prednapinjanja:

1. JEDNOOSNO PREDNAPINJANJE

- ▣ Natege paralelne s jednom osi.
- ▣ Uzdužno prednapinjanje greda



2. DVOOSNO PREDNAPINJANJE

- ▣ Natege paralelne s dvije osi.
- ▣ Dvoosno prednapinjanje ploča.



3. VIŠEOSNO PREDNAPINJANJE

- ▣ Natege paralelne s više osi.
- ▣ Prednapinjanje kupola.



VRSTE PREDNAPINJANJA

F) Prema slijedu betoniranja i napinjanja natega:

1. PRETHODNO PREDNAPINJANJE

- ▣ Natege (žice, užad) se vlačno napinju prije lijevanja betona.
- ▣ Prednaprezanje se prenosi s čelika na beton preko veze uspostavljene na duljini prijenosa blizu krajeva.



VRSTE PREDNAPINJANJA

F) Prema slijedu betoniranja i napinjanja natega:

2. NAKNADNO (PRED)NAPINJANJE

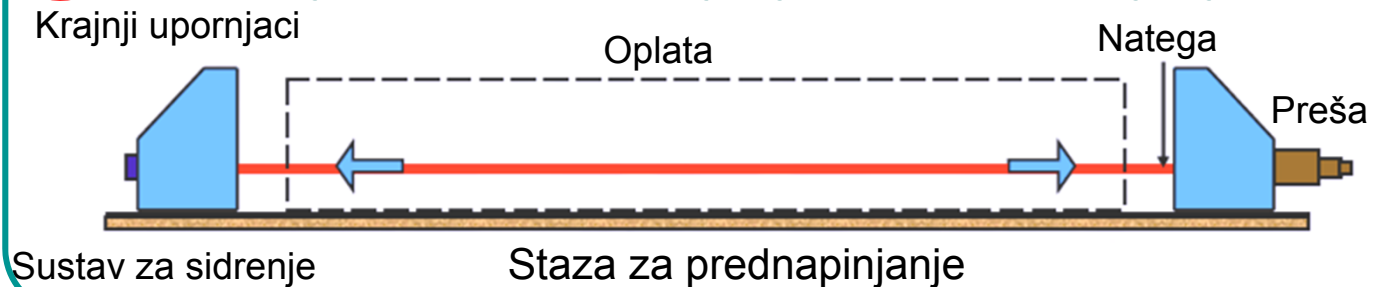
- Natege smještene u cijevima se vlačno napinju nakon što je beton već očvrsnuo.
- Prednaprezanje se prenosi sa čelika na beton pomoću sustava za sidrenje (na krajnjim blokovima)



SUSTAV PREDHODNOG PREDNAPINJANJA

FAZE I DIJELOVI SUSTAVI

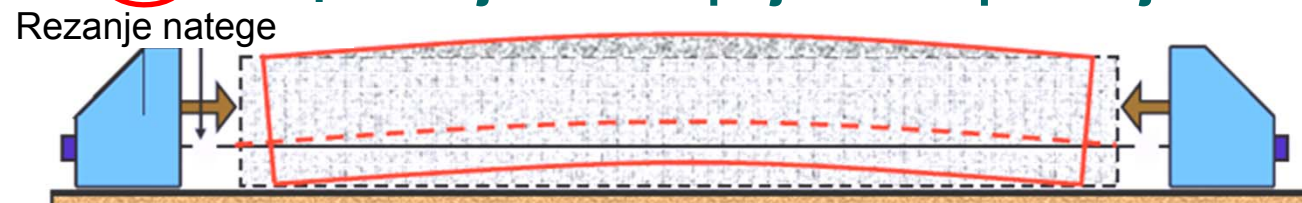
1. Sidrenje užadi, postavljanje preša, napinjanje čelika



2. Betoniranje konstrukcijskog elementa



3. Otpuštanje užadi i prijenos naprezanja

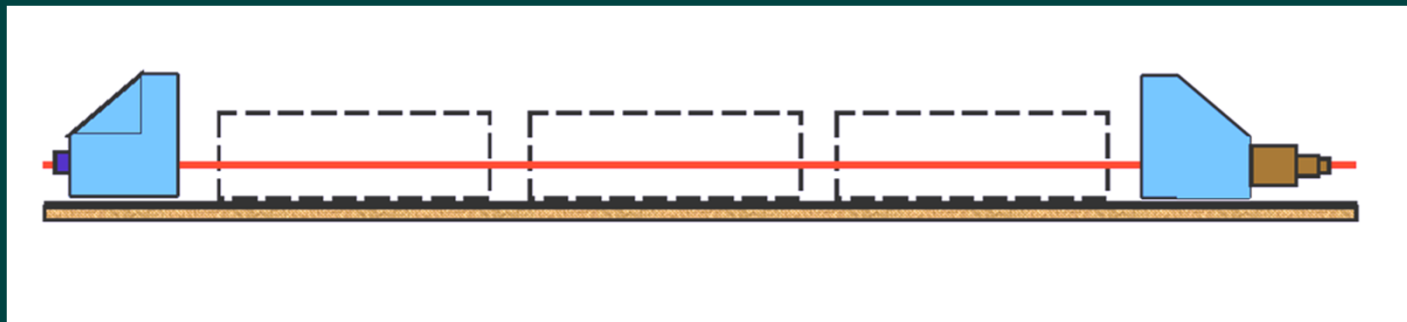


Tijekom prijenosa naprezanja s kabela na beton, element doživljava elastično skraćanje. Ako su kabele postavljeni ekscentrično element će se defomirati – dobiti nadvišenje.

SUSTAV PREDHODNOG PREDNAPINJANJA

SUSTAV HOYER (LONG LINE METHOD)

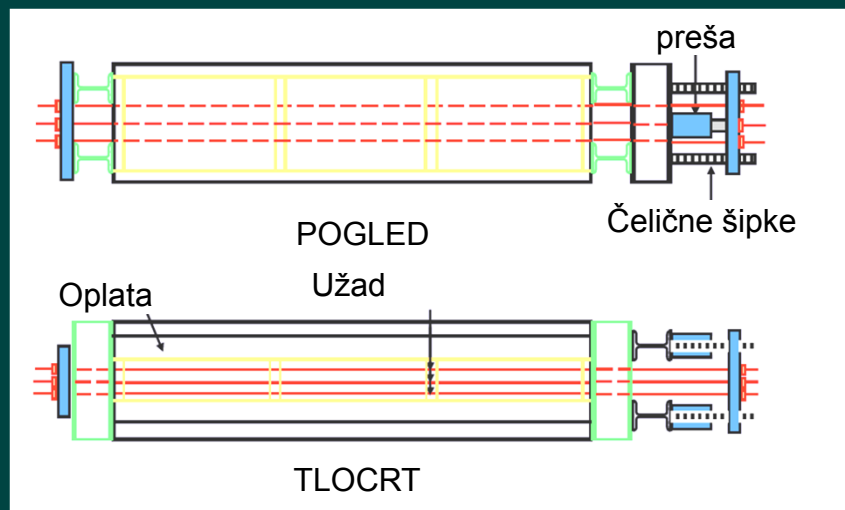
- Primjenjuje se za masovnu proizvodnju (npr. željezničkih pragova)
- Krajnji upornjaci postavljaju se na dovoljnoj udaljenost da se između njih betonira više elemenata u istoj liniji.
- Oplata je na krajevima i između odsječaka.
- Potrebni su kruti upornjaci i kvalitetno temeljenje – skupo kad se zahtijeva velika sila prednapinjanja.



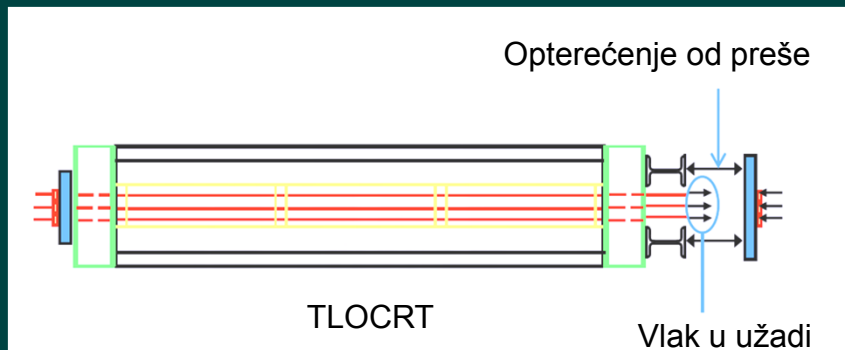
SUSTAV PREDHODNOG PREDNAPINJANJA

SUSTAV HOYER (LONG LINE METHOD)

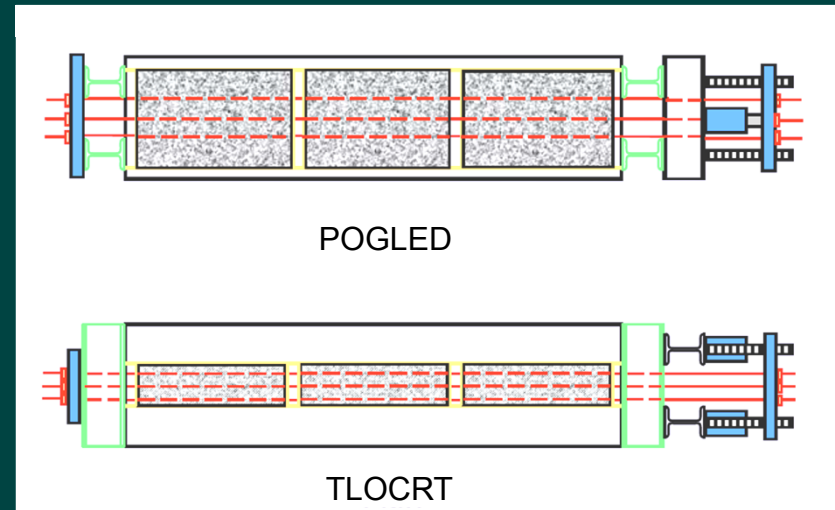
- Jeftinija mogućnost: klupa za naprezanje
 - (princip rada uređaja za ispitivanje na vlak)



Klupa za naprezanje - samouravnotežujući okvir



Sile koje se javljaju u sustavu



Klupa za naprezanje nakon betoniranja

Užad je rastegnuta između krajeva vlačnog okvira. Preša i sustav okvira sa šipkama nastoje pomaknuti krajnje elemente, ali se oni zadržavaju na mjestu pod vlakom u čeličnim šipkama.

SUSTAV PREDHODNOG PREDNAPINJANJA

PREŠE

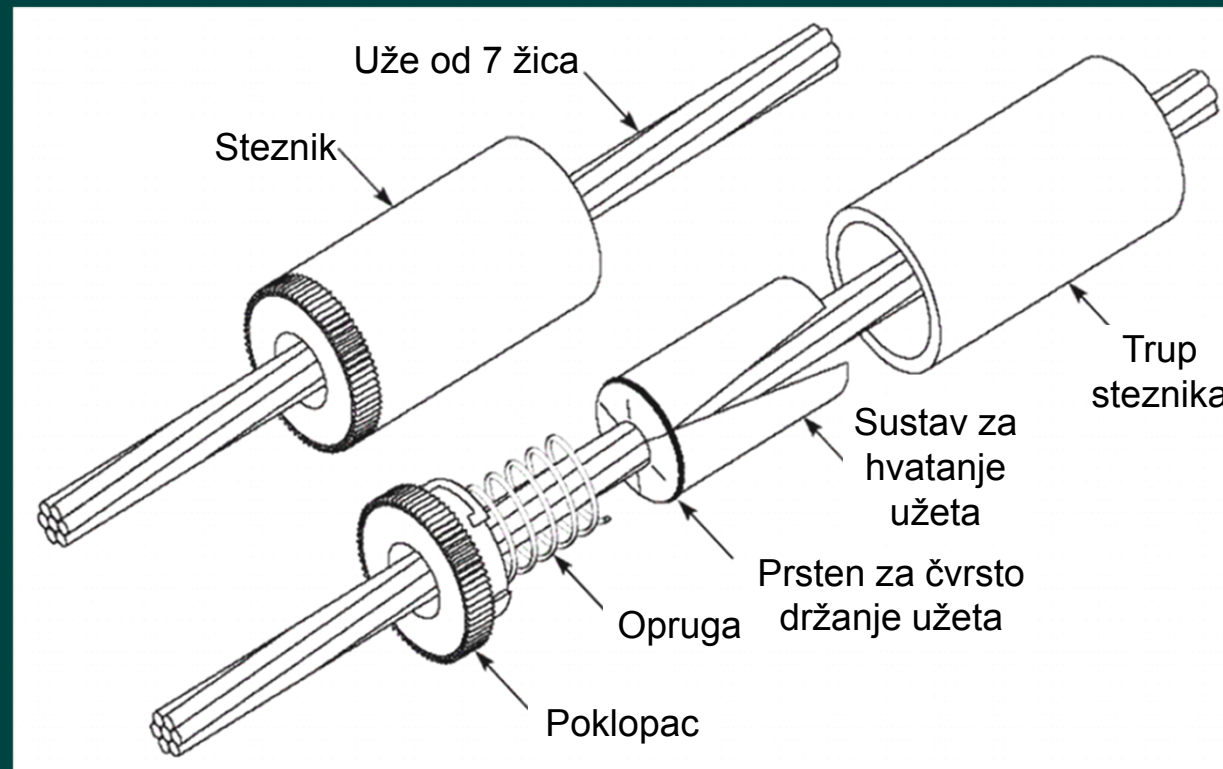
- ❑ Hidrauličke preše rade na načelu Paskalovog zakona – pritisak ulja izazvan pumpom.
- ❑ Opterećenje koje se primjenjuje prešom mjeri se pomoću tlakomjera pričvršćenog za dovod ulja ili pomoću posebne ćelije za opterećenje



SUSTAV PREDHODNOG PREDNAPINJANJA

UREĐAJI ZA SIDRENJE

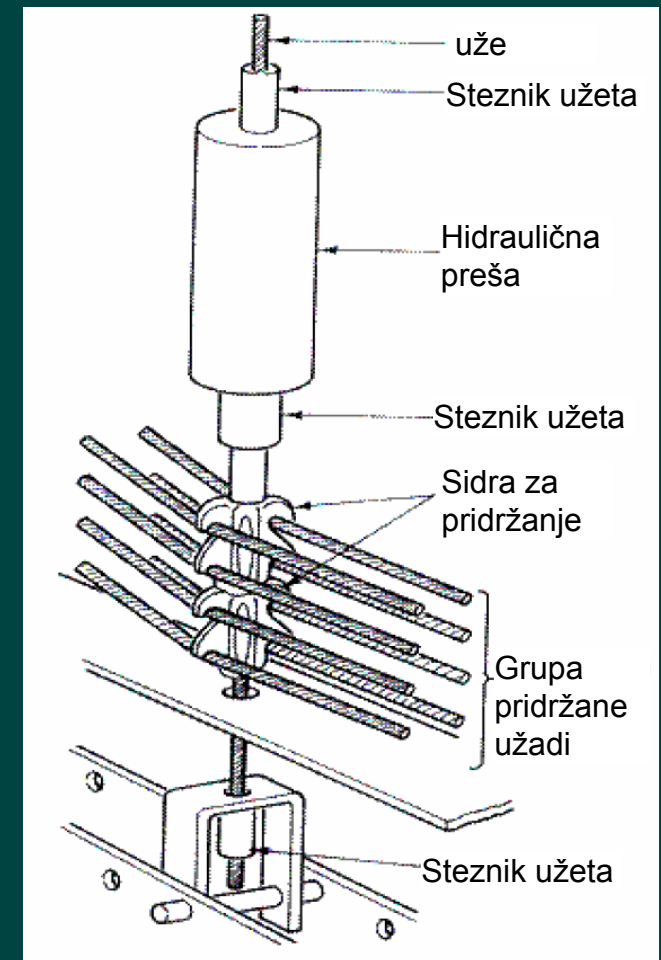
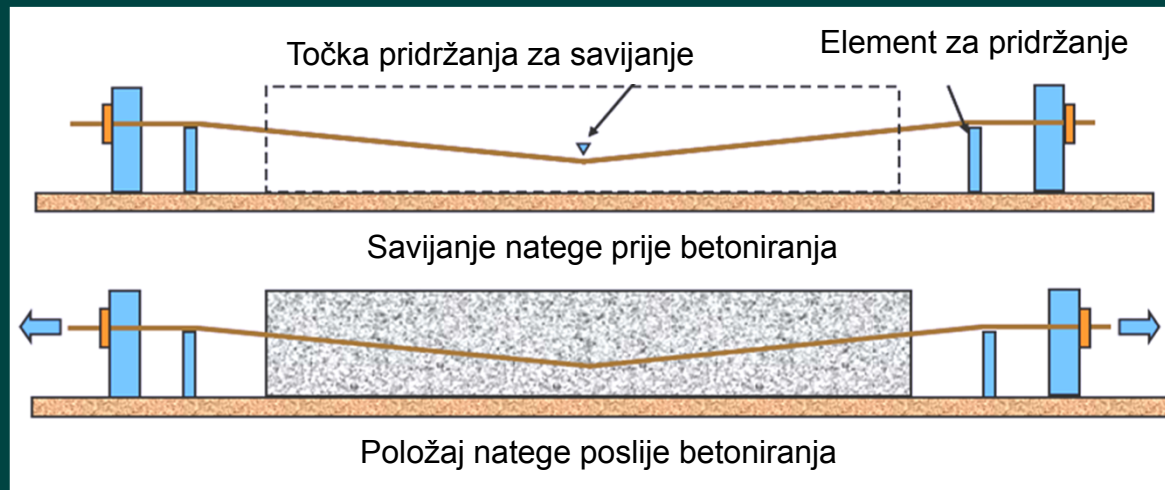
- ❑ Užad je potrebno držati pod vlačnim naprezanjem tijekom betoniranja i očvršćavanja betona.
- ❑ Upotrebljavaju se škripovi (steznici) koji se jednostavno otpuštaju.



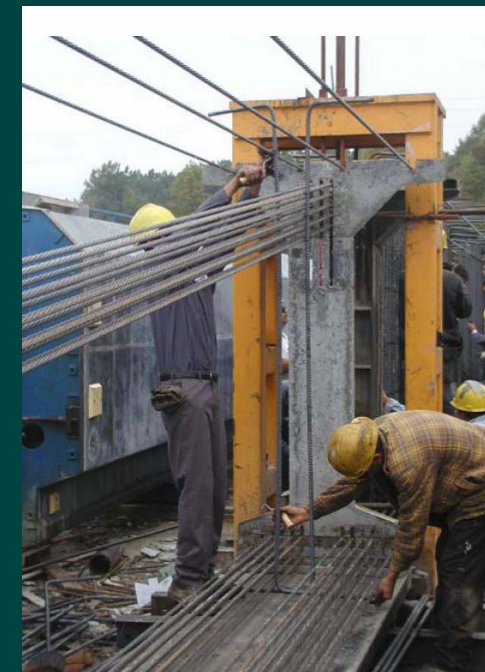
SUSTAV PREDHODNOG PREDNAPINJANJA

UREĐAJI ZA SAVIJANJE UŽADI

- Užad se savija pomoću posebnih sidara za pridržanje



PRETHODNO PREDNAPINJANJE



SUSTAV NAKNADNOG PREDNAPINJANJA

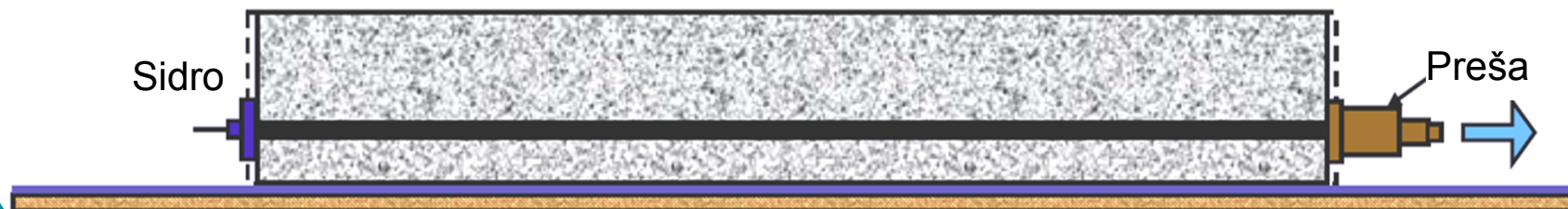
FAZE I DIJELOVI SUSTAVA

①. Postavljanje cijevi, lijevanje betona

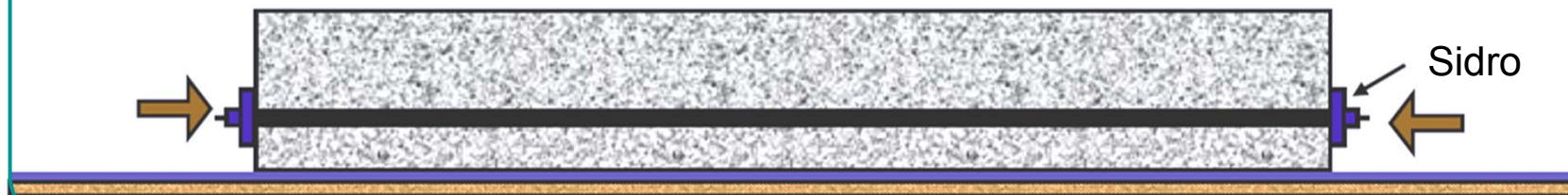


Staza za betoniranje

②. Postavljanje natega, sidra i preše, napinjanje



③. Sidrenje na slobodnom kraju, rezanje natega



SUSTAV NAKNADNOG PREDNAPINJANJA

PODVRSTE

□ NAKNADNO PREDNAPINJANJE SA SPREZANJEM NATEGA

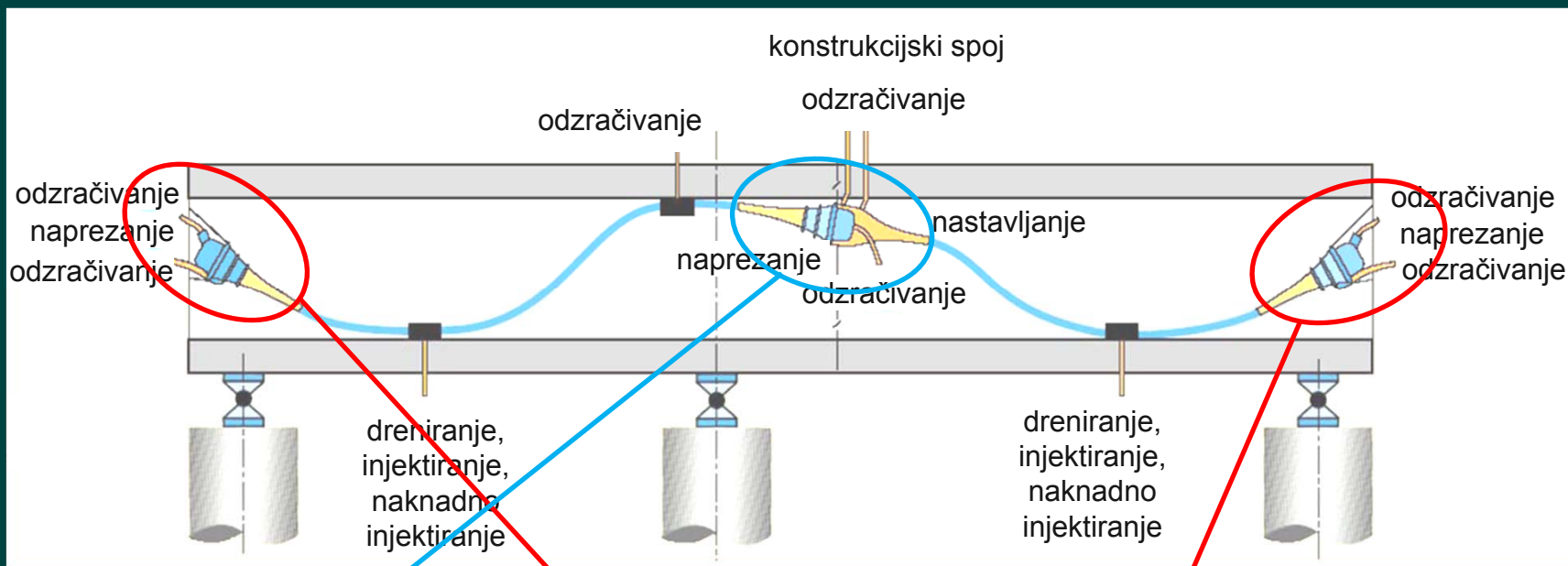
- Natega je povezana s betonom cijelom duljinom primjenom injekcione smjese u cijevima
- Čista cementna pasta ili mort u kombinaciji cementa i pijeska
- Natega prati deformacije betona

□ NAKNADNO PREDNAPINJANJE SA SLOBODNIM NATEGAMA

- Natega je odvojena od betona cijelom duljinom, a vlačno naprezanje zadržava se isključivo krajnjim sidrima
- Zaštita čelika osigurava se injektiranjem sredstava za zaštitu od korozije na osnovi ulja ili voska

SUSTAV NAKNADNOG PREDNAPINJANJA

DIJELOVI SUSTAVA



DYWIDAG

SUSTAV NAKNADNOG PREDNAPINJANJA

DIJELOVI SUSTAVA

□ SIDRO ZA NASTAVLJANJE

- Primjenjuje se na dilatacijskim spojnica elementa
- Omogućuje produljenje kabela
- Na njemu je moguće i napinjanje (aktivno)



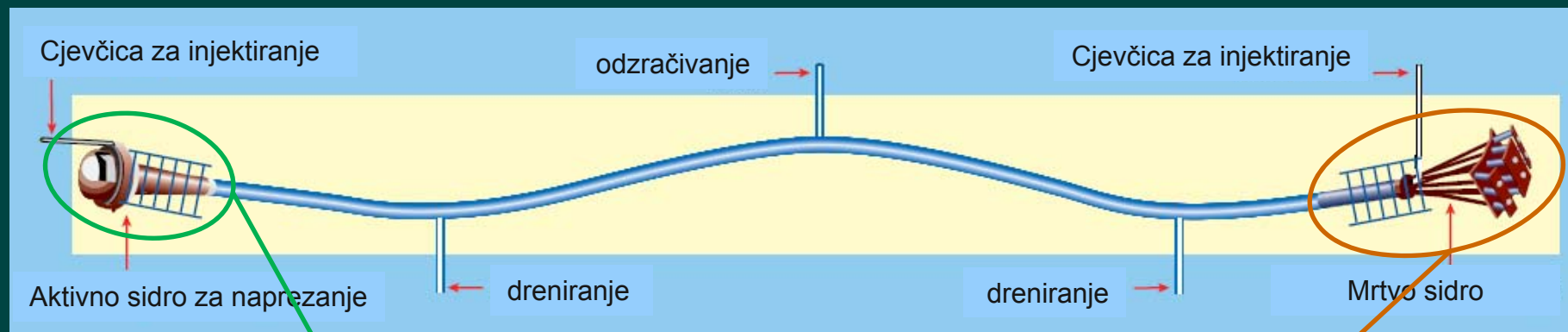
□ KLASIČNO AKTIVNO SIDRO

- Prikladno za uzdužno prednapinjanje greda i mostova
- Kontinuirano uvođenje sile prednapinjanja u element zahvaljujući međudjelovanju ploče klinova i prostornog sidrenog trupa
- Naknadno uvlačenje užadi olakšano je mogućnošću odvajanja tjela sidra i ploče klinova



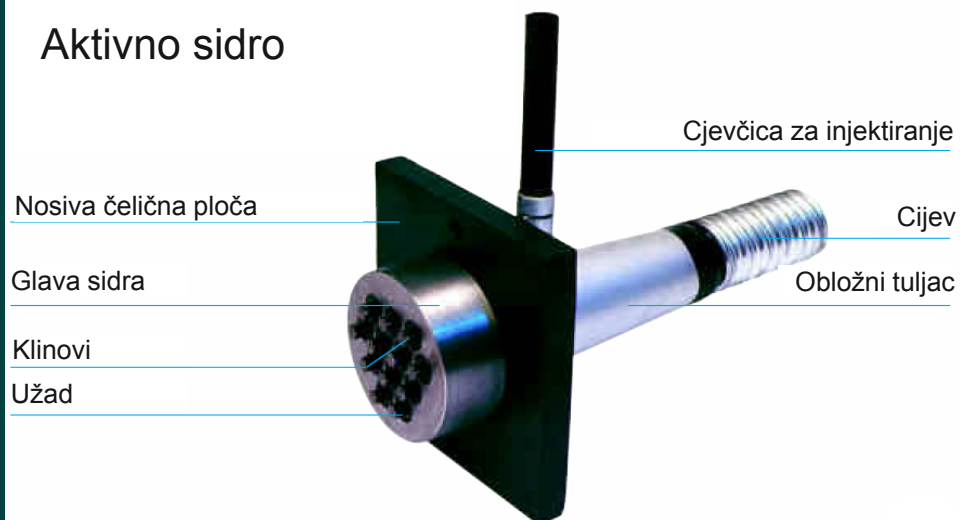
SUSTAV NAKNADNOG PREDNAPINJANJA

DIJELOVI SUSTAVA

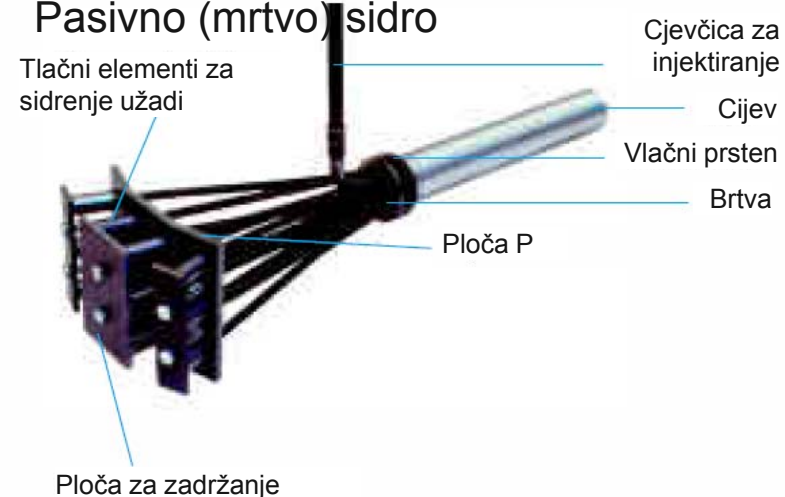


VSL

Aktivno sidro



Pasivno (mrtvo) sidro



SUSTAV NAKNADNOG PREDNAPINJANJA

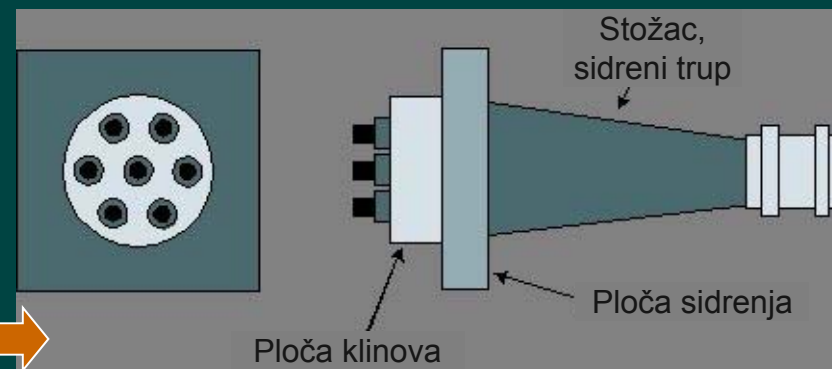
SUSTAVI SIDRENJA NATEGA

Užad se pridržava klinovima
na bazi priklještenja trenjem



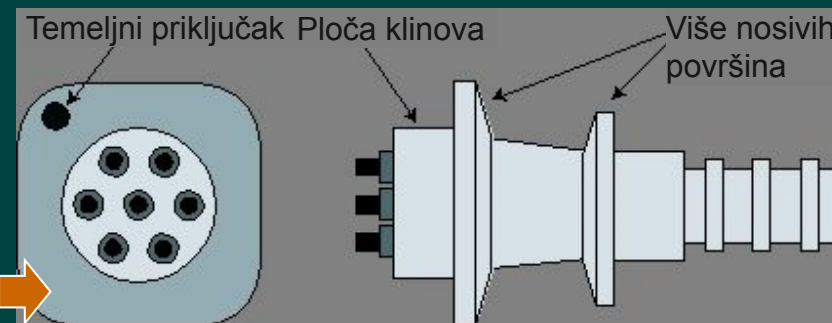
Za pločaste elemente ili
poprečno prednapinjanje

Standardno sidro ➔

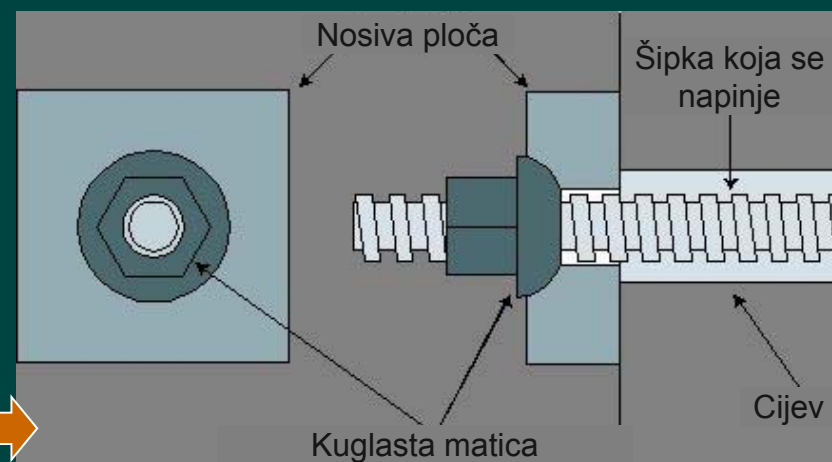


Veća lokalna naprezanja –
armatura za ovijanje
sidrene zone

Sidrenje u više ravnina ➔



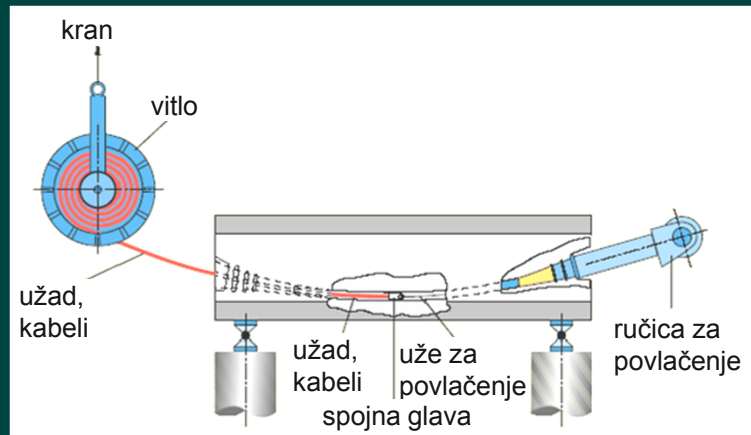
Sidrenje šipke ➔



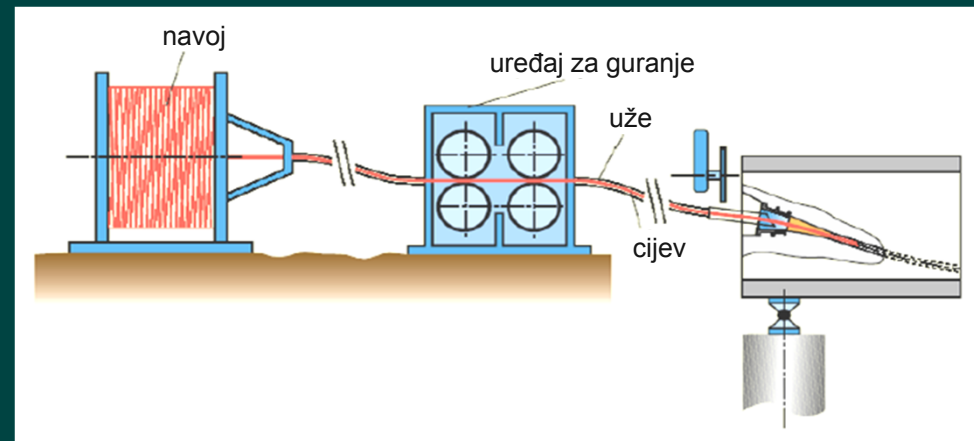
SUSTAV NAKNADNOG PREDNAPINJANJA UVLAČENJE KABELA

- Kroz cijevi se provlači jedno po jedno uže koje tvori nategu

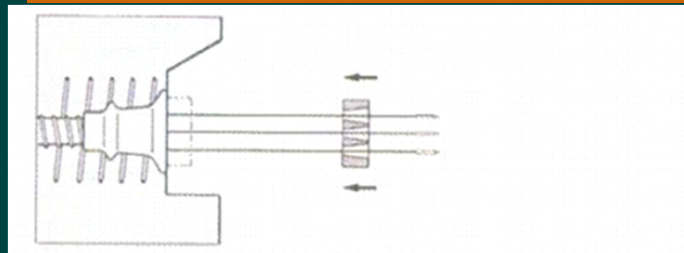
Uvlačenje potezanjem



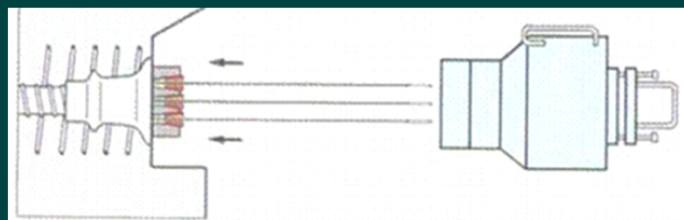
Uvlačenje guranjem



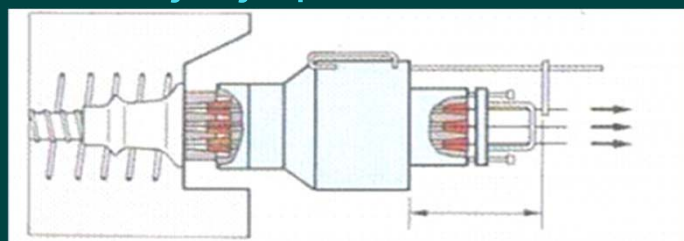
SUSTAV NAKNADNOG PREDNAPINJANJA SLIJED SIDRENJA I PREDNAPINJANJA



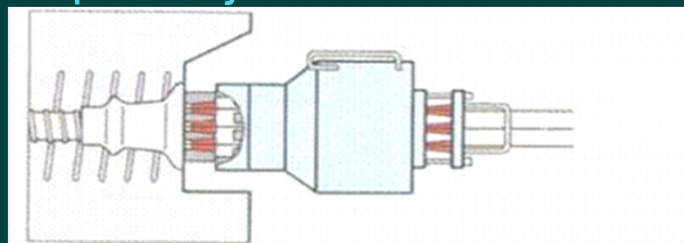
Postavljanje sidrenog bloka i klinova



Postavljanje preše



Naprezanje



Uklinjavanje



Postavljanje sidrene glave



Postavljanje preše



Naprezanje, mjerenje, uklinjavanje



Injektiranje

NAKNADNO PREDNAPINJANJE



Na stazama se vrši formiranje armaturnog koša



Kroz armaturni koš se provlače fleksibilne cijevi kroz koje će se uvući kablovi



Formirani armaturni koš s armiračkog postolja se podiže specijalnom rešetkom



Postavlja u oplatu i betonira



Izbetonirani nosač



Na užad se montiraju sidrene glave



Preša se postavlja na nosač



PREDHODNO PREDNAPINJANJE



NAKNADNO PREDNAPINJANJE

□ PREDNOSTI

- Prikladno za predgotovljene elemente koji se proizvode na veliko.
- Nema potreba za velikim sustavima za sidrenje.

□ MANE

- Potreba za stazom za prednapinjanje
- Period čekanja na stazi dok beton ne dobije dovoljnu čvrstoću
- Potrebno je ostvariti dobru vezu između betona i čelika na duljini prijenosa

□ PREDNOSTI

- Prikladno za teške i velike predgotovljene elemente.
- Period čekanja na stazi za betoniranje je kraći.
- Prijenos naprezanja neovisan je o duljini prijenosa

□ MANE

- Potreba za sustavom sidrenja i opremom za injektiranje

PREDNAPETI BETON



**– Sljedeće predavanje –
MATERIJALI, SUSTAVI I
TEHNOLOGIJA PREDNAPINJANJA**