

ИНСТИТУТ ИМС IMS INSTITUTE

**CENTAR ZA PREDNAPREZANJE**

Sertifikat sistema kvaliteta broj 170101



**CENTER FOR PRESTRESSING**

Quality Management System Certificate No 170101

# SPB SUPER

## sistem za prednaprezanje



11000 Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43  
tel./fax: (011) 369 1 469, 651 186  
fax: (011) 651 033  
E-mail: [cp@institutims.co.yu](mailto:cp@institutims.co.yu)



**SPB SUPER**  
**SISTEM ZA PREDNAPREZANJE**

**TEHNIČKI PODACI  
SISTEMA ZA PREDNAPREZANJE**

**SPB SUPER**

# SADRŽAJ

1. Korice .....	1
2. Prva strana .....	2
3. Sadržaj .....	3
4. Oznake .....	8
<b>1. OPŠTI PODACI .....</b>	<b>9</b>
1.1 Uvod .....	9
1.2 Opšti principi sistema .....	9
1.2.1 Čelik za prednaprezanje .....	9
1.2.2 Način ukotvljavanja .....	9
1.2.3 Prenosenje sile .....	10
1.2.4 Zaštitne cevi .....	10
1.3 Domen primene .....	10
1.3.1 Interni kablovi .....	10
1.3.2 Spoljni kablovi .....	10
1.3.3 Geotehnička sidra .....	10
1.3.4 Kosi kablovi .....	11
1.3.5 Specijalni kablovi .....	11
1.3.6 Prednaprezanje putem prijanjanja .....	11
1.4 Karakteristike čelika za prednaprezanje .....	11
1.5 Kotve .....	12
1.5.1 Normalna kotva .....	12
1.5.2 Fiksna kotva .....	12
1.5.3 Nastavna kotva .....	12
1.6 Oprema .....	12
1.6.1 Prese .....	12
1.6.2 Pumpe .....	13
1.6.3 Oprema za zaštitu kablova .....	13
1.6.3.1 Zaštita kablova cementnom injekcionom smešom .....	13
1.6.3.2 Zaštita pokretnih kablova .....	13
1.7 Karakteristike kablova .....	13
1.7.1 Kablovi od užadi Ø 15,2mm .....	14
1.7.2 Kablovi od užadi Ø 16,0mm .....	14

<b>1.8</b>	<b>Gubici sile prednaprezanja .....</b>	<b>15</b>
1.8.1	Uvlačenje klina ( $\Delta F_{ps}$ ) .....	15
1.8.2	Elastičnoskraćenje konstrukcije ( $\Delta F_{pe}$ ) .....	15
1.8.3	Trenje ( $\Delta F_{\mu}$ ) .....	16
1.8.3.1	Vrednosti koeficijenta $\mu$ i $k$ .....	16
1.8.4	Gubici sile prednaprezanja koji zavise od vremena .....	17
1.8.4.1	Relaksacija .....	17
1.8.4.2	Skupljanje i tečenje betona .....	17
1.8.4.3	Ukupni gubici zavisni od vremena .....	18
1.8.5	Ukupni gubici sile prednaprezanja, početna i trajna sila prednaprezanja .....	18
<b>1.9</b>	<b>Posebne mogućnosti sistema SPB SUPER .....</b>	<b>19</b>
1.9.1	Prednaprezanje sa jednog kraja .....	19
1.9.2	Prednaprezanje u više faza .....	19
1.9.3	Oslobađanje (otpuštanje) kablova .....	19
1.9.4	Dotezanje, otpuštanje, zamena pokretnih kablova .....	19
1.9.5	Nastavljanje kablova .....	19
1.9.6	Drugi vidovi primene .....	20
1.9.6.1	Kosi kablovi (zatege) kod mostova .....	20
1.9.6.2	Geotehnička sidra .....	20
1.9.6.3	Prednaprezanje na stazama putem prijanjanja .....	20
1.9.6.4	Privremeni kablovi, manipulacija teškim teretima .....	20
<b>2.</b>	<b>KOTVE .....</b>	<b>21</b>
2.1	Opis komponenti kotvi .....	21
2.1.1	Klinovi .....	21
2.1.2	Čaure i ankerne ploče .....	21
2.1.3	Podložne ploče .....	21
2.1.4	Detalji komponenti kotvi .....	22
2.1.5	Raspored užadi u ankernoj ploči .....	24
2.2	Detalji kotvi .....	25
2.2.1	Normalna kotva .....	25
2.2.1.1	Normalna kotva sa ravnom podložnom pločom i konusnim levkom .....	25
2.2.1.2	Normalna kotva sa livenom podložnom pločom sa konusnim otvorom .....	26
2.2.2	Nastavna kotva .....	27
2.2.2.1	Nastavna kotva za skupno nastavljanje .....	27
2.2.2.2	Nastavak kablova sa kotvom za pojedinačnu užad SN1/16/1 .....	28
2.2.2.3	Raspored nastavka užadi po presecima .....	29
2.2.2.4	Skica nastavne kotve za pojedinačnu užad SN1/16/1 .....	29
2.2.3	Fiksna kotva .....	30
2.2.3.1	Fiksna kotva sa previjenim kablovima .....	30

2.2.3.2	Fiksna kotva kao normalna .....	31
2.2.4	Pasivna kotva .....	31
<b>2.3</b>	<b>Položaj kotvi na čelu nosača .....</b>	<b>32</b>
2.3.1	Ravna podložna ploča sa konusnim levkom .....	32
2.3.2	Livena podložna ploča sa konusnim otvorom .....	33
2.3.3	Marka betona .....	34
2.3.3.1	Minimalna karakteristična čvrstoća betona .....	34
2.3.3.2	Srednja čvrstoća betona .....	34
2.3.3.3	Minimalna čvrstoća betona pri prednaprezanju .....	34
<b>2.4</b>	<b>Armiranje ankerne zone .....</b>	<b>34</b>
2.4.1	Kotva sa ravnom podložnom pločom i konusnim levkom	35
2.4.2	Kotva sa livenom podložnom pločom .....	35
2.4.3	Tablični prikaz mera za spirale .....	35
<b>2.5</b>	<b>Pričvršćivanje podložne ploče .....</b>	<b>36</b>
2.5.1	Kotva sa ravnom podložnom pločom .....	36
2.5.2	Kotva sa livenom podložnom pločom .....	36
2.5.3	Tablični prikaz mera .....	36
<b>2.6</b>	<b>Postavljanje kotvi .....</b>	<b>37</b>
2.6.1	Normalna aktivna kotva .....	37
2.6.2	Normalna pasivna kotva .....	37
2.6.3	Nastavna kotva .....	37
2.6.3.1	Nastavna kotva za skupno nastavljanje .....	37
2.6.3.2	Nastavak sa pojedinačnim kotvama .....	37
2.6.4	Fiksna kotva .....	38
2.6.4.1	Fiksna kotva sa previjenim užadima .....	38
2.6.4.2	Fiksna kao normalna kotva .....	38
<b>2.7</b>	<b>Zaštita kotvi .....</b>	<b>39</b>
2.7.1	Trajna zaštita kotve slojem betona .....	39
2.7.2	Trajna zaštita kotve poklopcem .....	39
2.7.3	Trajna zaštita kotve pokretnog kabla .....	40
2.7.4	Privremeno zaptivanje kotve u toku injektiranja .....	40
<b>3.</b>	<b>KABLOVI .....</b>	<b>41</b>
3.1	Kablovi .....	41
3.1.1	Raspored kablova u konstrukciji .....	41
3.1.2	Linija kablova .....	42
3.1.2.1	Tolerancije projektovanog položaja kablova .....	42
3.1.2.2	Krivine kablova .....	42
3.1.3	Oslanjanje i fiksiranje kablova .....	43
3.1.4	Formiranje i postavljanje kablova u zaštitne cevi .....	43
3.1.5	Maksimalna masa kablova .....	44

3.1.6	Dužina sečenja kablova .....	44
3.1.7	Privremena zaštita kablova od korozije .....	45
<b>3.2</b>	<b>Zaštitne cevi .....</b>	<b>45</b>
3.2.1	Rebraste metalne cevi .....	46
3.2.2	Rebraste plastične cevi .....	46
3.2.3	Glatke plastične cevi .....	47
3.2.4	Glatke metalne cevi .....	47
<b>4.</b>	<b>PREDNAPREZANJE .....</b>	<b>48</b>
4.1	Oprema za prednaprezanje .....	48
4.1.1	Prese za prednaprezanje .....	48
4.1.1.1	Tehnički podaci za prese .....	48
4.1.1.2	Geometrijski podaci za postavljanje i rad presa .....	49
4.1.2	Pumpe .....	50
4.1.2.1	Tehnički podaci za pumpe .....	50
4.1.3	Baždarenje .....	50
4.2	Procedura prednaprezanja .....	50
4.2.1	Priprema radnog mesta .....	50
4.2.2	Uslovi za izvođenje prednaprezanja .....	51
4.2.3	Izvođenje prednaprezanja .....	51
4.3	Merenje sile i izduženja .....	51
4.3.1	Merenje sile .....	51
4.3.2	Merenje izduženja .....	52
4.3.2.1	Bruto izduženje .....	52
4.3.2.2	Neto izduženje .....	52
4.3.2.3	Poređenje računskog i neto izduženja .....	52
4.4	Mere zaštite za vreme prednaprezanja .....	52
<b>5.</b>	<b>ZAŠTITA KABLOVA .....</b>	<b>53</b>
5.1	Oprema za zaštitu kablova .....	53
5.1.1	Tehnički podaci opreme za zaštitu kablova .....	53
5.2	Privremena zaštita kablova .....	53
5.3	Trajna zaštita kablova .....	54
5.3.1	Trajna zaštita pokretnih kablova (unbonded tendons) .....	54
5.3.2	Trajna zaštita vezanih kablova cementnom smešom .....	54
5.4	Postavljanje cevčica za injektiranje i ozračivanje .....	55

5.5	Operacija zaštite kablova .....	56
5.5.1	Potrebni uslovi .....	56
5.5.2	Zaštita kablova u normalnim uslovima .....	57
5.5.3	Zaštita kablova pri niskim temperaturama .....	57
5.5.4	Mere zaštite na radu .....	57

<b>6.</b>	<b>DOKUMENTACIJA PROCESA PREDNAPREZANJA .....</b>	<b>58</b>
6.1	Kvalitet čelika za prednaprezanje .....	58
6.2	Uverenje o kvalitetu kotvi .....	58
6.3	Prethodna ispitivanja sredstava za zaštitu kablova .....	58
6.4	Zapisnik o krojenju i montaži kablova .....	59
6.5	Zapisnik o zatezanju kablova .....	60
6.6	Zapisnik o zaštiti kablova .....	61
6.7	Izveštaj o kontrolnim ispitivanjima čvrstoće injekcione smeše .....	62
6.8	Uverenje o kvalitetu izvedenih radova .....	62
6.9	Identifikacione karte osoblja Centra za prednaprezanje INSTITUTA IMS .....	64



# O Z N A K E

$f_{pk}$	— karakteristična zatezna čvrstoća užadi
$F_{pk}$	— karakteristična prekidna sila užadi: $F_{pk} = A_{pk} \cdot f_{pk}$
$F_{p0,1k}$	— karakteristična sila pri izduženju 0,1% užadi
$F_p$	— početna sila kabla na presi
$F_{p0}$	— početna sila u kablu nakon prednaprezanja, $t=0$
$F_{pt}$	— sila u kablu u vremenu $t$
$F_{p\infty}$	— trajna sila u kablu, $t \rightarrow \infty$
$F_{pm}$	— određena sila u kablu
$\Delta F_{ps}$	— gubitak sile prednaprezanja ( $F_p$ ) usled uvlačenja klinova
$\Delta F_{pe}$	— gubitak sile u kablu usled elastičnog skraćanja konstrukcije
$\Delta F_{p\mu}$	— gubitak sile u kablu usled trenja
$\Delta F_{pt}$	— gubitak sile u kablu usled uticaja koji zavise od vremena
$E$	— modul elastičnosti užadi
$A_{pk}$	— karakteristična površina preseka užadi
$\mu$	— koeficijent trenja između kabla i zidova cevi
$K$	— koeficijent slučajnog ugaonog odstupanja kabla
$\Theta$	— zbir svih skretnih uglova kabla u Rad
$X$	— rastojanje kabla od podložne ploče
$a, b, c, \dots$	— mere, razmaci, dimenzije
$g, h, \dots$	— mere, razmaci, dimenzije
$i, i_s$	— unutrašnji prečnik zaštitne cevi
$s$	— minimalna dužina užeta za hvatanje
$L$	— rastojanje kabla od podložne ploče do početka krivine
$\Delta l$	— izduženje kabla
$\Delta a$	— dozvoljeno odstupanje položaja kabla
$\emptyset$	— prečnik (užeta, cevi)
$m$	— broj navoja spirale
$\alpha$	— ugao u $^\circ$
$R_{min}$	— minimalni radijus krivine kabla
<b>A, B</b>	— klasa čelika za prednaprezanje
<b>MB</b>	— marka betona
<b>w/c</b>	— vodocementni faktor cementne smeše
<b>S - □</b>	— tip prese (npr. S – 25)
<b>S□ / □</b>	— tip kotve (npr. S12/16)
<b>□ ∅ □</b>	— tip kabla (npr. 7∅16)
<b>PP</b>	— polipropilen
<b>PE</b>	— polietilen
<b>HDPE</b>	— polietilen visoke gustine
<b>UV</b>	— ultravioletno zračenje

# 1. OPŠTI PODACI

## 1.1 Uvod

Sistem SPB SUPER predstavlja dalji razvoj tehnologije prednaprezanja po sistemu SPB koji je u primeni od 1982. godine. Dalji razvoj podrazumeva primenu užadi, kao čelika za prednaprezanje, uvedenih evronormom prEN 10138/1999 i evropskih propisa EC2 prihvaćenih kao propisa naše zemlje.

Sistem SPB SUPER bazira na primeni užadi nominalnog prečnika 15,2 i 16,0 mm sa kompletnom tehnologijom i opremom za sile od 200 do 7700 kN. Primenuje se za naknadno prednaprezanje betona, geotehničkih sidara, kosih kablova mostova, za specijalne radove i dr. Razvijen je višegodišnjim istraživanjem u Institutu IMS, a testiran u laboratorijama Instituta IMS i Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Autor sistema je mr Branimir Grujić, dipl.građ.inž., a korisnik Institut IMS.

## 1.2 Opšti principi sistema

### 1.2.1 Čelik za prednaprezanje

Kao čelik za prednaprezanje u sistemu SPB SUPER koriste se užad, sastavljena od 7 glatkih žica, nominalnog prečnika 15,2 i 16,0 mm, karakteristika prema prEN 10138/1999 i oznaka:

- EN 10138-3-Y1770S7 – 15,2,
- EN 10138-3-Y1860S7 – 15,2,
- EN 10138-3-Y1770S7 – 16,0 i
- EN 10138-3-Y1860S7 – 16,0.

Užad navedenih karakteristika mogu biti u proizvodnji zaštićeni od korozije potupkom galvanizacije, epoksi premazom, postavljenim u plastičnim cevima sa ili bez masti, odnosno bez ikakve fabričke zaštite, što je najčešće slučaj.

Od užadi se obrazuju „kablovi” koji se sastoje od jednog ili više užeta, po pravilu se nalaze u zajedničkoj zaštitnoj cevi i prednaprežu preko zajedničkih kotvi.

### 1.2.2 Način ukotvljavanja

Princip ukotvljavanja užadi je mehanički, utiskivanjem zubića klina u čelik za prednaprezanje putem odgovarajućeg bočnog pritiska.

Pod pojmom „kotva” podrazumeva se komplet koji se sastoji od tri osnovna elementa:

- klin,
- ploča za ukotvljavanje, ankerna ploča, ili čaura ako se radi o jednom užetu i
- podložna ploča

Klin je konusan, nazubljen sa unutrašnje strane, sastavljen iz tri dela spojenih elastičnim prstenom. Služi za hvatanje užeta.

Ploča za ukotvljavanje, ankerna ploča, (ili čaura kada se radi o jednom užetu) služi za ukotvljavanje užadi i prenošenje sile na podložnu ploču.

Klinovi i ploče za ukotvljavanje su identični za sve vrste užadi prema tački 1.2.1.

### 1.2.3 Prenosjenje sile

Podložna ploča služi za prenošenje sile prednaprezanja na konstrukciju i sastoji se od sledećih elemenata:

- ravna ili livena ploča,
- konusni levak i
- spiralna armatura.

Podložna ploča, ravna ili rebrasta od livenog čelika, služi za oslanjanje ploče za ukotvljavanje, a snabdevena je i priključkom za injektiranje smeše za zaštitu kabla.

Konusnim levkom se vrši uvođenje kabla u zaštitnu cev.

Spirala služi kao armatura za prijem sila zatezanja u betonu neposredno ispod podložne ploče. Ostala konstruktivna i statička armatura mora biti predviđena u skladu sa proračunom nosača i ankernog bloka.

### 1.2.4 Zaštitne cevi

Provođenje kablova kroz konstrukciju može biti izvršeno preko kanala i otvora ostavljenih na bilo koji način u betonu.

Najčešće se kablovi postavljaju u zaštitne cevi koje mogu biti:

- rebraste od tankog lima,
- glatke tankozidne metalne,
- rebraste plastične (HDPE ili PP) i
- glatke plastične (HDPE ili PP).

## 1.3 Domen primene

### 1.3.1 Interni kablovi

Najčešća primena kablova sistema SPB SUPER je unutar preseka konstrukcije. Ovi kablovi mogu biti „vezani” ili „slobodni” u zavisnosti od sredstava zaštite od korozije: cementna injekciona smeša, mast, vosak ili dr. Vezani kablovi se postavljaju trajno, a slobodni se mogu u toku vremena dotezati ili otpustiti ili se, pak, mogu zamenjivati delimično ili u celini.

### 1.3.2 Spoljni kablovi

Spoljni kablovi se po pravilu postavljaju u plastičnim cevima izvan preseka nosača i oslanjaju se pored ankernog bloka u pojedinim tačkama u skladu sa linijom kablova. Ovi kablovi mogu biti „vezani” ili „slobodni”, mogu se zamenjivati ili dotezati i lako kontrolisati u pogledu stanja korozije. Takođe moguće je postavljanje i novih kablova radi eventualnog ojačanja konstrukcije što se u toku projektovanja i izgradnje predviđa kao mogućnost.

### 1.3.3 Geotehnička sidra

Sistem SPB SUPER se primenjuje kod izrade geotehničkih sidara: privremenih ili trajnih, sa jednostrukom i višestrukum zaštitom od korozije.

Geotehnička sidra se, u pogledu vođenja kabla, ankerovanja u tlo i načina zaštite, projektuju prema konkretnim uslovima i u skladu sa posebnim procedurama za sidra.

### 1.3.4 Kosi kablovi

Kosi kablovi za mostove i druge konstrukcije imaju svoje specifičnosti u pogledu mesta uvođenja kabla, vođenja kabla kroz zaštitnu cev, zaštite od korozije i dr. što predstavlja dodatnu tehnologiju sistema SPB SUPER. Ono što je zajedničko, kao princip ukotvljavanja, oprema za apliciranje sile i procedure u vezi s tim, ostaju u važnosti i kod ove primene.

### 1.3.5 Specijalni kablovi

Koristeći tehnologiju sistema SPB SUPER upotrebljavaju se specijalni kablovi koji služe za prednaprezanje čeličnih konstrukcija, zidova od opeke i drugih materijala, za privremene kablove kod montaže konstrukcija, kao i za podizanje ili spuštanje velikih tereta. Ovi kablovi se primenjuju prema posebnim projektima koristeći opremu i elemente Sistema predviđenih za ove radove.

### 1.3.6 Prednaprezanje putem prijanjanja

Pojedinačni kablovi 1Ø15,2 i 1Ø16 mogu se upotrebljavati na stazama za proizvodnju prefabrikovanih elemenata konstrukcija prednaprezanjem putem prijanjanja. Užad sastavljena od 3 ili 7 žica manjeg prečnika, nazivnog prečnika Ø5,2–13,0 mm, upotrebljavaju se takođe na stazama uz posebnu opremu, tehnologiju i procedure, koji se nalaze u širem okviru sistema SPB SUPER.

## 1.4 Karakteristike čelika za prednaprezanje

Sistem SPB SUPER je zasnovan na primeni užadi za prednaprezanje sastavljenih od 7 glatkih žica nominalnog prečnika Ø15,2 i Ø16,0 mm definisanih u evronormi prEN 10138-3, nacrt 1999. godine.

Geometrijske i mehaničke karakteristike ovih užadi dati su u narednoj tablici.

Skraćeni naziv užadi	Klasa	Nazivne vrednosti			Garantovane vrednosti			Max.re-laksacija pri sili 0,70 Fpk posle 1000h %
		Prečnik Ø mm	Zatezna čvrstoća f <sub>pk</sub> N/mm <sup>2</sup>	Modul Elastično- sti E kN/mm <sup>2</sup>	Površina preseka A <sub>pk</sub> mm <sup>2</sup>	Karakte- ristična prekidna sila F <sub>pk</sub> kN	Karaktéri- stična sila pri izduženju 0,1% F <sub>p0,1k</sub> kN	
Y1770S7	A	15,2	1770	195	140	248	213	2,5
Y1860S7	B	15,2	1860		140	260	224	
Y1770S7	A	16,0	1770		150	265	228	
Y1860S7	B	16,0	1860		150	279	240	

Takođe se u sistemu SPB SUPER mogu primenjivati užad Ø15,2 mm, oznake Y1670S7, niže zatezne čvrstoće (1670 N/mm<sup>2</sup>) u skladu sa "Pravilnikom o tehničkim normativima za čelične žice, šipke i užad za prednaprezanje konstrukcija (SI.list SFRJ, 41/1985) i važećom evronormom EN 138–79, uz odgovarajuće smanjenje početnih sila.

## 1.5 Kotve

### 1.5.1 Normalna kotva

Normalna kotva može biti aktivna, ako se preko nje vrši prednaprezanje i pasivna, kada služi samo za ukotvljavanje kabla.

Kotva se sastoji od sledećih delova:

- a) trodelni klin spojen u celinu elastičnim prstenom,
- b) ankerna ploča (ili čaura kod jednog užeta) sa konusnim otvorima za ukotvljavanje užadi,
- c) podložna ploča sa konusnim levkom (ravna ili livena sa rebrima) za prenošenje sile prednaprezanja, snabdevena priključkom za injektiranje,
- d) privremeni (za vreme injektiranja) ili trajni poklopac kotve,
- e) privremena ploča za potiskivanje klinova kod pasivne kotve.

Skice normalnih kotvi prikazane su u poglavlju 2.2.1.

### 1.5.2 Fiksna kotva

Fiksne kotve se primenjuju kada za to postoje konstruktivni i ekonomski razlozi. Ove kotve su prikazane u poglavlju 2.2.3.

### 1.5.3 Nastavna kotva

Nastavna kotva služi za produžavanje i nastavljanje kablova pri čemu je moguća i redukcija broja užadi ako je to potrebno. Postoje dve varijante nastavljanja kablova: skupnom kotvom (poglavlje 2.2.2.1) ili pojedinačnim kotvama za svako uže posebno (poglavlje 2.2.2.2)

## 1.6 Oprema

Oprema za prednaprezanje i zaštitu kablova u sistemu SPB SUPER usklađena je sa kapacitetom kablova i u sadašnjem trenutku pokriva oblast do 37 užadi u jednom kablu.

Sva oprema je projektovana, proizvedena i ispitana u Institutu IMS.

### 1.6.1 Prese

Komplet od 5 presa (S–25, S–160, S–280, S–400 i S–800) pokriva (operativno) u sadašnjem trenutku domen do 37 užadi u jednom kablu.

Sve prese su hidraulične, visokog pritiska i višestrukog dejstva. Operacije koje prese vrše uz sadejstvo odgovarajućih pumpi su sledeće:

- a) hvatanje užadi,
- b) zatezanje,
- c) ukotvljavanje (zaklinjavanje),
- d) vraćanje u početni položaj,
- e) oslobođenje užadi iz zahvata prese.

Hvatanje užadi u presi vrši se automatski pokretanjem funkcije zatezanja do pojave minimalnog pritiska na manometru pumpe (10–30 bara). Tom prilikom presa izgubi 1–3 cm neto hoda. Nastavljajući sa podizanjem pritiska počinje faza zatezanja. Zatezanje se vrši najviše do određene početne sile ili do kraja slobodnog hoda prese.

Zatezanje se kod dugačkih kablova i velikog izduženja, preko neto hoda prese, može obavljati u neograničenom broju ciklusa, ponavljajući proceduru jednog ciklusa.

Ukotvljavanje (zaklinjavanje) kabla vrši se kada je postignuta početna sila (izduženje) pojedinačnim konstantnim pritiskom na klinove, nezavisno od njihovog pomeranja (uvlačenja) uz istovremeno otpuštanje sile iz prese i njeno prenošenje na kotvu.

Nastavljajući sa daljim pritiskom presa se vraća u početni položaj i pri samom kraju hoda oslobađa užad iz zahvata u presi.

Skice presa i njihovi tehnički podaci dati su u poglavlju 4.1.1

## 1.6.2 Pumpe

Hidrauličke pumpe visokog pritiska (500–700 bara) i odgovarajućeg kapaciteta opslužuju prese za prednaprezanje kako bi ove mogle obaviti svih pet funkcija prema tački 1.6.1. Povezane su sa tri (presa za pojedinačno prednaprezanje sa dva) creva visokog pritiska sa presama i ručnim komandama na pumpi prese automatski obavljaju navedene funkcije.

Skice pumpi i njihovi tehnički podaci dati su u poglavlju 4.1.2.

## 1.6.3 Oprema za zaštitu kablova

### 1.6.3.1 Zaštita kablova cementnom injekcionom smešom

Cementna injekciona smeša spravlja se u električnim mutilicama gde se mešavina cementa, vode i aditiva pretvara u koloidnu smešu pogodnu za injektiranje kablova. Ova injekciona masa direktno se iz mutilice prebacuje u posudu gde se nastavlja dalje blago mešanje uz istovremeno pumpanje preko priključaka u zaštitnu cev kabla.

Pumpom se reguliše brzina i pritisak prilikom injektiranja i obezbeđuje konstantan pritisak nakon završenog injektiranja od 12 bara u određenom vremenskom periodu.

Tehnički podaci mutilica i pumpi za injektiranje dati su u poglavlju 5.1.

### 1.6.3.2 Zaštita pokretnih kablova

Slobodni–pokretni kablovi zaštićuju se obično mastima ili voskom. Pošto se ovi proizvodi nabavljaju u predviđenom viskozitetu direktno se stavljaju u rezervoar pumpe i na sličan način, kao cementna smeša, utiskuju odgovarajućom pumpom u zaštitne cevi kablova. Tehnički podaci pumpe za masti i vosak dati su u poglavlju 5.1.

## 1.7 Karakteristike kablova

Maksimalna dozvoljena početna sila  $F_p = 0,80F_{pk}$  odnosi se na silu u presi pre prenošenja opterećenja na kotvu, odnosno konstrukciju.

Maksimalne početne sile kablova sistema SPB SUPER date su u tablicama 1.7.1 i 1.7.2 u šrafiranim rubrikama.

Proračun elemenata i opreme sistema SPB SUPER izvršeni su u skladu sa odgovarajućim propisima, a sva potrebna ispitivanja prema FIP-ovim preporukama za odobravanje sistema za naknadno prednaprezanje (FIP RECOMMENDATIONS FOR ACCEPTANCE OF POST-TENSIONING SYSTEMS), za važeću najvišu zateznu čvrstoću užadi od  $f_{pk} = 1860 \text{ N/mm}^2$  i početnu silu  $F_p = 0,80F_{pk}$ .

Projektovane početne sile, u skladu sa odgovarajućim propisima, zavise od namene kablova i vrste konstrukcije i najčešće su manje od datih maksimalnih, a u nekim slučajevima i značajno manje.

Prekoračenje maksimalnih početnih sila u sistemu SPB SUPER su moguća ali su dozvoljena samo uz autorizaciju korisnika sistema Instituta IMS.

U tablicama 1.7.1 i 1.7.2 date su i početne sile  $F_p=0,70F_{pk}$ ,  $F_p=0,75F_{pk}$  i  $F_p=0,80F_{pk}$ , koje se često koriste u konstrukcijama sa unutrašnje vezanim kablovima, kao olakšanje za proračun.

Sila prednaprezanja koja deluje na beton neposredno posle zatezanja kabla i prenošenja sile ne sme da bude veća od  $0,75F_{pk}$  prema EC2, poglavlje 4.2.3.5.4 P(3).

### 1.7.1 Kablovi od užadi Ø 15,2mm

Tip kabla												
		1 Ø15,2	2 Ø15,2	3 Ø15,2	4 Ø15,2	7 Ø15,2	12 Ø15,2	19 Ø15,2	25 Ø15,2	31 Ø15,2	37 Ø15,2	
Karakteristike												
Površina preseka $A_{pk}$ (mm <sup>2</sup> )		140	280	420	560	980	1580	2660	3500	4340	5180	
Prekidna sila $F_{pk}$ (kN)		248	496	743	991	1735	2974	4708	6195	7682	9169	
Klasa A, Y1770S7	Početna sila $F_p$ (kN)	0,80 $F_{pk}$	198	396	595	793	1388	2379	3767	4956	6145	7335
		0,75 $F_{pk}$	186	372	558	743	1301	2230	3531	4646	5761	6876
		0,70 $F_{pk}$	173	347	520	694	1214	2082	3296	4337	5377	6418
Prekidna sila $F_{pk}$ (kN)		260	521	781	1062	1859	3125	4948	6510	8072	9635	
Klasa B, Y1860S7	Početna sila $F_p$ (kN)	0,80 $F_{pk}$	208	417	625	833	1458	2500	3958	5208	6458	7708
		0,75 $F_{pk}$	195	391	586	781	1367	2344	3711	4883	6054	7226
		0,70 $F_{pk}$	182	365	547	729	1276	2187	3463	4557	5651	6744

### 1.7.2 Kablovi od užadi Ø 16,0mm

Tip kabla								
		1 Ø16,0	2 Ø16,0	3 Ø16,0	4 Ø16,0	7 Ø16,0	12 Ø16,0	
Karakteristike								
Površina preseka $A_{pk}$ (mm <sup>2</sup> )		150	300	450	600	1050	1800	
Prekidna sila $F_{pk}$ (kN)		265	531	797	1062	1859	3186	
Klasa A, Y1770S7	Početna sila $F_p$ (kN)	0,80 $F_{pk}$	212	425	637	850	1487	2549
		0,75 $F_{pk}$	199	398	597	797	1394	2390
		0,70 $F_{pk}$	186	372	558	743	1301	2230
Prekidna sila $F_{pk}$ (kN)		279	558	837	1116	1953	3348	
Klasa B, Y1860S7	Početna sila $F_p$ (kN)	0,80 $F_{pk}$	223	446	670	893	1562	2678
		0,75 $F_{pk}$	209	419	628	837	1465	2511
		0,70 $F_{pk}$	195	391	586	781	1367	2345

## 1.8 Gubici sile prednaprezanja

Sila prednaprezanja najčešće nije konstantna duž kabla usled trenja kabla o zidove otvora kroz koji prolazi i trenja usled promene pravca kabla. Pored toga ova sila se tokom vremena i smanjuje usled relaksacije čelika, skupljanja i tečenja betona.

Prema tome, u jednom preseku kabla imamo početnu silu ( $F_{po}$ ) u trenutku prednaprezanja, silu u nekom vremenu „t“ ( $F_{pt}$ ) i trajnu silu,  $t \rightarrow \infty$ , ( $F_{p\infty}$ ) uzimajući u obzir i promenu sile usled dejstva stalnog i pokretnog opterećenja nakon prednaprezanja.

### 1.8.1 Uvlačenje klina ( $\Delta F_{ps}$ )

Početna sila u kablu ( $F_{po}$ ) manja je od početne sile na presi ( $F_p$ ) usled uvlačenja klinova u toku prenošenja sile sa prese na kotvu. Prilikom uvlačenja klinova istovremeno, u približno istoj veličini, uvlače se i užad što dovodi do pada sile u kablu usled izgubljenog izduženja.

Uvlačenje klinova se javlja na strani aktivne i pasivne kotve. Uvlačenje klinova kod pasivne kotve ne mora uticati na smanjenje početne sile ukoliko se ukupno izduženje kod prese poveća za ovu vrednost. Uvlačenje klinova na strani prese, aktivne kotve, dovodi do smanjenja početne sile u kablu za veličinu izgubljenog izduženja, što može dati značajnu vrednost kod kratkih kablova.

Postoje načini da se ovaj gubitak delimično ili potpuno eliminiše uz primenu posebnih procedura koje autorizuje nosilac sistema.

U normalnim slučajevima pad sile usled uvlačenja klinova treba uzeti u proračun. Uvlačenje klinova kod aktivne i pasivne kotve je približno isto. Neznatno je veće kod pasivne kotve te su ove vrednosti i za aktivnu i pasivnu kotvu date u narednoj tabeli kao relevantne pri proračunu.

Uvlačenje	Izmereno pri ispitivanju	Usvojeno za proračun
	mm	
min	2,4	3,0
prosečno	3,6	4,0
max	5,0	5,0

### 1.8.2 Elastično skraćenje konstrukcije ( $\Delta F_{pe}$ )

Elastično skraćenje konstrukcije dovodi do gubitka ukupne početne sile konstrukcije ukoliko se uteže više od jednog kabla. Ovaj gubitak je značajniji kod jako napregnutih elemenata malog preseka: vešaljke, stubovi i sl.



### 1.8.3 Trenje ( $\Delta F_{p\mu}$ )

U toku naknadnog prednaprezanja duž kabla javljaju se sile trenja usled promene pravca kabla i njegovog lokalnog odstupanja ( "kolebanja" ) od teorijskog pravca.

Gubitak sile prednaprezanja usled trenja pri naknadnom zatezanju kablova izračunava se prema obrascu

$$\Delta F_{p\mu}(x) = F_p \left[ 1 - e^{-(\mu\theta + kx)} \right]$$

gde je:

- $\Delta F_{p\mu}(x)$  – gubitak sile prednaprezanja u tački x kabla računajući da je x=0 na kotvi, ispod prese,
- $F_p$  – početna sila na presi ( x=0),
- $\mu$  – koeficijent trenja između kabla i zidova cevi (kanala) u  $\text{Rad}^{-1}$ ,
- $\theta$  – zbir svih skretnih uglova na dužini x bez obzira na smer ili znak u Rad,
- $k$  – nenamerno (slučajno) ugaono odstupanje u odnosu na teorijsku trasu kablova u Rad/m,
- $x$  – rastojanje od kotve (ispod prese) do tačke proračuna u m.

Koeficijent trenja  $\mu$  zavisi od površinskih karakteristika kablova i cevi (otvora), a naročito od prisustva korozije na dodirnim površinama.

Vrednosti za ugaono odstupanje  $k$  zavise od kvaliteta izvođenja radova: tipa cevi (ili kanala), rastojanja podupirača kabla, stepena vibriranja pri ugradnji betona i dr.

Preporučene vrednosti za proračun u tablici 1.8.3.1 odnose se na prosečne uslove uzimajući u obzir da kabl ispunjava približno oko 50% površine poprečnog preseka cevi (otvora).

Vrednosti koje se koriste u proračunu mogu se povećati ili smanjiti u okviru datog opsega u zavisnosti od kvaliteta izvođenja, specijalnih mera predostrožnosti, standarda kontrole i dr. pod uslovom da se mogu opravdati.

#### 1.8.3.1 Vrednosti koeficijenata $\mu$ i $k$

Tip cevi (kanala)	$\mu$		$k$	
	Opseg vrednosti	Preporučuje se za proračun	Opseg vrednosti	Preporučuje se za proračun
	$\text{Rad}^{-1}$		$\text{Rad} / \text{m}$	
Rebrasta metalna (fleksibilna)	0.18 ÷ 0.26	0.22	$(1-10) \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Rebrasta plastična	0.10 ÷ 0.14	0.12	$(1-10) \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$
Pojedinačna plastična sa mašču	0.05 ÷ 0.08	0.06	$(2-6) \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$
Beton	0.34 ÷ 0.62	0.48	$(1-10) \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$

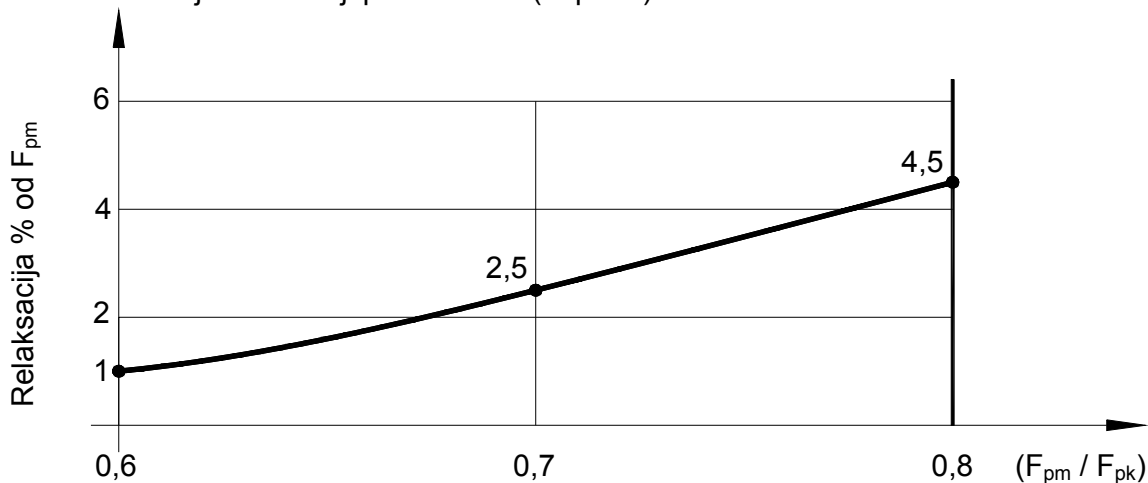
## 1.8.4 Gubici sile prednaprezanja koji zavise od vremena

### 1.8.4.1 Relaksacija

Relaksacija je stalni proces koji se odigrava kod čelika pod naponom i zavisi od vrste čelika, početnog napona i temperature. U skladu sa evronormom prEN 10138–3 predviđena je proizvodnja užadi samo sa vrlo niskom relaksacijom i ona ne može biti veća od 2,5% pri početnoj sili  $0,70F_{pr}$ . Ova vrednost, „mera relaksacije”, mora biti data i garantovana od strane proizvođača.

„Mera relaksacije” koja se daje u standardima predstavlja relaksaciju u laboratorijskim uslovima, pri određenoj početnoj sili nakon 1000 časova. Ukupna relaksacija, značajna za proračun trajne sile prednaprezanja, veća je 2+4 puta od „mere relaksacije” ali se u proračunima uzima prosečno tri puta veća vrednost.

a) „Mera relaksacije” u funkciji početne sile (napona)



b) Orijentacione vrednosti pada sile (napona) u toku prvih 1000 časova

Vreme u časovima	1	5	20	100	200	500	1000
Pad sile (napona) u % u toku vremena u odnosu na 1000 h	15	25	35	55	65	85	100

### 1.8.4.2 Skupljanje i tečenje betona

Skupljanje betona zavisi od njegovih tehnoloških karakteristika, oblika i dimenzija konstrukcije kao i sredine u kojoj se nalazi.

Tečenje betona zavisi od karakteristika betona i konstrukcije, uticaja sredine, vremena i veličine napona. Naročito je važna analiza tečenja i uticaj na pad sile (napona) prednaprezanja kod konstrukcija gde je primenjeno parcijalno prednaprezanje, sprezanje ili slobodna izgradnja i montaža.

U Evrokodu EC2, paragraf 3.1.2.5.5, date su prosečne vrednosti koeficijenata skupljanja i tečenja, koji služe za proračun gubitaka sile prednaprezanja, ukoliko ispitivanjem primenjenog betona nisu izmereni odgovarajući koeficijenti.

#### 1.8.4.3 Ukupni gubici zavisni od vremena

Kod određivanja ukupnih gubitaka usled relaksacije čelika, skupljanja i tečenja betona mora se uneti i njihova međusobna povezanost. Naime „čista relaksacija” (1.8.4.1) neposredno zavisi od sile (napona) u čeliku koji se usled skupljanja i tečenja betona vremenom smanjuje te se na taj način smanjuje i ukupni gubitak od relaksacije.

Formula koja objedinjuje gubitke zavisne od vremena data je u Evronormi EC2, paragraf 4.2.3.5.5(9).

#### 1.8.5 Ukupni gubici sile prednaprezanja, početna i trajna sila prednaprezanja

Za elemente (konstrukcije) koji se naknadno prednaprežu u sistemu SPB SUPER ukupni gubici sile prednaprezanja u vremenu  $t$  u nekoj tački duž elementa (konstrukcije) dati su izrazom:

$$F_{pt} = F_p - \Delta F_{ps} - \Delta F_{pe} - \Delta F_{p\mu} - \Delta F_{pt}, \text{ gde je:}$$

- $F_{pt}$  — sila prednaprezanja u vremenu  $t$ , u određenoj tački duž elementa (konstrukcije),
- $F_p$  — početna sila na presi ( $x=0$ ),
- $\Delta F_{ps}$  — gubitak sile prednaprezanja usled uvlačenja klina,
- $\Delta F_{pe}$  — gubitak sile prednaprezanja usled elastičnog skraćanja elementa (konstrukcije),
- $\Delta F_{p\mu}$  — gubitak sile prednaprezanja usled trenja i
- $\Delta F_{pt}$  — gubitak sile prednaprezanja usled skupljanja, tečenja i relaksacije u vremenu  $t$ .

U proračunima stanja konstrukcije moraju se uzeti u obzir i moguće varijacije sile prednaprezanja, kao što su usled povećanja ekscentriciteta kablova, povećanje izduženja i sl.

Nakon svih relevantnih proračuna za svaki kabl elementa (konstrukcije) moraju eksplicitno biti navedene dve karakteristične sile:

- $F_p$  — početna sila prednaprezanja na presi ( $x=0$ ) u vremenu  $t=0$  i
- $F_{p\infty}$  — trajna sila prednaprezanja u kritičnom preseku, nakon svih gubitaka, u vremenu  $t \rightarrow \infty$ .

## 1.9 Posebne mogućnosti sistema SPB SUPER

### 1.9.1 Prednaprezanje s jednog kraja

Uvek je racionalno i moguće prednaprezanje sa jednog kraja kada to kritično ne remeti ukupnu silu prednaprezanja duž elementa (konstrukcije).

Pasivna kotva, snabdevena privremenom potisnom pločom za klinove, ima istovetnu sigurnost ukotvljavanja kao i aktivna kotva.

Povoljniji tok sila duž konstrukcije dobija se ako se polovina kablova prednapreže sa jedne, a polovna sa druge strane.

### 1.9.2 Prednaprezanje u više faza

Prednaprezanje se može vršiti u neograničenom broju ciklusa, kada je izduženje kabla veće od neto hoda prese.

Prednaprezanje se, takođe, može vršiti u više faza u neograničenom vremenu sve dok je kabl slobodan i postoji dovoljna dužina kabla za hvatanje presom.

### 1.9.3 Oslobođanje (otpuštanje) kablova

Oslobođanje, otpuštanje, kablova je moguće ako je kabl slobodan (nevezan) i ako postoji dovoljna dužina za hvatanje presom.

Skupno otpuštanje užadi u kablu je moguće ukoliko je primenjena specijalna aktivna kotva koja to omogućava.

Kod primenjene normalne aktivne kotve otpuštanje se vrši presom za pojedinačno prednaprezanje za svako uže posebno.

### 1.9.4 Dotezanje, otpuštanje, zamena pokretnih kablova

Kada su kablovi postavljeni privremeno ili trajno kao slobodni (nevezani) i kada je ostavljena minimalna dužina za hvatanje moguće je vršiti dotezanje, otpuštanje i zamenu kablova.

Ovi kablovi kao trajni mogu biti zaštićeni mastima, voskom ili parafinom i snabdeveni na kotvama specijalnim poklopcima za trajnu zaštitu od korozije.

### 1.9.5 Nastavljanje kablova

Nastavljanje ili produženje kablova moguće je na dva načina prikazana u poglavlju 2.2.2 primenom posebnih nastavnihi kotvi i po predviđenoj proceduri.

Nastavljanje se vrši kada je kabl već injektiran ili kada je slobodan pri čemu je moguće i povećanje sile ukoliko je to potrebno.

Prilikom nastavljanja kabla postoji i mogućnost redukcije broja užadi, odnosno prelazak sa veće na manju silu.

## 1.9.6 Drugi vidovi primene

### 1.9.6.1 Kosi kablovi (zatege) kod mostova

Za primenu ove vrste kablova postoji posebna procedura koja bazira na sistemu SPB SUPER i predstavlja primenu sistema uz određene specifičnosti.

### 1.9.6.2 Geotehnička sidra

Svi tipovi kablova prikazani u poglavlju 2.2.1 primenjuju se kao geotehnička sidra, privremenog ili trajnog karaktera, sa jednostrukom ili višestrukom zaštitom.

Detalji ovih kablova i procedure izvođenja predstavljaju poseban deo tehnologije u okviru sistema SPB SUPER.

### 1.9.6.3 Prednaprezanje na stazama putem prijanjanja

Komplet presa S-5, S-7, S-12, i S-25 sa odgovarajućim pumpama i kotvama predstavljaju deo opreme za pojedinačno prednaprezanje užadi od 3 ili 7 žica, prečnika 5,2 do 16,0mm na stazama za proizvodnju prefabrikovanih elemenata prednaprezanjem putem prijanjanja, adheziono prednaprezanje.

Proizvodnja prefabrikovanih elemenata na stazama predstavlja posebnu tehnologiju u okviru koje se primenjuje sistem prednaprezanja SPB SUPER.

### 1.9.6.4 Privremeni kablovi, manipulacija teškim teretima

Kablovi sistema SPB SUPER se, kao privremeni, primenjuju u montaži drugih konstrukcija ili kod specifičnih načina gradnje.

Takođe se primenjuju prilikom manipulacije teškim teretima, najčešće za podizanje ili spuštanje. Za ove svrhe koriste se specijalne kotve koje omogućavaju kontinualni proces ukotvljavanja i oslobađanja kabla u kotvi i njegovog permanentnog držanja u presi.

## 2. KOTVE

### 2.1 Opis komponenti kotvi

Tehnička dokumentacija sistema SPB SUPER, dokument sa preciznim geometrijskim i mehaničkim karakteristikama kotvi, opreme i drugog, izrađena je u Centru za prednaprezanje Instituta IMS u skladu sa standardom ISO 9001:2000.

Proizvodnja kotvi i opreme za prednaprezanje obavlja se u Centru za prednaprezanje Instituta IMS i drugim specijalizovanim preduzećima prema dokumentaciji i pod kontrolom Centra za prednaprezanje u svemu kako je to predviđeno sistemom kvaliteta ISO 9001: 2000.

Kvalitativna kontrola različitih elemenata i proizvoda obavlja se po procedurama u toku procesa proizvodnje i na kraju kao završna kontrola. Kontrola uključuje sledeće aktivnosti:

- provera kvaliteta polaznog materijala,
- kontrola geometrijskih karakteristika i
- provere mehaničkih karakteristika proizvoda.

Kotve, odnosno komponente kotvi (čaure, ankerne ploče, klinovi i podložne ploče) proizvode se u serijama. U svakoj seriji u zavisnosti od tipa kotve određen je najveći broj komada, koji može biti i manji u zavisnosti od porekla polaznog materijala, procesa proizvodnje i kontrole.

Za svaku seriju komponenti kotvi ili kompletne kotve izdaje se Uverenje o kvalitetu, nakon svih kontrola i ispitivanja izvršenih po propisanim procedurama Instituta IMS – CP u skladu sa sistemom kvaliteta ISO 9001:2000.

Uverenje o kvalitetu kotvi izdaje Institut IMS – CP ili druga od Instituta IMS ovlašćena institucija.

Isporuka kotvi i opreme za prednaprezanje po sistemu SPB SUPER vrši se isključivo od strane Centra za prednaprezanje Instituta IMS.

#### 2.1.1 Klinovi

Trodelni klin za užu  $\varnothing 16,0\text{mm}$  primenjuje se za kotve tipa S1/16 do S12/16 za ukotvljavanje užadi  $\varnothing 15,2\text{mm}$  i  $\varnothing 16,0\text{mm}$ , klase A i B, a klin za užu  $\varnothing 15,2\text{mm}$  za kotve tipa S19/15 do S37/15, klase A i B.

Klinovi se proizvode od specijalnog svetlo vučenog čelika klase Č 7422. Posle proizvodnje vrši se površinska obrada da bi se dobila odgovarajuća tvrdoća.

#### 2.1.2 Čaure i ankerne ploče

Čaure služe za pojedinačno ukotvljavanje užadi  $\varnothing 15,2$  i  $\varnothing 16,0\text{mm}$ . Proizvode se od svetlo vučenog čelika Č 1731.4.

Ankerne ploče imaju više konusnih otvora za ukotvljavanje užadi prečnika  $\varnothing 15,2$  i  $\varnothing 16,0\text{mm}$ . Proizvode se od čelika Č 1731.4 poboljšanog na zateznu čvrstoću 750–850 Mpa.

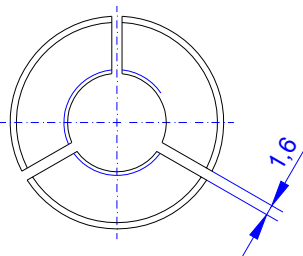
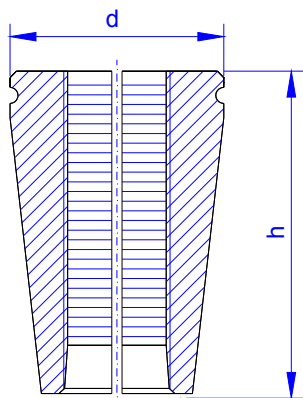
#### 2.1.3 Podložne ploče

Ravna podložna ploča sa konusnim levkom proizvodi se od valjanog lima Č. 0361.

Livena podložna ploča sa konusnim otvorom i konusnim plastičnim levkom proizvodi se od livenog čelika.

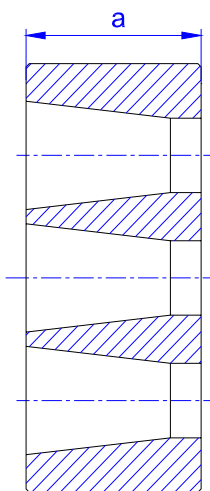
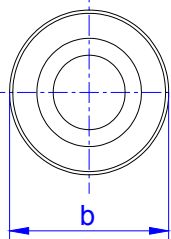
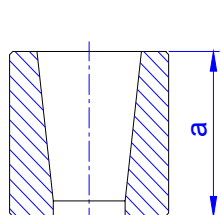
## 2.1.4 Detalji komponenti kotvi

## 1. Klin

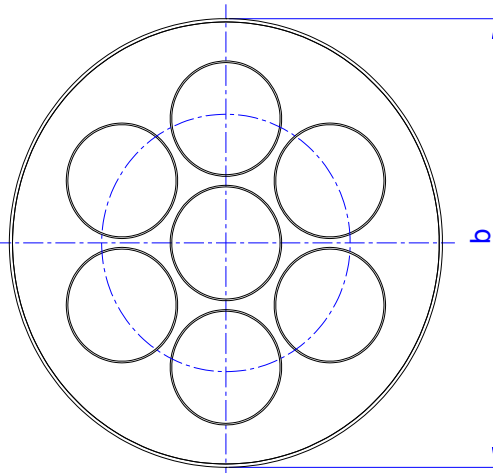


	Ø 15,2		Ø 16,0	
	Nominalno mm	Tolerancija mm	Nominalno mm	Tolerancija mm
d	30	0,00 -0,13	33	0,00 -0,16
h	48	± 0,40	50	± 0,40

## 2. Čaura

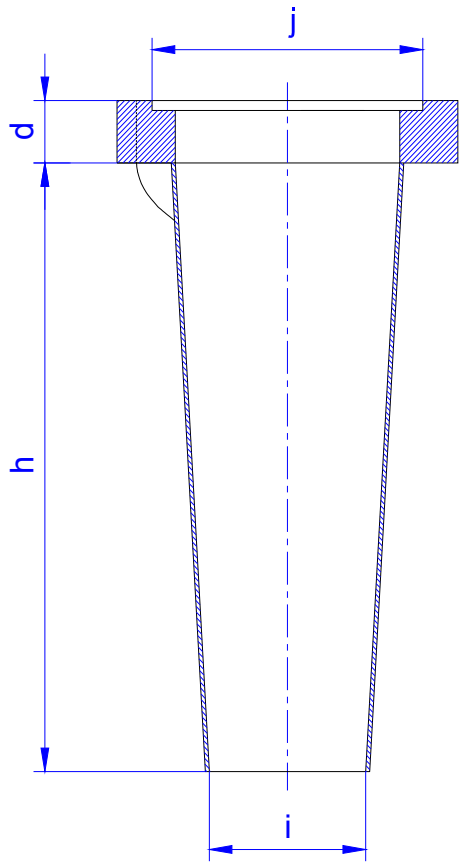


## 3. Ankerna ploča

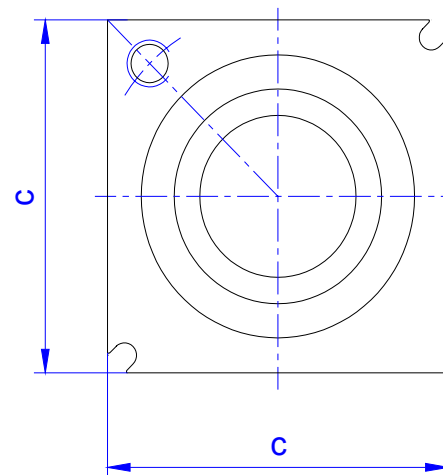
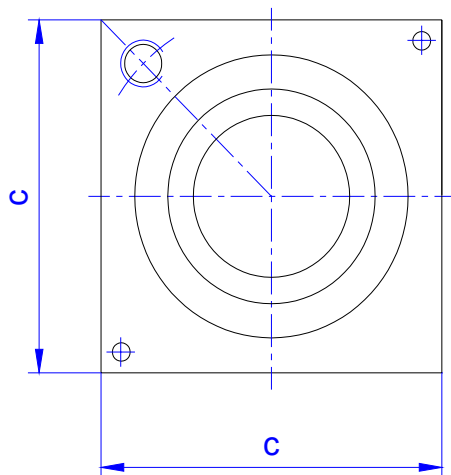
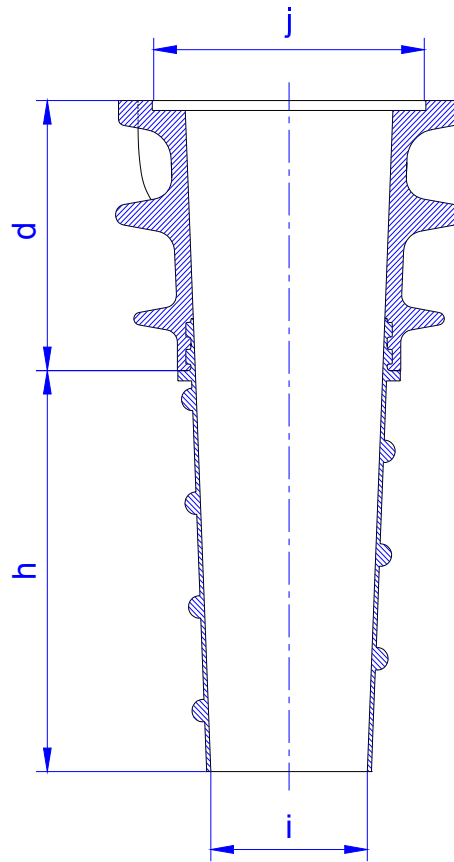


Tip kotve	a		b	
	Nominalno mm	Tolerancija mm	Nominalno mm	Tolerancija mm
<b>S1/16</b>	50	± 0,40	50	0,00 / -0,16
<b>S2/16</b>	50	± 0,40	85	0,00 / -0,22
<b>S3/16</b>	50	± 0,40	90	0,00 / -0,22
<b>S4/16</b>	50	± 0,40	100	0,00 / -0,22
<b>S7/16</b>	55	± 0,40	135	± 0,50
<b>S12/16</b>	60	± 0,40	180	± 0,50
<b>S19/15</b>	65	± 0,40	235	± 0,60
<b>S37/15</b>	110	± 0,50	320	± 0,60

## 4. Ravna podložna ploča



## 5. Livena podložna ploča

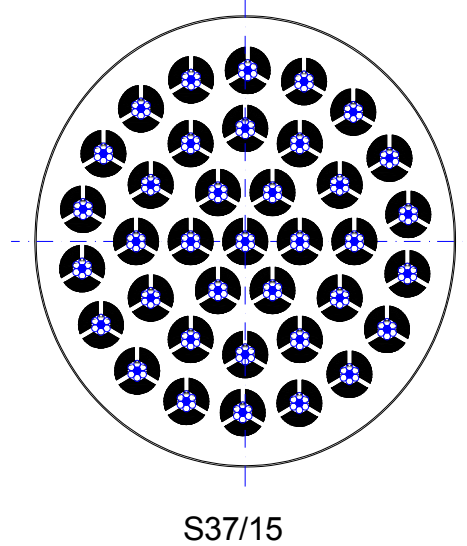
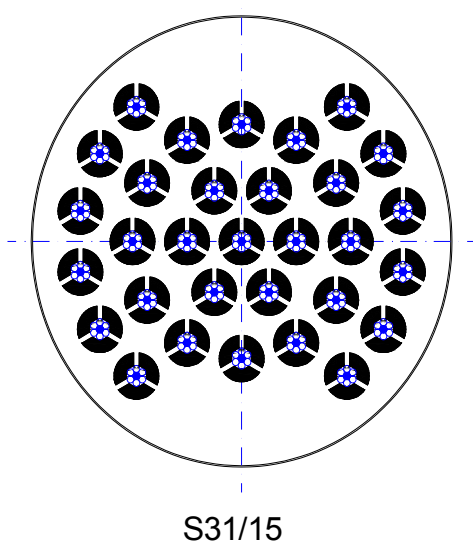
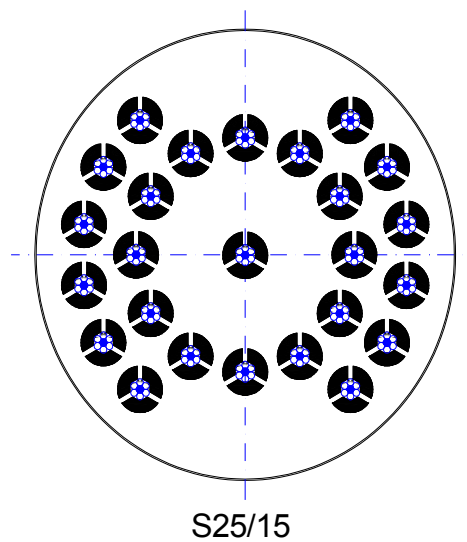
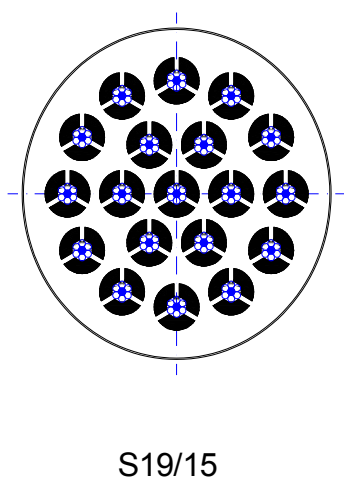
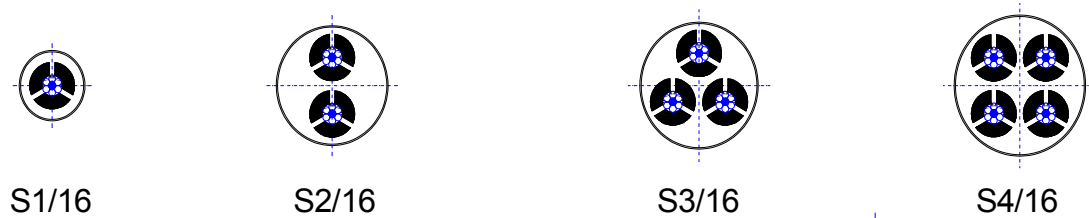


Tip kotve	RAVNA PODLOŽNA PLOČA					LIVENA PODLOŽNA PLOČA				
	c	d	h	i	j	c	d	h	i	j
	mm									
S1/16	100±0,5	10±0,3	—	—	—	—	—	—	—	—
S2/16	120±0,5	10±0,3	150±0,3	46±1,0	85±0,4	—	—	—	—	—
S3/16	150±0,5	20±0,3	200±0,6	52±1,0	91±0,4	130±1,5	150±1,8	70±2,0	52±1,0	91±0,4
S4/16	170±0,5	20±0,3	250±0,6	54±1,0	101±0,4	140±1,5	160±1,8	110±2,5	54±1,0	101±0,4
S7/16	220±0,6	30±0,3	500±0,7	69±1,0	136±0,4	170±1,8	200±1,8	330±3,0	69±1,0	136±0,4
S12/16	290±0,6	40±0,4	600±0,9	84±1,0	182±0,5	220±1,8	250±2,0	390±3,5	84±1,0	182±0,5
S19/16	360±0,6	45±0,4	800±1,0	104±1,0	237±0,5	280±1,8	320±2,0	525±4,0	104±1,0	237±0,5
S25/16	410±0,7	50±0,4	850±1,0	114±1,0	322±0,5	320±2,0	370±2,0	530±4,0	114±1,0	322±0,5
S31/16	460±0,7	55±0,4	900±1,0	124±1,5	322±0,5	340±2,0	390±2,0	565±4,0	124±1,5	322±0,5
S37/16	500±0,7	60±0,4	1000±1,0	135±2,0	322±0,5	370±2,0	430±2,0	630±4,0	135±2,0	322±0,5

Vrednost i data je za cev čiji je spoljni prečnik veći za 2mm od unutrašnjeg. Za veću vrednost spoljnog prečnika treba povećati i.



## 2.1.5 Raspored užadi u ankernoj ploči

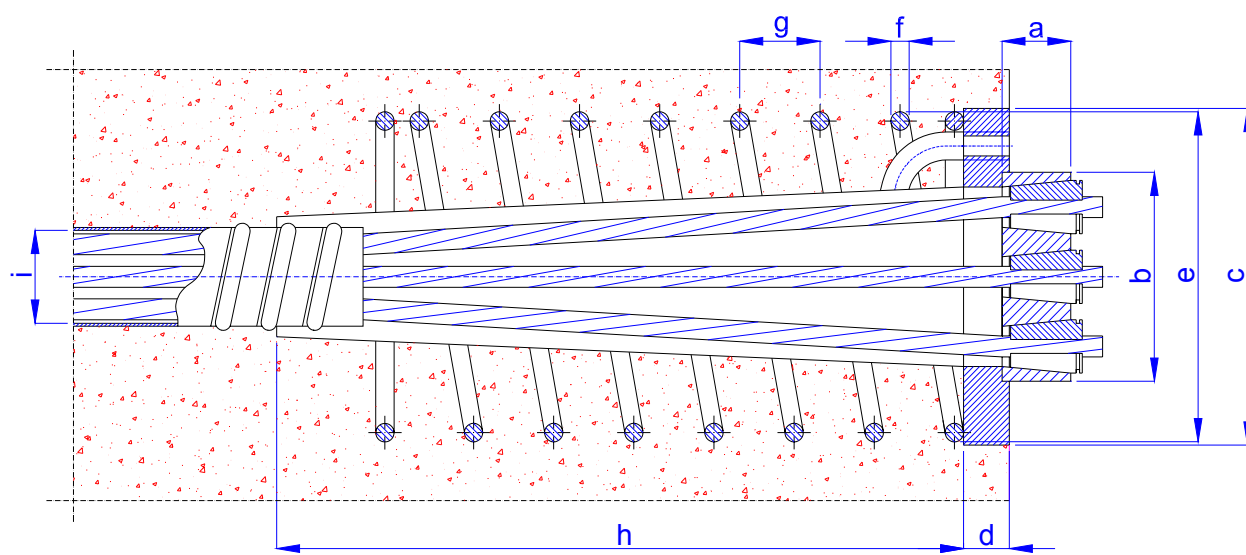


## 2.2 Detalji kotvi

### 2.2.1 Normalna kotva

#### 2.2.1.1 Normalna kotva sa ravnom podložnom pločom i konusnim levkom

##### 1. Skica normalne kotve

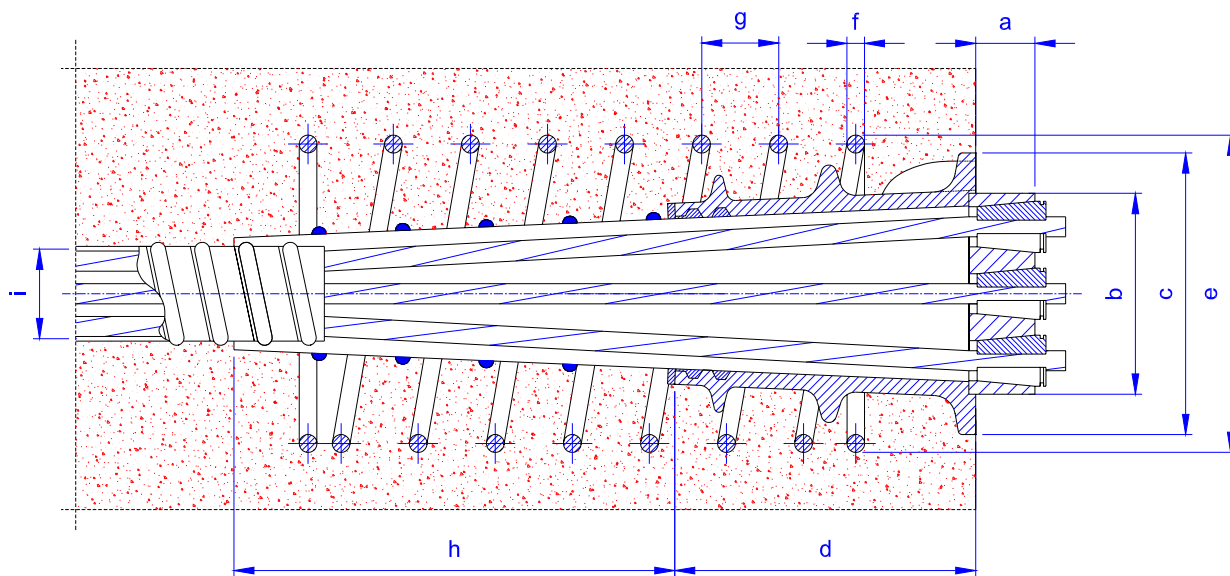


##### 2. Osnovni podaci za normalne kotve

Tip kotve	Broj užadi u kablju	Prečnik i klasa užeta	Maksimalna sila u kablju 0,80Fpk	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>
				mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
<b>S1/16</b>	1	A B	223	50	50	100	10	100	6	4 x 40	-	26
<b>S2/16</b>	2		446	50	85	120	10	120	8	4 x 40	150	42
<b>S3/16</b>	3		670	50	90	150	20	140	10	4 x 50	200	48
<b>S4/16</b>	4		893	50	100	170	20	160	12	5 x 50	250	50
<b>S7/16</b>	7		1562	55	135	220	30	210	14	7 x 60	500	65
<b>S12/16</b>	12		2678	60	180	290	40	280	16	8 x 70	600	80
<b>S19/15</b>	19	A B	3958	65	235	360	45	360	18	9 x 70	800	100
<b>S25/15</b>	25		5208	110	320	410	50	410	20	9 x 70	850	110
<b>S31/15</b>	31		6458	110	320	460	55	460	20	10x80	900	120
<b>S37/15</b>	37		7708	110	320	500	60	500	20	10x80	1000	130

## 2.2.1.2 Normalna kotva sa livenom podložnom pločom sa konusnim otvorom

### 1. Skica normalne kotve



### 2. Osnovni podaci za normalne kotve

Tip kotve	Broj užadi u kablju	Nom. prečnik i klasa užeta	Maksimalna sila u kablju $0,80F_{pk}$	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>
				mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
<b>S3/16</b>	3	Ø15,2 Ø16,0 A B	670	50	90	130	150	140	10	4 x 50	70	48
<b>S4/16</b>	4		893	50	100	140	160	160	12	5 x 50	110	50
<b>S7/16</b>	7		1562	55	135	170	200	210	14	7 x 60	330	60
<b>S12/16</b>	12		2678	60	180	220	250	280	16	8 x 70	390	80
<b>S19/15</b>	19	Ø15,2 A B	3958	65	235	280	320	360	18	9 x 70	525	100
<b>S25/15</b>	25		5208	110	320	320	370	410	20	9 x 70	530	110
<b>S31/15</b>	31		6458	110	320	340	390	460	20	10x80	565	120
<b>S37/15</b>	37		7708	110	320	370	430	500	20	10x80	630	130

## 2.2.2 Nastavna kotva

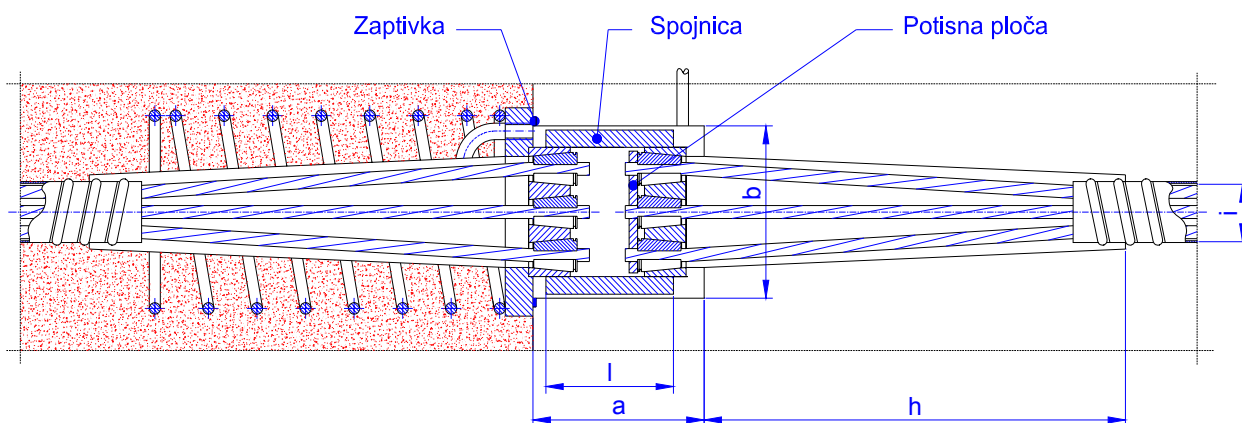
### 2.2.2.1 Nastavna kotva za skupno nastavljanje

Nastavna kotva služi za produžavanje i nastavljanje kablova. Primenjuje se kod kablova koji nisu prednapregnuti, koji su delimično ili potpuno prednapregnuti.

Ukoliko kabl nije prednapregnut, ili je samo delimično prednapregnut, na vrednost „a” u tablici 1. dodaje se i veličina izduženja kabla koji se nastavlja.

Pri redukciji kabla sa većeg na manji primenjuje se nastavna kotva većeg kabla, ostaju iste sve geometrijske mere, a smanjuje se samo broj užadi u nastavku.

#### 1. Skica nastavne kotve

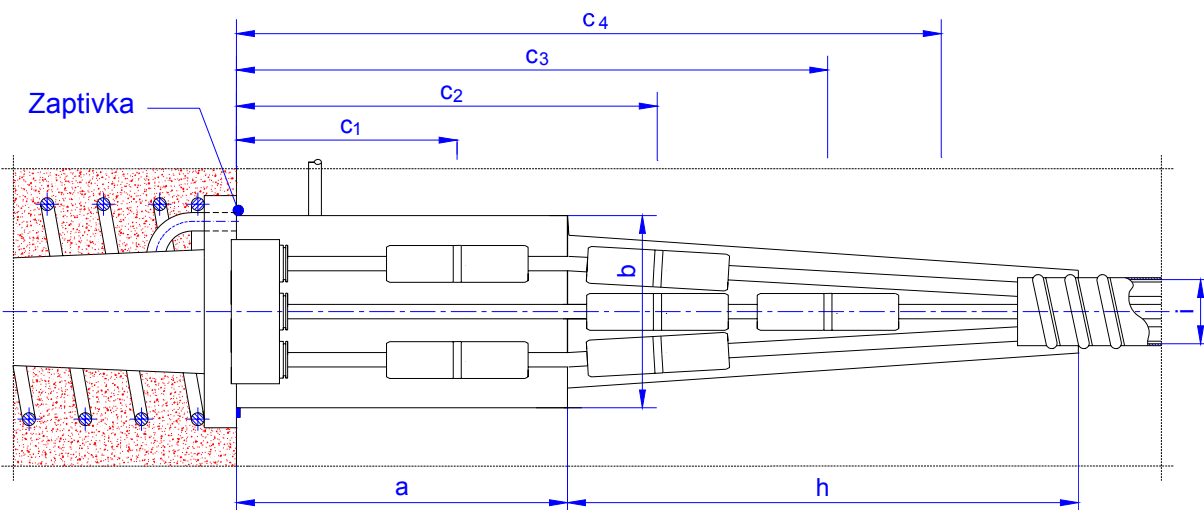


#### 2. Geometrijski podaci

Tip kotve	Spojnica		Potisna ploča		a	b	h	i
	Ø	l	Ø	d				
	mm		mm					
SN1/16	62	90	—	—	170	70	—	26
SN2/16	103	105	80	5	185	110	150	42
SN3/16	112	105	80	5	185	120	200	48
SN4/16	125	110	95	6	190	135	250	50
SN7/16	170	130	115	10	230	185	500	60
SN12/16	225	145	160	12	250	240	600	80
SN19/15	280	165	200	14	280	300	800	100

## 2.2.2.2 Nastavak kablova sa kotvom za pojedinačnu užad SN1/16/1

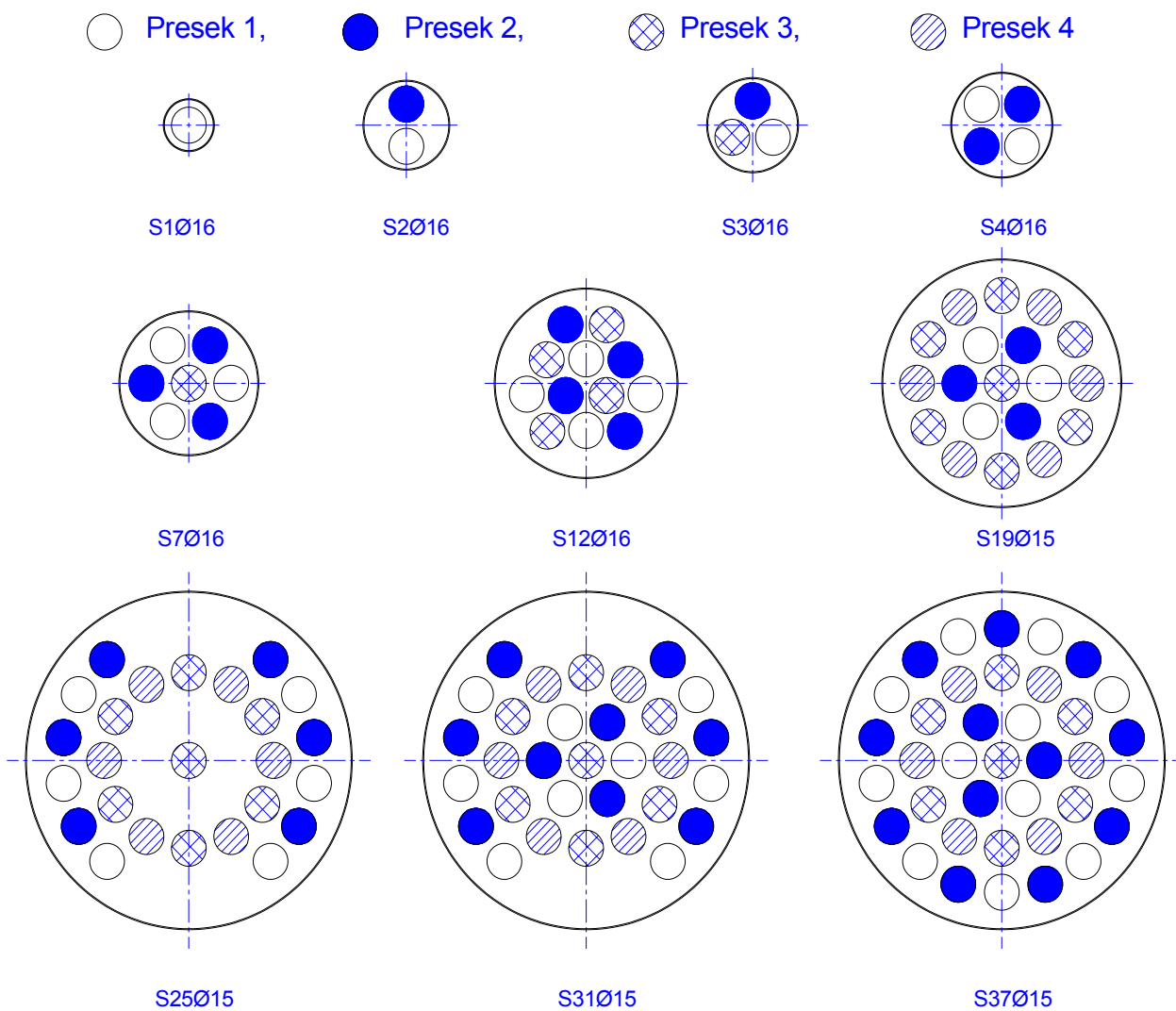
### 1. Skica nastavka



### 2. Geometrijski podaci nastavka

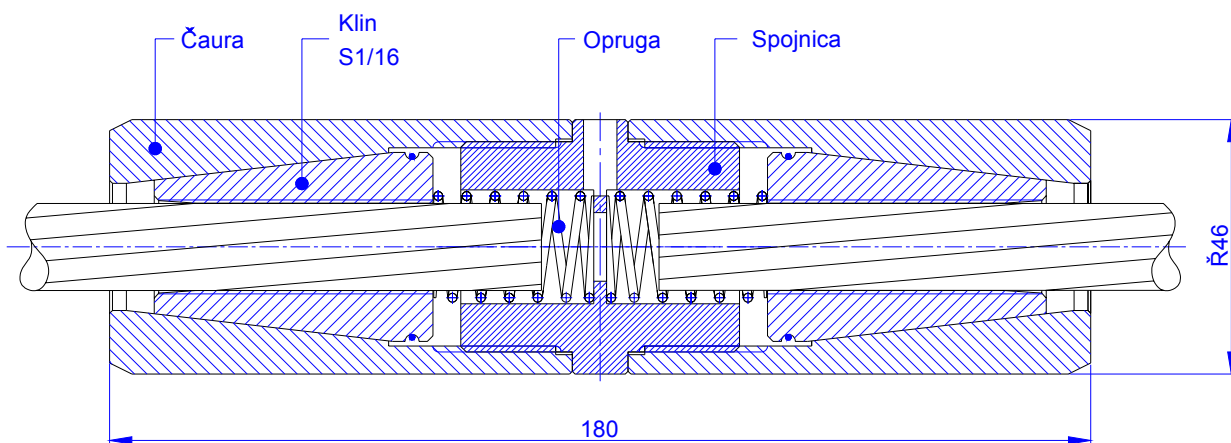
Tip kabla	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	a	b	h	i
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
<b>1Ø 16</b>	140	–	–	–	280	60	-	26
<b>2Ø 16</b>	140	370	–	–	510	100	150	42
<b>3Ø 16</b>	140	370	600	–	740	110	200	48
<b>4Ø 16</b>	140	370	–	–	510	120	250	50
<b>7Ø 16</b>	300	530	760	–	900	155	500	60
<b>12Ø 16</b>	300	530	760	–	900	200	600	80
<b>19Ø 15</b>	300	530	760	990	1130	260	800	100
<b>25Ø 15</b>	300	530	760	990	1130	340	800	110
<b>31Ø 15</b>	300	530	760	990	1130	340	900	120
<b>37Ø 15</b>	300	530	760	990	1130	340	1000	130

## 2.2.2.3 Raspored nastavka užadi po preseccima



## 2.2.2.4 Skica nastavne kotve za pojedinačnu užad SN1/16/1

Kotva SN1/16/1 se primenjuje za užad prečnika  $\varnothing 16,0$  i  $\varnothing 15,2$ mm.



## 2.2.3 Fiksna kotva

### 2.2.3.1 Fiksna kotva sa previjenim kablovima

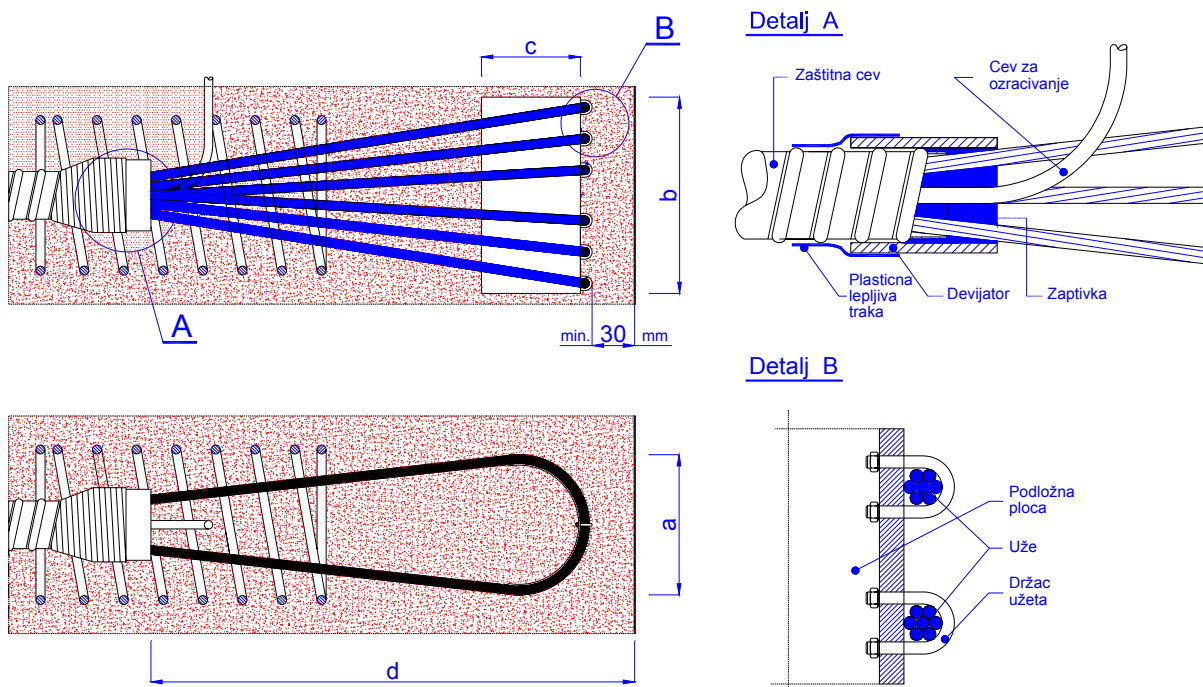
Fiksna kotva se koristi umesto normalne kotve u slučajevima kada postoje konstruktivne mogućnosti i kada je jedan kraj nosača nepristupačan za prednaprezanje.

Konstruktivne mogućnosti podrazumevaju dovoljnu masu nosača da se kotva može montirati i ako karakter nosača dozvoljava uvođenje pune sile prednaprezanja na rastojanju „**d**“ od kraja kotve.

Prednost fiksne kotve je u njenoj ceni koja je znatno niža od cene normalne kotve.

Neparno uže se previja preko ploče i završava nakon ulaska u zaštitnu cev iza devijatora.

#### 1. Skica fiksne kotve sa previjanjem užadi

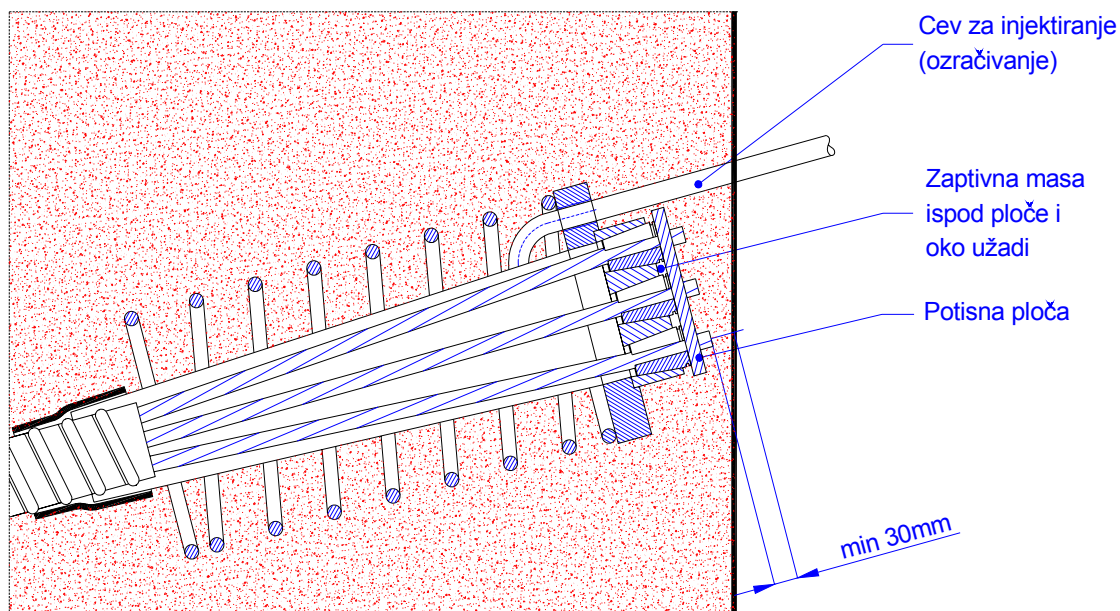


#### 2. Geometrijski podaci

Tip kablova	a mm	b mm	c mm	d mm
2Ø 16	150	100	50	500
3Ø 16	200	120	60	500
4Ø 16	200	155	60	500
7Ø 16	200	260	110	600
12Ø 16	250	350	175	900
19Ø 15	300	450	200	1300
25Ø 15	350	500	250	1700
31Ø 15	400	550	275	2100
37Ø 15	400	650	325	2500

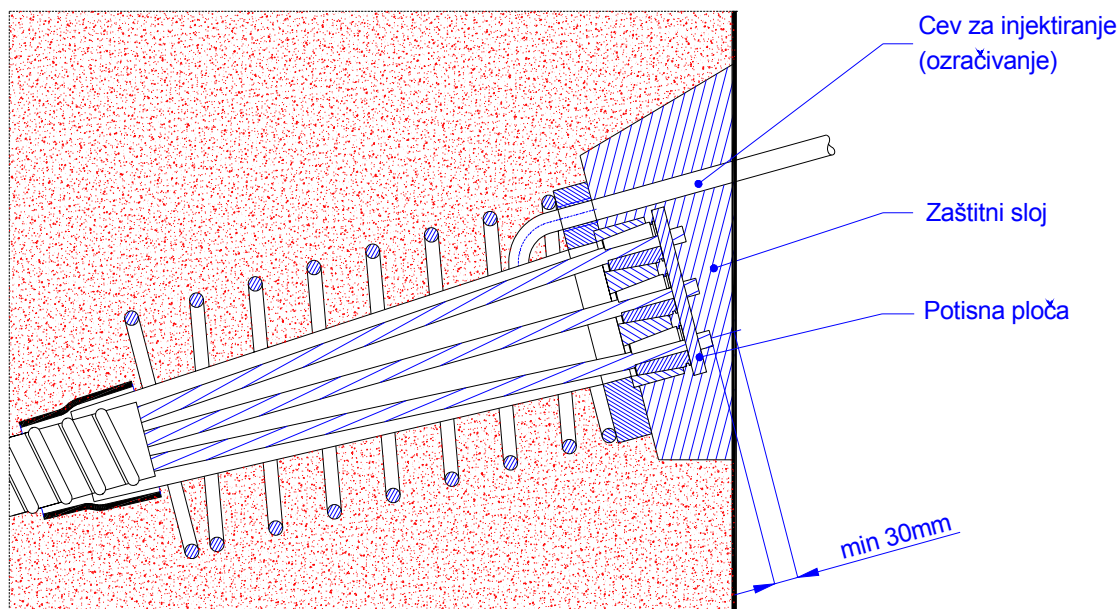
### 2.2.3.2 Fiksna kotva kao normalna

Fiksna kotva izrađena od normalne kotve (prema skici) primenjuje se kada je konstrukcija nepristupačna sa jedne strane a uvođenje sile prednaprezanja neophodno na samom čelu nosača, kao kod normalne kotve. Kotva prilikom betoniranja konstrukcije ostaje u betonskoj masi izuzev cevčice za injektiranje (ozračivanje).



### 2.2.4 Pasivna kotva

Pasivna kotva se primenjuje kada je moguće prednaprezanje kabla samo sa jedne strane iz razloga ekonomičnosti i/ili kada je pristup sa jedne strane konstrukcije prostorno ograničen. Izrađuje se (prema skici) kao normalna kotva sa skraćenim užadima kabla i postavljanjem potisne ploče za klinove. Nakon prednaprezanja uklanja se potisna ploča, postavlja se cev za injektiranje/ozračivanje i betonira zaštitni sloj.





## 2.3 Položaj kotvi na čelu nosača

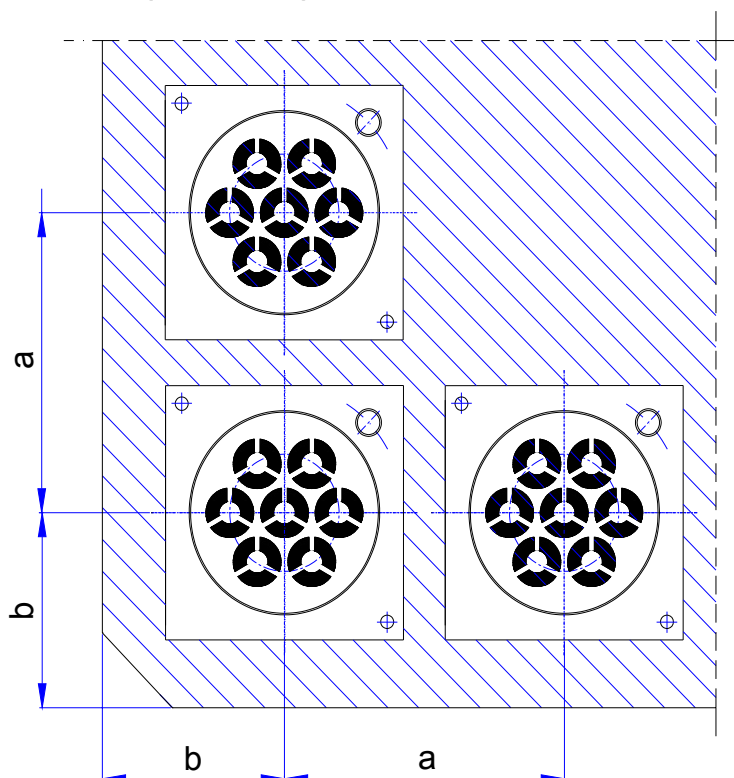
U tablicama 1. i 2. dat je minimalni razmak kotvi ( $a$ ) i odstojanje kotvi od ivice nosača ( $b$ ) u zavisnosti od veličine sile u kablu i kvaliteta betona.

Minimalne vrednosti  $a$  i  $b$  određene su na osnovu proračuna i sprovedenih ispitivanja na uzorcima za prenos sile prema FIP preporukama.

Minimalna širina čela nosača mora biti  $2b$ , kada su kotve raspoređene u jednoj liniji.

Veće vrednosti rastojanja  $a$  i  $b$ , kada za to postoje mogućnosti, olakšavaju armiranje nosača i montažu kablova.

### 2.3.1 Ravna podložna ploča sa konusnim levkom

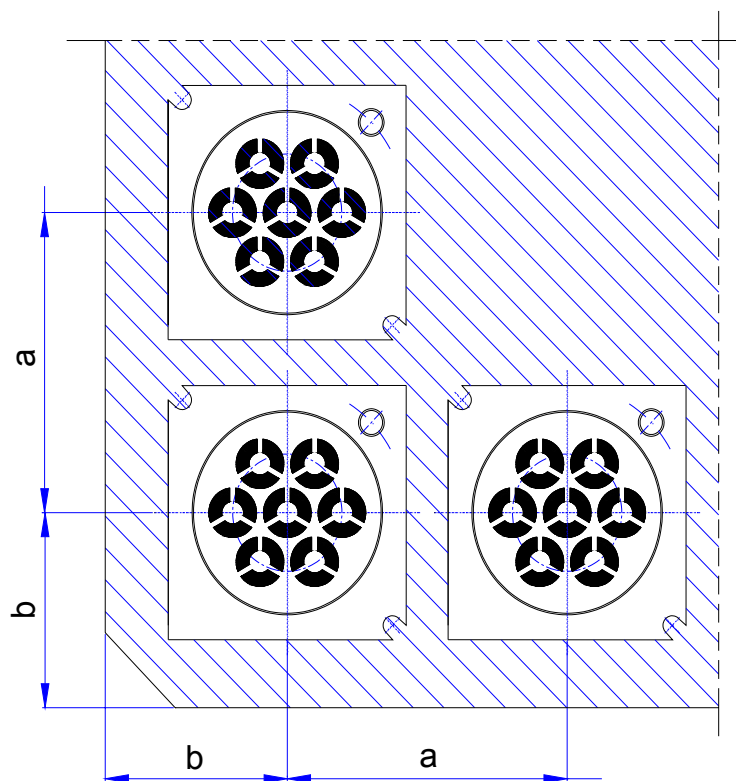


Tablica 1

Razmak mm	Tip kotve	S1/16	S2/16	S3/16	S4/16	S7/16	S12/16	S19/15	S25/15	S31/15	S37/15
	MB										
a	30	130	170	210	240	320	420	505	580	650	705
	45	110	140	170	200	260	340	415	475	530	575
	60	110	140	160	180	240	310	380	430	480	520
b	30	80	90	110	130	170	220	270	310	350	390
	45	70	80	100	110	130	170	210	240	270	300
	60	70	80	95	105	130	165	200	230	260	280

Vrednosti rastojanja  $a$  i  $b$  mogu biti veće od datih minimalnih i ne moraju biti iste u horizontalnom i vertikalnom pravcu, odnosno mogu biti minimalne u jednom, a veće u drugom.

## 2.3.2 Livena podložna ploča sa konusnim otvorom



Tablica 2

Razmak mm	Tip kotve	S3/16	S4/16	S7/16	S12/16	S19/15	S25/15	S31/15	S37/15
	MB								
<b>a</b>	30	170	205	255	325	405	460	490	530
	45	160	180	230	300	380	430	480	520
	60	160	180	230	300	380	430	480	520
<b>b</b>	30	90	120	150	190	230	260	280	300
	45	95	100	115	145	180	200	220	240
	60	90	105	130	170	205	230	250	270

Vrednosti rastojanja **a** i **b** mogu biti veće od datih minimalnih i ne moraju biti iste u horizontalnom i vertikalnom pravcu, odnosno mogu biti minimalne u jednom, a veće u drugom.

### 2.3.3 Marka betona

Vrednosti marke betona MB u tablicama 1 i 2 (2.3.1 i 2.3.2) date su pod pretpostavkom da se pri prednaprezanju koristi maksimalna sila u kablu od  $0,80F_{pk}$ . Ukoliko je sila manja razmaci kotvi **a** i **b** mogu se umanjiti vodeći računa o dimenzijama podložne ploče i spirale.

#### 2.3.3.1 Minimalna karakteristična čvrstoća betona

Minimalna karakteristična čvrstoća betona u konstrukciji u trenutku prednaprezanja maksimalnom silom u kablu ( $0,80F_{pk}$ ) može iznositi:

– MB 30	$f_{ck,o} = 30\text{MPa}$
– MB 45	$f_{ck,o} = 45\text{MPa}$
– MB 60	$f_{ck,o} = 60\text{MPa}$

#### 2.3.3.2 Srednja čvrstoća betona

Srednja čvrstoća betona u konstrukciji u trenutku prednaprezanja maksimalnom silom u kablu ( $0,80F_{pk}$ ) može iznositi:

$$f_{cm,o} = f_{ck,o} + 5 \text{ (MPa)}$$

#### 2.3.3.2 Minimalna čvrstoća betona pri prednaprezanju

Ukolikose pri prednaprezanju koristi manja sila od moguće maksimalne u kablu ( $0,80F_{pk}$ ), čvrstoće betona  $f_{ck,o}$  i  $f_{cm,o}$  mogu se uzeti srazmerno manje od predviđenih za maksimalnu silu.

Čvrstoća betona konstrukciji u trenutku prednaprezanja ne treba nikad biti ispod 30MPa, tj.  $f_{cm,o} \geq 30\text{MPa}$ .

## 2.4 Armiranje ankerne zone

Armiranje nosača na mestima gde se vrši uvođenje sile prednaprezanja vrši se na osnovu statičkog proračuna u skladu sa Pravilnikom o tehničkim normativima za beton i armirani beton (BAB 87).

Količina, vrsta i položaj obične armature proizilaze iz statičkog proračuna naročito uzimajući u obzir članove 64,68,70,137,138,177,180 i 181 BAB-a.

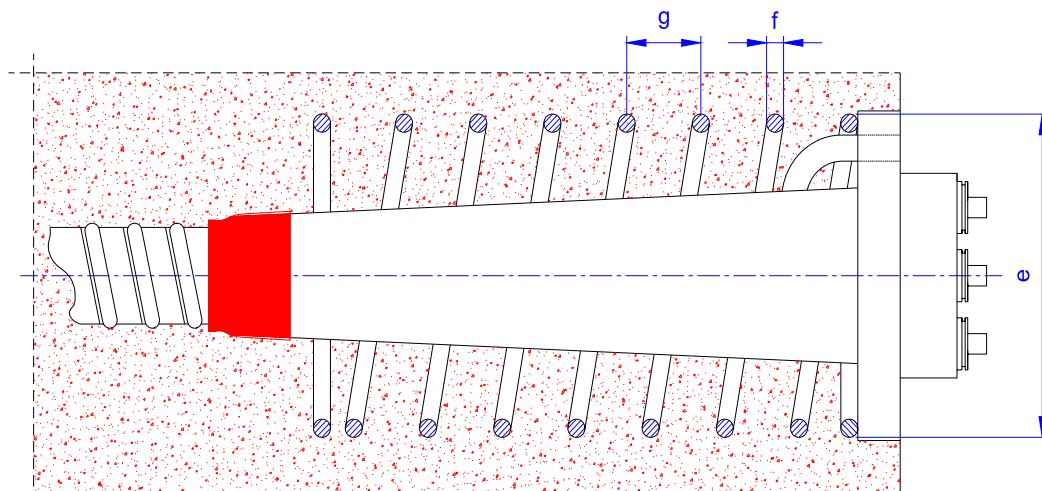
Samo prenošenje sile sa kotve na nosač vrši se preko ravne ili livene podložne ploče na zamišljenu prizmu koja proizilazi iz minimalnih razmaka kotvi na čelu nosača armiranu odgovarajućom spiralom.

U posebnim slučajevima spirala može biti zamenjena roštiljem armature raspoređenih po dubini čiji prečnik armature, razmah pojedinih šipki i roštilja mora odgovarati merama datih za spirale.

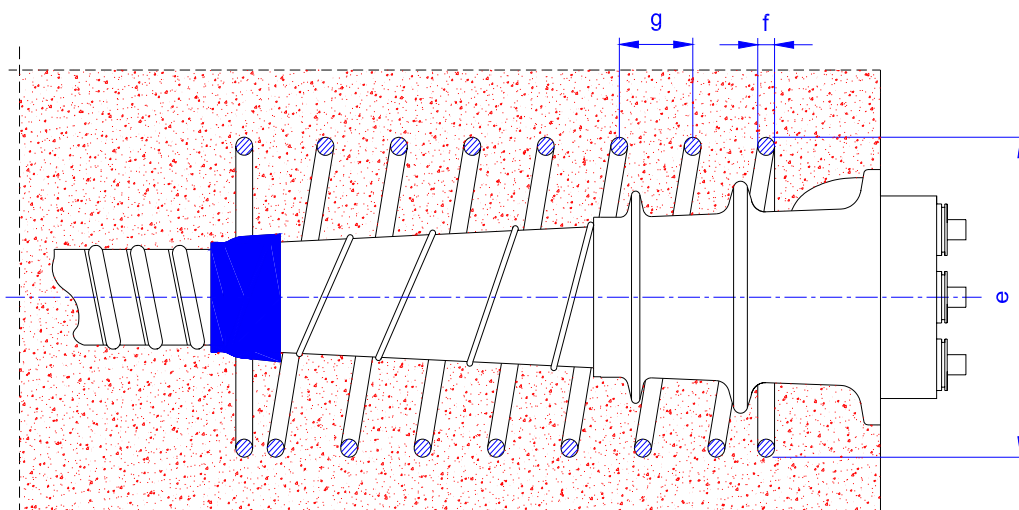
Za spirale se upotrebljava glatka betonska armatura kvaliteta Č.0300 JUS C.K2.052

Ukoliko je dužina uzengije veća od proizvodne dužine armature mora se uraditi nastavak koji ne umanjuje mehaničke karakteristike čelika (čeono varenje ili slično).

### 2.4.1 Kotva sa ravnom podložnom pločom i konusnim levkom



### 2.4.2 Kotva sa livenom podložnom pločom



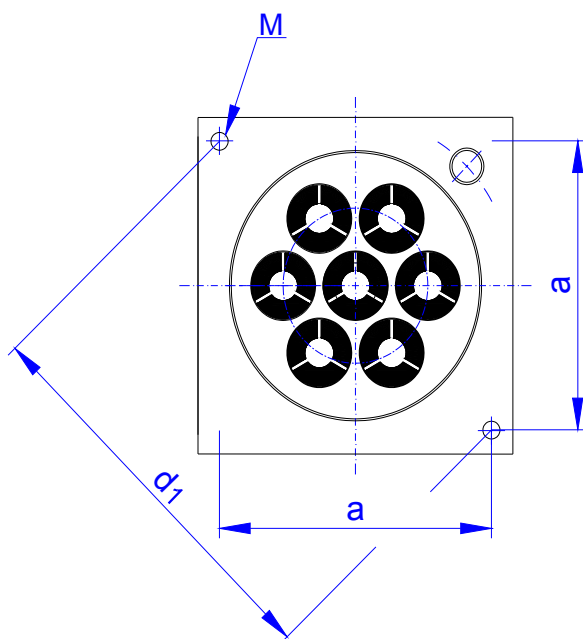
### 2.4.3 Tablični prikaz mera za spirale

Tip kotve	Spoljni prečnik e	Prečnik armature f	Hod spirale g	Broj navoja m	Ukupna dužina spirale	Masa spirale
	mm	mm	mm	kom.	cm	kg / kom.
S1/16	100	6	40	4	178	0,40
S2/16	120	8	40	4	212	0,84
S3/16	140	10	50	4	246	1,52
S4/16	160	12	50	5	327	2,90
S7/16	210	14	60	7	556	6,73
S12/16	280	16	70	8	831	13,13
S19/15	360	18	70	9	1183	23,66
S25/15	410	20	70	9	1349	33,32
S31/15	460	20	80	10	1660	41,00
S37/15	500	20	80	10	1811	44,73

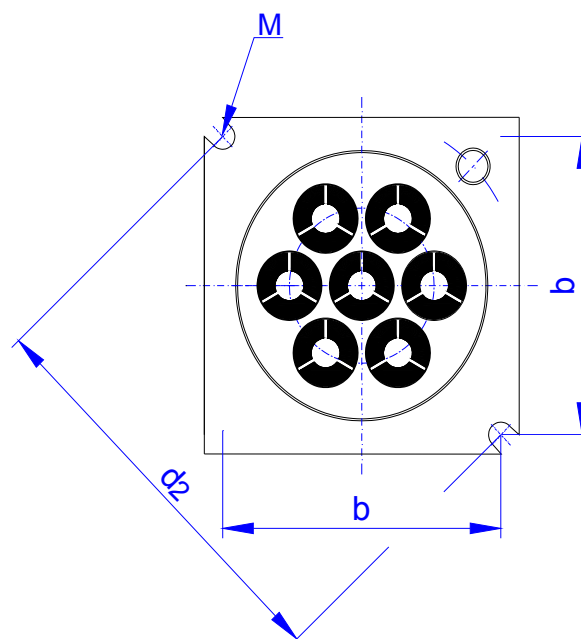
## 2.5 Pričvrščivanje podložne ploče

Podložne ploče se pričvrščuju zavrtnjima za oplatu konstrukcije. Dužina zavrtnjeva zavisi od debljine oplata.

2.5.1 Kotva sa ravnom podložnom pločom



2.5.2 Kotva sa livenom podložnom pločom



2.5.3 Tablični prikaz mera

Tip kotve	a	b	d1	d2	Zavrtnaj M
	mm				
S1/16	80	—	113	—	M6
S2/16	100	—	141	—	M8
S4/16	130	110	184	156	M10
S7/16	140	120	198	170	M10
S12/16	190	140	269	198	M10
S12/16	250	180	354	255	M12
S19/15	320	240	453	339	M12
S25/15	370	280	523	396	M12
S31/15	420	300	594	424	M12
S37/15	460	330	651	467	M12

## 2.6 Postavljanje kotvi

Postavljanje kotvi vrše stručni radnici obučeni za rad u sistemu SPB SUPER ili stručnjaci Centra za prednaprezanje. Postavljanje kotvi se obavlja prema proceduri CP.

### 2.6.1 Normalna aktivna kotva

Kotva se postavlja prema skicama 1. u poglavljima 2.2.1.1 i 2.2.1.2.

Postavljanje normalne ankerne kotve započinje ugrađivanjem podložne ploče. Podložna ploča, sa fiksnim levkom i spiralom, pričvršćuje se odgovarajućim zavrtnjevima za oplatu na tačno određenom mestu. Spoj konusne i zaštitne cevi se izolira plastičnom lepljivom trakom.

Nakon betoniranja i očvršćavanja betona skida se oplata, očisti podložna ploča i na već uvučen kabl postavlja ankerna ploča. Užad kabla se što pravilnije rasporede u konusne rupe ploče za ukotvljavanje i skrate na neophodnu dužinu za hvatanje presom. Na kraju se postavljaju klinovi i blagim udarcima specijalnom alatkom fiksiraju u svojim ležištima. Time je kotva pripremljena za proces prednaprezanja.

### 2.6.2 Normalna pasivna kotva

Kotva se postavlja prema skici u poglavlju 2.2.4.

Procedura postavljanja pasivne kotve je istovetna sa procedurom aktivne izuzev što se nakon fiksiranja klinova montira potisna ploča i zavrtnjima pritegne.

Takođe, užad se skraćuju na meru od oko 5 cm od površine ploče za ukotvljavanje.

### 2.6.3 Nastavna kotva

#### 2.6.3.1 Nastavna kotva za skupno nastavljanje

Bez obzira da li je kabl koji se nastavlja injektiran ili ne procedura postavljanja nastavka prema skici u poglavlju 2.2.2.1 je sledeća:

- poravnavanje užadi već postavljene kotve na 3 cm od ankerne ploče,
- navlačenje na novi kabl zaštitnog cilindra sa konusnim levkom,
- raspoređivanje užadi u konusne otvore ploče za ukotvljavanje,
- postavljanje i fiksiranje klinova,
- postavljanje i pritezanje potisne ploče,
- skraćivanje užadi kabla koji se nastavlja na 3 cm od ankerne ploče,
- navrtanje spojnice za nastavak,
- postavljanje zaptivke i pričvršćivanje cilindra i
- spajanje i izolacija konusne i zaštitne cevi plastičnom lepljivom trakom i izvođenje cevčice za ozračivanje van konstrukcije.

Na taj način je spoj pripremljen za betoniranje susedne konstrukcije.

#### 2.6.3.2 Nastavak sa pojedinačnim kotvama

Kabl koji se nastavlja može biti injektiran ili ne što ne utiče na proceduru nastavljanja. Ova procedura se obavlja prema skici 1. u poglavlju 2.2.2.2 kako sledi:

- skraćivanje užadi kabla koji se nastavlja prema poglavlju 2.2.2.2 i 2.2.2.3,
- navlačenje kotve SN1/16/1 na svako uže kabla koji se nastavlja,
- navlačenje na kabl za nastavak zaštitnog cilindra sa konusnim levkom,
- uvlačenje pojedinačnih užadi u kotve SN1/16/1 počevši od preseka C<sub>4</sub> ka C<sub>1</sub>,

- postavljanje zaptivke i pričvršćivanje cilindra,
- spajanje i izolacija konusne i zaštitne cevi lepljivom plastičnom trakom, i
- postavljanje cevčica za ozračivanje injektiranje van konstrukcije.

Kada su svi kablovi nastavljeni može se pristupiti betoniranju naredne konstrukcije.

## 2.6.4 Fiksna kotva

### 2.6.4.1 Fiksna kotva sa previjenim užadima

Fiksna kotva sa previjenim raspletenim užadima formira se prema skici 1. u poglavlju 2.2.3.1 prema sledećem postupku:

- savijanje užadi na polovini dužine na odgovarajući prečnik,
- navlačenje devijatora i spirale,
- pričvršćivanje užadi za podložnu ploču,
- postavljanje cevčica za ozračivanje,
- spajanje devijatora i zaštitne cevi,
- izolacija veze plastičnom lepljivom trakom i zaptivanje ulaza kabla u devijator odgovarajućim plastičnim kitom.

### 2.6.4.2 Fiksna kao normalna kotva

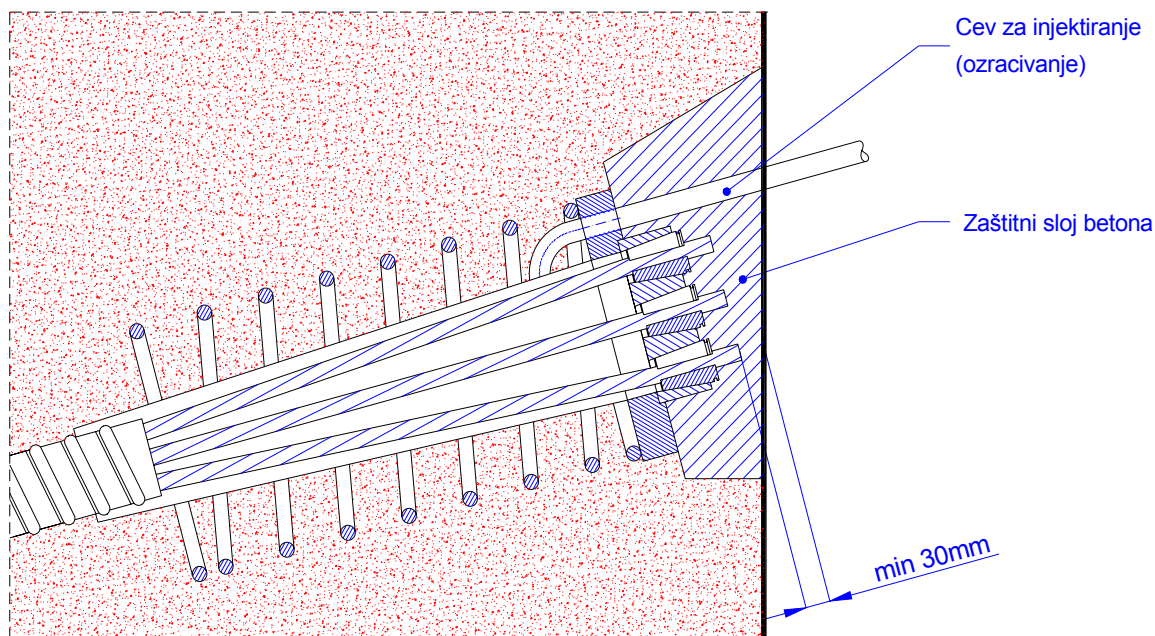
Fiksna kotva izrađena kao normalna kotva prikazana je na skici u poglavlju 2.2.3.2. Postavlja se kako sledi:

- navlačenje podložne ploče sa zavarenim levkom i spiralom na kraju kabla,
- raspoređivanje užadi u konusne otvore ploče za ukotvljavanje,
- postavljanje i fiksiranje klinova,
- postavljanje i pritezanje potisne ploče,
- skraćivanje užadi na 1–2 cm od potisne ploče,
- spajanje i izolacija konusne i zaštitne cevi lepljivom plastičnom trakom i izvođenje cevi za injektiranje/ozračivanje van konstrukcije,
- fiksiranje kompletne kotve na projektovanom mestu u konstrukciji.

## 2.7 Zaštita kotvi

### 2.7.1 Trajna zaštita kotve slojem betona

Sloj betona za korozionu zaštitu kotve može biti izrađen nakon prednaprezanja, a pre injektiranja. U tom slučaju nije potrebno postavljati privremene poklopce kotvi pre injektiranja.

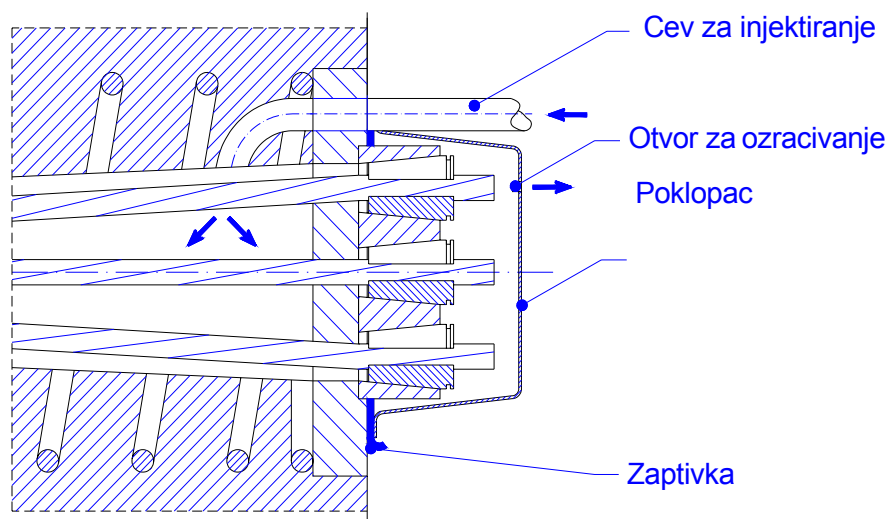


Ovakav način zaštite kotve je uobičajen i kod kotvi gde je već obavljeno injektiranje kablova.

### 2.7.2 Trajna zaštita kotve poklopcem

U izvesnim slučajevima kotve vezanih kablova mogu biti zaštićene poklopcima koji se postavljaju pre injektiranja, prema skici. Ovi poklopci i deo podložne ploče mogu se štiti od korozije odgovarajućim premazima i/ili takođe izradom sloja zaštitnog betona preko njih.

Otvor za ozračivanje se nakon izlaska vazduha trajno zatvara odgovarajućim zavrtnjem sa zaptivkom.



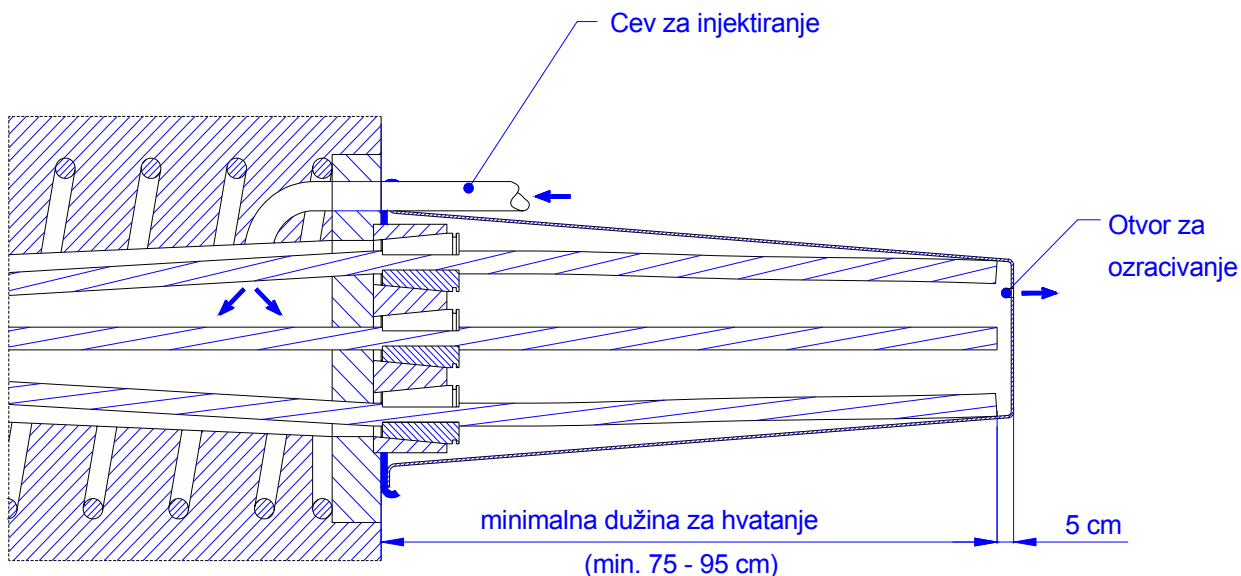


### 2.7.3 Trajna zaštita kotve pokretnog kabla

Kod pokretnih kablova koji se primenjuju radi mogućnosti korekcije sile tokom vremena ili iz drugih postavljenih uslova, poklopac za trajnu korozionu zaštitu kotve mora biti dovoljno prostran da zaštiti deo užeta za hvatanje.

Ovaj poklopac, kao i ceo kabl, istovremeno se ispunjava injektiranjem specijalnom mašću, voskom, ili dr.

Sam poklopac i deo podložne ploče se štite uobičajenim premazima u zavisnosti od izloženosti agresivnim uticajima.



### 2.7.4 Privremeno zaptivanje kotve u toku injektiranja

Poklopac za zaptivanje kotve u toku injektiranja isti je kao i poklopac kotve za trajnu zaštitu prikazan u poglavlju 2.7.2. Posle injektiranja ovaj poklopac se skida i kao trajna zaštita kotve izrađuje se sloj kvalitetnog betona minimalne debljine 30mm.

## 3. KABLOVI

### 3.1 Kablovi

Kao što je prikazano u poglavlju 1.2.1 i 1.4 kao čelik za prednaprezanje u sistemu SPB SUPER koriste se užad sastavljena od 7 glatkih žica, nominalnog prečnika  $\varnothing 15,2$  i  $\varnothing 16,0$  mm, sa trajnom fabričkom zaštitom od korozije ili bez nje.

Sistem je dimenzionisan za primenu užadi najvišeg kvaliteta klase B,  $f_{pk} = 1860 \text{ N/mm}^2$ , propisan evronormom prEN 10138.

Primena užadi klase A ( $f_{pk} = 1770 \text{ N/mm}^2$ ) i nižih kvaliteta svakako je moguća uz odgovarajuću redukciju početne sile.

Broj užadi u jednom kablju može biti od 1 do 37 što znači da se početna sila u kablju kreće od 208 do 7708kN pri  $f_{pk} = 1860 \text{ N/mm}^2$ .

Granične vrednosti početne sile sistema date su u poglavlju 1.7.1 i 1.7.2. Ovim silama odgovaraju kotve i oprema za zatezanje koje su ispitane u sklopovima kabl–kotva prema FIP–ovim preporukama za odobravanje sistema za prednaprezanje (FIP RECOMMENDATIONS FOR ACCEPTANCE OF POST-TENSIONING SYSTEMS).

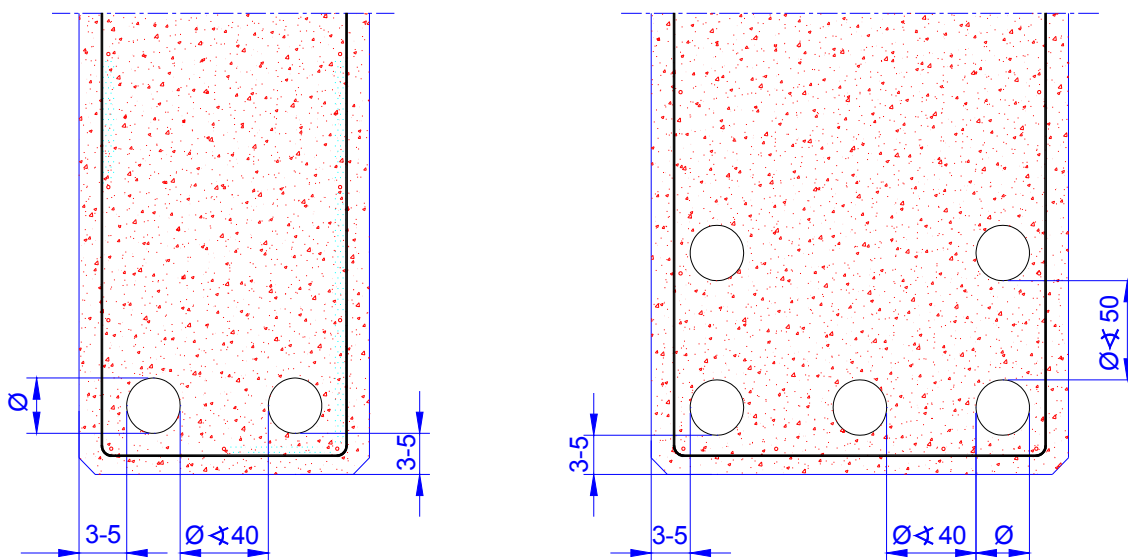
Kablovi se postavljaju najčešće u zaštitnim cevima ali isto tako mogu biti postavljeni u otvore – kanale u betonu.

#### 3.1.1 Raspored kablova u konstrukciji

Kablovi u zaštitnim cevima u konstrukciju se postavljaju po pravilu pojedinačno sa određenim međurazmakom kako bi se omogućilo dobro ugrađivanje i zbijanje betona.

Izuzetno, po dve cevi za kablove mogu da se postave jedna iznad druge ukoliko su preduzete odgovarajuće mere predostrožnosti pri betoniranju, prednaprezanju i injektiranju. Ovaj način treba izbegavati kod kablova sa dve ili više krivina.

Minimalni zaštitni sloj betona za kablove zavisi od klase izloženosti i kvaliteta betona i definisan je u evrokodu EC2, poglavlje 4.1.3.3 i ECV 206, tabl. 3 i kreće se od 25 do 50 mm.



Minimalno čisto rastojanje između pojedinačnih cevi (kablova) treba da bude:

- horizontalno  $\nless\varnothing_{\text{CEVI}}$  ili 40 mm,
- vertikalno  $\nless\varnothing_{\text{CEVI}}$  ili 50 mm.

### 3.1.2 Linija kablova

#### 3.1.2.1 Tolerancije projektovanog položaja kablova

Dozvoljeno odstupanje položaja kablova za prednaprezanje u odnosu na projektovani položaj, prema EC2, 6.2.2 (b), iznosi:

a) za  $a < 200$  mm,

- kablovi u snopu, pojedinačni kablovi i užad

$$\Delta a = \pm 0,025a$$

b) za  $a > 200$  mm,

- kablovi u snopu i pojedinačni kablovi

$$\Delta a = \pm 0,025a \text{ ili } \Delta a = \pm 20 \text{ mm}$$

- užad

$$\Delta a = \pm 0,04a \text{ ili } \Delta a = \pm 30 \text{ mm,}$$

gde  $a$  označava visinu, odnosno širinu potrebnog preseka nosača.

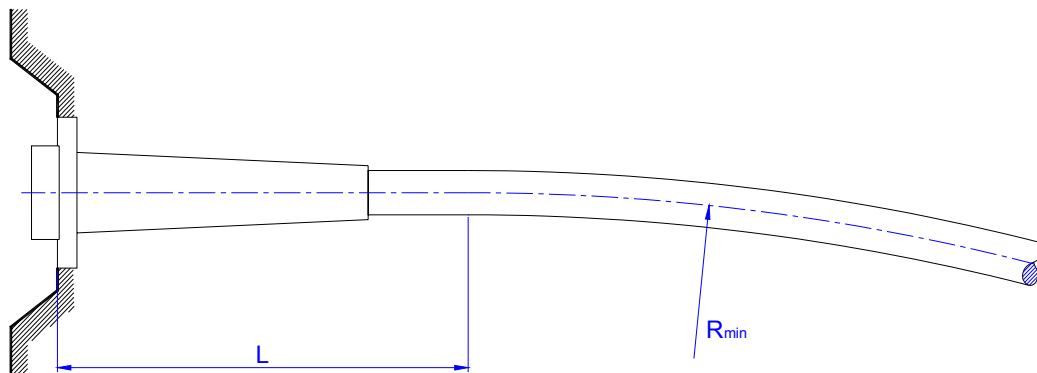
#### 3.1.2.2 Krivine kablova

Elastičnost kablova i zaštitnih cevi omogućava njihovo postavljanje po krivim, obično paraboličnim linijama. Treba izbegavati nagle promene pravca kabla zbog povećanja trenja i mogućnosti oštećenja zaštitne cevi.

Radijus krivine kabla zavisi od veličine sile, odnosno od prečnika zaštitne cevi.

Takođe, potrebno je da kabl pri ulasku u kotvu bude na određenoj dužini prav.

Radijus krivine i dužina pravog dela kod kotve, prema skici, dati su u narednoj tabeli.



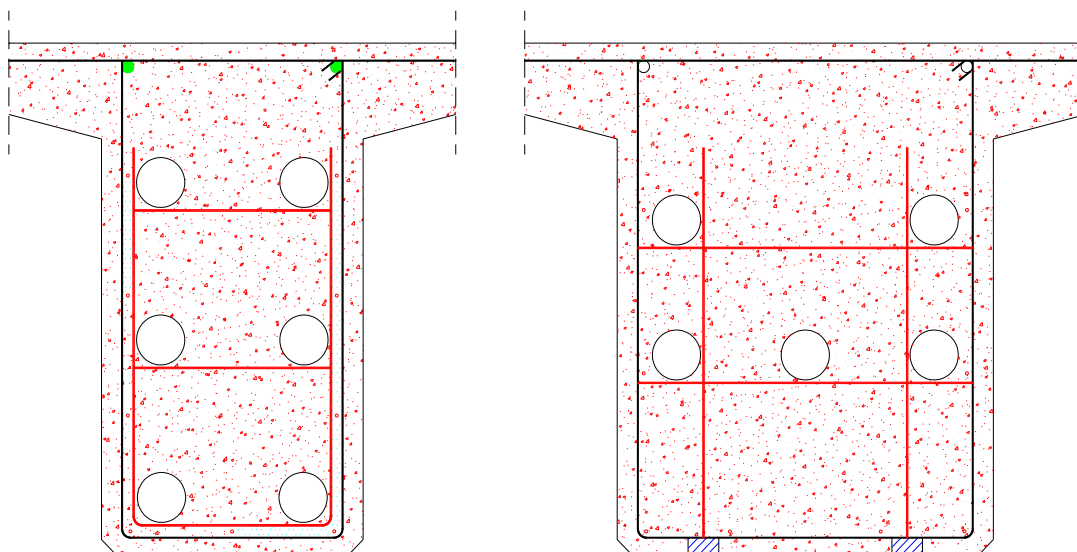
	1Ø	2Ø	3Ø	4Ø	7Ø	12Ø	19Ø	25Ø	31Ø	37Ø
$R_{\text{min}}$ cm	200	300	350	400	450	500	600	700	800	900
$L$ cm	25	40	50	60	90	100	130	140	150	160

### 3.1.3 Oslanjanje i fiksiranje kablova

Vrlo je značajno da kablovi budu postavljeni u projektom predviđenom položaju i da što manje odstupaju od teorijske linije. Da bi se to obezbedilo kablovi moraju da imaju posebne oslonce. Razmak ovih oslonaca, podupirača, kreće se od 60 do 150 cm i zavisi od linije kablova, krutosti zaštitne cevi i dr.

Zaštitne cevi treba da budu čvrsto vezane za podupirače kako bi i u toku betoniranja zadržale nepromenjen položaj.

Kotva mora biti postavljena upravno na osu kablova što se postiže fiksiranjem podložne ploče zavrtnjima za oplatu.



### 3.1.4 Formiranje i postavljanje kablova u zaštitne cevi

Postavljanje kablova u zaštitne cevi može se vršiti na različite načine u zavisnosti od vrste kablova (običan, geotehnički, kosi), tipa konstrukcije, opremljenosti izvođača tehničkim sredstvima i dr.

Ipak, tri osnovna načina pokrivaju moguće varijacije pri postavljanju kablova u zaštitnu cev i konstrukciju.

1. Kabel se formira i istovremeno ubacuje u zaštitnu cev na posebnom radnom stolu, zatim se savija u kotur i transportuje na gradilište ili se direktno ubacuje u konstrukciju ako je formiranje kablova obavljeno na samom gradilištu u neposrednoj blizini konstrukcije.  
Postavljanje kablova u konstrukciju vrši se pre betoniranja.
2. Zaštitna cev, zajedno sa podložnom pločom montira se u konstrukciju, izvrši betoniranje i nakon toga formirani kabl uvlači u cev.
3. Treći način je varijacija prethodnog. U zaštitnu cev, nakon očvršćavanja betona, pojedinačno se uvlače užad, ručno ili mašinskim putem.

Drugi i treći način skraćuju vreme izloženosti kabla koroziji pre zatezanja i zaštite. Preporučuju se u agresivnim sredinama (morske i jako vlažne sredine).

Kablovi moraju biti dovoljno dugački da se omogući zatezanje sa jedne ili obe strane.

Krajevi kablova moraju biti zaštićeni od korozije i oštećenja, naročito ako je primenjen prvi način postavljanja kabla.

### 3.1.5 Maksimalna masa kablova

Teorijski najveća masa kablova je moguća ako su sva užad proizvedena sa dozvoljenom tolerancijom poprečnog preseka od +2% kako je to predviđeno normom prEN 10138.

U tom slučaju masa kablova, izražena u  $\text{kg/m}^1$  iznosi kao u sledećoj tabeli:

Tip kabla	1Ø	2Ø	3Ø	4Ø	7Ø	12Ø	19Ø	25Ø	31Ø	37Ø
Prečnik užeta										
15,2	1,12	2,23	3,35	4,47	7,82	13,40	21,22	27,92	34,62	41,33
16,0	1,19	2,37	3,58	4,77	8,35	14,32	—	—	—	—

### 3.1.6 Dužina sečenja kablova

Dužina sečenja kabla sastoji se od dužine u konstrukciji i dodatne dužine za prednaprezanje i ukotvljavanje (ankerovanje) kabla.

Unutrašnja dužina (u konstrukciji) kabla računa se od spoljne površine jedne do druge podložne ploče. Ona se određuje računski na osnovu projektovane linije kabla. Korisno je da se na gradilištu ova dužina merenjem prekontrolise pre sečenja kabla.

Na unutrašnju meru kabla treba dodati spoljnu dužinu koja se računa od spoljne strane površine podložne ploče do kraja kabla. Spoljnu dužinu treba dodati na oba kraja kabla (izuzev kablova datih u poglavlju 2.2.2.2 i 2.2.3) u zavisnosti da li su obe kotve aktivne ili jedna pasivna a druga aktivna.

Tip prese	Tip kabla	Spoljna dužina sa jedne strane u <b>cm</b>			
		Minimalno		Preporučeno	
		Aktivna kotva	Pasivna kotva	Aktivna kotva	Pasivna kotva
S – 25	1 – 4Ø	40	8	50	18
S – 160	7Ø	75	9	85	20
S – 280	12Ø	78	9	90	20
S – 400	19Ø	81	10	100	25
S – 800	25 – 37Ø	95	14	120	35

### 3.1.7 Privremena zaštita kablova od korozije

Radi privremene zaštite kablova od korozije, ukoliko tehnologija izrade konstrukcije zahteva duži vremenski period od postavljanja do zaštite kablova, a naročito u agresivnim sredinama, primenjuju se specijalna ulja i masti. Ona su proizvedena tako da ne utiču negativno u bilo kom aspektu primene.

Ova ulja i masti moraju imati odgovarajući dokumenat o odobrenju (atest) izdat od nadležne institucije i ne smeju štetno uticati na užad ili na masu za injektiranje.

Primena ovih ulja i masti takođe smanjuje i trenje, što može biti značajno kod jako dugačkih kablova, pa se mogu koristiti i samo u tom svojstvu.

Pri normalnim uslovima spoljne sredine i relativno kratkom vremenskom razmaku od montaže do trajne zaštite kablova nije potrebna specijalna privremena zaštita kablova od korozije. Relativno kratak vremenski period može se smatrati do 30 dana kada se preduzimaju samo uobičajene mere zaštite kablova od vlage, oštećenja i drugih nepovoljnih uticaja.

Krajevi kablova se moraju zaštititi od korozije i oštećenja specijalnim metalnim ili plastičnim kapama.

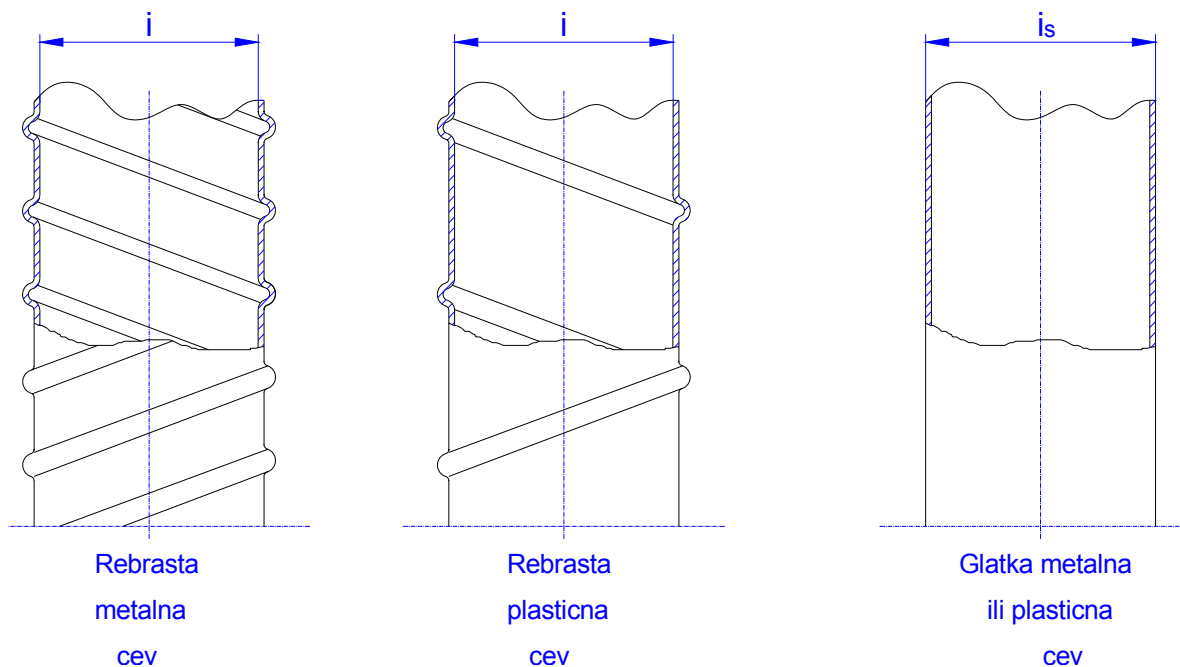
Ove „kape” treba takođe da spreče ulaz spoljne vode unutar zaštitnih cevi, a naročito ako postoji opasnost od dejstva niskih temperatura.

## 3.2 Zaštitne cevi

Za unutrašnje (vezane) kablove najčešće se koriste rebraste fleksibilne metalne i plastične HDPE cevi. One su dovoljno elastične da bi se oblikovala linija kabla.

Kod spoljnih i kosih kablova koriste se HDPE glatke plastične cevi.

Bilo koje od navedenih cevi da se koriste one moraju da zadovoljavaju sve zahteve za ovu vrstu proizvoda u skladu sa važećom regulativom.



## Standardne dimenzije cevi

Tip kabela	Rebraste metalne i plastične cevi		Glatke plastične cevi	Glatke metalne cevi
	i (met.) mm	i (pl.) mm	is mm	is mm
<b>1Ø16 (15,2)</b>	26	26	32	28
<b>2Ø16 (15,2)</b>	42	44	50	45
<b>3Ø16 (15,2)</b>	48	50	63	50
<b>4Ø16 (15,2)</b>	50	60	63	56
<b>7Ø16 (15,2)</b>	60	70	75	63
<b>12Ø16 (15,2)</b>	80	90	90	85
<b>19Ø15,2</b>	100	115	125	100
<b>19Ø15,2</b>	110	125	140	110
<b>31Ø15,2</b>	120	135	140	120
<b>37Ø15,2</b>	130	150	160	120

Ukoliko se formiranje kablova vrši posle betoniranja konstrukcije, uvlačenjem pojedinačnih užadi ili kompletnog kabela, potrebno je primeniti cevi čiji je prečnik ( $i, i_s$ ) veći za oko 10% od onog datog u tabeli.

### 3.2.1 Rebraste metalne cevi

Rebraste metalne cevi (fleksibilne, korugirane) izrađuju se od tanke čelične trake proizvedene specijalno za ove svrhe. Ova traka može biti posebno obrađena da bi se obezbedila duža zaštita cevi od korozije pre betoniranja ili, takođe, da bi se smanjio koeficijent trenja između cevi i užadi.

Minimalni unutrašnji prečnik cevi dat je u poglavlju 2.2 i on je usklađen sa standardom proizvodnje cevi. Spoljni prečnik je veći od unutrašnjeg za 2 do 6 mm u zavisnosti od tehnologije proizvodnje cevi i to se mora uzeti u obzir pri projektovanju.

Spajanje cevi vrši se spojnicama (mufovima) odgovarajućeg prečnika, a spojevi, uključujući i podložnu ploču, zaptivaju se lepljivom plastičnom trakom.

Ove cevi upotrebljavaju se kod unutrašnjih vezanih kablova i kod geotehničkih sidara.

Uslovi za proizvodnju ovih cevi, kontrola kvaliteta i metode ispitivanja dati su evropskim standardima EN 523 i EN 524 (Steel strip sheaths for prestressing tendons–1997).

### 3.2.2 Rebraste plastične cevi

Rebraste (korugirane) plastične cevi se koriste kod unutrašnjih vezanih kablova i kod geotehničkih sidara radi bolje zaštite kablova od korozije. One su oko dvostruko skuplje od metalnih cevi te se zato primenjuju tamo gde postoje posebni razlozi za većom zaštitom od korozije. Proizvode se od polietilena visoke gustine (HDPE) ili ređe od polipropilena (PP) u dužinama od 4 do 12m.

Spajaju se na nekoliko načina u koje spada međusobno zavarivanje. Ove cevi omogućavaju prenošenje sile u kابلu na okolni beton.

Pošto još uvek ne postoje evropski standardi za rebraste plastične cevi treba kao uputstvo za proces odobrenja koristiti Tehnički izveštaj FIB iz 2000. (Corrugated plastic ducts for internal bonded post-tensioning).

### 3.2.3 Glatke plastične cevi

Glatke plastične cevi od HDPE ili PE proizvode se ekstrudiranjem i najčešće služe za:

- geotehnička sidra,
- unutrašnje slobodne (nevezane) kablove,
- spoljne kablove i
- kose kablove.

Najčešće se spajaju zavarivanjem. Opšti uslovi koje treba da ispunjavaju su:

- vodonepropustljivost,
- otpornost na klimatske promene,
- otpornost na oksidaciju i hemijsku agresiju,
- mehanička otpornost, a naročito: za vreme montaže, kod pritiska i temperatura pri injektiranju, na mestima savijanja i dr.

Eksterni i kosi kablovi mogu biti zaštićeni od UV zračenja i temperature obavijanjem specijalnim trakama ili bojenjem.

### 3.2.4 Glatke metalne cevi

Glatke tankozidne metalne cevi, u skladu sa standardima za njihovu proizvodnju, mogu se takođe koristiti za provođenje kablova i to kod specijalnih načina građenja konstrukcije, kod kosih i vertikalnih kablova, kao i kod slobodnih kablova zaštićenih mastima, voskom ili parafinom.

Najčešće se koriste kod pravih kablova ili na pravim delovima kabla.

Nastavljaju se zavarivanjem ili pomoću spojnice većeg prečnika u zavisnosti od uslova primene.



## 4. PREDNAPREZANJE

### 4.1 Oprema za prednaprezanje

#### 4.1.1 Prese za prednaprezanje

Sve prese SPB SUPER sistema za prednaprezanje višestrukog su dejstva. Presa i odgovarajuća pumpa su tako konstruisane da se komandama na pumpi obavljaju sve operacije koje presa treba da izvrši. Te operacije su sledeće:

1. hvatanje užadi,
2. zatezanje,
3. zaklinjavanje u kotvi,
4. prenošenje sile sa prese na kotvu,
5. vraćanje prese u početni položaj i
6. rasklinjavanje užadi.

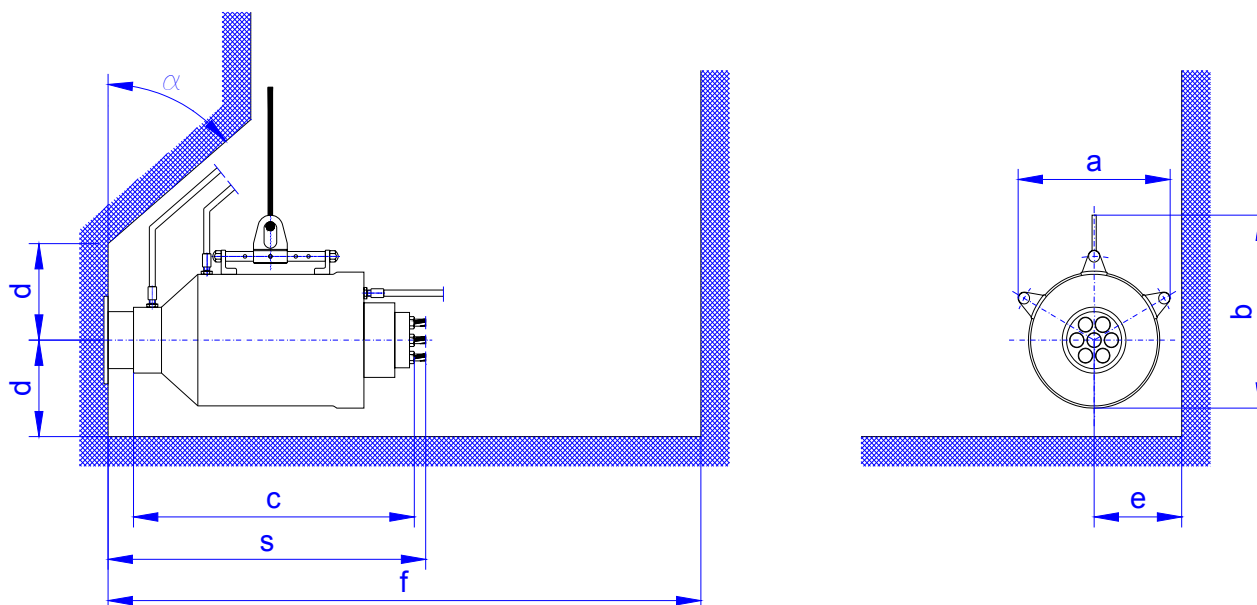
Operacije pod tačkama 3. i 4., kao i pod tačkama 5. i 6. obavljaju se istovremeno. Prese su tako konstruisane da pokrivaju opseg od 1 do 37 užadi, maksimalne prekidne čvrstoće  $f_{pk} = 1860 \text{ N/mm}^2$ .

Prese S-25, S-160 i S-280 mogu bez ikakve transformacije da zatežu užad nominalnog prečnika 15,2 i 16,0 mm.

#### 4.1.1.1 Tehnički podaci za prese

Tip prese Tehnički podaci	S – 25	S – 160	S – 280	S – 400	S – 800
Tip kabla	1 – 4Ø 16,0 1 – 4Ø 15,2	5 – 7Ø 16,0 5 – 7Ø 15,2	8 – 12Ø 16,0 8 – 12Ø 15,2	15 – 19Ø 15,2	25 – 37Ø 15,2
Tip kotve	S1/16	S7/16	S12/16	S19/15	S37/15
Maksimalna sila u kablu $0,80 F_{pk}$ (kN)	223	1562	2678	3958	7708
Maksimalni pritisak za silu $0,80 F_{pk}$ (bar)	549	392	379	534	525
Površina klipa za zatezanje (cm <sup>2</sup> )	40,62	397,99	707,28	741,82	1467,16
Površina klipa za zaklinjavanje (cm <sup>2</sup> )	8,03	7 x 4,71	12 x 4,71	19 x 4,71	37 x 4,71
Hod prese (mm)	200	230	240	240	240
Masa prese u radu (kg)	33	150	290	390	800

## 4.1.1.2 Geometrijski podaci za postavljanje i rad prese



Tip prese	Tip kabla	Način prednaprezanja	Gabarit prese			Slobodan prostor za montažu i rad prese				Minimalna dužina užeta
			a mm	b mm	c mm	d cm	e cm	f cm	$\alpha$ °	
S – 25	1Ø16	Pojedinačno	100	176	760	8	8	120	75	40
	1Ø15,2									
	2Ø16					10	10			
	2Ø15,2					11	11			
S – 160	7Ø16	Skupno	380	440	670	22	24	140	60	75
	7Ø15,2									
S – 280	12Ø16 12Ø15,2	Skupno	480	600	700	25	29	145	60	78
S – 400	15–19 Ø15,2	Skupno	510	610	730	28	30	155	60	81
S – 800	25 – 37 Ø15,2	Skupno	800	840	830	37	45	180	60	95

## 4.1.2 Pumpe

Osnovne karakteristike hidrauličnih pumpi koje opslužuju prese sistema SPB SUPER date su u tabeli 4.1.2.1 Pored navedenih pumpi uz presu S-25 upotrebljava se specijalna automatizovana pumpa PE-25S za prednaprezanje na stazama. Pumpe su prilagođene za rad na gradilištu.

### 4.1.2.1 Tehnički podaci za pumpe

Tip pumpe	Električni pogon	Trajni max. pritisak	Kapacitet	Korisna zapremina rezervoara	Masa u radu	Spoljne mere	Služi za presu
	kW	bar	lit/min	lit	kg	cm	
<b>PE-25S</b>	2,2	650	1,4	13	81,5	45/35/60	S – 25
<b>PE – 280S</b>	3,0	450	3,0	16	100	67/63/81	S – 160 S – 280
<b>PE – 800S</b>	3,0	650	2,1	30	110	47/37/70	S – 400 S – 800

### 4.1.3 Baždarenje

U sistemu SPB SUPER predviđeno je da svaki komplet „presa i pumpa” budu baždareni pre korišćenja. Na osnovu baždarenja izrađuje se dijagram baždarenja u kome je data veza između pritiska na manometru pumpe i sile na izlazu iz prese.

Presa i pumpa se baždare instrumentom koji ispunjava metrološke uslove za stepen tačnosti  $\pm 1\%$ . Dijagram baždarenja ne sme biti stariji od 6 meseci.

Baždarenje se vrši i češće ukoliko se menja manometar pumpe ili vrši servis prese i pumpe.

## 4.2 Procedura prednaprezanja

### 4.2.1 Priprema radnog mesta

Pre početka prednaprezanja potrebno je izvršiti pripremu radnog mesta, koje treba da omogući nesmetan i kvalitetan rad. Priprema radnog mesta podrazumeva sledeće:

- raščišćavanje prostora od skela, oplata i drugih nepotrebnih materijala,
- izgradnja odgovarajuće skele,
- postavljanje sredstava za manipulaciju opreme,
- dovod struje odgovarajućeg napona i snage sa potrebnim brojem priključaka,
- skidanje privremene zaštite krajeva kablova,
- čišćenje podložnih ploča i skraćivanje kablova na minimalnu predviđenu meru.

## 4.2.2 Uslovi za izvođenje prednaprezanja

Da bi se započelo sa izvođenjem prednaprezanja potrebno je da su ispunjeni sledeći uslovi:

a) od strane projektanata:

- postupak prednaprezanja,
- redosled zatezanja kablova, uz preciziranje kraja sa kojeg kablovi treba da se zatežu,
- zahtevana čvrstoća betona pri prednaprezanju,
- uverenje o kvalitetu kotvi,
- sila koja se zahteva na presi,
- proračunsko izduženje kabla.

b) od strane izvođača:

- atest o kvalitetu užadi,
- rezultati kontrolnog ispitivanja čvrstoće betona u trenutku prednaprezanja,
- važeći dijagram baždarenja opreme.

## 4.2.3 Izvođenje prednaprezanja

Prednaprezanje se vrši u skladu sa važećom regulativom.

Redosled radnji pri prednaprezanju je sledeći:

- pravilno raspoređivanje užadi u konusne otvore ankerne ploče,
- postavljanje trodelnih klinova,
- postavljanje prese u pravcu osovine kabla,
- aktiviranje komandi pumpe radi započinjanja procesa zatezanja.

Zatezanje se može vršiti sa dve strane (kod dužih kablova) ili samo sa jedne strane (kod kraćih kablova).

Ukoliko je izduženje kabla veće od neto hoda prese, zatezanje se vrši u više faza koje podrazumevaju privremeno prenošenje sile na kotvu, ponovno hvatanje kabla i zatezanje.

## 4.3 Merenje sile i izduženja

### 4.3.1 Merenje sile

Sila na presi ( $F_p$ ) koja se prenosi na kotvu određuje se preko merenja pritiska na manometru pumpe uz očitavanje sile na dijagramu baždarenja. Tačnost određivanja sile je  $\pm 1\%$ .

Merna dozna kojom je moguće periodično kontrolisanje tačnosti manometra treba da je ili na samom gradilištu ili u neposrednoj blizini.

## 4.3.2 Merenje izduženja

### 4.3.2.1 Bruto izduženje

Ukupno (bruto) izduženje meri se preko graduisane šipke na presi ili preko postavljene oznake na samom kablju. Ukoliko se zatezanje vrši sa obe strane kabla ostvarena izduženja se sabiraju.

Ukupno izduženje se najčešće meri na presi kada je zatezanje kabla moguće u jednom hodu prese. Kada se zatezanje kabla obavlja u više faza, zbog izduženja većeg od hoda prese, povoljnije je merenje izduženja preko oznake na kablju.

Početak merenja izduženja (nula) uzima se pri pritisku na manometru pumpe od oko 30 bara da bi se kabl ispravio i zauzeo svoj položaj u cevi. Izduženje koje odgovara ovom pritisku (odnosno sili u kablju) se teorijski sračuna i dodaje se izmerenom ukupnom izduženju.

Izduženje se obično meri u 2 do 4 međuvrednosti i na kraju zatezanja kabla.

### 4.3.2.2 Neto izduženje

Ukupno (bruto) izduženje dobijeno merenjem mora se u skladu sa poglavljem 1.8 smanjiti da bi se dobilo čisto (neto) izduženje kabla. Ovo smanjenje treba izvršiti za sledeće iznose:

- izduženje dela kabla od ankerne ploče do zahvata u presi (u dvostrukom iznosu ako se radi sa dve prese),
- uvlačenje klinova u presi prilikom „hvatanja” ako se merenje vrši na presi,
- uvlačenje klinova pasivne kotve ako se zatezanje vrši sa samo jedne strane,
- uvlačenje klinova nastavne kotve ukoliko postoje nastavci kablova i
- uvlačenje klinova aktivne kotve prilikom prenosa sile.

### 4.3.2.3 Poređenje računskog i neto izduženja

Neto izduženje dobijeno merenjem poredi se sa teorijskim izduženjem datom u proračunu. Ova izduženja treba da se slažu po veličini.

Ukoliko postoji značajno neslaganje ovih izduženja potrebno je ponoviti proračun sila i izduženja kablova u skladu sa važećom regulativom, naročito u pogledu koeficijenata trenja, poglavlje 1.8.3.

## 4.4 Mere zaštite za vreme prednaprezanja

Oprema koja se primenjuje pri prednaprezanju (prese, pumpe, dizalice i sl.) mora biti u ispravnom stanju.

Radni prostor (platforma, skela) mora biti dovoljno prostran i bezbedan da primi opterećenje od opreme i radne snage.

Ljudstvo koje radi na prednaprezanju mora biti snabdeveno ličnim sredstvima zaštite na radu u skladu sa važećim propisima.

Za vreme zatezanja kabla strogo je zabranjeno stajati iza prese ili iza pasivne kotve ako je zatezanje sa jedne strane. Ova zabrana se odnosi kako na ekipu utezača tako i na druge koji mogu da se kreću u blizini mesta utezanja. U zavisnosti od frekvencije drugih lica u blizini mesta utezanja uputno je postaviti natpis: „Pažnja, prednaprezanje u toku” uz svetlosni i zvučni signal upozorenja.

## 5. ZAŠTITA KABLOVA

### 5.1 Oprema za zaštitu kablova

Osnovna oprema za zaštitu kablova cementnom emulzijom sastoji se od mutilica i pumpi za injektiranje. Kod manjih kablova primenjuje se mutilica sa ručnom pumpom, a kod većih mutilica i pumpa predstavljaju jedinstvenu mašinu za proizvodnju i ugradnju cementne emulzije.

Zaštita kablova mastima (parafinom ili voskom) vrši se posebnom električnom pumpom samo za ove svrhe.

Pumpe i mutilice za zaštitu kablova proizvode se u okviru sistema SPB SUPER i u svemu odgovaraju zahtevima tekuće regulative.

#### 5.1.1 Tehnički podaci opreme za zaštitu kablova

Vrsta uređaja i tip	Električni pogon	Zapremina	Stvarni kapacitet	Maksimalni pritisak	Spoljne mere	Masa
	kW	l	l/h	bar	cm	kg
Mutilica M-12	1,1	20	100	—	120/32/81	82
Ručna pumpa PU-12	—	20	500	12	46/32/50	23
Mutilica sa pumpom PU-50	2,2 + 0,55	75	400	15	100/80/170	180
Mutilica sa pumpom PU-100	2,2 + 0,55	150	700	15	128/70/186	480
Pumpa za masti PM-	2,2	48	700	15	145/100/138	130

### 5.2 Privremena zaštita kablova

Užad za izradu kablova i već izrađeni kablovi treba da budu privremeno zaštićeni od štetnih uticaja za vreme transporta i skladištenja, kao i posle postavljanja u konstrukciju, sve do završetka trajne zaštite.

Za vreme transporta i skladištenja užad i kablovi treba da su zaštićeni od:

- hemijskog i drugog uticaja koji može da izazove koroziju,
- skladištenja na otvorenom, izlaganja atmosferskim uticajima i kontaktu sa zemljištem i rastinjem,
- transporta bez odgovarajuće ambalaže i u otvorenim prevoznim sredstvima,
- prljanja po površini koja može da utiče na trajnost ili prionljivost i dr.

Kada su kablovi već postavljeni u konstrukciju, krajevi kablova svakako treba da su zaštićeni od korozije, mehaničkih oštećenja i od prodora spoljne vode u zaštitne cevi.

Ukoliko je vremenski period od postavljanja kablova u konstrukciju do njihove trajne zaštite isuviše dugačak, zbog tehnoloških razloga izvođenja ili drugog, vrši se privremena zaštita kablova od korozije. Ovo je naročito preporučljivo u agresivnim sredinama, salinitet, velika vlaga i dr.

Privremena zaštita kablova obično se vrši tečnostima, uljima ili mastima, koji ne utiču negativno na kasniju trajnu zaštitu.

Svi ovi proizvodi moraju imati odgovarajuće ateste, kao i procedure njihove primene.

## 5.3 Trajna zaštita kablova

Pod trajnom zaštitom kablova od korozije podrazumeva se ona vrsta zaštite koja obezbeđuje zaštitu kablova posle zatezanja do kraja trajanja konstrukcije.

Trajna zaštita kablova može biti takva da omogući pokretanje kablova radi dotezanja, zamene ili dr. tzv. „slobodni kablovi” ili da obezbedi čvrsto prijanjanje između užadi i zaštitnog sredstva „vezani kablovi”.

Slobodni kablovi se obično zaštićuju specijalnim mastima, parafinom, voskom ili dr. Vezani kablovi se zaštićuju cementnom injekcionom smešom.

### 5.3.1 Trajna zaštita pokretnih kablova (unbonded tendons)

Svi kablovi u sistemu SPB SUPER mogu biti projektovani kao pokretni (slobodni) kablovi. Trajna zaštita ovih kablova može se izvršiti ispunjavanjem šupljina ili cevi mastima, voskom, parafinom ili drugim sličnim materijama. Uslovi koje treba da ispunjavaju ove plastične mase i način njihove primene definisani su u FIP preporuci „Zaštita od korozije pokretnih (slobodnih) kablova” (FIP RECOMMENDATIONS: CORROSION PROTECTION OF UNBONDED TENDONS - 1986)

### 5.3.2 Trajna zaštita vezanih kablova cementnom smešom

Najčešće se primenjuju vezani kablovi unutar betonskog preseka. Čvrsta veza između užadi, zaštitne cevi i okolnog betona ostvaruje se ispunjavanjem šupljina i cevi cementnom injekcionom smešom na bazi cementa, vode i odgovarajućih aditiva. Injekciona masa mora zadovoljavati važeću regulativu u pogledu svojih osobina: čvrstoća, izdvajanje vode, fluidnost i dr. Važeći parametri za ove osobine su sledeći:

- w/c 0,40-0,45
- protočnost 15 sec
- izdvajanje vode posle 3 h 2%
- promena zapremine 0 do +3% (-2÷+5%)
- pritisna čvrstoća na pritisak 30 MPa

Kvalitet, način ugrađivanja i ispitivanja cementnih smeša dati su u jugoslovenskom standardu JUS U.E3.015 „Injekcione smeše za injektiranje kablova za prednaprezanje” – 1986 i pripadajućim standardima JUS U.M8.022, 023,024 i 025.

Takođe se preporučuje FIP–ovo uputstvo za dobru primenu: „Injektiranje kablova u prednapregnutom betonu” (GROUTING OF TENDONS IN PRESTRESSED CONCRETE – 1990).

Sve faze u operaciji zaštite kablova injekcionom masom na bazi cementa date su u posebnoj proceduri u okviru sistema SPB SUPER. Prethodna ispitivanja moraju biti završena najmanje 15 dana pre početka zaštite kablova.

Zaštita kablova formiranih od individualno zaštićenih užadi (užad sa mašću u PE cevi) vrši se na uobičajeni način ali pre zatezanja. Injekciona masa ovde u prvom redu služi da obezbedi pravilan raspored užadi, a takođe, i kao dodatna zaštita od korozije, ukoliko se kabl nalazi u PE cevi.

U sledećoj tabeli prikazane su teorijske količine cementne emulzije u litrima po dužnom metru kablova. Ove količine su usled proširenja kod kotvi i rastura u praksi veće za 15–50% u zavisnosti od dimenzija kablova (prečnik i dužina), oblika kablova, spretnosti radnika, kapaciteta mešalice i pumpe i dr.

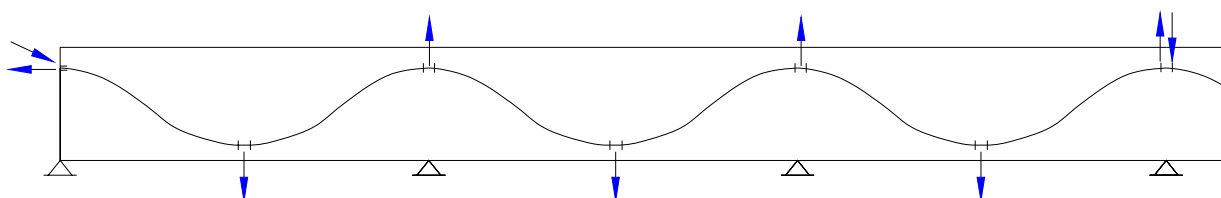
Tip kablova	Unutrašnji Ø cevi	Zapremina emulzije
	mm	l/m
1 Ø	26	0,4
2 Ø	42	1,1
3 Ø	48	1,4
4 Ø	50	1,4
7 Ø	60	1,8
12 Ø	80	3,4
19 Ø	100	5,2
25 Ø	110	6,0
31 Ø	120	7,0
37 Ø	130	8,1

## 5.4 Postavljanje cevčica za injektiranje i ozračivanje

Cevčice za inkjektiranje služe da cementna smeša pumpanjem ispuni sav slobodni prostor u cevima, kotvama i poklopcima. Cevčice za ozračivanje su potrebne da bi vazduh, voda i deo emulzije mogao da iziđe napolje. Najmanji unutrašnji prečnik ovih cevčica treba da bude 20 mm i da imaju mogućnost zatvaranja (zaptivanja) u toku injektiranja.

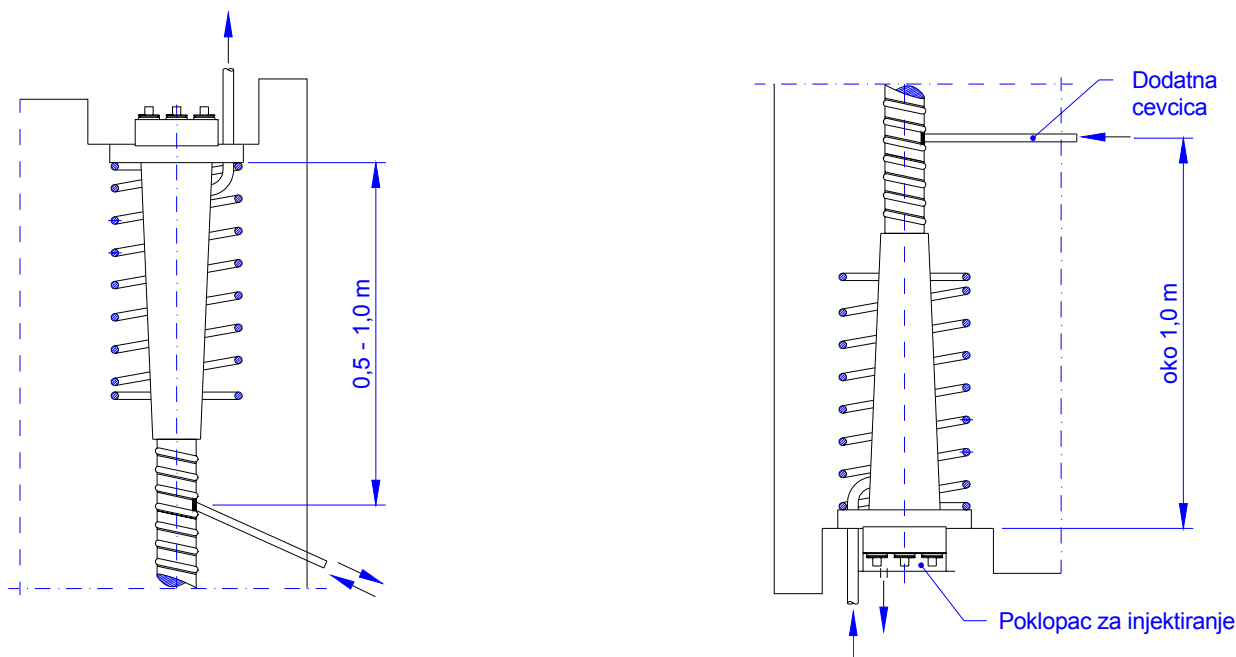
Položaj cevčica za injektiranje i ozračivanje mora biti takav da omogući cementnoj smeši ispunjavanje svih slobodnih prostora. Injektiranje obično započinje od nižih ka višim tačkama.

Kontinualni kabl





## Vertikalni kabl



Položaj cevčica za injektiranje i ozračivanje treba biti dat u izvođačkim crtežima.

Kod vrlo dugačkih vertikalnih kablova, kada pritisak injektiranja postaje izuzetno visok, injektiranje se obavlja u više tačaka po visini i za to je potrebno predvideti odgovarajući broj i položaj cevčica.

Na sličan način se postupa i kod jako dugačkih kablova, a takođe i u toplim klimatima.

U posebnim slučajevima može se predvideti i naknadno injektiranje da bi se ispunile sve šupljine kao i da bi se eventualno izdvojena voda zamenila cementnom masom.

## 5.5 Operacija zaštite kablova

### 5.5.1 Potrebni uslovi

Zaštita kablova izvodi se odmah nakon prednaprezanja, ako je to moguće, po projektu u kome su definisani uslovi, redosled i način rada.

Pre početka radova treba da su poznati rezultati prethodnih ispitivanja cementne smeše kao i eventualnih probnih injektiranja.

Oprema za injektiranje treba da je raspoloživa u ispravnom stanju na mestu rada. Oprema se sastoji od mešalice, rezervoara gotove emulzije, pumpe za injektiranje sa svim potrebnim crevima i ventilima, opreme za merenje vode, cementa i aditiva, kao i opreme za ispitivanje i kontrolu emulzije. Ukoliko se radi pri niskim temperaturama treba obezbediti odgovarajuću opremu i sredstva za grejanje.

Takođe na mestu rada potreban je kompresor radi ispitivanja prolaznosti u cevima i izbacivanja eventualne vode iz njih. Preporučuje se da na gradilištu ili u neposrednoj blizini postoji rezervna mutilica sa pumpom, creva, ventili i drugi rezervni delovi.

Sav potreban materijal: cement, voda, aditivi i eventualni punioci, treba da je u dovoljnim količinama na mestu rada. Vode treba da bude dovoljno i za eventualna ispiranja cevi ukoliko dođe do zapušnja.

## 5.5.2 Zaštita kablova u normalnim uslovima

Pre početka injektiranja kablova cementnom smešom potrebno je komprimiranim vazduhom proveriti prohodnost cevi i cevčica za ozračivanje uz istovremeno izbacivanje vode ukoliko je ima.

Injektiranje jednog kabla treba da se obavi bez prekida. Brzina ispunjavanja cevi kreće se od 5 do 15 m/min u zavisnosti od okolnosti. Brzina je ograničena pritiskom na pumpi, koji ne treba da prelazi 15 bara. Spremljena smeša mora da se upotrebi u roku od 30 minuta ukoliko nije primenjen retarder kojim se vreme povećava.

Cementna smeša se pumpa kroz cev obično sa najniže tačke i mesta za ozračivanje se sukcesivno zatvaraju kako injektiranje napreduje. Kada injekciona masa dođe do kraja cevi pumpanje se nastavlja da izađe vazduh i voda, sve do pojave čiste smeše, i onda se izlaz zatvara. Posle toga se pritisak na pumpi podiže na oko 15 bara i tako zadržava nekoliko minuta da bi eventualna voda i vazduh izišli iz cevi. Nakon toga se zatvara i otvor za pumpanje.

Posle dovoljnog očvršćavanja cementne smeše privremeni poklopci na kotvama se mogu ukloniti.

Ukoliko se zaključi da pojedini delovi kabla nisu potpuno ispunjeni emulzijom ili je došlo do izdvajanja vode na gornjim tačkama kabla, može se naknadnim injektiranjem kroz cevčice za pumpanje i ozračivanje ovaj nedostatak otkloniti.

## 5.5.3 Zaštita kablova pri niskim temperaturama

Ukoliko se očekuje da se u narednih 48 časova temperatura spusti ispod  $+5^{\circ}\text{C}$  potrebno je primeniti postupak zaštite kablova pri niskim temperaturama.

Cementna smeša smrzava se na temperaturi između  $-2^{\circ}\text{C}$  i  $-5^{\circ}\text{C}$ . Da bi se izbeglo smrzavanje treba injekcionu masu održati na  $+5^{\circ}\text{C}$  tri naredna dana posle injektiranja.

Pri niskim temperaturama treba upotrebljavati specijalne aditive za smešu i grejanjem obezbediti uslove za njeno očvršćavanje. U regionima sa temperaturama iznad nule u većem delu godine ne treba vršiti zaštitu kablova kada je temperatura ispod  $-5^{\circ}\text{C}$ .

U oblastima sa niskim temperaturama problem zaštite mora biti posebno ispitan i rešen.

## 5.5.4 Mere zaštite na radu

Sve operacije zaštite kablova treba da obavljaju rukovodioci i operateri sa iskustvom.

Pored uobičajenih mera zaštite na radu personal koji obavlja ove radove treba da zaštiti oči i kožu od kontakta sa cementnom smešom. Sva creva i spojevi treba da su maksimalno sigurni od iznenadnog prskanja i nekontrolisanog izlivanja cementne smeše.

## 6. DOKUMENTACIJA PROCESA

### 6.1 Kvalitet čelika za prednaprezanje

Čelik za prednaprezanje—užad mora da poseduje fabrički atest proizvođača iz koga se vide svi relevantni podaci o kvalitetu čelika. Kvalitet čelika u sistemu SPB SUPER mora da odgovara evropskoj normi prEN 10138–3 iz 1999. godine, koja će u bliskom periodu biti i formalno usvojena od nadležnih evropskih institucija.

Domaći propisi (Pravilnik o tehničkim normativima za čelike žice, šipke i užad za prednaprezanje konstrukcija – Sl.list SFRJ br. 41, 1985.) predviđaju da se moraju raditi i kontrolna ispitivanja (atestiranja) čelika za prednaprezanje i to na svakih 20 tona.

Ukoliko su atesti proizvođača potvrđeni kontrolnim ispitivanjem, čelik (užad) se može upotrebiti u skladu sa projektom i uslovima sistema SPB SUPER.

Atesti proizvođača čelika i njegova kontrolna ispitivanja moraju se nalaziti u dokumentaciji izvođača pre početka radova i kao osnov za izdavanje Uverenja o kvalitetu izvršenih radova na prednaprezanju.

### 6.2 Uverenje o kvalitetu kotvi

Kotve ili njihove pojedine komponente ne mogu se primenjivati u okviru sistema SPB SUPER ukoliko ne postoji Uverenje o kvalitetu ovih proizvoda izdato od strane Instituta IMS-CP ili druge ovlašćene organizacije kojoj je Institut IMS-CP poverio ovo pravo.

Uverenje o kvalitetu kotvi ili njihovih pojedinih komponentata izdaje se na osnovu pozitivnih rezultata ispitivanja i kontrole ovih elemenata prema propisanim procedurama Instituta IMS-CP u okviru sistema kvaliteta ISO 2002.

### 6.3 Prethodna ispitivanja sredstava za zaštitu kablova

Sredstva za privremenu zaštitu kablova, ukoliko se primenjuju, moraju imati atest proizvođača o svom kvalitetu, kao i dokaz da neće proizvesti negativne uticaje na kasnije primenjena sredstva trajne zaštite.

Sredstva za trajnu zaštitu pokretnih kablova na bazi masti, voska, parafina i dr. pored atesta proizvođača moraju imati i rezultate kontrolnih ispitivanja bitnih karakteristika. Uslovi koje treba da ispunjavaju ove mase dati su u FIP preporuci „Zaštita od korozije pokretnih (slobodnih) kablova” (FIP RECOMMENDATIONS: CORROSION PROTECTION OF UNBONDED TENDONS–1986).

Kod trajne zaštite kablova cementnom smešom našim standardom JUS U.E3.015-1981 „Injekcione smeše za injektiranje kablova za prednaprezanje” predviđeno je da se rade prethodna ispitivanja radi dobijanja što kvalitetnije mase za injektiranje. Kod većih objekata, a naročito u specifičnim uslovima izvođenja radova, ove prethodne probe su obavezne. Kod manjih objekata, a posebno ukoliko se rade od materijala (cement, voda, aditivi) za koja su prethodna ispitivanja već vršena, mogu se izbeći prethodne probe zbog troškova i potrebnog vremena. Ipak, treba priložiti uz dokumentaciju i rezultate ranije izvršenih probnih ispitivanja uz dokaze da je primenjen identičan materijal.

Uslovi koje treba cementna smeša da ispuni dati su u našim standardima JUS U.E3.015 i JUS U.M8.022–025 iz 1986. godine. Takođe se preporučuje i FIP—ovo uputstvo „Injektiranje kablova u prednapregnutom betonu” (GROUTING OF TENDONS IN PRESTRESSED CONCRETE-1990.)

## 6.4 Zapisnik o krojenju i montaži kablova

### SPB SUPER SISTEM ZA PREDNAPREZANJE

IZVRŠILAC RADOVA:

( firma )

( adresa )

( odgovorni rukovodilac )

### ZAPISNIK O KROJENJU I MONTAŽI KABLOVA

Naručilac

Ugovor ( broj )

Objekat / lokacija

Proizvođač čelika

Oznaka šarže

Atest proizvođača ( broj )

Kontrolni atest ( broj )

R. br.	Oznaka elementa	Pozicija kabla	Tip kabla	Broj kotura	Prečnik cevi mm	Datum krojenja / datum montaže	Teorijska dužina m	Dodatak za hvatanje m	Dužina krojenja m	Napomena
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)

Zapisnik popunjen zaključno sa rednim brojem: \_\_\_\_\_

Datum i mesto: \_\_\_\_\_

**Krojenje i montažu izvršili**

**Rukovodilac utezačkih radova**

1.

\_\_\_\_\_

2.

\_\_\_\_\_

(Potpis)

\_\_\_\_\_

(Potpis)

## 6.5 Zapisnik o zatezanju kablova

### SPB SUPER SISTEM ZA PREDNAPREZANJE

IZVRŠILAC RADOVA:

( firma )

( adresa )

( odgovorni rukovodilac )

### ZAPISNIK ZATEZANJU KABLOVA

Naručilac \_\_\_\_\_

Ugovor ( broj ) \_\_\_\_\_

Objekat / konstrukcija \_\_\_\_\_

Oprema za zatezanje ( tip,  
broj prese, pumpe i  
manometra ) \_\_\_\_\_

R. br.	Oznaka Elementa	Pozicija kabla	Tip kabla	Datum betoniranja	Datum zatezanja	Dužina kabla m	Sila na presi kN	Prit. na manometru bar	Neto račun. izduženje mm	Bruto izduženje mm	Gubici izduženja mm	Neto izduženje mm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)

Napomene i skice

Zapisnik popunjen zaključno sa rednim brojem: \_\_\_\_\_

Datum i mesto: \_\_\_\_\_

Zatezanje izvršili

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

(Potpis)

Rukovodilac utezačkih radova

\_\_\_\_\_

(Potpis)

## 6.6 Zapisnik o zaštiti kablova

### SPB SUPER SISTEM ZA PREDNAPREZANJE

IZVRŠILAC RADOVA:

\_\_\_\_\_

( firma )

\_\_\_\_\_

( adresa )

\_\_\_\_\_

( odgovorni rukovodilac )

### ZAPISNIK O ZAŠTITI KABLOVA I KONTROLNIM ISPITIVANJIMA

Naručilac \_\_\_\_\_

Ugovor (broj) \_\_\_\_\_

Objekat / konstrukcija \_\_\_\_\_

Oprema za injektiranje \_\_\_\_\_

Prethodna ispitivanja  
(br. izv.) \_\_\_\_\_

Cement \_\_\_\_\_

Voda \_\_\_\_\_

Dodatak \_\_\_\_\_

W/C \_\_\_\_\_

R. br.	Oznaka elementa	Pozicija kabla	Tip kabla	Datum injektiranja	Temperatura vazduha ( °C )	Kontrolna ispitivanja	Napomena (broj kontrolnih uzoraka)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
						Protočnost:	
						Izdvajanje vode posle 24h:	
						Promena zapremine posle 24h:	
						Temperatura materijala:	

Zapisnik popunjen zaključno sa rednim brojem: \_\_\_\_\_

Datum i mesto: \_\_\_\_\_

Zaštitu izvršili

Rukovodilac utezačkih radova

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

(Potpis)

\_\_\_\_\_

(Potpis)

## 6.7 Izveštaj o kontrolnim ispitivanjima čvrstoće injekcione smeše

Za vreme izvođenja radova na zaštiti kablova cementnom smešom moraju se ostaviti uzorci kojima se dokazuje postignuta čvrstoća.

Na ovim uzorcima se takođe na samom gradilištu mere i ostali parametri: izdvajanje vode, skupljanje, ekspanzija i dr.

Ispitivanje čvrstoće na pritisak uzoraka vrši se u ovlašćenim laboratorijama pri čemu se izdaje „Izveštaj o ispitivanju kontrolnih uzoraka cementne smeše za injektiranje”. Ovaj izveštaj je sastavni deo dokumentacije o kvalitetu izvedenih radova.

## 6.8 Uverenje o kvalitetu izvedenih radova

Ukoliko su radovi na prednaprezanju izvedeni u svemu prema projektu važećim propisima standardima i ukoliko je obezbeđena valjana dokumentacija predviđana u tačkama 6.1 – 6.6, i Izvođač radova izdaje **Uverenje o kvalitetu**.

**SPB SUPER  
SISTEM ZA PREDNAPREZANJE**

IZVRŠILAC RADOVA:

( firma )

( adresa )

( odgovorni rukovodilac )

**UVERENJE O KVALITETU IZVRŠENIH  
RADOVA NA PREDNAPREZANJU**

**Naručilac, broj ugovora** \_\_\_\_\_

**Gradilište, konstrukcija** \_\_\_\_\_

Ovim se potvrđuje da su na osnovu rezultata kontrole, ispitivanja i zapisnika o izvođenju, radovi na prednaprezanju izvršeni u svemu prema tehničkoj dokumentaciji (projektu), važećim propisima i standardima, u okviru sistema kvaliteta ISO 9001:2000.

Sastavni deo ovog Uverenja je:

1. Atest proizvođača užadi,
2. Izveštaj o kontrolnom ispitivanju užadi,
3. Uverenje o kvalitetu kotvi
4. Izveštaj o ispitivanju prethodnih proba za cementne smeše za injektiranje,
5. Izveštaj o ispitivanju kontrolnih uzoraka cementne smeše za injektiranje,
6. Zapisnik o krojenju i montaži kablova,
7. Zapisnik o zatezanju kablova,
8. Zapisnik o zaštiti kablova.

**Odgovorni rukovodilac  
Radova**

**Ovlašćeno lice  
firme**

(Potpis)

(Potpis)



## 6.9 Identifikacione karte osoblja Centra za prednaprezanje INSTITUTA IMS

### RUKOVODILAC PREDNAPREZANJA

<b>SISTEM SPB SUPER</b>	
Centar za prednaprezanje	
<b>INSTITUT IMS</b>	
Rukovodilac prednaprezanja	
Ime _____	
Važi od _____ do _____	
Overava _____	
( Direktor IMS )	

### IZVRŠILAC PREDNAPREZANJA

<b>SISTEM SPB SUPER</b>	
Centar za prednaprezanje	
<b>INSTITUT IMS</b>	
Rukovodilac prednaprezanja	
Ime _____	
Važi od _____ do _____	
Overava _____	
( Direktor IMS )	