

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

*Janova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program Gradbeništvo,  
Prometnotehnična smer

Kandidatka:

**Brankica Stojičević**

# **Analiza rezultatov napenjalnih preizkusov geotehničnih sider na HC Razdrto - Vipava**

**Diplomska naloga št.: 245**

**Mentor:**

izr. prof. dr. Janko Logar

Ljubljana, 25. 9. 2006

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisana **BRANKICA STOJIČEVIĆ** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom: **»ANALIZA REZULTATOV NAPENJALNIH PREIZKUSOV GEOTEHNIČNIH SIDER NA HC RAZDRTO – VIPAVA«**.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatorke FGG.

Ljubljana, september 2006

podpis:

## **IZJAVE O PREGLEDU NALOGE**

Diplomsko nalogo so si ogledali profesorji iz Katedre za Mehaniko tal z laboratorijem:

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

- UDK:** 624. 138 (043.2)
- Avtor:** Stojičević Brankica
- Mentor:** doc. dr. Janko Logar
- Naslov:** Analiza rezultatov napenjalnih preizkusov geotehničnih sider na HC Razdrto - Vipava
- Obseg in oprema:** 106 str., 61 slik, 60 preglednic, 16 grafov in 10 prilog
- Ključne besede:** geotehnična sidra, sidranje, mera tečenja  $k$ , napenjalni preizkusi, analiza rezultatov

### **Izvleček:**

Naloga obravnava geotehnična sidra, ki se vse bolj pogosto uporabljajo pri gradnji podpornih in opornih konstrukcij. Predstavljeni so osnovni pojmi, materiali ter tehnologija izvedbe od vgradnje, napenjanja do kontrole geotehničnih sider. Posebej so navedeni tudi osnovni principi dimenzioniranja prednapetih geotehničnih sider.

Zbrani so rezultati napenjalnih preizkusov na 1193 sidrih dveh različnih proizvajalcev, vgrajenih na opornih in podpornih konstrukcijah trase HC Razdrto – Vipava. Z regresijsko analizo smo ugotavljali vpliv velikosti sidrne sile, dolžina veznega in prostega dela sidra ter števila pramen sidra na mero tečenja  $k$ .

## **BIBLIOGRAPHIC – DOKUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 624. 138 (043.2)  
**Author:** Brankica Stojičević  
**Supervisor:** Assist. Prof. Janko Logar  
**Title:** Analysis of Anchor Load test results from Razdrto – Vipava  
Motorway  
**Notes:** 106 p., 61 fig., 60 tab., 16 ch., 10 enc.  
**Key words:** geotechnical anchor, anchoring, creep parameter  $k$ , anchor load tests, analysis of results

### **Abstract:**

This thesis deals with geotechnical anchors, which are increasingly used in the construction of earth retaining structures. The basic terms are introduced, materials and technology of execution of geotechnical anchors are described from instalation, pre-stressing up to control, supervison and monitoring. Basic principles of the design of geotechnical anchors are also presented.

The results of 1193 anchor load tests have been collected performed by two contractors on the retaining structures on the Razdrto – Vipava motorway. The influence of the magnitude of anchor force, anchor free and bond length and number of tendons onto the creep parameter  $k$  was then studied in terms of regression analysis.

## **ZAHVALA**

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Janku Logarju, zaposlenim na Gradbenem inštitutu ZRMK dipl.inž.kem.tehn. Sašu Isakoviču, Silvi Koren gr.tehn. in dipl.inž.geol. Urbanu Umeku, ki so mi omogočili pridobiti slikovno in strokovno teoretično dokumentacijo.

Podatke o rezultatih napenjalnih preizkusov sta mi za potrebe izdelave naloge odstopili podjetji Primorje d.d. in GEOT d.o.o., za kar se jima lepo zahvaljujem.

Zahvaljujem se tudi staršem, prijateljicam in prijateljem, ki so me spodbujali in pomagali pri študiju in izdelavi diplomske naloge.

## KAZALO

<b>1 UVOD</b>	1
<b>2 SPLOŠNO O GEOTEHNIČNIH SIDRIH</b>	3
2.1 Vrste geotehničnih sider	3
2.2 Sestava geotehničnih sider	5
2.3 Prenos sidrne sile v temeljna tla	9
2.3.1 Sidranje v hribini	9
2.3.2 Sidranje v zemljini	9
2.4 Izdelava geotehničnih sider	10
2.4.1 Vrtanje vrtine	10
2.4.2 Sestavljanje in vstavljanje sider	12
2.4.3 Injektiranje	12
2.4.4 Napenjanje sider	13
2.5 Uporaba geotehničnih sider	14
2.6 Zaščita in trajnost geotehničnih sider	16
<b>3 PREDNAPETA UVRTANA GEOTEHNIČNA SIDRA</b>	19
3.1 Projektiranje	19
3.1.1 Splošno	19
3.1.2 Temeljna tla	19
3.1.3 Vpliv sidranja na okolico	20
3.1.4 Projekt sidranja	20
3.1.5 Preiskava sider	20
3.1.6 Kontrola sider	21
3.1.7 Izvedba	21
3.2 Dimenzioniranje	22
3.2.1 Dokaz nosilnosti	23
3.2.1.1 Notranja mejna nosilnost sidra	23
3.2.1.2 Zunanja mejna nosilnost sidra	24

3.3 Uporabnost	24
3.4 Togost sidra	25
<b>4 PREIZKUSI IN NAPENJANJE SIDER</b>	<b>26</b>
4.1 Preiskava sider	26
4.1.1 Število preiskav sider	26
4.1.2 Zasnova	27
4.1.3 Mera tečenja	28
4.1.4 Meritve in natančnost meritev	28
4.2 Potek preiskave sider	29
4.2.1 Potek preiskave za silo $P_i$	30
4.2.2 Potek preiskave za preizkusno silo $P_{pv}$	33
4.3 Vrednotenje in presoja preiskav	35
4.4 Preizkusi napenjanja sider	38
4.4.1 Celoviti napenjalni preizkus	38
4.4.2 Enostavni napenjalni preizkus	38
<b>5 OPAZOVANJE SIDER PO VGRADITVI</b>	<b>46</b>
<b>6 PREISKAVA IN ANALIZA PODATKOV NAPENJANJA SIDER NA HC RAZDRTO – VIPAVA</b>	<b>42</b>
6.1 Opis trase in njena geološka sestava tal	42
6.1.1 Opis trase	42
6.1.2 Splošni geološki opis območja trase	43
6.1.3 Inženirsko - geološke značilnosti	45
6.2 Podatki preiskav sider	45
6.2.1 Kratek opis sidranih objektov	46
6.3 Mera tečenja $k$ in izkoriščenost nosilnosti jeklenih pletenic	55
6.3.1 Interpretacija rezultatov	55



6.4 Statistična obdelava rezultatov napenjalnih preizkusov	67
6.4.1 Linearna regresijska analiza s štirimi neodvisnimi parametri	68
6.4.1.1 Interpretacija rezultatov statistične analize	69
6.4.2 Linearna regresijska analiza s tremi neodvisnimi parametri	85
6.4.2.1 Interpretacija rezultatov statistične analize	85
6.5 Preglednice povzetih statistično značilno vplivnih parametrov	100
6.5.1 Primerjava in komentar rezultatov	104
<b>7 ZAKLJUČEK</b>	105
<b>VIRI</b>	106
<b>PRILOGE</b>	

## KAZALO SLIK

- Slika 1.1:** Varovanje brežine – sidrani slopi, cesta Bohinjska Bela – Bled (str. 2)
- Slika 1.2:** Sidrana pilotna stena – Mačkovci vkop Stanjevci (str. 2)
- Slika 1.3:** Varovanje gradbene jame – sidrana jet grouting stena, Stekleni dvor ob Dunajski cesti (str. 2)
- 
- Slika 2.1:** Kolut sider (str. 6)
- Slika 2.2:** Deli sider (str. 6)
- Slika 2.3:** Shematski prikaz prednapetega geotehničnega sidra z vsemi elementi in oznakami (str. 6)
- Slika 2.4:** Sestavni deli sidra v veznem in prostem delu z mehanskimi karakteristikami (str. 7)
- Slika 2.5:** Posamezno napenjanje pramen (str. 8)
- Slika 2.6:** Skupno napenjanje pramen (str. 8)
- Slika 2.7:** Vrtanje za vgradnjo sider (str. 11)
- Slika 2.8:** Vstavljanje in vgrajevanje sidra na cesti Col – Ajdovščina (str. 12)
- Slika 2.9:** Napenjalna oprema (str. 14)
- Slika 2.10:** Sidranje jeklene grede pri varovanju gradbene jame – knjižnica Novo Mesto (str.15)
- Slika 2.11:** Varovanje gradbene jame (str. 15)
- Slika 2.12:** Sidrana pilotna stena – Krka – Notol 3 (str. 15)
- 
- Slika 4.1:** Potek preiskave sidra diagram sila – deformacija (str. 30)
- Slika 4.2:** Diagram lezenja preizkusnega sidra (str. 31)
- Slika 4.3:** Shema poteka preiskave sider za stopnjo sile  $P_i = P_a + i \Delta P$  (str. 32)
- Slika 4.4:** Shema poteka preiskave za preizkusno silo  $P_{pv}$  (str. 34)
- Slika 4.5:** Diagram trajnih in elastičnih deformacij (str. 35)
- Slika 4.6:** Prikaz mere tečenja v funkciji stopenj sil (str. 36)
- Slika 4.7:** Shema izvedbe enostavnega preizkusa napenjanja sider za hribine (str. 40)

**Slika 5.1:** Data logger – zajemna enota podatkov sidrskih sil (str. 41)

**Slika 5.2:** Merilec sidrskih sil (str. 41)

**Slika 6.1:** Flišni meljevec z vmesnimi polami peščenjaka (str. 44)

**Slika 6.2:** Flišni meljevec in laporovec – površinsko preperel (str. 44)

**Slika 6.3:** Pilotna stena P-0 na HC Razdrto – Podnanos (str. 48)

**Slika 6.4:** P-0 (str. 48)

**Slika 6.5:** Viadukt Rebernice (str. 48)

**Slika 6.6:** Pokriti vkop 8-2/1 (str. 48)

**Slika 6.7:** Sidrani slopi na pokritem vkopu (str. 49)

**Slika 6.8:** Pokriti vkop 8-2/2 s pilotno steno Z-5 (str. 49)

**Slika 6.9:** Dvocevni predor (str. 49)

**Slika 6.10:** Pogled z druge strani predora (str. 49)

**Slika 6.11:** Pilotna stena za predorom (str. 49)

**Slika 6.12:** Sidrišče – zaščita glave sidra z jekleno kapo (str. 49)

**Slika 6.13:** Viadukt Šumljak (str. 50)

**Slika 6.14:** Pogled z viadukta na staro cesto (str. 50)

**Slika 6.15:** Pilotna stena Z-7 (str. 50)

**Slika 6.16:** Pilotna stena s trajnimi sidri in rezervnimi sidrišči (str. 50)

**Slika 6.17:** Pilotna stena Z-7 z druge strani (str. 50)

**Slika 6.18:** Pogled na viadukt (str. 50)

**Slika 6.19:** Pilotna stena Z-8

**Slika 6.20:** Z-8 brez vgrajenih sider na gredi, ker ni bilo potrebe (str. 51)

**Slika 6.21:** Pilotna stena Z-8 (str. 51)

**Slika 6.22:** Sidrana branasta konstrukcija (str. 51)

**Slika 6.23:** Opaževanje grede pod branasto konstrukcijo (str. 51)

**Slika 6.24:** Pokriti vkop 8-4/1 (str. 51)

**Slika 6.25:** Pokriti vkop 8-4/1 s pilotno steno (str. 52)

**Slika 6.26:** Pogled z druge strani (str. 52)

**Slika 6.27:** Varovanje zgornje brežine z 8-4/1 in spodnje brežine s P-4 (str. 52)

**Slika 6.28:** Rezervno sidrišče na pilotni steni P-4 (str. 52)

**Slika 6.29:** Zaščiteno trajno sidro na P-4 (str. 52)

**Slika 6.30:** Stranski odvzem Rebernice Z-10, branasta konstrukcija (str. 52)

**Slika 6.31:** Napeta sidra na Z-10 (str. 53)

**Slika 6.32:** Primer vgrajenega sidra na Z-10 (str. 53)

**Slika 6.33:** Stroj za izdelavo pilotov (str. 53)

**Slika 6.34:** Vrtalni stroj v fazi izvedbe sidranja (str. 53)

**Slika 6.35:** Vrtanje v flišu in grušču (str. 53)

**Slika 6.36:** Stranski odvzem Rebernice – odlomni rob (str. 54)

**Slika 6.37:** Pogled na viadukt in branasto konstrukcijo (str. 54)

## KAZALO GRAFOV

- Graf 6.1:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za vsa sidra izvajalca A (str. 56)
- Graf 6.2:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za dvopramenska sidra izvajalca A (str. 57)
- Graf 6.3:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za tripramenska sidra izvajalca A (str. 57)
- Graf 6.4:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za štiripramenska sidra izvajalca A (str. 58)
- Graf 6.5:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za petpramenska sidra izvajalca A (str. 58)
- Graf 6.6:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za šestpramenska sidra izvajalca A (str. 59)
- Graf 6.7:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca A za meritev po  $t=5$  min (str. 60)
- Graf 6.8:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca A za meritev po  $t=15$  min (str. 60)
- Graf 6.9:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca A za meritev po  $t=30$  min (str. 61)
- Graf 6.10:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za vsa sidra izvajalca B (str. 62)
- Graf 6.11:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za dvopramenska sidra izvajalca B (str. 63)
- Graf 6.12:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za tripramenska sidra izvajalca B (str. 63)
- Graf 6.13:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za dvopramenska sidra izvajalca B (str. 64)

**Graf 6.14:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca B  
za meritev po  $t=5$  min (str. 65)

**Graf 6.15:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca B  
za meritev po  $t=15$  min (str. 65)

**Graf 6.16:** Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca B  
za meritev po  $t=30$  min (str. 66)

## KAZALO PREGLEDNIC

**Preglednica 1:** Opis podatkov za obdelavo statistične analize (str. 68)

**Preglednica 2:** Območja parametrov pri statistični analizi (str. 68)

### PREGLEDNICE štirih neodvisnih parametrov:

**Preglednica 3:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah neodvisno od geološke sestave tal  
izvajalca A (str. 69)

**Preglednica 4:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah neodvisno od geološke sestave tal  
izvajalca A (str. 70)

**Preglednica 5:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah neodvisno od geološke sestave tal  
izvajalca A (str. 70)

**Preglednica 6:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 1. tip fliša (str. 71)

**Preglednica 7:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 1. tip fliša (str. 72)

**Preglednica 8:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 1. tip fliša (str. 72)

**Preglednica 9:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 2. tip fliša (str. 73)

**Preglednica 10:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 2. tip fliša (str. 73)

**Preglednica 11:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 2. tip fliša (str. 74)

**Preglednica 12:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 3. tip fliša (str. 75)

**Preglednica 13:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 3. tip fliša (str. 75)

**Preglednica 14:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 3. tip fliša (str. 76)

**Preglednica 15:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 4. tip fliša (str. 76)

**Preglednica 16:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 4. tip fliša (str. 77)

**Preglednica 17:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 4. tip fliša (str. 77)

**Preglednica 18:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za siv in trden fliš ter siv in  
sivorjav pretrt fliš (str. 78)

**Preglednica 19:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za siv in trden fliš ter siv in  
sivorjav pretrt fliš (str. 78)

**Preglednica 20:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za siv in trden fliš ter siv in  
sivorjav pretrt fliš (str. 79)

**Preglednica 21:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za siv in sivorjav preperel ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 79)

**Preglednica 22:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za siv in sivorjav preperel ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 80)

**Preglednica 23:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za siv in sivorjav preperel ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 80)

**Preglednica 24:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 81)

**Preglednica 25:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 81)

**Preglednica 26:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 82)

**Preglednica 27:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B (str. 83)

**Preglednica 28:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B (str. 83)

**Preglednica 29:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B (str. 84)



PREGLEDNICE treh neodvisnih parametrov:

**Preglednica 30:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah neodvisno od geološke sestave tal  
izvajalca A (str.85)

**Preglednica 31:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah neodvisno od geološke sestave tal  
izvajalca A (str.86)

**Preglednica 32:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah neodvisno od geološke sestave tal  
izvajalca A (str.86)

**Preglednica 33:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 1. tip fliša (str.87)

**Preglednica 34:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 1. tip fliša (str.87)

**Preglednica 35:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 1. tip fliša (str.88)

**Preglednica 36:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 2. tip fliša (str.88)

**Preglednica 37:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 2. tip fliša (str.89)

**Preglednica 38:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 2. tip fliša (str.89)

**Preglednica 39:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 3. tip fliša (str.90)

**Preglednica 40:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 3. tip fliša (str.90)

**Preglednica 41:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 3. tip fliša (str.91)

**Preglednica 42:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 4. tip fliša (str. 91)

**Preglednica 43:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 4. tip fliša (str. 92)

**Preglednica 44:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 4. tip fliša(str. 92)

**Preglednica 45:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za siv in trden fliš ter siv in  
sivorjav pretrt fliš (str. 93)

**Preglednica 46:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za siv in trden fliš ter siv in  
sivorjav pretrt fliš (str. 93)

**Preglednica 47:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za siv in trden fliš ter siv in  
sivorjav pretrt fliš (str. 94)

**Preglednica 48:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za siv in sivorjav preperel ter rjav  
in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 94)

**Preglednica 49:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za siv in sivorjav preperel ter rjav  
in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 95)

**Preglednica 50:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za siv in sivorjav preperel ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 95)

**Preglednica 51:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 96)

**Preglednica 52:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 96)

**Preglednica 53:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš (str. 97)

**Preglednica 54:** Rezultat regresijske analize pri 5 minutah neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B (str. 98)

**Preglednica 55:** Rezultat regresijske analize pri 15 minutah neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B (str. 98)

**Preglednica 56:** Rezultat regresijske analize pri 30 minutah neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B (str. 99)

**Preglednica 57:** Povzeti koeficienti statistično značilnega parametra za število pramen (str. 100)

**Preglednica 58:** Povzeti koeficienti statistično značilnega parametra za togost (str. 101)

**Preglednica 59:** Povzeti koeficienti statistično značilnega parametra za silo (str. 102)

**Preglednica 60:** Povzeti koeficienti statistično značilnega parametra za prosto dolžino sidra (str. 100)

## **KAZALO PRILOG**

**Priloga 1:** Primer zapisnika o preiskavi sidra (str. 107)

**Priloga 2:** Rezultat preizkusnega sidra (str. 108)

**Priloga 3:** Diagram elastičnih in trajnih deformacij pri preizkusnem sidru (str. 109)

**Priloga 4:** Diagram mere lezenja v funkciji stopenj sil (str. 109)

**Priloga 5:** Zapisnik o celovitem napenjanju sidra (str. 110)

**Priloga 6:** Rezultata celovitega napenjalnega preizkusa (str. 111)

**Priloga 7:** Zapisnik o enostavnem napenjanju sidra (str. 112)

**Priloga 8:** Osnovna geološka karta Postojna, M 1 : 10000 (str.113)

**Priloga 9:** Osnovna geološka karta Gorica, M 1 : 10000 (str.113)

**Priloga 10:** Legenda k osnovni geološki karti (str. 114)

## 1 UVOD

Danes je gradnja avtocest, hitrih cest, železnic ter predorov v Sloveniji in tujini zelo razširjena. Zato si ne moremo predstavljati gradnje podpornih, opornih zidov, vkopov, predorov, globokih gradbenih jam, sanacij zemeljskih brežin in ostalih gradbenih posegov brez geotehničnih sider.

Trajna geotehnična sidra predstavljajo zelo občutljiv in pomemben element v skupini geotehničnih objektov. Vgrajujemo jih na dva načina. Prvi način je površinsko sidranje s sidrnimi bloki ali ploščami, drugi način pa predstavljajo uvertana prednapeta geotehnična sidra najrazličnejših vrst. V diplomski nalogi bom predstavila uvertana geotehnična sidra, ki so jih izvajalci izvajali na objektih pri gradnji HC Razdrto – Vipava.

Večji del sidra se nahaja v temeljnih tleh, kjer so nedostopna in jih ni možno neposredno kontrolirati. Ker so temeljna tla heterogena in vsebujejo tudi vodo, obstaja nevarnost korozije jekla zaradi agresivnih snovi. Visokovredno jeklo je glavni nosilni element trajnih geotehničnih sider, ki ga je potrebno protikorozijsko zaščititi. Za trajnost sider je treba poskrbeti že pri proizvodnji v tovarni, pri transportu na gradbišče ter jih pred vgradnjo in po njej ustrezno kontrolirati. Življenjska doba trajnega geotehničnega sidra mora biti vsaj enaka življenjski dobi gradbene konstrukcije ali objekta.

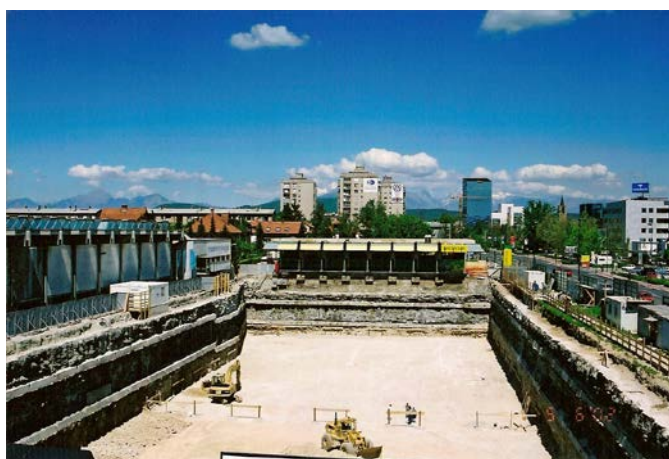
Večina sidranih konstrukcij je odvisnih od obnašanja in trajnosti vgrajenih geotehničnih sider (primeri na slikah).



Slika 1.1: Varovanje brežine - sidrani slopi  
cesta Bohinjska Bela - Bled



Slika 1.2: Sidrana pilotna stena - Mačkovci  
vkop Stanjevci



Slika 1.3: Varovanje gradbene jame- sidrana jet grouting stena  
Stekleni dvor ob Dunajski cesti

## 2 SPLOŠNO O GEOTEHNIČNIH SIDRIH

Kot sem že omenila, predstavljajo sidra pomemben gradbeni element pri gradnji prometnih objektov in reševanju mnogih geotehničnih problemov v gradbeništvu.

Osnovna naloga sidra je, da s svojo natezno trdnostjo prenaša sile iz konstrukcije v temeljna tla in s tem zagotavlja ustrezno varnost konstrukcije, istočasno pa moramo pri uporabi geotehničnih sider zagotoviti tudi globalno stabilnost.

V nadaljevanju bom natančneje opisala geotehnična sidra.

### 2.1 Vrste geotehničnih sider

Sidra se delijo na več načinov.

Delijo se glede na sestavne dele sidra, na material v katera jih vgrajujemo, na način prenosa sile v temeljna tla, ter načina uporabe in delovanja.

Glede na sestavne dele ločimo:

- **palična sidra** so v obliki ene same palice,
- **kabelska ali vrvna sidra**, ki so sestavljena iz jeklenih pletenih vrvi.

Glede na material, v katerega jih vgrajujemo:

- **sidrana v hribini**, če se vezni del sidra nahaja v hribini,
- **sidrana v zemljini**, če se vezni del sidra nahaja v zemljini.

Glede na način uporabe ločimo:

- **trajna**,
- **začasna**,
- **preizkusna**,
- **kontrolna in merilna sidra**,
- **konstrukcijska sidra**.

**Trajna sidra** so tista, katerih življenjska doba mora biti enaka življenjski dobi konstrukcije oz. vršijo svojo funkcijo več kot dve leti.

**Začasna sidra**, so sidra katerih njihova funkcija traja do dve leti. Uporabljajo se npr. pri varovanju gradbenih jam.

Razlika med trajnimi in začasnimi sidri je pri dimenzioniranju sider. Trajna sidra se dimenzionirajo z višjimi, začasna pa z nižjimi varnostnimi faktorji.

**Preizkusna sidra** so posebno načrtovana in običajno vgrajena, na njih se izvedejo preiskave sidra, ki so podlaga za dimenzioniranje sidra.

**Kontrolna in merilna sidra** so sidra, na katerih se izvajajo trajni preizkusi in merjenja.

**Kontrolna** so lahko normalna in nastavljiva kontrolna sidra, ki jih lahko napnemo ali popustimo.

**Merilna sidra** so opremljena z napravo za merjenje sile, s katero lahko izmerimo silo v sidru v času uporabe objekta.

Glede na način delovanja:

- **pasivna**
- **aktivna** ( prednapeta ) sidra

**Pasivna sidra** so vgrajena brez prednapenjanja, aktivirajo se takrat, ko se sidrana konstrukcija premakne.

**Aktivna sidra** so prednapeta do projektirane napenjalne sile, katera mora v celotni življenjski dobi konstrukcije ostati znotraj določenih meja.

## 2.2 Sestava geotehničnih sider

Sidro sestavljajo glavni trije elementi sidra:

- **sidrna glava,**
- **prosti del sidra,**
- **vezni del sidra.**

*Sidrna glava* je del sidra, ki ima vlogo prenašati sidrno silo na konstrukcijo.

*Prosti del sidra*, je del sidra med glavo in veznim delom sidra, ki ima vlogo prenašati sidrno silo iz sidrne glave na vezni del sidra.

*Vezni del* sidra prenaša sidrno silo v temeljna tla.

Glavni elementi so prikazani na skici 1.

*Dolžina sidra  $l$* , je dolžina med glavo sidra in končno točko sidra v zemljini ali hribini.

*Dolžina veznega dela sidra  $l_v$* , je dolžina preko katere se prenese sila v vezni del sidra.

*Računska prosta dolžina sidra  $l_{fr}$* , je dolžina med glavo sidra in začetkom veznega dela sidra, ki jo dobimo iz statičnega in geomehanskega izračuna. Upoštevati je potrebno, da dolžina proste dolžine sidra ne sme biti krajša od 7m.



### *Drugi deli sidra*

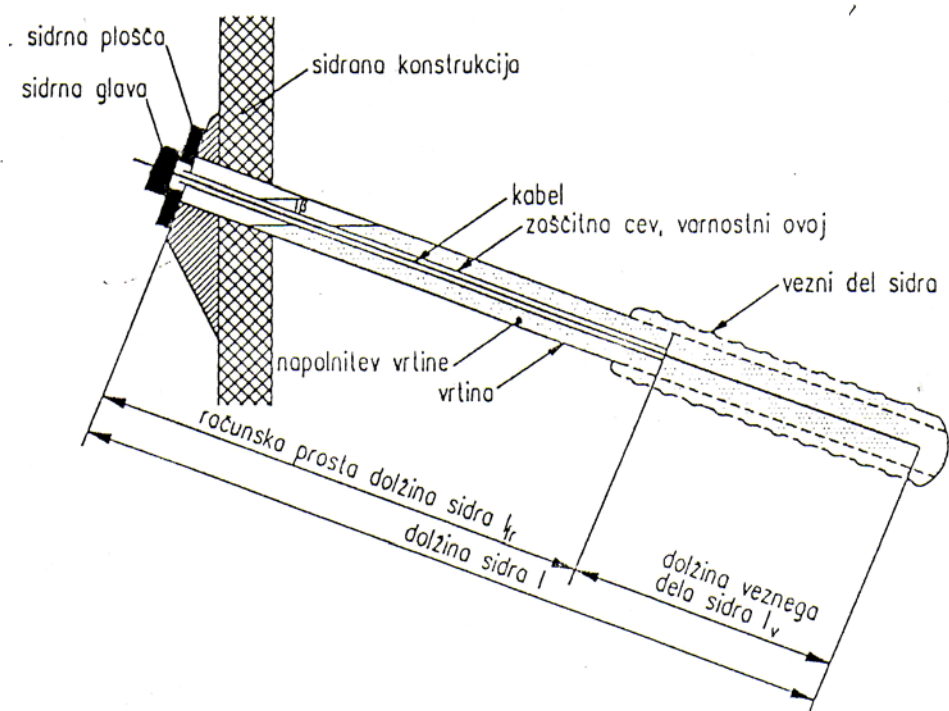
K drugim delom sidra spadajo zaščitna cev za jeklena pramena, rebrasta in gladka zaščitna cev, temperaturno skrčljive cevi, PE (polietilen) konica, tesnilni prstan, sidrna plošča, sidrne kotve in zagozde, zaščitne kape in izolacijski material za glave sider, notranji in zunanji distančniki, PE cev za notranje in zunanje injektiranje ter injektirno – odzračevalna cev.



Slika 2.1: Kolut sider

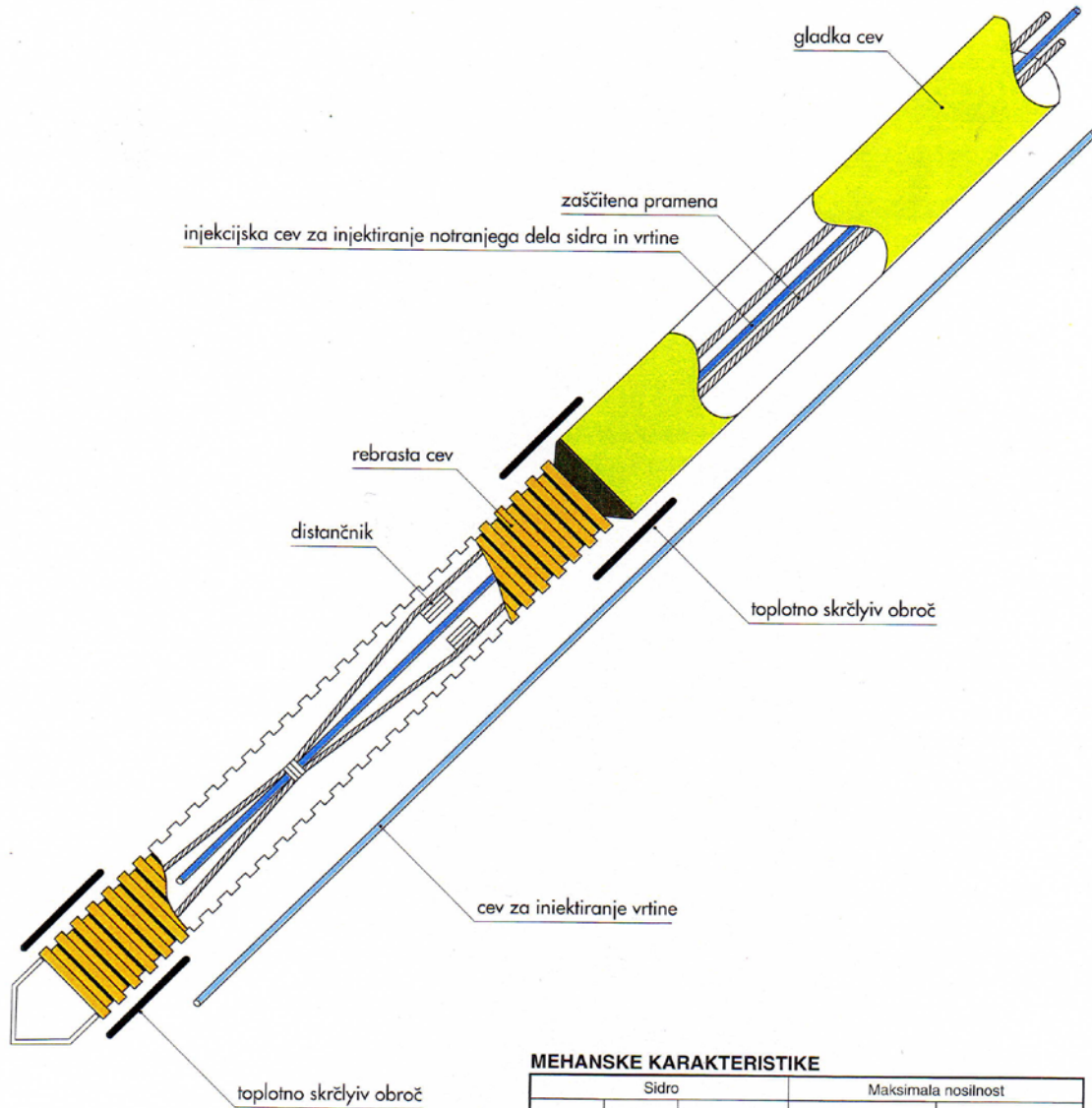


Slika 2.2: Deli sider



Slika 2.3: Shematski prikaz prednapetega geotehničnega sidra z vsemi elementi in oznakami

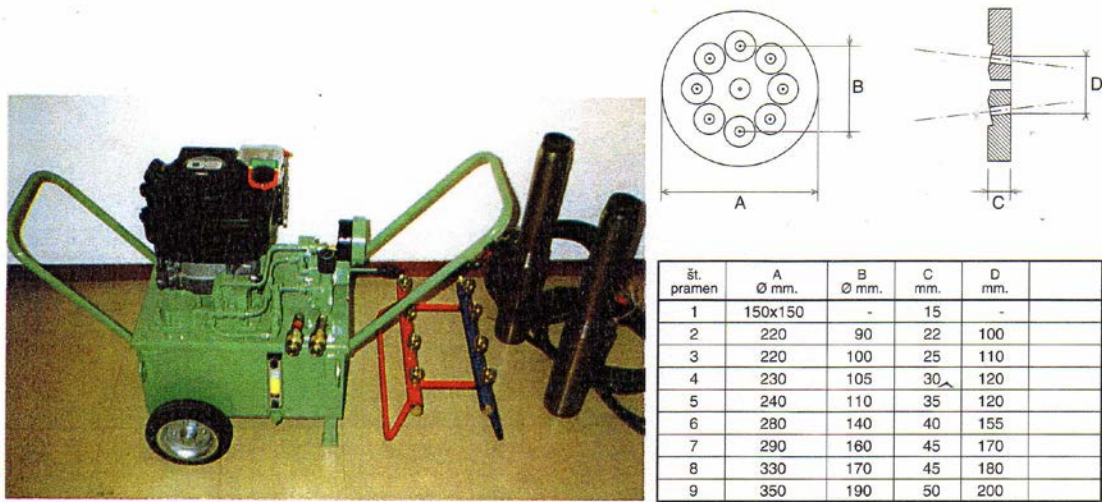
## Sidro tip RCP/D



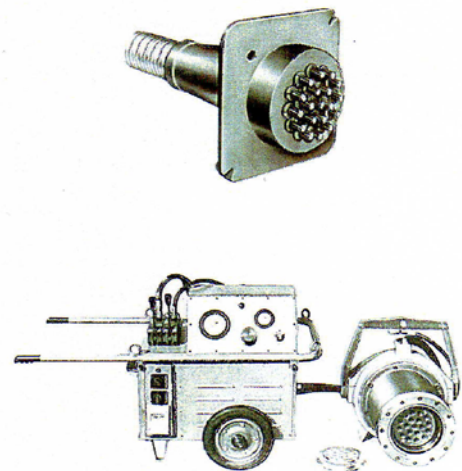
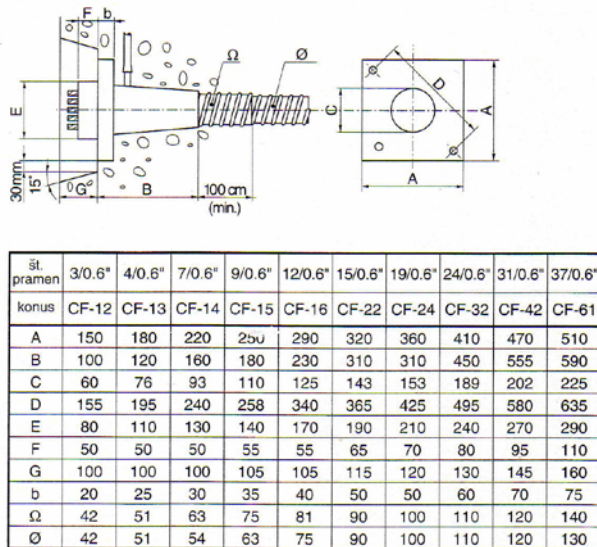
### MEHANSKE KARAKTERISTIKE

Pramena Ø 0,6" n°	Sidro		Maksimalna nosilnost			
	F <sub>e</sub> mm <sup>2</sup>	Teža Kg/m <sup>1</sup>	Preizkusna sila P <sub>max</sub> < 75% P <sub>ik</sub>		Sila zaklinjenja P <sub>0 max</sub> < 60% P <sub>ik</sub>	
			ton	kN	ton	kN
1	139	1,11	18,45	184,5	14,76	147,6
2	278	2,22	36,90	369,0	29,52	295,2
3	417	3,33	55,36	553,6	44,29	442,9
4	556	4,44	73,81	738,1	59,05	590,5
5	695	5,55	92,26	922,6	73,81	738,1
6	834	6,66	110,71	1107,1	88,57	885,7
7	973	7,77	129,17	1291,7	103,33	1033,3

Slika 2.4: Sestavni deli sidra v veznem in prostem delu z mehanskimi karakteristikami



Slika 2.5: Posamezno napenjanje pramen



Slika 2.6: Skupno napenjanje pramen

## **2.3 Prenos sidrne sile v temeljna tla**

Glavni nosilni element sidra je natezna vez, ki jo predstavljajo jeklene palice ali vrvi. Natezna vez prenaša obtežbo s konstrukcije na vezni del sidra.

Nosilnost sidra je največ odvisna od kvalitetnega vnosa napenjalne sile v temeljna tla. Poleg kakovostne zaščite sidra predstavlja tudi nosilnost sidra problem konstrukcijskega elementa. Nosilna temeljna tla, kjer se sidrajo geotehnična sidra, so lahko hribina oz. kamnina ali zemljina.

Mejne nosilnosti sider znašajo od 150 – 900 kN. Večje vrednosti veljajo za sidranje v gramozih in peskih ter kamninah, nižje vrednosti pa v koherentnih zemljinah.

### **2.3.1 Sidranje v hribini**

Velike sile s sidrnega dela se prenašajo s cementno injektiranimi sidri v hribino. Vrtino je potrebno predhodno preizkusiti na vodotesnost. Če vrtina ni vodotesna, se izvede konsolidacijsko injektiranje vrtine. Nato se izvede ponovno vrtnanje in vstavljanje sidra. S tem se doseže zadostna varnost za prenos sil. Glede na različne lastnosti hribine in hrapavost je prenos sidrne sile ugotovljen le s testnimi sidri, ki pokažejo, kakšno obremenitev hribina lahko prenese.

Za teste se praviloma uporabi sidro z eno dodatno jekleno pletenico. Sidro se obremeni do porušitve. Porušitve so ponavadi na stiku med jeklom in injekcijsko maso ter na površini med injekcijsko maso in hribino.

### **2.3.2 Sidranje v zemljini**

Nosilnost sider v zemljini je odvisna od lastnosti zemljin in tehnologije vgrajevanja veznega dela sidra. Dejavnika, ki vplivata na nosilnost sidra sta v glavnem vezni del, ki ima določene omejitve in premer vrtine, ki mora biti po vsej dolžini pravilno izvedena. S povečanjem premera vrtine po celotni dolžini se poveča trenje. Slabost pri povečanju vrtine pa so večji stroški vrtnanja.

Najboljši ukrep za dobro nosilnost sider je merjenje povečanja tlaka pri injektiranju. Običajno (enkratno) injektiranje zadošča za boljše zemljine.



Za zemljine s slabšimi fizikalnimi lastnostmi je potrebno izvesti poinjektiranje kar pomeni ponovno injektiranje veznega dela sidra po določenem času.

Pri prvem injektiranju se pri boljših zemljinah zapolnijo le razpoke v vrtini ali manjše kaverne, kar omogoča prenos sorazmerno nizke sile.

S poinjektiranjem veznega dela sidra z visokimi pritiski se povečajo radialne napetosti na stiku med injekcijsko maso in zemljino. To pa pomeni povečanje trenja po plašču sidra. S tem postopkom izboljšamo še obliko in površino sidra.

## **2.4 Izdelava geotehničnih sider**

Izdelava sidra je sestavljena iz procesov:

- vrtanje vrtine,
- sestavljanje in vstavljanje sidra,
- injektiranje,
- preizkušanje sidra,
- napenjanje,
- popuščanje (začasna sidra),
- zaščita glave sidra.

### **2.4.1 Vrtanje vrtine**

Metoda vrtanja vrtin mora ustrezati vrsti zemljin in premeru vrtine. Vrtine je potrebno po zaključenem vrtanju zaščititi pred vdorom tujega materiala in vode. V zemljinah s primesmi ter v zemljinah in kamninah, ki so nagnjene k hitremu preperevanju, je potrebno sidra takoj vgraditi v vrtine in jih zainjektirati. Vrtine v kamninah je potrebno preiskati na vodoneprepustnost. V peščenogramoznih materialih, kjer pride do zasipa vrtin, se vrtanje vrši z zaščitnimi cevmi, ki omogočajo vgradnjo sider.

Izbrati je potrebno tak način vrtanja, ki kasneje ne bo vplival na nosilnost vgrajenega sidra. Pri vrtanju je treba paziti, da se ne poruši ostenje vrtine in da se med postopkom vrtanja ne mehča in rahlja okoliški material.

Standardi zahtevajo zapisnik vrtanja za vsako vrtanje. Zabeleženi so vsi dogodki, kot so menjavanje hitrosti vrtanja, izguba vode za izpiranje, izpiranje materiala, navrtane praznine. Pri vrtanju je potrebno preveriti pozicijo, naklon in dolžino vrtine.

Ločimo tri vrste vrtanja:

- udarno vrtanje,
- rotacijsko vrtanje,
- kombinirano rotacijsko in udarno vrtanje.



Slika 2.7: Vrtanje za vgradnjo sider

Za odstranjevanje izvrtanega materiala iz vrtine se uporabljajo zrak, voda ali bentonitna izplaka. Zavedati se moramo njihovih vplivov na hribino in okolico.

Zrak je primeren za suha tla. Voda se uporabi pri vrtanju kohezivnih materialov kot je npr. glina. Voda očisti ostenje vrtine, kar pri nekaterih hribinah pripomore k večanju adhezijske strižne trdnosti med sidrom in ostenjem vrtine. Druge materiale voda mehča in pospešuje njihovo preperevanje, zato izplakovanje z vodo ni zaželeno.

### 2.4.2 Sestavljanje in vstavljanje sider

Sestavljanje sider mora biti izvedeno že v tovarni. Transport, skladiščenje in vstavljanje sider do mesta vgrajevanja je potrebno organizirati tako, da ne pride do škodljivih vplivov na funkcionalnost in učinkovitost antikorozijske zaščite.

Vsako sidro mora imeti kontrolni listek, ki vsebuje oznako sidra, skupno dolžino, vezno in prosto dolžino, datum proizvodnje in ime objekta na katerem se bo sidro vgradilo. Preden se sidro vstavi v vrtino, ga je treba pregledati, če dimenzije ustrezajo kontrolnemu listu.

Vstavljanje sider se lahko izvede ročno, z dvigali ali z napravami za vstavljanje sider.



Slika 2.8: Vstavljanje in vgrajevanje sidra  
na cesti Col – Ajdovščina

### 2.4.3 Injektiranje

Injektiranje je postopek pri vgradnji sidra, s katerim se zagotovi vnos sidrne sile v veznem delu sidra na sidrno osnovo in zaščita sidra pred korozijo. Injekcijske pritiske in količino injektiranja je treba prilagoditi geometrijskim, geološkim in hidrogeološkim razmeram ter tipu in sestavi sidra. S tem postopkom omogočimo, da se sila iz jeklene vrvi prenese preko injekcijske mase v temeljna tla. Z injekcijsko maso se zapolnijo praznine med vrtino in zunanjim obodom, praznino med plastičnimi cevmi in praznino med kablom in notranjo plastično cevjo. Na ta način se ustrezno zavarujejo jeklene vrvi pred korozijo.

V Sloveniji v cestogradnji velja, da je vrtina dovolj vodotesna, če se pri tlaku 3-4 barov ne izgubi več kot 5 litrov vode/min.

Injektiranje je potrebno začeti na najglobljem koncu sidra, pri tem mora biti na nasprotnem koncu zagotovljeno prezračevanje in iztok vode v vrtini.

Injekcijska masa je sestavljena iz čistega portland cementa, dodatkov in vode. Vrednost vodocementnega faktorja znaša od 0,36 do 0,44.

Za izdelavo kompaktne mešanice se uporabljajo mešalci, injekcijska masa pa se shranjuje v posebnih rezervoarjih z neprekinjenim mešanjem in črpanjem.

Kakovost injekcijske zmesi za izdelavo veznega dela sidra je treba prilagoditi fizikalnim lastnostim in sposobnostim temeljnih tal za injektiranje. Injektiranje se običajno izvaja v dveh delih.

Najprej se injektira vezni del sidra, po napenjanju pa še injektiranje notranjega dela prostega dela sidra. Injektiranje se lahko izvede tudi v eni fazi. Sidra injektirana v eni fazi posredno omogočajo kabli, ki so v prostem delu obdani z zaščitno plastično cevko in namazani z mastjo, ki zmanjšuje trenje. Injektiranje poteka naenkrat, trdnost mase mora biti zadostna, da se sidro lahko nadalje napne.

Injektiranje je eden izmed najpomembnejših postopkov pri izdelavi sider, zato se mora pri tem sproti voditi zapisnik o sestavi injekcijske mešanice.

#### **2.4.4 Napenjanje sider**

Sidra lahko napenjamo, ko je injekcijska masa po injektiranju veznega dela sidra dosegla predpisano trdnost. Čas, po katerem se lahko izvede napenjanje, se določi na osnovi preiskav ali pa po navodilih proizvajalca injekcijske mase.

Napenjanje je potrebno izvajati po elaboratu napenjanja sider, ki ga je predpisal projektant. Napenjanje se izvaja pri preiskavi sider in pri preizkusu napenjanja. Napenjanje pri preiskavi sider služi dimenzioniranju sider, pri preizkusu napenjanja v obliki enostavnega ali celovitega napenjalnega preizkusa pa za namen presoje ustreznosti posameznih sider.



Sidra se napenjajo in zaklinijo po predpisanih standardih. V Sloveniji veljajo za napenjanje švicarske norme SIA 191 in SODOC 16 ( Tehnične specifikacije za ceste).

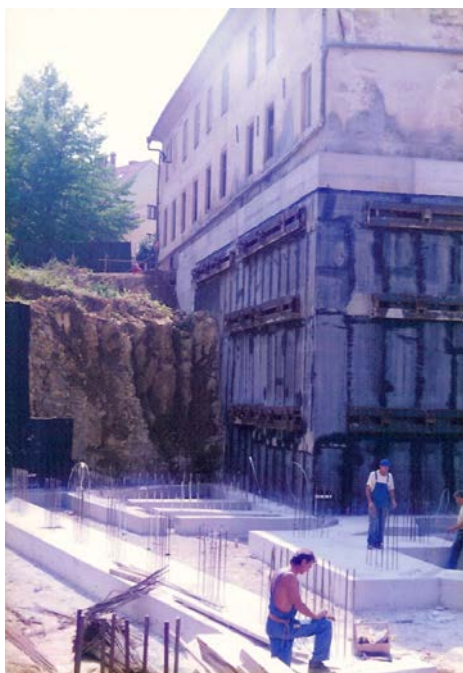


Slika 2.9: Napenjalna oprema

## 2.5 Uporaba geotehničnih sider

Konstrukcije, kjer se pogosto uporabljajo geotehnična sidra:

- a. **visoke pregrade**; v predelih kjer je potrebno varno sodelovanje temeljnih tal in objekta ter preprečevanje nezaželenih deformacij,
- b. **hidrotehnične konstrukcije**; kjer sidra zagotavljajo splošno stabilnost objekta (vzgon, zdrs), povezuje nadgradnjo z obstoječim objektom, prevzamejo sile hidromehanske opreme in zagotavlja stabilnost objektov pri potresni obtežbi,
- c. pri **globokih gradbenih jamah**, kjer podpirajo stene izkopa,
- d. pri **opornih in podpornih konstrukcijah**,
- e. saniranje **nestabilnih pobočij in plazov**,
- f. sidranje **podzemnih, cestnih in železniških predorov**,
- g. sidranje **opornikov premostitvenih objektov**.



Slika 2.10: Sidranje jeklene grede pri varovanju gradbene jame – knjižnica Novo Mesto



Slika 2.11: Varovanje gradbene jame



Slika 2.12: Sidrana pilotna stena – Krka – Notol 3

## 2.6 Zaščita in trajnost geotehničnih sider

Sidra je potrebno projektirati in izvajati tako, da v vsej uporabni dobi sidranega objekta izpolnjujejo svojo funkcijo.

Trajna sidra morajo delovati kot varen gradbeni element. To pa pomeni, da mora biti življenjska doba sider enaka življenjski dobi objekta. Njihovo stanje je potrebno stalno preverjati, da pravočasno odkrijemo morebitne napake, neustrezna sidra pa je potrebno zamenjati.

Prednapeta geotehnična sidra sestavlja visokovredno jeklo, ki je zelo občutljivo na vsakršen elektrolitski proces na površini, ki privede do korozije. Zato morajo biti trajna sidra izolirana pred morebitnim vstopom vode ter pred snovmi, ki se pojavijo v temeljnih tleh kot so nitridi, sulfati in kisline.

Visokovredno jeklo je podvrženo štirim tipom korozije:

- **površinska korozija**, ki se razvije na nezaščiteni površini jekla ob zadostni vlažnosti zraka,
- **točkovna korozija** je rezultat razlike potencialov po površini jekla. Nastanek je povezan s prisotnostjo zaščitnega oksidnega filma in zelo nevarnih kloridov, zaradi katerih se pojavijo drobne korodirane razpoke. Povzročitelji so bakterije, ki s svojim metabolizmom tvorijo sulfidne ione, ki povzročijo korozijo materiala. Nekatere lahko pri določenih pogojih proizvedejo žvepleno kislino, ki lahko razgradijo jeklo.
- **napetostna korozija** nastaja zaradi visokih napetostnih stanj na jeklenih palicah, ki ustvarja vodikovo krhkost.
- **vodikova krhkost**, kjer vodik difundira v jekleno rešetko, nastale molekule ustvarjajo notranje napetosti, ki povzročajo krhkost.

Posebno pozornost pri geotehničnih sidrih je potrebno posvetiti napetostni koroziji, ki lahko npr. povzroča lokalne napade korozije. Če želimo zagotoviti varnost sidra in jekla za prednapenjanje, jih je potrebno trajno zaščititi proti koroziji, saj lahko že najmanjša brazgotina v obliki zareze povzroči napetostno korozijo. Antikorozijski zaščiti je treba posvečati posebno pozornost že pri transportu, vgrajevanju in med uporabo.

Injekcijska masa je tudi podvržena propadanju zaradi kemičnih snovi, ki se pojavljajo v temeljnih tleh.

S propadom injekcijske mase se izgubi zaščitno bazično okolje, ki varuje jekleni kabel. Proces pospešijo razpoke injekcijskega telesa, ki nastanejo z napenjanjem kabla.

Posebno pozornost je potrebno posvetiti sidrom:

- ki so izpostavljena morski vodi (kloridi in sulfati),
- sidra v z vodo nasičenih tleh, z nizko vsebnostjo kisika in sulfatov,
- sidra v delno zasičenih tleh,
- sidra v skali, ki vsebujejo kloride,
- sidra podvržena cikličnim obremenitvam,
- sidra v hribinah, ki so v bližini kemičnih tovarn, kjer tla lahko vsebujejo škodljive primesi.

Nevarna je tudi tvorba makroelementa zaradi blodečih tokov, ki so prisotni v tleh ob železniških progah. V primeru, da sidro in armatura nista izolirana, tvorita makroelement. Armatura je v pasivnem, sidro v hribini je v aktivnem stanju, tako da pri pomanjkljivo izoliranem delu sidra inducirani tok izstopa v hribino. Na teh mestih poteka raztapljanje jekla in prerez se zmanjšuje. Podobno delujejo blodeči tokovi.

Potrebna je nujna galvanska ločitev sidra od podporne konstrukcije in kabla od temeljnih tal. Oba dela je potrebno zaščititi pred vodo.

Da bi se izognili tem nevarnostim, so v predpisih podani različni konstrukcijski ukrepi, ki so odvisni od kategorije uporabe sider.

Predpis loči naslednje kategorije sider:

- sidra s celovito antikorozijsko zaščito, ki jih lahko vgrajujemo v agresivna okolja in tja, kjer so izpostavljena obremenitvi zaradi blodečih tokov,
- sidra z omejeno antikorozijsko zaščito, ki se uporabljajo kot začasna sidra,
- za sidra, ki so v uporabi za manj kot pol leta, niso potrebni posebni ukrepi.

Priporočilo SIA V 191 za trajna sidra predlaga naslednje ukrepe:

- natezni kabel je potrebno po vsej dolžini obdati s kemično obstojnim, difuzijsko dovolj gostim in električno izolacijskim ovojem (ustrezni material, debelina, kakovost itd.),
- glavo sidra je potrebno ločiti od konstrukcije z ustrezno električno izolacijo,
- glave sider se zaščitijo z betonsko, vsaj 30mm debelo zaščitno plastjo ali z zaščitnimi kapami, ki preprečujejo vdor vode,
- vzdolž dolžine veznega dela sidra se morajo praznine med kablom in zaščitno cevjo napolniti z injekcijsko maso,
- na prostem delu moramo prostore med napetim kablom, posameznimi zaščitnimi cevmi in zaščitnim ovojem zapolniti z obstojnimi zaščitnimi masami; tista v stiku z jeklenim kablom (vazelin) morajo biti trajno plastična.

### **3 PREDNAPETA UVRTANA GEOTEHNIČNA SIDRA**

V nadaljevanju bom opisala prednapeta sidra, ki jih obravnava Standard SIA V 191 (1995). Vsebinsko obravnava projektiranje, izvedbo, preizkušanje in vzdrževanje prednapetih geotehničnih sider.

Standard smo v Sloveniji privzeli v uporabo v drugi polovici devetdesetih let, ko se je uporaba geotehničnih sider močno povečala, standard SIA V 191 (1995) pa je bil nov, sodoben standard za to področje. Zato ga še uporabljamo, čeprav je medtem nastal tudi evropski standard EN 1537 (2002), ki bo sčasoma izpodrinil citirani Švicarski standard.

#### **3.1 Projektiranje**

##### **3.1.1 Splošno**

Za vsa sidra veljajo načela zadostne nosilnosti in uporabnosti, ki jih obravnava švicarski standard SIA 160. Trajna in začasna sidra se razlikujejo po zahtevah glede trajnosti ter po obsegu nadzora nad gradbenimi deli.

Pred pričetkom projektiranja je potrebno razčistiti specifične zahteve in lokalne razmere glede predvidenega sidranja. Upoštevati je potrebno plan uporabe objekta, podatke o temeljnih tleh ter pravne vidike glede na okolico.

##### **3.1.2 Temeljna tla**

Projekt sidranja se izdelava na osnovi gradbenega projekta in preiskav fizikalno geotehničnih lastnosti temeljnih tal. Preiskave morajo zajeti vse podatke, ki so pomembni za projekt sidranja. Podatke, ki jih je potrebno poznati, so sestava temeljnih tal in geotehnične lastnosti posameznih plasti zemljin, razpokanost, hidrogeološke razmere, primesi in dodatne snovi v tleh, vodi in zraku, ki lahko škodijo trajnosti sider.

### 3.1.3 Vpliv sidranja na okolico

Ugotovitve, ki jih je potrebno upoštevati pri vplivu sidranja na okolico, so npr. posedanja zaradi odvzema materiala med vrtnjem in dvigovanja zaradi injektiranja, vpliv sidrnih vrtn na hidrogeološke razmere, deformacije oz. premiki zaradi napenjanja sider in izkopa, poškodbe vodov in kablov, iztekanje injekcijske snovi v kanalizacijo, kleti in druge podzemne prostore ter škodljivo učinkovanje na talno in površinsko vodo zaradi injektiranja.

Za preprečevanje škode je potrebno upoštevati ukrepe kot so določitev varnostnih razdalj med veznimi deli sidra in ogroženimi objekti oziroma območja, v planu kontrole določiti preizkuse, po potrebi injektiranje izvesti po fazah, uporabiti posebne postopke vrtnja, postaviti omejitve glede transportiranih materialov in pritiskov pri vrtnju.

### 3.1.4 Projekt sidranja

Osnova projekta sidranega objekta je koncept sidranja.

V okviru sidranja je potrebno določiti naslednje tehnične vrednosti: dopustne deformacije objekta, minimalno potrebno sidrno silo za zagotovitev stabilnosti objekta med uporabo, maksimalno dopustno sidrno silo ob upoštevanju dopustnih deformacij objekta, silo pri zaklinjenju sidra  $P_0$ , minimalno prosto dolžino sidra  $l_{fr}$  in dolžino veznega dela sidra  $l_v$ .

Sidrani objekt je potrebno projektirati tako, da je mogoče sidra, ki ne opravljajo svoje funkcije, nadomestiti. Pri vsakem objektu je potrebno predvideti še rezervna sidrišča, da se lahko sidra z nezadostno nosilnostjo in/ali nezadostno antikorozijsko zaščito nadomestijo z novimi.

### 3.1.5 Preiskava sider

Preiskava sider je namenjena dimenzioniranju sider oziroma ugotavljanju zunanje mejne nosilnosti  $R_a$ , ki jo je mogoče doseči v določenem temeljnem področju. Uporablja se za dimenzioniranje dolžine veznega dela sidra in določanja primerne metode vrtnja ter načina pritiska in količine injektiranja. Rezultati preiskave sider so podlaga za presojo in prevzem sider objekta.

Sidra se preiskujejo vnaprej ali na začetku sidrnih del. Število preizkusnih sider za določen objekt je odvisno od velikosti oziroma pomembnosti objekta in geotehničnih pogojev.



Za vsako področje tal s primerljivimi geotehničnimi lastnostmi je potrebno izvesti najmanj tri preizkusna sidra, oziroma minimalno 5% vseh sider na gradbeni konstrukciji.

Preizkusna sidra se lahko uporabijo kar sidra objekta, kadar izpolnjujejo enake pogoje kot druga sidra objekta in kadar pri preizkusu niso bila obremenjena do mejne nosilnosti.

### **3.1.6 Kontrola sider**

Sidrane objekte je potrebno ves čas uporabe kontrolirati v skladu s planom kontrole.

Število merilnih in kontrolnih sider se določi v odvisnosti objekta. Minimalno število kontrolnih in merilnih sider je tri na sidrani gradbeni konstrukciji oziroma 5% vseh sider.

V nekaterih primerih je potrebno vsa sidra projektirati kot kontrolna sidra. To velja za trajna sidranja, katerih nosilnosti ne moremo oceniti na osnovi meritev deformacij kot npr. varovanje hribin ali toge na hribini temeljene konstrukcije, pa tudi za sidra, ki morajo biti zaradi pričakovanih deformacij objekta in zemljišča projektirana tako, da jih je mogoče dodatno napeti ali popustiti.

Priporočljivo je, da približno 3% sider, obvezno pa vsaj eno sidro na gradbeni konstrukciji, predvidimo kot kontrolno sidro.

### **3.1.7 Izvedba**

Plan kontrole, ki ga je treba pripraviti za izvedbo del, vsebuje opredelitev odgovornosti, vrsto, obseg, izvedbo in čas preizkusov, zahteve, dopustne odmike, ukrepe pri prekoračitvi dopustnih odmikov ter predpise o pretoku informacij.

Med izvedbo je potrebno preverjati pravilnost vnaprej izdelane dokumentacije in uporabljenih predpostavk za izračun in dimenzioniranje sidranja.



### 3.2 Dimenzioniranje

Pri dimenzioniranju sidranih konstrukcij je potrebno upoštevati dva dokaza:

- dokaz zadostne nosilnosti,
- dokaz uporabnosti.

Dokaza morata ustrezati načrtovani varnosti in uporabnosti. Za dokaz zadostne nosilnosti in uporabnosti je treba uporabiti vplive v skladu s standardom SIA 160.

Sidrane konstrukcije in sidra se dimenzionirajo v skladu z ustreznimi standardi SIA.

Za dimenzioniranje posameznih sider je potrebno upoštevati :

- dokaz zadostne notranje nosilnosti,
- dokaz zadostne zunanje nosilnosti,
- dokaz uporabnosti,
- ugotovitev računske proste dolžine  $l_{fr}$ ,
- določitev sile pri zaklinjenju  $P_0$ .

Potrebno prosto dolžino  $l_{fr}$  ter silo pri zaklinjenju  $P_0$  se dobi iz dokaza zadostne nosilnosti in uporabnosti za celotno sidrano konstrukcijo.

Silo zaklinjenja  $P_0$  za posamezno sidro je treba določiti tako, da bo dejanska sidrna sila  $P$  v času uporabe znotraj navedenih meja;

$$0,3 \cdot P_{tk} \leq P \leq 0,7 \cdot P_{tk}$$

$$P_0 \leq 0,6 \cdot P_{tk}$$

$P_{tk}$ ....karakteristična vrednost sile pretrganja kabla (kN)

$P$ .....dejanska sidrna sila (kN) v času  $0 < t < \infty$

Potrebno dolžino veznega del sidra  $l_v$  se določi na osnovi preiskav sider.

### 3.2.1 Dokaz nosilnosti

Za nosilnost sidrane konstrukcije je potrebno pri izračunih upoštevati naslednji pogoj:

$$S_d \leq R_d / \gamma_{\text{mod}}$$

$S_d$ ...projektna vrednost obremenitve

$R_d$ ...projektna vrednost mejnih nosilnosti konstrukcije, temeljnih tal ali sidranja

$\gamma_{\text{mod}}$  ... varnostni faktor  $\gamma_{\text{mod}} \geq 1,0$

Projektirano vrednost mejne nosilnosti konstrukcije se ugotovi v skladu z ustreznimi standardi SIA, projektirano vrednost mejne nosilnosti temeljnih tal pa po pravilih geomehanike. Vrednost mejne nosilnosti sidranja pa je odvisna od obremenitve sider pri poružitvi konstrukcije.

Pri natezni obremenitvi sider znaša projektirana vrednost mejne nosilnosti sider:

$$R_d = R / \gamma_R$$

$R$ ...notranja ali zunanja mejna nosilnost; merodajna je manjša vrednost

$\gamma_R$ ...varnostni faktor mejne nosilnosti sidranja

koeficient  $\gamma_R = 1,35$

#### 3.2.1.1 Notranja mejna nosilnost sidra

Notranja mejna nosilnost  $R_i$  znaša :

$$R_i = P_{\text{tk}} = A_p \cdot f_{\text{tk}}$$

$A_p$ ...površina prečnega prereza kabla ( $\text{mm}^2$ )

$f_{\text{tk}}$ ...natezna trdnost kabla ( $\text{kN}/\text{mm}^2$ )

$P_{\text{tk}}$ ...porušna sila kabla (kN)

### 3.2.1.2 Zunanja mejna nosilnost sidra

Zunanja mejna nosilnost sidra  $R_a$  ustreza sili, pri kateri deformacija veznega dela sidra več ne pojema, ampak po določenem času pride do porušitve med veznim delom sidra in temeljnimi tlemi.

Zunanja mejna nosilnost sidra je definirana kot sila, pri kateri deformacija veznega dela sidra doseže kritično mero lezenja  $k_{krit} = 2\text{mm}$ .

Zunanja mejna nosilnost je praviloma večja od notranje;

$$R_a > R_i$$

$R_a$ ....zunanja mejna nosilnost

$R_i$ ....notranja mejna nosilnost

Zunanja mejna nosilnost se določi na osnovi rezultatov preiskav sider.

### 3.3 Uporabnost

Za dokaz in ocenitev sidranih konstrukcij in sider velja zasnova iz standarda SIA. Za preverjanje dokaza uporabnosti, se uporabijo izkušnje iz prakse in meritve med izvedbo.

Če se obravnavajo sidrne sile kot zunanji vplivi, je treba uporabiti minimalne ali maksimalne sidrne sile, ki nastopijo v času uporabe objekta.

Dokaz uporabnosti:

$$P_0 < P_{ser} < P_{\infty}$$

$P_{ser}$  .... računska sila pri uporabnem stanju (kN)

$P_{\infty}$  ..... trajna sidrna sila ob koncu uporabne dobe (kN)

$P_0$  ..... sila pri zaklinjenju (kN)

Če se sidra obravnavajo kot prednapete vzmeti, se uporabi minimalna ali maksimalna togost sidra.

Togost sidra po standardu znaša:

$$c_A = (A_p \cdot E_p) / l_f$$

$c_A$  ....togost sidra

$E_p$  ....modul elastičnosti kabla ( $\text{kN/mm}^2$ )

$A_p$  ....prečni prerez kabla ( $\text{mm}^2$ )

$l_f$  ....efektivna prosta dolžina sidra (m)

### 3.4 Togost sidra

Sidro je sestavljeno iz jeklenih pramenov in injekcijskega betona. Vzdolž prostega dela sta oba dela tako ločena, da v nategu sodeluje samo jeklo.

Togost sidra znaša:

$$EA = E_{\text{jeklo}} \cdot A_{\text{jeklo}}$$

Drugačne razmere so vzdolž vezne dolžine. Tu beton in jeklo sodelujeta pri prenašanju obtežbe kot sovprežen prerez. Njegova togost je:

$$EA = E_{\text{jeklo}} \cdot A_{\text{jeklo}} + E_{\text{beton}} \cdot A_{\text{beton}}$$

$E_{\text{beton}}$  .....elastični modul za beton

Takšno togost ima sidro razmeroma malo časa, dokler betonski prerez ne razpoka. Od tod naprej je togost sidra enaka togosti jeklenega prereza. Na osnovi podatkov iz literature se privzame, da betonski prerez v celoti sodeluje do deformacije 0,05%, njegov prispevek pa nato linearno upade na vrednost 0 pri deformaciji 0,12%. Praktično se pokaže, da beton pri sidrih, ki lahko prenesejo tudi več kot 1000 kN, razpoka že pri približno 50 kN.

## 4 PREIZKUSI IN NAPENJANJE SIDER

Ločimo tri vrste preizkusov sider:

- preiskava sider
- enostavni napenjalni preizkus
- celoviti napenjalni preizkus

Postopek preizkušanja sider poteka tako, da se najprej izvedejo preiskave sider, ki jih je najmanj, nato še celovite in enostavne preizkuse.

### 4.1 Preiskava sider

Preiskava sider se izvaja po priporočilih švicarskih standardov SIA V 191. Priporočilo opisuje preiskavo sider, ki jih je potrebno izvesti pred dimenzioniranjem sider ter preiskavo na vgrajenih sidrih za preverjanje njihove nosilnosti.

Preiskava sider je namenjena dimenzioniranju sider še zlasti pa ugotavljanju zunanje mejne nosilnosti  $R_a$  in je osnovni podatek za projektanta sidrane konstrukcije. Namenjena je tudi ugotavljanju nosilne odpornosti tal v veznem delu sidra, ustrezne dolžine veznega dela sidra in ugotavljanje primerne metode vrтанja in vgrajevanje sidra. Rezultati preiskave so podlaga za presojo in prevzem sider objekta.

Preiskava mora biti izvedena pred ali na začetku sidrskih del. Ni potrebna tam, kjer že obstajajo rezultati preizkusov primerljivih sider v primerljivih geotehničnih pogojih.

Pri preiskavi je potrebno voditi zapisnik o napenjanju sider (priloga 1), rezultate pa prikazujemo tudi grafično (priloge 2 do 4).

#### 4.1.1 Število preiskav sider

Število preizkusnih sider za določen objekt je odvisen od:

- velikosti in pomembnosti objekta,
- potencialnega tveganja pri zatajitvi sidranja,
- razmer v temeljnih tleh.

Za vsako področje s primerljivimi geotehničnimi lastnostmi je treba praviloma izvesti preiskave na najmanj treh preizkusnih sidrih..

Preizkusna sidra se lahko uporabijo kot sidra objekta, kadar izpolnjujejo enake pogoje kot druga sidra objekta in kadar pri preizkusu niso bila obremenjena do mejne nosilnosti.

#### **4.1.2 Zasnova**

Pri preiskavi sidra se preizkusno sidro napenja v stopnjah, pri tem se meri obnašanje med silo in deformacijo. Na vsaki stopnji sile se preverja obnašanje tečenja veznega dela sidra.

Po vsaki stopnji sile se sidro razbremeni na začetno silo, da dobimo trajne in elastične deformacije.

Preizkusna sidra je treba opremiti z ojačanim nateznim kablom, tako da jih lahko napnemo na naslednjo silo;

$$P_{pv} \geq R_i \quad \text{oziroma} \quad P_{pv} \geq 1,67 \cdot P_o$$

Pri tem se sme napeto jeklo obremeniti največ do  $0,95 f_y$ . Preizkusna sidra morajo biti oblikovana enako kot sidra objekta. To še zlasti velja za premer vrtine in premer zaščitne cevi, antikorozijsko zaščito, injekcijsko maso kot tudi za čakalne čase med injektiranjem in preizkusom.

Če nateznega kabla ni mogoče ojačati, lahko preizkusno sidro izjemoma izvedemo s skrajšano dolžino veznega dela. V tem primeru je treba preizkusna sidra izdelati najmanj v dveh različnih dolžinah veznega dela. Razlika med dolžinama mora znašati vsaj 1m. Pri računskem ugotavljanju nosilnosti sider objekta z večjo dolžino veznega dela sidra, kot je pri preizkusnih sidrih, je treba računati z dejstvom, da se ne sme predpostaviti sorazmerna zveza med dolžino veznega dela in nosilnostjo sidra.

### 4.1.3 Mera tečenja

Mera tečenja »  $k$  », je mera za časovno odvisni prirastek deformacije veznega dela sidra ob konstantni sidrni sili. Definirana je z zakonom tečenja:

$$k = (\Delta l_2 - \Delta l_1) / \log(t_2 - t_1)$$

$k$ ... mera tečenja (mm)

Pri tem je  $(\Delta l_2 - \Delta l_1)$  prirastek deformacije veznega dela sidra v časovnem obdobju od  $t_1$  do  $t_2$ .

Deformacije veznega dela sidra se ocenijo na osnovi deformacij  $\Delta l$  na glavi sidra.

### 4.1.4 Meritve in natančnost meritev

Pri preiskavi sider je potrebno meriti deformacije  $\Delta l$  v smeri osi nateznega kabla, deformacije sidrne plošče  $\Delta s$  in sidrno silo  $P$ .

Deformacije plošče se merijo glede na nepomično točko, kjer je oprema postavljena na nepremični stativ. Upoštevati je potrebno deformacije napenjalne naprave in temperaturne vplive. Preprečiti je treba direktno obsevanje s sončnimi žarki.

Meritve deformacij in sil je treba izvesti z natančnostmi:

- o določanja obnašanja sila – deformacija;

deformacija  $\pm 0,20$  mm (srednja napaka)

sila  $\pm 2\%$  od  $P_{pv}$  (srednja napaka)

- o določanja obnašanja mere tečenja na vsaki posamezni stopnji sile

deformacija  $\pm 0,05$  mm (srednja napaka)

sila  $\pm 0,5\%$  od  $P$  (srednja napaka)

Merilna oprema za deformacije mora imeti natančnost odčitavanja 0,01 mm, oprema za merjenje sil pa 1kN za silo.

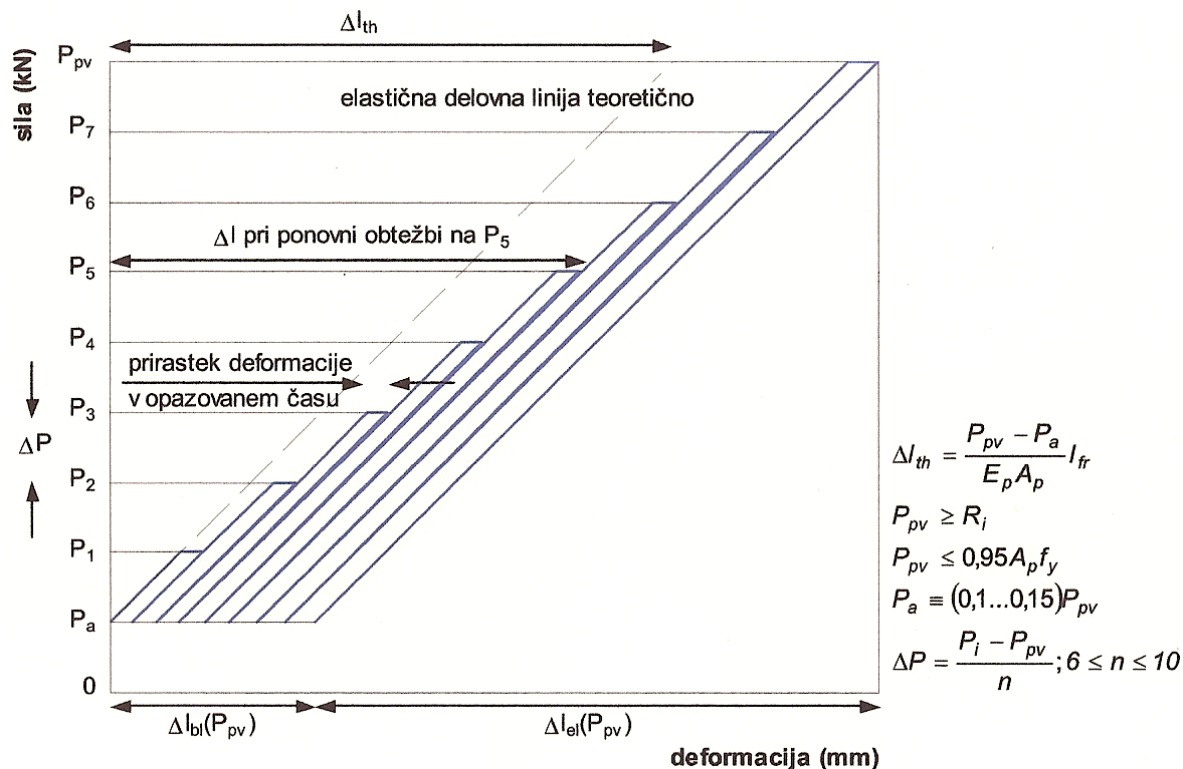
## 4.2 Potek preiskave sider

Oznake, ki se jih uporabi pri preiskavah sider po SIA V 191:

- $A_p$  .....ploščina prečnega prereza kabla
- $E_p$  .....modul elastičnosti kabla
- $f_{tk}$  .... karakteristična preizkusna vrednost natezne trdnosti kabla v skladu s SIA 162
- $f_y$  ..... računsko vrednost meje plastičnosti kabla po standardu SIA 162
- $P$  .....dejanska sidrna sila v času  $0 < t < \infty$
- $P_0$  ....sila pri zaklinjenju
- $P_\infty$  ....trajna sidrna sila ob koncu uporabne dobe
- $P_a$  .....začetna sila pri preiskavah sider in preizkusih napenjanja
- $P_{pv}$  ....največja testna sila pri preiskavi sider
- $P_{ser}$  ....računska sila pri uporabnem stanju
- $P_{tk}$  ....karakteristična vrednost sile pretrganja kabla
- $R$  ..... merodajna nosilnost sidra ( manjša od vrednosti  $R_i$  in  $R_a$ )
- $R_a$  ..... zunanja nosilnost sidra
- $R_i$  ..... notranja mejna nosilnost sidra
- $s$  .....pomik sidrne plošče glede na fiksno točko
- $t$  .....čas
- $\Delta l$  .....deformacija konca kabla na začetni strani glede na fiksno točko
- $\Delta l_i$  .....deformacija konca kabla na začetni strani v času  $t_i$
- $\Delta l_{el}$  ....elastična deformacija
- $\Delta l_{bl}$  .....trajna deformacija
- $\Delta P$  .....prirastek sile pri preiskavah in preizkusih napenjanja sider



#### 4.2.1 Potek preiskave za silo $P_i$ :



Slika 4.1: Potek preiskave sidra diagram sila – deformacija

Izbere se začetna sila  $P_a$ , kjer se opravi začetna oziroma ničelna meritev. Območje sile med  $P_a$  in preizkusno silo  $P_{pv}$  se razdeli od 6 do 10 stopenj enako velikih prirastkov  $\Delta P$ .

Nato se sidro napenja po stopnjah:

$$P_1 = P_a + \Delta P$$

$$P_2 = P_a + 2\Delta P \text{ itd.}$$

do

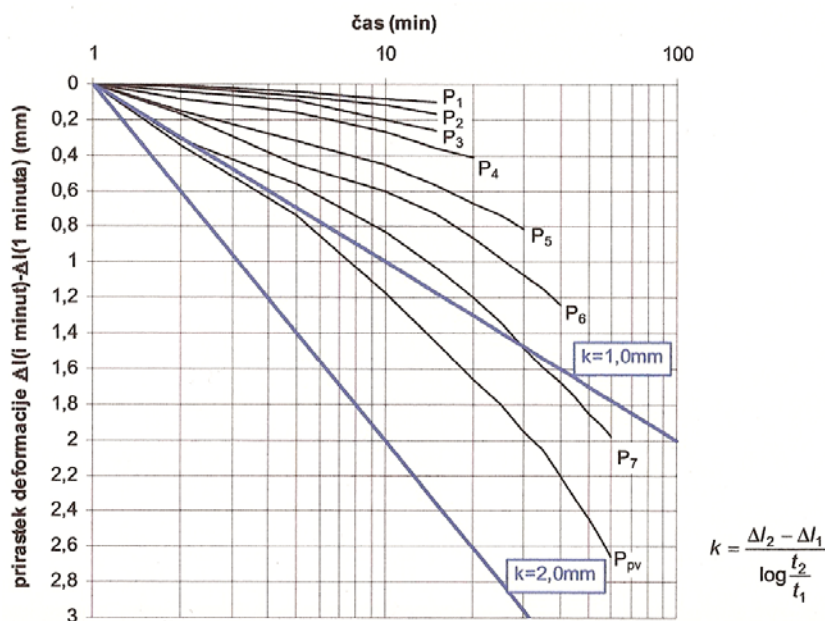
$$P_{pv} = P_a + n \Delta P$$

$$P_a = (0,1 \dots 0,15) P_{pv}$$

Po vsaki stopnji napenjanja se sidro razbremeni na začetno silo  $P_a$ . Obremenjevanje sidra se nadaljuje vse do končne sile  $P_{pv}$  oziroma do porušitve.

Na vsaki stopnji sile se sila znotraj natančnosti meritev ohranja konstantno, prirastki deformacije glave sidra se ničelno merijo v naslednjih časovnih intervalih  $t_i = 0, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30$  min, naslednja meritev vsakih 5 min. V časovnih intervalih se istočasno odčitavata podatka za  $k$  in deformacije sidrne plošče.

Rezultate meritev je potrebno vnesti v diagram mere tečenja v skladu s sliko 4.2.



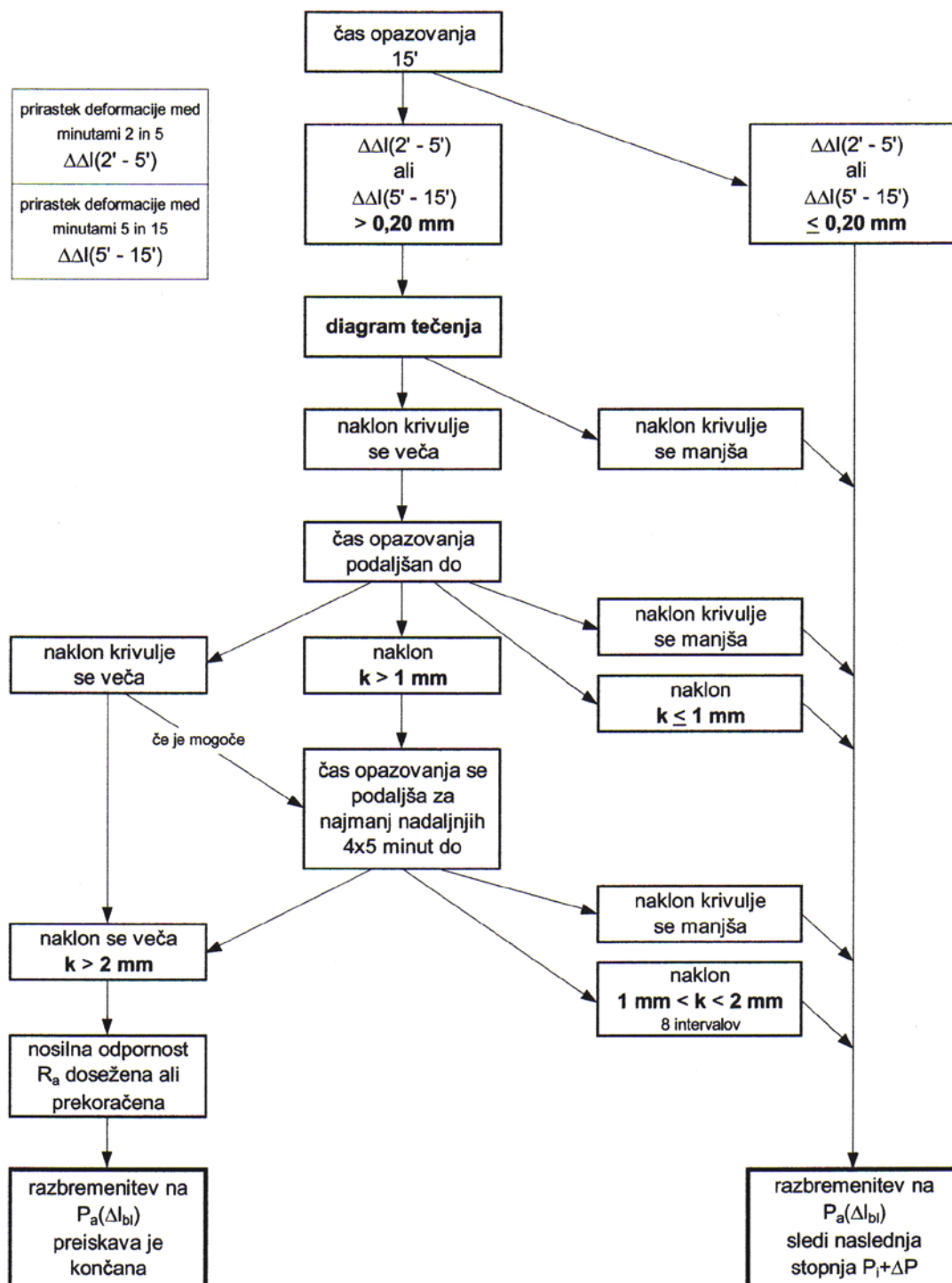
Slika 4.2: Diagram mere tečenja preizkusnega sidra

Minimalni čas opazovanja na vsaki stopnji sile znaša 15 min. Čas opazovanja lahko ostane nespremenjen, dokler je na vsaki stopnji sile prirastek deformacije med 5 in 15 min  $\leq 0,2\text{mm}$ .

Če se na neki stopnji sile ta vrednost prekorači ali če se že med 2 in 5 min zazna prirastek deformacije  $> 0,2\text{mm}$ , se postopek določi na osnovi diagrama lezenja.

Če se naklon krivulje manjša, čas opazovanja ostane 15 minut. V nasprotnem primeru, če krivulja narašča, je treba čas opazovanja podaljšati tako dolgo, dokler v območju zadnjih štirih merilnih intervalov ne zaznamo naraščanja, padanja ali konstantne vrednosti krivulje oziroma dokler krivulja ne začne upadati. Pri padanju ali konstantni vrednosti naklona krivulje  $k \leq 1,0\text{mm}$  se lahko konča odčitavanje, drugače je treba podaljšati čas opazovanja za naslednje štiri merilne intervale. Če se zazna manjšanje naklona krivulje ali pa je naklon

1,0mm <  $k$  < 2,0mm pri osmih intervalih konstanten, se lahko preiskava nadaljuje. Pri večanju naklona krivulje  $k > 2,0$ mm je nosilna odpornost  $R_a$  dosežena ali prekoračena (slika 4.3).



Slika 4.3: Shema poteka preiskave sider za stopnjo sile  $P_i = P_a + i \Delta P$

#### **4.2.2 Potek preiskave za preizkusno silo $P_{pv}$ :**

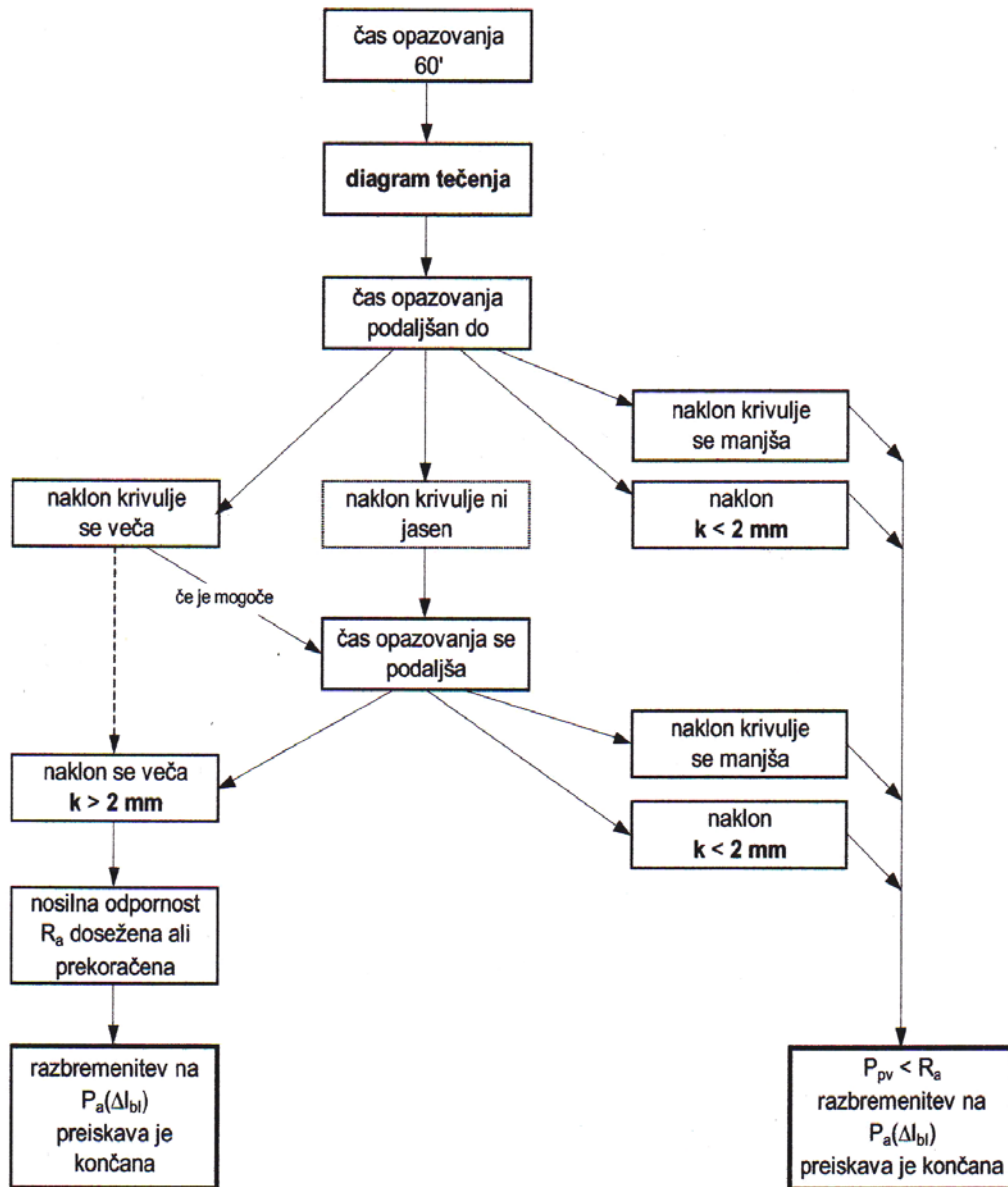
Pri preizkusni sili  $P_{pv}$  znaša minimalni čas opazovanja 60minut.

Če se v diagramu lezenja nagib krivulje zmanjšuje ali če dobimo premico, ki je manj strma z mero tečenja  $k = 2,0\text{mm}$ , je čas opazovanja končana. V tem primeru je nosilna odpornost  $R_a$  večja od preizkusne sile  $P_{pv}$ .

Če nagib krivulje po 60min ne narašča, je treba čas opazovanja podaljševati tako dolgo, dokler krivulja ne začne padati oziroma dokler ne doseže ali preseže vrednosti

$k = 2,0\text{mm}$ . Na koncu je preizkusna sila lahko enaka ali večja mejni nosilnosti  $R_a$ .

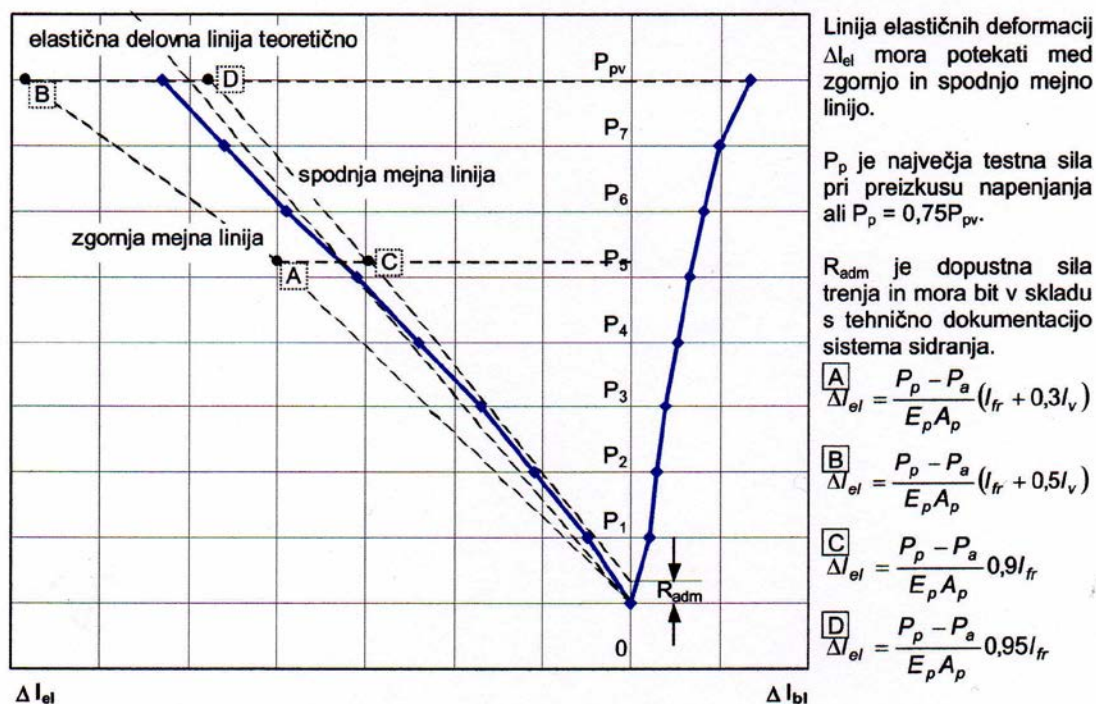
Po vsakem prirastku sile se izvrši razbremenitev na  $P_a$  in izmeri  $\Delta l_{bl}$ , da bi dobili informacije o trajnih in elastičnih deformacijah. Pri vsaki ponovni obremenitvi je potrebno izmeriti deformacijo  $\Delta l$  na predhodni stopnji brez čakalnega časa, preden se izvede napenjanje na naslednji stopnji.



Slika 4.4: Shema poteka preiskave za preizkusno silo  $P_{pv}$

### 4.3 Vrednotenje in presoja preiskav

Poleg poteka preiskave in diagrama mere tečenja se za vsako preiskavo sidra nariše še diagram trajnih in elastičnih deformacij. (slika 4.5)



Slika 4.5: Diagram trajnih in elastičnih deformacij

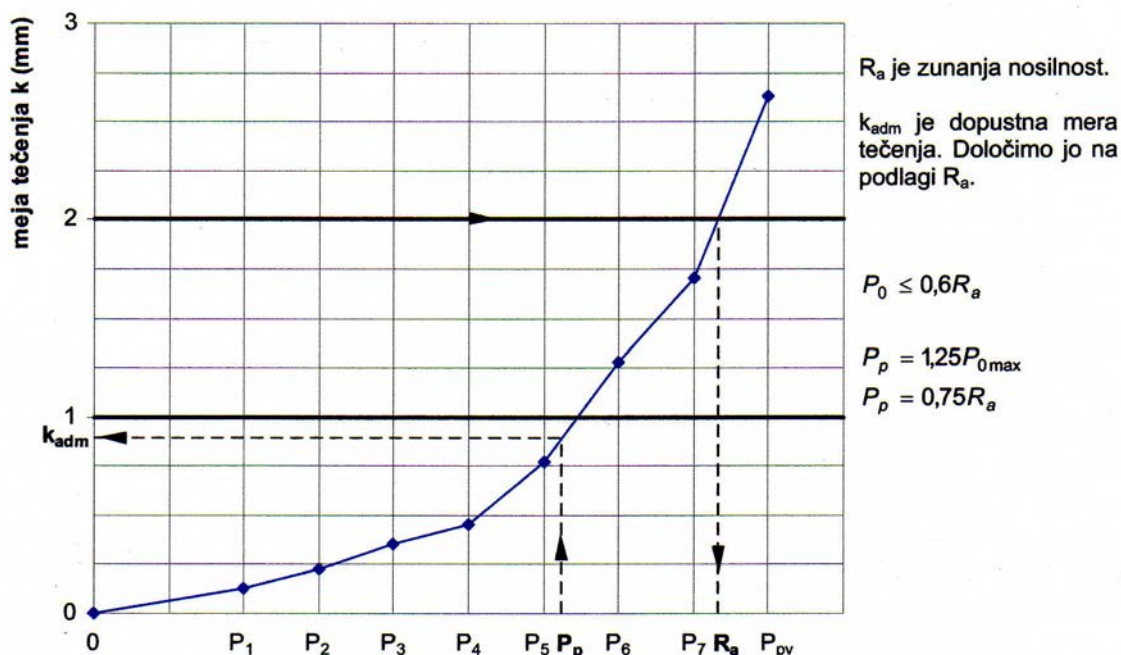
Za natančnejšo določitev zunanje nosilnosti  $R_a$  se uporabi grafični prikaz mere tečenja kot funkcija stopenj sil. Mera tečenja na posameznih stopnjah se določi iz diagrama mere tečenja (slika 4.2).

Za določitev dopustne sile zaklinjenja

$$P_0 \leq 0,6 \cdot R_a$$

Načelno velja najnižja vrednost pri preizkusu, to je najmanjša zunanja nosilnost ugotovljena pri preiskavah sider. Če ne želimo izhajati iz najnižje vrednosti pri preizkusu, je potrebno s preiskavami utemeljiti zakaj ni merodajna.





Slika 4.6: Prikaz mere tečenja v funkciji stopenj sil

Efektivna prosta dolžina sidra znaša:

$$l_f(P) = (\Delta l_{el} / (P - P_a)) \cdot (A_p E_p)$$

in mora pri zunanji nosilnosti  $R_a$  izpolnjevati pogoj

$$0,95 \cdot l_{fr} \leq l_f(R_a) \leq l_{fr} + 0,5 \cdot l_v$$

$\Delta l_{el}$  določimo iz razbremenilne linije po stopnji sile  $P_i \geq R_a$  ali pa po sili  $P_{pv}$ .

Pri prekoračitvi zgornje meje pogoja za  $l_f$ , je potrebno vezni del sidra  $l_v$  ustrezno podaljšati ali pa zmanjšati  $R_a$ , ki je merodajna za določitev dopustne sile zaklinjenja.

Pri prekoračitvi spodnje meje, pokaže sidro v območju proste dolžine preveliko trenje. V tem primeru poskusimo prekomerno trenje odpraviti s serijo obteženih ciklov  $P_a - P_{pv} - P_a$ . Če to ne uspe mora izvajalec, glede izvedbe nadaljnjih sider sprejeti ustrezne ukrepe, recimo večji prerez vrtine ali spremembo metode injektiranja. Učinkovitost teh ukrepov mora dokazati z dodatnimi preizkusi. Ob ponovnem neuspehu je treba statično koristno računsko sidrno silo  $P_{ser}$  zmanjšati za vrednost prekomerne sile trenja:

$$\Delta P_{ser} = (R_a - P_a) [ (1 - (l_f \cdot (R_a)) / (0,95 \cdot l_{fr})) ]$$

Dopustno silo trenja  $R_{adm}$  za konstruiranje spodnje mejne linije (slika 4.5) je treba vzeti iz tehnične dokumentacije za sistem sidranja.

Pogoji za prosto dolžino sidranja veljajo za sovprežna sidra s prenosom sile iz nateznega kabla v vezni del sidra vzdolž dolžine veznega dela sidra  $l_v$ .

Pri preiskavah sidra lahko dobimo netipične diagrame mere tečenja. Te je treba ob upoštevanju vseh rezultatov preiskave, zlasti trajnih deformacij in razvoja ефективne proste dolžine sidra, analizirati. Iz teh analiz se dobijo sklepi za preiskavo in presojo sider objekta.

Netipični diagrami tečenja se lahko pojavijo pri sidrih:

- ki prikažejo prekomerno trenje in vpetost v območju proste dolžine sidra,
- ki pokažejo močno zmanjšanje sprijemnosti med jeklom in injekcijsko maso v območju veznega dela sidra,
- katerih vezni deli ležijo v heterogeni ali močno razpokani hribini,
- ki so bila pozneje večkrat injektirana.



#### **4.4 Preizkusi napenjanja sider**

Priporočilo SIA V 191 predpisuje celoviti in enostavni preizkus napenjanja sider. Vsa prednapeta trajna sidra je treba preveriti s preizkusi napenjanja, ki so namenjeni presoji in prevzemu sider objekta.

Izvedbo in primere rezultatov teh preiskav bom prikazala v nadaljevanju.

##### **4.4.1 Celoviti napenjalni preizkus**

S celovitim preizkusom napenjanja se preveri 10% vseh vgrajenih sider oziroma najmanj tri sidra na enem objektu.

Sidro se napne in popušča v treh enakih stopnjah med začetno silo  $P_a$  in preizkusno silo  $P_p$ . Deformacije sidrne glave in deformacije sidrne plošče se merijo pri vsaki stopnji napenjanja, pri razbremenitvah in preizkusni sili  $P_p$ . Rezultat preizkusa sta grafični prikaz elastičnih in trajnih deformacij ter linearni potek med silo in deformacijo.

Pri celovitem preizkusu napenjanja je treba voditi zapisnik o napenjanju (priloga 5), grafična rezultata sta prikazana v prilogi 6.

##### **4.4.2 Enostavni napenjalni preizkus**

Vsa preostala sidra se preverijo z enostavnim napenjalnim preizkusom. Sidro se napne na preizkusno silo  $P_p$ , pri kateri se opazuje mera lezenja. Nato se sidro popusti na začetno silo  $P_a$  in izmeri trajna deformacija. Rezultat je grafični prikaz linearnega odnosa med silo in deformacijo, kar je značilno za jeklo.

Pri enostavnem preizkusu je tudi potrebno voditi zapisnik o napenjanju (priloga 7).

Za preizkuse napenjanja je dopustna mera lezenja  $k_{adm}$  odvisna od vrste temeljnih tal sidrane konstrukcije (koherentne, nekoherentne zemljine in hribine).

Numerične vrednosti in minimalni čas opazovanja je treba določiti na osnovi preiskave sider.

Kot rezultat mere lezenja za oba preizkusa napenjanja sider velja:

kadar je  $k > k_{adm}$ .....kriterij lezenja ni izpolnjen, je potrebno prekiniti preizkus napenjanja

$k \leq k_{adm}$  .....kriterij lezenja je izpolnjen

$k_{adm}$ .....dopustna mera lezenja

dopustna mera lezenja :

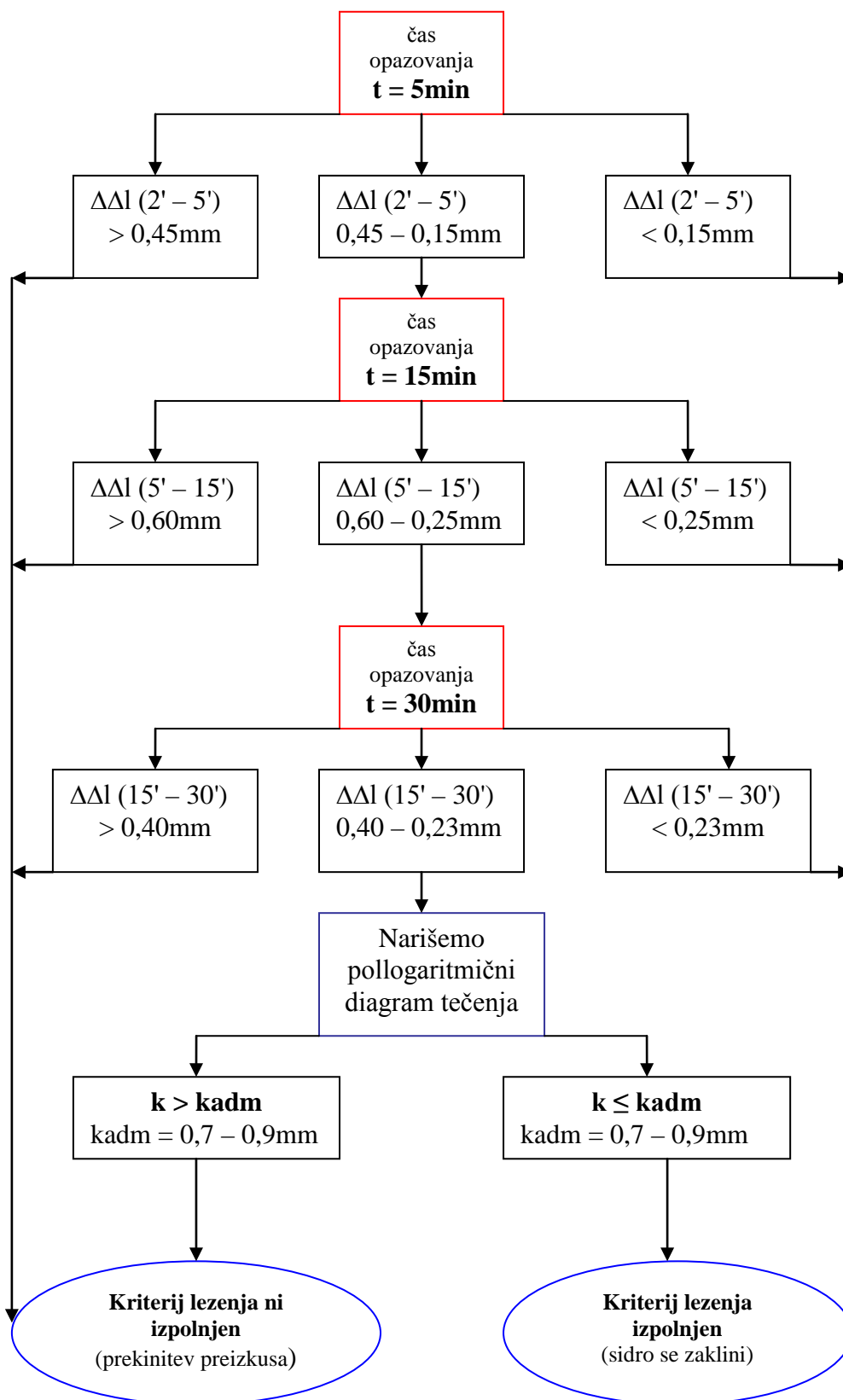
za nekoherentne zemljine  $k_{adm} = 1,0 - 1,1\text{mm}$

za koherentne zemljine  $k_{adm} = 0,85 - 0,95\text{mm}$

za hribine  $k_{adm} = 0,7 - 0,9\text{mm}$

$k_{adm}$  se določi na podlagi vrednosti  $R_a$ .

Primer izvedbe enostavnega preizkusa napenjanja sider na hribini je prikazan na naslednji shemi (slika 4.7).



Slika 4.7: Shema izvedbe enostavnega preizkusa napenjanja sider za hribine

## 5 OPAZOVANJE SIDER PO VGRADITVI

Sidrane konstrukcije je potrebno po končanju sidrnih del in med uporabo objekta ustrezno kontrolirati in vzdrževati. Podatki, ki se pridobijo med kontrolo objektov so sidrne sile, dopustni pomiki in deformacije objekta ali njegovih elementov, deformacije temeljnih tal, vodostajev in porni tlaki.

K vzdrževanju sidranega objekta spadajo še vzdrževanje merilnih naprav, obnavljanje protikorozijske zaščite sidrnih glav in sidrnih plošč ter obnavljanje tesnil in zaščitnih premazov na zaščitnih kapah.

Vse časovne intervale pregledov določi projektant.



Slika 5.1: Data logger - zajemna enota podatkov sidrnih sil



Slika 5.2: Merilec sidrnih sil

## **6 PREISKAVA IN ANALIZA REZULTATOV NAPENJANJA SIDER NA HC RAZDRTO – VIPAVA**

Poglavje obsega raziskovalno nalogo zbranih podatkov napenjalnih preizkusov sider, s trase na HC Razdrto – Vipava, s katerimi želim statistično in grafično prikazati rezultate in ugotoviti kateri parametri vplivajo na spreminjajoče vrednosti mere tečenja  $k$ .

### **6.1 Opis trase in njena geološka sestava tal**

#### **6.1.1 Opis trase**

Hitro cesto Razdrto – Podnanos – Vipava, v skupni dolžini trase 15,8 km, sestavljajo štiri gradbeni odseki, od katerih je že zgrajenih 6 km, v gradnji je 8,7 km štiripasovnica.

Odseki :

- 1,3 km dolg razcep Razdrto (zgrajen v obdobju 1998 – 2000)
- 3,4 km dolg odsek Log – Vipava (grajen v letih 2000 – 2001)
- 2,6 km dolg odsek hitre ceste od Podnanosa do priključka Vipava (grajen v letih 2002 – 2003)
- 8,7 km dolg odsek preko Rebernic (v gradnji do konca leta 2007)

Celotna hitra cesta Razdrto – Vipava je projektirana kot štiripasovna hitra cesta brez odstavnih pasov in z dostavnimi nišami. Na odseku preko Rebernic bo zgrajeno večje število objektov, in sicer : 2 predora (Barnica in Tabor), 9 viaduktov (viadukt Boršt I in II, viadukt Rebernice, Šumljak, Na Polancah, Polance, Barnica, Tabor in Zadobrava), 5 pokritih vkopov (Rebernice I in II, Cerje I in II, pokriti ukop strelišče), 5 pilotnih sten in 10 opornih zidov. Kar 80 % trase HC predstavljajo objekti na ostalih 20% je trasa prosta.

Trasa poteka po pobočju Rebernic tako, da ohranja obstoječa vodna zajetja ter se istočasno izogiba geološko nevarnim področjem, kjer je pričakovati vodne plazove. Na pobočju Rebernic je potrebno prestaviti oziroma zgraditi več gozdnih poti, katere prečkajo traso hitre ceste v nadvozu in podvozu. Po prečkanju ceste na Nanos se trasa usmeri proti severu ter prečka arheološko najdišče. Zaradi arheološkega najdišča se trasa razcepi ter prečka pobočje

Barnice v dveh predorskih ceveh in pobočje Tabor v nadaljnih dveh predorskih ceveh. Pred prehodom v predore in med predorskima cevema so predvideni viadukti.

Po izhodu iz predorskih cevi se trasa preko viadukta spušča v ravninski predel Mlak. Na področju Mlak se trasa usmeri severno preko potoka Gacko, nato prečka obstoječo glavno cesto GI – 12 s podvozom pod hitro cesto. Na tem delu se na glavno cesto GI – 12 priključi krajevna cesta za naselje Slap, kar je izvedeno v sklopu priključka Vipava.

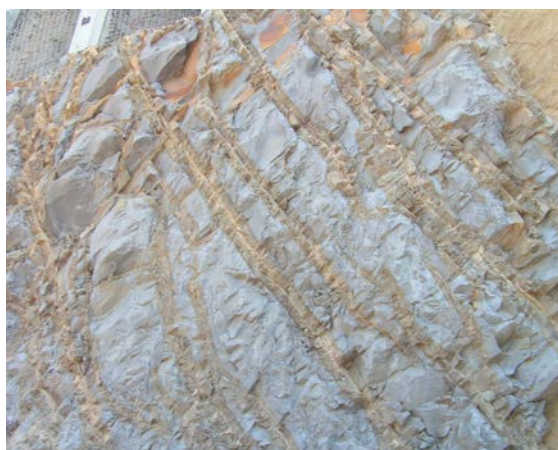
Hitra cesta Razdrto – Vipava preko Rebernic z geotehničnega vidika predstavlja enega izmed gradbeno najzahtevnejših odsekov na slovenskem cestnem omrežju.

### **6.1.2 Splošni geološki opis območja trase**

Hribinsko območje predstavljajo eocenski flišni sedimenti ( $E_{1,2}$ ). Zanje je značilno ritmično in ciklično menjavanje tankih plasti večjega števila kamninskih različkov. Debelina plasti znašajo od nekaj mm pa redko do več metrov. Prevladujejo laporovec, meljast laporovec, meljevec (spodnji del trase) ter drobnozrnati peščenjak, apnenčev laporovec, kalkarenit, glinovec in apnenec, na redkih lokacijah pa tudi breča in konglomerat. Večina obravnavanega območja je prekrita z mlajšimi sedimenti.

V območju spusta trase v dolino prekrivajo različno debeli nanosi melišč in skalnih podorov s pobočij Nanosa. Gre za pobočne grušče in skalne bloke apnenca ter podrejeno apnenčeve breče ( $Q_{pg}$ )

Preostali del območja spusta trase v dolino prekrivajo deluvialne glineno – gruščnate spraline ( $Q_{del}$ ). Te plasti sestavljajo grobo oblikovani grušči flišnih kamnin, predvsem laporovca in peščenjaka, z različnim procentnim deležem koherentnih zemljin, predvsem gline. Na mestih večje debeline plasti s prevladujočo sestavo gline, se pojavi labilna cona. Tvorijo se položna do srednje strma pobočja, značilne so nagubane in terasaste površine, ki so se oblikovale kot posledica starih plazov. Zaradi različne prepustnosti je zemljina pogosto razmočena. Kot leča v apnenčevih pobočnih gruščih se pojavlja organska in rdečerjava peščena kraška glina ( $Q_g$ ), ki nastopa v majhnih debelinah. V primeru nastopanja večjih debelin pa je nevarna za stabilnost vkopov in višjih nasipov. Splošni geološki opis je prikazan v prilogah 8, 9 in 10.



Slika 6.1:  
Flišni meljevec z vmesnimi polami  
peščenjaka



Slika 6.2:  
Flišni meljevec in laporovec- površinsko  
preperel

### 6.1.3 Inženirsko – geološke značilnosti

Najugodnejši stabilnostni pogoji veljajo na odsekih, kjer se na površini nahajajo flišne kamnine oziroma nastopajo plitvo pod površjem. Stabilna pobočja predstavljajo tudi območja kjer nastopajo čisti (z majhnim deležem koherentnih zemljin) apnenčevi pobočni gruščiči, ki so ponekod vezani z apnenčevo brečo.

Slabše nosilnostne razmere veljajo za območja plazov, kjer se med pobočnimi gruščiči nahajajo debeli sloji preperelih flišnih kamnin, ki so bile v času plazenja v obliki blokov odtrgane iz hribinske podlage. Najslabše stabilnostne karakteristike ima teren, ki ga prekrivajo plasti deluvialne pobočne spiraline.

Takšna pobočja se pretežno nahajajo v mejnem ravnovesno – labilnem stanju. Na nekaterih predelih je opaziti starejše manjše in obsežnejše plazove. V območju trase je bilo evidentiranih tudi nekaj aktivno plazoviti območij.

Zaradi problematičnega območja je potrebno zgraditi večje število podpornih in opornih zidov.

### 6.2 Podatki preiskav sider

Vsi podatki za mero tečenja  $k$  so pridobljeni s pomočjo standardnih preiskav sider. Maksimalna dopustna mera tečenja  $k_{adm}$  ( $P_p$ ) se določi pri preiskavi sider. Po predpisih bi morala biti mera tečenja  $k$  manjša od  $k_{adm}$ , vendar v praksi se izkaže da znajo biti vrednosti občasno tudi večje.

Vsa sidra naj bi bila vgrajena v podobnih temeljnih tleh, v enakih vrčinah, injektirana z enako injekcijsko maso, preiskana pod enakimi pogoji z enako dolžino prostega in veznega dela. Edina razlika med sidri je v tem, da imajo sidra ki so namenjena za preiskavo sider eno jekleno pletenico več kot projektirana sidra konstrukcije.

Za nalogo sem izbrala podatke o preiskavah sider in napenjalnih preizkusih sider za objekte na omenjeni trasi, ki sta mi jih posredovala podjetji A in B.

V bazi podatkov je obravnavanih 1193 sider z 2774 meritvami mere tečenja za posamezne obremenitve.



V analizi podatkov je obravnavanih 10 objektov:

- sidrana pilotna stena P-0
- sidrana pilotna stena P-1
- pokriti vkop Rebernice I z oznako 8-1/1
- pokriti vkop Rebernice II z oznako 8-2/1
- oporni zid Z-6
- oporni zid (kamnita zložba) Z-7
- sidrana pilotna stena P-3
- pokriti vkop Cerje II z oznako 8-4/1
- pilotna stena P-4
- težnostni oporni zid na stranskem odvzemu Z-10

### **6.2.1 Kratek opis sidranih objektov**

#### **Sidrana pilotna stena P-0**

Je zgrajena ob desnem robu HC. Višina pilotne stene znaša med 15 in 18m, v zaključku se poveča na ca 25m.

V konstrukciji je vgrajenih 134 sider. Dolžina veznega dela znašajo 7 in 8m z različno prosto dolžino sidra. Število jeklenih pramen oziroma pletenic je odvisna od načina preiskave sider. Na tej konstrukciji so 4, 5, in 6 pramenska sidra.

#### **Sidrana pilotna stena P-1**

Za viaduktom Boršt II je ob desnem robu ceste zgrajena pilotna stena. Nahaja se delno v nizkem nasipu in delno v vkopu. Predvidena višina stene znaša ca 20m.

Vgrajenih je 14 sider z dolžino veznega dela 7m. So 4 in 5 pramenska sidra.

#### **Pokriti vkop Rebernice I (8-1/1)**

Objekt je temeljen plitvo v kompaktno flišno hribino, deloma tudi v preperelo hribino in gruščnato zemljinu.

Vgrajenih je 180 sider, ki so 2, 3 in 4 pramenska. Dolžina veznega dela sider znaša 5 in 7m z različno prosto dolžino.

### **Pokriti vkop Rebernice II (8-2/1)**

Objekt je temeljen na pasovnih temeljih v prepereli in kompaktno flišni hribini in delno v gruščnati zemljini.

Vgrajenih je 241 začasnih sider z dolžino veznega dela sider 5 in 7m. prosta dolžina je različna. Sidra so 2 pramenska.

### **Oporni zid Z-6**

Zid je temeljen delno v preperelem flišu in delno v grušču.

Vgrajenih je 12 sider z vezno dolžino 7m in enako prosto dolžino. Zid ima 4 in 5 pramenska sidra.

### **Oporni zid Z-7**

Za viaduktom Šumljak je brežina zavarovana s kamnito zložbo. Višina zidu znaša ca od 2 do 5,5m. na levem robu je zastopničen v pobočju ter kamnita peta je utrjena v globino do ca 2,5m.

Vgrajenih je 35 sider z dolžino veznega dela sider 7m in različno prosto dolžino.

Sidra so 4 pramenska.

### **Pilotna stena P-3**

Zaradi plazovitega terena je nasipna brežina podprta s pilotno steno višine do ca 4m. pod nasipom je potrebno izvesti zamenjavo glinastih temeljnih tal z gruščnatim materialom. Globlje pod površjem po celotnem območju plazine se izvedejo še drenažna rebra.

Konstrukcija ima 82 sider s prosto dolžino sidra 8,1 in 9,5m ter različno vezno dolžino sidra.

Sidra so 4 pramenska.

### **Pokriti vkop Cerje II (8-4/1)**

Objekt je temeljen plitvo na pasovnih temeljih v flišno hribino.

Vgrajenih je 297 sider dolžino veznega dela sider 7 in 8m. Prosta dolžina sider je različna.

Sidra so 4 in 5 pramenska.

### **Pilotna stena P-4**

Nasip se podpira z izgradnjo konzolne pilotne stene. Višina pilotne stene znaša od ca 12 do 18m. Zgradi se v oddaljenosti od ca 8 do 10m od levega robu HC.

Vgrajenih je 10 sider z dolžino prostega dela sider 7m. Objekt ima 4 in 5 pramenska sidra.

### **Težnostni oporni zid Z-10**

Na vkopni brežini se zgradi oporni zid, ki je temeljen plitvo. Višina zidu je ca do 6m. Brežina nad zidom se oblikuje v naklonu 2:3.

Vgrajenih je 188 sider z dolžino veznega dela sider 7m. Sidra so 3 in 4 pramenska.

Slikovni pregled trase v gradnji, junij 2005:



Slika 6.3:

Pilotna stena P-0 na HC Razdrto – Podnanos P-0



Slika 6.4:



Slika 6.5:

Viadukt Rebernice



Slika 6.6:

Pokriti vkop 8-2/1



Slika 6.7:  
Sidrani slopi na pokritem vkopu



Slika 6.8:  
Pokriti vkop 8-2/2 s pilotno steno Z-5



Slika 6.9:  
Dvocevni predor



Slika 6.10:  
Pogled z druge strani predora



Slika 6.11:  
Pilotna stena za predorom



Slika 6.12:  
Sidrišče – zaščita glave sidra z jekleno kapo





Slika 6.13:  
Viadukt Šumljak



Slika 6.14:  
Pogled z viadukta na staro cesto



Slika 6.15:  
Pilotna stena Z-7



Slika 6.16:  
Pilotna stena s trajnimi sidri in rezervnimi  
sidrišči



Slika 6.17:  
Pilotna stena Z-7 z druge strani



Slika 6.18:  
Pogled na viadukt



Slika 6.19:  
Pilotna stena Z-8



Slika 6.20:  
Z-8 brez vgrajenih sider na gredi, ker ni bilo potrebe



Slika 6.21:  
Pilotna stena Z-8



Slika 6.22:  
Sidrana branasta konstrukcija



Slika 6.23:  
Opaževanje grede pod branasto konstrukcijo Pokriti vkop 8-4/1



Slika 6.24:





Slika 6.25:  
Pokriti vkop 8-4/1 s pilotno steno



Slika 6.26:  
Pogled z druge strani



Slika 6.27:  
Varovanje zgornje brežine z 8-4/1  
in spodnje brežine s P-4



Slika 6.28:  
Rezervno sidrišče na pilotni steni P-4



Slika 6.29:  
Zaščiteno trajno sidro na P-4



Slika 6.30:  
Stranski odzem Rebernice Z-10, branasta konstr.



Slika 6.31:  
Napeta sidra na Z-10



Slika 6.32:  
Primer vgrajenega sidra na Z-10



Slika 6.33:  
Stroj za izdelavo pilotov



Slika 6.34:  
Vrtalni stroj v fazi izvedbe sidranja



Slika 6.35:  
Vrtanje v flišu in grušču





Slika 6.36:  
Stranski odvzem Rebernice-odlomni rob



Slika 6.37:  
Pogled na viadukt in branasto konstrukcijo

### 6.3 Mera tečenja $k$ in izkoriščenost nosilnosti jeklenih pletenic

Pri obravnavi rezultatov posameznih sidrnih objektov, je bilo ugotovljeno, da je za sidra, ki so pri preizkusu bila napeta z manjšo silo oziroma so bila manj izkoriščena, vrednost mere tečenja padala. Pri sidrih z večjo silo napenjanja in izkoriščenostjo pa so vrednosti  $k$  naraščale. Sidrno silo smo torej normirali z nosilnostjo jeklenih pletenic in količino poimenovali izkoriščenost. Izkoriščenost sidra torej izračunamo s pomočjo izraza:

$$\text{Izkoriščenost} = \text{sila v sidru} / \text{nosilnost jeklenih pletenic}$$

$$\text{nosilnost jeklenih pletenic} = (P_p / n (A_p \cdot f_y))$$

V tej nalogi želim ugotoviti, kako vpliva izkoriščenost jeklenih pletenic in togost sider na mero tečenja.

Odvisnost med izkoriščenostjo sider in povprečno vrednostjo  $k$  bo v nadaljevanju za primere vseh konstrukcij, glede na število pramen, prikazan grafično.

#### 6.3.1 Interpretacija rezultatov

Na podlagi podatkov napenjalnih preizkusov sider sem izračunala izkoriščenost sider glede na število pramen za dva primera. Po izračunu izkoriščenosti pa je sledil izračun povprečnih vrednosti  $k$  in izris grafov.

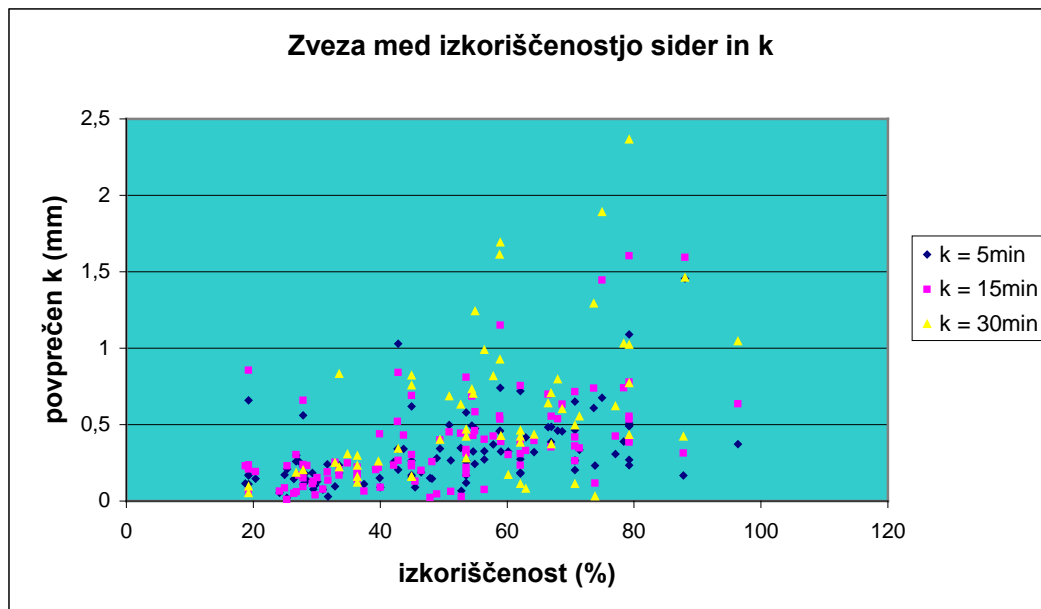
Iz rezultatov je razvidno, da je izkoriščenost sider v obravnavanih konstrukcijah okoli 30% do 85%. V manjših primerih blizu 20% in 90%.

Izkoriščenost sidra za posamezne objekte pa kaže, da je bolj togo sidro, oziroma sidro vgrajeno z več jeklenimi pletenicami, manj izkoriščeno.

Rezultata sta razdeljena na dva primera. Prvi primer obravnava rezultate osmih sidranih konstrukcij, ki jih je izvajalo podjetje A, drugi primer pa rezultate dveh sidranih konstrukcij izvajalcev podjetja B.

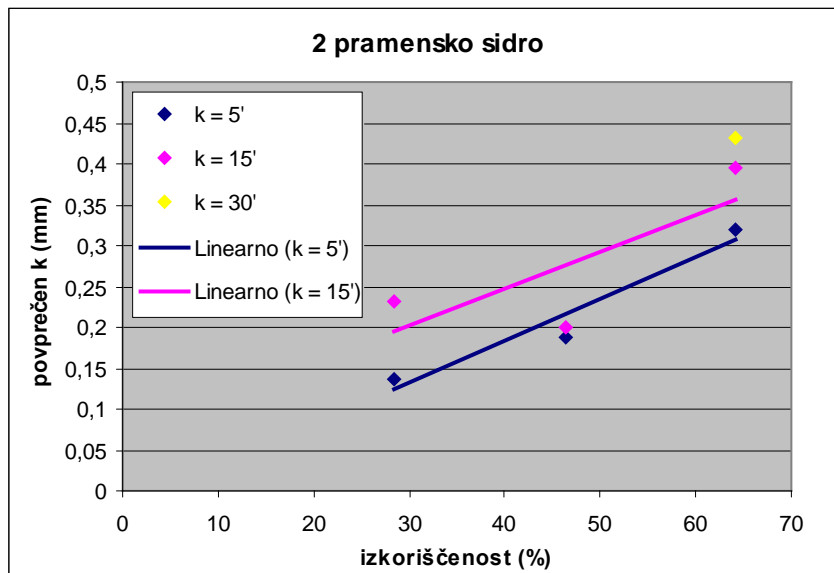
Zaradi večjega števila točk povprečnih vrednosti  $k$  sem zaradi jasnega pregleda, glede na število pramen posamezno zrisala grafe.

Izvajalec A :

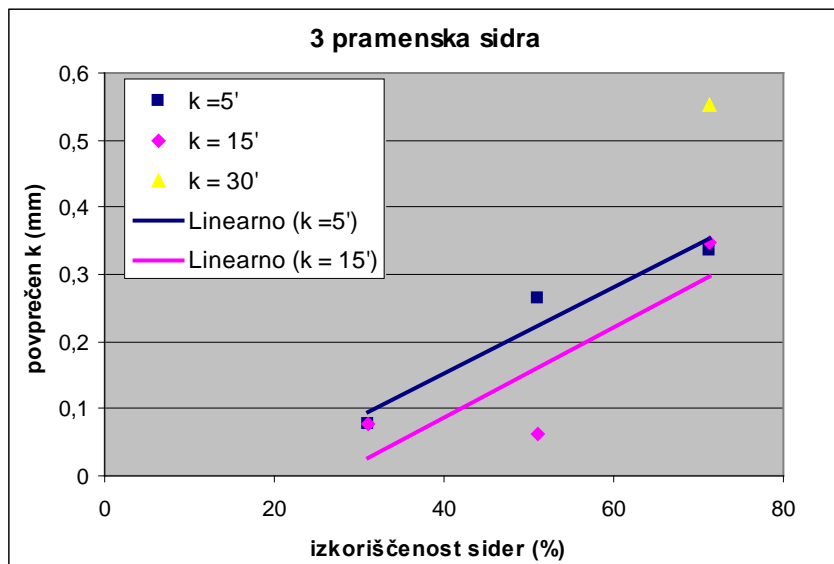


Graf 6.1: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider za vsa sidra izvajalca A

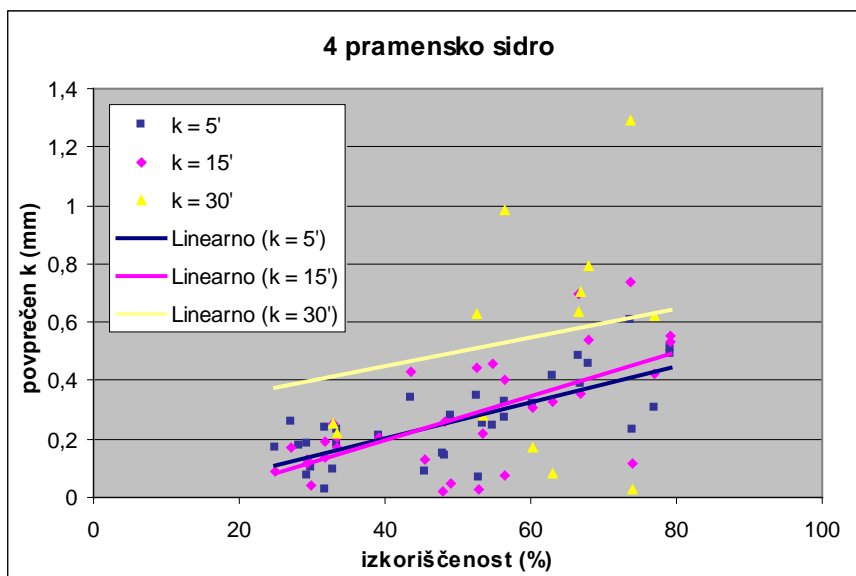
Grafi po posameznih številih pramen:



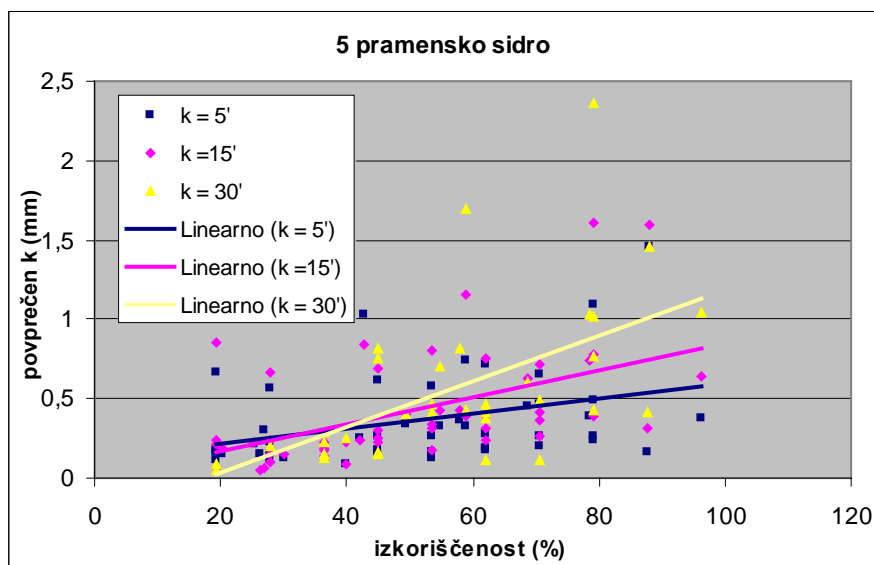
Graf 6.2: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider za dvopramenska sidra izvajalca A



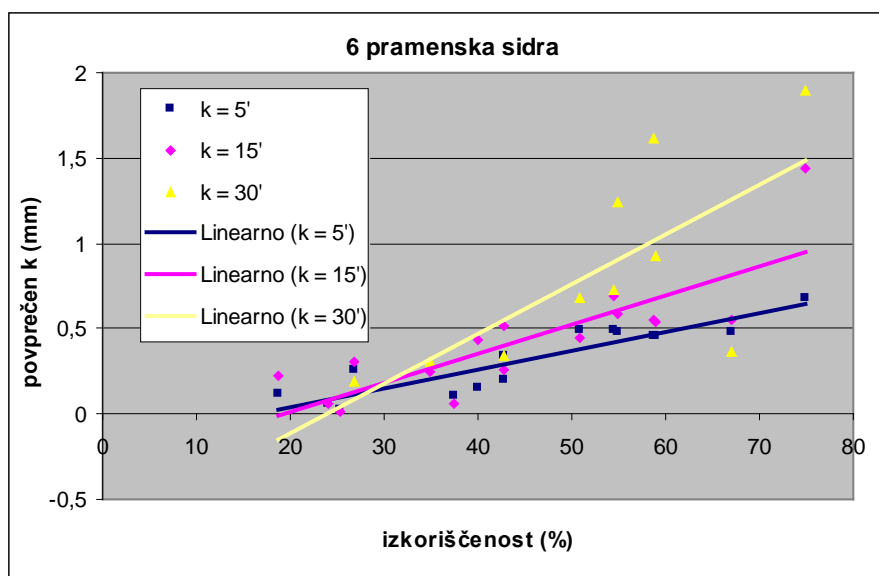
Graf 6.3: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider za tripramenska sidra izvajalca A



Graf 6.4: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider za štiripramenska sidra izvajalca A



Graf 6.5: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider za petpramenska sidra izvajalca A



Graf 6.6: Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za šestpramenska sidra izvajalca A

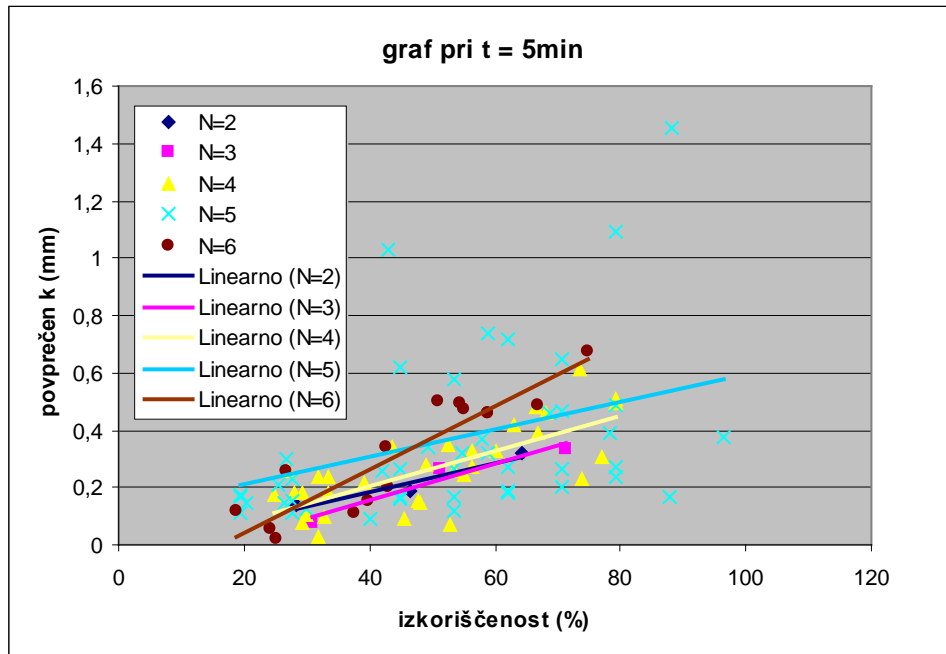
V tem primeru so obravnavana 2, 3, 4, 5 in 6 pramenska sidra izvajalca A z vsemi izračunanimi povprečnimi vrednostmi  $k$ .

Graf 6.1 prikazuje vse rezultate in dokaj razpršen odnos med izkoriščenostjo sider in povprečnimi vrednostmi  $k$ .

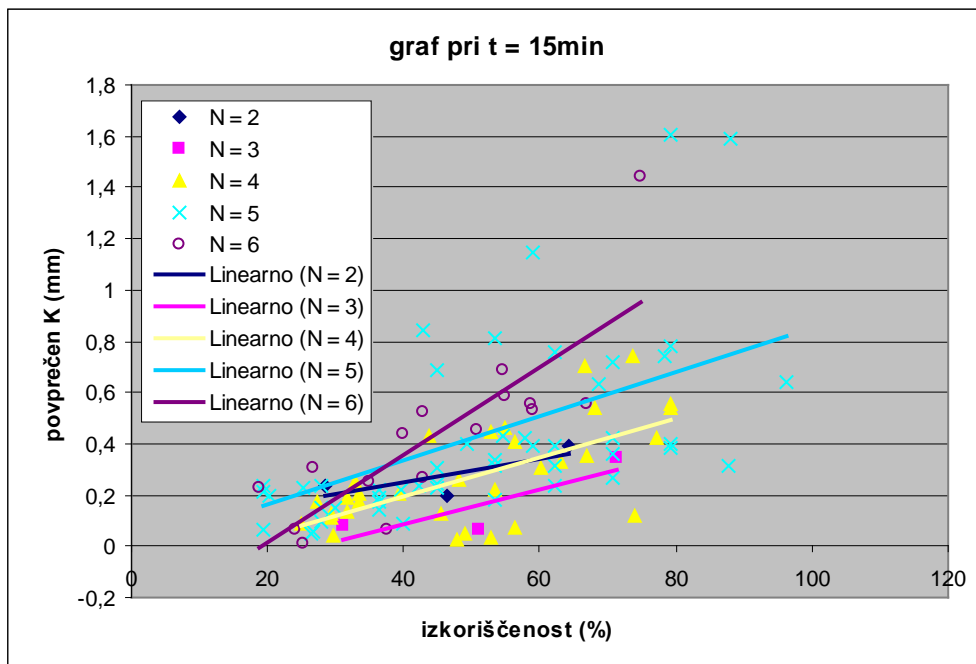
Iz grafov lahko vidimo, da se vrednosti  $k$  povečujejo z daljšim opazovanjem pri preizkusu napenjanja. To je vidno predvsem pri 4, 5 in 6 pramenskih sidrih, kjer se vrednosti za  $k$  pri 30 minutnem opazovanju razlikujejo od vrednosti  $k$  pri krajših časih opazovanj.

Zato smo v nadaljevanju prikazali iste rezultate še na ločenih grafih za posamezne čase opazovanj mere tečenja.

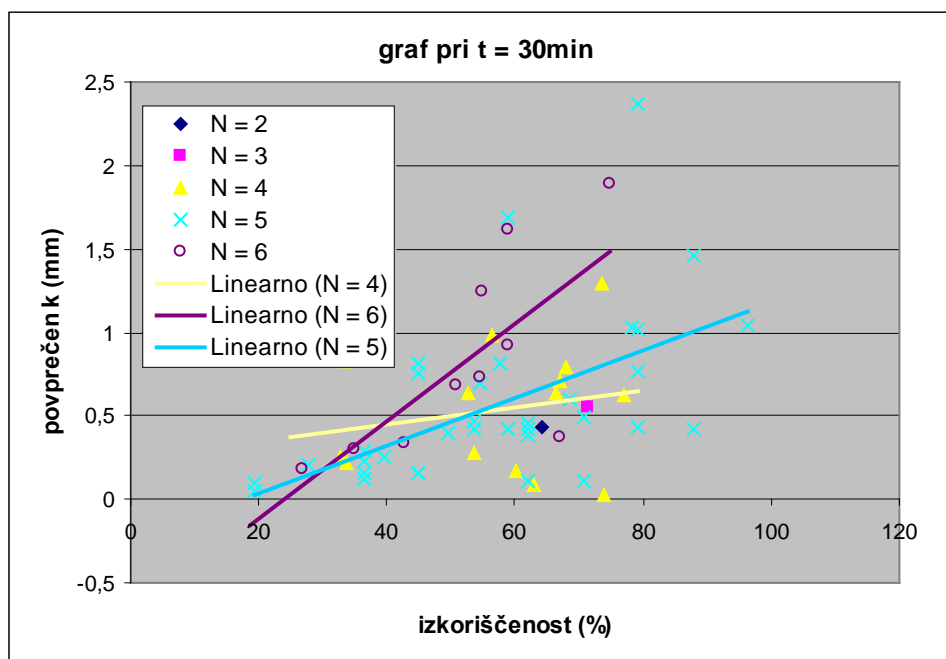
Grafi po času opazovanja:



Graf 6.7: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca A za meritev po t=5 min



Graf 6.8: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca A za meritev po t=15 min

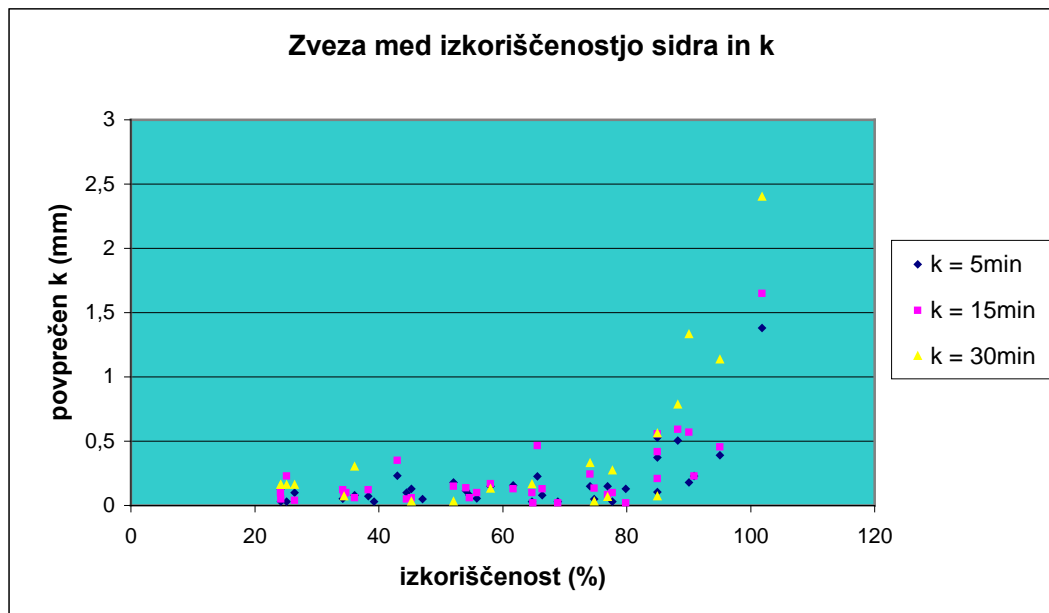


Graf 6.9: Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca A za meritev po  $t=30$  min

Iz teh grafov so razvidni trendi mere tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sider za sidra različnih togosti. Opazimo lahko, da izkazujejo 2, 3 in 4 pramenska sidra podobne trende in velikosti mere tečenja  $k$ , medtem ko za 5 in 6 pramenska sidra vrednosti in trendi odstopajo od sider z manjšim številom jeklenih vrvi. Sklepamo lahko, da velikost sidrskih sil, ki jih v tla vnesemo z 2, 3 ali 4 vravnimi sidri, še ne povzročajo nelinearnega in časovno odvisnega odziva hribine, medtem ko pri 5 in 6 vravnih sidrih, ki jih napnemo z večjimi silami, na obnašanje sider pomembno vplivajo tudi lastnosti hribine. Časovno odvisno obnašanje sider pri manjših silah je pretežno posledica lastnosti elementov samega sidra in injekcijske mase.

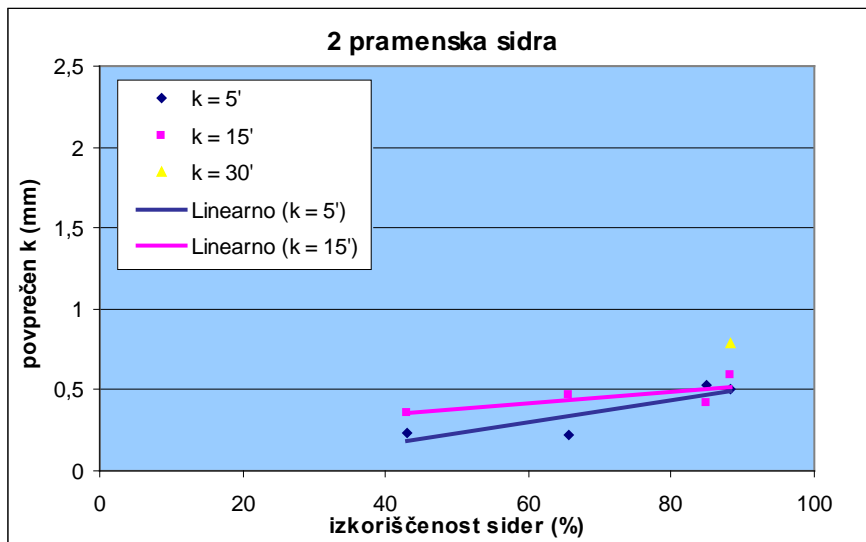


Izvajalec B:

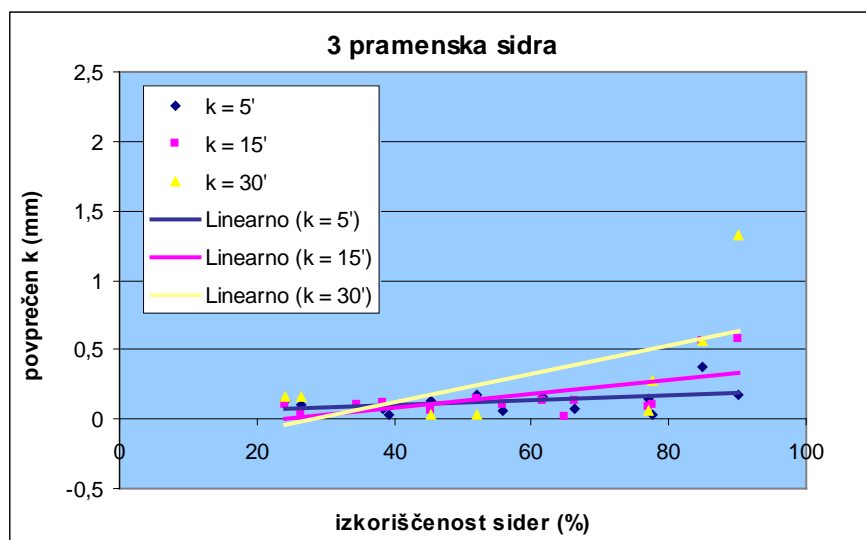


Graf 6.10: Mera tečenja  $k$  v odvisnosti od izkoriščenosti sidera za vsa sidra izvajalca B

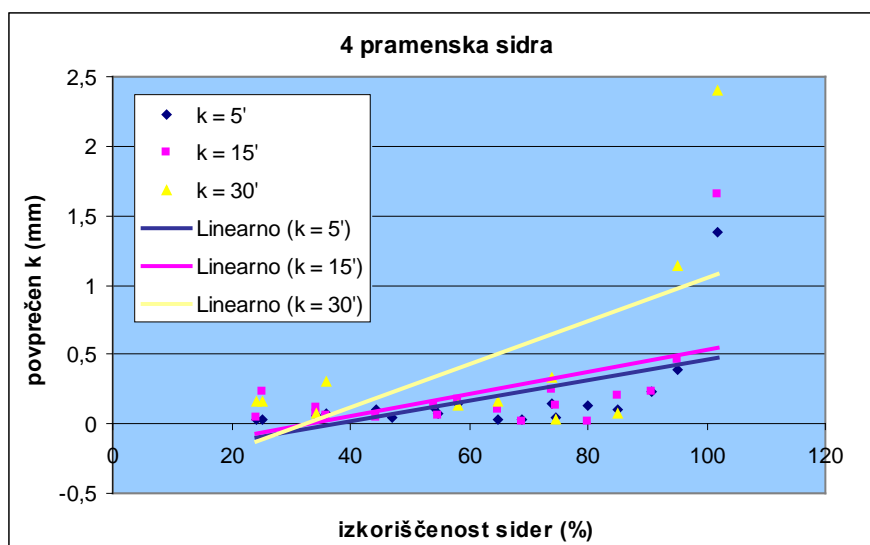
Grafi po posameznih številnih pramen:



Graf 6.11: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider za dvopramenska sidra izvajalca B



Graf 6.12: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider za tripramenska sidra izvajalca B



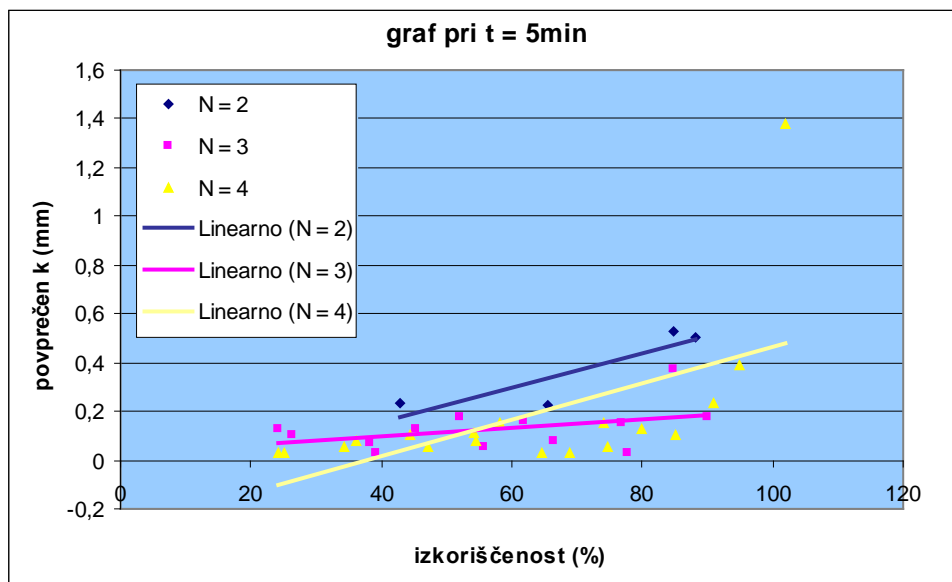
Graf 6.13: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider za štiripramenska sidra izvajalca B

V tem primeru so na voljo le podatki za 2, 3 in 4 pramenska sidra.

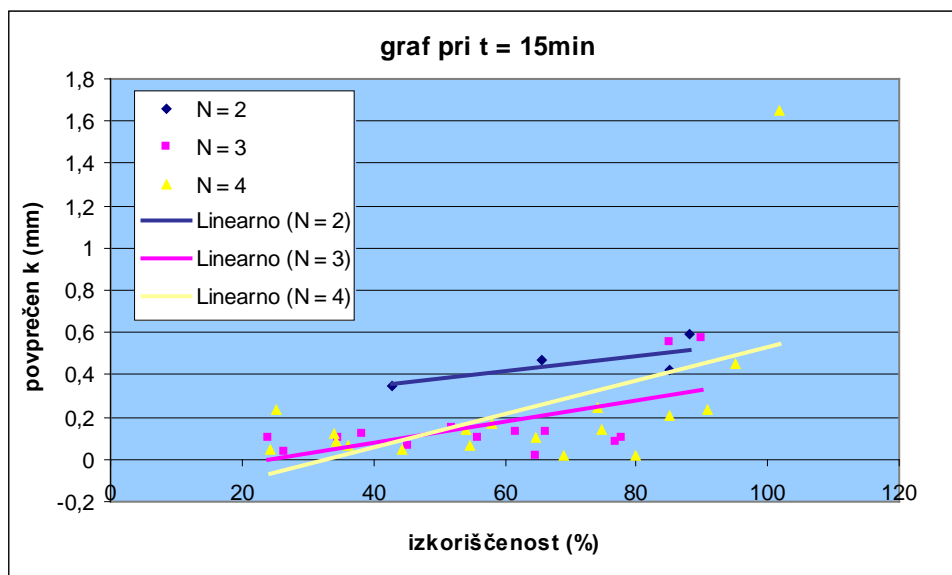
Graf 6.10 kaže na manjši raztros rezultatov, kot smo ga lahko videli na grafu 6.1 z rezultati izvajalca A, pa tudi nekoliko manjše absolutne vrednosti za mero tečenja k, pri čemer moramo primerjati le 2 do 4 vrvna sidra izvajalca A.

Graf 6.13 tudi pokaže kako izbrana normalizacija sidrne sile z nosilnostjo jeklenih vrvi rezultate večjega števila preiskav prikaže s podobnim grafom, kot smo jih sicer vajeni za posamezno preiskavo sidra.

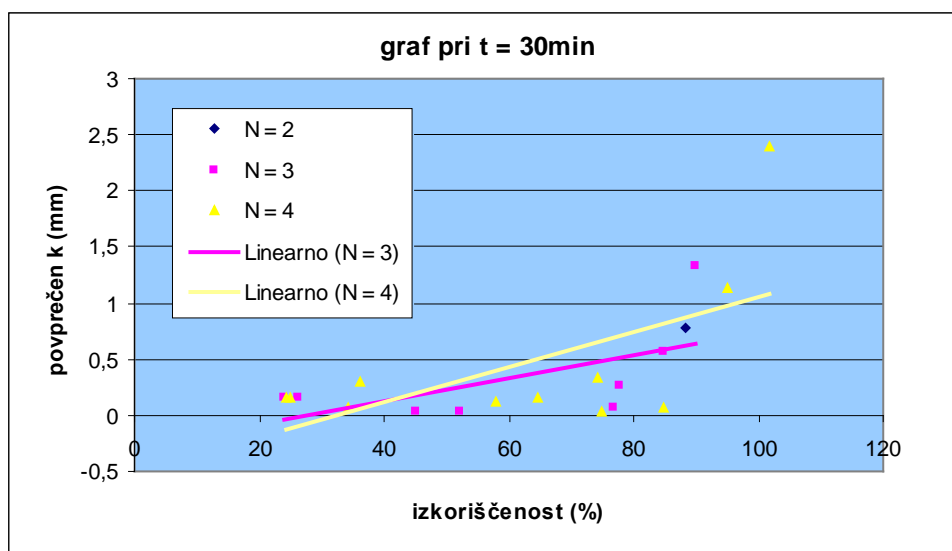
Grafi po času opazovanja:



Graf 6.14: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca B za meritev po t=5 min



Graf 6.15: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca B za meritev po t=15 min



Graf 6.16: Mera tečenja k v odvisnosti od izkoriščenosti sider izvajalca B za meritev po t=30 min

#### 6.4 Statistična obdelava rezultatov napenjalnih preizkusov

Statistična obdelava rezultatov enostavnih in celovitih preizkusov ter preiskav sider obsega enako število podatkov za 10 sidranih konstrukcij. Podatki vsebujejo geološke podatke v okolici vgrajenega sidra, razen v primeru izvajalca B.

Večina sider je testiranih z enostavnim preizkusom napenjanja, ostali pa s celovitim in testnim preizkusom.

Ker med testi prevladujejo enostavni napenjalni preizkusi, ni bilo možno neposredno ugotoviti odvisnosti nosilnosti od naštetih parametrov. Ugotavljala pa se je odvisnost  $k$  od togosti sidra, proste dolžine sidra in sidrne sile.

Ugotoviti je bilo potrebno ali je  $k$  statistično značilno odvisen od naslednjih parametrov:

- vezne dolžine sidra ( $l_v$ ),
- proste dolžine sidra ( $l_{fr}$ ),
- sile prednapetja sile ( $P_p$ )
- števila jeklenih pramen ( $n$ )

Najprej je bila preiskana statistična analiza štirih neodvisnih parametrov odvisnosti od  $k$ .

Neodvisni parametri so  $n$ ,  $l_v$ ,  $l_{fr}$  in  $P_p$ .

Drugi primer je statistična analiza treh neodvisnih parametrov kot so razmerje  $n/l_v$  ki predstavlja togost sidra in je sorazmeren izrazu  $EA / L$  ter  $l_{fr}$  in  $P_p$ .

Rezultat statistične analize za vse neodvisne parametre je ugotovitev, kateri od njih ima večji oziroma bolj značilen vpliv na količnik lezenja  $k$ .

V bazi podatkov je 2774 vrednosti  $k$  za 1193 sider na 10 objektih.

Preglednica podatkov o preiskanih sidrih.

Preglednica 1: Opis podatkov za obdelavo statistične analize

Izvajalci objektov	sidranja	število sider	mera tečenja	mera tečenja	mera tečenja
			5 minut	15 minut	30 minut
<b>A</b>		931	924	924	159
<b>B</b>		262	349	355	63

Analizirala sem podatke za 5, 15 in 30 minut.

Preglednica 2: Območja parametrov pri statistični analizi

<b>A</b>	<b>n</b>	<b>l<sub>fr</sub> (m)</b>	<b>l<sub>v</sub> (m)</b>	<b>P<sub>p</sub> (kN)</b>
najmanj	2	5	5	300
največ	6	42	8	1125
<b>B</b>	<b>n</b>	<b>l<sub>fr</sub> (m)</b>	<b>l<sub>v</sub> (m)</b>	<b>P<sub>p</sub> (kN)</b>
najmanj	2	9	5	160
največ	4	28	9,5	900

Pomen oznak:

n....število pramen

l<sub>fr</sub> ...prosta dolžina sidra

l<sub>v</sub>....vezna dolžina sidra

P<sub>p</sub>....testna sila pri preiskavah sider

#### 6.4.1 Linearna regresijska analiza s štirimi neodvisnimi parametri

Regresijsko zvezo med parametri podaja enačba:

$$k = \beta_0 + \beta_1 n + \beta_2 l_{fr} + \beta_3 l_v + \beta_4 P_p$$

ugotoviti je bilo potrebno, če je parameter  $k$  statistično značilno odvisen od parametrov  $n$ ,  $l_{fr}$ ,  $l_v$  in  $P_p$ .

Analiza je izvedena s programom Excel. Rezultati bodo prikazani v nadaljevanju in razdeljeni glede na izvajalca sidranja.

### 6.4.1.1 Interpretacija rezultatov statistične analize

Postopek je potekal tako, da sem najprej vse zbrane podatke prepisala v obliki tabele po objektih. Geološke podatke sem razdelila na štiri tipe fliša glede na pretrtost in preperelost. Izračunala sem togost z izrazom  $n/lv$  ter uporabila orodje za analizo podatkov – regresijska analiza.

#### a) Rezultati za 8 objektov izvajalcev A;

a1) Rezultati regresijske analize 4 neodvisnih parametrov za  $k$  po 5, 15 in 30 minutah.

- Regresijska analiza za celotno skupino neodvisno od geološke sestave tal:

-  $k= 5'$ ,

Preglednica 3: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca A

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,098100342
R Square	0,009623677
AdjustedRSquare	0,005313008
Standard Error	1,437351377
Observations	924

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-0,181808206	0,437040083	-0,415998927	0,677507913	-1,03952063
št pramen	-0,121584207	0,109196284	-1,113446378	0,265807904	-0,335887226
lfr (m)	0,011742026	0,007532472	1,55885421	0,119375174	-0,003040817
Pp (kN)	0,000577329	0,000535104	1,078908358	0,280911672	-0,00047284
lv (m)	0,079087529	0,08144601	0,971042396	0,331782666	-0,080754228

Za rezultat si ogledamo stolpec pod P-vrednostmi za vsak posamezen parameter s čim manjšo vrednostjo. Kar pomeni, da nizke vrednosti pokažejo bolj statistično značilen vpliv neodvisnih parametrov na mero tečenja  $k$ .

P- vrednost je tveganje ob trditvi, da je parameter različen od nič.

Iz tega rezultata je razvidno, da so vse vrednosti P velike oziroma večje od 0,5% do 1% (označene s sivo barvo). Parametri niso statistično značilno odvisni in nimajo vpliva na  $k$ .



-  $k=15'$ ,

Preglednica 4: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca A

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,237445059
R Square	0,056380156
AdjustedRSquare	0,052272997
Standard Error	0,415925613
Observations	924

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,255762134	0,126466059	2,022377667	0,043426585	0,00756634
št pramen	-0,052060784	0,031598071	-1,647593739	0,099777903	-0,114073537
lfr (m)	-0,000182144	0,002179667	-0,08356505	0,933420455	-0,004459847
Pp (kN)	<b>0,000816475</b>	0,000154843	5,272925212	<b>1,67447E-07</b>	0,000512588
lv (m)	-0,009448211	0,023567989	-0,400891699	0,688593048	-0,055701537

Rezultati kažejo nizke vrednosti P kar pomeni, da parameter za silo prednapetja ima statistično značilen vpliv na  $k$  (označeno z rdečo barvo). To pomeni, da pri veliki sili je vrednost  $k$  višja.

Ostali parametri niso statistično značilno odvisni.

-  $k=30'$ ,

Preglednica 5: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca A

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,461711487
R Square	0,213177497
AdjustedRSquare	0,192740549
Standard Error	0,563735583
Observations	159

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,205651629	0,48971655	0,419940124	0,675114496	-0,761777551
št pramen	-0,099455092	0,099904401	-0,99550261	0,321053498	-0,29681504
lfr (m)	0,002566421	0,006132801	0,418474456	0,676183266	-0,009548855
Pp (kN)	<b>0,001808342</b>	0,000457744	3,950555547	<b>1,67447E-07</b>	0,000904075
lv (m)	-0,032137009	0,084515954	-0,380247838	0,704285389	-0,199097264

Rezultat je enak prejšnjemu primeru in trditev za silo prednapetja v odvisnosti od  $k$  je enaka.

- Regresijska analiza za 4 tipe fliša:

**Fliš 1.** Siv in trden fliš

**Fliš 2.** Siv in sivorjav pretrt fliš

**Fliš 3.** Siv in sivorjav preperel fliš

**Fliš 4.** Rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš

V nadaljevanju so različni tipi fliša navedeni le s številkami 1 do 4, njihov pomen pa pojasnjuje zgornji seznam.

-  $k=5'$ , **Fliš 1**

Preglednica 6: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 1. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,33963758
R Square	0,115353686
Adjusted R Square	0,103358482
Standard Error	0,212975035
Observations	300

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,175326428	0,107944518	1,624227253	0,105395275	-0,037112491
št pramen	-0,081384255	0,031270309	-2,602604802	0,009719273	-0,142925413
lfr (m)	-0,002744054	0,001967005	-1,395041338	0,164052777	-0,006615195
lv (m)	0,010000977	0,021642523	0,462098496	0,644351297	-0,032592332
Pp (kN)	0,000833405	0,000153629	5,424794001	1,21048E-07	0,000531057

Tu sta statistično značilno odvisna parametra za število pramen in sila prednapetja.

Za silo prednapetja razpredelnica kaže enak rezultat kot v prejšnjih primerih. Število pramen pa vpliva na  $k$  tako, da imajo sidra z večjim številom pramen vrednosti  $k$  nižje.

-  $k=15'$ , **Fliš 1**

Preglednica 7: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 1. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0,493282127				
R Square	0,243327257				
Adjusted R Square	0,233067287				
Standard Error	0,238967425				
Observations	300				

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,354665846	0,121118532	2,928254168	0,003674324	0,116299966
št pramen	-0,116352829	0,035086672	-3,316154635	0,001026781	-0,185404734
lfr (m)	-0,008694854	0,002207067	-3,939551036	0,000101959	-0,013038446
lv (m)	-0,023988451	0,02428387	-0,987834779	0,324043092	-0,071780032
Pp (kN)	0,001431371	0,000172378	8,303660059	3,68828E-15	0,001092124

Manjše P vrednosti je opaziti pri treh neodvisnih parametrih.

Največji vpliv na  $k$  ima sila. Vrednosti  $k$  bodo pri veliki sili višje.

Parameter za dolžino prostega dela na  $k$  ima takšen vpliv, da se pri daljši dolžini prostega dela sidra vrednosti  $k$  znižujejo.

Parameter za število pramen kaže, da pri sidrih z večjim številom pramen so vrednosti  $k$  nižje.

-  $k=30'$ , **Fliš 1**

Preglednica 8: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 1. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0,580899161				
R Square	0,337443835				
Adjusted R Square	0,281056076				
Standard Error	0,516835858				
Observations	52				

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-0,420823117	0,743933718	-0,565672864	0,574307007	-1,917424692
št pramen	0,05446287	0,164666105	0,330747301	0,742305383	-0,276802599
lfr (m)	-0,013800137	0,010043066	-1,374096108	0,175929624	-0,034004179
Pp (kN)	0,001321068	0,000686679	1,923851896	0,06044105	-6,03512E-05
lv (m)	0,065102848	0,127531011	0,510486414	0,612100106	-0,191456448

Vsi parametri presegajo mejne vrednosti P in niso statistično značilno vplivne na  $k$ .

-  $k = 5'$ , **Fliš 2**

Preglednica 9: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 2. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,252406375
R Square	0,063708978
Adjusted R Square	0,050333392
Standard Error	0,26625864
Observations	285

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,627927365	0,208206244	3,015891131	0,002797477	0,218079112
št pramen	-0,155401483	0,073038203	-2,127673954	0,034237804	-0,299175172
lfr (m)	0,012655773	0,003769649	3,357281492	0,000896135	0,005235323
lv (m)	-0,053516895	0,045054746	-1,187819257	0,235911234	-0,142205922
Pp (kN)	0,000827715	0,000296043	2,795927725	0,005533247	0,000244962

-  $k = 15'$ , **Fliš 2**

Preglednica 10: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 2. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,170537585
R Square	0,029083068
Adjusted R Square	0,015212826
Standard Error	0,355211912
Observations	285

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,815017043	0,277765026	2,934196053	0,003621041	0,268244245
št pramen	-0,101697265	0,097439241	-1,043699269	0,297524794	-0,293503725
lfr (m)	0,011120519	0,005029036	2,211262594	0,027825568	0,001221
lv (m)	-0,079232677	0,060106904	-1,318195935	0,188515401	-0,197551462
Pp (kN)	0,000637791	0,000394947	1,614876975	0,107463592	-0,000139651

-  $k=30'$ , **Fliš 2**

Preglednica 11: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 2. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,585941712
R Square	0,34332769
Adjusted R Square	0,268279426
Standard Error	0,48988994
Observations	40

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,576109593	1,143186608	0,503950614	0,617453722	-1,744682589
št pramen	-0,238696902	0,281938482	-0,846627607	0,402954545	-0,811062446
lfr (m)	<b>0,05278554</b>	0,015451279	3,41625693	<b>0,001623785</b>	0,021417776
Pp (kN)	0,001555222	0,001271015	1,223606194	0,229274841	-0,001025076
lv (m)	-0,123763811	0,250582063	-0,493905309	0,624458562	-0,63247244

Pri tej analizi ima največji vpliv prosta dolžina sider, sila prednapetja in število pramen. Pri daljši prosti dolžini so vrednosti  $k$  višji, kar ni bilo opaziti v rezultatu pri prvem tipu fliša. Pri večjem številu pramen se  $k$  znižujejo.

Pri sili je zopet opazen vpliv z višjimi vrednostmi  $k$ , kar kažejo rezultati tudi pri ostalih tipih fliša.

-  $k = 5'$ , **Fliš 3**

Preglednica 12: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 3. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0,418841653				
R Square	0,17542833				
Adjusted R Square	0,122230158				
Standard Error	0,322403702				
Observations	67				

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-0,387157171	0,515714022	-0,750720661	0,455660627	-1,418054802
št pramen	<b>-0,211230266</b>	0,086331425	-2,446736713	<b>0,017264262</b>	-0,383804323
lfr (m)	-0,002655154	0,005028093	-0,528063829	0,599340053	-0,01270617
lv (m)	0,121849018	0,096411541	1,263842644	0,211017793	-0,070874906
Pp (kN)	<b>0,001414636</b>	0,000463821	3,049961262	<b>0,003364566</b>	0,000487471

V tem primeru z drugim geološkim materialom imata statistično značilen vpliv parametra za število pramen in sila prednapetja.

Pri večjem številu pramen so vrednosti  $k$  nižje. Pri višji sili pa so vrednosti  $k$  višje.

-  $k = 15'$ , **Fliš 3**

Preglednica 13: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 3. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0,455734689				
R Square	0,207694106				
Adjusted R Square	0,156577597				
Standard Error	0,328325832				
Observations	67				

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-0,298148718	0,525187007	-0,567700103	0,572288735	-1,347982575
št pramen	<b>-0,194158193</b>	0,087917219	-2,208420551	<b>0,030921257</b>	-0,369902207
lfr (m)	-0,003015744	0,005120453	-0,588960339	0,558027727	-0,013251383
lv (m)	0,079382277	0,098182494	0,80851763	0,421884293	-0,11688173
Pp (kN)	<b>0,001702294</b>	0,000472341	3,603953327	<b>0,00062527</b>	0,000758098

Sila prednapetja in število pramen imata največji statistično značilen vpliv na  $k$ . To pomeni, da z večjo silo prednapetja so  $k$  višji, z večjim številom pramen je  $k$  nižji.

-  $k = 30'$ , **Fliš 3**

Preglednica 14: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 3. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,717445722
R Square	0,514728364
Adjusted R Square	0,299052081
Standard Error	0,612569424
Observations	14

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-4,678215628	3,972388435	-1,177683327	0,269125324	-13,66438256
št pramen	0,340335125	0,538068028	0,632513191	0,542784955	-0,876859315
lfr (m)	0,002820037	0,02534062	0,111285238	0,913832466	-0,054504428
Pp (kN)	0,003799414	0,002227682	1,705545974	0,12228239	-0,001239953
lv (m)	0,19424531	0,421166871	0,461207478	0,655593019	-0,758500342

Pri tem rezultatu so P vrednosti velike in zato parametri niso statistično značilno različni od nič.

-  $k = 5'$ , **Fliš 4**

Preglednica 15: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 4. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,11751829
R Square	0,013810549
Adjusted R Square	-0,000963825
Standard Error	2,623008973
Observations	272

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-0,127660843	1,403554665	-0,090955376	0,927596247	-2,89110357
št pramen	-0,143098098	0,332926257	-0,4298192	0,667673842	-0,798592797
lfr (m)	0,026699727	0,027602711	0,967286404	0,334276223	-0,027646935
lv (m)	0,054779109	0,236275683	0,23184404	0,81683674	-0,410421382
Pp (kN)	0,000742775	0,002277549	0,326129321	0,744581982	-0,003741464

-  $k = 15'$ , **Fliš 4**

Preglednica 16: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 4. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,276822889
R Square	0,076630912
Adjusted R Square	0,062797667
Standard Error	0,583706218
Observations	272

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-0,006025931	0,312337317	-0,019293024	0,984621758	-0,620983303
št pramen	-0,016068617	0,074087099	-0,216888195	0,828461109	-0,16193786
lfr (m)	-0,00469833	0,006142516	-0,764886843	0,445014446	-0,016792259
lv (m)	0,013844116	0,052579151	0,263300492	0,792522058	-0,089678373
Pp (kN)	<b>0,00110017</b>	0,00050683	2,170688996	<b>0,030835974</b>	0,000102278

-  $k = 30'$ , **Fliš 4**

Preglednica 17: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 4. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,477254356
R Square	0,22777172
Adjusted R Square	0,163419363
Standard Error	0,61569769
Observations	53

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,446728621	0,968082222	0,461457313	0,646554989	-1,499731109
št pramen	-0,110134629	0,168386787	-0,654057425	0,516196356	-0,44869895
lfr (m)	-0,006818511	0,013532874	-0,503848006	0,616672985	-0,034028177
Pp (kN)	<b>0,002225096</b>	0,000903741	2,462095991	<b>0,017455086</b>	0,000408004
lv (m)	-0,058713008	0,164613435	-0,356672032	0,72290053	-0,389690496

Rezultati analize po 5 minutah kažejo, da parametri niso statistično značilno vplivni na  $k$ . Še največji vpliv ima parameter za silo prednapetja v preglednici za 15 in 30 minut.



- Regresijska analiza za združene tipe fliša, pri čemer smo združili prej definirane skupine kot sledi:
  1. Siv in trden fliš ter siv in sivorjav pretrt fliš (**Fliš 1 in Fliš 2**)
  2. Siv in sivorjav preperel fliš ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš (**Fliš 3 in Fliš 4**)
  3. Siv in sivorjav preperel fliš ter siv in sivorjav pretrt fliš (**Fliš 2 in Fliš 3**)

-  $k = 5'$ , **Fliš 1 in Fliš 2**

Preglednica 18: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah  
za siv in trden ter siv in sivorjav pretrt fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,294590848
R Square	0,086783768
Adjusted R Square	0,080485725
Standard Error	0,24303973
Observations	585

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,346577287	0,102117836	3,393895716	0,000736091	0,146011482
št pramen	-0,091667735	0,030120656	-3,043351164	0,002445531	-0,150826584
lfr (m)	0,002090445	0,00184497	1,133050626	0,257661145	-0,001533192
lv (m)	-0,016822938	0,020949619	-0,803018799	0,42229281	-0,057969297
Pp (kN)	0,00076374	0,000120429	6,341845693	4,57064E-10	0,000527211

-  $k = 15'$ , , **Fliš 1 in Fliš 2**

Preglednica 19: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah  
za siv in trden ter siv in sivorjav pretrt fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,314365724
R Square	0,098825808
Adjusted R Square	0,092610814
Standard Error	0,306322553
Observations	585

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,575715809	0,128707336	4,473061329	9,28089E-06	0,322926566
št pramen	-0,091296794	0,03796349	-2,404857785	0,016491069	-0,165859459
lfr (m)	-0,001854938	0,002325365	-0,797697614	0,425372446	-0,0064221
lv (m)	-0,055727664	0,026404493	-2,110537211	0,035239581	-0,107587736
Pp (kN)	0,001015353	0,000151786	6,689370529	5,28553E-11	0,000717235

-  $k=30'$ , **Fliš 1 in Fliš 2**

Preglednica 20: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah  
za siv in trden ter siv in sivorjav pretrt fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,468503757
R Square	0,21949577
Adjusted R Square	0,183610518
Standard Error	0,533667272
Observations	92

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-0,115372024	0,632602932	-0,182376683	0,85571142	-1,372738824
št pramen	-0,057941213	0,144887729	-0,399904214	0,690207234	-0,345921258
lfr (m)	0,005896301	0,008733889	0,675106015	0,501398721	-0,011463248
Pp (kN)	0,001405502	0,000596387	2,356695699	0,020683791	0,000220119
lv (m)	0,016110394	0,111794749	0,144106891	0,885749352	-0,20609377

V tej skupini fliša opazimo da sta dva parametra najbolj statistično značilna in vplivna na  $k$ .  
Z večjo silo prednapetja so vrednosti  $k$  višji, s povečevanjem števila pramen so  $k$  nižji.

-  $k = 5'$ , **Fliš 3 in Fliš 4**

Preglednica 21: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah  
za siv in sivorjav preperel ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,103964407
R Square	0,010808598
Adjusted R Square	-0,001038006
Standard Error	2,354380274
Observations	339

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-0,453906142	1,141665047	-0,397582586	0,691191871	-2,699666201
št pramen	-0,141358085	0,24724589	-0,571730777	0,567888936	-0,627713472
lfr (m)	0,014389572	0,019964815	0,720746597	0,471569582	-0,024883053
lv (m)	0,116183805	0,193507078	0,600411139	0,548639437	-0,2644624
Pp (kN)	0,000828616	0,001708979	0,484860112	0,628093413	-0,002533103

-  $k = 15'$ , **Fliš 3 in Fliš 4**

Preglednica 22: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah  
za siv in sivorjav preperel ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,27523856
R Square	0,075756265
Adjusted R Square	0,064687478
Standard Error	0,543625645
Observations	339

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-0,024029674	0,263610091	-0,091156125	0,927423181	-0,542574947
št pramen	-0,063722464	0,057088996	-1,116195214	0,265140954	-0,176021766
lfr (m)	-0,004897453	0,004609869	-1,062384259	0,288828813	-0,013965489
lv (m)	0,020949401	0,044680722	0,46886891	0,639469222	-0,066941684
Pp (kN)	<b>0,001311706</b>	0,000394603	3,324117364	<b>0,000985457</b>	0,000535486

-  $k = 30'$ , **Fliš 3 in Fliš 4**

Preglednica 23: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah  
za siv in sivorjav preperel ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,495138626
R Square	0,245162259
Adjusted R Square	0,196463049
Standard Error	0,608400948
Observations	67

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,427623978	0,835271491	0,511958067	0,610499184	-1,242059926
št pramen	-0,171682058	0,148680671	-1,154703276	0,252643169	-0,468890481
lfr (m)	-0,003973397	0,009840693	-0,403772098	0,687769619	-0,023644663
Pp (kN)	<b>0,002612279</b>	0,000805563	3,242800407	<b>0,001907471</b>	0,001001982
lv (m)	-0,067348876	0,139125168	-0,484088374	0,630028754	-0,345456121

Rezultat zopet kaže vpliv sile prednapetja na  $k$ . Trditev je enaka iz prejšnjih primerov.

- k = 5', **Fliš 2 in Fliš 3**

Preglednica 24: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah  
za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,253985296
R Square	0,064508531
AdjustedRSquare	0,053724767
Standard Error	0,279965281
Observations	352

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,397621892	0,18924142	2,101135643	0,036349915	0,025417339
št pramen	-0,119649554	0,046857916	-2,553454439	0,011093092	-0,211810824
lfr (m)	0,007802442	0,00241789	3,226962715	0,001370288	0,003046877
lv (m)	-0,011942691	0,040876334	-0,29216639	0,770334011	-0,092339244
Pp (kN)	0,000670963	0,00018517	3,623487597	0,000334095	0,000306765

- k = 15', **Fliš 2 in Fliš 3**

Preglednica 25: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah  
za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,202921662
R Square	0,041177201
AdjustedR Square	0,030124489
Standard Error	0,351931068
Observations	352

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,625477388	0,237886408	2,629311164	0,008936509	0,157596708
št pramen	-0,10680526	0,058902862	-1,813243977	0,070658027	-0,22265682
lfr (m)	0,007180303	0,003039415	2,362396323	0,018708595	0,001202309
lv (m)	-0,045724779	0,0513837	-0,889869325	0,374152572	-0,14678747
Pp (kN)	0,000706832	0,000232769	3,036624318	0,002573454	0,000249016

- k = 30', **Fliš 2 in Fliš 3**

Preglednica 26: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah  
za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,549751372
R Square	0,302226571
Adjusted R Square	0,245265475
Standard Error	0,530374291
Observations	54

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,807999043	0,974845017	0,828848718	0,41120938	-1,151025327
št pramen	-0,173674524	0,229740451	-0,755959707	0,453292401	-0,635355237
lfr (m)	<b>0,02521636</b>	0,009211114	2,737601393	<b>0,008601071</b>	0,006705933
lv (m)	-0,222294179	0,188915021	-1,176688747	0,245004444	-0,60193312
Pp (kN)	<b>0,002444384</b>	0,000902738	2,707745755	<b>0,009301341</b>	0,000630265

## b) Rezultati za 2 objekta izvajalcev B;

b1) Rezultati regresijske analize 4 neodvisnih parametrov za  $k$  po 5, 15 in 30 minutah.

- Regresijska analiza za celotno skupino neodvisno od geološke sestave tal:

-  $k = 5'$ ,

Preglednica 27: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,529750297
R Square	0,280635377
AdjustedR Square	0,272270672
Standard Error	0,234043021
Observations	349

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,692253506	0,059825618	11,5711886	2,23735E-26	0,574583458
št.pramen	-0,198443411	0,0370721	-5,352904559	1,58489E-07	-0,271359929
lfr (m)	-0,001311506	0,002550755	-0,514163794	0,607467613	-0,006328546
Pp (kN)	0,000568074	0,000110108	5,159253762	4,19757E-07	0,000351505
lv(m)	-0,00621285	0,018668231	-0,332803361	0,739485445	-0,042931094

-  $k = 15'$ ,

Preglednica 28: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,242427599
R Square	0,058771141
AdjustedR Square	0,04801424
Standard Error	0,830339527
Observations	355

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,991529394	0,211250806	4,693612362	3,85803E-06	0,576048717
št.pramen	-0,315611569	0,12730364	-2,479203014	0,013637944	-0,565987905
lfr (m)	0,006403839	0,008923385	0,71764682	0,473453784	-0,011146361
Pp (kN)	0,000503652	0,000382031	1,318353916	0,188247283	-0,000247713
lv(m)	0,009325284	0,064600657	0,144352776	0,885304989	-0,117729023

-  $k = 30'$ ,

Preglednica 29: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,515578103
R Square	0,26582078
Adjusted R Square	0,215187731
Standard Error	0,4344357
Observations	63

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,760416334	0,294917878	2,578400259	0,012486671	0,170074065
št.pramen	-0,288826474	0,119944332	-2,408004356	0,019240154	-0,528921139
lfr (m)	-0,007479875	0,010675377	-0,70066615	0,486312826	-0,028848964
Pp (kN)	<b>0,001195354</b>	0,000311172	3,841457714	<b>0,000305447</b>	0,000572476
lv(m)	0,031192682	0,055145938	0,565638796	0,573821183	-0,079193906

Regresijska analiza za dva objekta kažeta, da sta samo dva parametra statistično značilno različna od nič.

Največji vpliv imata sila prednapetja in število pramen. Večja sila prednapetja  $k$  povečuje, večje število pramen pa  $k$  zmanjšuje.

## 6.4.2 Linearna regresijska analiza s tremi neodvisnimi parametri

Regresijsko zvezo med parametri podaja enačba:

$$k = \beta_0 + \beta_1 l_{fr} + \beta_2 (n/l_v) + \beta_3 P_p$$

Ugotoviti je bilo potrebno, če je parameter  $k$  statistično značilno odvisen od parametrov  $l_{fr}$ ,  $n/l_v$  in  $P_p$ .

### 6.4.2.1 Interpretacija rezultatov statistične analize

#### a) Rezultati za 8 objektov izvajalca A;

a1) Rezultati regresijske analize 3 neodvisnih parametrov za  $k$  po 5, 15 in 30 minutah.

- Regresijska analiza za celotno skupino neodvisno od geološke sestave tal:

-  $k = 5'$ ,

Preglednica 30: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca A

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,100702045
R Square	0,010140902
AdjustedRSquare	0,0069131
Standard Error	1,436194821
Observations	924

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,383839281	0,223622646	1,716459794	0,086414536	-0,055030412
$l_{fr}$ (m)	0,013147967	0,006721422	1,956128615	0,050752267	-4,31328E-05
$P_p$ (kN)	0,000773831	0,00050344	1,537086622	0,124615931	-0,000214193
$n/l_v$	-1,155395841	0,788650184	-1,465029571	0,143254493	-2,703157976



-  $k = 15'$ ,

Preglednica 31: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca A

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,237385777
R Square	0,056352007
AdjustedRSquare	0,053274894
Standard Error	0,415705705
Observations	924

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,258902574	0,064727437	3,999889164	6,84585E-05	0,131872012
lfr (m)	-0,001318671	0,001945512	-0,67780175	0,498067823	-0,005136827
Pp (kN)	0,000799905	0,00014572	5,489314532	5,21934E-08	0,000513922
n/lv	-0,43573479	0,228274309	-1,908820975	0,056596099	-0,883733585

-  $k = 30'$ ,

Preglednica 32: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca A

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,456637785
R Square	0,208518066
AdjustedRSquare	0,193199061
Standard Error	0,563575464
Observations	159

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,059864136	0,204255364	0,293084768	0,769849373	-0,343619274
lfr (m)	-5,74764E-05	0,005496149	-0,01045758	0,991669658	-0,010914499
Pp (kN)	0,001735871	0,000471627	3,68059877	0,000320663	0,000804224
n/lv	-0,66977579	0,753179041	-0,88926504	0,375238699	-2,157595949

Analiza je pokazala, da so vsi parametri statistično značilni in vplivajo na vrednost  $k$ . Z daljšo prosto dolžino ter z večjo silo prednapetja so  $k$  višji. Medtem, ko so  $k$  nižji z večjo togostjo oziroma z večjim številom pramen.

- Regresijska analiza za 4 tipe fliša:

-  $k = 5'$ , **Fliš 1**

Preglednica 33: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 1. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0,332573651				
R Square	0,110605234				
AdjustedRSquare	0,101591097				
Standard Error	0,213184831				
Observations	300				

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,283900289	0,0617579	4,596987427	6,35637E-06	0,162360084
lfr (m)	-0,003514298	0,001829178	-1,921244819	0,055661042	-0,00711414
Pp (kN)	0,000758291	0,000141163	5,371723034	1,5807E-07	0,00048048
n/lv	-0,530357271	0,223544869	-2,372486893	0,018307842	-0,970295957

Statistično značilna sta parametra za silo prednapetja in dolžina prostega dela sidra.

Največji vpliv ima sila, kar pomeni da zopet z večjo silo povečujemo  $k$ . Z daljšo prosto dolžino znižujemo  $k$ .

-  $k = 15'$ , **Fliš 1**

Preglednica 34: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 1. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0,467180999				
R Square	0,218258085				
AdjustedRSquare	0,210335025				
Standard Error	0,242483119				
Observations	300				

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,308022034	0,070245374	4,38494403	1,61411E-05	0,169778388
lfr (m)	-0,01121308	0,002080564	-5,389441662	1,44516E-07	-0,015307652
Pp (kN)	0,001214706	0,000160564	7,565257722	4,92017E-13	0,000898715
n/lv	-0,704550357	0,254266952	-2,770908104	0,005943754	-1,20495043

Največji vpliv imata sila in prosta dolžina sidra. Z večjo silo se  $k$  povečuje, z daljšo prosto dolžino in večjo togostjo se  $k$  znižuje.

-  $k = 30'$ , **Fliš 1**

Preglednica 35: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 1. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,574307773
R Square	0,329829418
AdjustedRSquare	0,287943757
Standard Error	0,514354185
Observations	52

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-0,031710732	0,296555046	-0,106930339	0,915289925	-0,627974604
<i>lfr (m)</i>	-0,01149446	0,009539902	-1,204882396	0,234155748	-0,030675717
<i>Pp (kN)</i>	0,001449177	0,00067936	2,133150727	0,038052493	8,32324E-05
<i>n/lv</i>	0,263892579	1,184372225	0,222812198	0,824627122	-2,117447341

Parametri niso statistično značilno vplivni na  $k$ .

-  $k = 5'$ , **Fliš 2**

Preglednica 36: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 2. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,201571048
R Square	0,040630887
AdjustedRSquare	0,030388513
Standard Error	0,269040092
Observations	285

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,447062723	0,146665312	3,048183087	0,00252153	0,158360559
<i>lfr (m)</i>	<b>0,009802448</b>	0,003633957	2,697458445	<b>0,007409448</b>	0,002649214
<i>Pp (kN)</i>	0,000354869	0,000239454	1,481993142	0,139462651	-0,000116482
<i>n/lv</i>	-0,746673014	0,51249789	-1,456928953	0,146252517	-1,755495401

-  $k = 15'$ , **Fliš 2**

Preglednica 37: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 2. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,123998605
R Square	0,015375654
AdjustedRSquare	0,00486365
Standard Error	0,357073504
Observations	285

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,491821121	0,194656106	2,526615424	0,012065961	0,10865186
<b>lfr (m)</b>	0,008568437	0,004823035	1,776565472	0,076721631	-0,000925427
<b>Pp (kN)</b>	0,000196235	0,000317806	0,617468018	0,537426111	-0,000429348
<b>n/lv</b>	-0,484784453	0,680193855	-0,712715131	0,47661345	-1,823706627

-  $k = 30'$ , **Fliš 2**

Preglednica 38: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 2. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,571413766
R Square	0,326513692
AdjustedRSquare	0,270389833
Standard Error	0,489182966
Observations	40

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,217186079	0,677998298	0,320334254	0,750566944	-1,157858192
<b>lfr (m)</b>	<b>0,051645243</b>	0,015381981	3,357515688	<b>0,001868021</b>	0,020449139
<b>Pp (kN)</b>	0,000856846	0,001029634	0,832185187	0,410790985	-0,001231349
<b>n/lv</b>	-1,617408052	1,942465936	-0,8326571	0,410528194	-5,556911536

Statistično značilen je parameter za prosto dolžino sidra, kjer se vrednosti  $k$  z daljšo dolžino povečujejo.

-  $k = 5'$ , **Fliš 3**

Preglednica 39: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 3. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,418514674
R Square	0,175154532
AdjustedRSquare	0,135876177
Standard Error	0,319887803
Observations	67

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,482230807	0,343699045	1,40306124	0,165507962	-0,204596921
<i>lfr (m)</i>	-0,002337993	0,004970779	-0,470347305	0,639731188	-0,012271302
<i>Pp (kN)</i>	<b>0,00148552</b>	0,000460319	3,227154619	<b>0,001985411</b>	0,000565646
<i>n/lv</i>	<b>-1,607860037</b>	0,635506218	-2,530046113	<b>0,013917224</b>	-2,877817864

-  $k = 15'$ , **Fliš 3**

Preglednica 40: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 3. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,45689586
R Square	0,208753827
AdjustedRSquare	0,171075437
Standard Error	0,325491754
Observations	67

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,351084714	0,349720133	1,003901923	0,319266272	-0,347775199
<i>lfr (m)</i>	-0,002843897	0,00505786	-0,562272866	0,575925362	-0,012951223
<i>Pp (kN)</i>	<b>0,001736706</b>	0,000468383	3,707877116	<b>0,000443511</b>	0,000800718
<i>n/lv</i>	<b>-1,58734597</b>	0,646639327	-2,454762497	<b>0,016871567</b>	-2,879551541

Preglednici prikazujeta statistično značilen parameter za silo in togost.

-  $k = 30'$ , **Fliš 3**

Preglednica 41: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 3. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,699278719
R Square	0,488990727
AdjustedRSquare	0,335687945
Standard Error	0,59634627
Observations	14

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-2,426861991	1,506307581	-1,611133092	0,138227692	-5,783124422
<i>lfr (m)</i>	0,005099623	0,024459497	0,208492537	0,839029781	-0,049399534
<i>Pp (kN)</i>	0,003850912	0,00216747	1,776685063	0,105996154	-0,000978513
<i>n/lv</i>	0,794240366	2,904720604	0,273430899	0,790086181	-5,677880437

P vrednosti so visoke, zato ni statistično značilnih parametrov.

-  $k = 5'$ , **Fliš 4**

Preglednica 42: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah za 4. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,118071451
R Square	0,013940868
AdjustedRSquare	0,002902892
Standard Error	2,617937737
Observations	272

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,286408469	0,546396918	0,524176583	0,600588969	-0,789367897
<i>lfr (m)</i>	0,025891036	0,024314639	1,064833222	0,287909831	-0,021980966
<i>Pp (kN)</i>	0,000833611	0,002180171	0,382360263	0,702497202	-0,00345883
<i>n/lv</i>	-1,150829896	2,315624082	-0,496984767	0,619607237	-5,709958213

-  $k = 15'$ , **Fliš 4**

Preglednica 43: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah za 4. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,277313057
R Square	0,076902532
AdjustedRSquare	0,066569351
Standard Error	0,582530499
Observations	272

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,094803212	0,121581528	0,779750134	0,436226025	-0,1445732
<i>lfr (m)</i>	-0,004515433	0,005410373	-0,834588194	0,404692933	-0,015167673
<i>Pp (kN)</i>	0,001181736	0,000485121	2,435962672	0,015504153	0,000226604
<i>n/lv</i>	-0,218079082	0,515261166	-0,423239895	0,67245968	-1,232553664

-  $k = 30'$ , **Fliš 4**

Preglednica 44: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah za 4. tip fliša

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,4669467
R Square	0,218039221
AdjustedRSquare	0,170164071
Standard Error	0,613210718
Observations	53

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,153853766	0,321164807	0,479049268	0,634034586	-0,491551065
<i>lfr (m)</i>	-0,013068295	0,010329385	-1,265157146	0,211798567	-0,03382597
<i>Pp (kN)</i>	0,002146347	0,000998941	2,148622482	0,036632548	0,0001389
<i>n/lv</i>	-0,719802338	1,39091805	-0,517501616	0,607134547	-3,514956755

Ni statistično značilnih parametrov zaradi previsokih vrednosti P, ki bi vplivale na vrednost  $k$ .

- Regresijska analiza za 2 tipa fliša:

-  $k = 5'$ , **Fliš 1 in Fliš 2**

Preglednica 45: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah

za siv in trden ter siv in sivorjav pretrt fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,273923922
R Square	0,075034315
Adjusted R Square	0,070258245
Standard Error	0,244387621
Observations	585

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,322553113	0,062471584	5,163197256	3,3394E-07	0,199855464
n/lv	<b>-0,57073708</b>	0,217175034	-2,628005026	<b>0,00881572</b>	-0,997280868
lfr (m)	0,00015595	0,001712891	0,091044695	0,927488457	-0,003208264
Pp (kN)	<b>0,000617737</b>	0,000109133	5,660427984	<b>2,37433E-08</b>	0,000403395

-  $k = 15'$ , **Fliš 1 in Fliš 2**

Preglednica 46: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah

za siv in trden ter siv in sivorjav pretrt fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,279119373
R Square	0,077907624
Adjusted R Square	0,07314639
Standard Error	0,309590586
Observations	585

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,354061393	0,079139092	4,473912752	9,24233E-06	0,198627836
n/lv	-0,546697845	0,275117642	-1,98714209	0,047375783	-1,087044122
lfr (m)	-0,005093397	0,002169893	-2,34730309	0,019244543	-0,009355188
Pp (kN)	<b>0,000776947</b>	0,000138249	5,619893568	<b>2,96801E-08</b>	0,000505417



-  $k = 30'$ , **Fliš 1 in Fliš 2**

Preglednica 47: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah

za siv in trden ter siv in sivorjav pretrt fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,468974371
R Square	0,219936961
Adjusted R Square	0,193343902
Standard Error	0,530476415
Observations	92

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,019417265	0,279741677	0,069411411	0,944819632	-0,536510524
<i>lfr (m)</i>	0,005892781	0,008333779	0,707095916	0,48137516	-0,010668853
<i>Pp (kN)</i>	0,001428668	0,000572474	2,495605186	0,014439222	0,000290997
<i>n/lv</i>	-0,471775445	1,025375217	-0,4601003	0,646579053	-2,509493179

Statistično značilna parametra sta sila prednapetja in togost sidra. Z večjo togostjo se  $k$  zmanjšuje, z večjo silo se  $k$  povečuje.

-  $k = 5'$ , **Fliš 3 in Fliš 4**

Preglednica 48: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah

za siv in sivorjav preperel ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,10408093
R Square	0,01083284
Adjusted R Square	0,001974627
Standard Error	2,350834841
Observations	339

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,334867867	0,472279562	0,709045857	0,478789168	-0,594139347
<i>n/lv</i>	-1,340319536	1,823105685	-0,735184771	0,462741335	-4,926497023
<i>lfr (m)</i>	0,0161845	0,018548983	0,872527612	0,383545555	-0,020302659
<i>Pp (kN)</i>	0,001120518	0,001679746	0,667075954	0,505182827	-0,002183661

-  $k = 15'$ , **Fliš 3 in Fliš 4**

Preglednica 49: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah  
za siv in sivorjav preperel ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,276791985
R Square	0,076613803
Adjusted R Square	0,068344673
Standard Error	0,54256178
Observations	339

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,1441514	0,108999933	1,322490726	0,186906941	-0,070259157
n/lv	-0,52939851	0,420764338	-1,258182936	0,209201822	-1,357071645
lfr (m)	-0,005301933	0,004281019	-1,238474403	0,21640734	-0,013723
Pp (kN)	<b>0,001355585</b>	0,000387678	3,496681478	<b>0,000534557</b>	0,000592996

-  $k = 30'$ , **Fliš 3 in Fliš 4**

Preglednica 50: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah  
za siv in sivorjav preperel ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,477495019
R Square	0,228001493
Adjusted R Square	0,19123966
Standard Error	0,610375199
Observations	67

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,108133474	0,306974981	0,352255006	0,725822693	-0,50530707
lfr (m)	-0,009492079	0,00861263	-1,102111455	0,274605849	-0,026703047
Pp (kN)	<b>0,002572058</b>	0,000863307	2,979309161	<b>0,004099489</b>	0,000846877
n/lv	-1,279654889	1,185467298	-1,079451867	0,284501734	-3,648622229

Statistično značilen vpliv ima zopet samo sila. Kot v prejšnjih primerih z naraščanjem sile narašča tudi  $k$ .

-  $k = 5'$ , **Fliš 2 in Fliš 3**

Preglednica 51: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah  
za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,239401815
R Square	0,057313229
Adjusted RSquare	0,049186619
Standard Error	0,280635807
Observations	352

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,498328944	0,121345269	4,106702691	5,0068E-05	0,259666564
lfr (m)	0,006726314	0,002341803	2,872280718	0,004325059	0,002120447
Pp (kN)	0,000592237	0,000180952	3,272899028	0,00117122	0,00023634
n/lv	-1,034736922	0,359470287	-2,878504733	0,004242597	-1,741744576

Statistično značilno vplivni so parametri za prosto dolžino sidra, silo in togost. S povečevanjem togosti se  $k$  znižuje. Z večjo silo in daljšo dolžino pa se  $k$  povečuje.

-  $k = 15'$ , **Fliš 2 in Fliš 3**

Preglednica 52: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah  
za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,177132497
R Square	0,031375921
AdjustedR Square	0,023025714
Standard Error	0,353216658
Observations	352

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,574011704	0,152728802	3,758372337	0,000200499	0,273624062
lfr (m)	0,005710602	0,002947463	1,937463388	0,05349756	-8,64808E-05
Pp (kN)	0,0005832	0,000227751	2,560688934	0,010867812	0,000135258
n/lv	-1,025392295	0,452440104	-2,266360314	0,024042826	-1,91525337

Tu se z večanjem sile  $k$  povečuje.

-  $k = 30'$ , **Fliš 2 in Fliš 3**

Preglednica 53: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah  
za siv in sivorjav pretrt in preperel fliš

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,508256146
R Square	0,258324309
Adjusted R Square	0,213823768
Standard Error	0,541309078
Observations	54

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-0,303459226	0,634966164	-0,477914011	0,634794277	-1,578826276
lfr (m)	0,020600252	0,009022345	2,283248063	0,026700982	0,002478339
Pp (kN)	0,001822821	0,000847818	2,150013893	0,036415611	0,000119928
n/lv	-1,056403415	1,59750737	-0,661282342	0,511467144	-4,265091335

V tej preglednici ni statistično značilno vplivnih parametrov.

## b) Rezultati za 2 objekta izvajalcev B;

b1) Rezultati regresijske analize 3 neodvisnih parametrov za  $k$  po 5, 15 in 30 minutah.

- Regresijska analiza za celotno skupino neodvisno od geološke sestave tal:

-  $k = 5'$ ,

Preglednica 54: Rezultat regresijske analize pri 5 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,349061875
R Square	0,121844192
AdjustedR Square	0,114208055
Standard Error	0,258212118
Observations	349

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,987212388	0,109151635	9,044412276	1,11214E-17	0,772525984
$lfr$ (m)	-0,007720428	0,002671068	-2,890389657	0,004091232	-0,012974056
$Pp$ (kN)	-1,30854E-05	9,75441E-05	-0,134148411	0,89336344	-0,000204941
$n/lv$	-1,242465791	0,255233735	-4,867952857	1,71938E-06	-1,744475796

-  $k = 15'$ ,

Preglednica 55: Rezultat regresijske analize pri 15 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,161682878
R Square	0,026141353
AdjustedR Square	0,017817775
Standard Error	0,843405679
Observations	355

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	1,503621279	0,351346042	4,27960216	2,41817E-05	0,812613036
$lfr$ (m)	-0,00211466	0,00865923	-0,2442088	0,807211797	-0,019145162
$Pp$ (kN)	-0,000287554	0,000314734	-0,913642721	0,361531762	-0,000906555
$n/lv$	-1,991537682	0,808112347	-2,464431696	0,014201524	-3,580888996

-  $k = 30'$ ,

Preglednica 56: Rezultat regresijske analize pri 30 minutah  
neodvisno od geološke sestave tal izvajalca B

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,430967206
R Square	0,185732733
Adjusted R Square	0,144329312
Standard Error	0,453623914
Observations	63

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	0,831444628	0,432313456	1,92324485	0,059279286	-0,033612592
<i>lfr (m)</i>	-0,011420392	0,011012478	-1,037041075	0,303948404	-0,033456309
<i>Pp (kN)</i>	<b>0,000864972</b>	0,000300258	2,880760288	<b>0,005522464</b>	0,000264157
<i>n/lv</i>	-1,245133136	0,750239504	-1,659647525	0,102292145	-2,746358903

Analiza prikazuje tri statistično odvisne parametre. Z daljšo dolžino prostega dela sidra in večjo togostjo se  $k$  znižujejo. Z večjo silo se  $k$  povečujejo.

## 6.5 Preglednice povzetih statistično značilno vplivnih parametrov

Preglednice se delijo na štiri neodvisne parametre, tip izvajalca in opazovani čas mere tečenja. Številke označene s črno barvo so statistično značilne vrednosti, ki vplivajo na parameter  $k$ . S sivo barvo pa so označene vrednosti, ki niso statistično značilno vplivne na opazovan parameter.

Preglednica 57: Povzeti koeficienti statistično značilnega parametra za število pramen

Število pramen	$k = 5 \text{ min}$ Coefficients	$k = 15 \text{ min}$ Coefficients	$k = 30 \text{ min}$ Coefficients
<b>Sidro tip A</b>			
<b>Vsi</b>	-0,121584207(924)	-0,052060784(924)	-0,099455092(159)
<b>Fliš 1</b>	-0,081384255(300)	-0,116352829(300)	0,05446287(52)
<b>Fliš 2</b>	-0,155401483(285)	-0,101697265(285)	-0,238696902(40)
<b>Fliš 3</b>	-0,211230266(67)	-0,194158193(67)	0,340335125(14)
<b>Fliš 4</b>	-0,143098098(272)	-0,016068617(272)	-0,110134629(53)
<b>Fliš 1 in 2</b>	-0,091667735(585)	-0,091296794(585)	-0,057941213(92)
<b>Fliš 2 in 3</b>	-0,119649554	-0,10680526	-0,173674524
<b>Fliš 3 in 4</b>	-0,141358085(339)	-0,063722464(339)	-0,171682058(67)
<b>Sidro tip B</b>			
<b>Vsi</b>	-0,198443411(349)	-0,315611569(355)	-0,288826474(63)

Preglednica 58: Povzeti koeficienti statistično značilnega parametra za togost

<b>n/lv</b>	<i>k = 5 min</i> Coefficients	<i>k = 15 min</i> Coefficients	<i>k = 30 min</i> Coefficients
<b>Sidro tip A</b>			
<b>Vsi</b>	-1,155395841(924)	-0,43573479(924)	-0,66977579(159)
<b>Fliš 1</b>	-0,530357271(300)	-0,704550357(300)	0,263892579(52)
<b>Fliš 2</b>	-0,746673014(285)	-0,484784453(285)	-1,617408052(40)
<b>Fliš 3</b>	-1,607860037(67)	-1,587345971(67)	0,794240366(14)
<b>Fliš 4</b>	-1,150829896(272)	-0,218079082(272)	-0,719802338(53)
<b>Fliš 1 in 2</b>	-0,57073708(585)	-0,546697845(585)	-0,471775445(92)
<b>Fliš 2 in 3</b>	-1,034736922	-1,025392295	-1,056403415
<b>Fliš 3 in 4</b>	-1,340319536(339)	-0,52939851(339)	-1,279654889(67)
<b>Sidro tip B</b>			
<b>Vsi</b>	-1,242465791(349)	-1,991537682(355)	-1,245133136(63)



Preglednica 59: Povzeti koeficienti statistično značilnega parametra za silo

<b>Pp (kN)</b>	<i>k = 5 min</i> Coefficients	<i>k = 15 min</i> Coefficients	<i>k = 30 min</i> Coefficients
<b>Sidro tip A</b>			
<b>Vsi</b>	0,000577329 (924) 0,000773831	0,000816475 (924) 0,000799905	0,001808342 (159) 0,001735871
<b>Fliš 1</b>	0,000833405(300) 0,000758291	0,001431371(300) 0,001214706	0,001321068(52) 0,001449177
<b>Fliš 2</b>	0,000827715(285) 0,000354869	0,000637791(285) 0,000196235	0,001555222(40) 0,000856846
<b>Fliš 3</b>	0,001414636(67) 0,00148552	0,001702294(67) 0,001736706	0,003799414(14) 0,003850912
<b>Fliš 4</b>	0,000742775(272) 0,000833611	0,00110017(272) 0,001181736	0,002225096(53) 0,002146347
<b>Fliš 1 in 2</b>	0,00076374(585) 0,000617737	0,001015353(585) 0,000776947	0,001405502(92) 0,001428668
<b>Fliš 2 in 3</b>	0,000670963 0,000592237	0,000706832 0,0005832	0,002444384 0,001822821
<b>Fliš 3 in 4</b>	0,000828616(339) 0,001120518	0,001311706(339) 0,001355585	0,002612279(67) 0,002572058
<b>Sidro tip B</b>			
<b>Vsi</b>	0,000568074(349) -1,30854E-05	0,000503652(355) -0,000287554	0,001195354(63) 0,000864972

Preglednica 60: Povzeti koeficienti statistično značilnega parametra za prosto dolžino sidra

<b>Lfr</b>	<i>k = 5 min</i> Coefficients	<i>k = 15 min</i> Coefficients	<i>k = 30 min</i> Coefficients
<b>Sidro tip A</b>			
<b>Vsi</b>	0,011742026(924) 0,0131479677	-0,000182144(924) -0,001318671	0,002566421(159) -5,74764E-05
<b>Fliš 1</b>	-0,002744054(300) -0,003514298	-0,008694854(300) -0,01121308	-0,013800137(52) -0,01149446
<b>Fliš 2</b>	0,012655773(285) 0,009802448	0,011120519(285) 0,008568437	0,05278554(40) 0,051645243
<b>Fliš 3</b>	-0,002655154(67) -0,002337993	-0,003015744(67) -0,002843897	0,002820037(14) 0,005099623
<b>Fliš 4</b>	0,026699727(272) 0,025891036	-0,00469833(272) -0,004515433	-0,006818511(53) -0,013068295
<b>Fliš 1 in 2</b>	0,002090445(585) 0,00015595	-0,001854938(585) -0,005093397	0,005896301(92) 0,005892781
<b>Fliš 2 in 3</b>	0,007802442 0,006726314	0,007180303 0,005710602	0,02521636 0,020600252
<b>Fliš 3 in 4</b>	0,014389572(339) 0,0161845	-0,004897453(339) -0,005301933	-0,003973397(67) -0,009492079
<b>Sidro tip B</b>			
<b>Vsi</b>	-0,001311506(349) -0,007720428	0,006403839(355) -0,00211466	-0,007479875(63) -0,011420392

**Fliš 1** – siv in trden fliš

**Fliš 2** – siv in sivorjav pretrt fliš

**Fliš 3** – siv in sivorjav preperel fliš

**Fliš 4** – rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš

**Fliš 1 in 2** – siv in trden fliš ter siv in sivorjav pretrt fliš

**Fliš 2 in 3** – siv in sivorjav pretrt in preperel fliš

**Fliš 3 in 4** – siv in sivorjav preperel ter rjav in sivorjav pretrt in preperel fliš

### 6.5.1 Primerjava in komentar rezultatov

Iz analize rezultatov statistične obdelave je razvidno, da:

- z naraščanjem sidrne sile  $P_p$   $k$  vselej narašča,
- z naraščanjem števila pramen  $k$  vselej pada,
- z naraščanjem togosti ( $n/l_v$ )  $k$  vselej pada,
- z naraščanjem proste dolžine dobivamo različne vplive ( $k$  ponekod narašča, ponekod pada)
- vezna dolžina sider pri obravnavanih podatkih ni imela statistično značilnega vpliva.

V primeru izvajalca A je vpliv proste dolžine sider statistično značilen le za Fliš 1 in Fliš 2, pri čemer za kompakten siv fliš (Fliš 1) ugotovimo, da  $k$  z naraščanjem proste dolžine pada, medtem ko pri nekoliko slabši različici kamnine (Fliš 2)  $k$  z naraščanjem proste dolžine narašča. Podobno ( $k$  z naraščanjem proste dolžine narašča) lahko vidimo tudi, če statistično analizo naredimo za združene podatke tipov Fliš 2 in Fliš 3. Pri izvajalcu B ugotovimo, da  $k$  z večanjem proste dolžine upada, pri tem pa nimamo podatkov o kakovosti fliša. Ostali zaključki so isti kot za podatke izvajalca A.

## 7 ZAKLJUČEK

V nalogi smo opisali vse bolj uporabljeno tehnologijo pri izvedbi geotehničnih konstrukcij – sidranje. Opisana so vrvna prednapeta geotehnična sidra. Predstavili smo osnovne pojme, materiale ter tehnologijo izvedbe od vgradnje, napenjanja in kontrole geotehničnih sider. Posebej so navedeni tudi osnovni principi dimenzioniranja prednapetih geotehničnih sider.

V drugem delu naloge smo zbrali rezultate napenjalnih preizkusov na 1193 sidrih, vgrajenih na opornih in podpornih konstrukcijah trase HC Razdrto – Vipava (odsek preko Rebernic). Skupno je bilo v sklopu teh preizkusov izvedenih 2007 meritev mere tečenja  $k$ , ki je pri preskušanju sider poglaviti parameter mehanske ustreznosti sidra. Zbrali smo podatke za dve vrsti sider dveh izvajalcev.

Z regresijsko analizo smo ugotavljali vpliv osnovnih parametrov (sidrna sila, dolžina veznega in prostega dela sidra, število pramen sidra in togost veznega dela sidra) na mero tečenja  $k$ .

Pregled rezultatov najprej pokaže na različen raztros analiziranih rezultatov za oba tipa sider. Podrobne analize so bile narejene po skupinah sider, vgrajenih v različno kakovostno flišno kamnino (4 razredi), za meritve mere tečenja  $k$  po 5, 15 in 30 minutah, za dva že omenjena tipa sider ter za dve različni regresijski enačbi (3 oziroma 4 neodvisni parametri – glej poglavje 6.4). Zaključke vseh analiz o vplivih navedenih parametrov za oba tipa sider lahko strnemo v naslednje alineje:

- z naraščanjem sidrne sile  $k$  narašča,
- z naraščanjem števila pramen oziroma togosti veznega dela sidra  $k$  upada,
- spreminjanje proste dolžine večinoma nima statistično značilnega vpliva. Na osnovi razprave v točki 6.5.1 bi morda lahko (z veliko mero zadržanosti) sklepali, da v boljših materialih  $k$  z večanjem proste dolžine pada, v slabših pa narašča.

## **VIRI:**

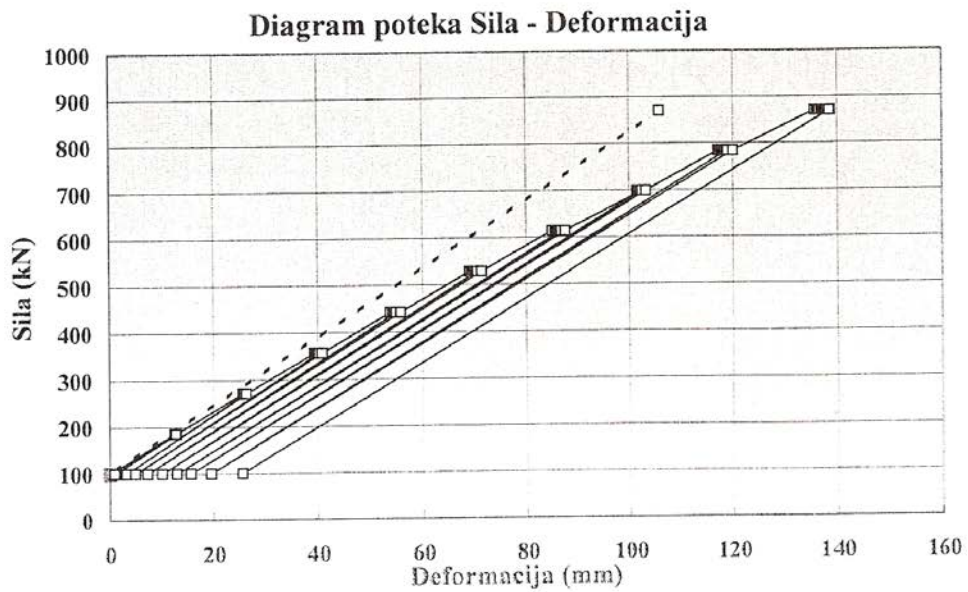
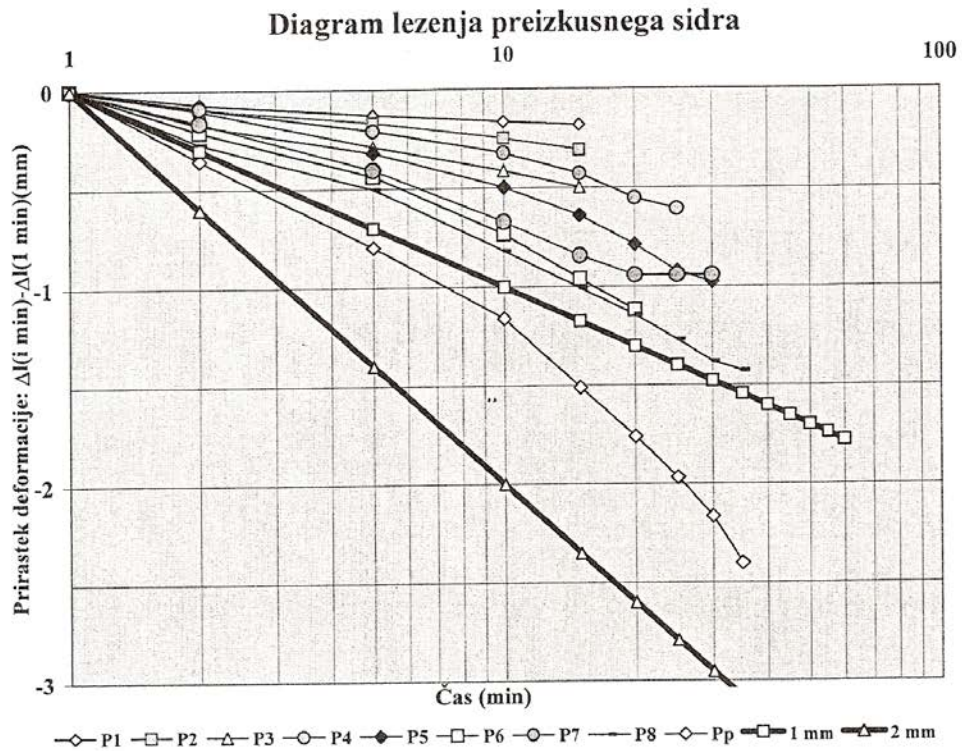
- ❖ Logar, J. Zapiski iz predavanj. Sidranje konstrukcij: 16 str.  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Gradbeništvo in Geodezijo
- ❖ Ceket, A. 2004. Numerično modeliranje geotehničnega sidra. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: 68 str.
- ❖ Tomc, V. 2003. Večkratna geotehnična sidra. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: 60 str.
- ❖ SODOC, maj 1996. Smernice za geotehnična sidra. Ljubljana: 130 str.
- ❖ Standard SIA V 191, 1995. Prednapeta geotehnična sidra. Ljubljana: 64 str.
- ❖ ZAG Ljubljana, maj 2004. Certifikat o skladnosti za trajna prednapeta geotehnična sidra: 105 str.
- ❖ PGD, PZI, 2001. Geološko – Geotehnični elaborat o zgradbi tal in pogojih gradnje HC Razdrto – meja Italija, pododsek 0347 Razdrto – Vipava, km 1,300 – 6,300. ZRMK, Ljubljana: 47 str.
- ❖ Protokoli enostavnih in celovitih napenjalnih preizkusov na HC Razdrto – Vipava.
- ❖ Standard EN 1537, CEN: 1999. Execution of special geotechnical work – Ground Anchors. Izvedba posebnih geotehničnih del – Geotehnična sidra.
- ❖ DARS d.d., 2005. Dobrodošli na slovenski informacijski avtocesti, Gradnja HC Razdrto – Vipava.  
[http:// www.dars.si](http://www.dars.si) (15.4.2006)

## **PRILOGE**

PREISKAVA SIDRA										
Dodatek A2										
SODOC 16: Geotehnična sidra Junij 97										
Gr. objekt:	AC RAZDRTO - PODNANOS				Sidro št.:	T 0 1 0 0 0				
Gr. element:	SIDRANA PILOTNA STENA Z-6				Tip sidra:					
Naročnik:	-----				Vrsta sidra:					
Izvajalec:					Napenjalka:					
Napenjal:					Datum napenjl:					
Kontroliral:	S. Isakovič	S. Irajkovski			Vrsta zemljine:	mrglina				
$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) = 1680	$P_A$ (kN) = 100	$P_5$ (kN) = 528			$l$ (m) = 22,0					
$f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> ) = 1860	$P_1$ (kN) = 186	$P_6$ (kN) = 613	$P_0$ (kN) = 420			$l_r$ (m) = 15,0				
$E_p$ (kN/mm <sup>2</sup> ) = 200	$P_2$ (kN) = 271	$P_7$ (kN) = 699			$l_v$ (m) = 7,0					
$A_p$ (mm <sup>2</sup> ) = 556	$P_3$ (kN) = 357	$P_8$ (kN) = 784			$l_p$ (m) = 0,30					
Št. pramenov: 4	$P_4$ (kN) = 442	$P_{pv}$ (kN) = 870			$\phi$ (mm) = 15,2					
Obremenitev Stopnja (min)	Sila (kN)	Deform. $\Delta l$ (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)							
			Merjena		od	do	ocena	k =	zid-pom.	
$P_a$	100		$P_1$	11,8	$P_5$	70,6				
$P_0$	0	186	$P_2$	23,5	$P_7$	82,4			0,13	
$P_1$	1	186	$P_3$	35,3	$P_8$	94,2			0,14	
$P_1$	2	186	$P_4$	47,1	$P_{pv}$	105,9		0,23	0,15	
$P_1$	5	186	$P_6$	58,9	$P_0$	44,0		0,14	0,16	
$P_1$	10	186	$P_1^5 - P_1^2 =$	0,06	0,15	0,45	Ustreza	0,12	0,16	
$P_1$	15	186	$P_1^{15} - P_1^5 =$	0,02	0,25	0,60	Ustreza	0,10	0,17	
$P_1$	20	186	$P_1^{30} - P_1^{15} =$	0,00	0,23	0,40				
$P_1$	25	186	$\Delta l_{el} = P_1 - P_{A1} =$	11,94	$\Delta l_{teor}$ (mm) =	11,8				
$P_1$	30	186	$\Delta l_{bl} = P_{A1} - P_A =$	0,95	1. Stopnja					
$P_{a1}$	100	1,04	$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				$k_{(2^{\circ} \cdot 5^{\circ})} =$	0,14	0,09	
$P_0$	186	13,00					15,5	$k_{(5^{\circ} \cdot 15^{\circ})} =$	0,12	0,17
$P_2$	0	271	25,95			$k_{(15^{\circ} \cdot 30^{\circ})} =$	0,00	0,30		
$P_2$	1	271	26,15					0,30		
$P_2$	2	271	26,25					0,31		
$P_2$	5	271	26,33					0,19		
$P_2$	10	271	26,42	$P_2^5 - P_2^2 =$	0,07	0,15	0,45	Ustreza	0,27	
$P_2$	15	271	26,48	$P_2^{15} - P_2^5 =$	0,06	0,25	0,60	Ustreza	0,34	
$P_2$	20	271		$P_2^{30} - P_2^{15} =$	0,00	0,23	0,40			
$P_2$	25	271		$\Delta l_{el} = P_2 - P_{A2} =$	22,99	$\Delta l_{teor}$ (mm) =	23,5			
$P_2$	30	271		$\Delta l_{bl} = P_{A2} - P_A =$	3,16	2. Stopnja				
$P_{a2}$	100	3,16	$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				$k_{(2^{\circ} \cdot 5^{\circ})} =$	0,19	0,15	
$P_2$	271	26,34					14,9	$k_{(5^{\circ} \cdot 15^{\circ})} =$	0,29	0,33
$P_3$	0	357	39,43			$k_{(15^{\circ} \cdot 30^{\circ})} =$	0,00	0,43		
$P_3$	1	357	39,84					0,43		
$P_3$	2	357	39,95					0,34		
$P_3$	5	357	40,13					0,46		
$P_3$	10	357	40,26	$P_3^5 - P_3^2 =$	0,00	0,15	0,45		0,43	
$P_3$	15	357	40,34	$P_3^{15} - P_3^5 =$	0,21	0,25	0,60	Ustreza	0,48	
$P_3$	20	357		$P_3^{30} - P_3^{15} =$	0,00	0,23	0,40			
$P_3$	25	357		$\Delta l_{el} = P_3 - P_{A3} =$	35,46	$\Delta l_{teor}$ (mm) =	35,3			
$P_3$	30	357		$\Delta l_{bl} = P_{A3} - P_A =$	4,89	3. Stopnja				
$P_4$	35	357		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				$k_{(2^{\circ} \cdot 5^{\circ})} =$	0,00	0,22
$P_{a3}$	100	4,89	15,4					$k_{(5^{\circ} \cdot 15^{\circ})} =$	0,46	0,44
$P_3$	357	40,80				$k_{(15^{\circ} \cdot 30^{\circ})} =$	0,44	0,53		
$P_4$	0	442	53,85							

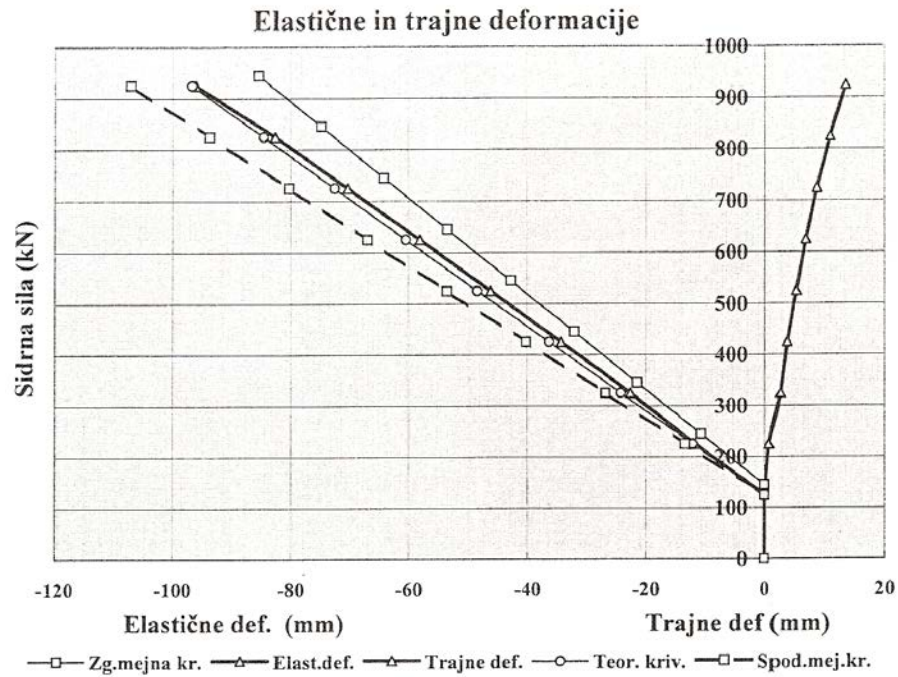
Priloga 1...Primer zapisnika o preiskavi sidra



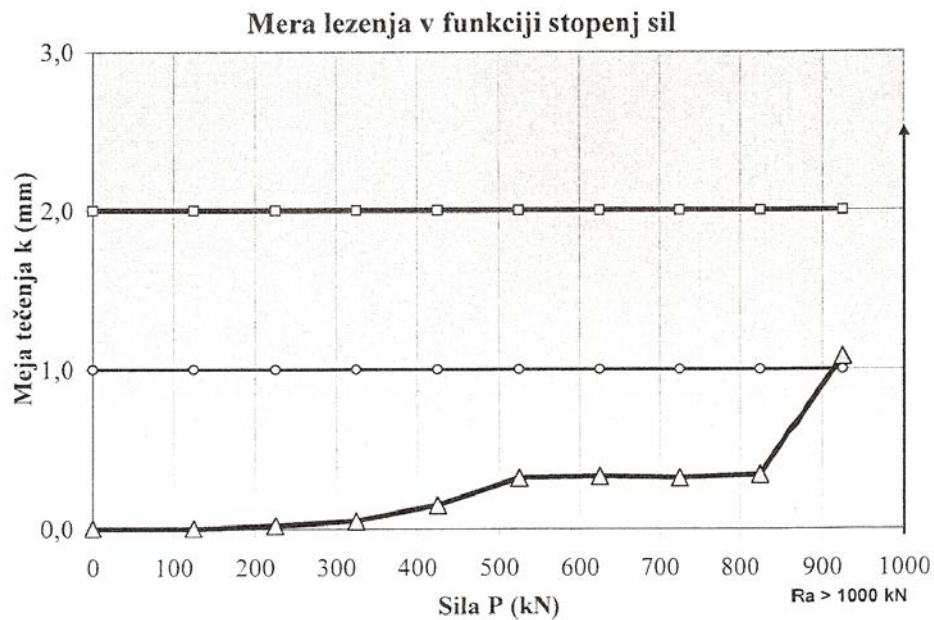


**Priloga 2...Rezultat preizkusnega sidra**





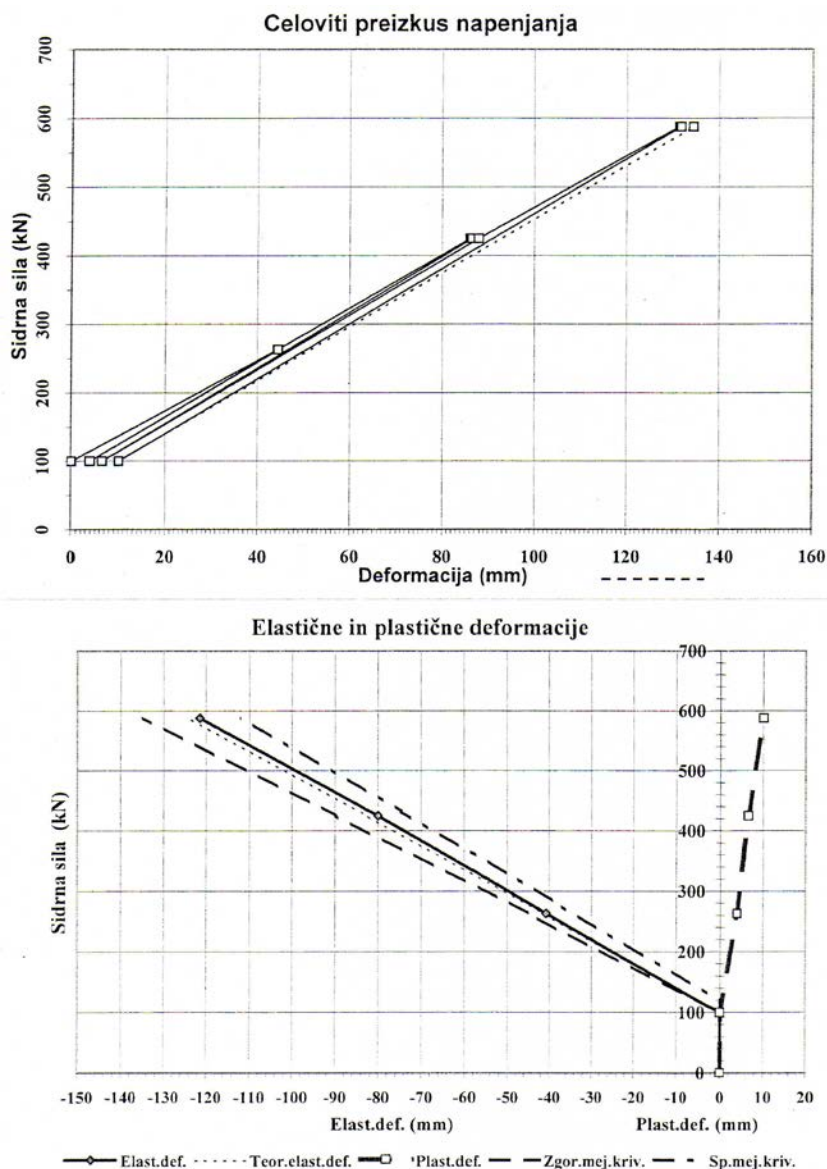
**Priloga 3...**Diagram elastičnih in trajnih deformacij pri preizkusnem sidru



**Priloga 4...**Diagram mere lezenja v funkciji stopenj sil

PROTOKOL CELOVITEGA							3:	
PREIZKUSA NAPIJANJA SIDRA							5	
SODOC 16. Smernice za geotehnična sidra; april 97							1000153	
Gr. objekt:	AC RAZDRTO-AJDOVŠČINA			Sidro št.:				
Gr. element:	PILOTNA STENA P-0			Datum napenjanja:				
Naročnik:	---			Tip sidra:				
Izvajalec:	---			Vrsta sidra:				
Napenjal:	---			Napenjalka:				
Obdelal:	S. Isakovic	Trajkovski	Vrsta zemljine:		Hribina			
$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	1680	$P_A$ (kN) =	100,0	$\Delta l_{rač}$ (mm)	$l$ (m) =	36,5		
$f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	1860	$P_1$ (kN) =	278,0	46,1	$l_{fr}$ (m) =	28,5		
$E_p$ (kN/mm <sup>2</sup> ) =	200,0	$P_2$ (kN) =	457,0	92,5	$l_v$ (m) =	8,0		
$A_p$ (mm <sup>2</sup> ) =	556,0	$P_p$ (kN) =	635,0	138,6	$l_p$ (m) =	0,30		
Število oramen:	4	$P_0$ (kN) =	470,0	95,8	$\phi$ (mm) =	15,2		
Obremenitev Stopnja t (min)	Sila (kN)	Deformacija $\Delta l$ (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)				Koeff. "k"	
			Merjena	od	do	ocena		
$P_{A0}$	100	0,00	"Ustreza" preizkus se nadaljuje ali sidro zaklini.					
$P_1$	0	278	"PREKINI" preizkus se prekine.					
$P_1$	1	278	"Pod.na 15'-30'" preizkus se nadaljuje do 15' ali 30'.					
$P_1$	2	278	"Kontr. kadm" pomeni da se mora kontrolirati $k_{adm}$ .				0,02	
$P_1$	5	278	$P_1^{5'} - P_1^{2'} =$	0,00	0,15	0,45	Ustreza	0,00
$P_1$	10	278	$P_1^{15'} - P_1^{5'} =$	0,05	0,25	0,60	Ustreza	0,13
$P_1$	15	278	$P_1^{30'} - P_1^{15'} =$		0,23	0,40		0,04
$P_1$	20	278	$\Delta l_{el} = P_1 - P_{A1} = 46,48$					
$P_1$	25	278	$\Delta l_{el} = P_{A1} - P_A = 3,16$					
$P_1$	30	278						
$P_{A1}$	100	3,16	$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				29,0	
$P_1$	278	50,48						
$P_2$	0	457						
$P_2$	1	457	$P_2^{5'} - P_2^{2'} =$	0,18	0,15	0,45	Pod.na 15'	
$P_2$	2	457	$P_2^{15'} - P_2^{5'} =$	0,10	0,25	0,60	Ustreza	0,43
$P_2$	5	457	$P_2^{30'} - P_2^{15'} =$		0,23	0,40		0,45
$P_2$	10	457	$\Delta l_{el} = P_2 - P_{A2} = 93,46$					
$P_2$	15	457	$\Delta l_{el} = P_{A2} - P_A = 6,89$					
$P_2$	20	457						
$P_2$	25	457	$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				29,1	
$P_2$	30	457						
$P_{A2}$	100	6,89						
$P_2$	457	102,67	$P_2^{15'} - P_2^{5'} =$	0,06	0,15	0,45	Ustreza	
$P_p$	0	635	$P_p^{15'} - P_p^{5'} =$	0,10	0,25	0,60	Ustreza	
$P_p$	1	635	$P_p^{30'} - P_p^{15'} =$	0,19	0,23	0,40	Ustreza	
$P_p$	2	635	$\Delta l_{el} = P_p - P_{A3} = 142,66$					
$P_p$	5	635	$\Delta l_{el} = P_{A3} - P_A = 12,83$					
$P_p$	10	635	Pogoj: $k < k_{adm} =$				do 1,30	
$P_p$	15	635					0,30	
$P_p$	20	635	$k_{(2'-5')} = 0,14$				Ustreza	$k = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_1}{\log \frac{t_2}{t_1}} =$
$P_p$	25	635	$k_{(5'-15')} = 0,21$				Ustreza	0,30
$P_p$	30	635	$k_{(15'-30')} = 0,61$				Ustreza	1,16
$P_{A3}$	100	12,83	Pogoj: Kontrola trajnih deformacij: $\Delta l_{objdop} =$				12,5	
$P_0$	470		$\Delta l_{bijteq} = (mm)$				12,83	
Pogoj: Efektivna prosta dolžina sidra $l_f$ je:								
$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$							29,7	
$l_f > 0,9 \times l_n + l_e =$							26,0	
$l_f < l_n + l_e + 0,3 \times l_v =$							31,2	
							Ustreza	

Priloga 5: Zapisnik o celovitem napenjanju sidra

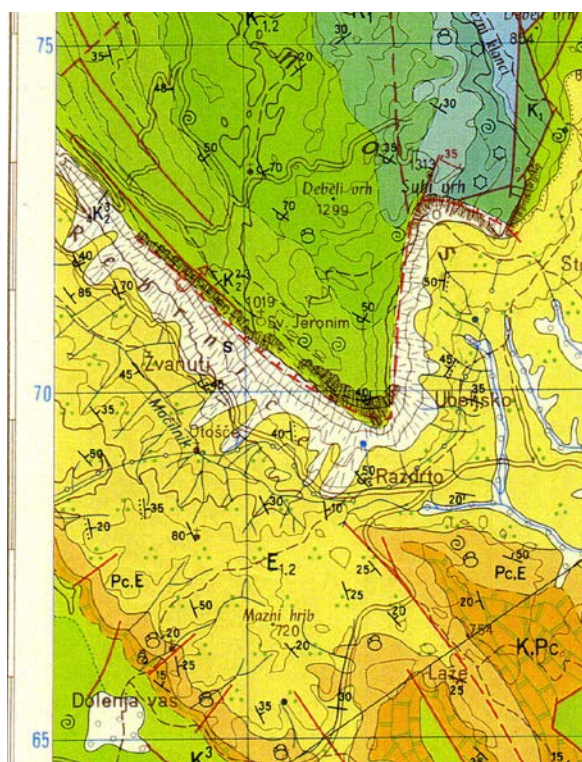


**Priloga 6:** Rezultata celovitega napenjalnega preizkusa

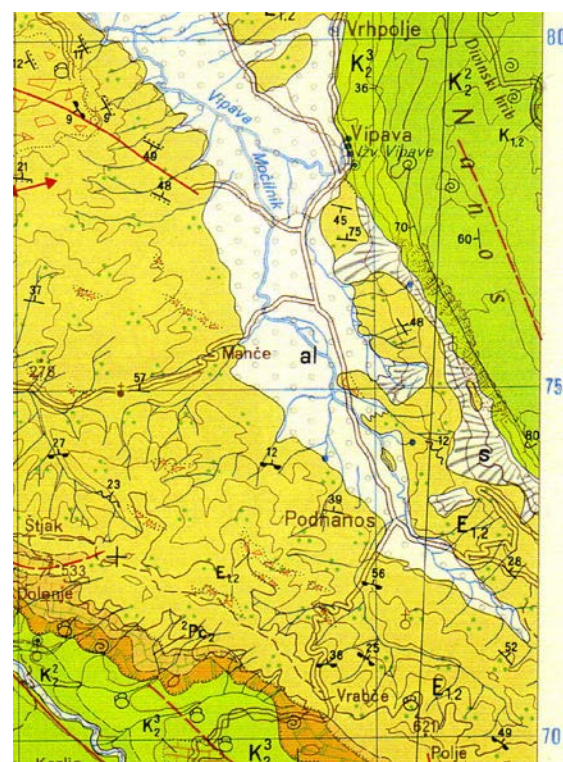
PROTOKOL ENOSTAVNEGA PREIZKUSA NAPENJANJA SIDRA							
SODOC 16. Smernice za geoteknična sidra; april 97 <small>svatovanje in izvajanje geotekničnih del</small> 7000153							
Gr. objekt:	AC RAZDRTO-AJDOVŠČINA			Sidro št.:			
Gr. element:	PILOTNA STENA P-0			Datum napenjanja:			
Naročnik:				Tip sidra:			
Izvajalec:				Vrsta sidra:			
Napenjal:				Napenjalka:			
Kontroliral:	G. ISAKOVIČ			Vrsta zemljine:			
$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) = 1680	$P_A$ (kN) = 100,0	$\Delta l_{rac}$ (mm)	$l$ (m) = 38,5				
$f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> ) = 1860	$P_1$ (kN) = 263,0	45,1	$l_{fr}$ (m) = 30,5				
$E_p$ (kN/mm <sup>2</sup> ) = 200,0	$P_2$ (kN) = 425,0	90,0	$l_v$ (m) = 8,0				
$A_p$ (mm <sup>2</sup> ) = 556,0	$P_p$ (kN) = 588,0	135,2	$l_p$ (m) = 0,30				
Stevilo pramenov: 4	$P_0$ (kN) = 470,0	102,5	$\phi$ (mm) = 15,2				
Obremenitev Stopnja t (min)	Sila (kN)	Deformacija $\Delta l$ (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)			Koeff "k"	
			Merjena	od	do		Ocena
$P_{A0}$	100	0,00	"Ustrezna" sidro se lahko zaklini.				
$P_1$	263	44,92	"PREKINI" preizkus se mora prekiniti.				
$P_2$	425	89,96	"Pod.na 15' ali 30'" preizkus se nadaljuje.				
$P_p$	0	588	"Kontr. kadm" mora se kontrolirati $k_{adm}$ .				
$P_p$	1	588	$P_p^{15} - P_p^{15} =$	0,25	0,15	0,45	Pod.na 15'
$P_p$	2	588	$P_p^{30} - P_p^{30} =$	0,20	0,25	0,60	Ustrezna
$P_p$	5	588	$P_p^{15} - P_p^{15} =$		0,23	0,40	0,62
$P_p$	10	588	$\Delta l_{bl} = P_p - P_{Ap} =$	132,02		$\Delta l_{bl} =$	11,38
$P_p$	15	588	Pogoj: $k < k_{adm} =$			do	1,30
$P_p$	20	588	$k_{(5')} =$	0,62	Ustrezna		0,48
$P_p$	25	588	$k_{(15')} =$	0,43	Ustrezna		0,46
$P_p$	30	588	$k_{(30')} =$				
$P_{Ap}$	100	11,38	Kontrola trajnih deform.: $\Delta l_{bl} dop =$			12,5	
$P_0$	470		$\Delta l_{bl} =$			11,4 Ustrezna	
Pogoj: Efektivna prosta dolžina sidra $l_f$ je:							
$l_f = \frac{\Delta l_d}{P - P_s} \times A_p \times E_p = (m)$	30,08	$l_f > 0,9 \cdot l_{fr} + l_p =$		27,8		Ustrezna	
		$l_f < l_{fr} + l_p + 0,3 \cdot l_v =$		33,20			
4. Kvaliteta antikorozijskega zašč. (trajna sidra): Izolacijska upor. - po inj. (M $\Omega$ ) = 10,140 Ustrezna							
Ozemljitvena upornost ( $\Omega$ ) = o.r. Ustrezna - " - po nap. (M $\Omega$ ) = 7,810 Ustrezna							
Pripombe: 0,00 - " - po zak. (M $\Omega$ ) = 0,186 Ustrezna							
Obdelal: Isakovič Datum: 6.10.2004							
Enostavni preizkus sidra							

Priloga 7: Zapisnik o enostavnem napenjanju sidra

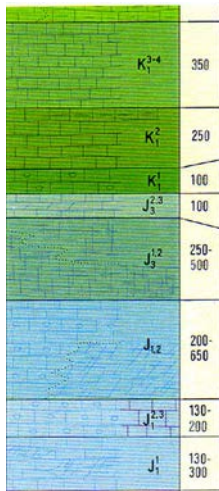




**Priloga 8:** Osnovna geološka karta Postojna  
Merilo 1: 10000



**Priloga 9:** Osnovna geološka karta Gorica  
Merilo 1: 10000



$K_1^1$  – bel do rjavo siv deloma ooliten apnenec

$K_1^2$  – bel in gost skladovit apnenec

$K_1^{3-4}$  – rjavosiv do bel skladovit apnenec

$K_{1,2}$  – temno siv gost bituminozen zrnat dolomit, temno siv in gost bituminozen apnenec- bočni in vertikalni prehodi. Menjavanje apnenca in dolomita.

$K_2^2$  – temno siv gost skladovit apnenec v menjavi z rudistnim apnenecem.

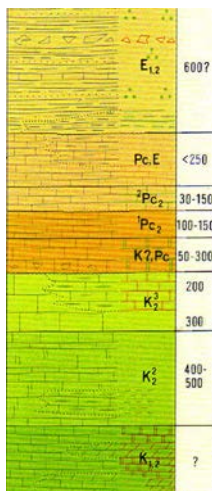
$K_2^3$  – ploščast apnenec in apnen skrilavec s plastmi in gomolji roženca, včasih vložki rudistnega apnenca.

$E_{1,2}$  – Fliš; menjavanje laporja, peščenjaka, vložki apnenca, konglomerata in breče. V spodnjem delu ponekod trd apnen lapor.

$P_3$  – Temno siv zrnat dolomit

$Pc,E$  – Alveolinski in numulitni ter operkulinski apnenec. Ponekod je razvit rjavosiv lapornat apnenec z rožencem.

$K, Pc$  – temnosiv gost apnenec, ki vsebuje v zgornjem delu školjke.



**Priloga 10:** Legenda k osnovni geološki karti