

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Hafner, M., 2016. Varovanje gradbene jame parkirno garažne hiše v Ljubljani. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Pulko, B., somentor Logar, J.): 70 str.

Datum arhiviranja: 08-04-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Hafner, M., 2016. Varovanje gradbene jame parkirno garažne hiše v Ljubljani. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pulko, B., co-supervisor Logar, J.): 70 pp.

Archiving Date: 08-04-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
KONSTRUKCIJSKA SMER**

Kandidat:

MATEJ HAFNER

**VAROVANJE GRADBENE JAME PARKIRNO
GARAŽNE HIŠE V LJUBLJANI**

Diplomska naloga št.: 525/KS

**PROTECTION OF CONSTRUCTION PIT FOR CAR-
PARK BUILDING IN LJUBLJANA**

Graduation thesis No.: 525/KS

Mentor:

doc. dr. Boštjan Pulko

Somentor:

izr. prof. dr. Janko Logar

Ljubljana, 31. 03. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Matej Hafner izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Varovanje gradbene jame parkirno garažne hiše v Ljubljani«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

V Ljubljani, 12. 2. 2016

Matej Hafner

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 624.152.6:625.712.63:711.553.2(497.4)(043.2)
- Avtor:** Matej Hafner
- Mentor:** doc. dr. Boštjan Pulko
- Somentor:** izr. prof. dr. Janko Logar
- Naslov:** Varovanje gradbene jame parkirno garažne hiše v Ljubljani
- Tip dokumenta:** Diplomaska naloga – visokošolski strokovni študij
- Obseg in oprema:** 70 str., 7 pregl., 51 sl., 8 pril.
- Ključne besede:** gradbena jama, jet grouting, modificiran postopek jet grouting, injekcijska masa, začasna geotehnična sidra, sidrne vrtine, napenjanje sidra, preskusna sidra

Izvleček

V diplomski nalogi je obravnavano varovanje gradbene jame za objekt parkirno garažne hiše v Ljubljani. Varovalna konstrukcija je bila izvedena s sidranimi slopi po tehnologiji injektiranja pod visokimi pritiski (jet grouting). Sidranje smo izvedli z začasnimi geotehničnimi sidri v enem ali dveh nivojih. V nalogi je podan pregled postopkov za izvedbo jet grouting slopov in začasnih geotehničnih sider po veljavnih standardih.

Pozornost je posvečena načinom izvedbe, ki so uveljavljeni pri nas, in problemom, ki se pojavljajo zaradi odstopanja od zhatav tehnične regulative ali nezmožnosti upoštevanja le-te. To je delno posledica zastarele opreme in utečenih postopkov izvajanja del. Dodatno pa na to vplivajo tudi zahteve po čim cenejši izvedbi gradbenih del.

V nalogi so predstavljene izkušnje pridobljene med izvedbo varovalne konstrukcije gradbene jame, rezultati kontrolnih preiskav in problemi, ki so se pojavili med izvedbo del, ter rešitve teh problemov. V fazi izvedbe varovalne konstrukcije iz jet grouting slopov smo največ pozornosti posvetili tehnologiji enofaznega postopka injektiranja in njeni učinkovitosti v danih razmerah. Pri izvedbi geotehničnih sider pa smo največ pozornosti posvetili vgradnji in napenjanju preskusnih sider.

Na gradbišču nastali problemi so lahko tudi posledica nepopolne gradbene dokumentacije, vključno s starimi in pomanjkljivimi načrti sosednjih objektov. V nalogi je prav tako obravnavano reševanje problemov, povezanih z nepričakovano sestavo temeljnih tal. Ta je pomembno vplivala na težave in zamude pri izvedbi in nemoteno napredovanje del.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	624.152.6:625.712.63:711.553.2(497.4)(043.2)
Author:	Matej Hafner
Supervisor:	Assist. Prof. Boštjan Pulko, Ph.D
Cosupervisor:	Assoc. Prof. Janko Logar, Ph.D
Title:	Protection of construction pit for car-park building in Ljubljana
Document type:	Graduation thesis – Higher professional studies
Scope and tools:	70 p., 7 tab., 51 pic., 8 att.
Keywords:	construction pit, jet grouting, modified jet grouting (precuting), grout, temporary ground anchors,

Abstract

The subject of this thesis is the execution construction pit for multi-storey car-park building in Ljubljana. The supporting structure was made with high pressure grouting (e.g jet grouting), and anchored with temporary ground anchors in one or two levels. An overview of jet grouting and temporary ground anchors procedures according to current standards is shown.

A special attention is put on the currently valid execution of works in our country. We primarily examined the problems occurring due to the deviation from technical regulations or inability to stick to them, which may be the consequence of either old equipment or sticking to generally accepted procedures of the execution, as well as requirements for a cheaper execution.

The thesis presents the description of experiences gained during the execution works, the results of control examinations, the problems that occurred during the execution and appropriate solutions. In the phase of the jet-grouting-piles execution, which were used as a supporting structure, the attention was on the technology of the single fluid system and its effectiveness in the ground, while with ground anchors the most attention was paid to ground anchor installation and.

The problems occurring on the construction site are often result of an incomplete project documentation, often involving the old and incomplete documentation of neighbouring buildings. The solution of issues in relation to the unexpected ground conditions, which significantly delayed the execution of works, is examined.

ZAHVALA

Zahvaljujem se staršem in ostali družini, ki so mi stali ob strani in me na vse načine podpirali celotno obdobje študentskih let in tudi pred tem.

Enako hvaležen sem tudi mentorju doc. dr. Boštjanu Pulku in somentorju izr. prof. dr. Janku Logarju za vso pomoč in nasvete pri izdelavi te naloge ter da sta mi že med študijem vzbudila zanimanje za to področje gradbeništva.

Ne nazadnje pa se zahvaljujem predvsem gospodu Poldetu Pepevniku, ki me je prav tako spodbujal pri izdelavi naloge in mi je omogočil praktično neomejeno gibanje po gradbišču ter mi odprl vrata do mnogih ljudi, ki so mi tudi izven gradbišča odgovarjali na vprašanja. Od njih bi predvsem izpostavil gospoda Roberta Kovačiča iz podjetja Geoinvest ter gospoda Primoža Korpiča iz podjetja Rafael.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD 1	
1.1 Motiv za diplomsko nalogo.....	1
1.2 Cilj in namen diplomske naloge	1
2 PREDSTAVITEV PROJEKTA PGH KOZOLEC 2. FAZE	2
2.1 Splošno o projektu.....	2
2.2 Predhodne raziskave tal	3
2.3 Gradbene jame – splošno.....	3
2.4 Zasnova začasne varovalne konstrukcije za PHG Kozolec.....	4
3 JET GROUTING	9
3.1 Jet grouting tehnologija – predstavitev.....	9
3.2 Tehnologija izvedbe (predstavitev Geoinvest in SIST EN 12716:2002)	10
3.3 Postopek vrtanja s poudarkom na enofazni tehnologiji	11
3.3.1 Vrtalna oprema.....	11
3.3.2 Jet grouting - postopek izvedbe	14
3.3.3 Spremljava in kontrola kakovosti (SIST EN 12716:2002).....	16
3.4 Modificiran enofazni postopek (po postopku ZRMK)	17
3.5 Področja uporabnosti	17
3.6 Posebni varnostni ukrepi	17
3.7 Določitev in vpliv parametrov za izvedbo JG slopov.....	18
4 GEOTEHNIČNA SIDRA (SIST EN 1537;2002).....	21
4.1 Splošno o geotehničnih sidrih	21
4.2 Začasna prednapeta geotehnična sidra – ZPGS (elaborat ZPGS Rafael 20).....	23
4.2.1 Podroben opis sider Rafael 20	24
4.2.2 Sestavni deli sidra.....	25
4.2.3 Predvidena uporaba sider	27

4.3 Mehanska trdnost in stabilnost.....	27
4.4 Projektiranje	29
4.5 Napenjanje sider	31
4.6 Preiskave sider in ugotavljanje njihovih nosilnosti	32
4.6.1 Presoja preiskav sider in določanje karakteristik (povzetek iz SIA 267/1).....	34
4.6.2 Opazovalni časi.....	35
4.7 Vgradnja sider (Elaborat sidra ZPGS Rafael 20 in SIST EN 1537)	36
4.7.1 Vrtanje vrtin.....	36
4.7.2 Vstavljanje sider v vrtine	37
4.7.3 Injektiranje in poinjektiranje.....	37
4.8 Zaključni postopki izdelave območja glave sidra	37
4.9 Program napenjanja sider za PGH Kozolec, 2. faza.....	38
4.9.1 Preskusna sidra	39
4.9.2 Celovit preskus napenjanja (CPN).....	40
4.9.3 Enostavni preskus napenjanja (EPN)	41
5 VAROVANJE GRABENE JAME	42
5.1 Jet grouting	42
5.1.1 Označbe.....	42
5.1.2 Injekcijska masa.....	44
5.1.3 Izvedba jet grouting slopov.....	46
5.1.4 Modificiran jet.....	46
5.1.5 Vertikalne inklinacije.....	47
5.1.6 Uporaba zmanjšanega pritiska injektiranja vzdolž osi F	48
5.1.7 Poševni jet grouting slopi	50
5.1.8 Izkop gradbene jame do nivojev sidrnih gred.....	51
5.1.9 Dolžina (metraža) injektiranja.....	51
5.2 Izvajanje sider ZPGS Rafael 20	51
5.2.1 Postopek vrtanja sidrnih vrtin.....	53
5.2.2 Injektiranje cementne mase	55
5.2.3 Napenjanje sider	55
5.2.4 Preskusna sidra (komentarji na probleme med izvedbo).....	55
5.2.5 Program napenjanja sider ter sprotne meritve	58
5.2.6 Sidra z oznakami Ss19, 20, 21, 22 in Sz20.....	59

5.2.7 Sidro z oznako Sz46.....	60
5.2.8 Sidro z oznako Sz41.....	61
5.2.9 Ležišča na gredi, naklon sidrne glave in naklon osi sider	61
5.2.10 Zaklinjanje sider in zaščita glav sider.....	63
6 ZAKLJUČEK	66
VIRI.....	68
Standardi	69

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Značilni pritiski in pretoki za posamezne metode injektiranja (SIST EN 12716, Aneks B).....	11
Preglednica 2: Pregled sidrnih sil v odvisnosti od števila pramen (internetna stran podjetja Rafael).....	25
Preglednica 3: Razčlenitev aktivnosti projektanta in izvajalca sidranja (SIST EN 1537: preglednica 1).....	30
Preglednica 4: Primerjava oznak med standardi SIST EN 1537 in SIA 267 - 267/1.....	33
Preglednica 5: Ovrednotenje CPN v treh opazovalnih stopnjah.....	40
Preglednica 6: Rezultati enosnih tlačnih preskusov na injekcijski masi.....	45
Preglednica 7: Načrtovani in dejansko izvedeni CPN-ji.....	59

KAZALO SLIK

Slika 1: Lokacija gradbišča (Google earth).....	2
Slika 2: Karakteristični prerez vzdolž objekta Hotel Center – odsek A (projektna dokumentacija).....	5
Slika 3: Karakteristični prerez vzdolž objekta knjižnice Otona Župančiča – odsek B (projektna dokumentacija).....	6
Slika 4: Karakteristični prerez vzdolž objekta Kersnikova 6 – odsek C (projektna dokumentacija).....	7
Slika 5: Grafični, poenostavljeni prikaz jet grouting postopka (Grafični prikaz Hayward Baker, pridobljeno 18. 1. 2016).....	9
Slika 6: Grafična shema opreme za izvajanje pilotov po postopku jet grouting (predstavitev jet grouting tehnologije - Geoinvest).....	12
Slika 7: Monitor (lastna fotografija).....	13
Slika 8: Pogled na gradbišče (lastna fotografija).....	13
Slika 9: Vrtalni stroj (Fraste S.p.a. produkti - direct industry).....	15
Slika 10: Mešalna postaja (predstavitev jet grouting tehnologije - Geoinvest).....	16
Slika 11: Odvisnost med tlačno trdnostjo [MPa], premerom slopa [cm], tipom zemljine in količino cementa [kg/m ¹ slopa ali kg/m ³ izboljšane zemljine] (knjiga: Ground control and improvement).....	19
Slika 12: Pretok mase v odvisnosti števila in premera šob, vodo-cementnega faktorja in tlaka injektiranja. (Jet grouting Geoinvest – predstavitev 2003).....	20
Slika 13: Skica geotehničnega sidra (Skripta Janko Logar: Sidranje konstrukcij).....	21
Slika 14: Vezni del sidra projektiramo za kritično porušnico (Skripta Janko Logar: Sidranje konstrukcij).....	22
Slika 15: Detajli glave geotehničnega sidra (Skripta Janko Logar: Sidranje konstrukcij).....	24
Slika 16: (grafični) prikaz delov sidra (Fpr EN1537: Figure 1).....	26
Slika 17: Označba linije in pozicij jet slopov vzdolž osi F (tudi stanje po neurju prejšnji dan) (lastna fotografija).....	43
Slika 18: Pogled na os A ob objektu Kersnikova 4 od 21 osi proti Knjižnici Otona Župančiča (lastna fotografija).....	44
Slika 19: Pogled vzdolž osi A od Knjižnice Otona Župančiča proti 1. fazi PGH. (lastna fotografija).....	44
Slika 20: Rezultati enoosnih tlačnih preskusov na injekcijski masi.....	45

Sliki 21 in 22: Levo situacija problema J179, desno J177. Primer težave s kakršnimi se srečujemo med injektiranjem ter rezultat, ki ga vidimo šele po odkopani jami. Konkretni problem v tem primeru ne vpliva na celovitost, saj se nahaja na delu stene, kjer pritiski niso veliki. (lastni fotografiji).....	47
Sliki 23 in 24: Prvi 4 slopi na SV delu takoj po injektiranju na mestu inklinacije 1 (med J7 in J8) na levi ter že izvedena inklinacija 2 na JV delu (med J64 in J65) 3 dni po injektiranju za drugo skupino 4 jetov na desni. (lastni fotografiji).....	48
Slika 25: Razdalje med vročevodno kineto, osjo varovalne stene s pozicijami jet slopov ter pozicijo bodoče garažne hiše. (lastna fotografija).....	49
Slika 26: Pogled na os F po odkopu, kjer se lepo vidi zmanjšan prerez slopov v zgornjem metru ob vročevodu. (lastna fotografija).....	49
Slika 27: Prikaz inštalacije, zaradi katere smo povečali naklon injektiranja pri knjižnici (lastna fotografija).....	50
Slika 28: Testno sidro čaka na vgradnjo. (lastni fotografiji).....	52
Slika 29: Podatki o TS ter razlika med veznim in prostim delom sidra.(lastna fotografija).....	52
Slika 30: Skladno s SIST EN 1537, E.2.2 naj k(Pp) nebi presegla vrednosti 1 mm. (protokol TS12 v prilogi 4).....	53
Sliki 31 in 32: Vrtalni stroj (lastni fotografiji).....	54
Sliki 33 in 34: Kotno merilo z libelo (lastni fotografiji).....	54
Slika 35: Izpihana zemljina po vrsti od površine (levo) proti dnu (desno). Skrajni desni iz 14,5m. (lastna fotografija).....	55
Slika 36: Odvzem izpihane zemljine (lastna fotografija).....	56
Sliki 37 in 38: Pri TS12 je prišlo do strižnih razpok grede pri 900 kN. Sliki prikazujeta razpoko, ki je pri tem nastala. (lastni fotografiji).....	57
Sliki 39 in 40: Po razbremenitvi se je greda pomaknila nazaj na prvotno mesto in razpoka se je zaprla. (lastni fotografiji).....	57
Slika 41: Neustrezno sidro z oznako Ss20 in sidro Sz20 zaklinjeno na 100 kN. (lastna fotografija).....	59
Slika 42: Situacija med Kersnikovo 4 in 6 (lastna fotografija).....	60
Slika 43: Situacija sidra po injektiranju (lastna fotografija).....	61
Slika 44: Razlika v naklonih med vrtalnim drogovjem in naklonom naležne površine na gredi. (lastna fotografija).....	62
Slika 45: Sanacija naklona ležišč grede v območju glave sider (lastna fotografija).....	62

Slika 46: Vzdolžni pogled na zgornjo sidrno gredo ob objektu Hotel Center. (lastna fotografija).....	63
Sliki 47 in 48: Levo nameščanje zakovic, desno nameščanje napenjalke za zaklinjanje pri V_0 . (lastni fotografiji).....	64
Slika 49: Zainjektirano sidro v fazi pred napenjanjem. (lastna fotografija).....	64
Slika 50: Odrezana injekcijska cev in odstranjen zaščitni ovoj. (lastna fotografija).....	65
Slika 51: Napeto, zaklinjeno in zaščiteno sidro, ki že opravlja svojo funkcijo. (lastna fotografija).....	65

1 UVOD

1.1 Motiv za diplomsko nalogo

Danes imamo študentje po končanem študiju velike probleme z zaposlitvijo in posledično pridobivanjem izkušenj in praktičnega znanja. Zato sem se odločil, da se lotim izdelave diplomske naloge na področju geotehnike, ki me zelo zanima. Gre za področje, kjer inženirji potrebujemo največ terenskih izkušenj.

Že za praktično usposabljanje med študijem, sem si izbral podjetje, ki se ukvarja z geotekniko in vsaj v delnem obsegu želel delo na področju geofizike, ki sicer ni neposredno gradbeniška domena.

Kasneje se mi je ponudila priložnost, da delo na področju geotehnike nadaljujem tudi pri izdelavi diplomske naloge. Ustregli so mi pri podjetju Gradis skupina G in mi omogočili prisotnost na gradbišču za parkirno garažno hišo (PGH) Kozolec, 2. faza. Z odgovornim inženirjem Poldetom Pepevnikom ter mentorjem doc. dr. Boštjanom Pulkom in somentorjem in izr. prof. dr. Jankom Logarjem smo se domenili, da bom izdelal diplomsko nalogo, kjer bom predstavil spremljavo del varovanja gradbene jame za omenjeni objekt. Pozornost sem posvetil predvsem izvedbi jet grouting slopov in začasnih geotehničnih sider.

1.2 Cilj in namen diplomske naloge

Naloga je operativne narave. Opazoval in delno sodeloval sem pri pripravljanih delih za izvedbo ter pri izvedbi jet grouting (JG) slopov ter vrtanju, nameščanju in napenjanju začasnih geotehničnih sider ter nekaterih drugih spremljevalnih delih, kot so zakoličba linije JG slopov, nameščanju in merjenju inklinacij in drugo.

V diplomski nalogi sem najprej opisal projekt za PGH in predvsem tehnologijo izdelave JG slopov ter napenjanje začasnih geotehničnih sider po standardih SIST EN 12716:2002 (Izvedba posebnih geotehničnih del – Injektiranje pod visokimi pritiski) ter SIST EN 1537:2002 (Izvedba posebnih geotehničnih del – Geotehnična sidra). Določila standardov sem primerjal z dejanskimi opravili na gradbišču in jih podkrepil s poročili in rezultati izvedenih preiskav. Predvsem pa sem se posvetil problemu na gradbišču tekom izvedbe del ter njihovemu reševanju.

2 PREDSTAVITEV PROJEKTA PGH KOZOLEC 2. FAZE

2.1 Splošno o projektu

Investitor objekta Parkirno garažna hiša Kozolec, 2. faza je Mestna občina Ljubljana. Objekt 2. faze je situiran v podaljšku 1. faze in je z njim tudi funkcionalno povezan. Objekt bo enako kot objekt 1. faze izveden v treh kletnih etažah, zato so njegove etažne kote identične kotam iz 1. faze. Tudi globinski poseg je enak kot pri prvi fazi. Kote izkopa so naslednje: nična kota objekta $0,0 = 298,15$ m abs, kota najnižje kletne etaže je $-8,79$ m abs in kota dna temelja je $-9,86$ m abs, odn. $10,60$ m abs. Dno temelja je torej predvideno na koti $288,29$ m abs (dno obodnih pasovnih temeljev).

Tlorisni gabarit objekta je približno $63,0$ m x $33,0$ m in meji na 1. fazo PGH na severu, Knjižnico Otona Župančiča (KOŽ) na jugu ter objektom Slovenska 51 na vzhodu in Kersnikovo 4 in 6 na zahodu, kot je razvidno iz Slike 1.



Slika 1: Lokacija gradbišča (Google earth, pridobljeno 17. 1. 2016)

Za izgradnjo PGH je bilo potrebno izkopati gradbeno jamo, ki je zavarovana z jet grouting slopi, ki so sidrani v zemljinu z začasnimi geotehničnimi sidri v enem ali dveh nivojih.

2.2 Predhodne raziskave tal

Leta 2001 so izvedli 3 geotehnične vrtine ter 10 SPT meritev ('in situ' testi). Izvedli so tudi pregled in popis jeder vrtin po AC klasifikaciji ter opravili laboratorijske preiskave na karakterističnih odvzetih vzorcih zemljin.

Na podlagi teh preiskav so ugotovili, da so tla izrazito nehomogena. Sestavo tal določajo 3 tipične zemljine, ki so bile upoštevane pri geostatični analizi temeljenja in začasnega varovanja gradbene jame.

Zgornjih 10 do 12 m zemljine je peščeno prodnatih in so po celotnem raziskanem področju goste do zelo goste in dobro nosilne. Na globini okrog 10 m se začnejo pojavljati lahko do srednje gnetne glinice ter peščeni in glinasti melji, ki so zelo stisljivi. Ta plast sega do globine približno 16 m, kjer se ponovno pojavijo zelo gosti peski in prodi.

Tipične zemljine, kot si sledijo od površine v globino:

GP/GM, karbonatni, gost do zelo gost:

- prostorninska teža $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
- strižni kot $\varphi = 38^\circ$
- modul stisljivosti $M_v = 40\,000 \text{ kPa} \div 60\,000 \text{ kPa}$

CL/ML, lahko do srednje gnetna:

- prostorninska teža $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
- nedrenirana strižna trdnost $c_u = 20 \text{ kPa} \div 45 \text{ kPa}$
- strižni kot $\varphi = 18^\circ$
- kohezija $c = 15 \text{ kPa}$
- prepustnost $k = 3,71 \times 10^{-5} \text{ m/dan}$
- modul stisljivosti $M_v = 4\,000 \text{ kPa} \div 7\,000 \text{ kPa}$

GP/GM, mešanega sestava, gost do zelo gost:

- prostorninska teža $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$
- strižni kot $\varphi = 40^\circ$
- modul stisljivosti $M_v = 50\,000 \text{ kPa} \div 80\,000 \text{ kPa}$

Med preiskavami so opazovali pojavljanje talne vode v tleh in ugotovili, da se ta kot prosta podtalnica do globine 17,3 m pod površjem (globina najgloblje vrtine) ne pojavlja. Tudi po končanem vrtanju v vrtinah ni bilo zaznani podtalnice. Vrtine se zaključijo v dobro prepustni peščeno prodnati plasti.

2.3 Gradbene jame – splošno

V prostoru, ki ni omejen s sosednimi stavbami oziroma objekti, ki je neoviran na vse strani in kjer je sestava tal odlična, je graditi enostavno. Tudi če želimo kletne prostore, je varovanje gradbene jame skoraj nepotrebno oziroma minimalno, saj lahko izvedemo širok izkop s prostimi brežinami v naklonu, ki je odvisen od sestave tal.

Zaradi vse pogostejšega pomanjkanja prostora in potreb po njem, se predvsem v mestih vse pogosteje izvaja gradnja podzemnih prostorov, kot so na primer garažni prostori. Praktično

so redki primeri, ko se pri novogradnji poslovnih ali stanovanjskih objektov ne izvede podkletitve v obliki garažnih prostorov ali parkirno garažni objekt.

Zaradi neposredne bližine sosednjih objektov, je običajno potrebno izvesti vertikalni izkop gradbene jame, ki v zemljinah običajno ni možen. Gradbeno jamo je potrebno začasno varovati. Zaščito gradbene jame lahko izvedemo na več načinov, kar je odvisno od mnogih dejavnikov. Ti dejavniki so:

- razpoložljiv prostor
- bližina sosednjih objektov
- oblika terena
- tip zemljine in predvsem njene fizikalne lastnosti
- prisotnost talne vode in njen nivo
- globina izkopa in drugo.

Glede na način prevzemanja zemeljskih pritiskov, ki delujejo na zaščitno konstrukcijo jame, ločimo razprte zaščitne konstrukcije, ki so primerne predvsem za zaščito ozkih gradbenih jam, ter sidrane zaščitne konstrukcije s katerimi običajno varujemo široke gradbene jame. Sidrane zaščitne konstrukcije sidramo v zaledno zemljino. Zaščitna konstrukcija gradbene jame prenaša pritiske zaledne zemljine na sidra preko sidrnih gred ali preko razpornih gred na razpore.

Najbolj znane tehnologije varovanja gradbene jame, ki se izvajajo pri nas so:

- armiranobetonska diafragma (zaporedna ali izmenična izvedba lamel; odkopljemo, armiramo, zabetoniramo, lamele na koncu povežemo z gredo)
- berlinska stena (vtisnjeni profili z vmesnim polnilom)
- jet grouting slopi (injektiranje tal pod visokimi pritiski)
- pilotna stena (odkopljemo, armiramo, betoniramo)
- zagatna stena (vtisnjeni jekleni profili)

Leta 1987 je bila v Sloveniji prvič uporabljena metoda jet grouting (injektiranje pod visokimi pritiski). Takrat so jo začeli uporabljati tudi za (začasno) zaščito gradbenih jam.

2.4 Zasnovačasne varovalne konstrukcije za PHG Kozolec

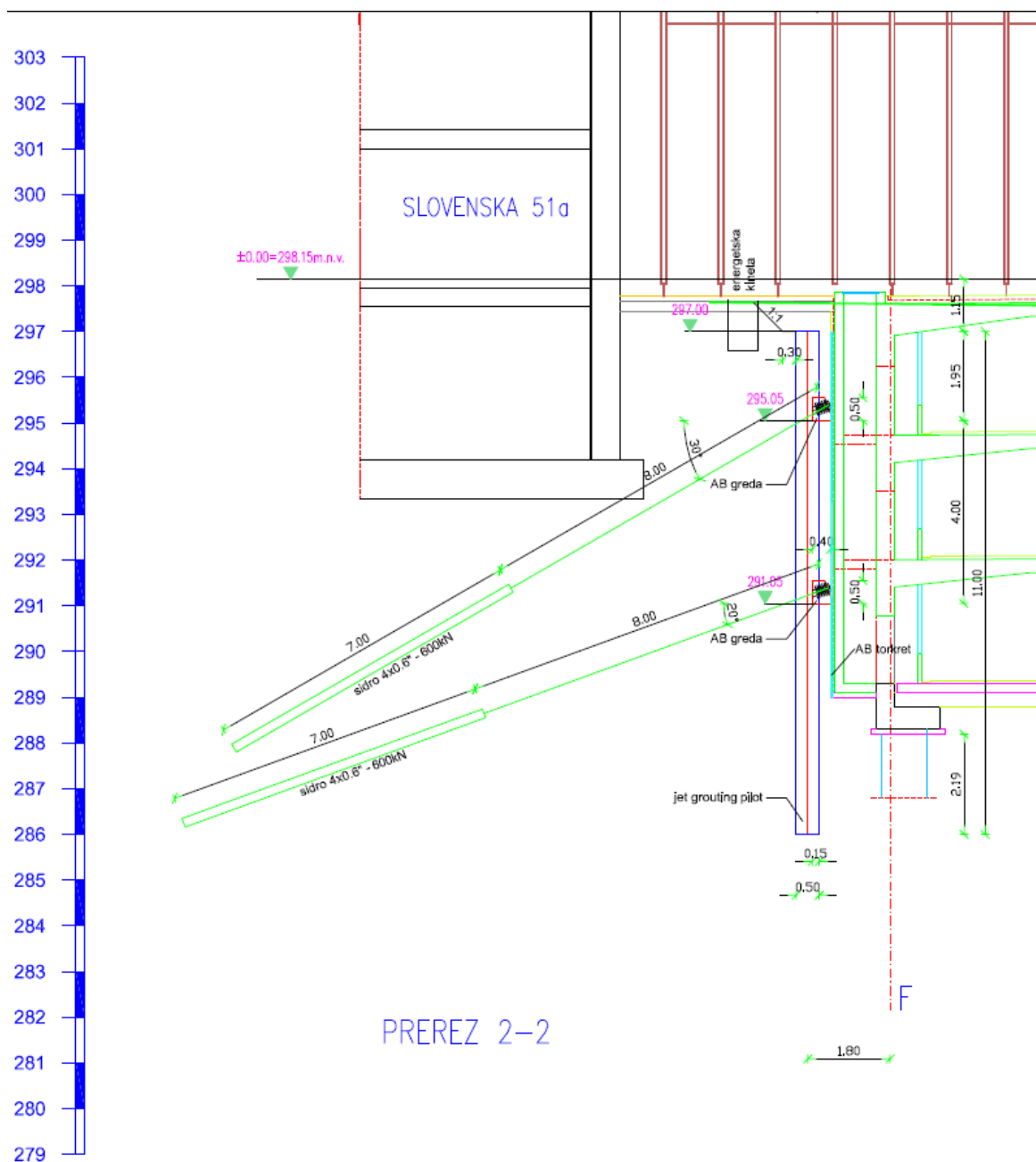
Druga faza PGH Kozolec pomeni podaljšanje obstoječega objekta iz prve faze v južni smeri za približno 63 metrov, kot je razvidno iz gradbene situacije na prilogi 1, kjer je prikazan tudi položaj mrežnih osi. Varovanje gradbene jame za drugo fazo je bilo treba izvesti vzdolž objekta Slovenska 51, Kersnikova 4 in 6 ter ob objektu Knjižnice Otona Župančiča. Varovalna konstrukcija ob obstoječi južni zunanji steni iz prve faze (os 14), se je pri gradnji porušila.

Zaradi različnih kot temeljenja sosednjih objektov in bližine vročevoda, je bila varovalna konstrukcija razdeljena na tri odseke, in sicer:

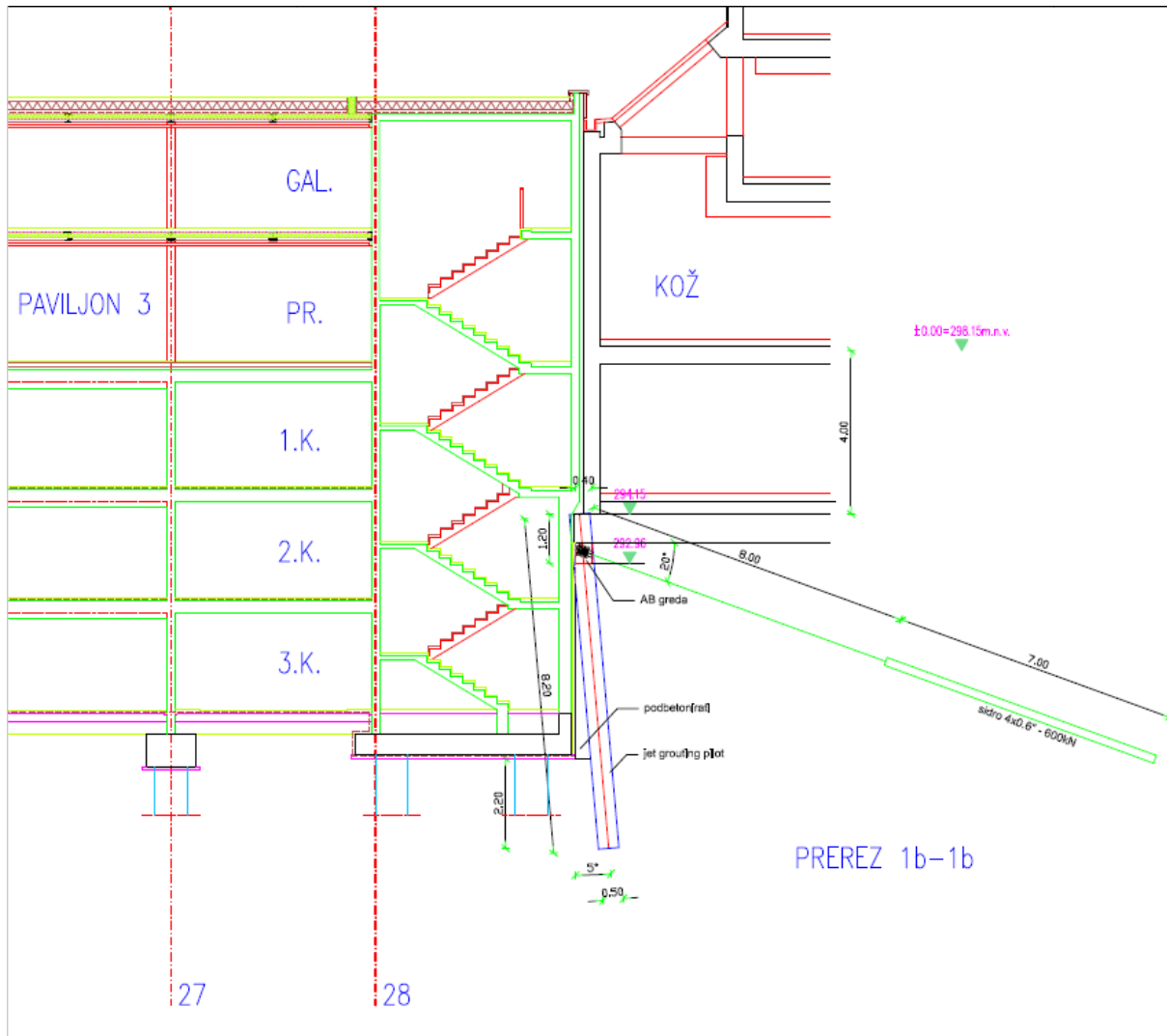
- *odsek A* obsega varovanje vzdolž objekta Slovenska 51 (Hotel Center Ljubljana), ob osi F. Vrh varovalne konstrukcije je bil določen na koti dna obstoječe vročevodne kinete, ki se po podatkih upravljavca nahaja na koti 297,0 m abs

- odsek B obsega varovanje ob objektu Knjižnice Otona Župančiča, ob osi 28, ki je podkleten. Vrh varovalne konstrukcije se nahaja na koti vrha temeljev obstoječega objekta, na koti 294,15 m abs (ugotovljeno po izkopu: 294,65 m)
- odsek C obsega varovanje terena vzdolž objektov Kersnikova 4 in 6, ob osi A. Ob Kersnikovi 4 se vrh varovalne konstrukcije nahaja na koti 297,0 m abs. Ob objektu Kersnikova 6, ki je podkleten, bo parkirno garažna hiša segala povsem do objekta, zato je tu varovalna konstrukcija izvedena od kote dna povezovalnih gred med točkovnimi temelji (od vrha pete temeljev), ki so na koti 292,97 m abs.

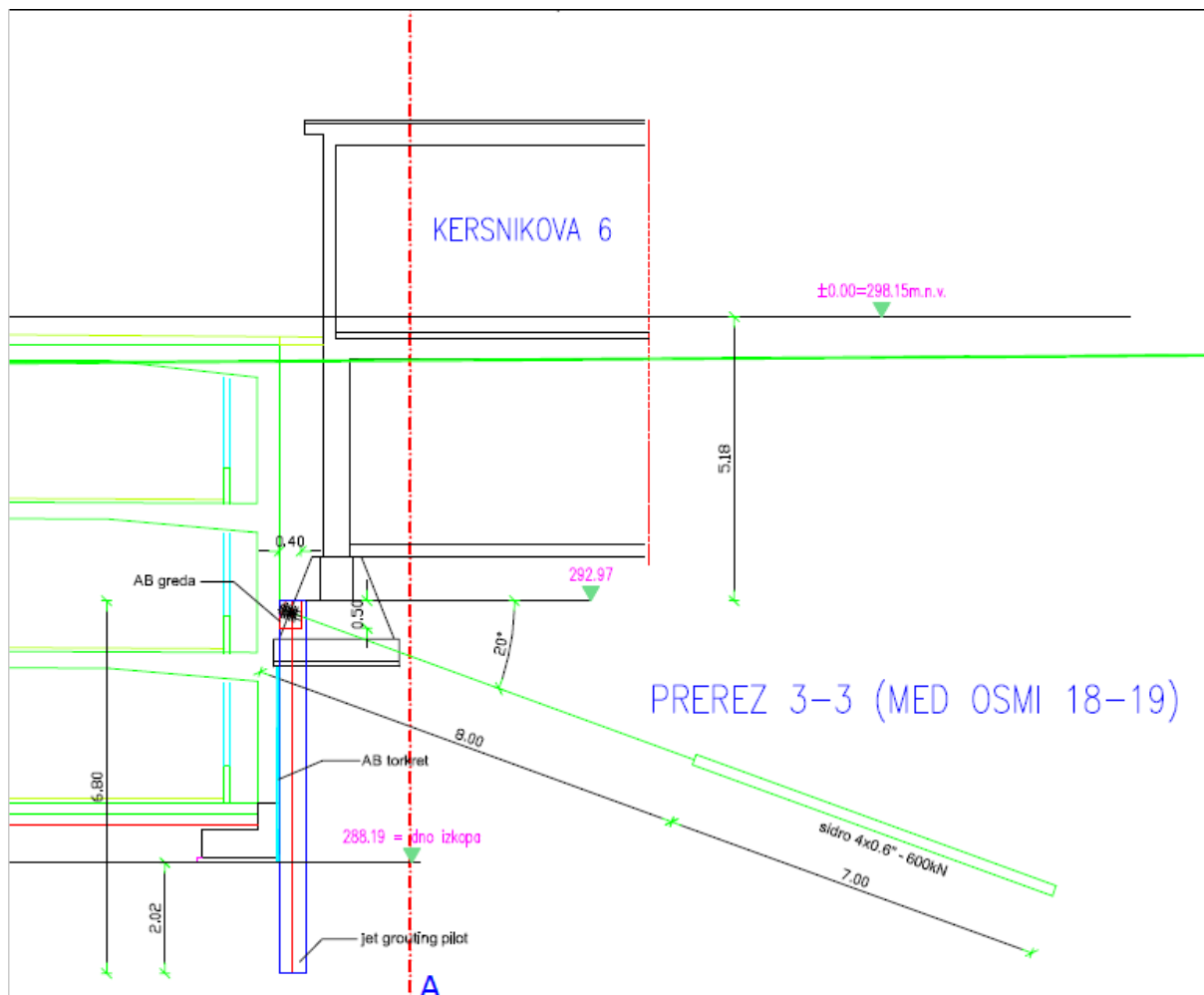
Začasno varovalno konstrukcijo po obodu gradbene jame sestavljajo vertikalni jet grouting piloti, ki so glede na statični izračun sidrani z začasnimi sidri v enem ali dveh nivojih, kot je razvidno iz karakterističnih prečnih prereзов na slikah 2, 3 in 4.



Slika 2: Karakteristični prerez vzdolž objekta Hotel Center – odsek A (projektna dokumentacija)



Slika 3: Karakteristični prerez vzdolž objekta knjižnice Otona Župančiča – odsek B (projektne dokumentacija)



Slika 4: Karakteristični prerez vzdolž objekta Kersnikova 6 – odsek C (projektna dokumentacija)

Jet grouting pilote smo izvedli po sistemu injektiranja tal z vbrzgvanjem cementne suspenzije pod visokimi pritiski, s katerim smo izdelali kompozitne slope povprečnega premera 0,50 m. Osa razdalja med slopi je znašala 0,80 m. Po končanem injektiranju smo v jedro slopa vtisnili armaturno palico RA 400/500 Φ 32. Na nivojih sidranja smo izvedli armirano betonske sidrne grede.

Začasna geotehnična sidra so predvidene nosilnosti 600 kN. S horizontalo oklepajo kot $\alpha = 20^\circ$. Osnovni raster sider 3,2 m je mestoma spremenjen zaradi geometrije prostora. Dno varovalne konstrukcije je minimalno 2,0 m pod koto temeljenja objekta na koti 288,29 m abs.

Vzdolž objekta Hotel Center smo varovalno konstrukcijo med osmi 17 in 25 primaknili k predvidenemu objektu zaradi bližine energetske kinete. Ohranili smo enako vertikalno konstrukcijo. Na mestih vročevodnih kompenzacijskih lir (kompenzatorji napetosti) je bilo alternativno obdelana tudi možnost zamenjave jet grouting pilotov z uvrtnimi armirano-betonskimi piloti, v kolikor bi izvajalec menil, da je razdalja med jet grouting piloti in lirami premajhna za varno injektiranje.

V območju objekta Knjižnice Otona Župančiča smo izvedli na koti vrha obstoječih temeljev poševne jet grouting pilote, ki z vertikalo oklepajo kot 5° . Pod obstoječimi pasovnimi temelji smo kampadno izvedli sidrne grede. Varovalna konstrukcija pod sidrno gredo je izravnana s podbetoniranjem, ker služi kot zunanji opaž obodni steni garažne hiše.

V območju objekta Kersnikova 6 bo obodna stena garažne hiše segala do točkovnih temeljev, zato smo varovalno konstrukcijo izravnali z armiranim brizganim betonom, saj ta služi kot zunanji opaž.

Pri gradnji zaščitne gradbene jame je bila zahtevana naslednja kvaliteta materialov:

Jet grouting piloti Φ 50 C12/15:

- poraba cementa: 220 - 250 kg/m¹ pilota
- vodocementni faktor: v/c = 0,55
- kvaliteta cementa: PC 30z 45b
- pritisk pri injektiranju: 420 - 450 bar
- kvaliteta odvzete injekcijske mase: C 20/25
- hitrost dvigovanja injekcijskega drogovja: odvisna od podanih parametrov in opreme izvajalca

Vezna greda 40/50 cm:

- beton: C 25/30
- armatura: S 500

Armiran torkret d = 10 - 15 cm:

- beton: C 16/20, agregat frakcije 0 – 4 mm
- armatura: MA Q 226

Pri vgradnji in injektiranju začasnih sider morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji:

- vodocementni faktor: v/c = 0,45
- kvaliteta cementa: PC 15z 45B (CEM II/A-S 42,5R)
- dodatek za nabrekanje: cca 0,4% na količino cementa
- kvaliteta injekcijske mase: po 28 dneh mora dosegati srednjo vrednost tlačne trdnosti

$$\sigma_{tl \min} \geq 30 \text{ MPa}$$

Pred pričetkom vgradnje sider smo nosilnost sider preverili s tremi poskusnimi sidri. Mesta

poskusnih sider Sz 12 (TS12) in Sz 18 (TS18) ob objektu Hotel Center in Ss 37 (TS37) pri Kersnikovi 4 smo določili že pred izdelavo sidrnih gred, ker je bilo potrebno za poskusna sidra v grede vgraditi dodatno spiralno armaturo in tulce sider.

Karakteristike varovalne konstrukcije so razvidne iz situacije (priloga 1) in tlorisov začasne varovalne konstrukcije (prilogi 2 in 3).

3 JET GROUTING

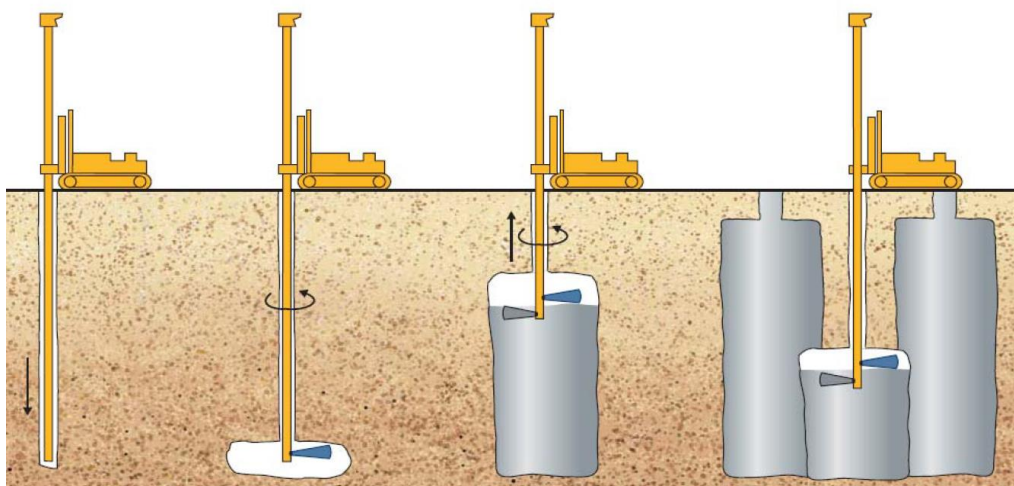
V primerih, ko gradimo v predelih, kjer je gradnja ovirana zaradi obstoječe urbanistične ureditve, prenaseljenih področij in v nekoherentnih tleh, je tehnologija jet grouting ena najprimernejših, saj omogoča izvedbo vertikalnega izkopa gradbene jame poleg sosednjih objektov. Je tudi ena izmed tehnologij, s katero lahko izboljšamo lastnosti slabih temeljnih tal, da prenesejo obtežbo novo zgrajenih objektov. Metoda je uspešna tudi pri kontroli toka podzemne vode.

3.1 Jet grouting tehnologija – predstavitev

Jet grouting je ena novejših tehnologij na področju injektiranja temeljnih tal. Uporablja se za izboljšanje karakteristik temeljnih tal z injektiranjem injekcijskih mas pod visokimi pritiski. Zaradi visokih pritiskov se osnovna struktura tal poruši. Zrna zemljine se tako pomešamo z injekcijsko maso, v tleh pa dobimo približno okrogel slop poboljšanih temeljnih tal. Za injektiranje se najpogosteje uporablja vodo cementne mase, lahko pa tudi vodo cementno bentonitne mase.

Prednost te metode pred klasičnim injektiranjem je njena široka uporabnost, saj je primerna tako za grobo kot drobno zrnate zemljine in celo za srednje mehka in koherentna tla. Glede na sestavo tal se izbere ustrezno tehnologijo jet grouting postopka.

V splošnem poznamo tri različice tehnologije jet grouting postopka, ki omogočajo poboljšanje mehanskih lastnosti na enostaven in poceni način ali pa na tehnološko bolj zahteven in dražji način v praktično vseh vrstah temeljnih tal. Vsaka izmed različic je primerna za specifičen tip zemljin, s katerimi dosežemo maksimalen premer in kvaliteto slopa.



Slika 5: Grafični, poenostavljeni prikaz jet grouting postopka (Vir: Grafični prikaz Hayward Baker, pridobljeno 18. 1. 2016)

Za vse tri različice izvedbe v splošnem velja, da z vrtnim dletom najprej zvrtno do projektirane globine nato pa med povratkom skozi šobe, nameščene med dletom in drogovjem, pod visokimi pritiski injektiramo injekcijsko maso v predhodno porušeno zemljino, kot je prikazano na sliki 5. Masa se pomeša z zemljino in po strditvi izboljša njene

geomehanske lastnosti. Premer slopa je odvisen od mnogih lastnosti, ki definirajo tudi jet grouting parametre:

- tipa zemljine
- različice jet grouting metode
- števila in premera šob za injektiranje
- injekcijske mase (predvsem njen v/c faktor)
- pritiskov jet grouting fluidov
- pretoka jet grouting fluidov
- hitrosti dvigovanja ali vtiskanja
- frekvence rotacije

Slop lahko tudi armiramo. Po standardu SIST EN 12716 lahko to naredimo na dva načina; po končanem injektiranju v sredino slopa ročno vtisnemo ali zabijemo armaturno palico, lahko pa po strditvi v sredino slopa ponovno izvrtamo luknjo v katero vstavimo armaturno palico in jo nato zalijemo z vezivom. V primeru vtiskanja v svežo maso lahko uporabimo alternativni postopek, kjer ponovno povrtavamo v svežo injekcijsko maso do dna vrtine, pri čemer vrtalno dleto zamenjamo s krono ter armaturo vgradimo skozi vrtalno drogovje; na koncu vrtalno drogovje izvlečemo iz vrtine.

Jet grouting slopi v funkciji zaščite gradbene jame kljub armaturi prenesejo relativno majhne prečne in upogibne obremenitve. Zato jih je treba horizontalno podpreti. Na vrhu, vmes, lahko tudi v več nivojih, slope povežemo s sidrno armiranobetonsko gredo, na dnu pa jih vpnemo v temeljna tla. Dolžino vpetja določimo s projektnimi izračuni glede na strižno odpornost tal. Pri PGH Kozolec je dolžina vpetja JG slopov minimalno 2,0 m pod koto temeljenja objekta.

Prednosti metode jet grouting so:

- razmeroma hitra izvedba
- širok razpon uporabe
- zadovoljiva kakovost slopov (predvsem v prodnatih tleh)

Slabosti metode jet grouting so:

- glede na kakovost neenakomerni slopi (različna kvaliteta kompozita zemljine in injekcijske mase glede na karakteristike sloja skozi katerega injektiramo)
- glede na dimenzijo neenakomerni slopi (tako kot zgoraj; različna sestava slojev skozi katere injektiramo)
- velika poraba materiala (iztekanje mase)

3.2 Tehnologija izvedbe (predstavitev Geoinvest in SIST EN 12716:2002)

Poznamo tri tehnologije izvedbe jet grouting slopov:

- enofazna tehnologija (T_1)
- dvofazna tehnologija ($T_{1/B}$ kombinacija z vodo in $T_{1/S}$ kombinacija z zrakom)
- trifazna tehnologija (T_2)

Pri tehnologiji T_1 suspenzijo injektiramo s pritiski od 400 do 600 barov. Ta tip je bolj primeren za nekoherentne zrnate zemljine. Tako dobimo slope premera od 40 cm do 80 cm.

Pri tehnologiji $T_{1/B}$ skozi višje nameščene šobe, z vodo pod pritiskom od 400 do 600 barov, rušimo in hkrati izpiramo zemljino. Skozi nižje nameščene šobe pa injektiramo suspenzijo pod pritiskom od 50 do 70 barov. Dobimo kole premera od 40 cm do 100 cm. Pri tehnologiji $T_{1/S}$ pa skozi obodne šobe pod pritiskom od 5 do 6 barov (do 14 barov) dovajamo zrak, ki pospešuje injektiranje suspenzije pod pritiskom od 500 do 700 barov. Taki koli so premera od 60 cm do 140 cm. Dvofazna tehnologija je bolj učinkovita v koherentnih zemljinah.

Pri T_2 se dogaja podobno kot pri $T_{1/S}$. Suspenzijo pod pritiskom od 50 do 70 barov pospešuje zrak skozi obodne šobe pod pritiskom od 6 do 10 barov. Skozi višje nameščene šobe pa zemljino režemo z vodnim curkom pod pritiskom od 400 do 600 barov. Trifazna tehnologija nam omogoča izdelavo slopov premera od 140 cm do 200 cm.

Preglednica 1: Značilni pritiski in pretoki za posamezne metode injektiranja (SIST EN 12716, Aneks B)

Jet grouting parametri	Enofazni sistem	Dvofazni sistem zrak	Dvofazni sistem voda	Trifazni sistem
Pritisk mase (Mpa)	30 do 50(60)	30 do 50(70)	5 do 7 (> 2)	5 do 7 (> 2)
Pretok mase (l/min)	50 do 450	50 do 450	50 do 200	50 do 200
Pritisk vode (Mpa)	/	/	30 do 60	30 do 60
Pretok vode (l/min)	/	/	50 do 150	50 do 150
Pritisk zraka (Mpa)	/	0,2 do 0,6(1,7)	/	0,2 do 1 (1,7)
Pretok zraka (m ³ /min)	/	3 do 12	/	3 do 12

Pri enofazni metodi in dvofazni metodi z vodo, lahko vrtnje in injektiranje opravimo hkrati, brez vmesnega dvigovanja in spuščanja drogovja, če to dopušča oprema. Pri dvofazni metodi z zrakom ter trifazni metodi pa postopek vrtnja in injektiranja opravimo ločeno. Najprej zvrtnemo do projektirane globine, nato pa v drogovje spustimo bolj kompleksno drogovje za injektiranje pod visokim pritiskom.

Pri enofazni metodi imamo za injektiranje enostavno drogovje samo za emulzijo. Pri ostalih metodah pa je drogovje večfazno za ločeno dovajanje fluidov.

Namen vode in zraka pri več faznih tehnologijah je povečati vplivno območje injektiranja pod visokimi pritiski in posledično povečati premer JG slopa. Ker cementno suspenzijo injektiramo v že porušeno in prečiščeno zemljino in/ali pa jo mešamo z zrakom, so pritiski s katerimi injektiramo lahko manjši. Vpliv vode je bolj v smislu rušenja in povečanja prepustnosti zemljine, vpliv zraka pa v "redčenju" oziroma zmanjšanju viskoznosti suspenzije.

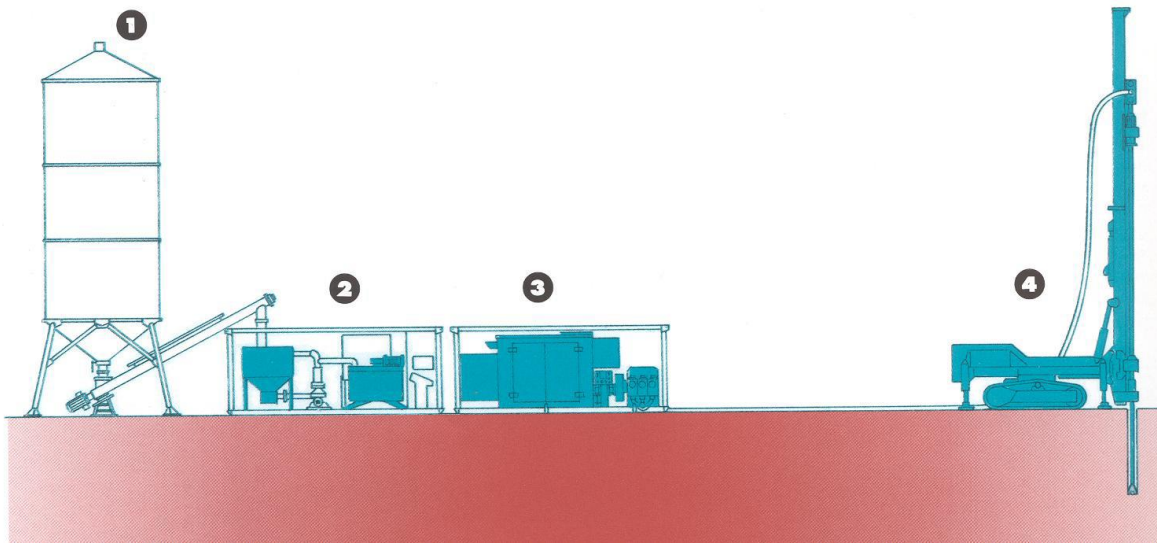
3.3 Postopek vrtnja s poudarkom na enofazni tehnologiji

3.3.1 Vrtalna oprema

Za izvedbo pilotov po postopku jet grouting potrebujemo vrtalno garnituro s specialno opremo in pripadajočo visokotlačno črpalko ter mešalec injekcijske mase.

Opremo za izvajanje jet grouting slopov sestavljajo:

- silos za cement (1)
- polž
- avtomatska mešalna postaja(2)
- visokotlačna črpalka(3)
- hidravlični lafetni vrtni stroj(4)
- vrtno drogovje z vrtno glavo, sestavljenega iz vrtnega dleta, nepovratno zapornega ventila in nosilca šob
- pri večfaznih tehnologijah tudi kompresor za zrak ter visokotlačna črpalka za vodo



Slika 6: Grafična shema opreme za izvajanje pilotov po postopku jet grouting (Vir: predstavitev jet grouting tehnologije - Geoinvest)

Vrtna glava ima na najglobljem delu pričvrščeno krono in sicer štiri krilno dleto ŠKD $\Phi 105$ mm. V nekaterih primerih (v našem primeru je tako), je med drogovjem in krono privit nosilec šob (imenovan monitor) s projektno določenim številom šob za injektiranje pod visokimi pritiski različnih premerov. Med nosilcem in krono je nameščen zaporni ventil, ki pri določenem pritisku zaustavi pretok. Pri opremi uporabljeni na projektu PGH Kozolec je to pri pritisku 40 barov.



Slika 7: Monitor (Vir: lastna fotografija)

Monitor je naprava enakega premera kot vrtalno drogovje, ki nosi eno ali več šob za vbrizgavanje cementne mase, vode ter zraka. Od tehnologije vbrizgavanja je odvisno katere izmed šob namestimo na monitor in kakšen je premer ter število teh šob.



Slika 8: Pogled na gradbišče (Vir: lastna fotografija)

Pri postavitvi jet grouting opreme moramo paziti, da se postavi v pravem vrstnem redu. Iz silosa cement po polžu transportiramo do mešalne postaje, črpalka pa nato pripravljeno maso črpa iz mešalca naprej preko sesalne cevi do vrtalnega stroja.

3.3.2 Jet grouting - postopek izvedbe

Izvedba jet-grouting slopa obsega pripravljala dela, vrtanje, pripravo injekcijske a mase, injektiranje in armiranje.

Prvo opravilo pred izvedbo jet grouting slopov je geodetska zakoličba slopov. Običajno se na terenu označi kar cela os, na kateri označimo še lokacijo sredine (projektni raster) vsakega slopa.

Ob osi JG slopov se po projektu pripravi delovni plato. S tem zagotovimo razmeroma ravno in dovolj trdno podlago za delovanje vrtalnega stroja. Med delovanjem stroja se plato precej deformira, zato pretirana natančnost ni potrebna. Širina delovnega platoja mora biti prilagojena tipu vrtalnega stroja in oblikovanosti obstoječega terena. Kota platoja je praviloma vsaj 0,5 m nad koto vrha pilota. Kadar je deformiranje platoja in/ali izlitje mase veliko, je potrebno obnavljanje in čiščenje platoja tudi med izvedbo.

Kadar jet grouting dela izvajamo ob strmi brežini je potrebno delovni plato izvesti tako, da masa ne bo iztekala po brežini. Pomembno je tudi, da med izvedbo del brežino redno kontroliramo. V kolikor bi vseeno prišlo do prelivanja mase ali prebijanja skozi brežino (na primer porušitev tal med injektiranjem), je potrebno injektiranje začasno prekiniti in dokler ne odpravimo vzrokov, dela nadaljevati drugje.

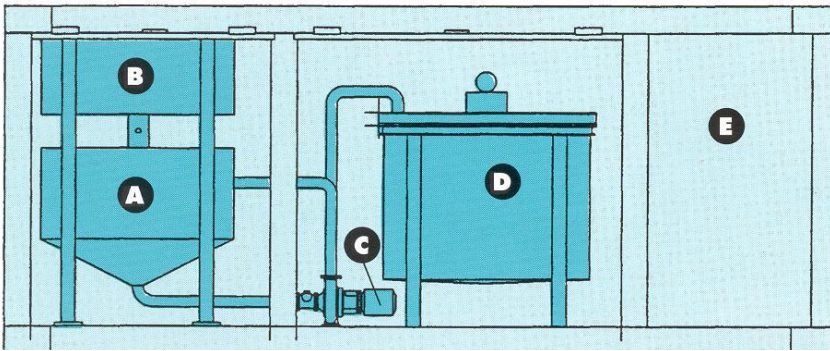
Po zakoličbi natančne lokacije slopov in po ureditvi platoja lahko pričnemo z izvedbo jet grouting slopov. Vrtalni stroji preko lafete omogočajo vrtanje v vseh smereh, pod različnimi koti in v vseh vrstah zemljin oziroma kamnin.



Slika 9: Vrtalni stroj (Vir: Fraste S.p.a. produkti - direct industry)

Vrtanje izvajamo od kote delovnega platoja do projektiranega dna pilotov. Prvi del vrtanja z izpiranjem skozi drogovje sestavlja rotacijsko vrtanje do končne globine po projektu. Komplet vrtalnega drogovja ima glavo s premerom približno Φ 100 mm in posebno vrtalno opremo na dnu drogovja. Ta omogoča hiter preklop med fazo vrtanja in fazo injektiranja, saj je sestavljena iz vrtalnega dleta, zapornega ventila za zapiranje pretoka mase (zapre se pri tlaku 40 barov) in visokotlačnih šob, ki so razporejene po obodu glave pravokotno na os drogovja.

Maso za injektiranje dovajamo iz mešalne postaje. Cement se iz silosa po polžu transportira v turbo mešalec v katerega smo pred tem že dovedli vodo. Pripravljena masa se prečrpa v agitator, kjer se meša in čaka na injektiranje. Takoj, ko maso potrebujemo se ta z visokotlačno črpalko po sesalni cevi, preko visokotlačnih cevi in vrtalnega drogovja vbrizga v zemljino.



- A ... turbo mešalec
 B ... rezervoar za vodo
 C ... mešalna črpalka
 D ... agitator
 E ... komandni prostor

Slika 10: Mešalna postaja (Vir: predstavitev jet grouting tehnologije - Geoinvest)

Ko zvrtno do projektirane globine, se voda za vrtnje nadomesti s cementno maso. Cementno maso injektiramo pod veliko višjimi pritiski kot vodo, ki je le pomoč pri vrtnju. Pri tlaku 40 barov se zaporni ventil zapre in preusmeri pretok mase skozi šobe za visokotlačno injektiranje. Hkrati se začne vrtno drogovje s sočasnim konstantnim rotiranjem dvigovati iz vrtnice, kar daje valjasto obliko zainjektiranega slopa različnih premerov.

Pri izdelavi neprepustnih lamelnih injekcijskih zaves drogovje v vrtnici ne rotira, temveč se le izmenično obrača za projektno določen kot.

Hitrost izvedbe JG slopa je odvisna od višine koraka med injektiranjem (4 do 12 cm) in trajanjem koraka (5 do 10 s) oziroma od kapacitete črpanja visokotlačne črpalke.

Vrstni red izvajanja slopov se prilagodi glede na opazovanje izvedbe na terenu. Praviloma se predhodno določi izvajanje vsakega drugega slopa, v primeru sipkih zemljin pa vsakega tretjega ali celo četrtega slopa.

3.3.3 Spremljava in kontrola kakovosti (SIST EN 12716:2002)

Med izvajanjem jet grouting del mora izvajalec kontrolirati:

- delovanje vseh naprav in strojev
- geološko sestavo tal na osnovi vrtnja jet grouting slopov
- parametre izvajanja (delovne pritiske fluidov, hitrost spuščanja, dvigovanja in rotacije vrtnega drogovja, porabo suspenzije, porabo vode pri vrtnju)
- odvzeti vzorce injekcijske mase za kasnejše laboratorijske preiskave
- konstantnost izlivanja jet grouting mase
- inklinacije jet grouting slopov oziroma konstrukcije

V Sloveniji do sprejetja standarda SIST EN 12716:2002 ni bilo posebnih standardov za področje jet grouting injektiranja. Zato področje poleg tega standarda še vedno delno pokrivajo različni drugi pravilniki (na primer Eurocode 2). Poleg standardov in pravilnikov pa so še vedno nepogrešljive izkušnje.

Kakovost jet grouting slopov je v splošnem težko kontrolirati. Običajno se po projektu izvede poskusni slop do projektirane globine v karakteristični zemljini in na lokaciji, ki jo določi projektant ali geomehanski nadzor. Najbolje je, da se slop odkoplje in se izvrši vizualna ocena homogenosti, oblike in premera slopa. Odvzame se tudi vzorce valjev za testiranje v laboratoriju, kjer se določi prostorninsko maso in tlačno trdnost JG strukture.

Tlačno trdnost preverimo tudi na odvzetih vzorcih injekcijske mase in sicer po pretečenih 28 dneh (lahko tudi po 3 ali 7 dneh oziroma 56 dneh, kadar so uporabljene mešanice za počasno strjevanje).

Za vse ostale uporabljene materiale je potrebno pridobiti vse potrebne tehnične izjave in teste (izjava oziroma certifikat o skladnosti za cement, rezultati preizkušanja armature).

3.4 Modificiran enofazni postopek (po postopku ZRMK)

Kadar injektiranje z enofaznim postopkom ni dovolj učinkovito, lahko uporabimo večfazne postopke. Problem nastane, če za to nimamo primerne opreme. ZRMK je pred leti predstavil postopek s katerim lahko enofazno metodo približamo večfazni, konkretnije metodi $T_{1/B}$ (dvofazni postopek z vodo). To bi morda lahko poimenovali "dvofazni postopek" z opremo za enofazni postopek. Po SIST EN 12716:2002 bi to izvedli tako, da bi pred metodo T_1 izvedli čiščenje zemljine. Standard ta postopek imenuje "precuting" ali "prewashing".

Modificiran enofazni postopek izvedemo tako, da po doseženi končni globini najprej injektiramo z vodo, enako kot bi to naredili z emulzijo, in sicer s pritiskom 40 barov, nato pa ponovno izvedemo še enofazni postopek injektiranja z injekcijsko maso z dna vrtine. Torej ponovno vrtamo do projektirane globine in nato injektiramo z injekcijsko maso. V prvi fazi je v praksi potrebno injektiranje z vodo s pritiskom nekoliko čez 40 barov, ker je to pritisk, pri katerem se pretok skozi zaporni ventil zapre in popolnoma preusmeri skozi šobe.

3.5 Področja uporabnosti

Zelo pogost primer uporabe jet groutinga v Sloveniji je zaščita gradbenih jam v smislu zaščite brežin vkopa. Uporaba pa je možna še za marsikateri namen, kot na primer:

- izboljšanje nosilnosti in strižnih lastnosti tal
- podbetoniranje in temeljenje objektov s slopi
- povečanje neprepustnosti nasipov
- injektiranje pri izgradnji tunelov in vkopov (iz tunelskega dela ali s površine) – povečevanje nosilnosti stropnega dela ali zmanjševanje vodoprepustnosti terena
- konsolidacijsko injektiranje za izboljšanje nosilnosti tal in naknadno temeljenje
- antierozijsko in vodoneprepustno injektiranje obal, nasipov, brežin in drugo
- sanacije in stabilizacije brežin
- priprava vrtin in injektiranje veznega dela za vgradnjo sider

3.6 Posebni varnostni ukrepi

S kontrolo in vzdrževanjem strojev pripomoremo k višji kakovosti izvedbe del in posledično samih produktov. Vsa dela opravljajo delavci, ki so za to posebej usposobljeni. Vrtalni stroji in naprave, ki jih uporabljajo, morajo biti pred pričetkom del in tudi vmes pregledani in imeti

veljavna poročila o pregledu in preskusu delovne opreme. Uporabljati jih je potrebno le na predhodno ustrezno pripravljene površini, platu. Stroji morajo biti zaščiteni tako, da ščitijo delavce pri delu. Opremljeni morajo biti z vsemi ustreznimi opozorili. Ko se s strojem ne dela, mora biti ta obvezno izključen, onemogočen mora biti tudi dostop vsem nepooblaščenim osebam.

Jet grouting slopi ne predstavljajo nevarnosti za okolje, saj so zgrajeni iz naravnih materialov, ki ne reagirajo z okoljem oziroma predvsem na okolje ne vplivajo škodljivo. Odvečni material lahko deponiramo in po končani gradnji okolico počistimo (ostanki železa ali drugih materialov, izlita emulzija in drugo).

3.7 Določitev in vpliv parametrov za izvedbo JG slopov

O izvedbenih parametrih smo nekaj povedali že v poglavju 3.2. V preglednici 1 so prikazani izvedbeni parametri za posamezne tehnologije izvedbe jet grouting slopov.

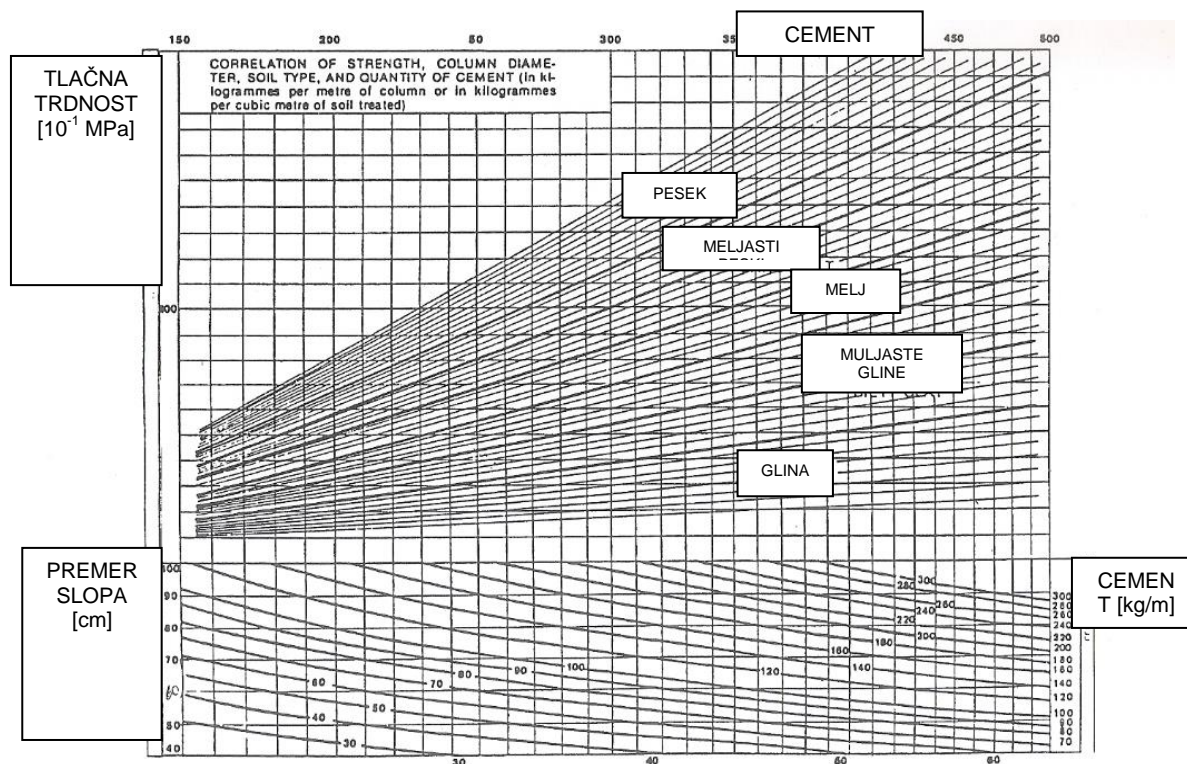
Vsak izvajalec tehnologijo prilagaja izkušnjam. S pridobivanjem izkušenj na različnih lokacijah in predvsem v različnih geomehanskih razmerah dobi podatke in informacije, ki jih zbira. Z njimi poskuša razviti tehnološki postopek, ki bi pripeljal do čim bolj optimalnih parametrov izvedbe, ki bi jih uporabili za injektiranje v različnih situacijah in iz katerih bi dobili slope, ki čim boljše izpolnjujejo projektne kriterije tako po premeru, kot po trdnosti.

Pogoj za uspešno določanje parametrov je poznavanje karakteristik tal. Z izvedbo geomehanskih preiskav pridobimo naslednje podatke:

- tip zemljine
- rezultate standardnih penetracij (SPT)
- gostoto zemljin
- granulacijsko sestavo
- vodoprepustnost zemljin
- vsebnost (in nivo) vode

Kadar sestavo tal na lokaciji del že poznamo, lahko tudi na njihovi podlagi izberemo primerno tehnologijo in parametre izvedbe JG slopov. Dodatnih preiskav se poslužujemo le v primerih, ko nam že obstoječi podatki ne zadostujejo.

Za doseganje želene trdnosti kompozitnega slopa lahko potrebno določeno količino cementa glede na tip zemljine približno določimo iz grafa na sliki 11, kjer je prikazana odvisnost med tlačno trdnostjo kompozita [MPa], premerom slopa [cm], tipom zemljine in količino cementa [kg/m^1 slopa ali kg/m^3 izboljšane zemljine]. Če je potrebno, izberemo cementni masi tak dodatek, ki je primeren za črpanje pod visokimi pritiski. Vodocementni faktor (v/c) mešanice vpliva na njeno pretočnost in na njeno končno trdnost. Večji kot je v/c faktor, manjša je končna trdnost, dobimo pa večji premer slopa in obratno.



Slika 11: Odvisnost med tlačno trdnostjo [MPa], premerom slopa [cm], tipom zemljine in količino cementa [kg/m^3 slopa ali kg/m^3 izboljšane zemljine] (Vir: knjiga: Ground control and improvement)

V slabo ali srednje zgoščenih in dobro granuliranih zemljinah voda razbije večje območje. V takih primerih, uporabimo višji v/c faktor (tudi do okrog 0,9 in celo več) kar je konkretno v primeru PGH Kozolec 0,55. V koherentnih in zelo zgoščenih zemljinah pa uporabimo nižji v/c faktor (spodnja meja je okrog 0,3), saj težko dobimo večji premer slopa in se zato koncentriramo na višjo končno trdnost.

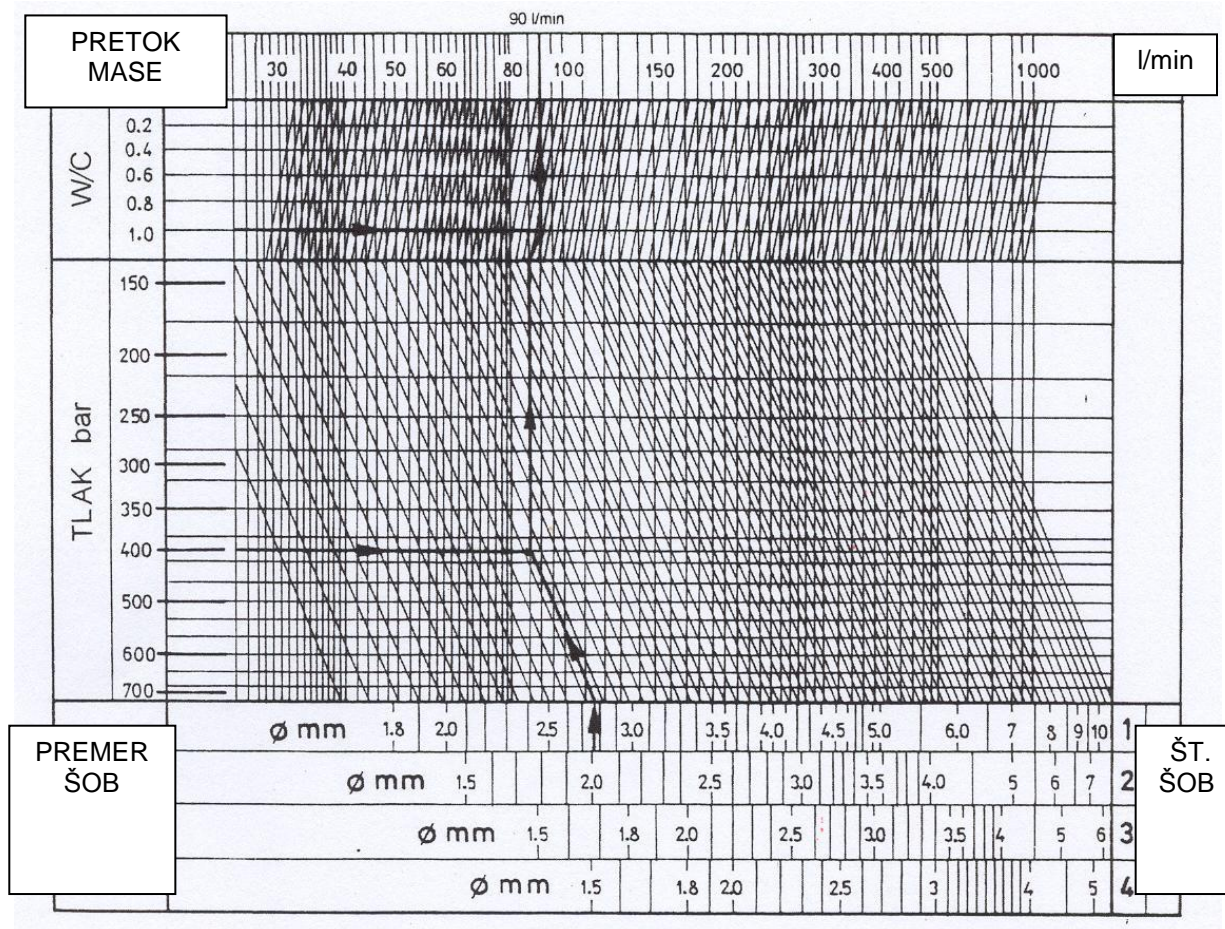
Mase z visokim v/c faktorjem v kombinaciji z bentonitnimi dodatki se pogosto uporablja za tesnilne zavese. Tako maso injektiramo po posebnem postopku, kjer se drogovje rotira za le majhen kot.

Na podlagi željenega premera slopa določimo količino injekcijske mase, ki je potrebna za tekoči meter slopa. Izberemo pritisk injektiranja, običajno med 40 in 50 MPa (idealne pritiske lahko določimo samo izkustveno ali neposredno iz "in-situ" testa). Ta pritisk je odvisen od kapacitete visokotlačne črpalke ter lastnosti zemljine. Večji kot je pritisk injektiranja (energija injektiranja), večja je kapaciteta rušenja tal, torej tem večji je premer slopa. Premer slopa je odvisen tudi od stopnje izvlečenja drogovja, torej od časa injektiranja na posamezni globini.

Določimo tudi količino injekcijske mase na posamezni stopnji (globini), ki določa pretok injekcijske mase, ki ga dosežemo s kombinacijo števila šob ter njihovim premerom.

Z zgornjimi količinami lahko določimo injekcijski čas za tekoči meter slopa, oziroma dolžino koraka dvigovanja drogovja (običajno med 3 cm in 8 cm) in čas posameznega koraka, ki je potreben za injektiranje določene količine injekcijske mase. Dolžina koraka dvigovanja drogovja znaša običajno med 3 in 12 cm, odvisno od tehnologije injektiranja.

Na koncu določimo še hitrost rotacije drogovja, pri čemer upoštevamo, da mora pri vsakem koraku drogovje zavrteti za vsaj cel obrat in pol. Z grafom na sliki 12 si nekoliko poenostavimo ta postopek.



Slika 12: Pretok mase v odvisnosti števila in premera šob, vodo-cementnega faktorja in tlaka injektiranja. (Vir: Jet grouting Geoinvest – predstavitev 2003)

Z upoštevanjem pridobljenih parametrov, lahko izvedemo nekaj testnih JG slopov z različnimi v/c faktorji, pretoki in različno dolgimi koraki dvigovanja drogovja. Po določenem času JG slope odkopljemo in izvedemo vizualni pregled. Predvsem nas zanimata oblika in premer JG slopov. Izvedemo tudi preiskave tlačne trdnosti injekcijske mase iz odvzetih vzorcev kompozita.

4 GEOTEHNIČNA SIDRA (SIST EN 1537;2002)

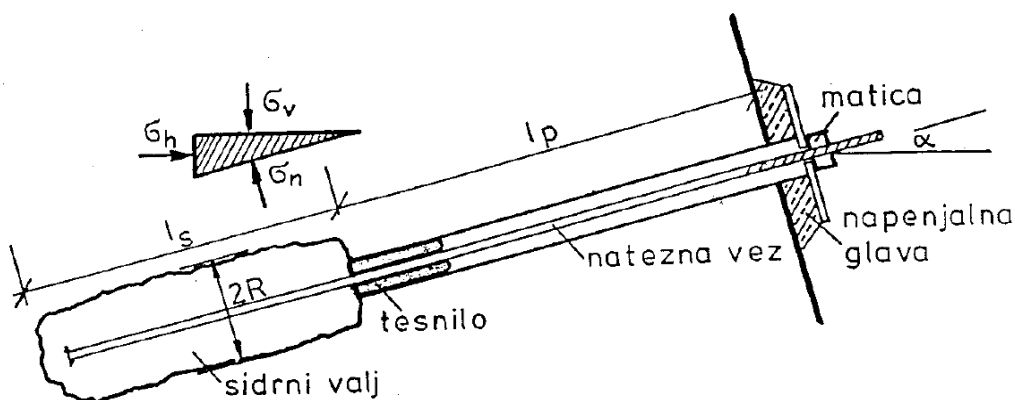
Sidra delimo na trajna in začasna. Trajna sidra so sidra, ki imajo tako protikorozijsko zaščito jeklenih delov sidra, da svojo funkcijo lahko opravljajo 2 leti in več, začasna sidra pa imajo tako imenovano omejeno protikorozijsko zaščito jeklenih delov sidra, ki zagotavlja trajnost in funkcionalnost sider za predvideno življenjsko dobo do 2 leti. Pri sidranih konstrukcijah je zelo pogosto stabilnost celotnega objekta odvisna skoraj izključno od nosilnosti sider, ki poleg upogibne nosilnosti konstrukcije, pasivnega odpora zemljine in sil pri vpetju konstrukcije prevzamejo večji del obtežbe. V praksi sidra delimo tudi na natezna in tlačna.

Obravnavali bomo začasna geotehnična sidra.

4.1 Splošno o geotehničnih sidrih

Konstrukcije, ki so horizontalno obremenjene, kot je v našem primeru konstrukcija iz jet grouting slopov, je potrebno horizontalno podpreti. Pri varovanju gradbene jame to lahko naredimo tako, da preko stene, grede in natezних sider, obremenitev prenesemo v zaledje v področje za kritično porušnico. Sidra preko strižne trdnosti zaledne zemljine zagotavljajo stabilnost zaščitne konstrukcije.

Geotehnično sidro je sestavljeno iz veznega dela sidra, prostega dela sidra in sidrne glave. Glavni nosilni element sidra je jeklena natezna vez (angleško: tendon), ki jo predstavljajo jeklene palice ali jeklena pletena pramena (jeklenice). Natezna vez prenaša obtežbo s konstrukcije na vezni del sidra. Primer geotehničnega sidra je prikazan na sliki 13. Mejne nosilnosti sider so običajno med 400 in 1800 kN. Višjo zunanjo nosilnost (nosilnost na stiku zemljine in sidrnega valja) dosežemo s sidranjem v kameninah ter prodih in peskih, nižjo pa v koherentnih zemljinah. Glavna omejitev pri nosilnosti sider je običajno strižna trdnost zemljine/kamenine v kateri sidramo in ne notranja nosilnost sidra (natezna trdnost natezne vezi).



Slika 13: Skica geotehničnega sidra (Vir: Logar, J. 2016. Sidranje konstrukcij.)

Sidra namestimo v predhodno pripravljeno vrtino, običajno nagnjeno navzdol za kot $\alpha = 15^\circ - 25^\circ$. Pri manjših naklonih lahko pride do težav pri vgradnji sidra in pri injektiranju, pri večjih naklonih pa se vertikalna komponenta sidrne sile močno poveča, kar pomeni, da se močno poveča tudi osna sila v podporni konstrukciji in uzmanjša horizontalna komponenta sidrne sile. V primerih, ko sidramo zaščitno konstrukcijo gradbene jame, se s tem zmanjša vpliv sider na stabilizacijo sidrane konstrukcije.

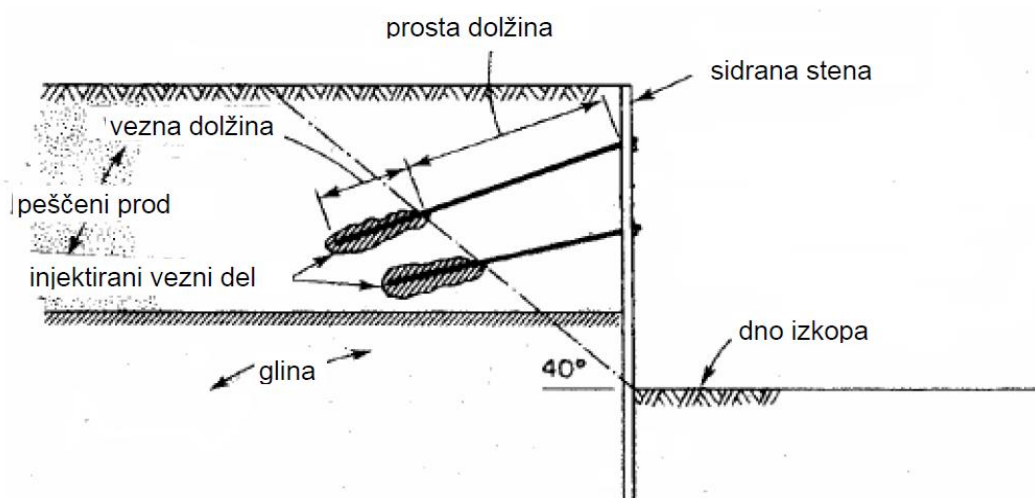
V splošnem glede nosilnosti in stabilnosti sidra preverimo štiri kriterije:

- natezno nosilnost jeklene natezne vezi
- strižno nosilnost veznega dela sidra glede na porušitev med injekcijsko maso in zemljino ter glede na porušitev med injekcijsko maso in jekleno natezno vezjo
- nosilnost sidrne glave
- globalno nosilnost sidrane konstrukcije

Glede na projektne sidrne sile in izbrani raster sider izberemo začetni prerez jeklene natezne vezi v posameznem sidru. Hkrati moramo biti pozorni, da je zunanja nosilnost sidra večja ali enaka notranji nosilnosti. Običajno skupni prerez jeklenih vrvi ali palic v posameznem sidru ne sme presegati 20% prereza vrtine.

Na osnovi drugega kriterija dimenzioniramo dolžino veznega dela sidra. Dolžina veznega dela sidra je odvisna od zahtevane nosilnosti sidra, premera vrtine in lastnosti temeljnih tal v katera sidramo ter injekcijske mase. Vezna dolžina sidra v splošnem ne sme biti krajša od 7 m (izjemoma 5) in ne daljša od 10 m.

Pod zadnji kriterij spada zagotovitev globalne stabilnosti sidrane konstrukcije. To zagotovimo tako, da vezni del sider v celoti izvedemo izven območja potencialnih porušnic. Običajno je dolžina prostega dela sidra zadostna, če vezni del sidra izvedemo za linijo, ki poteka od dna izkopa pod kotom 40° v zaledje varovalne konstrukcije (slika 14).



Slika 14: Vežni del sidra projektiramo za kritično porušnico (Vir: Logar, J. 2016. Sidranje konstrukcij.)

Dolžino in naklon sidra ter njegov položaj načrtujemo glede na geološko zgradbo tal v zaledju konstrukcije in glede na rezultate statičnih izračunov ter raziskovalnih preskusov.

Dolžina prostega dela sidra vpliva na togost sidra. Sidro z daljšim prostim delom bo dovoljevalo večje deformacije podporne konstrukcije, sidro s krajšim prostim delom pa manjše deformacije.

Sidrno silo lahko na podporno konstrukcijo prenesemo na več načinov:

- sidramo direktno na površino podporne konstrukcije
- sidrno silo razpršimo na večjo površino preko razširjene AB glavo
- preko AB ali jeklene grede.

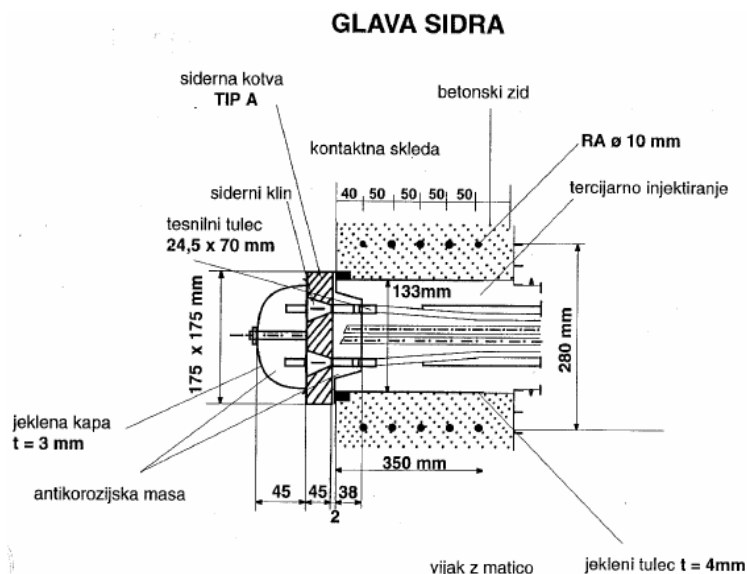
Pri sidranju direktno na površino podporne konstrukcije, se moramo zavedati da lahko poškodujemo njen prerez in verjetno tudi nekaj armature. Statično najugodnejši način je sidranje preko armiranobetonske ali jeklene grede, saj se v primeru odpovedi sidra, sidrne sile prerazporedijo na sosednja sidra. Greda poveže konstrukcijske elemente podporne konstrukcije in omogoča bolj enakomerno porazdelitev sil preko cele podporne konstrukcije.

4.2 Začasna prednapeta geotehnična sidra – ZPGS (elaborat ZPGS Rafael 20)

V nalogi smo se osredotočili na začasna prednapeta geotehnična sidra RAFAEL 20, ki so bila uporabljena pri projektu varovanja gradbene jame za PGH Kozolec, 2. faza.

Sidra Rafael 20 so ZPGS z omejeno zaščito jeklenih elementov, ki zagotavlja trajnost in funkcionalnost sider za predvideno življenjsko dobo do 2 let. Kabel (natezna vez) teh sider je sestavljen iz 2 do 7 jeklenih pramen iz jekla kvalitete $f_{p0,1k} / f_{pk} = 1670 / 1860 \text{ N/mm}^2$ ($f_{p0,1k}$ - meja plastičnosti, f_{pk} - natezna trdnost) in nominalnega prečnega prereza 150 mm^2 . Sidro je sestavljeno iz glave sidra (silo prenaša na konstrukcijo), prostega dela (prenaša sile iz glave na vezni del) in veznega dela (natezno silo v sidru vnaša v tla).

Sidra Rafael 20 se uporabljajo za začasno varovanje nestabilnih pobočij ali podpornih konstrukcij v kamninah in zemljinah v primerih, ko so možnosti za izvedbo drugih tehničnih ukrepov omejene ali ekonomsko manj ugodne in takrat, ko je potrebno zagotoviti takojšnje aktiviranje sider brez večjih pomikov sidranega objekta. Namenjena so predvsem varovanju začasnih gradbenih jam, varovanju vkopov z opornimi zidovi, izkopov v tunelogradnji in podobno. Preskušanje in napenjanje sider Rafael 20 se izvaja po sistemu sočasnega napenjanja vseh pramena s skupno napenjalko. Po vnosu sidrne sile se izvede istočasno zaklinjanje vseh pramen s sidrnimi klini na skupni kotvi v sidrni glavi, kot je vidno na sliki 15. Telo sidra se vodotesno priključi na elemente glave sidra, pri čemer se jekleni deli glave sidra prekrijejo s protikorozijskim premazom. Tako so nosilni jekleni deli sidra v smislu omejene protikorozijske zaščite ločeni od agresivnih vplivov okolja za predvideno življenjsko dobo sidranja (maksimalno 2 leti v primeru ZPGS).



Slika 15: Detajli glave geotehničnega sidra (Vir: Logar, J. 2016. Sidranje konstrukcij.)

4.2.1 Podroben opis sider Rafael 20

Sidra Rafael 20 se izdelujejo v šestih različicah, in sicer z 2, 3, 4, 5, 6 ali 7 jeklenimi prameni. Po načinu uporabe jih razdelimo v naslednje skupine:

- tip "KS" so konstrukcijska sidra, ki zagotavljajo stabilnost sidrane konstrukcije. To so osnovna sidra
- tip "P" so KS sidra z dodatno jekleno zaščito sidrne glave, z jeklenim pokrovom.
- tip "UP" so konstrukcijska sidra za vgradnjo navzgor od horizontale
- tip "MO" so merilna sidra, opremljena z napravo za merjenje sidrnih sil
- tip "KOS" so kontrolna sidra, na katerih je mogoče v poljubnem času med življenjsko dobo sidra izvesti preskus nosilnosti
- tip "TS" so testna sidra, ki služijo ugotavljanju zunanje nosilnosti sider in potrjevanju projektnih rešitev sidranja. Po pravilu imajo ta sidra vedno eno preme več

Oznake sider Rafael 20 so sestavljene iz:

- osnovne oznake; ZPGS RAFAEL 20
- dodatne oznake, ki opredeljuje tip sidra
- števila in premera jeklenih pramen
- primer: ZPGS RAFAEL 20 TS 6 X 0,62" se nanaša na testno sidro Rafael 20, s kablom iz 6 pramen premera 15,7 mm (Φ 0,62")

Preglednica 2: Pregled sidrnih sil v odvisnosti od števila pramen (internetna stran podjetja Rafael)

Število pramen	A_p [mm ²]	P_{pk} [kN]	$P_{p,max}$ [kN]	$P_{pv,max}$ [kN]	$P_{o,min}$ [kN]	$P_{o,max}$ [kN]	P_{min} [kN]	P_{max} [kN]
2	300	558	419	474	167	335	167	391
3	450	837	628	711	251	502	251	586
4	600	1116	837	949	335	670	335	781
5	750	1395	1046	1186	419	837	419	977
6	900	1674	1256	1423	502	1004	502	1172
7	1050	1953	1465	1660	586	1172	586	1367

Pomen oznak v preglednici 2:

- n število pramen
- A_p površina prečnega prereza kabla sidra
- P_{pk} natezna trdnost kabla
- $P_{p0,1k}$ trdnost kabla na meji plastičnosti (pri kateri znaša trajna deformacija 0,1%)
- $P_{pv,max}$ maksimalna preskusna sila pri preiskavi sidra
- $P_{p,max}$ maksimalna preskusna sila pri preskusu napenjanja
- $P_{o,min}$ minimalna sila zaklinjenja
- $P_{o,max}$ maksimalna sila zaklinjenja
- P_{min} minimalna sila tekom življenjske dobe sidra
- P_{max} maksimalna sila tekom življenjske dobe sidra

Vrednosti sidrnih sil so odvisne od števila pramen, pri čemer so obremenitve določene po standardu, ki določa, da se sila zaklinjenja P_o določi tako, da se napetosti v jeklenih pramenih nahajajo v območju med 30% in 60% natezne trdnosti f_{pk} , pri čemer se predvideni nivo napetosti med življenjsko dobo sider giblje v območju med 30% in 70% f_{pk} .

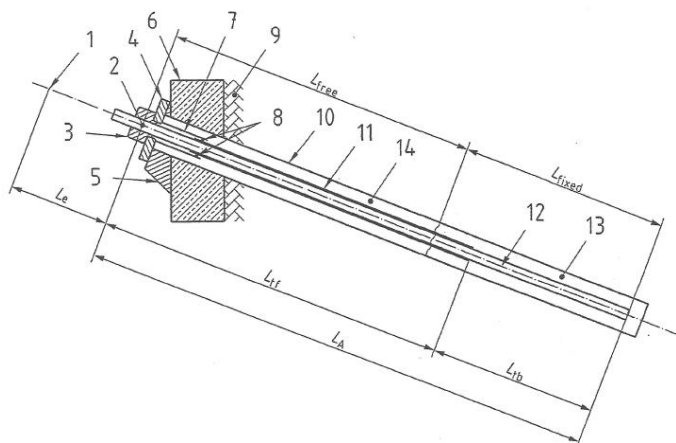
Sidra Rafael 20 se sestavlja v zaprtem proizvodnem obratu. Osnovni nosilni del sider predstavljajo jeklena pramena, ki so na dolžini veznega dela sidra za zagotavljanje vezi z injekcijsko maso gola (kovinsko čista), po celotni prosti dolžini sidra pa so namaščena in zaščitena s PE cevjo.

4.2.2 Sestavni deli sidra

Sidro na konstrukciji je shematsko prikazano na sliki 16 z oznakami:

- 1 prijemališče napenjalk
- 2 sidrišče v glavi sidra
- 3 sidna kotva
- 4 nosilna plošča
- 5 prizidan (betonski) element za izravnavo naležne površine
- 6 konstrukcija
- 7 opažna cev v sidrni gredi
- 8 obročno tesnilo (O-ring)
- 9 teren
- 10 vrtina
- 11 zaščitni plašč sidra
- 12 kabel sidra
- 13 injekcijska masa

14 injekcijska masa (kjer je potrebno)



Slika 16: (grafični) prikaz delov sidra (Fpr EN1537: Figure 1)

GLAVA SIDRA

Glava sidra preko kotve na nosilni plošči, ki nalega na sidrano konstrukcijo, prenaša sidrne sile na jeklena pramena in naprej v zaledje. Nosilna plošča je postavljena na naležno površino konstrukcije, nad opažno cevjo, ki predstavlja začetek vrtine in okrog katere je koncentrično nameščena armaturna spirala iz RA Φ 10 mm (lahko tudi Φ 12 mm, redko več). Območje glave mora prevzeti karakteristično porušno silo jeklenih pramenih P_{pk} . Glava sidra mora biti skladno z elaboratom sidra ZPGS RAFAEL 20 točka: 1.1.2.1 Glave sider oblikovana tako, da dopušča odklon pramen od normale na glavo do največ 3° pri sili $97\% P_{pk}$.

Pred preizkusom in vgradnjo sidra je potrebno zagotoviti dovolj ravno naležno ploskev med nosilno ploščo in sidrano konstrukcijo, saj tako zagotovimo enakomerno naleganje sidrne glave na konstrukcijo. Primarno to zagotovimo s skrbno izdelavo opaža sidrne grede. V kolikor ne zadostimo pogojem ravnosti je potrebno naležno ploskev naknadno izravnati.

V območju glave sider se vidne dele pramen ter jeklenih delov glave sidra zaščiti z nanosom protikorozijskega premaza. Predhodno je potrebno zagotoviti zadostno očiščenost jeklenih površin, da se zagotovi dober oprijem premaza. Premaz nanese v taki debelini, da preprečimo prodor padavin ali morebitne površinske vode v notranjost glave sidra.

Na mestih, kjer preverjanja stanja in obnove take zaščite ni mogoče zagotoviti oziroma kjer obstaja verjetnost, da se uporabna doba sidranja podaljša na več kot 2 leti, izvedemo sidra tipa "P". Materiali, ki jih uporabljamo za protikorozijsko zaščito, morajo biti med seboj skladni in ne smejo škodljivo vplivati na lastnosti napetega jekla.

PROSTI DEL SIDRA

Vzdolž prostega dela sidra mora biti omogočeno neovirano raztezanje sidrnih pramen. Na prosti dolžini sidra je potrebno votli prostor med prameni, ovojnimi cevmi za pramena in zaščitnim ovojem popolnoma zapolniti z obstojnimi masami, pri čemer mora biti polnilna masa, ki je v neposrednem stiku s prameni trajnoplastična. Kabel mora biti zaščiten neposredno do glave sidra, na stiku z veznim delom sidra pa morajo biti posamezne ovojne

cevi dovolj tesne, da preprečujejo prodor injekcijske mase v prostor med jeklena pramena in ovojno cevjo.

Če so v območju proste dolžine sidra pričakovani pomiki zaledja prečno na os sidra, moramo zagotoviti možnost pomika v tej smeri. To najpogosteje dosežemo tako, da v tem delu prostor med gladko PE cevjo sidra in vrtino pustimo prazen (iz tega dela je treba injekcijsko maso izprati).

VEZNI DEL SIDRA

V veznem delu sidra se preko strjene cementne injekcijske mase v vrtini zaledja vrši prenos sile v sidru na temeljna tla. Zaradi protikorozijske zaščite pramen kabla v veznem delu morajo biti jeklena pramena prekrita z vsaj 20 mm plastjo cementne injekcijske mase. To zagotovimo s centrirnimi elementi pramen, ki se v sidro namestijo med proizvodnjo sidra.

Dolžino veznega dela sidra projektant določi na podlagi dobljenih rezultatov raziskovalnih preiskav na preskusnih sidrih, ki se na objektu izvedejo do porušitve. Preskuse izvedemo vnaprej ali vsaj na začetku izvajanja sidranja.

Dolžina veznega dela sidra ne sme biti krajša od 7 m in ne daljša od 10 m. Skladno s standardom SIST EN 1537, tč. 6.4 na območju veznega dela sidra pramen ni dovoljeno sklapljati s sklopkami.

4.2.3 Predvidena uporaba sider

Izbira stopnje zaščite oziroma potrebne trajnosti vgrajenih sider je v domeni projektanta. Praviloma je potrebno pred začetkom vgrajevanja sider oceniti agresivnost okolja na lokaciji izvedbe. Sidra Rafael 20 so namenjena za vgradnjo v primerih, ko celotna dolžina veznega dela sider leži v zemljinah ali v kamninah, pri čemer mora biti obnašanje veznega dela sidra v vseh plasteh približno enako (nosilnost in deformacije).

4.3 Mehanska trdnost in stabilnost

Bistvena značilnost ZPGS je prednapetje, ki omogoča takojšnje aktiviranje sider že pri minimalnih deformacijah oziroma pomikih zaledja. Tak sistem preprečuje prekomerne deformacije in pomike sidrane konstrukcije. Za učinkovitost prednapetja je potrebno zagotoviti zadostno nosilnost na stiku strjene injekcijske mase v območju veznega dela sidra in tal zaledja (zunanja nosilnost sidra), hkrati pa morajo imeti tudi sestavne komponente sider ustrezne mehanske lastnosti in protikorozijsko zaščito, da bodo v svoji življenjski dobi omogočale prenos obremenitev.

Zunanjo nosilnost sidra na vsaki konstrukciji posebej ugotovimo z raziskovalnimi preskusi, ki se izvedejo pred pričetkom sidrnih del, najkasneje neposredno pred pričetkom izvedbe teh del. Skladno s standardom SIST EN 1537, Anex E, točka E.2 dobimo zunanjo nosilnost sidra ob porušitvi preskusnega sidra, če do porušitve med napenjanjem do preskusne sile sploh pride. Običajno jo določimo iz diagrama mere lezenja v odvisnosti od sidrne sile na podlagi ekstrapolacije, ko krivulja seka vrednost $k_{krit} = 2$ mm. Diagrami mera lezenja v odvisnosti od sidrnih sil so prikazani v protokolih preskusnih sider v prilogi 4. V splošnem pa mejo lezenja k za nek časovni interval določimo z enačbo (1). Rezultati preiskav so osnova za potrditev projektnih rešitev ter podlaga za presojo in prevzem sider objekta.

$$k = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_1}{\log(t_2/t_1)} \quad (1)$$

Δl_1 pomik pramen pri opazovalnem času t_1
 Δl_2 pomik pramen pri opazovalnem času t_2
 t čas opazovanja

S preskusom ugotovimo sposobnost prenosa nateznih sil v zaledje in delovanje ostalih komponent sidra. Na nekaj sidrih poskusnega polja se skladno z zahtevami elaboratat za napenjanje sider izvede preiskava sidra do porušitve.

Pomemben faktor pri prenosu obtežbe na temeljna tla je injekcijska masa, ki sile prenaša z nateznega elementa sidra (jeklenice) na zunanji ovoj in naprej na temeljna tla. Začetni tipski preizkus mase se najprej opravi v laboratoriju, nato pa z maso iste recepture opravimo vgradnjo na testnem polju, kjer se izvedejo tudi preskusi za dokaz ustreznosti injekcijske mase.

Pri vgradnji sider Rafael 20 je izvajalec uporabil cementno injekcijsko maso po recepturi:

- CEM I 52,5R (Trbovlje)
- Ikaton, GRAS d.o.o. Ljubljana: 0,7% na težo cementa
- Voda v razmerju v/c = 0,41

Treba je pripraviti toliko injekcijske mase, da je zagotovljeno polno zalitje enega sidra brez prekinitve injektiranja. Injekcijska masa mora biti homogena zmešana v mešalcu z agitatorjem, ki maso vzdržuje v počasnem, stalnem gibanju, dokler ni vse pripravljeno za inektiranje. V mešalnik najprej zlijemo vodo, nato kemijske dodatke in cement. Odmerjene količine dodatkov in cementa lahko dodajamo naenkrat ali po delih, dokler niso dodane celotne količine.

Pripravljeno injekcijsko maso pripravimo ob upoštevanju naslednjih omejitev:

- najvišji v/c faktor je 0,44
- masni deleži za cement in dodatke morajo biti odmerjeni do 2% natančno, količina vode pa v maksimalnem odstopanju 1%
- temperatura zmešane mase ob vgradnji mora biti med 5°C in 35°C

Na pripravljene masi opravimo še dodatne preskuse. Preveriti moramo pretočnost injekcijske mase in sicer s preskusno metodo z lijakom, takoj po mešanju ter ponovno 30 min po mešanju. Spremembo prostornine določimo po metodi s posodo Φ 100 mm, napolnjene do višine 100 mm, in sicer takoj po napolnitvi in po 24 urah.

Tlačno trdnost mase preiščemo na valjih Φ 100 mm in višine 80 mm, ki so predhodno hranjeni v vodi. V stikalnici za tlačni preizkus stremo 3 preizkušance, merodajna pa je srednja vrednost meritev. Praviloma testiramo 28 dni stare preizkušance, lahko pa tudi 7 dni stare, če na osnovi rezultatov lahko ocenimo doseženo trdnost po 28 dneh.

V kolikor so v tleh prisotne agresivne substance je potrebno določiti agresivnost okolja (tal in/ali talne vode). Sider Rafael 20 ne smemo vgrajevati v okolje visoke stopnje agresivnosti (XA3; po SIST EN 206-1), lahko pa v okolju nizke in srednje stopnje agresivnosti (XA1 in XA2 po istem standardu). V tem primeru moramo izbrati ustrezen tip cementa (na primer sulfatno odporni cement). Ustreznost in zadostnost sidranja moramo dokazati z začetnim tipskim preskusom.

4.4 Projektiranje

Skladno z veljavnimi predpisi v Republiki Sloveniji se pri projektiranju upoštevajo zahteve standardov Evrokod.

Za dimenzioniranje sider so potrebni naslednji izračuni oziroma projektni podatki:

- dokaz notranje nosilnosti (po jeklenem kablu sidra)
- dokaz zunanje nosilnosti (po stiku sidra s tlemi zaledja)
- dokaz primernosti za uporabo
- ugotovitev računske proste dolžine sidra l_{fr}
- določitev sile zaklinjenja P_0

ZAHTEVE PO STANDARDU SIST EN 1537:2002

Preglednica 3 po standardu SIST EN 1537 podaja razčlenitev aktivnosti pri zasnovi in projektiranju (projektant) in izvedbi sidranja (izvajalec sidrnih del). Treba je določiti odgovornosti vseh, ki so tako ali drugače vključeni v dejavnosti v zvezi s prednapetimi geotehničnimi sidri. Za pravilno zajetje vpliva gradbenega objekta na sidranje, je potrebno analizirati interakcijo med sidrno konstrukcijo, sidri in tlemi. Upoštevati je potrebno, da so sidrne sile odvisne od deformacij sidrane konstrukcije. Prav tako mora bit v projektu podana zahteva, da morajo biti na vseh injektiranih sidrih pred zaklinjenjem izvedeni preizkusi nosilnosti.

Preglednica 3: Razčlenitev aktivnosti projektanta in izvajalca sidranja (SIST EN 1537: preglednica 1)

Aktivnosti projektanta	Aktivnosti izvajalca sidranja
1. Zagotovitev podatkov o lokaciji za izvedbo geotehničnih sider. 2. Presoja uporabnosti geotehničnih sider, zahtevanih preskusov in pregled specifikacij. 3. Pridobitev soglasij in dovoljenj vseh tretjih strank. 4. Načrt sidrane konstrukcije, izračuni sidrnih sil in njihova varnost. 5. Določitev trajnosti geotehničnih sider (trajno/začasno) in zahteve za protikorozijsko zaščito. 6. Zahteve glede vgradnje geotehničnih sider. 7. Zahteve glede togosti in stabilnosti konstrukcije. 8. Zahteve glede mehanizma prenosa sil s sidra na sidrano konstrukcijo. 9. Zahteve glede postopka in nivoja napenjanja geotehničnih sider. 10. Zahteve glede programa opazovanja geotehničnih sider in interpretacije rezultatov. 11. Nadzor izvedbenih del. 12. Zahteve glede vzdrževanja vgrajenih geotehničnih sider. 13. Navodila vsem vpletenim strankam glede ključnih plasti idejne zasnove, katerim je potrebno posvetiti več pozornosti.	1. Ovrednotenje podatkov o lokaciji izvedbe z ozirom na konstrukcijske predpostavke. 2. Izbira vrste geotehničnih sider. 3. Določitev dolžine veznega dela geotehničnega sidra. 4. Detajli protikorozijske zaščite geotehničnega sidra. 5. Dobava in vstavljanje geotehničnih sider. 6. Dobava in vstavljanje sistema opazovanja geotehničnih sider. 7. Nadzor izvedbe del. 8. Izvedba in obravnava preskusov. 9. Ovrednotenje on-site preskusov. 10. Oskrba geotehničnih sider po navodilih projektanta.

Za sidra, ki bodo vgrajena v okolju povečanega hidrostatičnega pritiska (pod vodo) ali v okolju z dodatnimi mehanskimi obremenitvami (ob strugah hudournikov) je potrebno opredeliti način protikorozijske zaščite glav (zaščita s kovinskim pokrovom - sidra tipa "P"). Obdelati moramo tudi detajl prehoda sidra skozi drenažo, če do tega pride, in nato ustrezno preprečiti, da bi pri injektiranju masa zalila drenažni zasip ali drenažno cev.

Če porušna ploskev v tleh poteka preko prostega dela sidra, je potrebno presoditi učinke pomika tal na sidra (poškodba zaščitnega PE ovoja) ter predvideti ustrezne ukrepe, kot je na primer izpiranje injekcijske mase med sidrom in steno vrtime.

Pri dokazu ustreznosti mora po standardu SIA 267 točka 10.5.5.6 računaska sidrna sila ležati med silo zaklinjenja P_0 in sidrno silo na koncu življenjske dobe P_∞ , kar upoštevamo pri dokazu uporabnosti. Sila zaklinjenja P_0 mora biti pod 60% karakteristične notranje nosilnosti sidra ($P_0 \leq 0,6R_{i,k}$). Dejanska razpoložljiva sidrna sila pa mora biti tekom cele življenjske dobe v mejah $0,3 R_{i,k} \leq P \leq 0,7 R_{i,k}$. Skladno s standardom SIA 267 točka 10.2.2 se mora dati sidra,

ki tekom življenjske dobe ne morejo opravljati svoje funkcije, nadomestiti. V kolikor to ni mogoče, je potrebno zadostno nosilnost zagotoviti z enakovrednimi ukrepi.

Delovanje sidra je odvisno od proste dolžine sidra l_{fr} . Ta izhaja iz dokaza nosilnosti in uporabnosti celotne sidrane nosilne konstrukcije. V primeru, da bi bila sidra zasidrana preblizu konstrukcije, bi se s tem občutno povečala togost sider, kar bi v primeru premikov konstrukcije posledično škodljivo vplivalo na stabilnost. Da tekom življenjske dobe sidra nebi izgubili preveč sidrne sile, je smiselno izbrati prosto dolžino večjo od minimalne. Sidro je tako bolj podajno in bolj dovzetno za deformacije. Prosta dolžina sidra ne sme biti krajša od 7 m ($l_{fr,min} \geq 7 \text{ m}$).

Za preprečevanje neugodnih medsebojnih vplivov med veznimi dolžinami sider, mora biti minimalna razdalja med sidri vsaj 1,5 m. Pri projektih s predvidenim poinjektiranjem, je potrebno to dodatno upoštevati.

Karakteristična vrednost notranje nosilnosti $R_{i,k}$ znaša $R_{i,k} = P_{pk} = A_p f_{pk}$. Zunanja nosilnost sidra R_a ustreza tisti sili, pri kateri pomik veznega dela sidra s časom ne pojenja več, temveč po določenem času pride do porušitve med veznim delom sidra in tlemi. Določi se na podlagi preiskav sider, pri čemer je lahko karakteristična vrednost $R_{a,k}$ zunanje nosilnosti kvečjemu enaka nižji vrednosti R_a od najmanj 3 preiskav sider ali nižja. Praviloma je zunanja nosilnost R_a sidra definirana kot tista sila, pri kateri pomik veznega dela sidra doseže kritično mejo lezenja $k_{krit} = 2 \text{ mm}$, kjer k izračunamo iz elongacije sidra pri konstantni sili po enačbi (1).

Ugotavljanje dejanske nosilnosti sider in verifikacija projektnih parametrov je vsekakor nujno za doseganje optimalnih projektnih rešitev s prednapetimi geotehničnimi sidri. V splošnem se pri vgradnji sider nanašamo na opredelitve standarda SIST EN 1537, vendar pa se pri preskušanju in ovrednotenju nosilnosti prednapetih geotehničnih sider uporabljajo postopki in zahteve iz uveljavljenih standardov SIA 267 in SIA 267/1.

4.5 Napenjanje sider

Napenjanje sider izvajamo za potrebe testiranja z napenjalnimi preskusi (preskusna sidra) in za potrditev projektne nosilnosti sider na konstrukciji (delovna ali redna sidra). Smernice za izvajanje napenjanja sider so podane v točki 8.4 SIST EN 1537.

Glede na vrsto tal, v katera so vgrajena sidra, je treba upoštevati minimalne časovne omejitve za injektiranje in napenjanje sider:

- za sidra v nevezljivih zemljinah in hribinah 7 dni
- in za sidra v vezljivih zemljinah 10 dni

En dan pred izvedbo preiskav sider je treba izvesti tlačne preizkuse injekcijske mase na 3 vzorcih, ki smo jih hranili na temperaturi, ki je enaka temperaturi območja sidranja. S tem dokažemo zadostno trdnost vgrajene injekcijske mase.

Pri napenjanju sider je treba glavo sidra namestiti koncentrično okrog pramen sider v toleranci $\pm 10 \text{ mm}$. Hkrati je treba zagotoviti, da bo odstopanje osi glave sidra od vzdolžne osi sidra največ 3° , s čimer preprečimo nastanek sekundarnih napetosti. V kolikor to ni mogoče, je potrebno nastali kot na ustrezen način premostiti (podlaganje s klinastimi podložnimi ploščami, izravnava podlage sidrane konstrukcije z betoniranjem ali rezkanjem in podobno).

Preskušanje in napenjanje sider Rafael 20 se izvaja po sistemu sočasnega napenjanja vseh pramen s skupno napenjalko. Pred napenjanjem je potrebno preveriti ravnost naležne plošče

pod sidrnimi ploščami in jo v primeru nezadostne ravnosti tudi ustrezno izravnati z ustreznim materialom. Dober stik namreč zagotavlja enakomeren raznos obtežbe.

V območju napenjanja sidra se ne smemo zadrževati zaradi možnih nenadnih poškodb opreme za napenjanje ali pretrga pramen. To še posebej velja pri preskusnih sidrih, kjer v skrajnem primeru lahko pride tudi do poškodb sidrne grede.

4.6 Preiskave sider in ugotavljanje njihovih nosilnosti

V splošnem postopek ugotavljanja nosilnosti sider v Sloveniji izvajamo skladno s standardom SIA 267 in SIA267/1. Če pa se projektant odloči za SIST EN 1537 pa v Sloveniji uporabljamo metodo preskušanja 1.

Skladno s SIST EN 1537 so za ugotavljanje nosilnosti predvidene naslednje vrste preskusov:

- *raziskovalni preskus* (investigation test) je obremenilni preskus, s katerim preizkušamo stik med injekcijsko maso in zemljino in določimo karakteristike sidra
- *ustreznostni preskus* (suitability test) je obremenilni preskus na mestu vgraditve, ki potrjuje ustreznost izbranega sidra
- *odobritveni preskus* (acceptance test) je obremenilni preskus na mestu vgraditve, ki potrjuje, da vsako sidro izpolnjuje projektne zahteve

Po standardih SIA 267 in SIA 267/1 pa je sistem ugotavljanja nosilnosti sider zelo podoben, in sicer:

- *raziskovalni preskus* zajemajo tako predhodne preiskave (investigation tests) in tudi preiskave na začetku izvajanja sidranja (sitability tests)
- *preskus nosilnosti* izvedemo na vseh sidrih konstrukcije in sicer kot celovit preskus napenjanja (CPN) in enostavni preskus napenjanja (EPN).

Obnašanje veznega dela sider pri preiskavah sider in preskusih napenjanja (CPN in EPN) določa koeficient lezenja k .

Preglednica 4: Primerjava oznak med standardi SIST EN 1537 in SIA 267 - 267/1

SIST EN 1537	Opis	SIA 267-267/1
P_{pv} P_p	preskusna sila pri raziskovalnem preskusu sidra preskusna sila pri CPN in EPN	P_p
A_t	ploščina prečnega prereza pramen sidra	A_p
E_t	modul elastičnosti jekla pramen	E_p
$f_{t0,1k}$	karakteristična natezna napetost jekla, pri kateri znaša trajna deformacija 0,1%	$f_{p0,1k}$
f_{tk}	karakteristična vrednost natezne trdnosti jekla pramen	f_{pk}
k_s	mera lezenja	k
L_{app}	efektivna prosta dolžina sidra	l_f
L_{tf}	računska prosta dolžina	l_{fr}
L_{tb}	dolžina veznega dela sidra	l_v

Za ugotovitev dejanske sposobnosti prenosa sile v zaledje vnaprej ali na začetku sidrnih del izvedemo preiskave na testnih sidrih. Raziskovalni preskusi so namenjeni dimenzioniranju sider, zlasti ugotavljanju njihove zunanje nosilnosti R_a in tudi za to potrebne dolžine veznega dela sidra l_v . Določimo tudi primerno metodo vrtnja, način injektiranja ter injekcijske pritiske in ostale količine.

Testna sidra morajo biti oblikovana enako kot sidra objekta, kar še posebej velja za premere vrtn in zaščitnega ovoja, protikorozijsko zaščito, injekcijsko maso ter čakalne čase med injektiranjem in napenjanjem. Testna sidra običajno ojačamo z dodatnim pramenom.

Kadar ojačitev nateznega elementa ni mogoča, lahko preskusna sidra izjemoma izvedemo s skrajšano dolžino veznega dela, in sicer z dvema preskusoma z različnimi dolžinami veznih delov. Dolžina se mora razlikovati vsaj za 1 meter, pri čemer je potrebno upoštevati, da razmerje med dolžino veznih delov in njuno nosilnostjo ni linearno.

Sidrna pramena so obremenjena največ na $0,95 * f_{p0,1k}$.

Število testnih sider na sidranem objektu je odvisno od velikosti objekta, potencialnega tveganja pri poružitvi sidranja in geotehničnih pogojev. Delež testnih sider pri zahtevnejših sidranjih in geološko – geomehanskih pogojih naj znaša vsaj 1 % števila sider objekta, vendar ne manj kot 3. Če so na objektu ugotovljeni različni geološko – geomehanski pogoji, naj se po 3 preiskave sider izvedejo na vsakem tipu tal.

Testna sidra se lahko uporabijo kot sidra objekta le v primeru, ko izpolnjujejo enake pogoje kot preostala sidra objekta in hkrati pri preiskavi sidra ni bila dosežena nosilnost.

Preiskav sider ni potrebno izvajati le v primeru, kadar že obstajajo rezultati preiskav primerljivih sider v primerljivih tleh in kadar ni potrebe po višji zunanji nosilnosti. V vsakem primeru pa se morajo glede opustitve preiskav strinjati projektant, nadzornik in izvajalec zunanje kontrole.

Pri preskusnih sidrih se injekcijska masa izpere do najmanj 2 m od začetka veznega dela sidra. S tem zagotovimo (kontroliramo), da se prenos sile v tla vrši dejansko le preko veznega dela sidra. Vezni del sider pa mora seveda biti v celoti zainjektiran.

Na podlagi rezultatov raziskovalnih preskusov projektant določi kriterije za izvedbo CPN in EPN, ki služijo presoji nosilnosti sider. Preskusi CPN se običajno izvedejo na 10% sider na konstrukciji oziroma na vsaj treh sidrih. V kolikor so rezultati CPN v okviru pričakovanj, se na ostalih sidrih izvede EPN preskuse, drugače pa se odredijo še dodatne preiskave. Če pri EPN preskusih s predpisanimi kriteriji izvedbe testa ne dobimo zanesljivih rezultatov, se pri napenjalnih preskusih predpiše daljše opazovalne čase ali odredi večstopenjske preskuse napenjanja (včasih tudi kar CPN).

Pri preiskavah sider z dolgimi dolžinami prostega dela sidra je smiselno izvesti kratkotrajno predobremenitev sidra. S tem aktiviramo prosti del sidra. V primeru takšnih sider je smiselno poleg mere lezenja "k" ob podaljšanih opazovalnih časih spremljati tudi padanje sile. To še posebej velja pri sidranju v koherentne zemljine.

Po preskusnem napenjanju se sidro razbremeni in ponovno napne na silo zaklinjenja P_0 . Sidro zaklinimo tedaj, ko je:

- mera lezenja manjša ali enaka dopustni: $k \leq k_{adm}$
- trajni izvleček največ enak dopustnemu: $\Delta l_{bl}(P_p) \leq \Delta l_{bl,adm}$
- efektivna prosta dolžina pri preskusni sili v mejah: $0,9 * l_{fr} < l_f < l_{fr} + 0,3 * l_v$

Če katerikoli zgornji pogoj ni izpolnjen o nadaljnjem postopku odloča projektant.

4.6.1 Presoja preiskav sider in določanje karakteristik (povzetek iz SIA 267/1)

Karakteristična vrednost zunanje nosilnosti R_{ak} ne sme biti višja od najnižje preskusne zunanje nosilnosti R_a , dobljene pri preiskavah sider ($R_{ak} \leq R_{a,min} = \min R_{a,i}$). V kolikor projektant izbere višjo vrednost R_{ak} od $R_{a,min}$, mora utemeljiti, zakaj najnižja vrednost $R_{a,min}$ ni merodajna, kar je treba tudi dokazati z nadaljnjimi preiskavami sider.

Na podlagi rezultatov preiskav določimo:

- preskusne sile P_p za preskuse napenjanja, sile zaklinjanja P_0 ter minimalne potrebne in maksimalne dopustne sidrne sile tekom življenske dobe
- program napenjanja in kriterije za izvedbo preskusov napenjanja
- v dogovoru z izvajalcem določi potrebne dolžine veznega dela in količino injekcijske mase
- nadaljnje postopke pri odmikih od kriterijev, ki so predpisani za preskuse

V kolikor pri preiskavi sidra dosežemo oz. presežemo vrednost $k_{krit} = 2$ mm, je nosilnost R_a enaka ali manjša od preskusne sile P_{pv} . V primerih, ko pri preskusni sili P_{pv} ni prišlo do porušitve sidra, lahko kot zunanjo nosilnost R_a privzamemo silo P_{pv} , povečano za 10 %. Takšna je namreč dovolj zanesljiva ekstrapolacija.

Če pri preiskavi dobimo netipične diagrame lezenja, jih je treba analizirati in upoštevati pri sklepih za preskušanje in presojo sider objekta. Zlasti moramo biti pozorni na trajne izvlečke in efektivne proste dolžine. V kolikor je pri preiskavi sidra prekoračena spodnja ali zgornja meja proste dolžine sidra (tj. $l_f(R_a) < 0,95 l_{fr}$ oz. $l_f(R_a) > l_{fr} + 0,5 l_v$) je treba upoštevati določila SIA 267/1 tč. 6.2.2.3.

V programu napenjanja in iz diagrama lezenja ugotovimo največjo dopustno mero lezenja pri preskusni sili P_p , $k_{adm}(P_p)$. Glede na vrsto tal se največja dopustna mera lezenja $k_{adm}(P_p)$ razprostira med 0,3 in 0,8, v nekaterih primerih tudi več.

Na podlagi preiskav določimo tudi najkrajše potrebne opazovalne čase in pripadajoče kriterije lezenja (dopustne prirastke pomikov), ki jih upoštevamo pri CPN-jih in EPN-jih. Dejanska razpoložljiva sidrna sila P naj bo tekom celotne življenjske dobe znotraj 30 % in 70 % nosilnosti nateznega elementa P_{pk} ($0,3 P_{pk} \leq P \leq 0,7 P_{pk}$). Sila zaklinjenja mora biti na podlagi elaborata manjša od 60 % nosilnosti pramen $P_0 \leq 0,6 P_{pk}$, torej pod pogojem $R_{ak} < R_{ik}$ velja $P_0 \leq 0,6 R_{ak}$.

Elaborat določa, da naj preskusna sila P_p za izvedbo preskusov napenjanja (CPN in EPN) praviloma znaša $0,75 R_{ik}$, pri čemer mora doseči najmanj $1,25 P_0$, kjer je P_0 največja dopustna sila zaklinjenja dobljena iz rezultatov preiskav sider in ne izbrana sila zaklinjenja.

4.6.2 Opazovalni časi

RAZISKOVALNI PREIZKUS

Minimalni opazovalni čas na vsaki preiskovalni stopnji sile znaša 15 minut. V območju sile zaklinjenja P_0 pa se podaljša vsaj na 30 minut, medtem ko pri preskusni sili P_{pv} znaša najmanj 60 minut. V koherentnih zemljinah pa lahko projektant predpiše podaljšanje minimalnega opazovalnega časa (pri preskusni sili P_{pv}) na najmanj 180 minut.

V splošnem pa se opazovanje podaljšuje do takrat, ko se koeficient lezenja k očitno zmanjša pri naslednjem opazovalnem času oziroma vsaj 3 opazovalne čase (15 min) ostane nespremenjen.

CELOSTEN PREISKUS NAPENJANJA (CPN)

Pri postopku izvedbe CPN se območje med začetno silo P_a in preskusno silo P_p razdeli na 3 enako velike prirastke sile ΔP . Na vsakem nivoju sile se v predpisanih časovnih intervalih odčitava izvleček pramen sidra in pomik sidrane konstrukcije. Minimalni čas opazovanja na vmesnih stopnjah je 15 minut, pri preskusni sili P_p pa 30 minut. Ta minimalna opazovalna časa se lahko zmanjšata le, če je na osnovi rezultatov preiskav iz prvih 2 CPN že po kratkem opazovalnem času mogoča enolična izjava o nosilnosti sidra.

ENOSTAVNI PRESKUS NAPENJANJA (EPN)

V kolikor na podlagi rezultatov preiskav sider in CPN pridemo do zadovoljivih rezultatov, lahko pri ostalih sidrih objekta izvedemo EPN. Opredelitev stopenj sile med začetno silo P_a in preskusno silo P_p je enaka kot pri CPN, le da tu na vmesnih stopnjah beležimo le trenutne izvlečke pramen in pomike sidrane konstrukcije in se tudi ne vračamo na začetno silo. Minimalni čas opazovanja pri preskusni sili P_p znaša 5 minut, razen če ni bil podaljšan. Pri EPN je potrebno meriti pomik sidrne plošče Δs , če je Δs pri CPN znašal več kot 15 mm.

4.7 Vgradnja sider (Elaborat sidra ZPGS Rafael 20 in SIST EN 1537)

Pri vgradnji sider Rafael 20 morajo biti v sidrano konstrukcijo vgrajene opažne cevi zunanjega premera do 160 mm in dolžine najmanj 400 mm kot so predvidene z elaboratom sidra. Hkrati morajo biti sidrne kotve in nosilne plošče ustreznih dimenzij glede na predvideno število jeklenih pramen.

Izvajalec sidrnih del mora zagotoviti dokazila o kalibraciji opreme za napenjanje sider. Pred prvim vgrajevanjem sider mora prikazati aktivnosti in preskušanja nosilnosti sider na testnem polju in je nato odgovoren za:

- brezhibno vgrajevanje sestavljenih teles sider in sestavnih komponent sider dobavljenih s strani proizvajalca sider
- cementno injekcijsko maso, ki jo pripravlja sam vključno s preskušanjem ob vgradnji, predvidenim v načrtu kontrole
- vse aktivnosti v zvezi z izvedbo protikorozijske zaščite v območju glav sider
- obveščanje v zvezi s spremenjenimi lastnostmi tal, ki so bile uporabljene za oceno agresivnosti tal

4.7.1 Vrtanje vrtin

Minimalni premer vrtine projektant določi tako, da ni ovirano vstavljanje sidra s centrirnim elementom v vrtino. Metoda vrtanja sider se prilagodi tlem in potrebnemu premeru vrtine, pri čemer se pri vrtanju izbere tisto metodo, ki povzroča minimalne spremembe tal oziroma metodo, ki najbolj vpliva na nosilnost sider.

Medij za iznos materiala iz vrtine pri vrtanju izberemo glede na karakteristike materiala zaledja in vodo v tleh. Pri zemljinah oziroma kamninah občutljivih na vodo, uporabimo komprimiran zrak. Pri sidrih obrnjenih navzdol, se v primerih, ko ostankov materiala vrtanja ni možno povsem odstraniti iz vrtine, dolžina vrtine podaljša za razdaljo do 1 metra glede na računsko dolžino sidra.

Vodoravnim vrtinam se je potrebno izogibati, saj je polnjenje vrtin izredno oteženo. Med vodoravne vrtine štejemo vse vrtine, ki so odklonjene od horizontale za kot $\beta = \pm 10^\circ$. V tem primeru je potrebno izvesti ukrepe za odzračevanje oziroma zagotoviti popolno zapolnitev vrtine. V tem primeru lahko vgradimo sidra ZPGS Rafael 20 UP. Skladno s standardom SIST EN 1537, točka 8.3.6 Anchor grouting je potrebno pri vodoravnih in navzgor odklonjenih sidrih s tesnilom (pakerjem) preprečiti otekanje injekcijske mase iz območja veznega dela sidra.

Med vrtanjem moramo voditi dokumentacijo vsake posamezne vrtine, podatke o vrtanju pa beležimo v kontrolne liste sidra. Istočasno je treba zabeležiti tudi vse dogodke, kot so na primer navrtane praznine, menjavo vrtalne hitrosti, izgubo vode za izpiranje, izpiranje materiala, prisotnost potencialno agresivnih snovi in druge posebnosti.

Skladno s standardom SIST EN 1537, točka 8.1.1 os vrtine za sidro namestimo v okviru tolerance 75 mm. Začetna nastavitev naklona vrtalne garniture naj bo v meji 2° , naklon pa ponovno preverimo po izvrtanih 2 metrih. Med samim vrtanjem za zagotovitev skupne tolerance celotne vrtine (odmik od osi za vrednost $1/30$ dolžine sidra) kontroliramo položaj, smer, dolžino, premer in nagib osi vrtine.

Po zaključenem vrtanju je treba vrtine zaščititi pred morebitnim vpadom materiala v vrtino. Sidro je potrebno vgraditi najkasneje v 12 urah od zaključka vrtanja v očiščeno vrtino. V vrtine, ki so vrtane v zaledje z manj stabilno zemljino, se sidra vstavi in injektira takoj po končanem vrtanju.

4.7.2 Vstavljanje sider v vrtine

Vstavljanje sider v vrtine se lahko izvede na naslednje načine:

- ročno, po en delavec na vsake 3 do 4 m sidra
- z dvigali s širokimi platnenimi trakovi (uporaba jeklenic ni dovoljena)
- z odvijanjem sidra s koluta na navijalni napravi in neposrednim vtiskanjem v vrtino

Pri vtiskanju sidra v vrtino je dovoljena le fizična sila delavcev, ki prijemajo sidro za zaščitni ovoj in nikakor ne za pramena. V nobenem primeru ni dovoljeno uporabljati mehanskega vtiskanja sidra v vrtino. Potrebno je tudi preprečiti zdrs sidra v vrtino v primeru strmih ali navpičnih vrtin.

Paziti je potrebno, da je rob vrtine ali vrtalne cevi v vrtini brez izboklin in ostrih robov, da ne poškoduje sidra.

4.7.3 Injektiranje in poinjektiranje

Postopek injektiranja in injekcijske pritiske določimo na podlagi rezultatov geotehničnih raziskav in podatkov dobljenih med vrtanjem vrtin. Pri injektiranju v nevezljive zemljine se lahko uporabi masa z nekoliko višjim v/c faktorjem, vendar ne višjim od 0,44.

Skladno z elaboratom sidra moramo maso običajno vgrajevati pri temperaturah zraka $5^{\circ}\text{C} \leq T_z \leq 30^{\circ}\text{C}$. Pri nižjih oziroma višjih temperaturah, pa se masa lahko vgrajuje le, če sestavine predhodno ogrejemo oziroma ohladimo. Pri nizkih temperaturah je potrebno zagotoviti, da temperatura jeklenih pramen znaša vsaj 5°C .

4.8 Zaključni postopki izdelave območja glave sidra

Pred zaklinjanjem sidra pregledamo vse dele glave, ki ne smejo biti korodirani. Vidni so lahko le površinski sledovi korozije, ki jo lahko odstranimo z drgnjenjem s suho krpo.

Sidra zaklinimo tako, da odstopanje kota med osjo pramen in pravokotnico na sidrno ploščo ni večje od 3° . Zaklinjeno sidro lahko razklinimo in ponovno napnemo le, če zagozde ne primejo na prvotnem mestu zaklinjenja. Postopek napenjanja sider se izvede v suhem vremenu pri temperaturah višjih od 5°C , tako da lahko takoj po zaklinjenju izvedemo protikorozijsko zaščito glave sidra. Preostalo dolžino pramen odrežemo brez pregrevanja, in sicer tako, da ostane dolžina vsaj še enega premera pramen. Preostale dolžine pramen ne režemo pri merilnih sidrih, saj mora biti dinamometer zamenljiv.

Pred izvedbo protikorozijske zaščite površino glave očistimo (voda, maščobe, nečistoče). Pri nepopolno izkoriščenih sidrskih kotvah preostale odprtine zapolnimo s plastičnimi čepi. Sidra nato premažemo z bitumenskim premazom Plastimul v dveh slojih. Pozorni smo, da zapolnimo vse reže in stike, še posebno pozornost pa posvetimo območju klinov zagozd.

Homogeno premešan premaz nanašamo debeloslojno s čopičem po celotni površini glave sidra. Drugi sloj lahko nanesemo šele, ko se prvi sloj popolnoma posuši.

Sidra tipa "P" izvedemo tako, da pred pritrditvijo zaščitne kape, kapo napolnimo s protikorozijskim sredstvom in nato kapo in ostale vidne dele glave premažemo s Plastimulom po običajnem postopku. Zaščito sider tipa "MS" prav tako izvedemo po normalnem postopku, le da smo pozorni, da so pramena oplaščena in s PE cevkami zaščitena neposredno do nosilne plošče pod sidrno kotvo.

4.9 Program napenjanja sider za PGH Kozolec, 2. faza

V projektu varovanja gradbene jame je bilo predvidenih 89 začasnih štirivravnih geotehničnih sider 4 x 0,6", kvalitete 1670 / 1860 N/mm².

Vsa sidra so bila napeta s postopkom EPN. Od tega je bilo najmanj 10 sider testiranih po postopku CPN. Vse preskuse so nadzirale strokovne osebe, rezultate meritev pa smo beležili v protokole o napenjanju.

Pri beleženju deformacij uporabljamo merilnike premikov z natančnostjo 0,01 mm. Napenjalka in vsa uporabljena oprema je bila atestirana.

Vgradili smo 4 merska sidra.

Za napenjalne preizkuse je bilo treba upoštevati naslednje omejitve:

Štirivravna sidra (4 X 150 mm² → 600 kN):

- nosilnost sidra $V_u (F_u) = f_u * A_e = 991 \text{ kN}$
- natezna trdnost $V_s (F_y) = f_y * A_e = 879 \text{ kN}$
- sila zaklinjanja $V_0 = 0,60 * F_y = 528 \text{ kN}$
- preskusna sila $V_p = 0,75 * F_y = 659 \text{ kN}$
- začetna sila pri preizkusu $V_A = 0,15 * V_p = 98,9 \text{ kN} \Rightarrow V_A = 100 \text{ kN}$

Preiskave sider smo izvedli po standardu SIA 267:2003 in SIA 267/1.

Raziskovalne preskuse napenjanja smo izvedli na testnih sidrih v deležu minimalno 1% sider objekta (vendar najmanj 3).

$$n_{TS,min} = \max(0,01 * n_{sider}, 3)$$

$$n_{TS,dej} = 3$$

Vsa testna sidra smo uporabili kot sidra objekta, saj so izkazala ustrezno obnašanje med napenjalnimi preskusi.

Preskus nosilnosti sider po standardu SIA 267:2003 in SIA 267/1 smo izvedli s celovitim preskusom napenjanja v deležu minimalno 10% sider objekta (vendar najmanj 3).

$$n_{CPN,min} = \max(0,1 * n_{sider}, 3)$$

$$n_{CPN,dej} = 12 (13,48 \%)$$

Na preostalih sidrih objekta pa smo preskus nosilnosti izvedli z enostavnim preskusom napenjanja.

$$\eta_{EPN,min} = \eta_{sider} - \eta_{CPN,dej} - \eta_{TS,dej}$$
$$\eta_{EPN,dej} = 74 \text{ (83,15 \%)}$$

4.9.1 Preskusna sidra

V okviru varovanja gradbene jame smo izvedli 3 raziskovalne preskuse na testnih sidrih. V ta namen smo jih vgradili na mesta S_z 12 (TS12) in S_z 18 (TS18) ob objektu Slovenska 41 ter S_z 37 (TS37) pri objektu Kersnikova 4.

Te lokacije smo določili že pred izvedbo sidrnih gred, saj je bilo potrebno za ta sidra v grede dodatno vgraditi spiralno armaturo in tulce sider.

Postopek preiskave testnih sider:

- izbrali smo začetno silo $V_A = 150$ kN
- področje med začetno silo V_A in preskusno silo V_p smo razdelili na 6 približno enakih prirastkov sile $\Delta P = (V_p - V_A) / 6 = 125$ kN $V_A = 150$ kN
 - $V_1 = 275$ kN
 - $V_2 = 400$ kN
 - $V_3 = 525$ kN
 - $V_4 = 650$ kN
 - $V_5 = 775$ kN
 - $V_p = 900$ kN
- sila zaklinjenja je $V_0 = 0,6 * F_p = 540$ kN
- preskus ovrednotimo v šestih stopnjah s svojimi opazovalnimi časi in pomiki. Po preteku 5ih, 15ih oziroma 30ih minut ne sme sprememba pomikov prekoračiti mejnih vrednosti.

Če sidro izpolni vse pogoje, je test uspel in sidro se lahko uporabi tudi kot sidro konstrukcije. Spremljamo:

- koeficient lezenja k
- pomike grede in sidra, s čimer določimo stalne (plastične) in elastične spremembe dolžin sidra
- efektivno prosto dolžino sidra l_f , ki nam pove kakšna je togost sidra (za vgrajena sidra velja $8,2 \text{ m} < l_f < 11,1 \text{ m}$)

4.9.2 Celovit preskus napenjanja (CPN)

Postopek napenjanja sider po CPN s konstantnimi prirastki sile:

- izbrali smo začetno silo $V_A = 100$ kN
- področje med V_A in V_p smo razdelili na 3 približno enake prirastke sile

$$\Delta P = (V_p - V_A) / 3 = 153 \text{ kN}$$

$$V_A = 100 \text{ kN}$$

$$V_1 = 253 \text{ kN}$$

$$V_2 = 407 \text{ kN}$$

$$V_p = 560 \text{ kN}$$
- sila zaklinjenja je $V_0 = 0,6 * F_y = 528 \text{ kN} \Rightarrow 450 (350) \text{ kN}$
- preskus smo ovrednotili v treh stopnjah s svojimi opazovalnimi časi in mejnimi vrednostmi računske spremembe dolžine pramena kot je prikazano v preglednici 5 (Po preteku določenega časa ne sme sprememba dolžine sidra prekoračiti mejnih vrednosti.)

Preglednica 5: Ovrednotenje CPN v treh opazovalnih stopnjah

Pri napenjanju moramo doseči naslednje pogoje za ovrednotenje

Δt	5 min	ΔL_r	računska sprememba dolžine pramena
n	1, 3, 6 (12)		

Stopnja [kN]	Opazovalni čas [min]	Mejna vrednost
100 - 287	0' - 5'	max 2 % ΔL_r
287 - 474	5' - 15'	max 1 % ΔL_r
474 - 659	15' - 50'	max 1 % ΔL_r

Mejna vrednost računske spremembe dolžine pramena pri prvi stopnji je večja, ker se sidro še ravna in postavlja na svoje mesto (se centrira).

Štirje pogoji, ki jim moramo slediti pri izvedbi CPN:

- $\Delta L_r = V * l_{fr} / E_e * F_e$
- razmerje naklonov $\tan \alpha_2 / \tan \alpha_1 > 0,9$, kjer je:
 - α_1 naklon linije obremenjevanja
 - α_2 naklon linije razbremenjevanja
 - Liniji predstavljata razmerje med silami napenjanja in z njimi povzročenimi pomiki in sta razvidni iz Diagramov poteka Sila – Deformacija v protokolu sider v prilogi 5 ali 6.
- efektivna prosta dolžina sidra mora biti v mejah:

$$l_f > 0,9 * l_{fr}$$

$$l_f < l_{fr} + 0,3 * l_v;$$
 pri tem velja za $l_f = \Delta l_{el} (V_p) * A_e * E_p / (V(V_p) - V_a - R)$
- trajna deformacija Δl_{bl} mora biti manjša, kot je mejna vrednost določena na osnovi raziskovalnih preskusov sidra

4.9.3 Enostavni preskus napenjanja (EPN)

Postopek napenjanja sider po EPN je potekal v naslednjih stopnjah:

- Izbrali smo začetno silo $V_A = 100$ kN
- sidro smo obremenjevali od začetne sile V_A do preskusne sile $V_p = 560$ (450) kN
- merili smo trenutne pomike Δl med V_A in V_p za vsako vmesno stopnjo
- preskusno silo V_p smo vzdrževali na projektirani sili in merili večanje pomikov v časovnih razdobjih. Ti časovni intervali so pri vzpostavitvi sile, pri 1. minuti, 2, 5, 10 in 15 minuti. Po potrebi smo opazovali še trenutne pomike pri 20, 25 in 30 minuti. Konec opazovanja je odvisen od pogojev izpolnjevanja mejnih pomikov.
- po preskusu smo sidro zaklinili pri sili $V_0 = 450$ (350) kN, s tem da smo upoštevali morebitni zdrs pramen sidra.

Preskus EPN ovrednotimo s štirimi pogoji:

- po končanem opazovanju, pomik ne sme prekoračiti mejnih vrednosti, kot je vidno iz diagramov elastične in trajne deformacije v protokolih napenjanja sider v prilogi 5
- opazovati moramo razmerje naklonov $\tan \alpha_2 / \tan \alpha_1 > 0,9$, kjer je:
 - α_1 naklon linije obremenjevanja
 - α_2 naklon linije razbremenjevanja
- efektivna prosta dolžina sidra mora biti v mejah $l_f > 0,9 * l_{fr}$
 $l_f < l_{fr} + 0,3 * l_v$;
pri tem velja za $l_f = \Delta l_{el} * A_p * E_p / (V_p - V_a - R)$
- trajna plastična deformacija $\Delta l_{bl(kor)}$ mora biti manjša kot je določena s CPN

5 VAROVANJE GRABENE JAME

5.1 Jet grouting

V primeru varovanja gradbene jame za objekt PGH Kozolec, 2. faza je bilo veliko znanega že iz preiskav za gradnjo prve faze objekta, saj so takrat izvedli odvzem vzorcev tudi na območju druge faze objekta. Še bolj pomembno pa je dejstvo, da so za varovanje gradbene jame prav tako uporabili tehnologijo jet grouting. Izvajalec je imel tako veliko podatkov o že izvedenih delih v enakih razmerah, zato ni bilo potrebe po izvedbi testnega slopa.

Ureditev gradbišča (priloga 1: Situacija začasne varovalne konstrukcije), predvsem pa načrtovanje del ter možnost izkopa, je privedel do naslednjega vrstnega reda izvajanja jet grouting del; najprej smo injektirali vzdolž osi F, nadaljevali vzdolž osi A ob objektu Kersnikova 4 do osi 21, saj tu sega varovanje gradbene jame do vrha izkopa, torej do relativne kote objekta 0,0 m. Z deli smo nadaljevali vzdolž osi 28 pod Knjižnico Otona Župančiča ter na zadnje zaključili injektiranje vzdolž osi A od 21. osi naprej ob objektu Kersnikova 6, kjer so jet grouting slopi izvedeni pod temelji obstoječih sosednjih objektov. Na območjih, kjer so slopi izvedeni z nižjih kot, ima varovalna stena le en nivo sidranja. Vrstni red izvedbe je razviden tudi iz rojstnih listov jet grouting slopov v prilogi 7.

5.1.1 Označbe

Pripravljalna dela smo začeli z ureditvijo in zavarovanjem gradbišča ter obveščanjem sosedov o pričetku del. Med tem smo odstranili vse ovire nad tlemi, označili karakteristične reperje ter pripravili delovni plato. Na njem smo označili linijo jet grouting slopov in njihov projektni raster.

V standardu SIST EN 12716, točki 8.3.2 in 8.4.3 zahtevata, da je treba beležiti natančno lokacijo slopov, saj ne smejo odstopati od projektiranih za več kot 50 mm. Izvajalec del sicer pravi, da se pri nas tega posebej ne beleži, se pa temu posveti dovolj pozornosti tako, da se na delovnem platu natančno zarišejo lokacije vsakega posebej.



Slika 17: Označba linije in pozicij jet slopov vzdolž osi F (tudi stanje po neurju prejšnji dan) (Vir: lastna fotografija)

Med izvedbo je bil na napačni lokaciji izveden le jet grouting slop J87, skrajni slop pogleda A pri Knjižnici Otona Župančiča (priloga 1), saj je tam izvajalec zgrešil linijo. Po dežju so namreč površno popravili začrtane talne oznake. Ugotovljeno je bilo, da je tudi ta lokacija sprejemljiva, ker ni vplivala na integriteto varovalne konstrukcije.



Slika 18: Pogled na os A ob objektu Kersnikova 4 od 21 osi proti Knjižnici Otona Župančiča (Vir: lastna fotografija)



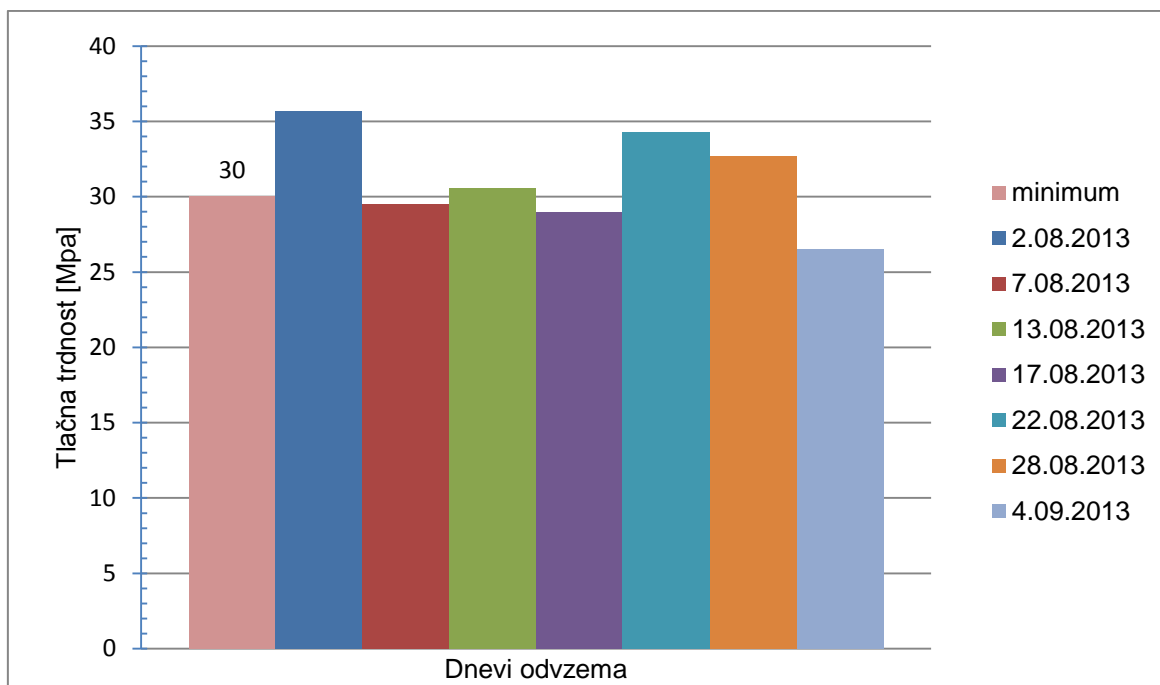
Slika 19: Pogled vzdolž osi A od Knjižnice Otona Župančiča proti 1. fazi PGH (Vir: lastna fotografija)

5.1.2 Injekcijska masa

V prilogi 8 so predstavljena poročila testiraj enoosne tlačne trdnosti injekcijske mase. Odvzem vzorcev je bil izveden v sedmih dnevih odvzemih po 3 vzorce, razporejenih enakomerno skozi trajanje del. Preglednica 6 in grafikon na sliki 20 prikazujeta skupine odvzetih vzorcev ter rezultate enoosnih tlačnih preiskav.

Preglednica 6: Rezultati enoosnih tlačnih preskusov na injekcijski masi

Datum odvzema	Vzorci	Enoosna tlačna trdnost [Mpa]	Povprečna enoosna tlačna trdnost [Mpa]
2.08.2013	1	35,7	35,7
	2	ni podatka	
	3	ni podatka	
7.08.2013	1	29,4	29,5
	2	27,2	
	3	31,9	
13.08.2013	1	30,3	30,6
	2	33	
	3	28,5	
17.08.2013	1	29,6	29,0
	2	24,4	
	3	33	
22.08.2013	1	31,8	34,3
	2	35,7	
	3	35,4	
28.08.2013	1	42,5	32,7
	2	28	
	3	27,5	
4.09.2013	1	28,1	26,7
	2	26,9	
	3	25	



Slika 20: Rezultati enoosnih tlačnih preskusov na injekcijski masi.

Projekt je zahteval, da povprečna tlačna trdnost mase dnevnega odvzema ne sme biti pod 30 MPa. To se je zgodilo v treh primerih, hkrati pa je skupna povprečna trdnost vseh strtih preizkušancev presežala 31 MPa. Izvajalec in nadzor sta se strinjala, da je, kljub nekaterim

nižjim vrednostim dnevnih odvzemov od minimalne zahteve trdnosti, trdnost injekcijske mase sprejemljiva.

5.1.3 Izvedba jet grouting slopov

Jet grouting slope izvajamo po s projektom določenem vrstnem redu. Lahko jih izvajamo enega za drugim, lahko pa izmenično s preskokom določenega števila slopov. Po predhodno določenem času oziroma po strditvi mase, se vračamo injektirati na izpuščene lokacije slopov. V projektu PGH Kozolec 2. faza je bila prvotno predpisana izvedba s preskokom dveh vmesnih slopov, torej s prvotno izvedbo slopov 1, 4, 7 in tako naprej. Po 35 izvedenih slopih in vmesnem pozornem spremljanju iztekanja mase, smo se odločili, da se lahko sekvenca izvajanja zmanjša na izmenično izvajanje s preskokom enega slopa. To je razvidno tudi iz rojstnih listov jet grouting slopov v prilogi 7.

Sekvenca izvedbe ni bila povsem striktna, saj je tekom del prihajalo do potreb po predhodno izvedenih slopih na drugih delih gradbišča ali pa je kakšno drugo delo zahtevalo večje preskoke pri izvajanju jet grouting slopov. Pomembno je predvsem, da med temi preskoki ne injektiramo neposredno ob že izvedenemu slopu pred predpisanim časom strjevanja injekcijske mase.

5.1.4 Modificiran jet

Postopek izvedbe jet grouting slopov po modificiranem postopku je opisan v poglavju 3.4.

Po potrebi smo začeli injektirati po modificiranem postopku, saj je bila ponekod zemljina tako gosta, da je skozi odprtino na površje odtekalo preveč mase. Mestoma so slopi sekali večje skalnate gmote ali bolj strjene dele nasutja, tako da curek mase ni prodrl dovolj globoko v zemljino. Tudi pri vgradnji armature smo imeli velike težave in porabili smo veliko časa.



Sliki 21 in 22: Levo situacija problema J179, desno J177. Primer težave s kakršnimi se srečujemo med injektiranjem ter rezultat, ki ga vidimo šele po odkopani jami. Konkretni problem v tem primeru ne vpliva na celovitost, saj se nahaja na delu stene, kjer pritiski niso veliki. (Vir: lastni fotografiji)

Kljub vsej pozornosti in spremljanju parametrov injektiranja, lahko vedno pričakujemo težave. Na osi A pri K4 se je zagostilo vrtno drogovje. Če običajne metode izvlečenja drogovja niso uspešne, se pojavi ekonomsko vprašanje ali je dražje novo drogovje ali zamuda ter ure, ko stroj stoji. S statičnega vidika problemov ni bilo, saj je globina vrtnja omenjenega slopa zadoščala za celovitost konstrukcije. Izvajalec se je odločil, da vrtno drogovje ostane vgrajeno v konstrukciji.

5.1.5 Vertikalne inklinacije

Vrtine za meritve vertikalnih inklinacij za spremljavo horizontalnih premikov zaščitne gradbene jame smo izvrtali takoj po času, ki je potreben za zadostno strditev jet mase, torej 3 dneh. Zato smo predhodno injektirali po štiri jet grouting slope, vsako skupino na svojem koncu gradbene jame vzdolž osi F (vzdolž Hotela Center). Tretja inklinacija je v srednjem delu osi 28 ob objektu Knjižnica Otona Župančiča.



Sliki 23 in 24: Prvi 4 slopi na SV delu takoj po injektiranju na mestu inklinacije 1 (med J7 in J8) na levi ter že izvedena inklinacija 2 na JV delu (med J64 in J65) 3 dni po injektiranju za drugo skupino 4 jetov na desni (Vir: lastni fotografiji)

Inklinacijski vrtini 1 in 2 sta od armature v oseh jet grouting slopov oddaljeni le 30 cm. To je namreč razdalja, ki še zadostuje varnemu vrtanju ob vročevodni napeljavi, ki se nahaja na drugi strani inklinacijskih vrtin.

5.1.6 Uporaba zmanjšanega pritiska injektiranja vzdolž osi F

Na mestih kompenzacijskih lir vročevodne napeljave ob osi F je bila razdalja med jet grouting piloti in lirami zelo majhna za varno injektiranje. Tako smo vzdolž celotne osi F zadnji meter pod površino pritiske injektiranja zmanjšali in s tem zmanjšali premer slopov, da ne bi prišlo do poškodb na obstoječi napeljavi. Zemeljski odpor na tej globini je tako majhen, da zmanjšanje prereza jet slopov ne vpliva na varnost konstrukcije.



Slika 25: Razdalje med vročevodno kineto, osjo varovalne stene s pozicijami jet slopov ter pozicijo bodoče garažne hiše (Vir: lastna fotografija)



Slika 26: Pogled na os F po odkopu, kjer se lepo vidi zmanjšani prerez slopov v zgornjem metru ob vročevodu. (Vir: lastna fotografija)

5.1.7 Poševni jet grouting slopi

Jet grouting slopi se lahko vgrajujejo tudi poševno. Postopek je enak za vse naklone. Skladno s standardom SIST EN 12716, točka 3.8 se injektranje v naklonih $\pm 20^\circ$ od horizontale smatra kot horizontalno injektiranje, kjer moramo upoštevati dodatne zahteve predvsem glede injektiranja blizu površine in iztekanja mase.

Pri našem projektu smo izvedli poševno injektiranje vzdolž objekta Knjižnice Otona Župančiča ter ob objektu Kersnikova 6. Izvedli smo poševne jet grouting pilote pod naklonom 5° od vertikale in sicer od nivoja vrha temeljev obeh objektov. S tem smo podinjektirali in podprli temelje obstoječih objektov.

Vzdolž knjižnice je prišlo do operativnega problema, ker glava vrtnega stroja ni šla mimo inštalacije pritrjene na zunanjo steno knjižnice. Odstranitev te inštalacije bi predstavljala velik problem in dodatne časovni zamik gradnje. Zato smo se odločili, da naklon slopov povečamo do kota, ki bo dopuščal nemoteno vrtnanje in injektiranje. Slopi so bili injektirani pod naklonom 5° do 7° glede na vertikalo. Izvajalec se je trudil, da se je pri vsakem slopu čim bolj približal predvidenim 5 stopinjam. Majhno povečanje naklona v tem primeru ni povzročalo statičnih problemov.



Slika 27: Prikaz inštalacije, zaradi katere smo povečali naklon injektiranja pri knjižnici (Vir: lastna fotografija)

V območju nagnjenih slopov je objekt PGH segal neposredno do podinjektiranih objektov. Prostor pod nagnjenimi slopi se je zato podbetoniral od tal izkopa do nivoja dna temeljev z brizganim betonom, tako da skupaj z zunanjimi stenami kletnih prostorov obstoječih objektov služi kot opaž zunanji steni PGH.

5.1.8 Izkop gradbene jame do nivojev sidrnih gred

Gradbene jame so običajno sidrane v enem ali več nivojih. Običajno na nivoju sider izvedemo gredo, ki omogoči raznos sidrnih sil in dodatno poveže konstrukcijo iz jet grouting slopov. Izkop jame lahko začnemo 3 do 5 dni po končani izvedbi jet grouting slopov. Po izvedbi grede, vrtnanju, vstavljanju in napenjanju sider lahko nadaljujemo z izkopom do naslednjega nivoja. V tej fazi izvedbe ni potrebno čakati, saj so slopi že dovolj trdni.

5.1.9 Dolžina (metraža) injektiranja

Lokalno smo pri Knjižnici Otona Župančiča s sondažnim izkopom preverili tudi dejanski nivo temeljev knjižnice. Izkazalo se je, da so ti pol metra plitvejši, kot je bilo predvideno v projektu. To pomeni, da so bili slopi ob objektu knjižnice vsi za pol metra daljši od prvotno projektiranih. Hkrati je ta sprememba povzročila potrebo po povečanju naklona poševnih slopov vzdolž knjižnice, saj bi se v prvotnem primeru vrtna glava izognila napeljavi.

Nivo temeljenja je za celotno garažno hišo na isti koti. Najnižji nivo jet grouting slopov je na koti 286 m absolutno 2,3 m pod dnem temeljev novega objekta. Na površini smo odstranili površinski sloj zemljine in pripravili delovni plato na koti 297,5 m abs. Ta nivo velja za območje osi F (Hotel Center). Delovni plato vzdolž knjižnice je bil izkopen do kote 295 m abs. Vzdolž osi A ob Kersnikovi 4 in 6 do osi 21 je bil pripravljen na koti 297 m abs. Od osi 21 naprej vzdolž Kersnikove 6 pa do kote 293 m absolutno. Vzdolž osi 21 so še štirje slopi J175 do J179, ki so izvedeni od kote 295 m abs.

Skupaj to pomeni 87 slopov dolžine 11,5 metrov vzdolž osi F, 47 slopov dolžine 11 m vzdolž osi A. 38 + 4 slopov dolžine 9 metrov ter 29 slopov dolžine 7 metrov. Računsko je to 2098,5 metrov jet grouting slopov povprečnega prereza 0,5 metra. Vsi slopi zgornjega pol metra zaradi varnosti niso injektirani. Pol metra je razdalja, ki velja za vsa dela maksimalnega odklona približno 10° od vertikale. Odprtina pri vrhu se običajno že sama zapolni z iztečeno maso. Drugače jo z okoliško iztečeno maso zapolni izvajalec. Dodatnih pol metra pa so vzdolž osi F zaradi vročevoda izvedeni z nižjimi pritiski, ki jih je po občutku na licu mesta določil vodja izvjalcev. Zaradi različnih razlogov treh slopov nismo izvedli.

5.2 Izvajanje sider ZPGS Rafael 20

Na objektu PGH Kozolec smo za sidranje zaščitne konstrukcije izbrali ZPGS Rafael 20. Vgradili smo 86 teh 4-pramenskih sider, 3 sidra pa so bila testna, 5-pramenska sidra. Izvedli smo še 12 celovitih preskusov napenjanja in 74 enostavnih preskusov napenjanja.

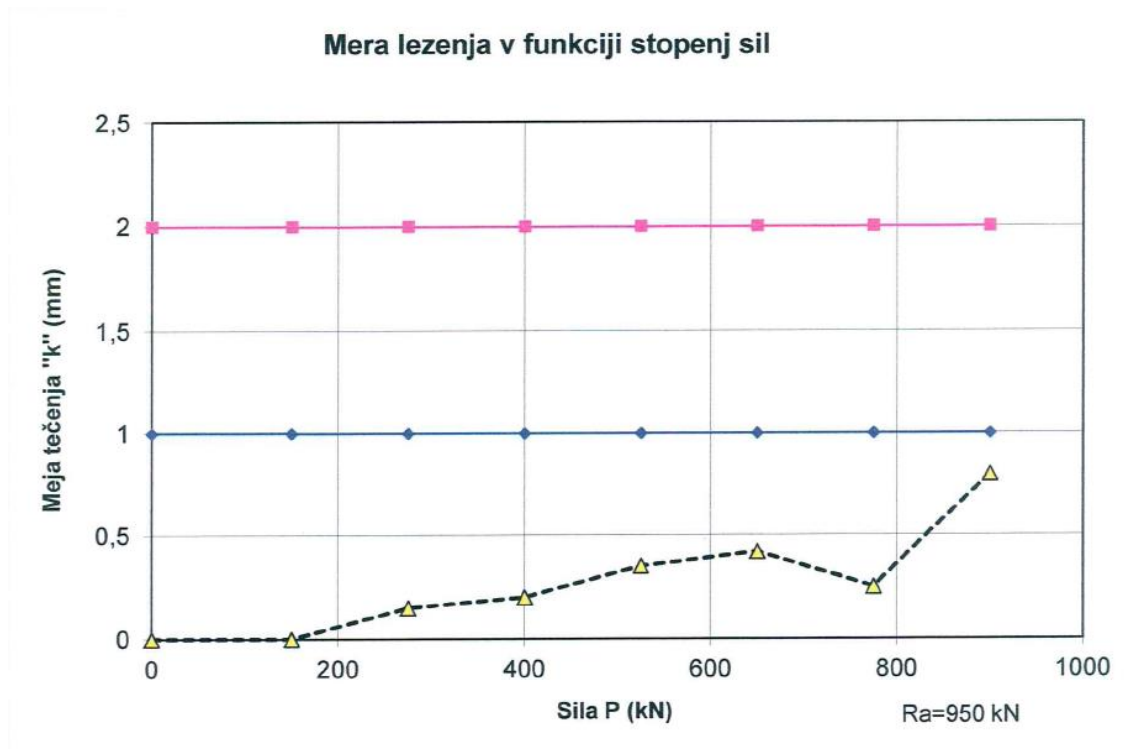


Slika 28: Testno sidro čaka na vgradnjo. (Vir: lastni fotografiji)



Slika 29: Podatki o TS ter razlika med veznim in prostim delom sidra (Vir: lastna fotografija)

S testnima sidroma TS12 in TS18 smo določili mejno zunanjo nosilnost sider $R_a = 950$ kN, s TS36 pa z nekoliko nižano preskusno silo 800 kN zunanjo nosilnost $R_a = 880$ kN.



Slika 30: Skladno s SIST EN 1537, E.2.2 naj $k(P_p)$ nebi presegla vrednosti 1 mm. (protokol TS12 v prilogi 4)

Vgradili smo tudi 2 kontrolni sidri (KOS) in sicer sta to sidri z oznako S_{z26} in S_{z50} . Praviloma se sidrnih pramen po zaklinjanju sidra ne reže, dokler ta niso v napoto pri gradnji. Tako je možno po potrebi sidra ponovno napeti in/ali preskusiti njihovo nosilnost. Pramena so bila porezana le na območju Kersnikove 6 in v osi 28 ob knjižnici, kjer bo zunanja stena objekta PGH segala neposredno do sosednjih objektov. Vgrajena so tudi 4 merilna sidra (MS) z dinamometrom.

Pred izvedbo sidranja smo preverili tudi veljavnost potrdila o skladnosti za geotehnična sidra ter veljavnost kalibracije napenjalke.

5.2.1 Postopek vrtnanja sidrnih vrtin

Po odkopu jame do nivoja sider in preteku treh dni, ko greda pridobi zadostno trdnost, lahko začnemo z vrtnanjem vrtin za sidra. Predhodno se označijo vse pozicije sider in še posebej pozorno pozicije testnih sider, kjer je v gredo vgrajena tudi dodatna spiralna armatura. Na mestih sider se v gredo v sklopu opaženja namestijo tudi plastični tulci.

Vranje sidrnih vrtin izvedemo z vrtnalnim strojem (sliki 31 in 32), katerega lafeto namestimo pod po projektu določenim kotom sidranja. Naklon sme odstopati od predpisanega za največ 3 kotne stopinje, kar smo po 2 izvrtanih metrih ponovno preverili in do odstopanja praktično ni prišlo. Naklon preverimo s kotnim merilom tako, da ga položimo na vrtnalno drogovje, ko je vrtnalni stroj v mirovanju, in z libelo na kotnem merilu odčitamo naklon (sliki 33 in 34).



Sliki 31 in 32: Vrtalni stroj (Vir: lastni fotografiji)



Sliki 33 in 34: Kotno merilo z libelo (Vir: lastni fotografiji)

Vrtanje je bilo izvedeno s cevtrivjo na izpuh z zrakom do globine približno 16 m, kar je enako dolžini sider (15 m) in dodatni razdalji, ki nam omogoča boljše in učinkovitejše izpihovanje navrtanega materiala iz vrtine. Po podatkih izvajalca del natančnost podaljšanja vrtine ni tako pomembna, saj v prodno-peščenih tleh ne moremo izpihati vsega drobirja, s pretiranim izpihovanjem pa lahko povečamo vrtino in jo celo uničimo. Na tak način sicer povečamo zunanjo nosilnost sidra, kar je dobro, vendar pa v primeru raziskovalnega preskusa na testnih sidrih to pomeni slabo orientacijo za ustrezno pripravo programa napenjanja sider.

Med vrtanjem iz različnih globin odvezamemo izpihano zemljino in jo opazujemo (slika 35). Na podlagi sestave tal lahko namreč ocenimo, kakšna bo poraba injekcijske mase in kakšen bo stik med veznim delom in zemljino.



Slika 35: Izpihana zemljina po vrsti od površine (levo) proti dnu (desno). Skrajni desni iz 14,5m. (Vir: lastna fotografija)

Po končanem vrtanju skupaj z vrtalnim drogovjem in vrtalno glavo izvlečemo tudi obodno zaščitno cev vrtine, saj so bile te stabilne in se niso rušile.

5.2.2 Injektiranje cementne mase

Postopek injektiranja cementne mase je opisan že v točkah 4.7.3 Injektiranje in poinjektiranje ter 4.3 Mehanska trdnost in stabilnost in glede na to, da s tem na gradbišču nismo imeli nobenih težav, temu na tem mestu ne bomo posvečali večje pozornosti.

5.2.3 Napenjanje sider

Napenjanje sider mora izvajati ustrezno usposobljena oseba. Večanje pritiska v napenjalki in s tem dodajanje sidrne sile krmilimo preko hidravlike. Pomembno je, da sile predvsem pri večjih vrednostih ne povečujemo preveč sunkovito, saj lahko na tak način v skrajnem primeru tudi izpulimo sidro.

Pri vsaki sili v določeni stopnji preiskave v določenih časovnih obdobjih merimo pomike pramen in grede. To naredimo z dobro pritrjenimi merilnimi uricami. Pomike beležimo v protokol sidranja in jih kasneje uporabimo za interpretacijo ustreznosti sidranja.

5.2.4 Preskusna sidra (komentarji na probleme med izvedbo)

Postopek napenjanja preskusnih sider je opisan v točki 4.9.3 Preskusna sidra.

Preskusna sidra imajo praviloma eno jekleno preme več, kot ostala sidra. V primeru PGH Kozolec 2. faza smo vgradili 3 testna sidra s 5 prameni. Najprej smo izvedli preiskave na

sidrih z oznakama TS18 in TS12 ob objektu Hotel Center, nato pa še na sidru z oznako TS36 ob objektu Kersnikova 4.

Pri izvajanju meritev na preskusnih sidrih preiskujemo zunanjo nosilnost sidra. Ker želimo doseči čim višjo silo, uporabimo sidra z višjo notranjo nosilnostjo (po jeklu), da nas med izvajanjem testa ne skrbi, da bi se jeklena pramena plastično deformirala ali celo pretrgala.

Med procesom vrtanja vrtine za TS18 smo naleteli na zastoj pri vrtanju. Po ponovnem pregledu izpihane vzorcev navrtane zemljine, smo ugotovili, da je prodna zemljina zelo gosta in smo uporabili ustrežnejšo vrtalno glavo, s katero smo brez težav dosegli željeno globino vrtine.

Med vrtanjem smo redno jemali vzorce izpihane zemljine, kot je prikazano na sliki 36. Z leve proti desni vidimo kako prehaja prodna zemljina iz slabo granulirane (GP) v dobro granulirano (GW). Na skrajni desni je, kot zadnji odvzeti vzorec na globini 14,5 m, prikazan tudi iz vrtine izpihan konglomerat.



Slika 36: Odvzem izpihane zemljine (Vir: lastna fotografija)

Pred menjavo vrtalne glave smo na mestu zastoja večkrat poskusili s prvotno nameščeno vrtalno glavo in nekoliko višjim pritiskom izpihovanja navrtane zemljine, s čimer smo iz vrtine izpihali več zemljine in nekoliko povečali njen obod. Poleg povečanega oboda na odseku vrtine se je na njenem dnu pojavil konglomerat. Na podlagi obeh razlogov smo lahko predvideli nekoliko večjo porabo injekcijske mase od predvidene.

Naslednje testno sidro je bilo sidro z oznako TS12. Sam proces napenjanja sidra je minil brez težav, je pa pri sidrni sili $V_p = 900$ kN prišlo do strižnih poškodb AB grede. Na slikah 37 in 38 se zelo lepo vidijo razpoke in kako se razpoke po razbremenitvi sidra zaprejo (sliki 39 in 40).



Sliki 37 in 38: Pri TS12 je prišlo do strižnih razpok grede pri 900 kN. Sliki prikazujeta razpoko, ki je pri tem nastala. (Vir: lastni fotografiji)



Sliki 39 in 40: Po razbremenitvi se je greda pomaknila nazaj na prvotno mesto in razpoka se je zaprla. (Vir: lastni fotografiji)

Napenjanje sidra TS36 smo izvedli brez večjih težav. Nekaj več časa je vzelo le umerjanje pri preskusni sili V_p , ko se sidro ni hotelo umiriti in se je sila nenehno spreminjala za nekaj kN. Pri zadnji stopnji napenjanja je pogosto težko obdržati konstantno silo. Kljub temu smo dosegli predvideno silo.

Na sidru TS36 smo uporabili zmanjšani sili $V_p = 800$ kN in $V_0 = 480$ kN; $V_0 = 0,6 * V_p$. Za ta ukrep se je projektantka odločila na podlagi prvih dveh testov, kjer smo kljub nekaterim problemom prišli do ustreznih rezultatov, ki so omogočili korekcijo prvotnih preskusnih sil in sil pri zaklinjanju sider pri izvajanju CPN in EPN testov. Predvsem pa so bile ob osi A gradbene jame predvidene nižje projektne sidrne sile in zato tudi preskusno sidro ni potrebno napenjati do tako visoke sile.

Protokoli za testna sidra so prikazani v Prilogi 4.

5.2.5 Program napenjanja sider ter sprotne meritve

Sidra napenjamo tako, da na napenjalki postopoma povečujemo hidravlični pritisk in s tem povečujemo sidrno silo. Na vsaki testni stopnji, pri konstantni vrednosti sidrne sile, predpisan čas opazujemo premike sidra in grede ter jih odčitavamo v časovnih intervalih. Na podlagi izmerjenih vrednosti pomikov izračunamo razliko pomikov (raztezek sidra) in določimo mero lezenja k v vsakem posameznem časovnem intervalu.

Po vzpostavitvi določene sile beležimo razliko pomikov med sidrom in gredo. S tem dobimo trenutni raztezek sidra. Raztezke sidra beležimo ob časih 0, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25 in 30 minut in nato še pri razbremenitvi na začetno silo. Iz pomikov izmerjenih med 2 in 5 minuto, med 5 in 15 minuto ter med 15 in 30 minuto nato izračunamo koeficient lezenja k . Pri vsaki stopnji ovrednotimo mero lezenja k glede na mejne vrednosti, ki so prikazane v elipsi v prilogi 5 protokola CPN sidra Sz5, in ugotovimo ali je ta ustrezna. Če je, stopnjo zaključimo oziroma nadaljujemo do 15 oziroma 30 minute. Enako postopamo v vseh fazah preiskave, le v zadnji stopnji opazovanje vedno izvajamo vsaj do 30 minute. Za lažjo predstavo je v prilogi 5 protokol CPN sidra Sz5 opremljen z oblački. Pri preskusnih sidrih pa se čas opazovanja po potrebi podaljšuje do 60 minut.

Po pretečenem minimalnem času opazovanja je za zaključek preiskave najpomembnejše opazovanje koeficienta k . Preiskavo lahko zaključimo, ko vrednost koeficienta vztrajno pada pri vsakem opazovalnem času oziroma vsaj tri zaporedne intervale ostane nespremenjen.

Pri izvajanju EPN smo na gradbišču sprejeli odločitev, da pomika grede ne merimo, saj smo ugotovili, da je merjenje pomikov pramen dovolj natančno za analizo. Poudariti je potrebno, da je to v nasprotju s standardom, vendar je to stalna praksa na naših gradbiščih, tako da se te poenostavitve izvajajo pogosto. Meritve izvajamo tako, da vzpostavimo vse stopnje preskusne sile med začetno in preskusno silo, kot je opisano v točki 4.9.3 Enostavni preskus napenjanja. Pri preskusni sili pa postopamo enako kot pri izvajanju CPN, le da preskus spremljamo le 15 minut.

Po preiskavah s preskusnimi sidri je projektantka določila vrednosti preskusnih sile za izvajanje CPN in EPN.

$V_p = 560$ kN, $V_0 = 450$ kN za sidra na odsekih, kjer smo sidrali v dveh nivojih:

- celoten odsek A vzdolž Slovenske 51
- odsek C vzdolž Kersnikove 4

$V_p = 440$ kN, $V_0 = 350$ kN za sidra na odsekih, kjer smo sidrali v enem nivoju:

- celoten odsek B vzdolž KOŽ
- odsek C vzdolž Kersnikove 6

Preglednica 7 prikazuje načrtovane in nato dejansko izvedene celostne preskuse napenjanja.

Preglednica 7: Načrtovani in dejansko izvedeni CPN-ji.

V_p [kN]	Načrtovani		Izvedeni	
	CPNz	CPNs	CPNz	CPNs
560	5, 20, 41	5, 20, 31	5, 20, 41	5, 19, 20, 21, 22, 31
440	25, 30, 49	52	25, 30, 49	nič

Vidimo, da smo od prvotno planiranih desetih izvajanih CPN na koncu izvedli 12 testov. Sidri Sz20 in Ss20 nista zdržali preskusa napenjanja. Zato smo izvedli še tri nepredvidene CPN-je v njihovi bližini. Zaradi finančne stiske in po navodilih projektantke zato nismo izvedli CPN na sidru Ss52 v osi A pri Kersnikovi 6.

5.2.6 Sidra z oznakami Ss19, 20, 21, 22 in Sz20

Med izvajanjem CPN testa na sidrih Ss20 in Sz20 sta sidri popustili na drugi stopnji preizkusa pri sili $V_2 = 407$ kN. Sidro Ss20 je popustilo med 5 in 10 minuto opazovanja, sidro Sz20 pa že v prvi minuti opazovanja, kot je razvidno iz protokola sider Ss20 in Sz20 na prilogi 5. Sidri sta bili izvedeni v tla, kjer se nahajajo sledovi gline in konglomerata. Zemljine s prenizko strižno nosilnostjo je bilo v območju veznih delov sider preveč in sidri sta popustili.

Po presoji projektantke sidra Ss20 nismo zaklinili (slika 41), ker nima smisla vpenjati glave na nenosilna premena. Sidro Sz20 smo kljub poružitvi zaklinili na začetno silo $V_0 = 100$ kN. Na stabilnost in celovitost konstrukcije dve nenosilni sidri nimata večjega vpliva.



Slika 41: Neustrezno sidro z oznako Ss20 in sidro Sz20 zaklinjeno na 100 kN. (Vir: lastna fotografija)

Priporočilo Zavoda za Gradbeništvo, ki je izvajal nadzor, je bilo, da se v nadaljevanju izvede CPN na vseh sidrih, pri katerih se med vrtnanjem ugotovi odstopanje geoloških pogojev glede na sestavo ugotovljeno pri preskusnih sidrih. Posledično smo izvedli CPN še na sosednjih sidrih Ss19, Ss21 in Ss22. Ta sidra so uspešno prestala preskus pri sili $V_p = 560$ kN. S tem smo tudi presegli minimalni zahtevani delež izvedenih celotnih preskusov napenjanja na sidrih objekta.

5.2.7 Sidro z oznako Sz46

Med objektoma Kersnikova 4 in 6 smo zaradi položaja kletnih prostorov objekta Kersnikova 6 proti bodočemu objektu PGH Kozolec zamaknili tudi varovalno konstrukcijo gradbene jame. V projektu je bilo na mestu zamika v zgornji liniji sider zamišljeno sidro Sz46 prečno na osi vseh ostalih sider, kot je razvidno na prilogi 2.

Zaradi kletne etaže objekta Kersnikova 6 je bila izvedba tega sidra na tej poziciji in v tem nivoju nesmiselna, kar lepo vidimo na sliki 42. Sidro bi sicer morali izvesti skozi kletne prostore.



Slika 42: Situacija med Kersnikovo 4 in 6 (Vir: lastna fotografija)

Po projektantkini potrditvi, da je sprememba v statičnem smislu možna, smo sidro z zgornjega nivoja sider premaknili na spodnji nivo (slika 43) in ga izvedli kot sosednje sidro sidru Ss35. Hkrati je to pomenilo tudi hitrejše napredovanje del.



Slika 43: Situacija sidra po injektiranju (Vir: lastna fotografija)

5.2.8 Sidro z oznako Sz41

Ob objektu Kersnikova 4 smo imeli težave pri vrtanju za sidro Sz41. Problem smo rešili tako, da smo naklon sidra iz 20° povečali na 25° .

5.2.9 Ležišča na gredi, naklon sidrne glave in naklon osi sider

Pri izvedbi AB grede moramo biti pozorni na naklon naležne površine za sidrno ploščo. Najpomembnejši dejavnik je primerna izvedba opaža, saj tako najlažje izvedemo ustrezní kot. Vse ostale morebitne sanacije so zamudne in predstavljajo dodaten strošek.

Standard SIST EN 1537 v tč. 6.3 Ancor head zahteva, da je maksimalen dopustni kot med normalo na ravnino sidrne glave in osjo sidra 3° . Pri tem kotu se horizontalna in vertikalna komponenta sidrne sile ne spremenita toliko, da bi bila ogrožena stabilnost konstrukcije. Tak odklon tudi ne ogroža nosilnosti jeklenic zaradi vretena ob vpetju v sidrno glavo.

Pomembno je tudi, da naklon sider ne spreminjamo po izvedbi grede, saj na pozicijah testnih sider vgradimo spiralno armaturo, katere učinek je manjši, če je vgrajena pod napačnim kotom.

Vzdolž vzhodne strani gradbene jame na osi F smo morali po zahtevah projektantke zaradi bližine objekta Hotel Center Ljubljana in predvsem globine njegovih temeljev naklon sider v zgornjem nivoju povečati za 10° . Negativnega vpliva sidrnih sil na temelje objekta hotela in hkrati morebitne zmanjšane zunanje nosilnosti sider nismo dovolj kmalu predvideli in ležišče

na gredi je bilo že izvedeno v prvotno projektiranem naklonu. Povečani kot je bil občutno prevelik, da bi naklon ležišča pustili v prvotni izvedbi. Razlika naklonov je razvidna iz slike 44.



Slika 44: Razlika v naklonih med vrtnim drogovjem in naklonom naležne površine na gredi (Vir: lastna fotografija)

Naklon ležišč smo morali sanirati. To smo izvedli z rezkanjem grede v območju ležišč sidrskih glav, kot prikazujeta sliki 45 in 46.



Slika 45: Sanacija naklona ležišč grede v območju glave sider (Vir: lastna fotografija)



Slika 46: Vzdolžni pogled na zgornjo sidrno gredo ob objektu Hotel Center (Vir: lastna fotografija)

Sprememba naklona naležne površine ima zanemarljiv vpliv na nosilnost AB grede tudi v območju preskusnih sider. Tudi spiralna armatura je imela dovolj debelo betonsko nadkritje, da kljub njegovemu zmanjšanju obstojnost armature ni bila ogrožena.

5.2.10 Zaklinjanje sider in zaščita glav sider

Po uspešno opravljenem napenjalnem testu sidro zaklinimo pri sili V_0 . Predhodno je treba odrezati cev za injektiranje.



Sliki 47 in 48: Levo nameščanje zakovic, desno nameščanje napenjalke za zaklinjanje pri V_0 . (Vir: lastni fotografiji)

Odvečne dolžine pramen ne krajšamo, razen kjer je to potrebno. Po zaklinjanju na pramena ponovno namestimo odrezan zaščitni ovoj (slika 49), ki smo ga odstranili zaradi napenjanja in zaklinjenja ter odrežemo injekcijsko cevko (slika 50). Na koncu smo glave sider protikorozijsko zaščitili (slika 51).



Slika 49: Zainjektirano sidro v fazi pred napenjanjem. (Vir: lastna fotografija)



Slika 50: Odrezana injekcijska cev in odstranjen zaščitni ovoj. (Vir: lastna fotografija)



Slika 51: Napeto, zaklinjeno in zaščiteno sidro, ki že opravlja svojo funkcijo. (Vir: lastna fotografija)

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo obravnavali varovanje gradbene jame parkirno garažne hiše Kozolec, 2. faza v Ljubljani. Varovalno konstrukcijo izkopa gradbene jame tvorijo jet grouting slopi, ki so v enem ali dveh nivojih podprti z začasnimi geotehničnimi sidri tipa Rafael 20. Med izvedbo del smo na gradbišču podrobno spremljali vse dejavnosti v zvezi s pripravljalnimi deli ter izvedbo jet grouting konstrukcije in geotehničnih sider.

Gradbišče je bilo že primarno površno zaščiteno in urejeno, kar je povzročilo zamudo pri pričetku del za več kot mesec dni. V tem času so popravili so zaščitno ograjo, zadostno odstranili napeljavo na fasadi Knjižnice Otona Župančiča in pravilno pričvrstili strelovod, tako da so se izvedbena dela po ponovnem pregledu gradbišča lahko začela.

Standardi za izvedbo del sami po sebi niso obvezujoči, razen če se nanje sklicujemo s tehničnim predpisom (pravilnikom ali zakonom). Izvajalci zaščitne konstrukcije gradbene jame so se držali standardov, pri izvajanju pa so upoštevali tudi utečene postopke, ki so v preteklosti zadostovali ravni zahtev glede kontrole kakovosti.

Vendar pa se postopki modernizirajo in omogočajo vedno natančnejše spremljanje izvedbenih parametrov. Nadzirajo lahko tudi vedno večje število parametrov, ki pomembno vplivajo na zagotavljanje kvalitete in trajnosti izvedenih del. Kontrolna plošča moderne garniture za injektiranje pod visokimi pritiski namreč omogoča zelo natančno računalniško spremljanje in korigiranje vseh izvedbenih parametrov in jih tudi skrbno beleži. To nam omogoča, da jih lahko kadarkoli preverimo za celotno konstrukcijo. Vrtalna garnitura, uporabljena pri tem projektu, je omogočala le začetno nastavitev stopnje rotiranja in izvleka drogova ter razmeroma nizko natančnost uravnavanja pretoka in pritiska injekcijske mase.

Velik vpliv na kvaliteto izvedbe ima cena izvedbe. Izvajalec pogosto pripravi različno obsežne ponudbe, vendar pa se naročnik oziroma investitor redko odloči za obsežnejše in s tem tudi dražje variante izvedbe del. Zato so izvajalci omejeni s finančnimi sredstvi in so prisiljeni uporabljati cenejšo tehnologijo ali vsaj izpustiti kakšno kontrolo.

Podjetje, ki je med izvedbo vrtin za sidra pridobivalo certifikat za vrtanje vrtin, tako da so dela potekala pod budnim očesom Zavoda za gradbeništvo, ki je na koncu tudi podelilo ustrezen certifikat.

Pri izvedbi sidranja je bilo odstopanje od standardov zaslediti le pri poenostavitvi merjenja pomikov pri izvajanju enostavnih postopkov napenjanja. Izvajalec in projektantka sta se odločila, da ne bodo merili pomikov AB grede, saj zaradi sestave tal in togosti varovalne konstrukcije ti minimalno vplivajo na izračun mere lezenja k in jih zato lahko zanemarimo.

Ugotovili smo, da je bila izvedba del v zvezi z geotehničnimi sidri na visokem nivoju, izvedba jet grouting slopov pa na nekoliko nižjem.

Reševanja problemov, ki so se pojavili med izvedbo, smo se lotili takoj in vsakega posebej. Poleg problemov pri izvedbi so v diplomski nalogi predstavljena tudi odstopanja od zahtev standardov.

V poglavju o injektiranju pod visokimi pritiski je opisana praksa, da izvajalec ne beleži natančne lokacije vsakega slopa posebej. Sledi primer, v katerem je pri rezultatih enoosne tlačne trdnosti injekcijske mase prišlo do odstopanja od zahtev projektne dokumentacije, in pojasnilo, zakaj so se odločili, da je trdnost vseeno sprejemljiva. V nadaljevanju je opisano, kako lahko z opremo za enofazni postopek injektiramo na način, ki je podoben dvofaznemu postopku z vodo, če je to potrebno. Opisano je tudi poševno injektiranje ter injektiranje z zmanjšanimi pritiski zaradi bližine podzemnih objektov ali površine.

Pri izvajanju sider smo najprej opisali postopek vrtanja vrtin za sidra, namestitve vrtalnega stroja in kako zagotovimo dovolj čisto vrtino za učinkovito zainjektiranje sidra ter stalno opazovanje navrtanega materiala. Sledi opis postopka napenjanja sider, začeniši z raziskovalnimi preskusi na treh preskusnih sidrih, in opis problemov, na katere smo naleteli med izvedbo, vključno s poškodbo AB grede pri napenjanju do preskusne sile pri 900 kN. V nalogi je predstavljen je tudi program napenjanja sider, ki je bil pripravljen na podlagi rezultatov raziskovalnih preskusov. Opisana je tudi rešitev v primeru, ko sta se pri izvajanju celostnih preskusov napenjanja sidri porušili. V zaključku naloge so obravnavana ležišča za sidrne glave na AB gredi ter njihov naklon in postopanje, če ta niso ustrezno pripravljena. Na koncu je predstavljeno še zaklinjanje sider in zaščita njihovih glav.

Menim, da bi se lahko na gradbiščih izognili nekaterim problemom in zmanjšali zamude, če bi bili vsi enako zavzeti za delo ter bi povsem upoštevali nove standarde in uporabljali modernejšo tehnologijo. Ker pa tak način dela zahteva tudi večji denarni vložek, bi bilo dobro spremeniti merila in zahteve pri izbiri izvajalcev, pri katerih bi bila kvaliteta izvedbe pomembnejša od najnižje cene.

Po končanih delih v zvezi z zaščito te gradbene jame pa lahko povzamemo, da je bila kljub nekaj problemom varovalna konstrukcija izvedena kvalitetno in bo uspešno služila svojemu namenu.

Gradnja parkirno garažne hiše se je po izgradnji varovalne konstrukcije začela, vendar pa so po izvedeni polovici tretje kletne etaže gradnjo ustavili. Januarja leta 2015, po skoraj letu zastoja pri gradnji, sta se Mestna občina Ljubljana in ZIL Inženiring dogovorila o sporazumni prekinitvi pogodbe o javno-zasebnem partnerstvu. MOL bo samostojno nadaljeval gradnjo. Do februarja leta 2016 se gradnja ni nadaljevala.

VIRI

Fraste S.p.A products. Rotary drilling rig / geothermal / hydraulic / crawler. Exploration XL.
http://www.directindustry.com/prod/fraste-spa/product-59186-964173.html#product-item_964165 (Pridobljeno 17. 1. 2016.)

Geoinvest d.o.o. 2012. Jet Grouting. Predstavitev: 23 str.

Geoinvest d.o.o. Predstavitev jet grouting tehnologije.
<http://www.geoinvest.si/default.aspx?ID=109> (Pridobljeno 9. 8. 2014.)

Geoinženiring d.o.o. 2013. Rezultati laboratorijskih preiskav (naročnik: Geoinvest d.o.o.): 62 str.

Google Earth. 2016. slika lokacije gradbišča (Pridobljeno 17. 1. 2016.)

Gracen d.o.o. 2009. Geomehansko poročilo 1 za objekt Parkirno garažne hiše Kozolec 2. faza. Novelirani elaborat geotehničnih raziskav: 3 str.

Gracen d.o.o. 2009. Geomehansko poročilo 1 za objekt Parkirno garažne hiše Kozolec 2. faza. Novelirani elaborat geotehničnih raziskav: 21 str.

Gracen d.o.o. 2010. Načrti iz projekta gradbenih del za objekt Parkirno garažne hiše Kozolec 2. faza.

Gracen d.o.o. 2013. Program napenjanja sider za objekt Parkirno garažne hiše Kozolec 2. faza: 2 str.

Gracen d.o.o. 2013. Tehnično poročilo za objekt Parkirno garažne hiše Kozolec 2. faza: 9 str.

Gradis skupina G d.d. 2013. Kontrolni list sidranega objekta: 4 str.

Logar, J. 2016. Sidranje konstrukcij.
http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva/Gradiva_za_vec_predmetov/Skripta_Janko_Logar/sidranje_konstrukcij.pdf (Pridobljeno 17. 1. 2016.)

Rafael, gradbena dejavnost d.o.o. 2011. Elaborat začasnega prednapetega geotehničnega sidra rafael 20 (ZPGS RAFAEL 20): 23 str.

Rafael, gradbena dejavnost d.o.o. 2013. Preiskava sidra SIA 267 in 267/1. TS 12: 4 str.

Rafael, gradbena dejavnost d.o.o. 2013. Preiskava sidra SIA 267 in 267/1. TS 18: 4 str.

Rafael, gradbena dejavnost d.o.o. 2013. Preiskava sidra SIA 267 in 267/1. TS 37: 4 str.

Rafael, gradbena dejavnost d.o.o. 2013. Protokoli celovitega preizkusa napenjanja spodnjih sider: 12 str.

Rafael, gradbena dejavnost d.o.o. 2013. Protokoli celovitega preizkusa napenjanja zgornjih sider: 12 str.

Rafael, gradbena dejavnost d.o.o. 2013. Protokoli enostavnega preskusa napenjanja spodnjih sider: 30 str.

Rafael, gradbena dejavnost d.o.o. 2013. Protokoli enostavnega preskusa napenjanja zgornjih sider: 44 str.

UCDAVIS, Civil and environmental engineering, Jet Grouting.
<https://research.engineering.ucdavis.edu/gpa/ground-improvement/jet-grouting/> (Pridobljeno 18. 1. 2016.)

Xanthakos, P. P., Abramson, L. W., Bruce, D.A. 1994. Ground control and improvement. Chapter 8: Jet grouting: str. 630, 633.

Standardi

SIST EN 12716:2002. Izvedba posebnih geotehničnih del - Injektiranje pod visokimi pritiski.

SIST EN 1537:2002. Izvedba posebnih geotehničnih del - Geotehnična sidra.

Final Draft FprEN 1537. Execution of special geotechnical work - Ground anchors.

»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGE

Priloga A: Situacija začasne varovalne konstrukcije

»Ta stran je namenoma prazna.«

Priloga B: Tloris začasne varovalne konstrukcije: Zgornji nivo sider

»Ta stran je namenoma prazna.«

Priloga C: Tlorisčasne varovalne konstrukcije: Spodnji nivo sider

“Ta stran je namenoma prazna.”

Priloga D: Protokoli preskusnih sider

PREISKAVA SIDRA
SIA 267 in 267/1

Priloga:

TS12

SODOC 16: Geotehnična sidra

0

Gr. objekt:	Garažna hiša "KOZOLEC"			Sidro št.:	TS12					
Gr. element:	Pilotna stena			Tip sidra:	KS 5 x 0,62"					
Naročnik:	Gradis skupina G			Vrsta sidra:	TPGS RAFAEL 10					
Izvajalec:	RAFAEL d.o.o.			Napenjalka:	PAUL					
Napenjal:	Korpič	Nadzor:	0	Datum napenj.:	30.8.2013					
Kontroliral:	Primož Korpič, udič		0	Vrsta zemljine:	Nevezujoča zemljina					
f_y (N/mm ²) = 1680	P_A (kN) = 150	Δl_{teor} (mm)		Δl_{teor} (mm)	l (m) = 15,0					
f_{tk} (N/mm ²) = 1860	P_1 (kN) = 275	7,7	P_5 (kN) = 775	38,5	l_{fr} (m) = 8,0					
E_p (kN/mm ²) = 195	P_2 (kN) = 400	15,4	P_{pv} (kN) = 900	46,2	l_v (m) = 7,0					
A_p (mm ²) = 750	P_3 (kN) = 525	23,1	P_0 (kN) = 540	24,0	l_p (m) = 1,00					
Št. pramen: 5	P_4 (kN) = 650	30,8			ϕ (mm) = 15,7					
Obremenitev Stopnja (min)	Sila (kN)	Deform. Δl (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)				k =	zid-pom.		
			Merjena	od	do	ocena				
P_a	150									
P_0	0	275	8,02							
P_1	1	275	8,20				0,06			
P_1	2	275	8,22			0,06	0,06			
P_1	5	275	8,32			0,24	0,07			
P_1	10	275	8,41	$P_1^0 - P_1^2 =$	0,10	0,20	0,45	Ustreza	0,33	0,07
P_1	15	275	8,41	$P_1^{15} - P_1^5 =$	0,00	0,35	0,60	Ustreza	0,00	0,07
P_1	20	275		$P_1^{20} - P_1^{15} =$		0,30	0,40			
P_1	25	275		$\Delta l_{el} = P_1 - P_{A1} =$	7,50	Δl_{teor} (mm) =	7,7			
P_1	30	275		$\Delta l_{bl} = P_{A1} - P_A =$	0,91					
P_{a1}	150	0,91		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$	8,8	$k_{(2'-5')} =$	0,24	0,03		
P_0	275	8,47				$k_{(5'-15')} =$	0,21	0,06		
P_2	0	400	16,85			$k_{(15'-30')} =$		0,12		
P_2	1	400	16,89					0,12		
P_2	2	400	17,03			0,46		0,12		
P_2	5	400	17,10			0,19		0,13		
P_2	10	400	17,16	$P_2^0 - P_2^2 =$	0,08	0,20	0,45	Ustreza	0,19	0,13
P_2	15	400	17,16	$P_2^{15} - P_2^5 =$	0,00	0,35	0,60	Ustreza		0,13
P_2	20	400		$P_2^{20} - P_2^{15} =$		0,30	0,40			
P_2	25	400		$\Delta l_{el} = P_2 - P_{A2} =$	14,78	Δl_{teor} (mm) =	15,4			
P_2	30	400		$\Delta l_{bl} = P_{A2} - P_A =$	2,38					
P_{a2}	150	2,38		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$	8,6	$k_{(2'-5')} =$	0,19	0,05		
P_2	400	17,33				$k_{(5'-15')} =$	0,12	0,13		
P_3	0	525	25,95			$k_{(15'-30')} =$		0,20		
P_3	1	525	25,99					0,20		
P_3	2	525	26,09					0,34	0,21	
P_3	5	525	26,19					0,25	0,21	
P_3	10	525	26,26					0,22	0,21	
P_3	15	525	26,35					0,51	0,21	
P_3	20	525	26,39					0,34	0,21	
P_3	25	525								
P_3	30	525								
P_4	35	525								
P_4	40	525		$P_4^0 - P_4^2 =$	0,00	0,20	0,45	Ustreza		
P_4	45	525		$P_4^{15} - P_4^5 =$	0,00	0,35	0,60	Ustreza		
P_4	50	525		$P_4^{20} - P_4^{15} =$		0,30	0,40	Ustreza		
P_4	55	525		$\Delta l_{el} = P_4 - P_{A4} =$	24,01	Δl_{teor} (mm) =	23,1			
P_4	60	525		$\Delta l_{bl} = P_{A4} - P_A =$	2,38					
P_{a3}	150	2,38		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$	9,4	$k_{(2'-5')} =$	0,25	0,06		
P_3	525	26,70				$k_{(5'-15')} =$	0,32	0,21		
P_4	0	650	35,61			$k_{(15'-30')} =$		0,28		

P ₄	1	650	35,72						0,28		
P ₄	2	650	35,87					0,50	0,28		
P ₄	5	650	35,96					0,23	0,28		
P ₄	10	650	36,12					0,54	0,28		
P ₄	15	650	36,22					0,57	0,27		
P ₄	20	650	36,25					0,24	0,27		
P ₄	25	650	36,29					0,41	0,27		
P ₄	30	650	36,29						0,27		
P ₄	35	650									
P ₄	40	650		P ₄ ⁰ -P ₄ ² =	0,00	0,20	0,45	Ustreza			
P ₄	45	650		P ₄ ¹⁰ -P ₄ ⁰ =	0,00	0,35	0,60	Ustreza			
P ₄	50	650		P ₄ ²⁰ -P ₄ ⁰ =	0,00	0,30	0,40	Ustreza			
P ₄	55	650		Δ _{el} =P ₄ -P _{A4} =	31,85	Δ _{eteor} (mm)=	30,8				
P ₄	60	650		Δ _{bl} =P _{A4} -P _A =	4,44						
P _{a4}	150	4,44		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				k(2'-5')=	0,23	0,12	
P ₄	650	37,02						9,3	k(5'-15')=	0,55	0,25
P ₅	0	775	45,98						k(15'-30')=	0,23	0,26
P ₅	1	775	46,17						0,26		
P ₅	2	775	46,44					0,90	0,26		
P ₅	5	775	46,54					0,25	0,26		
P ₅	10	775	46,65					0,35	0,24		
P ₅	15	775	46,68					0,17	0,24		
P ₅	20	775	46,69					0,08	0,24		
P ₅	25	775									
P ₅	30	775									
P ₅	35	775									
P ₅	40	775		P ₅ ⁰ -P ₅ ² =	0,00	0,20	0,45	Ustreza			
P ₅	45	775		P ₅ ¹⁰ -P ₅ ⁰ =	0,00	0,35	0,60	Ustreza			
P ₅	50	775		P ₅ ²⁰ -P ₅ ⁰ =		0,30	0,40	Ustreza			
P ₅	55	775		Δ _{el} =P ₅ -P _{A5} =	40,93	Δ _{eteor} (mm)=	38,5				
P ₅	60	775		Δ _{bl} =P _{A5} -P _A =	5,76						
P _{a5}	150	5,76		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				k(2'-5')=	0,00	0,08	
P ₅	775	47,55						9,6	k(5'-15')=	0,00	0,20
P ₆	0	900	56,95						k(15'-30')=		0,21
P _p	1	900	57,14						0,21		
P _p	2	900	57,30					0,53	0,21		
P _p	5	900	57,51					0,52	0,21		
P _p	10	900	57,67					0,54	0,18		
P _p	15	900	57,80					0,77	0,18		
P _p	20	900	57,97					1,32	0,14		
P _p	25	900	58,01					0,41	0,13		
P _p	30	900	58,09					1,02	0,12		
P _p	35	900	58,14	P _p ⁰ -P _p ² =	0,08	0,20	0,45	Pod.na15'	0,78		
P _p	40	900	58,20	P _p ¹⁰ -P _p ⁰ =	0,10	0,35	0,60	Ustreza	1,05		
P _p	45	900	58,22	P _p ²⁰ -P _p ⁰ =	0,05	0,30	0,40	Ustreza	0,39		
P _p	50	900	58,24	Δ _{el} =P _p -P _{Ap} =	50,16	Δ _{eteor} (mm)=	46,2	0,46	0,12		
P _p	55	900	58,26	Δ _{bl} =P _{Ap} -P _A =	8,16			0,29	0,11		
P _p	60	900	58,26						0,11		
P _p	65	900	58,32			k(5')=	0,52	Ustreza	0,88		
P _{Ap}	150	8,16		k < k _{adm} = 2,00				k(15')=	0,77	Ustreza	0,05
P ₀	540	54,31							k(30')=	1,02	Ustreza
Kontrola trajnih deformacij:				Δ _{bl} (V _p) < (mm)	12,5	8,16					
Erektivna prosta doizina sidra l_f											
$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				9,8	Pogoj (m)						
					l _f > 0,9 l _{fr} + l _e =		od	8,2			
				l _f < l _{fr} + l _e + 0,3 ~ l _v =		do	11,1				
4.Kvaliteta antikor.zašč.(trajna sidra):				Izolacijska upor.-po inj.(MΩ) =				TS12			
Ozemljitvena upornost(Ω)=				"-po nap.(MΩ) =				str.			
Pripombe : Ra < 950 kN				"-po zak.(MΩ) =				DN.:			
P0 < 540 kN				Obdelal: P. Korpič, udig		Datum: 2.9.2013		0			

Diagram lezenja preizkusnega sidra

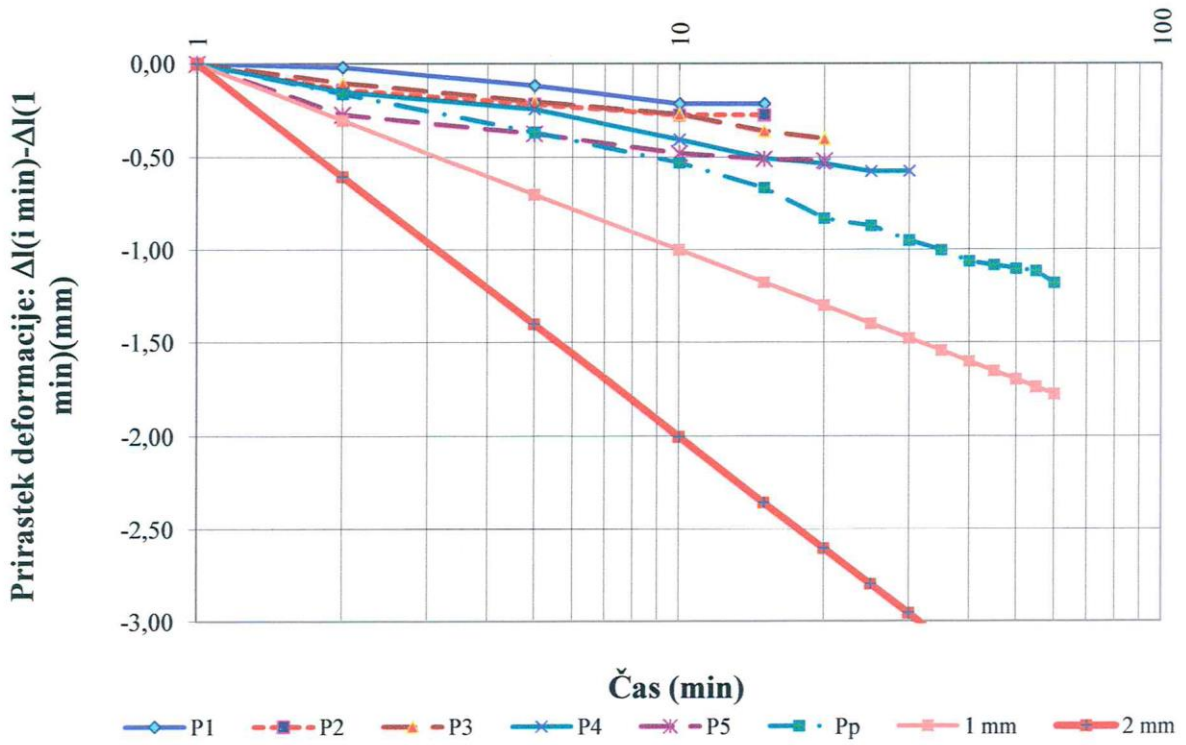
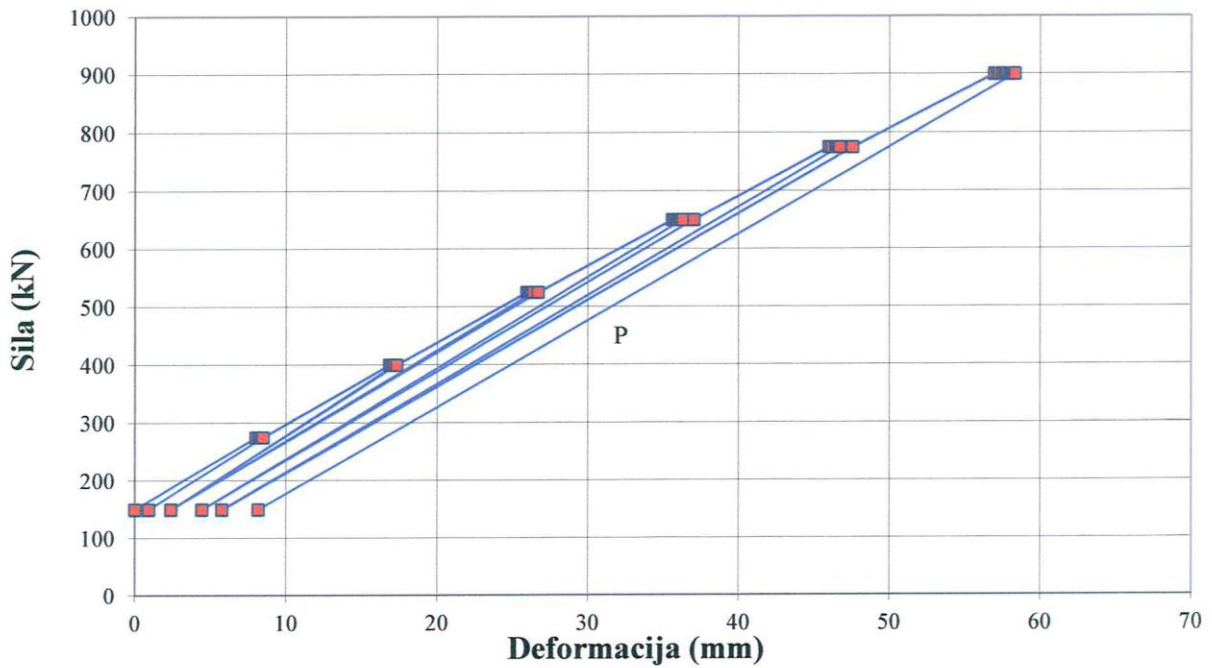
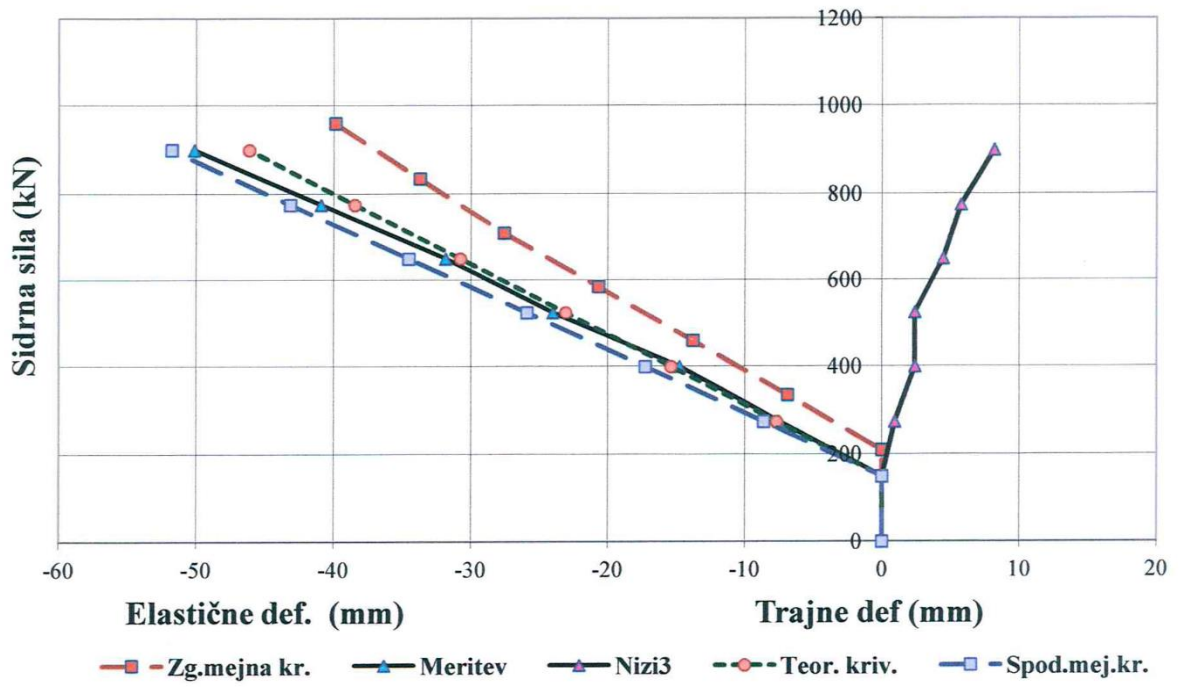


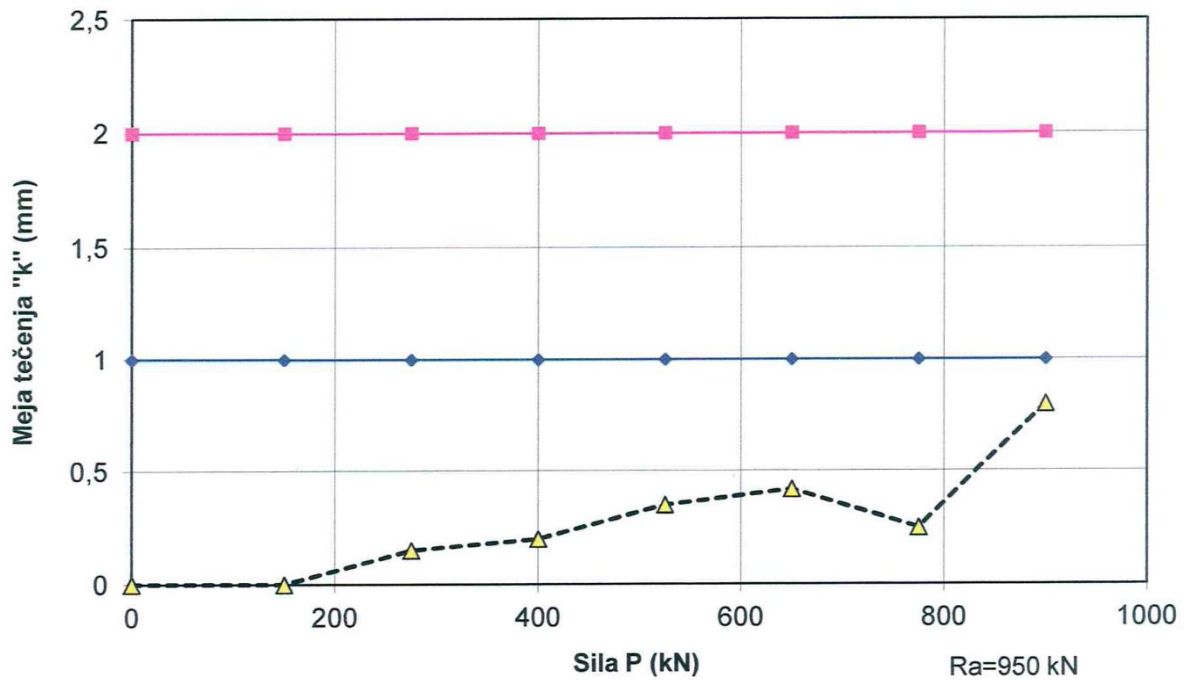
Diagram poteka Sila - Deformacija



Elastične in trajne deformacije



Mera lezenja v funkciji stopenj sil



PREISKAVA SIDRA

SIA 267 in 267/1

SODOC 16: Geotehnična sidra

Priloga:

TS18

0

Gr. objekt:	Garážna hiša "KOZOLEC"	Sidro št.:	TS18
Gr. element:	Pilotna stena	Tip sidra:	KS 5 x 0,62"
Naročnik:	Gradis skupina G	Vrsta sidra:	TPGS RAFAEL 10
Izvajalec:	RAFAEL d.o.o.	Napenjalka:	PAUL
Napenjal:	Korpič	Nadzor:	
Kontroliral:	Primož Korpič, udič	Datum napenj.:	30.8.2013
		Vrsta zemljine:	Nevezujoča zemljina

f_y (N/mm ²) = 1680	P_A (kN) = 150	Δ_{teor} (mm)	Δ_{teor} (mm)	l (m) = 15,0
f_{tk} (N/mm ²) = 1860	P_1 (kN) = 275	7,7	P_5 (kN) = 775	38,5
E_p (kN/mm ²) = 195	P_2 (kN) = 400	15,4	P_{pv} (kN) = 900	46,2
A_p (mm ²) = 750	P_3 (kN) = 525	23,1	P_0 (kN) = 540	24,0
Št. pramen: 5	P_4 (kN) = 650	30,8		
				l_{fr} (m) = 8,0
				l_v (m) = 7,0
				l_p (m) = 1,00
				ϕ (mm) = 15,7

Obremenitev Stopnja (min)	Sila (kN)	Deform. Δl (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)				k =	zid-pom.			
			Merjena	od	do	ocena					
P_a	150										
P_0	275	8,61									
P_1	275	8,82					0,06				
P_1	275	8,82				-0,01	0,06				
P_1	275	8,95				0,32	0,07				
P_1	275	9,07	$P_1^0 - P_1^2 =$	0,13	0,20	0,45	Ustreza	0,41			
P_1	275	9,07	$P_1^{10} - P_1^{15} =$	0,00	0,35	0,60	Ustreza	0,00			
P_1	275		$P_1^{20} - P_1^{25} =$		0,30	0,40					
P_1	275		$\Delta_{el} = P_1 - P_{A1} =$	7,45	Δ_{teor} (mm) = 7,7						
P_1	275		$\Delta_{bl} = P_{A1} - P_A =$	1,62							
P_{a1}	150	1,62	$l_f = \frac{\Delta_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				$k_{(2'-5')} =$	0,32	0,06		
P_0	275	8,75					8,7		$k_{(5'-15')} =$	0,26	0,10
P_2	400	17,54							$k_{(15'-30')} =$		0,17
P_2	400	17,68						0,18			
P_2	400	17,88					0,68	0,18			
P_2	400	17,92					0,10	0,15			
P_2	400	17,95	$P_2^0 - P_2^2 =$	0,04	0,20	0,45	Ustreza	0,09			
P_2	400		$P_2^{10} - P_2^{15} =$		0,35	0,60	Ustreza				
P_2	400		$P_2^{20} - P_2^{25} =$		0,30	0,40					
P_2	400		$\Delta_{el} = P_2 - P_{A2} =$	14,94	Δ_{teor} (mm) = 15,4						
P_2	400		$\Delta_{bl} = P_{A2} - P_A =$	3,01							
P_{a2}	150	3,01	$l_f = \frac{\Delta_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				$k_{(2'-5')} =$	0,10	0,05		
P_2	400	18,48					8,7		$k_{(5'-15')} =$		0,13
P_3	525	27,48							$k_{(15'-30')} =$		0,20
P_3	525	27,79						0,20			
P_3	525	27,95					0,53	0,20			
P_3	525	28,10					0,37	0,19			
P_3	525	28,19					0,30	0,20			
P_3	525	28,27					0,48	0,21			
P_3	525	28,27						0,21			
P_3	525										
P_3	525										
P_4	525										
P_4	525		$P_4^0 - P_4^2 =$	0,00	0,20	0,45	Ustreza				
P_4	525		$P_4^{10} - P_4^{15} =$	0,00	0,35	0,60	Ustreza				
P_4	525		$P_4^{20} - P_4^{25} =$		0,30	0,40					
P_4	525		$\Delta_{el} = P_4 - P_{A4} =$	24,22	Δ_{teor} (mm) = 23,1						
P_4	525		$\Delta_{bl} = P_{A4} - P_A =$	4,06							
P_{a3}	150	4,06	$l_f = \frac{\Delta_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				$k_{(2'-5')} =$	0,37	0,06		
P_3	525	28,72					9,4		$k_{(5'-15')} =$	0,36	0,20
P_4	650	38,76							$k_{(15'-30')} =$		0,31

Diagram lezenja preizkusnega sidra

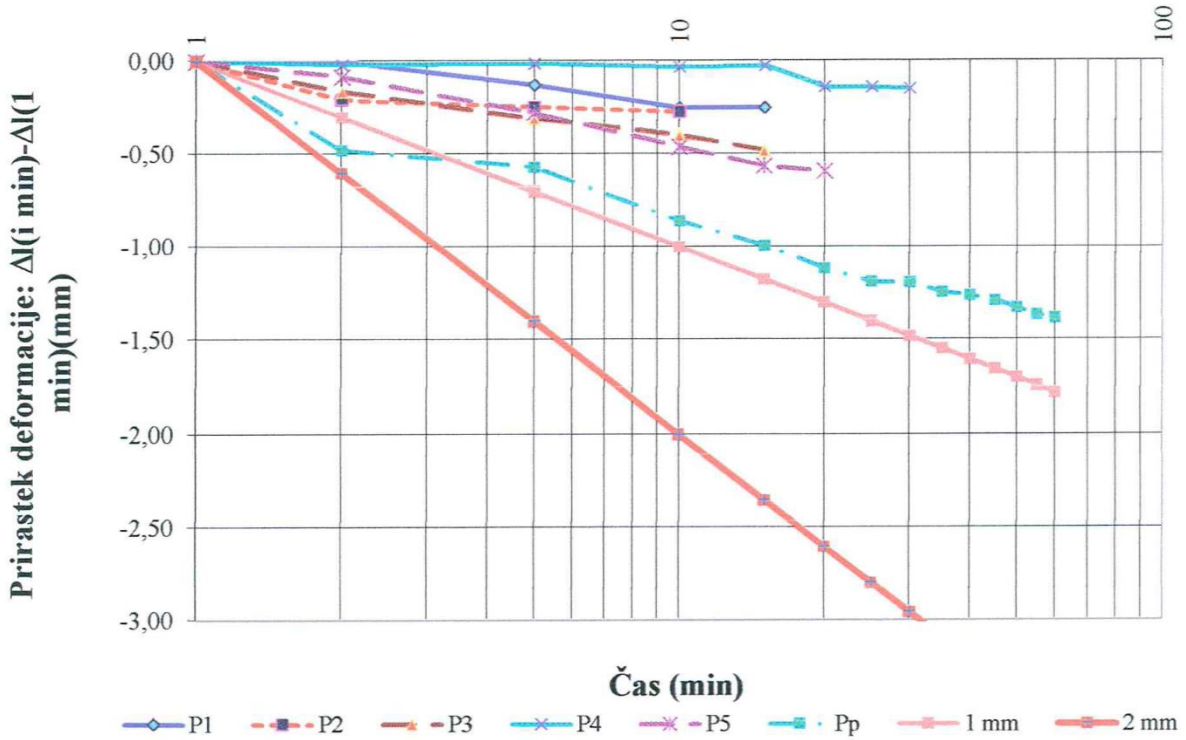
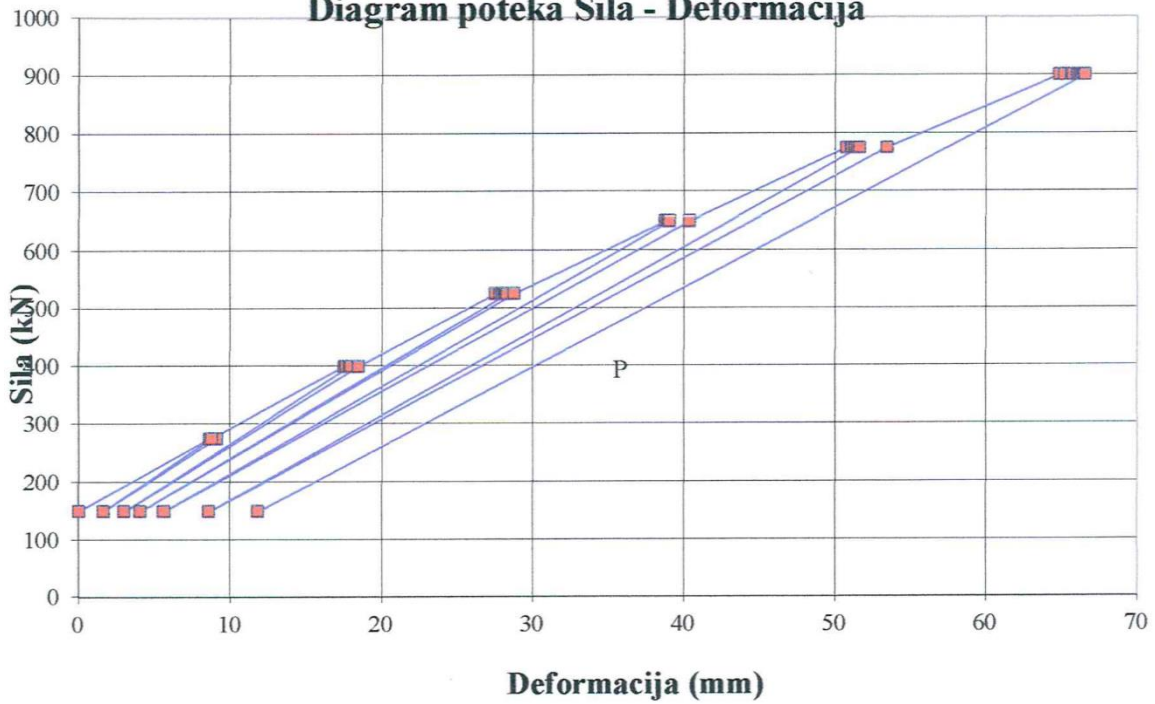
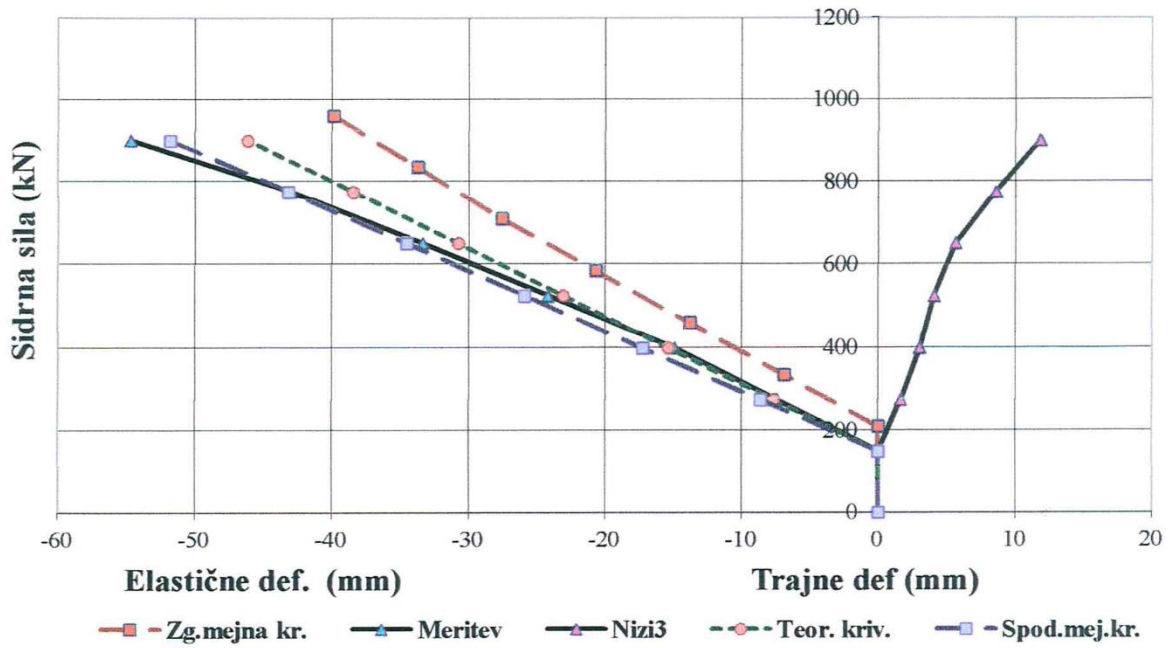


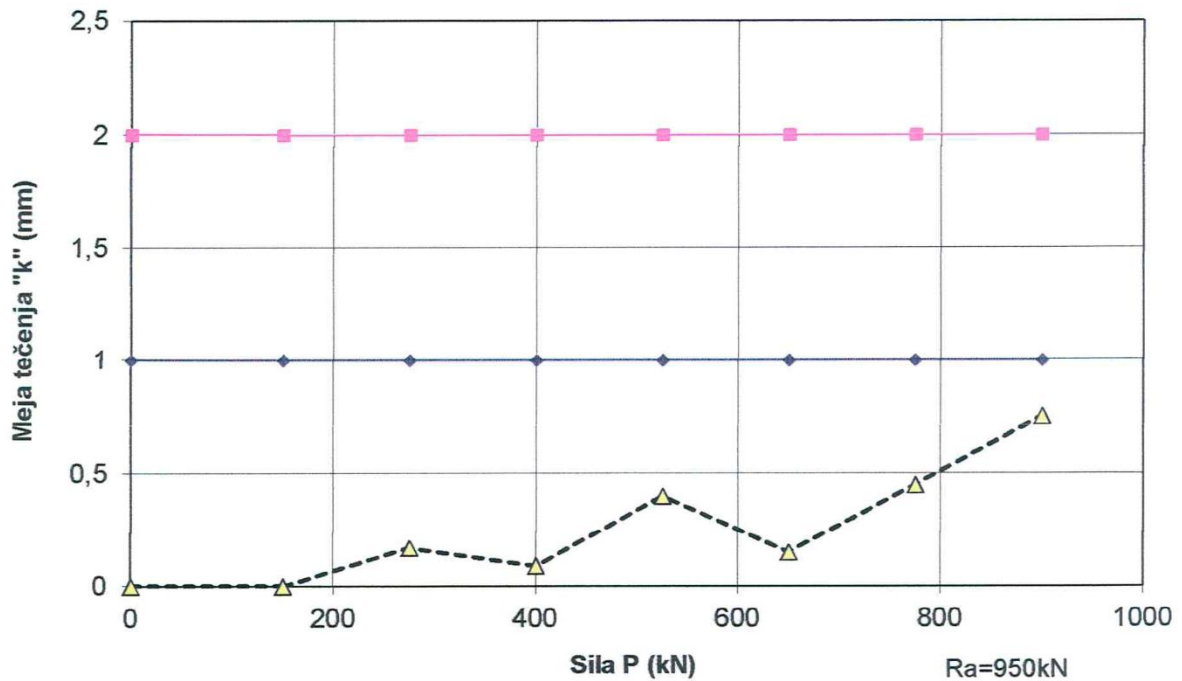
Diagram poteka Sila - Deformacija



Elastične in trajne deformacije



Mera lezenja v funkciji stopenj sil



PREISKAVA SIDRA

Priloga:

SIA 267 in 267/1

TS37

SODOC 16: Geotehnična sidra

0

Gr. objekt:	Garážna hiša "KOZOLEC"			Sidro št.:	TS37				
Gr. element:	Pilotna stena			Tip sidra:	KS 5 x 0,62"				
Naročnik:	Gradis skupina G			Vrsta sidra:	ZPGS RAFAEL 20				
Izvajalec:	RAFAEL d.o.o.			Napenjalka:	PAUL				
Napenjal:	Korpič	Nadzor:		Datum napenj.:	11.9.2013				
Kontroliral:	Primož Korpič, udič		0	Vrsta zemljine:	Nevezujoča zemljina				
f_y (N/mm ²) = 1680	P_A (kN) = 150	Δl_{teor} (mm)		Δl_{teor} (mm)	l (m) = 15,0				
f_{tk} (N/mm ²) = 1860	P_1 (kN) = 258	6,7	P_5 (kN) = 692	33,3	l_{fr} (m) = 8,0				
E_p (kN/mm ²) = 195	P_2 (kN) = 367	13,3	P_{pv} (kN) = 800	40,0	l_v (m) = 7,0				
A_p (mm ²) = 750	P_3 (kN) = 475	20,0	P_0 (kN) = 480	20,3	l_p (m) = 1,00				
Št. pramen: 5	P_4 (kN) = 583	26,7			ϕ (mm) = 15,7				
Obremenitev Stopnja (min)	Sila (kN)	Deform. Δl (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)				k =	zid-pom.	
			Merjena	od	do	ocena			
P_a	150								
P_0	0	258	7,25						
P_1	1	258	7,36				0,13		
P_1	2	258	7,48			0,38	0,14		
P_1	5	258	7,49			0,03	0,14		
P_1	10	258	7,53	$P_1^0 - P_1^2 =$	0,01	0,20	0,45	Ustreza	0,15
P_1	15	258	7,54	$P_1^{10} - P_1^5 =$	0,01	0,35	0,60	Ustreza	0,04
P_1	20	258		$P_1^{20} - P_1^{10} =$		0,30	0,40		
P_1	25	258		$\Delta l_{el} = P_1 - P_{A1} =$	6,82	Δl_{teor} (mm) =	6,7		
P_1	30	258		$\Delta l_{bl} = P_{A1} - P_A =$	0,72				
P_{a1}	150	0,72		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$			$k_{(2'-5')} =$	0,03	0,07
P_0	258	7,58					9,2	$k_{(5'-15')} =$	0,11
P_2	0	367	15,08			$k_{(15'-30')} =$		0,27	
P_2	1	367	15,35					0,29	
P_2	2	367	15,41				0,22	0,29	
P_2	5	367	15,50				0,23	0,30	
P_2	10	367	15,56	$P_2^0 - P_2^2 =$	0,09	0,20	0,45	Ustreza	0,21
P_2	15	367	15,57	$P_2^{10} - P_2^5 =$	0,01	0,35	0,60	Ustreza	0,03
P_2	20	367		$P_2^{20} - P_2^{10} =$		0,30	0,40		
P_2	25	367		$\Delta l_{el} = P_2 - P_{A2} =$	13,76	Δl_{teor} (mm) =	13,3		
P_2	30	367		$\Delta l_{bl} = P_{A2} - P_A =$	1,80				
P_{a2}	150	1,80		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$			$k_{(2'-5')} =$	0,23	0,16
P_2	367	15,61					9,3	$k_{(5'-15')} =$	0,14
P_3	0	475	23,36			$k_{(15'-30')} =$		0,43	
P_3	1	475	23,65					0,44	
P_3	2	475	23,65				-0,01	0,45	
P_3	5	475	23,80				0,39	0,45	
P_3	10	475	23,90				0,35	0,46	
P_3	15	475	23,94				0,22	0,46	
P_3	20	475	24,01				0,54	0,46	
P_3	25	475	24,01				-0,03	0,47	
P_3	30	475	24,00				-0,01	0,47	
P_4	35	475							
P_4	40	475		$P_4^0 - P_4^2 =$	0,00	0,20	0,45	Ustreza	
P_4	45	475		$P_4^{10} - P_4^5 =$	0,00	0,35	0,60	Ustreza	
P_4	50	475		$P_4^{20} - P_4^{10} =$	0,00	0,30	0,40	Ustreza	
P_4	55	475		$\Delta l_{el} = P_4 - P_{A4} =$	21,20	Δl_{teor} (mm) =	20,0		
P_4	60	475		$\Delta l_{bl} = P_{A4} - P_A =$	2,80				
P_{a3}	150	2,80		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$			$k_{(2'-5')} =$	0,39	0,24
P_3	475	24,35					9,5	$k_{(5'-15')} =$	0,30
P_4	0	583	32,23			$k_{(15'-30')} =$	0,21	0,54	

P ₄	1	583	32,34						0,54	
P ₄	2	583	32,43					0,32	0,55	
P ₄	5	583	32,53					0,24	0,55	
P ₄	10	583	32,58					0,18	0,56	
P ₄	15	583	32,68					0,55	0,56	
P ₄	20	583	32,67					-0,03	0,57	
P ₄	25	583								
P ₄	30	583								
P ₄	35	583								
P ₄	40	583		P ₄ ⁰ -P ₄ ² =	0,00	0,20	0,45	Ustreza		
P ₄	45	583		P ₄ ¹⁰ -P ₄ ⁰ =	0,00	0,35	0,60	Ustreza		
P ₄	50	583		P ₄ ²⁰ -P ₄ ⁰ =		0,30	0,40			
P ₄	55	583		Δ _{el} = P ₄ - P _{A4} =	28,68	Δ _{eteor} (mm) =	26,7			
P ₄	60	583		Δ _{bl} = P _{A4} - P _A =	3,99					
P _{a4}	150	3,99		$I_f = \frac{\Delta_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				k (2'-5') =	0,24	0,27
P ₄	583	33,16						9,7	k (5'-15') =	0,31
P ₅	0	692	41,32					k (15'-30') =	0,65	
P ₅	1	692	41,60						0,67	
P ₅	2	692	41,61					0,06	0,67	
P ₅	5	692	41,73					0,30	0,68	
P ₅	10	692	41,80					0,21	0,69	
P ₅	15	692	41,84					0,26	0,69	
P ₅	20	692	41,84					0,00	0,69	
P ₅	25	692								
P ₅	30	692								
P ₅	35	692								
P ₅	40	692		P ₅ ⁰ -P ₅ ² =	0,00	0,20	0,45	Ustreza		
P ₅	45	692		P ₅ ¹⁰ -P ₅ ⁰ =	0,00	0,35	0,60	Ustreza		
P ₅	50	692		P ₅ ²⁰ -P ₅ ⁰ =		0,30	0,40			
P ₅	55	692		Δ _{el} = P ₅ - P _{A5} =	36,87	Δ _{eteor} (mm) =	33,3			
P ₅	60	692		Δ _{bl} = P _{A5} - P _A =	4,97					
P _{a5}	150	4,97		$I_f = \frac{\Delta_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				k (2'-5') =	0,00	0,29
P ₅	692	42,84						10,0	k (5'-15') =	0,00
P ₆	0	800	51,36					k (15'-30') =	0,79	
P _p	1	800	51,55						0,80	
P _p	2	800	51,69					0,48	0,81	
P _p	5	800	51,78					0,23	0,82	
P _p	10	800	51,93					0,49	0,83	
P _p	15	800	51,96					0,18	0,84	
P _p	20	800	52,09					1,01	0,84	
P _p	25	800	52,16					0,77	0,85	
P _p	30	800	52,21					0,56	0,85	
P _p	35	800	52,25	P _p ⁰ -P _p ² =	0,04	0,20	0,45	Ustreza	0,67	
P _p	40	800	52,28	P _p ¹⁰ -P _p ⁰ =	0,06	0,35	0,60	Ustreza	0,47	
P _p	45	800	52,29	P _p ²⁰ -P _p ⁰ =	0,04	0,30	0,40	Ustreza	0,12	
P _p	50	800	52,31	Δ _{el} = P _p - P _{Ap} =	44,66	Δ _{eteor} (mm) =	40,0	0,57	0,87	
P _p	55	800	52,32	Δ _{bl} = P _{Ap} - P _A =	7,68			0,19	0,87	
P _p	60	800	52,34			k (5') =	0,23	Ustreza	0,53	
P _{Ap}	150	7,68				k (15') =	0,18	Ustreza		
P _p	480					k (30') =	0,56	Ustreza	0,33	
Kontrola trajnih deformacij:				Δ _{bl} (V _p) < (mm)	12,5	7,68				
Efektivna prosta doizina sidra I_f										
$I_f = \frac{\Delta_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				10,0	Pogoj (m)					
					I _f > 0,9 I _{fr} + I _e =	od	8,2			
					I _f < I _{fr} + I _e + 0,5 I _V =	do	11,1			
4.Kvaliteta antikor.zašč.(trajna sidra):					Izolacijska upor.-po inj.(MΩ) =			TS37		
Ozemljitvena upornost(Ω)=					-"po nap.(MΩ) =			str.		
Pripombe : Ra < 880 kN					-"po zak.(MΩ) =			DN.:		
P0 < 530 kN					Obdelal: Primož Korpič, udi	Datum: 11.9.2013		0		

Diagram lezenja preizkusnega sidra

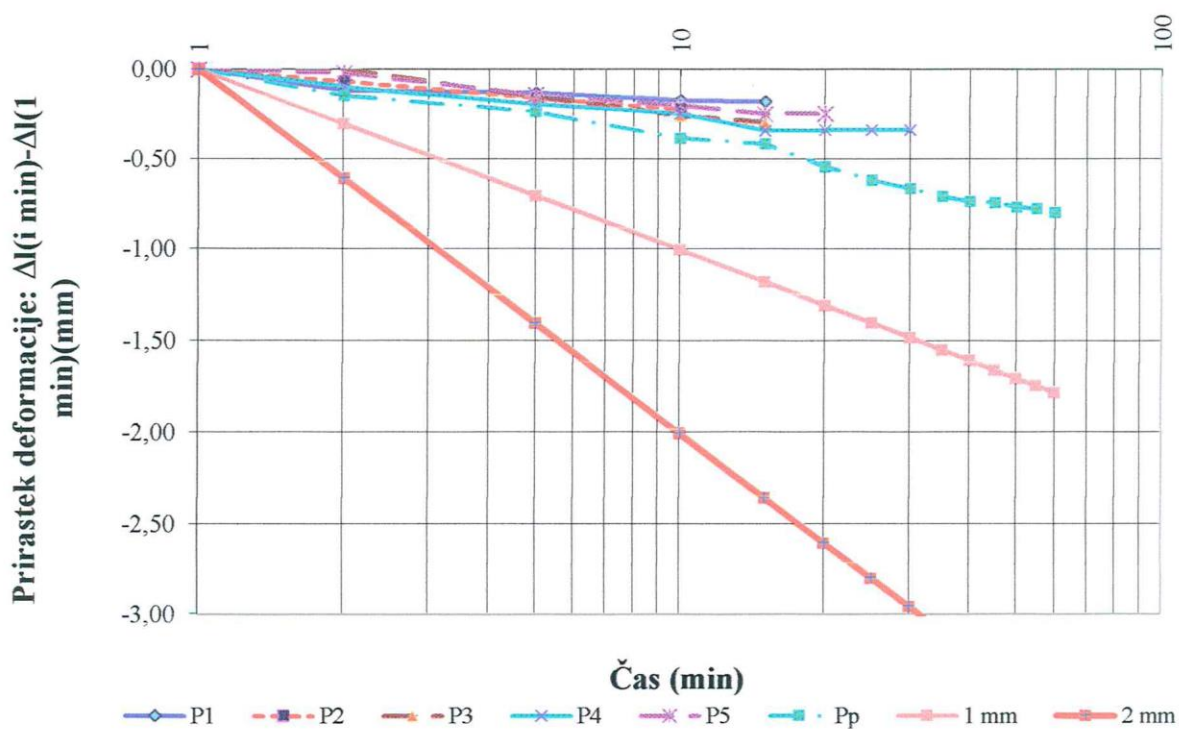
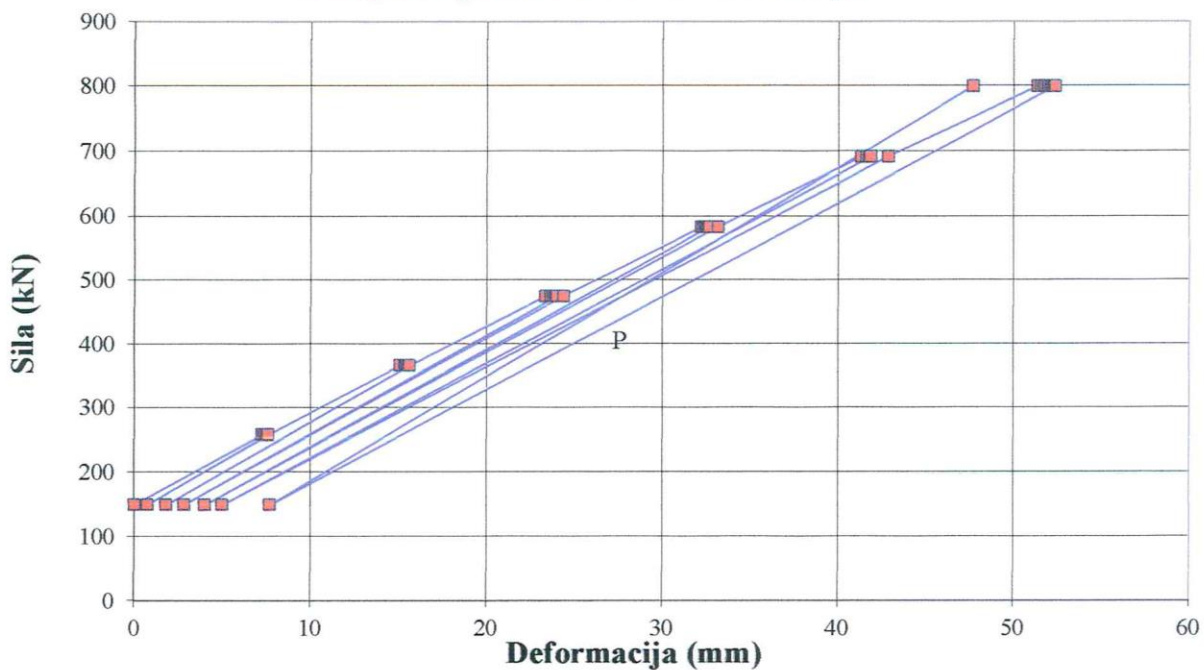
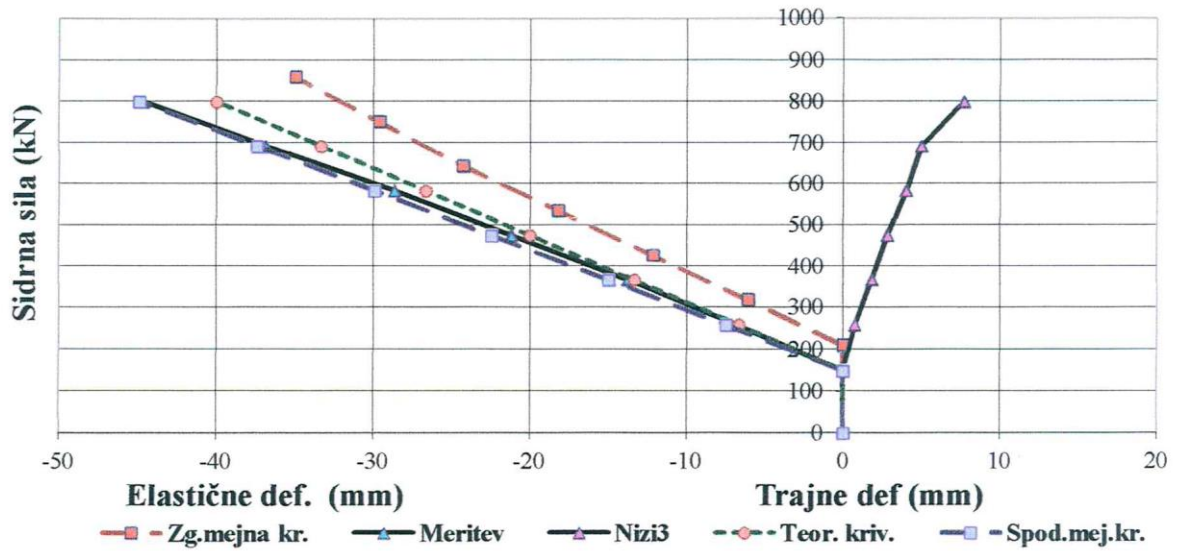


Diagram poteka Sila - Deformacija

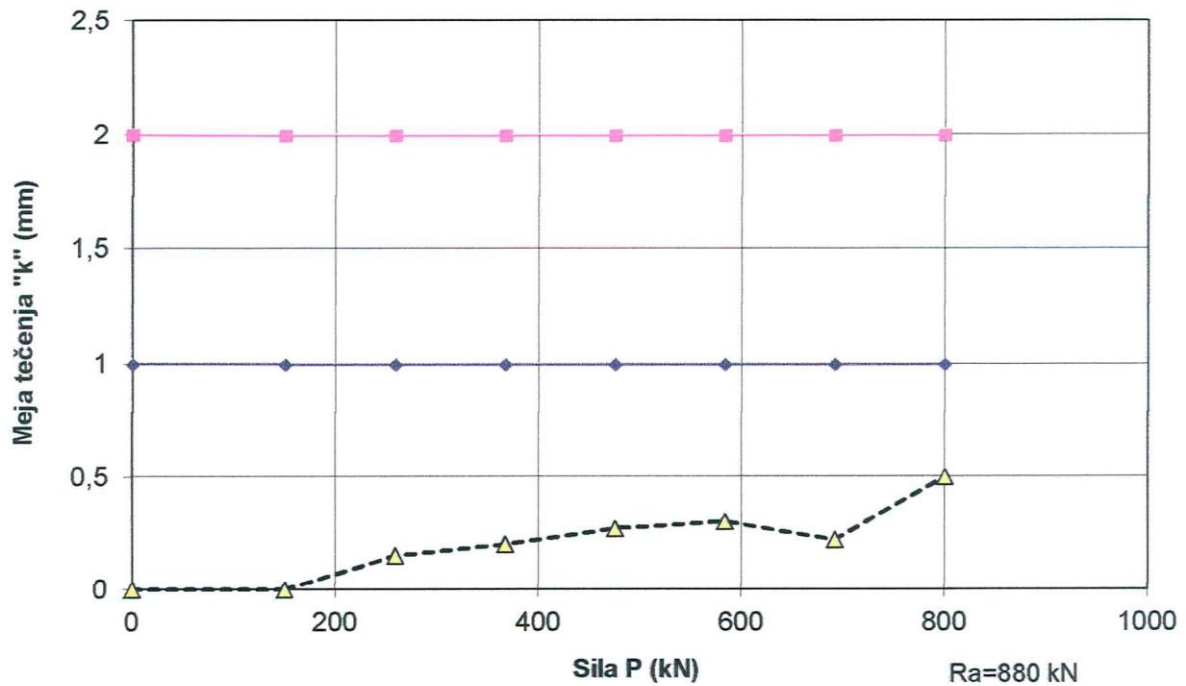


TS37

Elastične in trajne deformacije



Mera lezenja v funkciji stopenj sil



“Ta stran je namenoma prazna.”

Priloga E: Celoviti preskusi napenjanja sider

PROTOKOL CELOVITEGA PREIZKUSA NAPENJANJA SIDRA



Priloga:
Sz5

SODOC 16. Smernice za geotehnična sidra; april 97

Gr. objekt:	Garažna hiša "KOZOLEC"	Sidro št.:	Sz5
Gr. element:	Pilotna stena	Datum napenjanja:	24.9.2013
Naročnik:	Gradis G	Tip sidra:	KS 4 x 0,62"
Izvajalec:	RAFAEL d.o.o.	Vrsta sidra:	ZPGS RAFAEL 20
Napenjal:	David	Kontroliral:	Napenjalka: PAUL
Obdelal:	Primož Korpič, udig	Vrsta zemljine:	Hribina

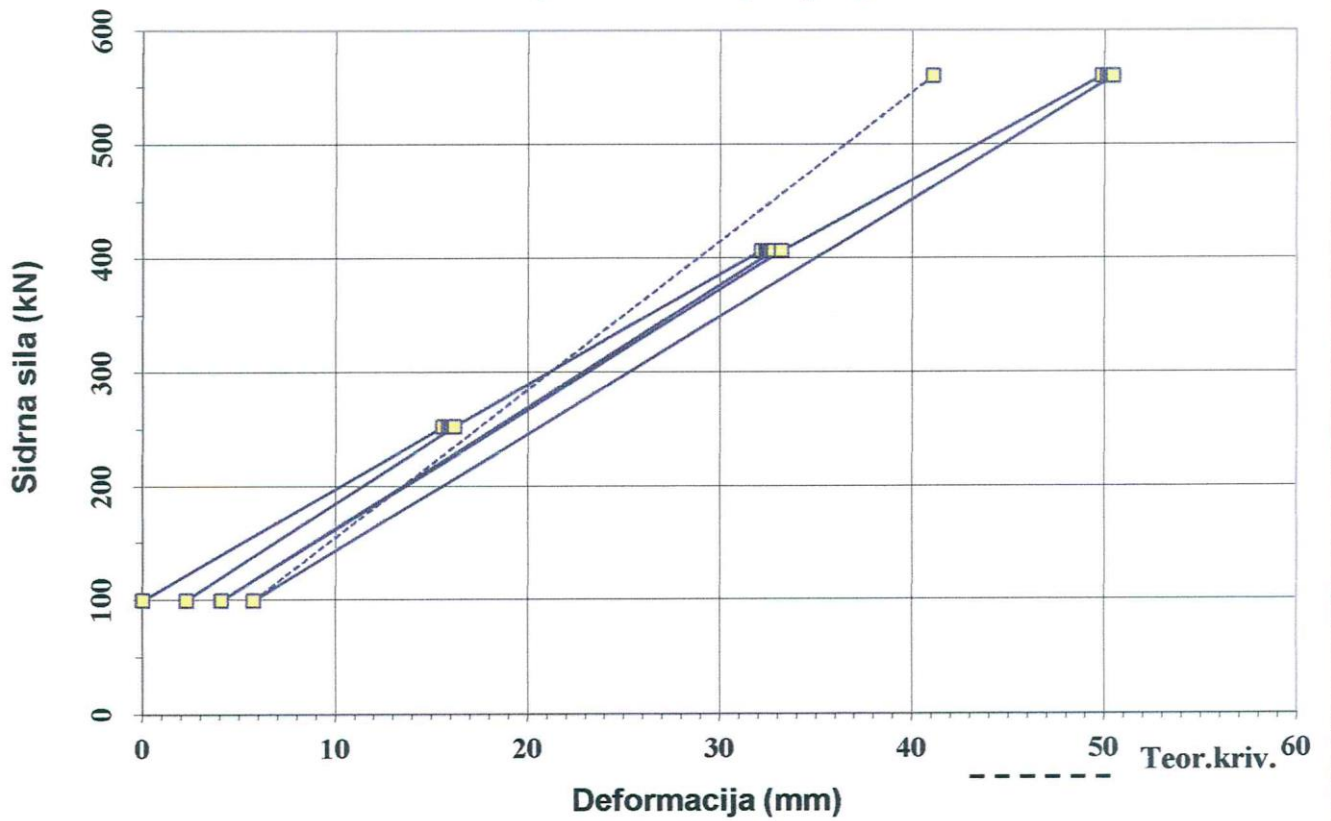
f_v (N/mm ²) =	1680	P_A (kN) =	100,0	$\Delta l_{rač}$ (mm)	l (m) =	15,0
f_{tk} (N/mm ²) =	1860	P_1 (kN) =	253,0	11,8	l_{fr} (m) =	8,0
E_b (kN/mm ²) =	195,0	P_2 (kN) =	407,0	23,6	l_v (m) =	7,0
A_D (mm ²) =	600,8	P_p (kN) =	560,0	35,3	l_p (m) =	1,00
Število pramen:	4	P_0 (kN) =	450,0	26,9	ϕ (mm) =	15,7

Obremenitev Stopnja	t (min)	Sila (kN)	Deformacija Δl (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)				Koef. "k"	
				Merjena	od	do	ocena		
P_{A0}		100	0,00	"Ustreza" preizkus se nadaljuje ali sidro zaklini.					
P_1	0	253	15,57	"PREKINI" preizkus se prekine.					
P_1	1	253	15,86	"Pod.na 15'-30' "preizkus se nadaljuje do 15' ali 30'.					
P_1	2	253	15,98	"Kontr. kadm" pomeni da se mora kontrolirati k_{adm} .				0,40	
P_1	5	253	16,08	$P_1^{5'} - P_1^{2'} =$	0,10	0,15	0,45	Ustreza	0,25
P_1	10	253	16,13	$P_1^{15'} - P_1^{5'} =$	0,06	0,25	0,60	Ustreza	0,17
P_1	15	253	16,14	$P_1^{30'} - P_1^{15'} =$		0,23	0,40		0,06
P_1	20	253		$\Delta l_{el} = P_1 - P_{A1} =$		13,89			
P_1	25	253		$\Delta l_{bl} = P_{A1} - P_A =$		2,25			
P_1	30	253		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$					
P_{A1}		100	2,25					10,6	
P_1		253	16,16						
P_2	0	407	32,13						
P_2	1	407	32,37	$P_2^{5'} - P_2^{2'} =$	0,10	0,15	0,45	Ustreza	
P_2	2	407	32,49	$P_2^{15'} - P_2^{5'} =$	0,18	0,25	0,60	Ustreza	0,40
P_2	5	407	32,59	$P_2^{30'} - P_2^{15'} =$		0,23	0,40		0,25
P_2	10	407	32,73	$\Delta l_{el} = P_2 - P_{A2} =$		28,70			0,47
P_2	15	407	32,77	$\Delta l_{bl} = P_{A2} - P_A =$		4,08			0,23
P_2	20	407	32,78	$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$					
P_2	25	407						11,0	
P_2	30	407							
P_{A2}		100	4,08						
P_2		407	33,18	$P_2^{5'} - P_2^{2'} =$	0,06	0,15	0,45	Ustreza	
P_p	0	560	49,85	$P_p^{15'} - P_p^{5'} =$	0,05	0,25	0,60	Ustreza	
P_p	1	560	50,13	$P_p^{30'} - P_p^{15'} =$	0,05	0,23	0,40	Ustreza	
P_p	2	560	50,27	$\Delta l_{el} = P_p - P_{A3} =$		44,69			0,47
P_p	5	560	50,33	$\Delta l_{bl} = P_{A3} - P_A =$		5,74			0,15
P_p	10	560	50,35	Pogoj: $k < k_{adm} =$				do 1,00	
P_p	15	560	50,38						
P_p	20	560	50,39	$k_{(2'-5')} =$	0,15	Ustreza	$k = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_1}{\log \frac{t_2}{t_1}}$		
P_p	25	560	50,41	$k_{(5'-15')} =$	0,10	Ustreza		0,08	
P_p	30	560	50,43	$k_{(15'-30')} =$	0,17	Ustreza		0,21	
P_p	30	560	50,43					0,25	
P_{A3}		100	5,74	Pogoj: Kontrola trajnih deformacij: $\Delta l_{bl,dop} =$				15,00	
P_0		450		$\Delta l_{bl(kor)} =$		5,74		Ustreza	

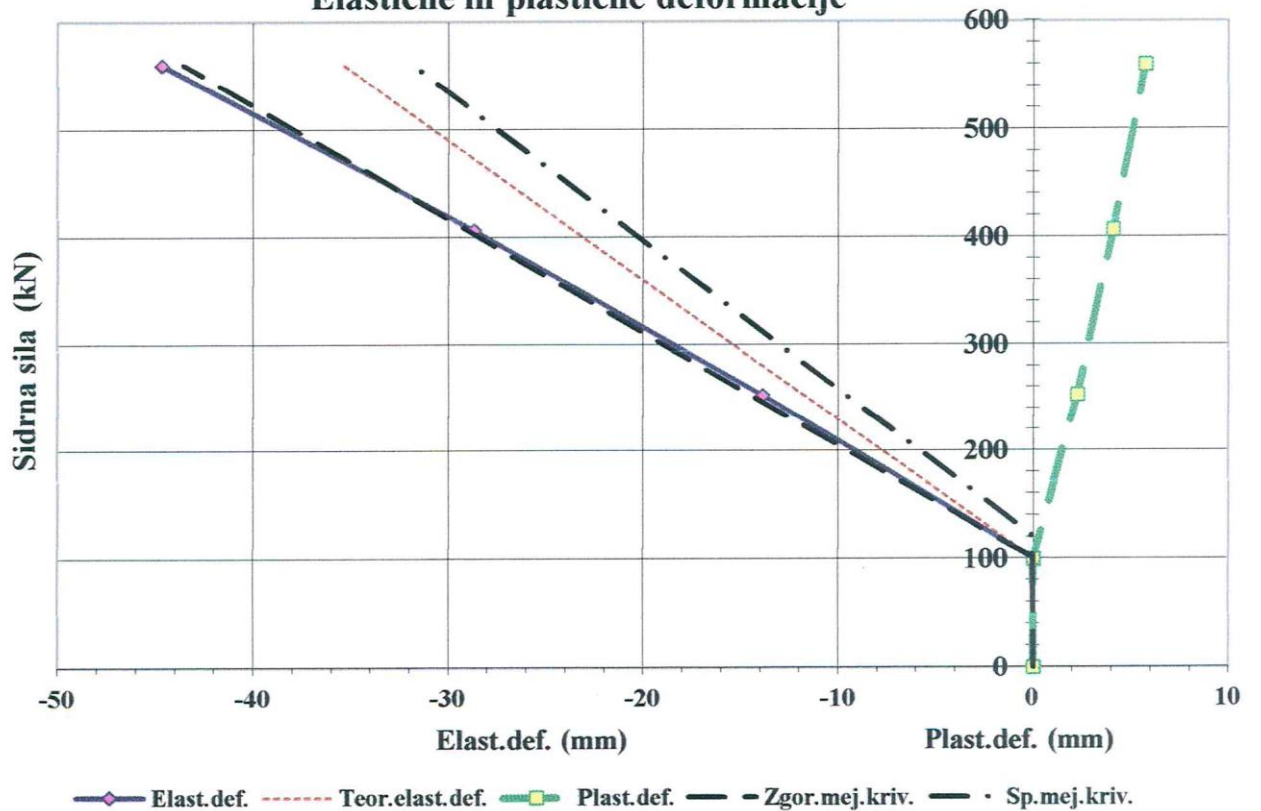
$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$		11,4	Pogoj: Efektivna prosta dolžina sidra l_f je:	
		$l_f > 0,9 * l_{fr} + l_e =$	8,2	Večja od priporočene
		$l_f < l_{fr} + l_e + 0,3 * l_v =$	11,1	

4.Kvaliteta antikorozijske zašč. (trajna sidra):	izolacijska upor. -po inj. (M Ω) =	Sz5
Ozemljitvena upornost (Ω) =	-po nap. (M Ω) =	str.2

Celoviti preizkus napenjanja



Elastične in plastične deformacije



PROTOKOL CELOVITEGA PREIZKUSA NAPENJANJA SIDRA



Priloga:
Sz20

SODOC 16. Smernice za geotehnična sidra; april 97

Gr. objekt:	Garažna hiša "KOZOLEC"	Sidro št.:	Sz20
Gr. element:	Pilotna stena	Datum napenjanja:	11.9.2013
Naročnik:	Gradis G	Tip sidra:	KS 4 x 0,62"
Izvajalec:	RAFAEL d.o.o.	Vrsta sidra:	ZPGS RAFAEL 20
Napenjal:	Korpič	Kontroliral:	Napenjalka: PAUL
Obdelal:	Primož Korpič, udig	Vrsta zemljine:	Hribina

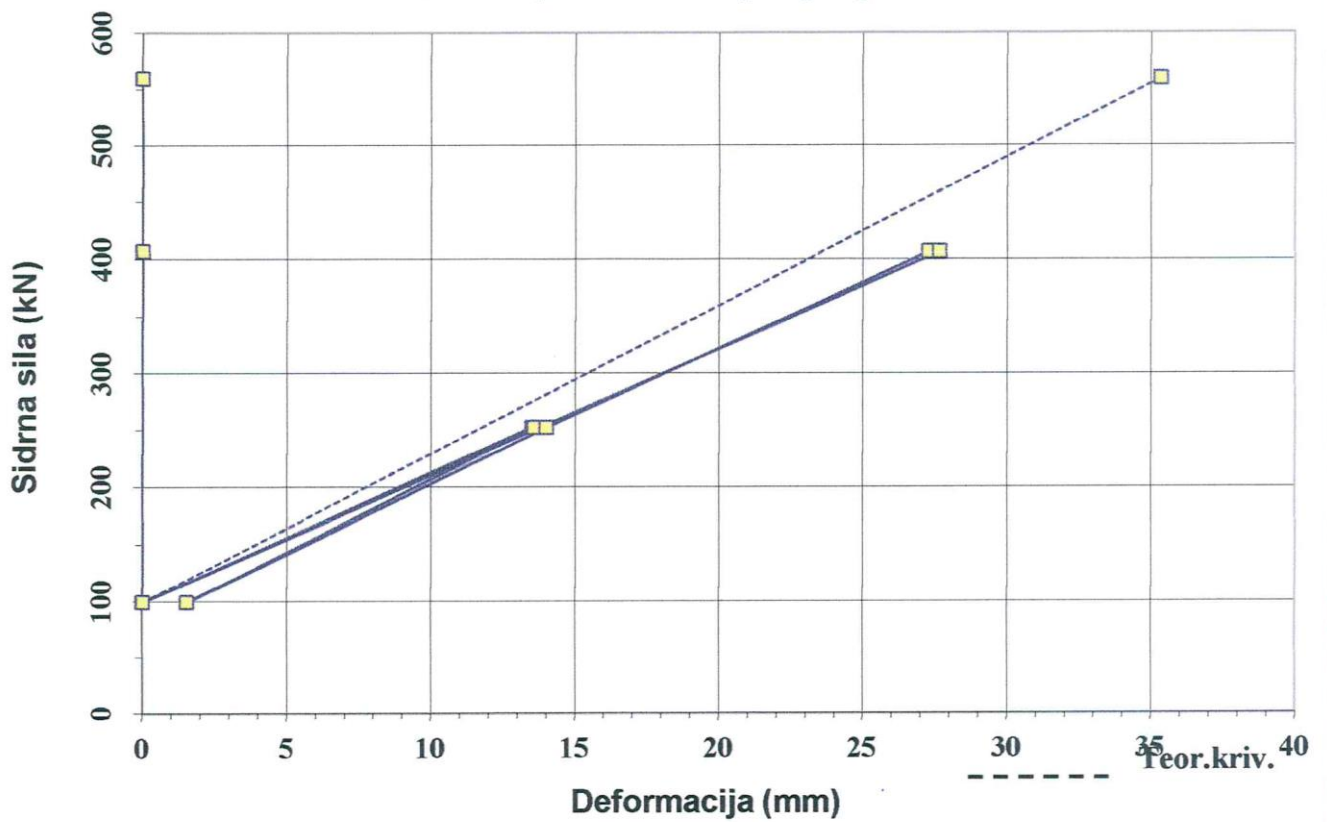
f_y (N/mm ²) =	1680	P_A (kN) =	100,0	$\Delta l_{rač}$ (mm)	l (m) =	15,0
f_{tk} (N/mm ²) =	1860	P_1 (kN) =	253,0	11,8	l_{fr} (m) =	8,0
E_p (kN/mm ²) =	195,0	P_2 (kN) =	407,0	23,6	l_v (m) =	7,0
A_p (mm ²) =	600,8	P_p (kN) =	560,0	35,3	l_p (m) =	1,00
Število pramenov:	4	P_0 (kN) =	450,0	26,9	ϕ (mm) =	15,7

Obremenitev	Sil	Deformacija	Razlika deformacije $\Delta\Delta l$ (mm)				Koef. "k"			
			Stopnja	t (min)	Merjena	od		do	ocena	
P_{A0}	100	0,00	"Ustreza" preizkus se nadaljuje ali sidro zaklini.							
P_1	0	13,49	"PREKINI" preizkus se prekine.							
P_1	1	13,54	"Pod.na 15'-30'" preizkus se nadaljuje do 15' ali 30'.							
P_1	2	13,54	"Kontr. kadm" pomeni da se mora kontrolirati k_{adm} .				0,00			
P_1	5	13,56	$P_1^{5'} - P_1^{2'}$	0,02	0,15	0,45	Ustreza	0,05		
P_1	10	13,56	$P_1^{15'} - P_1^{5'}$		0,25	0,60		0,00		
P_1	15	253	$P_1^{30'} - P_1^{15'}$		0,23	0,40				
P_1	20	253	$\Delta l_{el} = P_1 - P_{A1} =$		12,03					
P_1	25	253	$\Delta l_{bl} = P_{A1} - P_A =$		1,53					
P_1	30	253	$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m) \quad 9,2$							
P_{A1}	100	1,53								
P_1	253	13,99								
P_2	0	407	27,27							
P_2	1	407	$P_2^{5'} - P_2^{2'}$		0,15	0,45				
P_2	2	407	$P_2^{15'} - P_2^{5'}$		0,25	0,60				
P_2	5	407	$P_2^{30'} - P_2^{15'}$		0,23	0,40				
P_2	10	407	$\Delta l_{el} = P_2 - P_{A2} =$		0,00					
P_2	15	407	$\Delta l_{bl} = P_{A2} - P_A =$		0,00					
P_2	20	407	$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m) \quad 1$							
P_2	25	407								
P_2	30	407								
P_{A2}	100									
P_2	407		$P_2^{5'} - P_2^{2'}$		0,15	0,45				
P_p	0	560	$P_p^{15'} - P_p^{5'}$		0,25	0,60				
P_p	1	560	$P_p^{30'} - P_p^{15'}$		0,23	0,40				
P_p	2	560	$\Delta l_{el} = P_p - P_{A3} =$		0,00					
P_p	5	560	$\Delta l_{bl} = P_{A3} - P_A =$		0,00					
P_p	10	560	Pogoj: $k < k_{adm} =$				do 1,00			
P_p	15	560	$k = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_1}{\log \frac{t_2}{t_1}}$							
P_p	20	560					$k_{(2'-5')} =$			
P_p	25	560					$k_{(5'-15')} =$			
P_p	30	560					$k_{(15'-30')} =$	Ne ustreza		
P_{A3}	100		Pogoj: Kontrola trajnih deformacij: $\Delta l_{bl,dop} =$				15,00			
P_0	450		$\Delta l_{bl(kor)} = (mm)$				0,00			

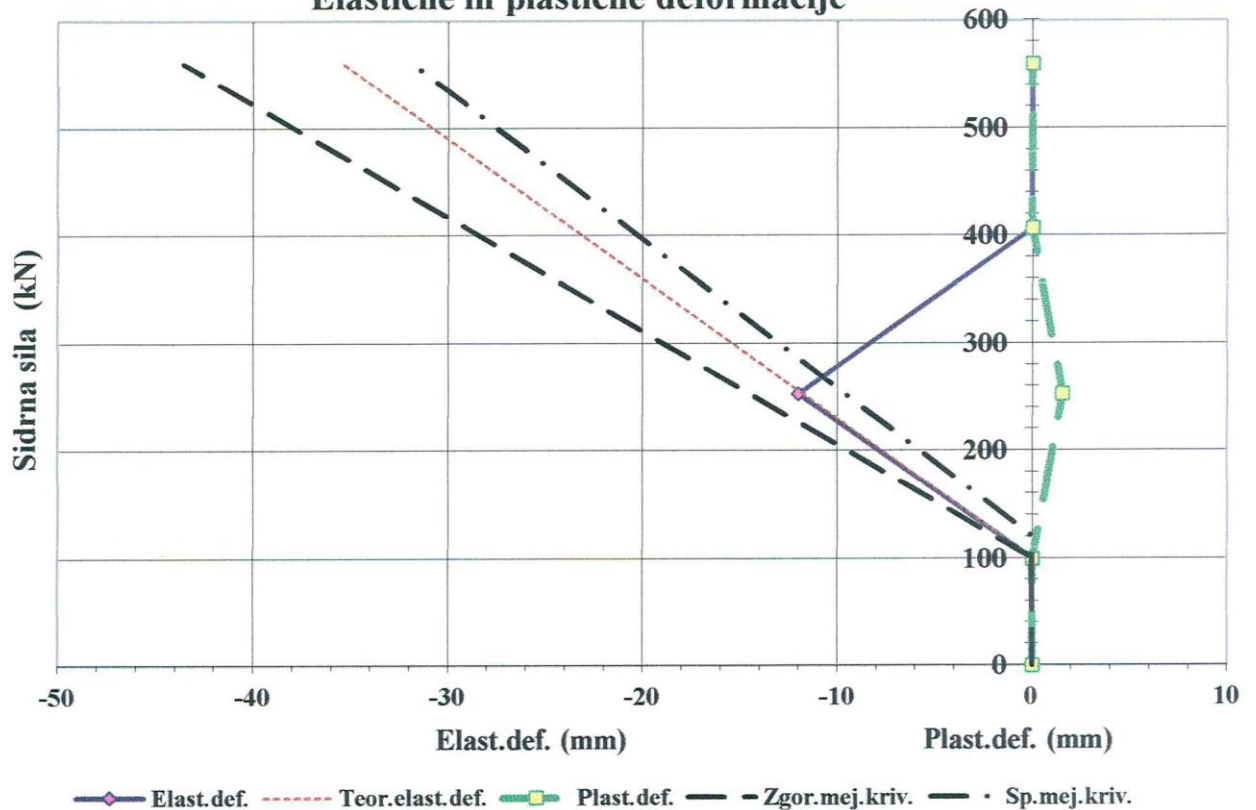
$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m) \quad 1$	Pogoj: Efektivna prosta dolžina sidra l_f je:	
	$l_f > 0,9 * l_{fr} + l_e =$	8,2
	$l_f < l_{fr} + l_e + 0,3 * l_v =$	11,1

4.Kvaliteta antikorozijske zašč. (trajna sidra):	Izolacijska upor.-po inj. (M Ω) =	Sz20
Ozemljitvena upornost (Ω) =	-"-po nap. (M Ω) =	str.2

Celoviti preizkus napenjanja



Elastične in plastične deformacije



**PROTOKOL CELOVITEGA
PREIZKUSA NAPENJANJA SIDRA**



Priloga:

Ss19

SODOC 16. Smernice za geotehnična sidra; april 97

Primož Korpič

Gr. objekt:	Garažna hiša "KOZOLEC"	Sidro št.:	Ss19
Gr.element:	Pilotna stena	Datum napenjanja:	12.10.2013
Naročnik:	Gradis G	Tip sidra:	KS 4 x 0,62"
Izvajalec:	RAFANEL d.o.o.	Vrsta sidra:	ZPGS RAFANEL 20
Napenjal:	David	Kontroliral:	Napenjalka: PAUL
Obdelal:	Primož Korpič, udig	Vrsta zemljine:	Nevezana zemljina

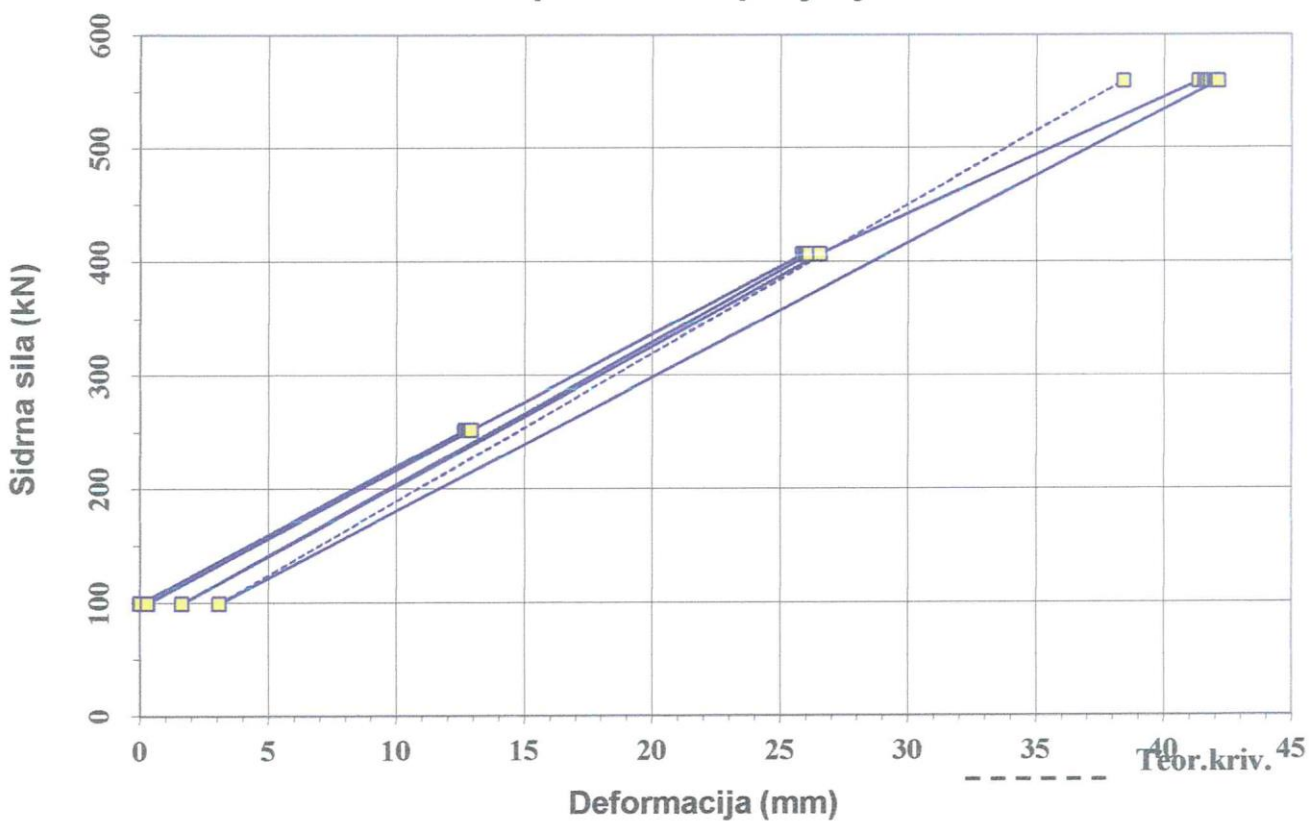
f_v (N/mm ²) =	1680	P_A (kN) =	100,0	$\Delta l_{rač}$ (mm)	l (m) =	15,0
f_{tk} (N/mm ²) =	1860	P_1 (kN) =	253,0	11,8	l_{fr} (m) =	8,0
E_p (kN/mm ²) =	195,0	P_2 (kN) =	407,0	23,6	l_v (m) =	7,0
A_p (mm ²) =	600,8	P_p (kN) =	560,0	35,3	l_p (m) =	1,00
Število pramen:	4	P_0 (kN) =	450,0	26,9	ϕ (mm) =	15,7

Obremenitev Stopnja	t (min)	Sila (kN)	Deformacija Δl (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)				Koef. "k"	
				Merjena	od	do	ocena		
P_{A0}		100	0,00	"Ustreza" preizkus se nadaljuje ali sidro zaklini.					
P_1	0	253	12,66	"PREKINI" preizkus se prekine.					
P_1	1	253	12,70	"Pod.na 15'-30'" preizkus se nadaljuje do 15' ali 30'.					
P_1	2	253	12,70	"Kontr. kadm" pomeni da se mora kontrolirati k_{adm} .				0,00	
P_1	5	253	12,79	$P_1^{5'} - P_1^{2'} =$	0,09	0,20	0,50	Ustreza	0,23
P_1	10	253	12,84	$P_1^{15'} - P_1^{5'} =$	0,07	0,35	0,70	Ustreza	0,17
P_1	15	253	12,86	$P_1^{30'} - P_1^{15'} =$		0,30	0,45		0,11
P_1	20	253		$\Delta l_{el} = P_1 - P_{A1} =$		12,58			
P_1	25	253		$\Delta l_{bl} = P_{A1} - P_A =$		0,28			
P_1	30	253		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				9,6	
P_{A1}		100	0,28						
P_1		253	12,90						
P_2	0	407	25,86						
P_2	1	407	25,95	$P_2^{5'} - P_2^{2'} =$	0,05	0,20	0,50	Ustreza	
P_2	2	407	26,00	$P_2^{15'} - P_2^{5'} =$	0,06	0,35	0,70	Ustreza	0,17
P_2	5	407	26,05	$P_2^{30'} - P_2^{15'} =$		0,30	0,45		0,13
P_2	10	407	26,09	$\Delta l_{el} = P_2 - P_{A2} =$		24,49			0,13
P_2	15	407	26,11	$\Delta l_{bl} = P_{A2} - P_A =$		1,62			0,11
P_2	20	407		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$				9,3	
P_2	25	407							
P_2	30	407							
P_{A2}		100	1,62						
P_2		407	26,53	$P_2^{5'} - P_2^{2'} =$	0,13	0,20	0,50	Ustreza	
P_p	0	560	41,36	$P_p^{15'} - P_p^{5'} =$	0,21	0,35	0,70	Ustreza	
P_p	1	560	41,58	$P_p^{30'} - P_p^{15'} =$	0,10	0,30	0,45	Ustreza	
P_p	2	560	41,67	$\Delta l_{el} = P_p - P_{A3} =$		39,03			0,30
P_p	5	560	41,80	$\Delta l_{bl} = P_{A3} - P_A =$		3,08			0,33
P_p	10	560	41,94	Pogoj: $k < k_{adm} =$				do 1,00	
P_p	15	560	42,01	$k_{(2'-5')} = 0,33$ Ustreza				$k = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_1}{\log \frac{t_2}{t_1}}$	0,40
P_p	20	560	42,06						$k_{(5'-15')} = 0,44$ Ustreza
P_p	25	560	42,09	$k_{(15'-30')} = 0,33$ Ustreza					0,31
P_p	30	560	42,11						0,25
P_{A3}		100	3,08	Pogoj: Kontrola trajnih deformacij: $\Delta l_{bl,dop} =$				15,00	
P_0		450		$\Delta l_{bl(kor)} = (mm)$				3,08 Ustreza	

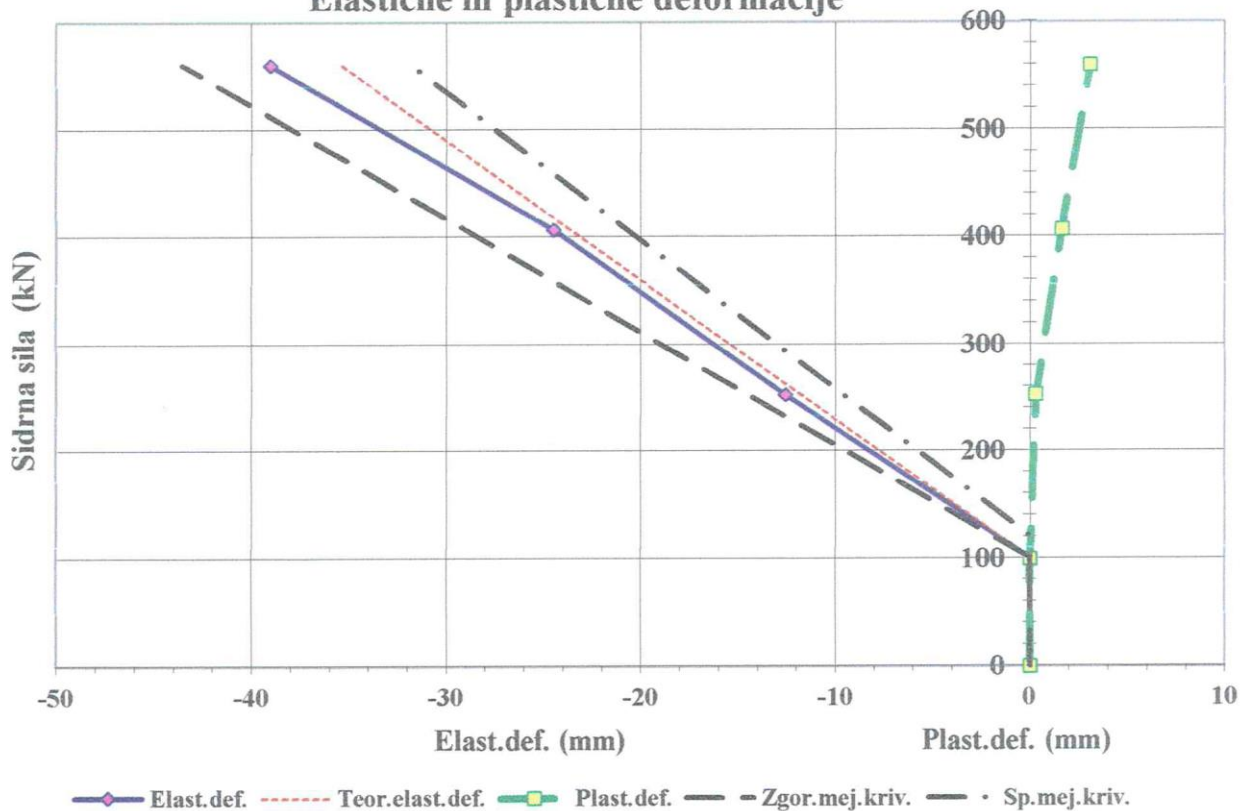
$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$	9,9	Pogoj: Efektivna prosta dolžina sidra l_f je:	
		$l_f > 0,9 * l_{fr} + l_e =$	8,2 Ustrezna
		$l_f < l_{fr} + l_e + 0,3 * l_v =$	11,1

4.Kvaliteta antikorozijske zašč.(trajna sidra):	izolacijska upor.-po inj.(M Ω) =	Ss19
Ozemljitvena upornost(Ω)=	-po nap.(M Ω) =	str.2

Celoviti preizkus napenjanja



Elastične in plastične deformacije



**PROTOKOL CELOVITEGA
PREIZKUSA NAPENJANJA SIDRA**



Priloga:
Ss20

SODOC 16. Smernice za geotehnična sidra; april 97

Gr. objekt:	Garažna hiša "KOZOLEC"	Sidro št.:	Ss20
Gr. element:	Pilotna stena	Datum napenjanja:	10.10.2013
Naročnik:	Gradis G	Tip sidra:	KS 4 x 0,62"
Izvajalec:	RAFAEL d.o.o.	Vrsta sidra:	ZPGS RAFAEL 20
Napenjal:	David	Kontroliral:	Napenjalka: PAUL
Obdelal:	Primož Korpič, udig	Vrsta zemljine:	Nevezana zemljina

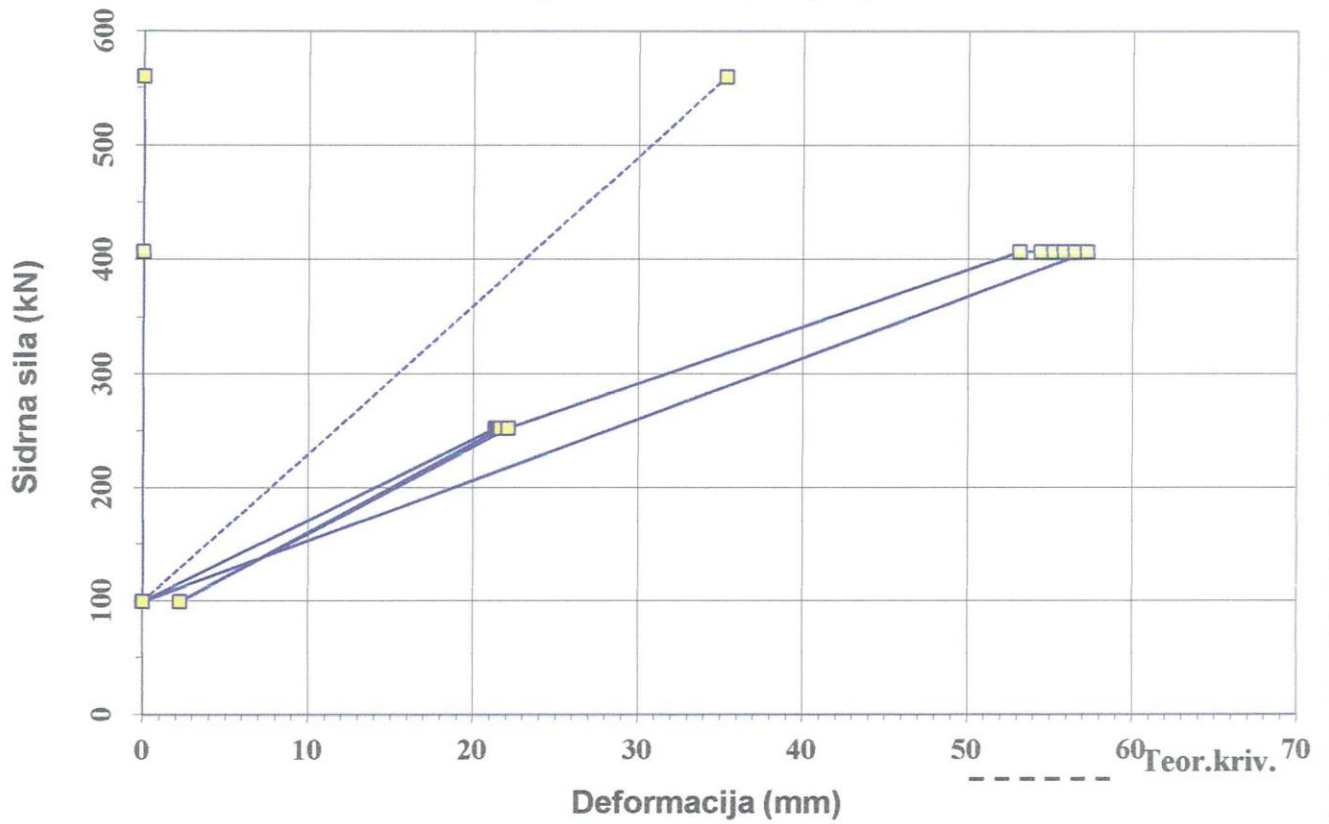
f_v (N/mm ²) =	1680	P_A (kN) =	100,0	$\Delta l_{rač}$ (mm)	l (m) =	15,0
f_{tk} (N/mm ²) =	1860	P_1 (kN) =	253,0	11,8	l_{fr} (m) =	8,0
E_o (kN/mm ²) =	195,0	P_2 (kN) =	407,0	23,6	l_v (m) =	7,0
A_o (mm ²) =	600,8	P_p (kN) =	560,0	35,3	l_p (m) =	1,00
Število pramen:	4	P_o (kN) =	450,0	26,9	ϕ (mm) =	15,7

Obremenitev Stopnja t (min)	Sila (kN)	Deformacija Δl (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)				Koef. "k"				
			Merjena	od	do	ocena					
P_{A0}	100	0,00	"Ustreza" preizkus se nadaljuje ali sidro zaklini.								
P_1	0	253	"PREKINI" preizkus se prekine.								
P_1	1	253	"Pod.na 15'-30' "preizkus se nadaljuje do 15' ali 30'.								
P_1	2	253	"Kontr. kadm" pomeni da se mora kontrolirati k_{adm} .				0,13				
P_1	5	253	$P_1^{5'} - P_1^{2'} =$	0,01	0,20	0,50	Ustreza	0,03			
P_1	10	253	$P_1^{15'} - P_1^{5'} =$	0,12	0,35	0,70	Ustreza	0,37			
P_1	15	253	$P_1^{30'} - P_1^{15'} =$		0,30	0,45		0,06			
P_1	20	253	$\Delta l_{el} = P_1 - P_{A1} =$ 19,38								
P_1	25	253	$\Delta l_{bl} = P_{A1} - P_A =$ 2,25								
P_1	30	253	$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$ 14,8								
P_{A1}	100	2,25									
P_1		253									
P_2	0	407									
P_2	1	407	$P_2^{5'} - P_2^{2'} =$	0,62	0,20	0,50	PREKINI				
P_2	2	407	$P_2^{15'} - P_2^{5'} =$	1,39	0,35	0,70	PREKINI	2,59			
P_2	5	407	$P_2^{30'} - P_2^{15'} =$		0,30	0,45		1,56			
P_2	10	407	$\Delta l_{el} = P_2 - P_{A2} =$ 0,00				2,19				
P_2	15	407	$\Delta l_{bl} = P_{A2} - P_A =$ 0,00				4,15				
P_2	20	407	$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$ 1								
P_2	25	407									
P_2	30	407									
P_{A2}	100										
P_2		407	$P_p^{5'} - P_p^{2'} =$		0,20	0,50					
P_p	0	560	$P_p^{15'} - P_p^{5'} =$		0,35	0,70					
P_p	1	560	$P_p^{30'} - P_p^{15'} =$		0,30	0,45					
P_p	2	560	$\Delta l_{el} = P_p - P_{A3} =$ 0,00								
P_p	5	560	$\Delta l_{bl} = P_{A3} - P_A =$ 0,00								
P_p	10	560	Pogoj: $k < k_{adm} =$				do 1,00				
P_p	15	560	$k = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_1}{\log \frac{t_2}{t_1}}$								
P_p	20	560					$k_{(2-5)} =$				
P_p	25	560					$k_{(5-15)} =$				
P_p	30	560	$k_{(15-30)} =$				Ne ustreza				
P_{A3}	100		Pogoj: Kontrola trajnih deformacij: $\Delta l_{bl,dop} =$				15,00				
P_o	450		$\Delta l_{bl(kor)} = (mm)$ 0,00								

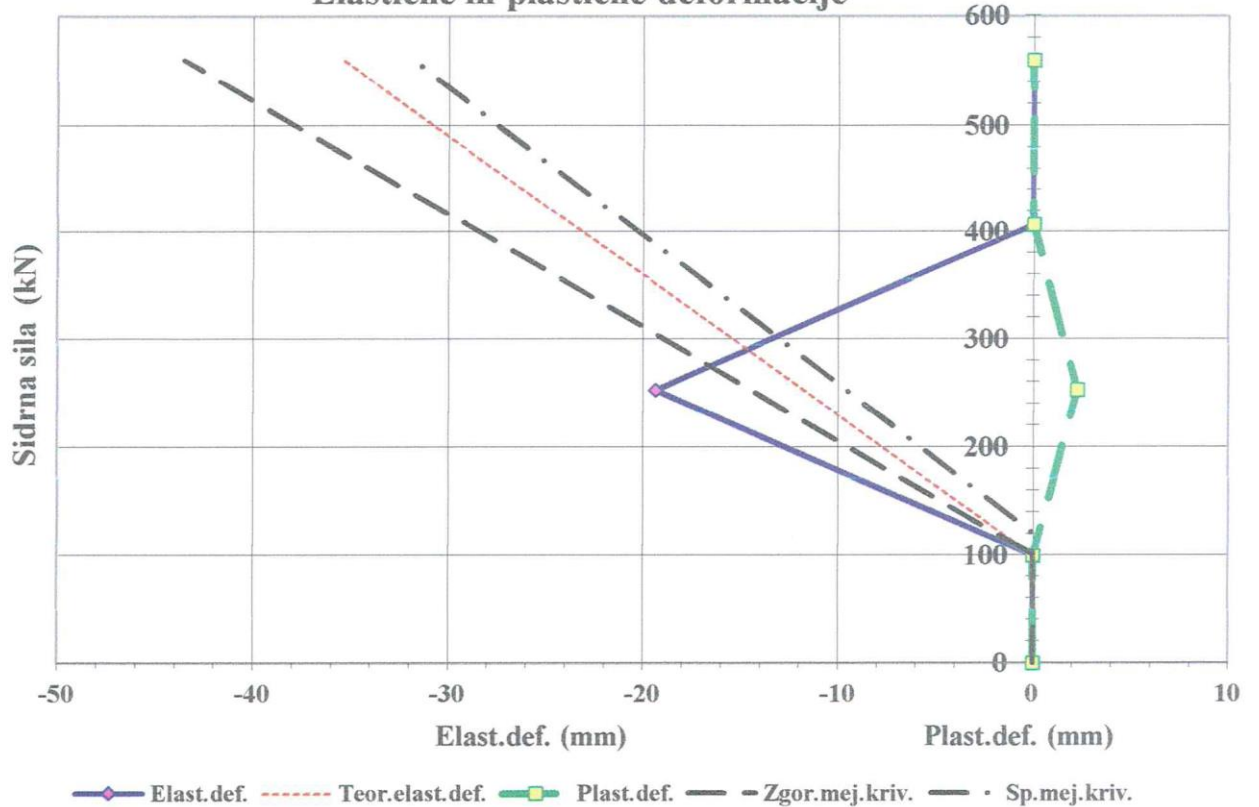
$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$ 1	Pogoj: Efektivna prosta dolžina sidra l_f je:
	$l_f > 0,9 * l_{fr} + l_e =$ 8,2
	$l_f < l_{fr} + l_e + 0,3 * l_v =$ 11,1

4.Kvaliteta antikorozijske zaščite (trajna sidra):	izolacijska upor.-po inj.(M Ω) =	Ss20
Ozemljitvena upornost(Ω)=	-po nap.(M Ω) =	str.2

Celoviti preizkus napenjanja



Elastične in plastične deformacije



PROTOKOL CELOVITEGA PREIZKUSA NAPENJANJA SIDRA



Priloga:
Ss21

SODOC 16. Smernice za geotehnična sidra; april 97

Gr. objekt:	Garažna hiša "KOZOLEC"	Sidro št.:	Ss21
Gr. element:	Pilotna stena	Datum napenjanja:	10.10.2013
Naročnik:	Gradis G	Tip sidra:	KS 4 x 0,62"
Izvajalec:	RAFAEL d.o.o.	Vrsta sidra:	ZPGS RAFAEL 20
Napenjal:	David	Kontroliral:	Napenjalka: PAUL
Obdelal:	Primož Korpič, udig	Vrsta zemljine:	Nevezana zemljina

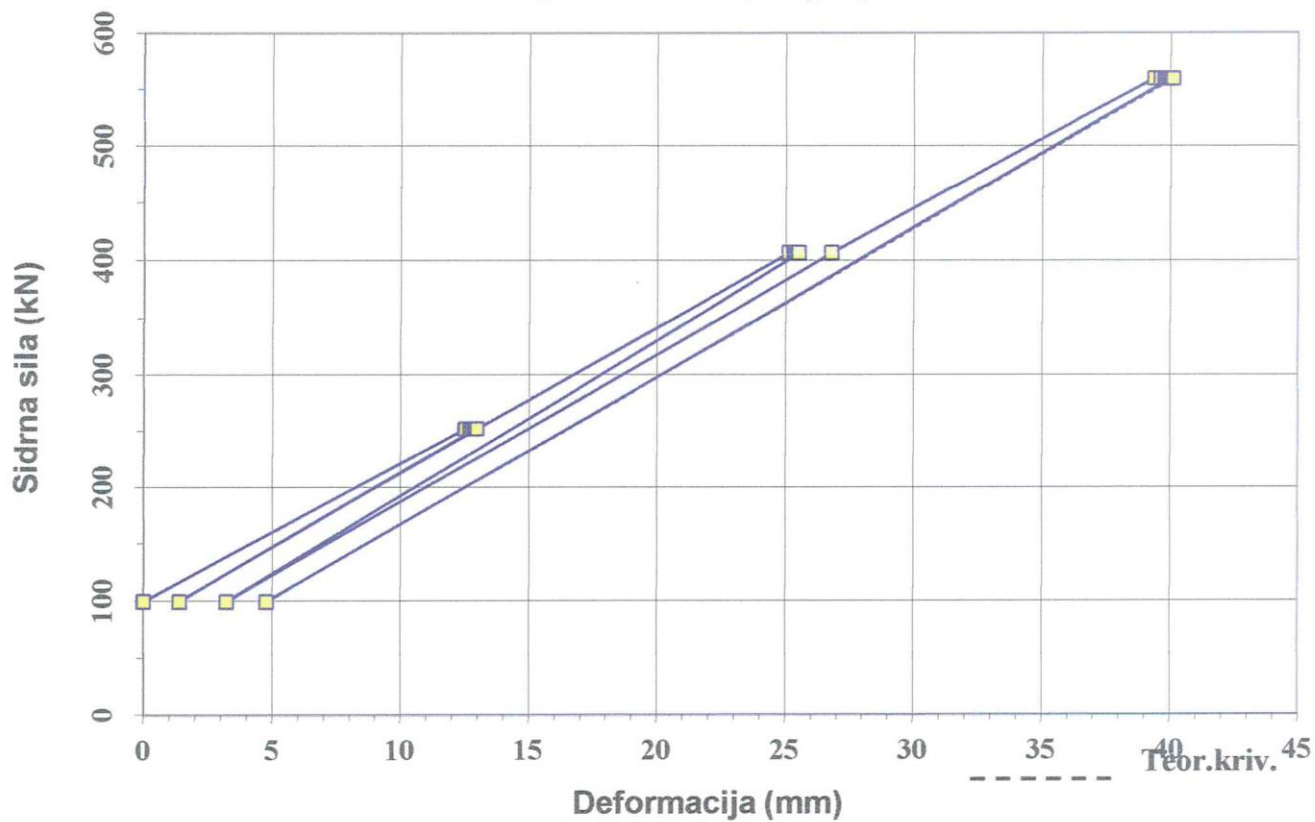
f_v (N/mm ²) =	1680	P_A (kN) =	100,0	$\Delta l_{rač}$ (mm)	l (m) =	15,0
f_{tk} (N/mm ²) =	1860	P_1 (kN) =	253,0	11,8	l_{fr} (m) =	8,0
E_o (kN/mm ²) =	195,0	P_2 (kN) =	407,0	23,6	l_v (m) =	7,0
A_o (mm ²) =	600,8	P_p (kN) =	560,0	35,3	l_p (m) =	1,00
Število pramen:	4	P_o (kN) =	450,0	26,9	ϕ (mm) =	15,7

Obremenitev Stopnja t (min)	Sila (kN)	Deformacija Δl (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)				Koef. "k"				
			Merjena		od	do		ocena			
P_{A0}	100	0,00	"Ustreza" preizkus se nadaljuje ali sidro zaklini.								
P_1	0	253	"PREKINI" preizkus se prekine.								
P_1	1	253	"Pod.na 15'-30'" preizkus se nadaljuje do 15' ali 30'.								
P_1	2	253	"Kontr. kadm" pomeni da se mora kontrolirati k_{adm} .				0,07				
P_1	5	253	$P_1^{5'} - P_1^{2'} =$	0,04	0,20	0,50	Ustreza	0,10			
P_1	10	253	$P_1^{15'} - P_1^{5'} =$	0,15	0,35	0,70	Ustreza	0,33			
P_1	15	253	$P_1^{30'} - P_1^{15'} =$		0,30	0,45		0,28			
P_1	20	253	$\Delta l_{el} = P_1 - P_{A1} = 11,51$								
P_1	25	253	$\Delta l_{bl} = P_{A1} - P_A = 1,39$								
P_1	30	253	$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m) \quad 8,8$								
P_{A1}	100	1,39									
P_1		253	12,96								
P_2	0	407	25,12								
P_2	1	407	25,30	$P_2^{5'} - P_2^{2'} =$	0,05	0,20	0,50	Ustreza			
P_2	2	407	25,38	$P_2^{15'} - P_2^{5'} =$	0,08	0,35	0,70	Ustreza	0,27		
P_2	5	407	25,43	$P_2^{30'} - P_2^{15'} =$		0,30	0,45		0,13		
P_2	10	407	25,51	$\Delta l_{el} = P_2 - P_{A2} = 22,29$				0,27			
P_2	15	407	25,51	$\Delta l_{bl} = P_{A2} - P_A = 3,22$				0,00			
P_2	20	407		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m) \quad 8,5$							
P_2	25	407									
P_2	30	407									
P_{A2}		100	3,22								
P_2		407	26,79	$P_o^{5'} - P_o^{2'} =$	0,08	0,20	0,50	Ustreza			
P_p	0	560	39,37	$P_o^{15'} - P_o^{5'} =$	0,08	0,35	0,70	Ustreza			
P_p	1	560	39,63	$P_o^{30'} - P_o^{15'} =$	0,08	0,30	0,45	Ustreza			
P_p	2	560	39,77	$\Delta l_{el} = P_o - P_{A3} = 35,24$				0,47			
P_p	5	560	39,85	$\Delta l_{bl} = P_{A3} - P_A = 4,77$				0,20			
P_p	10	560	39,92	Pogoj: $k < k_{adm} =$ do 1,00				0,23			
P_p	15	560	39,93	$k = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_1}{\log \frac{t_2}{t_1}} =$				0,06			
P_p	20	560	40,00					$k_{(2'-5')} = 0,20$	Ustreza		0,56
P_p	25	560	40,01					$k_{(5'-15')} = 0,17$	Ustreza		0,10
P_p	30	560	40,01					$k_{(15'-30')} = 0,27$	Ustreza		0,00
P_{A3}		100	4,77	Pogoj: Kontrola trajnih deformacij: $\Delta l_{bl,dop} = 15,00$							
P_o		450		$\Delta l_{bl(kor)} = (mm) \quad 4,77$ Ustreza							

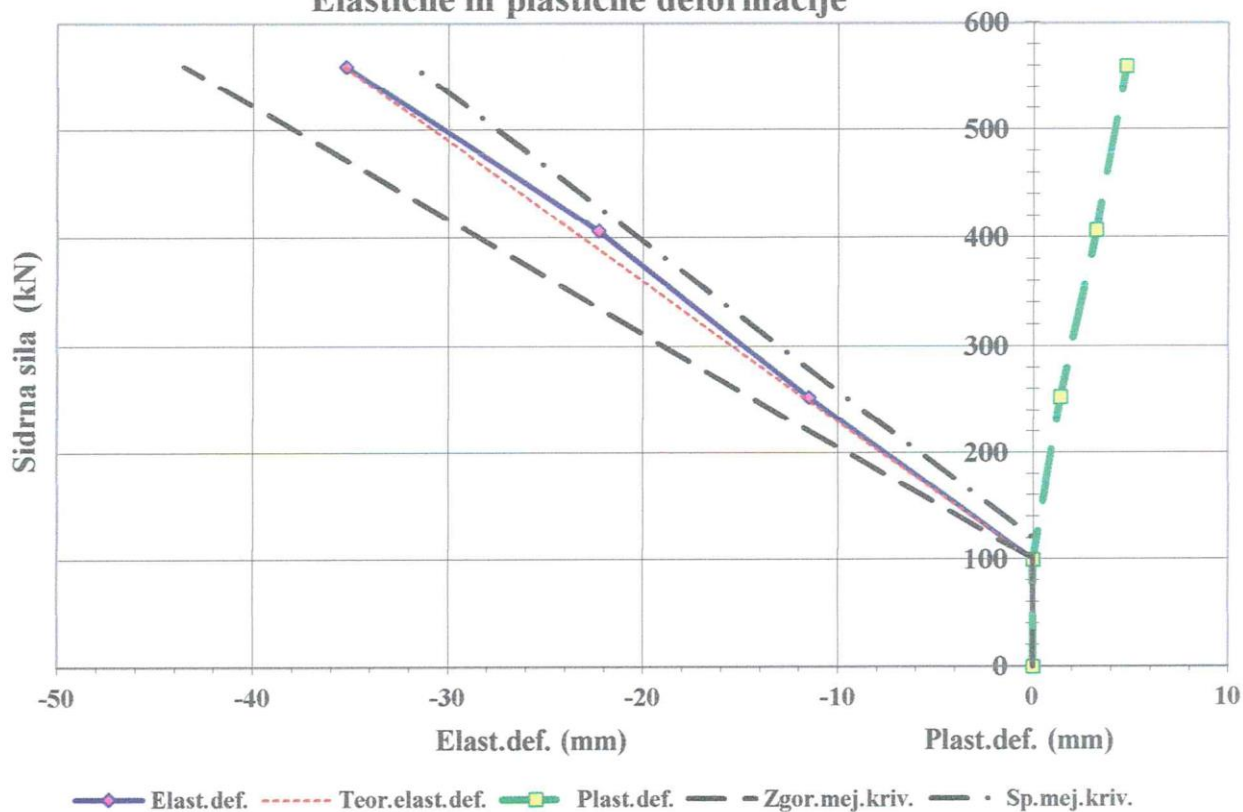
$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m) \quad 9,0$	Pogoj: Efektivna prosta dolžina sidra l_f je:	
	$l_f > 0,9 * l_{fr} + l_e = 8,2$	Ustrezna
	$l_f < l_{fr} + l_e + 0,3 * l_v = 11,1$	

4.Kvaliteta antikorozijska zašč. (trajna sidra):	izolacijska upor. -po inj. (M Ω) =	Ss21
Ozemljitvena upornost (Ω) =	-po nap. (M Ω) =	str.2

Celoviti preizkus napenjanja



Elastične in plastične deformacije



**PROTOKOL CELOVITEGA
PREIZKUSA NAPENJANJA SIDRA**



Priloga:
Ss22

SODOC 16. Smernice za geotehnična sidra; april 97

Gr. objekt:	Garažna hiša "KOZOLEC"	Sidro št.:	Ss22
Gr. element:	Pilotna stena	Datum napenjanja:	10.10.2013
Naročnik:	Gradis G	Tip sidra:	KS 4 x 0,62"
Izvajalec:	RAFAEL d.o.o.	Vrsta sidra:	ZPGS RAFAEL 20
Napenjal:	David	Kontroliral:	Napenjalka: PAUL
Obdelal:	Primož Korpič, udig	Vrsta zemljine:	Nevezana zemljina

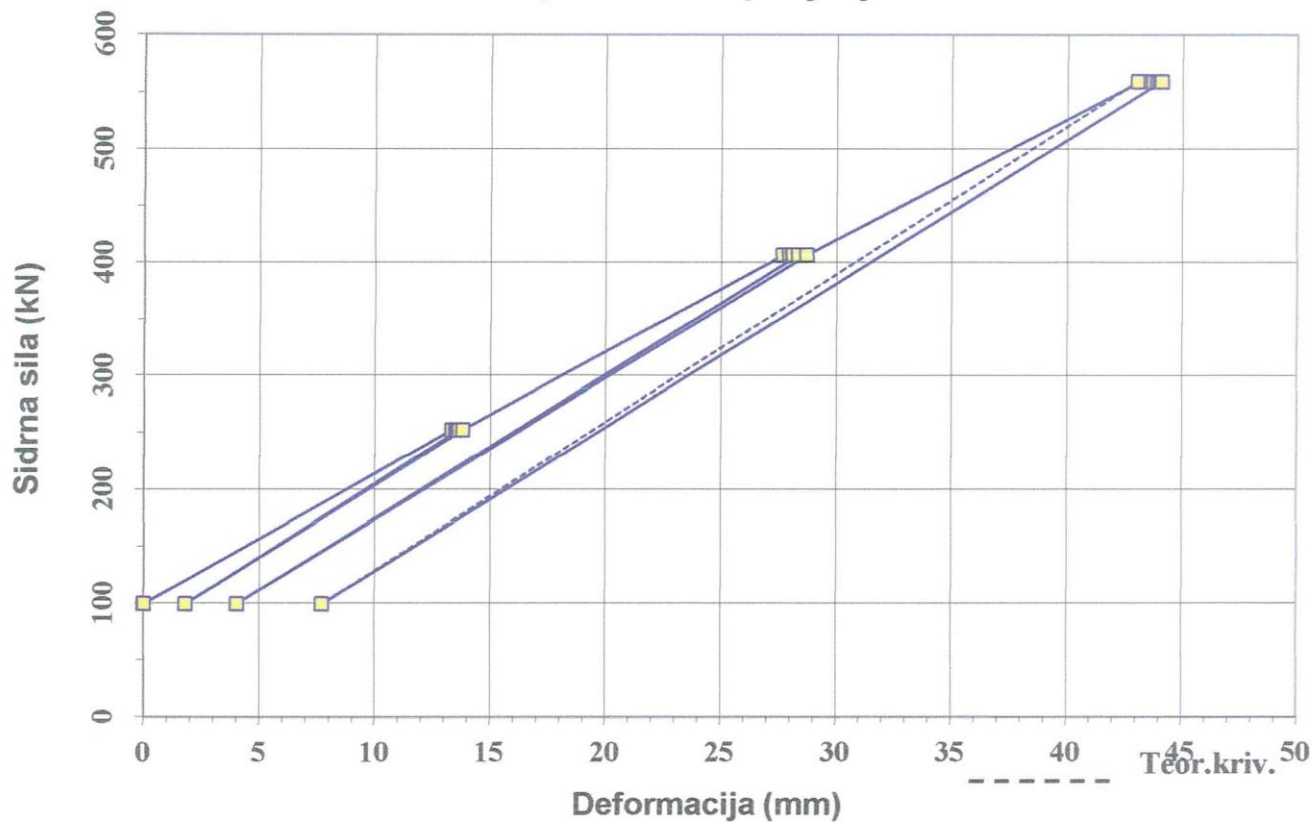
f_v (N/mm ²) =	P_A (kN) = 100,0	$\Delta l_{rač}$ (mm)	l (m) = 15,0
f_{tk} (N/mm ²) = 1860	P_1 (kN) = 253,0	11,8	l_{fr} (m) = 8,0
E_p (kN/mm ²) = 195,0	P_2 (kN) = 407,0	23,6	l_v (m) = 7,0
A_p (mm ²) = 600,8	P_p (kN) = 560,0	35,3	l_p (m) = 1,00
Število pramen:	P_0 (kN) = 450,0	26,9	ϕ (mm) = 15,7

Obremenitev Stopnja	t (min)	Sila (kN)	Deformacija Δl (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)				Koef. "k"	
				Merjena	od	do	ocena		
P_{A0}		100	0,00	"Ustreza" preizkus se nadaljuje ali sidro zaklini.					
P_1	0	253	13,32	"PREKINI" preizkus se prekine.					
P_1	1	253	13,49	"Pod.na 15'-30'" preizkus se nadaljuje do 15' ali 30'.					
P_1	2	253	13,51	"Kontr. kadm" pomeni da se mora kontrolirati k_{adm} .				0,07	
P_1	5	253	13,55	$P_1^{5'} - P_1^{2'}$	0,04	0,20	0,50	Ustreza	0,10
P_1	10	253	13,61	$P_1^{15'} - P_1^{5'}$	0,07	0,35	0,70	Ustreza	0,20
P_1	15	253	13,62	$P_1^{30'} - P_1^{15'}$		0,30	0,45		0,06
P_1	20	253		$\Delta l_{el} = P_1 - P_{A1} = 11,82$					
P_1	25	253		$\Delta l_{bl} = P_{A1} - P_A = 1,80$					
P_1	30	253							
P_{A1}		100	1,80	$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m) \quad 9,1$					
P_1		253	13,79						
P_2	0	407	27,68						
P_2	1	407	27,95	$P_2^{5'} - P_2^{2'}$	0,05	0,20	0,50	Ustreza	
P_2	2	407	28,08	$P_2^{15'} - P_2^{5'}$	0,22	0,35	0,70	Ustreza	0,43
P_2	5	407	28,13	$P_2^{30'} - P_2^{15'}$		0,30	0,45		0,13
P_2	10	407	28,34	$\Delta l_{el} = P_2 - P_{A2} = 24,33$				0,70	
P_2	15	407	28,35	$\Delta l_{bl} = P_{A2} - P_A = 4,02$				0,06	
P_2	20	407							
P_2	25	407		$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m) \quad 9,3$					
P_2	30	407							
P_{A2}		100	4,02						
P_2		407	28,71	$P_2^{5'} - P_2^{2'}$	0,17	0,20	0,50	Ustreza	
P_p	0	560	43,15	$P_p^{15'} - P_p^{5'}$	0,28	0,35	0,70	Ustreza	
P_p	1	560	43,42	$P_p^{30'} - P_p^{15'}$	0,08	0,30	0,45	Ustreza	
P_p	2	560	43,54	$\Delta l_{el} = P_p - P_{A3} = 36,36$				0,40	
P_p	5	560	43,71	$\Delta l_{bl} = P_{A3} - P_A = 7,71$				0,43	
P_p	10	560	43,88	Pogoj: $k < k_{adm} =$ do 1,00				0,56	
P_p	15	560	43,99					0,62	
P_p	20	560	44,04	$k_{(2'-5')} = 0,43$	Ustreza	$k = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_1}{\log \frac{t_2}{t_1}}$		0,40	
P_p	25	560	44,07	$k_{(5'-15')} = 0,59$	Ustreza			0,31	
P_p	30	560	44,07	$k_{(15'-30')} = 0,27$	Ustreza			0,00	
P_{A3}		100	7,71	Pogoj: Kontrola trajnih deformacij: $\Delta l_{bl,dop} =$				15,00	
P_0		450		$\Delta l_{bl(kor)} = (mm) \quad 7,71$ Ustreza					

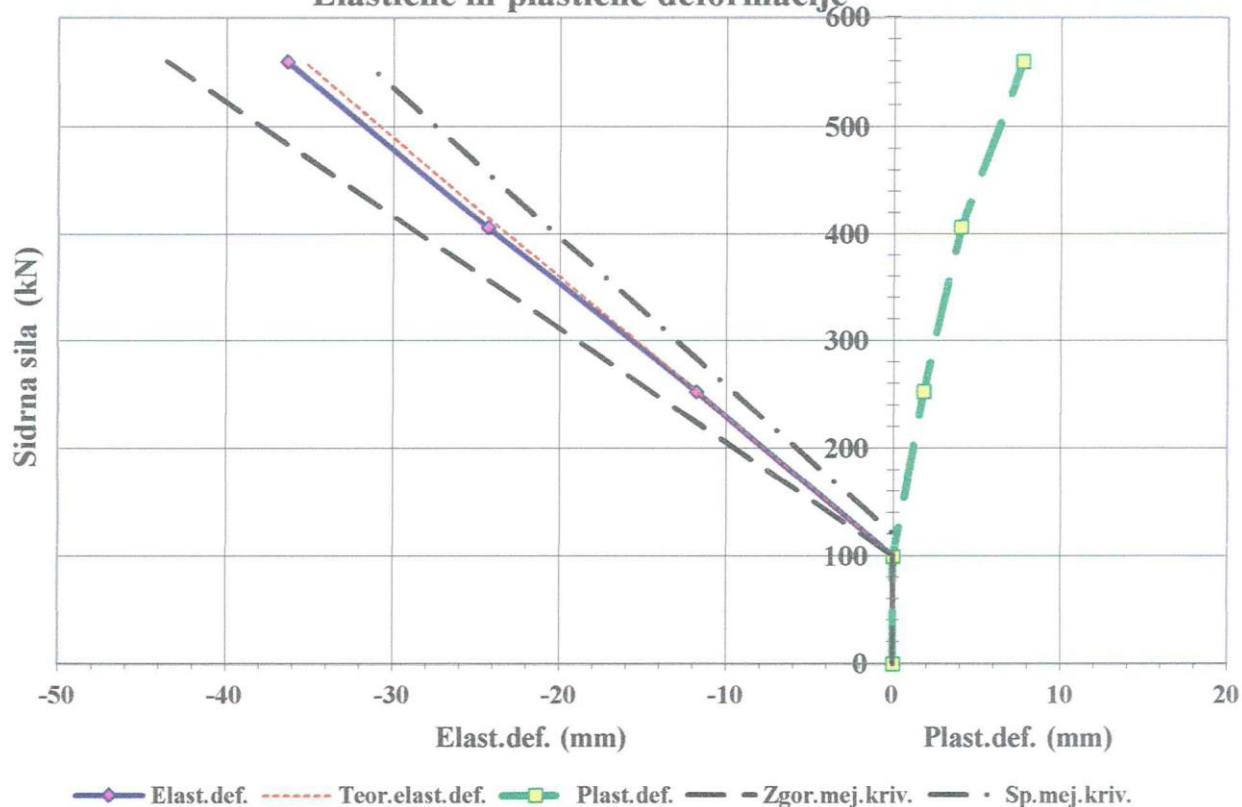
$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m) \quad 9,3$	Pogoj: Efektivna prosta dolžina sidra l_f je:
	$l_f > 0,9 * l_{fr} + l_e = 8,2$ Ustreza
	$l_f < l_{fr} + l_e + 0,3 * l_v = 11,1$

4. Kvaliteta antikorozijske zašč. (trajna sidra):	Izolacijska upor. - po inj. (M Ω) =	Ss22
Ozemljitvena upornost (Ω) =	- po nap. (M Ω) =	str.2

Celoviti preizkus napenjanja



Elastične in plastične deformacije



»Ta stran je namenoma prazna.«

Priloga F: Enostavni preskus napenjanja sider

**PROTOKOL ENOSTAVNEGA
PREIZKUSA NAPENJANJA SIDRA**
SODOC 16. Smernice za geotehnična sidra; april 97



Priloga:
Ss36 (Sz46)

Primož Korpič, udig

Gr. objekt:	Garažna hiša "KOZOLEC"	Sidro št.:	Ss36 (Sz46)
Gr. element:	vezna greda	Datum napenjanja:	17.10.2013
Naročnik:	Gradis G	Tip sidra:	KS 4 x 0,62"
Izvajalec:	RAFAEL d.o.o.	Vrsta sidra:	ZPGS RAFAEL 20
Napenjalec:	David	Napenjalka:	PAUL
Kontroliral:	Primož Korpič, udig	Vrsta zemljine:	Nevezana zemlj.

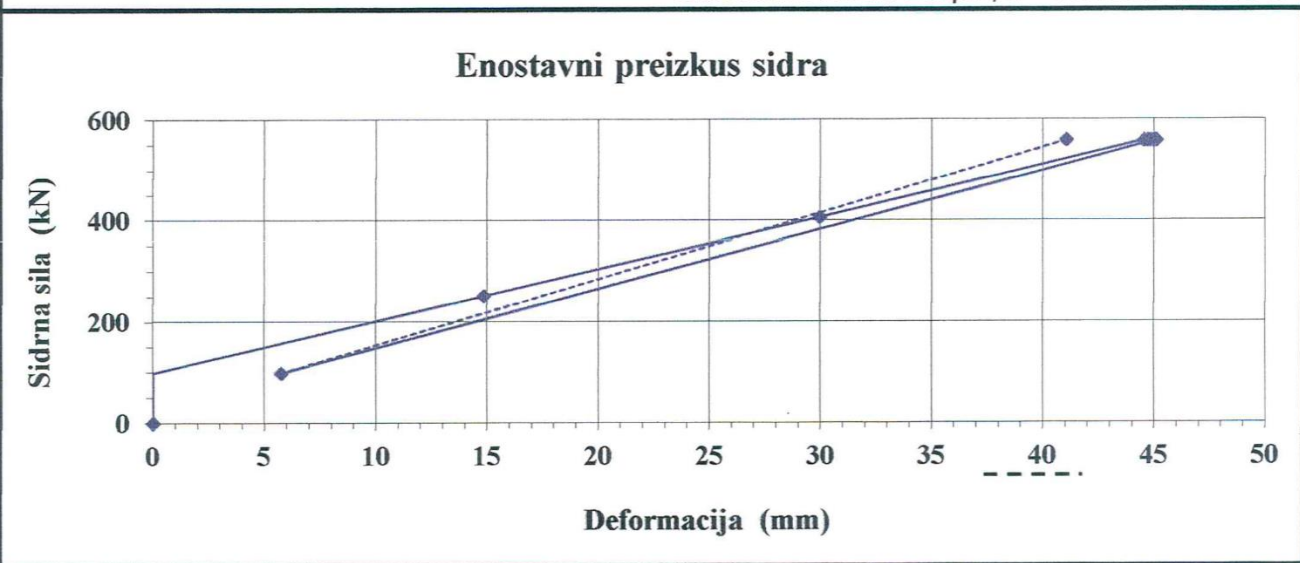
f_y (N/mm ²) = 1680	P_A (kN) = 100,0	$\Delta l_{rač}$ (mm)	l (m) = 15,0
f_{tk} (N/mm ²) = 1860	P_1 (kN) = 253,0	11,8	l_{fr} (m) = 8,0
E_p (kN/mm ²) = 195,0	P_2 (kN) = 407,0	23,6	l_v (m) = 7,0
A_p (mm ²) = 600,8	P_p (kN) = 560,0	35,3	l_p (m) = 1,00
Število pramenov: 4	P_0 (kN) = 450,0	26,9	ϕ (mm) = 15,7

Obremenitev Stopnja t(min)	Sila (kN)	Deformacija Δl (mm)	Razlika deformacije $\Delta \Delta l$ (mm)			Koef "k"		
			Merjena	od	do		Ocena	
P_{A0}	100	0,00	"Ustreza" sidro se lahko zaklini.					
P_1	253	14,83	"PREKINI" preizkus se mora prekiniti.					
P_2	407	29,97	"Pod.na 15' ali 30' "preizkus se nadaljuje.					
P_p	0	560	"Kontr. kadm" mora se kontrolirati k_{adm} .					
P_p	1	560	$P_p^0 - P_p^1 =$	0,14	0,20	0,50	Ustreza	
P_p	2	560	$P_p^1 - P_p^2 =$	0,15	0,35	0,70	Ustreza	0,40
P_p	5	560	$P_p^2 - P_p^5 =$		0,30	0,45		0,35
P_p	10	560	$\Delta l_{el} = P_p - P_{Ap} =$	39,38		$\Delta l_{bl} =$	5,73	0,33
P_p	15	560	Pogoj: $k < k_{adm} =$			do 1,00		0,28
P_p	20	560	$k_{(5')} =$	0,35	Ustreza	$k = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_1}{\log \frac{t_2}{t_1}} =$		
P_p	25	560	$k_{(15')} =$	0,31	Ustreza	$\log \frac{t_2}{t_1}$		
P_p	30	560	$k_{(30')} =$					
P_{Ap}	100	5,73	Kontrola trajnih deform.: Δl_{bl} dop =			12,5		
P_0	450		$\Delta l_{bl} =$			5,7	Ustreza	

Pogoj: Efektivna prosta dolžina sidra l_f je:

$l_f = \frac{\Delta l_{el}}{P - P_a} \times A_p \times E_p = (m)$	10,0	$l_f > 0,9 * l_{fr} + l_p =$	8,2	Ustrezna
		$l_f < l_{fr} + l_p + 0,3 * l_v =$	11,1	

4.Kvaliteta antikorozijske zašč. (trajna sidra): Izolacijska upor. - po inj. (M Ω) = Ustreza
 Ozemljitvena upornost (Ω) = Ustreza - " - po nap. (M Ω) = 0,000
 Pripombe: 0 - " - po zak. (M Ω) = 0,000
 Obdelal: Primož Korpič, u Datum: 17.10.2013



Priloga G: Rojstni listi jet grouting slopov

POROČILO O IZDELAVI ENOFAZNIH JET GROUTING SLOPOV



NAROČNIK: GRADIS Skupina G
PROJEKTANT: GRACIEN d.o.o.
IZVAJALEC: GEOINVEST d.o.o.

OBJEKT: PGH KOZOLEC - II. FAZA
ŠTEVILKA PROJEKTA: 48/07 PZI
VRTALNA GARNITURA: CB-11 P100, M1x20

Podatki o nastavitvi vrtnice garniture, mešalne postaje in črpalke:
Število obratov na vrtni glavi: 115 obr
Korak dviga drogovja: 5-6 cm
Čas mešanja injekcijske mase: 4 min
W/C faktor: 0,16

Premer štirih krilnega dlata: 115 mm
Tiak vode pri vrtnanju z vodo: 10 bar
Tiak injekcijske mase pri jetranju: min 400 bar

SESTAVIL: KANDIC R. Geoinvest
GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI NADZOR: SLP d.o.o.
NAZDOR / NAROČNIK: SLP/GSG

PODATKI O VGRAJENIH MATERIALIH:
Cement: GEM IV/B-S 42,5 N
Armatura: RAΦ32mm

PODATKI O JG SLOPIH: OB OSI "F" i Slovenška 51a/b

Zaporedna št. JG slopa	Oznaka JG slopa po projektu	Datum izvedbe	Kota delovnega platoja	Kota dna JG slopa	Dolžina vrtnanja	Dolžina jetranja	Dolžina vgrajene armature palice	Inklinacija	VRTANJE V				Odvzem vzorca injekcijske mase	
									konglomeratu (plastu)	produktu (zbiti poski)	zagrnjenem rogu (dolina)	glini		Poraba cementa na tekoči meter
1	87	01.08.	297,50	286,00	11,50	11,50	11,50	/	X	X			ca 220	
2	84													
3	81													
4	79													
5	76													
6	73													
7	70													
8	67													
9	74	02.08.	297,50	286,00	11,50	11,50	11,50	/	X	X		ca 220		
10	71													
11	68													
12	65													
13	62													
14	59													
15	56													X

27.8.2013
[Signature]

POROČILO O IZDELAVI ENOFAZNIH JET GROUTING SLOPOV



OBJEKT: PGH KOZOLEC - II. FAZA
ŠTEVILKA PROJEKTA: 48/07 PZI
VRTALNA GARNITURA: CB-1, P700, M1x20

NAROČNIK: GRADIS SKUPINA G
PROJEKTANT: GRACEN d.o.o.
IZVAJALEC: GEOINVEST d.o.o.

Podatki o nastavitvi vrtnalne garniture, mešalne postaje in črpalke:
Število obratov na vrtnalni glavi: 1,5 obr
Korak dviga drogovja: 5-6 cm
Čas mešanja injekcijske mase: 4 min
W/C faktor: 0,16

Premer štiri krifnega diela: 115 mm
Tlak vode pri vrtnanju z vodo: 10 bar
Tlak injekcijske mase pri jetiranju: min 400 bar

PODATKI O VGRAJENIH MATERIALIH:
Cement: CEM II/B-S 42,5 N
Armatura: RAΦ32mm

SESTAVIL: KAVČIČ R. Geoinvest
GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI NADZOR: SLP d.o.o.
NAZDOR / NAROČNIK: SLP/FGG

PODATKI O JG SLOPIH: 03 051 "F" i Slovenske 51a/b

Zaporedna št. JG slopa	Oznaka JG slopa po projektu	Datum izvedbe	Kola delovnega platoja	Kota dna JG slopa	Dolžina vrtnanja	Dolžina vgrajene armature	Dolžina vrtnanja	Dolžina vgrajene armature	Inklinacija	konglomeratu (debel.)	VRTANJEV			Odvzem vzorca injekcijske mase
											zbiti peski	prodru	zaglinjenem prodru (glini)	
16	85	05.08.	297,50	286,0	11,50	11,50	11,50	11,50	-	X	X	X	ca 220	
17	82													
18	79													
19	78													
20	75													
21	86	05.08.	297,50	286,0	11,50	11,50	11,50	11,50	-				ca 220	IZVEDEN 2x
22	83													
23	77													
24	69													
25	66													
26	63													
27	83													
28	6													
29	64	06.08.	297,50	286,0	11,50	11,50	11,50	11,50	-				ca 220	
30	61													

27.8.2013
R

POROČILO O IZDELAVI ENOFAZNIH JET GROUTING SLOPOV



NAROČNIK: GRADIS skupina G
 PROJEKTANT: GRACEN d.o.o.
 IZVAJALEC: GEOINVEST d.o.o.

OBJEKT: PISN KOZOLEC - 1. FAZA
 ŠTEVILKA PROJEKTA: 48/07 PZI
 VRVALNA GARNITURA: CB-11 P750, M1x20

Podatki o nastavitvi vrtnalne garniture, mešalne postaje in črpalke:
 Število obratov na vrtnalni glavi: 115 obr
 Korak dviga drogovja: 5-6 cm
 Čas mešanja injekcijske mase: 4 min
 W/C faktor: 0,16

Premjer štiri krilnega diela: 115 mm
 Tlak vode pri vrtanju z vodo: 10 bar
 Tlak injekcijske mase pri jetiranju: min 400 bar

SESTAVIL: KANDIČ R. Geoinvest
 GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI NADZOR: SLP d.o.o.
 NAZDOR / NAROČNIK: SLP/GSG

PODATKI O VGRAJENIH MATERIALIH:
 Cement: CEM IV/B-S 42,5 N
 Armatura: RAΦ32mm

PODATKI O JG SLOPIH: 03 Osi "F" i Slovensku blata

Zaporedna št. JG slopa	Oznaka JG slopa po projektu	Datum izvedbe	Kota delovnega slopa	Dolžina JG slopa	Dolžina vrtanja	Dolžina vgrajena armaturne palice	Inklinacija	VRTANJE V			Odvzem vzorca injekcijske mase
								konglomeratu (pesci)	prodru (glina)	zaginjenum (glina)	
31	58	06.08.	297,50	286,0	11,50	11,50	—	X	X	X	
32	58										
33	52										
34	50										
35	5										
36	7										
37	48	07.08.	297,50	286,0	11,50	11,50	—				
38	46										
39	44										
40	53										
41	42										
42	40										
43	36										X
44	34										
45	60	08.08.	297,50	286,0	11,50	11,50	—				

27.8.2013

POROČILO O IZDELAVI ENOFAZNIH JET GROUTING SLOPOV



OBJEKT: PIŠH KOZOLEC - II. FAZA
 ŠTEVILKA PROJEKTA: 48/07 P&I
 VRTALNA GARNITURA: CB-1, P100, M1x20

NAROČNIK: GRADIS skupina G
 PROJEKTANT: GLACIEN d.o.o.
 IZVAJALEC: GEOINVEST d.o.o.

Podatki o nastavitvi vrtalne garniture, mešalne postaje in črpalke:
 Število obratov na vrtalni glavi: 1,5 obr
 Korak dviga drogovja: 5-6 cm
 Čas mešanja injekcijske mase: 4 min
 W/C faktor: 0,16

Premer štiri krilnega dlata: 115 mm
 Tlak vode pri vrtanju z vodo: 10 bar
 Tlak injekcijske mase pri jetiranju: min 400 bar

PODATKI O VGRAJENIH MATERIALIH:
 Cement: CEM IV/B-S 42,5 N
 Armatura: RAΦ32mm

SESTAVIL: KAVČE R. Geoinvest
 GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI NADZOR: SLP/abg
 NAZDOR / NAROČNIK: SLP/GGG

PODATKI O JG SLOPIH: OB Osi "F" i Slovensku 51a/b

Zaporedna št. JG slopa	Oznaka JG slopa po projektu	Datum izvedbe	Kola delovnega plota	Kola dna JG slopa	Dolžina vrtanja	Dolžina jetiranja	Dolžina vgrajene armature na palec	Inklinacija	VRTANJE V			Poraba cementa na tekoči meter	Odvzem vzorca injekcijske mase
									konglomeratu (slopi)	produkti (zbihi, peski, obrobki)	zaglinjenem		
46	57	08.08	209,50	286,0	M,50	M,50	M,50	/	X	X	X	ca. 20	X
47	54												
48	51												
49	49												
50	47												
51	45												
52	42	09.08											
53	39												
54	34												
55	30												
56	27												
57	24												
58	41	10.08	209,50	286,0	M,50	M,50	M,50	/				ca. 20	
59	36												
60	34												

27.8.2013

POROČILO O IZDELAVI ENOFAZNIH JET GROUTING SLOPOV



OBJEKT: PIŠH KOZOLEC - II. FAZA
 ŠTEVILKA PROJEKTA: 48/07 PZI
 VRTALNA GARNITURA: CS-11 P100, M1x20

NAROČNIK: GRADIS skupina G
 PROJEKTANT: GRACEN d.o.o.
 IZVAJALEC: GEOINVEST d.o.o.

Podatki o nastavitvi vrtilne garniture, mešalne postaje in črpalke:
 Število obratov na vrtilni glavi: 115 obr
 Korak dviga drogovja: 526 cm
 Čas mešanja injekcijske mase: 4 min
 W/C faktor: 0,6

Premjer štiri krilnega diela: 115 mm
 Tlak vode pri vrтанju z vodo: 10 bar
 Tlak injekcijske mase pri jetiranju: min 400 bar

PODATKI O VGRAJENIH MATERIALIH:
 Cement: CEM II/B-S 42,5 N
 Armatura: RAФ32mm

SESTAVIL: KAVOČ R, Geoinvest
 GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI NADZOR: SLP d.o.o.
 NAZDOR / NAROČNIK: SLP/GSG

PODATKI O JG SLOPIH: OB OSI "F", Slovenška 51a/b

Zaporedna št. JG slopa	Oznaka JG slopa po projektu	Datum izvedbe	Kola delovnega platiča	Kola dna JG slopa	Dolžina vrтанja	Dolžina jetiranja	Dolžina vgrajena armature palice	Inklinacija	VRTANJE V								
									konglomeratu (pločsti) zlohi pebli (kolobas)	produkt	zaglinjenem	glini	Poraba cementa na tekoči meter	Odvzem vzorca injekcijske mase			
61	31	10.08	297,50	286,0	M,50	M,50	M,50	—	X	X							
62	38	12.08															
63	35																
64	32																
65	29																
66	26																
67	23																
68	20																
69	28	15.08	297,50	286,0	M,50	M,50	M,50	—									
70	25																
71	21																
72	18																
73	15																
74	12																
75	22	14.08	297,50	286,0	M,50	M,50	M,50	—									

27.8.2013

POROČILO O IZDELAVI ENOFAZNIH JET GROUTING SLOPOV



OBJEKT: PGH KOZOLEC - II. FAZA
ŠTEVILKA PROJEKTA: 48/07 PZL
VRTALNA GARNITURA: C8-A | P700 | MIX 20

NAROČNIK: GRADIS skupina G
PROJEKTANT: GRACEN d.o.o.
IZVAJALEC: GEOINVEST d.o.o.

Podatki o nastavitvi vrtnice garniture, mešalne postaje in črpalke:
Število obratov na vrtni glavi: 115 obr
Korak dviga drogovlja: 5-6 cm
Čas mešanja injekcijske mase: 4 min
W/C faktor: 0,16

Premer štiri krilnega dleta: 115 mm
Tlak vode pri vrtnanju z vodo: 10 bar
Tlak injekcijske mase pri jetiranju: min 400 bar

PODATKI O VGRAJENIH MATERIALIH:
Cement: CEM IV/B-S 42,5 N
Armatura: RAØ32mm

SESTAVIL: KAVČE R. Geoinvest
GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI NADZOR: SLP d.o.o.
NAZDOR / NAROČNIK: SLP/GSG

PODATKI O JG SLOPIH: 03 OSI "F", Slovenska 51a/b

Zaporedna št. JG slopa	Oznaka JG slopa po projektu	Datum izvedbe	Kota delovnega platoja	Kota dna JG slopa	Dožina vrtnanja obr	Dožina jetiranja	Dožina vgrajena armature palice	VRTANJEV				Odvzem vzorca injekcijske mase	
								Inklinacija	konglomeratu (glebeli)	produj	zaginjjenem produj (oblo)		glini
76	16	14.08.	297,50	286,0	11,50	11,80	11,50	X	X	X			
77	13												
78	2												
79	4												
80	10												
81	19	15.08	297,50	286,0	11,50	11,50	11,50	X	X				
82	1												
83	5												
84	9												
85	11												
86	14	16.08	297,50	286,0	11,50	11,50	11,50	X	X			X	
87	17												

27.8.2013
[Signature]

POROČILO O IZDELAVI ENOFAZNIH JET GROUTING SLOPOV



OBJEKT: PGH KOZOLEC - 1. FAZA
 ŠTEVILKA PROJEKTA: 4B/07 PZI
 VRTALNA GARNITURA: CB-1 1 P300, M1X20

NAROČNIK: GRADIS skupina G
 PROJEKTANT: GRACEN d.o.o.
 IZVAJALEC: GEOINVEST d.o.o.

Podatki o nastavitvi vrtilne garniture, mešalne postaje in črpalke:
 Število obratov na vrtilni glavi: 105 r/min
 Korak dviga drogovja: 5-6 cm
 Čas mešanja injekcijske mase: 4 min
 W/C faktor: 0,16

Podatki o vgrajenih materialih:
 Cement: CEM IV/B-S 42,5 N
 Armatura: RA032mm

SESTAVIL: KAJDI R. Geoinvest
 GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI NADZOR: SLP d.o.o.
 NADZOR / NAROČNIK: SLP/GSG

Podatki o vgrajenih materialih: ob osi "A"; K4

Zeporedna št. vgrajenega sloja	Oznaka vgrajenega sloja po projektu	Datum izvedbe	Kota delovnega platoja	Kota dna vgrajenega sloja	Dolžina vrtanja	Dolžina vrtanja	Dolžina vgrajenega armaturne palice	VRTANJE V				Odvzem vzorca injekcijske mase	
								Inklimacija	konglomeratu (plošč)	produktu	zaglinenem produktu (tableti)		glini
88	149	16.08	297,0	286,0	M,0	M,0	M,0	—	X	X	—	ca 220	
89	151												
90	153												
91	155												
92	157												
93	159												
94	156	17.08	297,0	286,0	M,0	M,0	M,0	—				ca 220	
95	154												
96	157												
97	150												
98	148												X
99	142	19.08	297,0	286,0	M,0	M,0	M,0	—				ca 220	
100	170												
101	168												
102	166												

27.8.2013

POROČILO O IZDELAVI ENOFAZNIH JET GROUTING SLOPOV



OBJEKT: PGH KOZOLEC - II. FAZA
 ŠTEVILKA PROJEKTA: 48/07 PZL
 VRTALNA GARNITURA: CB-1 / P200 / MIX 20

NAROČNIK: GRADIS skupina G
 PROJEKTANT: GRACEN d.o.o.
 IZVAJALEC: GEOINVEST d.o.o.

Podatki o nastavitvi vrtilne garniture, mešalne postaje in črpalke:
 Število obratov na vrtilni glavi: 1,5 obr
 Korak dviga drogovja: 5-6 cm
 Čas mešanja injekcijske mase: 24 min
 W/C faktor: 0,16

Premjer štiri krilnega dela: 105 mm
 Tlak vode pri vrtanju z vodo: 10 bar
 Tlak injekcijske mase pri jetiranju: min 400 bar

PODATKI O VGRAJENIH MATERIALIH:
 Cement: GEM IV/B-S 42,5 N
 Armatura: RA032mm

SESTAVIL: KAVOČ R, Geoinvest
 GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI NADZOR: SIP d.o.o.
 NAZDOR / NAROČNIK: SIP/FGG

PODATKI O JG SLOPIH: ob osi "A", K4

Zaporedna št. JG slopa	Oznaka JG slopa po projektu	Datum izvedbe	Kotna delovna plošča	Kotna plošča / JG slopa	Dožina vrtanja	Dožina jetiranja	Dožina vgrajena armaturne palice	Inklinacija (obseki)	Konglomeratu (obseki)	VRTANJE V		Čvrstina vzorca injekcijske mase
										produkt	glini	
103	164	19.08	297,0	286,0	M10	M10	M10	/	X	X	ca. 220	
104	162											
105	171	20.08.	297,0	286,0	M10	M10	M10	/				
106	169											
107	165											
108	167											
109	163											
110	160											
111	150											
112	161	21.08.	297,0	286,0	M10	M10	M10	/	X	X	ca. 220	
113	173											
114	157											
115	145											
116	143											
117	141											

27.8.2013

POROČILO O IZDELAVI ENOFAZNIH JETI GROUTING SLOPOV



OBJEKT: PGH KOZOLEC - II. FAZA
 ŠTEVILKA PROJEKTA: 48/07 PZI
 VRTALNA GARNITURA: CB-1 P100, M1x20

NAROČNIK: GRADIS SKUPINA G
 PROJEKTANT: GRACIEN d.o.o.
 IZVAJALEC: GEOINVEST d.o.o.

Podatki o nastavitvi vrtalne garniture, mešalne postaje in črpalke:
 Število obratov na vrtalni glavi: 115 obr
 Korak dviga drogovja: 56 cm
 Čas mešanja injekcijske mase: 4 min
 W/C faktor: 0,16

Premjer štiri krilnega diela: 105 mm
 Tlak vode pri vrtanju z vodo: 10 bar
 Tlak injekcijske mase pri jetranju: min 400 bar

PODATKI O VGRAJENIH MATERIALIH:
 Cement: CEM IV/B-S 42,5 N
 Armatura: RAΦ32mm

SREŠTAVIL: KAVČIČ R. Geoinvest
 GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI NADZOR: SLP d.o.o.
 NAZDOR / NAROČNIK: SLP/GSG

PODATKI O JG SLOPIH: ob osi "A"; K4

Zaporedna št. JG slopa	Oznaka JG slopa po projektu	Datum izvedbe	Kota delovnega polja	Kota dna JG slopa	Dolžina vrtanja	Dolžina jetranja	Dolžina vgrajene armature	Inklinacija	VRTANJE V				Poraba cementa na tekoči meter	Čakalno vzorci injekcijske mase	
									konglomeratu (spleski)	zlahi peski	glini	zaglinjenem prudu (labla)			
118	139	21.08.	297,0	286,0	M,0	M,0	M,0	-	X	X					
119	174	22.08.													
120	146														
121	144														
122	142														
123	140														
124	138														
125	136														
126	137	23.08.	297,0	286,0	M,0	M,0	M,0	-	X	X					X
127	135														
128	133														
129	131														
130	129														
131	134														
132	132	24.08.	297,0	286,0	M,0	M,0	M,0	-	X	X					

27.8.2017

POROČILO O IZDELAVI ENOFAZNIH JET GROUTING SLOPOV



OBJEKT: PIH KOZOLEC - 1. FAZA
 ŠTEVILKA PROJEKTA: 48/07 PZI
 VRTALNA GARNITURA: CB-11 P150, M1x20

NAROČNIK: GRADIS SKUPINA G
 PROJEKTANT: GRACEN d.o.o.
 IZVAJALEC: GEOINVEST d.o.o.

Podatki o nastavitvi vrtalne garniture, mešalne postaje in črpalke:
 Število obratov na vrtalni glavi: 115 obr
 Korak dviga drogovja: 5-6 cm
 Čas mešanja injekcijske mase: 4 min
 W/C faktor: 0,6

Premer štiri krilnega dleta: 115 mm
 Tlak vode pri vrtanju z vodo: 10 bar
 Tlak injekcijske mase pri jetiranju: min 400 bar

PODATKI O VGRAJENIH MATERIALIH:
 Cement: CEM II/B-S 42,5 N
 Armatura: RAΦ32mm

SESTAVIL: KAVČIČ R. Geoinvest
 GEOLSKO GEOTEHNIČNI NADZOR: SIP 200
 NAZDOR / NAROČNIK: SIP/GSG

PODATKI O JG SLOPIH: ob osi "A" i V6

Zaporedna št. JG slopa	Oznaka JG slopa po projektu	Datum izvedbe	Kota delovnega platoja	Kota dna JG slopa	Dožina vrtanja	Dožina jetranja	Dožina vgrajene armature palice	Inklinacija	VRTANJE V			Odvzem vzorca injekcijske mase
									konglomeratu (gladi)	produ	zaginjenem produ	
203	18S	05.09	283,0	286,0	7,0	7,0	7,0	/	X	X	/	0,20
204	182											
205	179											
206	/											
207	/											
208	/											

* neizvedeni JG slopi: 208 (V6)
 117 (V02)
 118 (V02)

”Ta stran je namenoma prazna.”

Priloga H: Fizikalne karakteristike injekcijskih mas za jet grouting



GEOINŽENIRING d.o.o.

Geotehnične, geološke in geofizikalne raziskave, projektiranje,
svetovanje in inženiring

Objekt: PARKIRNO GAR. HIŠA KOZOLEC, II-faza št. obr. 7.5-08.13

Naročnik: GEOINVEST d.o.o. DN.: 60-80495/13

FIZIKALNE KARAKTERISTIKE INJEKCIJSKIH MAS										
JGS	VZOREC			GOSTOTA			TRDNOST INJEKCIJSKIH MAS			
	Datum odvzema	Opis vzorca	Datum preskave	netarna	popr. vrednost	enoosna tlačna	popr. vrednost	enoosna natezna	Serižna trdnost poliribin	
				ρ Mg/m ³	ρ Mg/m ³	σ_c kPa	σ_t kPa	σ_c kPa	c kPa	ϕ °
JGS 1 vz.1	2.8.2013	inj. masa	12.9.2013	1,81		35714,3				
JGS 1 vz.2	2.8.2013	inj. masa	12.9.2013	1,78	1,80	31093,0	30665,6			
JGS 1 vz.3	2.8.2013	inj. masa	12.9.2013	1,80		25189,4				
JGS 2 vz.1	7.8.2013	inj. masa	12.9.2013	1,81		29439,7				
JGS 2 vz.2	7.8.2013	inj. masa	12.9.2013	1,84	1,82	27168,4	29511,6			
JGS 2 vz.3	7.8.2013	inj. masa	12.9.2013	1,81		31926,6				
JGS 3 vz.1	13.8.2013	inj. masa	12.9.2013	1,79		30269,6				
JGS 3 vz.2	13.8.2013	inj. masa	12.9.2013	1,76	1,78	32965,1	30593,4			
JGS 3 vz.3	13.8.2013	inj. masa	12.9.2013	1,80		28525,6				
JGS 4 vz.1	17.8.2013	inj. masa	16.9.2013	1,83		29625,2				
JGS 4 vz.2	17.8.2013	inj. masa	16.9.2013	1,84	1,84	24417,5	29014,2			
JGS 4 vz.3	17.8.2013	inj. masa	16.9.2013	1,85		32980,0				

LEGENDA:

ZS – začasna sidra

TS – trajna sidra

JGS – jet grouting slope

MP – mikro pilot

PS – pasivno sidro





GEOINŽENIRING d.o.o.

*Geotehnične, geološke in geofizikalne raziskave, projektiranje,
svetovanje in inženiring*

Objekt: PARKIRNO GAR. HIŠA KOZOLEC, II-faza št.obr.7.5-ob.13

Naročnik: GEOINVEST d.o.o. DN.:60-80495/13

JGS		Datum odvzema	Opis vzorca	Datum preiskave	GOSTOTA		TRDNOST INJEKCIJSKIH MAS										
					naravna Mg/m ³	popr. vrednost Mg/m ³	popr. vrednost kPa	enoosna tlačna kPa	enoosna tlačna kPa	popr. vrednost kPa	enoosna tlačna kPa	Sržišna trdnost poliribin kPa					
	JGS 5 vz.1	22.8.2013	inj.masa	19.9.2013	1,81												
	JGS 5 vz.2	22.8.2013	inj.masa	19.9.2013	1,80	1,81	31766,9			34269,7							
	JGS 5 vz.3	22.8.2013	inj.masa	19.9.2013	1,82		35652,1										
	JGS 6 vz.1	28.8.2013	inj.masa	25.9.2013	1,84		35390,0										
	JGS 6 vz.2	28.8.2013	inj.masa	25.9.2013	1,84		42462,3										
	JGS 6 vz.3	28.8.2013	inj.masa	25.9.2013	1,84		28038,0			37664,7							
	JGS 7 vz.1	4.9.2013	inj.masa	4.9.2013	1,81	1,83	27493,8										
	JGS 7 vz.2	4.9.2013	inj.masa	4.9.2013	1,80	1,81	28085,6										
	JGS 7 vz.3	4.9.2013	inj.masa	4.9.2013	1,81	1,81	26884,4			26636,7							
							25000,0										

LEGENDA:

- ZS – začasna sidra
- TS – trajna sidra
- JGS – jet grouting slope
- MP – mikro pilot
- PS – pasivno sidro



“Ta stran je namenoma prazna.”