

# Prikaz i analiza tehnologija sanacije klizišta i zaštite iskopa na projektu SANACIJA KLIZIŠTA NA LOKACIJI BUDUĆEG GROBNOG POLJA - GAJ URNI

---

Nola, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:891008>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-23**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Luka Nola

**Prikaz i analiza tehnologija sanacije klizišta i  
zaš te iskopa na projektu – SANACIJA KLIZIŠTA  
NA LOKACIJI BUDUĆEG GROBNOG POLJA –  
GAJ URNI**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Luka Nola

**Prikaz i analiza tehnologija sanacije klizišta i  
zaš te iskopa na projektu – SANACIJA KLIZIŠTA  
NA LOKACIJI BUDUĆEG GROBNOG POLJA –  
GAJ URNI**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Doc. Dr. Sc. Matej Mihić

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Luka Nola

Depiction and analysis of landslide mitigation on  
and excavation safety on project – SANACIJA  
KLIZIŠTA NA LOKACIJI BUDUĆEG GROBNOG  
POLJA – GAJ URNI  
MASTER THESIS

Supervisor: Doc. Dr. Sc. Matej Mihić

Zagreb, 2024.

## ZAHVALE

Ovim putem h o bih se zahvalisvima koji su mi pomogli u izradi ovog diplomskog rada.

Profesoru doc.dr.sc. Mateju Mihiću, posebno zahvaljujem na ukazanom povjerenju pri odabiru teme, svim konstruk vnim savje ma, pitanjima i raspravama koje su mi pomogle kod pisanja rada

Direktoru tvrtke Monterra d.o.o. dr. sc. Daliboru Udoviču, mag. ing. aedif.; zahvaljujem na ukazanom povjerenju i danoj prilici za sudjelovanje na tako važnom projektu, te podršci, savje ma i omogućenoj literaturi u obradi teme

## SAŽETAK

Tema ovog diplomskog rada je prikaz i analiza tehnologija sanacije klizišta i zaštite iskopa na projektu – Sanacija klizišta na lokaciji budućeg grobnog polja – Gaj urni.

Cilj rada je provede detaljnu analizu nekih od načina sanacije klizišta te prikaza tehnologiju koja će se koristiti na sanaciji klizišta – Gaj urni. Projekt o kojemu će se nadalje govori vrijedan je 5.741.000,00 eura i uključuje izvedbu privremene konstrukcija od 204 armiranobetonskih pilota te dva zida ukupne duljine 590m koji se nalaze na 559 armiranobetonskih pilota. U radu su u prvom dijelu prikazani razni pristupi sanacije klizišta i vrsta zaštite od hazarda, prikazani su i opći podaci o projektu te organizacija građenja.

Ključne riječi: Sanacija klizišta, zaštita iskopa, armiranobetonski pilo , organizacija građenja, vremenski plan radova

## SUMMARY

Subject of this graduate thesis is detailed analysis of landslide mitigation and excavation safety on project – SANACIJA KLIZIŠTA NA LOKACIJI BUDUĆEG GROBNOG POLJA – GAJ URNI

The subject of the thesis is a detailed analysis of some of the methods of landslide mitigation and to present the technology that will be used in the landslide mitigation – GAJ URNI. The project, which will be discussed further, is worth 5,741,000.00 euros and includes the construction of temporary constructions of 204 reinforced concrete piles and two walls with a total length of 590m, which are located on 559 reinforced concrete piles. In the first part of thesis, different landslide mitigation procedures and types of hazard protection are presented, as well as general information about the project and construction organization.

Key words: landslide mitigation, excavation safety, reinforced concrete piles, organization of construction, time schedule

## SADRŽAJ

ZAHVALE .....	i
SAŽETAK .....	ii
SUMMARY .....	iii
SADRŽAJ .....	iv
1 UVOD .....	7
2 Geotehnički radovi na sanacijama klizišta i zaštiti iskopa .....	8
2.1 Zaštita pokosa ovješanim mrežama protiv erozije .....	9
2.1.1 Dvostruko uvijene žičane mreže .....	9
2.2 Zaštita pokosa nosivim mrežama .....	11
2.2.1 HEA paneli .....	11
2.2.2 STEELGRID nosiva mreža.....	12
2.2.3 Nosiva mreža TECCO .....	12
2.2.4 Nosiva mreža SPIDER .....	13
2.2.5 OMEGA mreža.....	14
2.3 Mlazni beton .....	14
2.4 Cementni geokompoziti – suvremeni geosintetici .....	16
2.4.1 Cementni geokompozit – Concrete Canvas CC .....	16
2.4.2 Cementni geokompozit – Concrete Canvas CC HYDRO .....	17
2.5 Štapno adhezijsko sidro – SN štapna sidra .....	19
2.6 Samobušiva sidra (SDA – Self Driling Anchors) .....	20
2.7 Geotehnička sidra .....	22
2.8 Krute i fleksibilne barijere za zaštitu od odrona .....	23
2.8.1 Krute barijere .....	24
2.8.2 Fleksibilne barijere .....	24
2.9 Gabionske konstrukcije .....	25
2.9.1 Gabioni .....	25
2.9.2 Terramesh sustav .....	26
2.9.3 Green terramesh sustav .....	26
2.10 Podjela temeljenja .....	27
2.10.1 Plitko temeljenje .....	27
2.10.2 Produbljeno temeljenje .....	28
2.10.3 Duboko temeljenje .....	28
2.10.4 Hibridno temeljenje .....	30
2.11 Duboko temeljenje – AB piloti .....	31
2.11.1 Zabijeni piloti .....	32
2.11.2 Nabijeni piloti .....	35



2.11.3	Utisnuti piloti .....	35
2.11.4	Kopani piloti .....	36
2.11.5	Mikropiloti .....	38
2.12	Mlazno injektiranje tijela .....	40
3	Prikaz projekta sanacije klizišta na lokaciji budućeg grobnog polja - Gaj urni .....	43
3.1	Tehnički uvod .....	43
3.1.1	Uvod .....	43
3.1.2	Lokacija građevine i drugi lokacijski uvjeti kojima se određuje zahvat u prostoru .	43
3.1.3	Opis zahvata .....	44
3.1.4	Zbirni prikaz istražnih radova .....	45
3.2	Popis radova na sanaciji klizišta .....	46
3.3	Pripremni radovi .....	48
3.3.1	Geodetski radovi .....	48
3.3.2	Uređenje pristupnih puteva .....	48
3.3.3	Osiguranje trajne i privremene deponije.....	52
3.3.4	Sječa i odvoz stabala .....	52
3.3.5	Zaštita postojećih stabala i zelenih površina .....	54
3.4	Zemljani radovi .....	54
3.4.1	Uklanjanje humusa .....	55
3.4.2	Široki iskop .....	56
3.4.3	Iskop u materijalu kategorije C .....	57
3.5	Armiranobetonski radovi .....	58
3.5.1	Naglavna temeljna ploča i temeljna stopa .....	60
3.5.2	Piloti zaštitne konstrukcije i piloti temeljne konstrukcije zida A i B .....	61
3.6	Geotehnički radovi .....	61
3.6.1	AB piloti .....	61
3.6.2	Geotehnička sidra .....	62
3.6.2.1	Postupak ugradnje i injektiranje .....	63
3.6.2.2	Prednaprezanje sidara .....	64
3.6.2.3	Geotehnička sidra na projektu – Gaj urni .....	65
3.6.2.4	Prednaprezanje sidra .....	70
3.6.3	Mlazni beton .....	71
3.7	Kontrola kvalitete .....	72
3.7.1	Armiračkobetonski radovi.....	72
3.7.2	Ispitivanje izvedenih pilota .....	74
3.7.3	Kontrola kvalitete sidrenja .....	74
3.7.4	Monitoring .....	76
4	Prikaz i analiza tehnologija i organizacije radova na promatranom projektu .....	80

---

4.1	Iskaz stavki po količinama radova.....	80
4.1.1	ZID A .....	80
4.1.2	ZID B .....	82
4.2	Logistika izvedbe radova na sanaciji klizišta Gaj urni – Mirogoj .....	84
4.3	Razrada građevinskih aktivnosti .....	87
4.3.1	Privremena konstrukcija .....	87
4.3.2	Zid A .....	89
4.3.3	Zid B .....	91
4.4	Vremenski plan izvođenja radova.....	93
4.5	Vremenski plan izvođenja radova – varijantno rješenje .....	96
5	ZAKLJUČAK .....	99
	POPIS LITERATURE .....	100
	POPIS SLIKA .....	101
	POPIS TABLICA .....	103
	PRILOZI (NEOBAVEZNO) .....	Error! Bookmark not defined.
	PRILOG B .....	Error! Bookmark not defined.

# 1 UVOD

Klizišta predstavljaju jedan od najznačajnijih prirodnih hazarda koji ugrožavaju infrastrukturu, naselja i zemljane površine širom svijeta.

Klizište se definira kao proces kretanja mase, zemlje ili fragmenata niz padinu pod utjecajem gravitacije. Osim gravitacije na taj proces mogu utjecati različiti faktori, kao voda, led, promjene u nagibu padine, erozija te ljudske aktivnosti kao što su iskopavanja i uklanjanja vegetacije. Klizišta mogu uzrokovati velike materijalne štete ali i predstavljaju ozbiljan rizik za ljudske živote [1]. Uslijed klimatskih promjena i posljedično velikih količina padalina, sve je češća pojava klizišta i sve izazovnije procese obuhvatan i učinkovit te brz postupak sanacije.

Tema ovog diplomskog rada je "Prikaz i analiza tehnologija sanacije klizišta iskopa na projektu – Sanacija klizišta na lokaciji budućeg grobnog polja – Gaj urni".

U radu se analiziraju različita moderna geotehnička rješenja za sanaciju klizišta, kao i tehnologije koje će se primijeniti na ovom projektu.

Ovakvi građevinski zahvati predstavljaju izazov koji zahtjeva temeljita istraživanja, primjenu najsuvremenijih tehnologija i preciznu te dobro pripremljenu organizaciju građenja. Ona igra ključnu ulogu u uspješnoj realizaciji projekta, pravilno planiranje i koordinacija svih aktivnosti, uključujući logistiku, nabavu materijala, raspored radova i upravljanje ljudskim resursima, omogućavaju efikasnu i sigurnu izvedbu projekta. Dobra organizacija također osigurava kvalitetnu izvedbu u zadanom vremenskom roku s minimalnim rizikom i minimalnim dodatnim troškovima.

Vremenski plan projekta Gaj urni - Mirogoj prikazan je u obliku gantograma, koji detaljno opisuje sve faze radova i njihovo trajanje. Gantogram predviđa ukupno trajanje radova od 221 dana, uz pretpostavku da su radne subote, no detaljnom analizom je zaključeno da se svi radovi mogu završiti za 173 dana. Ključni putovi, odnosno najvažnije aktivnosti koje utječu na ukupno trajanje projekta, jasno su istaknute kako bi se na njih mogla posvetiti veća pozornost.

Ovaj diplomski rad ima za cilj doprinijeti razumijevanju i primjeni geotehničkih znanja i tehnologija u praksi. Prikazom i analizom specifičnih tehnologija sanacije klizišta, pružaju se praktične smjernice za inženjere i stručnjake koji se bave sanacijom klizišta i zašiskopa. Detaljni opisi metoda i tehnologija, kao i analiza njihovih prednosti i nedostataka, omogućit će bolje planiranje i provedbu sličnih projekata u budućnosti.

## 2 Geotehnički radovi na sanacijama klizišta i zaštiti iskopa

Klizište se ubrajaju među najizrazitije destruktivne procese, njihovo pojavljivanje izaziva velike štete naseljima, objektima, šumama i poljoprivrednim površinama. To je prirodan proces oblikovanja reljefa, ali može biti uzrok ljudske aktivnosti – svako je klizište pokrenuto jednim pojedinačnim događajem ili procesom, tzv. triggerom. Kod istraživanja klizišta važno je razdvojiti uzroke njihova nastanka od izravnih pokretača pojedinog događaja. Postoje pasivni i aktivni uzroci. Pasivni su čimbenici npr. litološki sastav, nagib slojeva, nagib i ekspozicija padine i dr. Dok aktivni čimbenici djeluju izravno u smjeru destabilizacije padina, a to su npr. trošenje, promjena nagiba padina, opterećenje padine dodatnim materijalom (prirodno ili antropogeno odlaganjem ili gradnjom), promjena razine vode temeljnice te uklanjanje vegetacije. Otkrivanje uzroka i pokretača procesa klizanja te ugroženih antropogenih elemenata doprinosi smanjivanju prirodne opasnosti od klizanja [2].

Stabilizacija postojećeg klizišta ili prevencija potencijalnog klizišta vrši se s ciljem smanjenja sila koje pokreću klizanje, odnosno povećanjem sila otpora tla i njegove mase. Za dobru sanaciju potrebno je napraviti temeljita inženjersko-geološka istraživanja klizišta koja daju određene podatke i pomažu izradi projekta sanacije, odnosno oblikuju proračunske modele, kako bi se spoznao stupanj ugroženosti područja građevine koja se nalazi na pokrenutoj padini ili na padini koja može biti zahvaćena klizanjem. Proračunski model se sastoji od nekoliko dijelova: geometrije tla, geološkog-geotehničkog sastava tla, fizičkomehaničkih parametara tla i hidrogeoloških podataka o razini podzemne vode [3].

Ne postoji generalni recept za sanaciju klizišta i originalni pristup stabilizaciji klizišta koji se može primijeniti na svako klizište [4]. Uspješna primjena svake od primijenjenih mjera sanacije ovisna je o točnom prepoznavanju specifičnih uvjeta tla i podzemne vode na temelju istraživanja i njihovoj primjeni u projektu sanacije [5]. Klizišta variraju u veličini, a značajno su ovisna o specifičnim i lokalnim geološkim i drugim uvjetima tako da se za svaki problem klizanja tla mogu primijeniti različite mjere sanacije na više načina. Najbolji rezultati u sanaciji klizišta postižu se korištenjem kombinacije različitih sanacijskih mjera koje moraju osigurati maksimalan efekt u stabilizaciji kosine implementacijom najjednostavnije i najmanje zahtjevnije mjere sanacije.

## A) Površinska sanacija klizišta i odrona

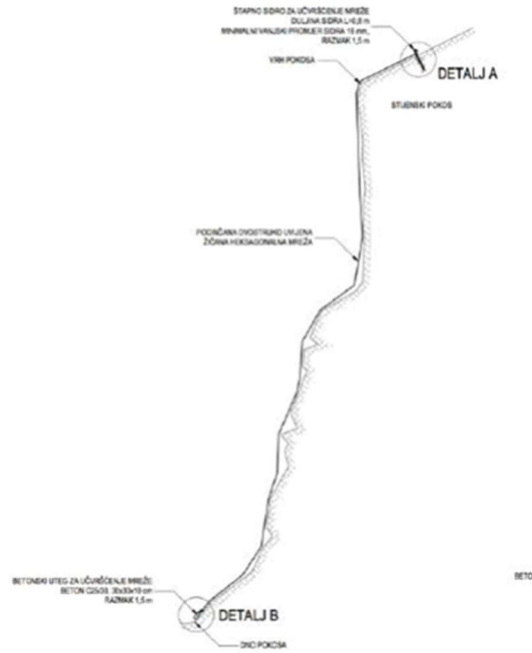
### 2.1 Zaštita pokosa ovješnim mrežama protiv erozije

Područje na kojem se gradi građevina poput prometnice, mostova, nasipa ili slično potrebno je osigurati određenim mjerama kako prirodni procesi ne bi ugrozili stabilnost same građevine. Dva su problema vezana za stabilnost pokosa. Prvi problem odnosi se na projek ranje i izvedbu pokosa zasijecanjem ili nasipavanjem pri izvedbi novih građevina. Drugi problem proizlazi iz moguće nestabilnosti postojećih pokosa. Takve nestabilne pokose potrebno je prepoznati i odgovarajućim mjerama zaštititi potencijalno ugroženo područje. Upravo zbog toga visoki usjeci ili zasjeci izvode se etažama i bermama [1].

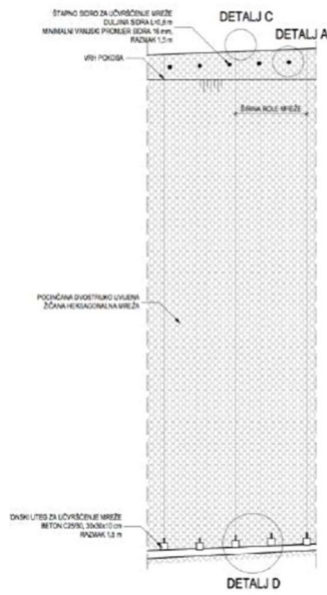
Poznate su brojne mjere sanacije nestabilnih pokosa koje uključuju zaštitu pokosa od erozije. Naglasak u ovom dijelu rada bit će na ovještene žičane mreže koje u kombinaciji s drugim sustavima ojačanja (hidrosjetva, mlazni beton, sidra) čine kvalitetni sustavi zaštite pokosa od erozije.

#### 2.1.1 Dvostruko uvijene žičane mreže

Kao jedan od sustava zaštite s jenskih pokosa koriste se dvostruko uvijene mreže (eng. DT). Mogu biti od žičanog pletera, organskog materijala (kokos) i prirodnih vlakana. Ovakvu zaštitu koriste se kod pokosa gdje se ne očekuje erozija/odron većinskih blokova. Njezine karakteristike, koje uključuju oblik i sistem dvostrukog uvijanja, čine ju najboljom i najčešće korištenom mrežom. Heksagonalni oblik omogućava bolju i pravilniju distribuciju zatezanja prilikom opterećenja, dok sistem dvostrukog uvijanja lokalizira bilo koje oštećenje mreže. U slučajevima rasta vegetacije ili strmih nagiba potrebno je postići dobru prionjivost. Mreža se postavlja na lice pokosa i na područje iznad pokosa u širini od 1 – 3 m. Na slici 1. i slici 2. vidljivo je kako se mreža može osigurati sidrima na vrhu i betonskim blokovima (sidrima) na dnu [1].



Slika 1. Normalni poprečni presjek kroz kosinu [1]



Slika 2. Pogled na kosinu [1]

## 2.2 Zaštita pokosa nosivim mrežama

Na područjima gdje su pokosi većih visina i gdje se očekuju veća opterećenja (snijeg, led, veći odroni) koriste se nosive ~~zate~~ mreže. To su mreže koje se sastoje od klasičnih dvostruko uvijenih mreža ojačanim čeličnom užadi visoke vlačne čvrstoće prethodno opisane. Ovisno o pu takvih mreža čelični kablovi mogu b postavljene u verkalnom ili dijagonalnom smjeru. Uz spomenute postoje i druge vrste nosivih mreža, a one najčešće korištene bit će opisane u nastavku poglavlja.

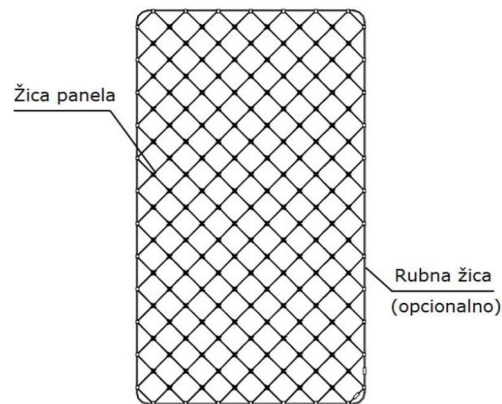
### 2.2.1 HEA paneli

HEA paneli nosive mreže uglavnom se koriste na području gdje je znatno izražena potreba za malim odstupanjem po ~~ve~~ i velikom čvrstoćom. Takve mreže u moguće ~~sa~~ prihva veće s jenske blokove bez velikih deformacija zahvaljujući njihovoj velikoj krutos HEA paneli proizvedeni su od jedne kon nuirane čelične žice povezane dvostrukim čvorom na mjes ma presijecanja (slika 3)



Slika 3. Patentirani dvostruki čvor - HEA

Patentirani dvostruki čvor znatno je otporniji na razdvajanje i kidanje od tradicionalnih spojeva. Struktura, odnosno oblik HEA panela omogućava efektivni prijenos opterećenja s mreže na sidra. Na slici 4 može se vidjeti shema jednog takvog sustava osiguranja pokosa [1].



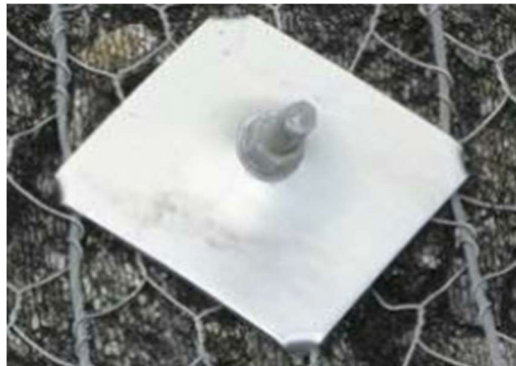
Slika 4. Struktura HEA panela

## 2.2.2 STEELGRID nosiva mreža

Steelgrid sustav nosivih mreža (slika 5) kompletan je sustav za osiguranje pokosa uslijed nestabilnos koje se mogu pojavi u vidu erozije ili odrona većih sjenskih blokova. Sustav se sastoji od heksagonalne dvostruko uvijene mreže ojačane čeličnim kablovima koji su najčešće postavljeni u vektalnom smjeru. Čelični kablovi mogu biti različiti h promjera (30, 50, 100 mm). Nakon postavljanja mreže izvode se bušotne u koje se smještaju sidra te se potom cijeli sustav povezuje čeličnim podložnim pločama (slika 6) [1].



Slika 5. Steelgrid zaštitna nosiva mreža [1]

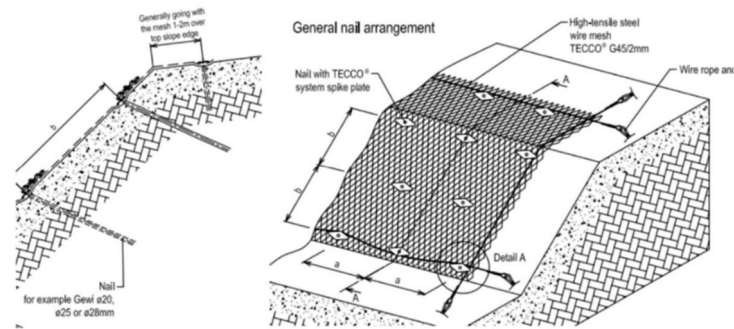


Slika 6. Čelična podložna ploča

## 2.2.3 Nosiva mreža TECCO

TECCO mreža može se koristiti za stabilizaciju gotovo bilo koje vrste nagiba, bilo da se sastoji od s jone ili slabog tla. Njima se štje pokosi visine i preko 100 m gdje je jako velika kinetička energija i skućen prostor za sprečavanje odrona. Instaliraju se u rolama 3,5 x 30 m. Jedinstveni romboidni oblik mreže efekvno prenosi sile na sidra čime se sprečava deformacija unutar samog sustava (slika 7). Jedna žica ovakvog sustava ima jako veliku vlačnu čvrstoću čime je osigurana prednapregnutost mreže i ograničeno njeno istezanje. Preklapanje mreža nije potrebno što pogoduje jednostavnomi nezavisnomodronjavanju mreže prilikom njene ugradnje [1].



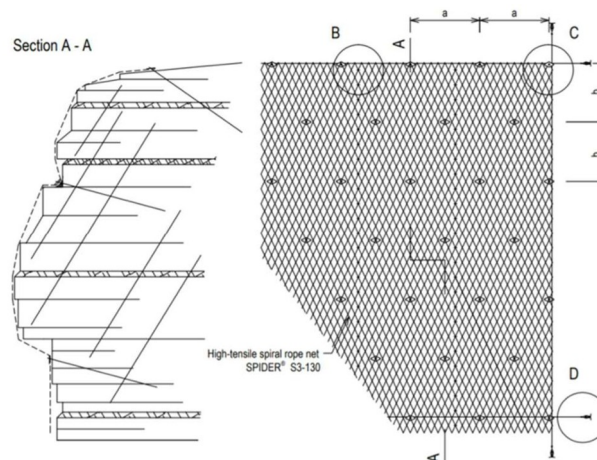


Slika 7. Shematski prikaz TECCO sistema [1]

Ugradnja se izvodi na način da se prvo postave sidra, potom se položi mreža po pokosu, poveže se pričvrstnim pločicama te se zategne specijalnim stezaljkama. Ovakav sustav zaš obzirom na visoku vlačnu čvrstoću, ima iznimno malenu težinu što olakšava ugradnju i sam transport mreže. Za osiguranje tla obično se koriste mreže s manjim otvorom.

#### 2.2.4 Nosiva mreža SPIDER

SPIDER mreža od spiralnih užadi izrađena je od visoko-vlačne žice. Osigurava labave, blokirane sjene, izbočine ili nestabilne sjene s izrazito nepravilnim površinskim strukturama. SPIDER sustav koristi fleksibilnu rešetku sidara i granične užadi zajedno s mrežom od spiralnih užadi. Njome se štje pokosi visine iznad 100 metara gdje je prisutna velika kinetička energija i problem sprječavanja zemskih odrona zbog skućenog prostora. Instaliraju se u rolama 3,5 x 20 m. Jedna žica ovog sustava ima jako veliku vlačnu čvrstoću čime je ograničeno istezanje mreže i pruža se pouzdana stabilnost za bilo kakav nagib pokosa te se minimiziraju deformacije. Kao i kod TECCO sustava, jedinstveni romboidni oblik mreže efektivno prenosi sile na sidra čime se sprječava deformacija unutar samog sustava. Na slici 8. prikazana je shema sustava SPIDER mreže [1].

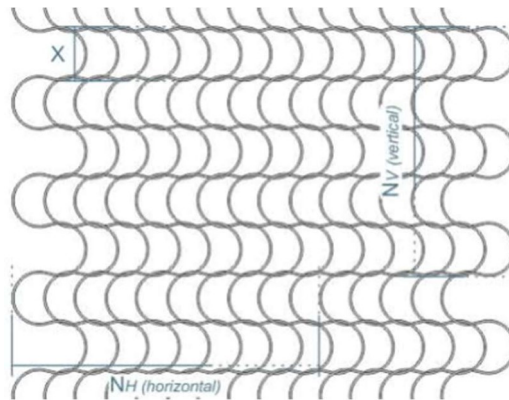


Slika 8. Shematski prikaz SPIDER mreže

Prilikom ugradnje preklapanje mreža nije potrebno što pogoduje jednostavnom i nezavisnom odronjavanju mreže. Ugradnjom SPIDER mreža osiguravaju se jelske s s jenski prevjesi te nestabilne jenske formacije s vrlo nepravilnim površinskim strukturama.

### 2.2.5 OMEGA mreža

Omega mreža je rješenje za zaš pod većom snagom opterećenja. Mreže su izuzetno fleksibilne i veličine panela mogu prilagođene pojedinačnim projek ma što ga čini idealnim za vrlo nepravilne jene. Omega mreža je unikatan proizvod koji se lako transportira i ugrađuje (slika 9).



Slika 9. Prikaz Omega mreže [1]

Omega mreža sastoji se od prethodno formirane valovite i isprepletene pocinčane užadi visoke čvrstoće. Omega mreža se ne koristi samo za stabilizaciju pokosa nego i za visoke energetske ograde za odrone i strukture za zaš od lavina [1].

### 2.3 Mlazni beton

Mlazni beton ima vrlo široko područje primjene u kojem zaš pokosa ima manji značaj u odnosu na ostale segmente. Pod mlaznim betonom podrazumijeva se beton koji se ugrađuje u struji zraka pod tlakom kroz posebne mlaznice i velikom brzinom i energijom nanosi na podlogu, pri čemu se i kompaktira i prijanja uz podlogu.

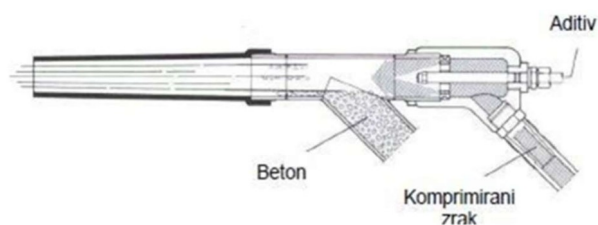
Najčešće se primjenjuje u podzemnim građevinama i tunelima – osnovni element podgrade tunela gdje se s jene od zraka, sprječava pojave bubrenja, sprječava odlamanje blokova te poboljšava mehanička svojstva jene. Kod zaštite pokosa ima sve veću upotrebu zbog svojih prednosti razvijene tehnologije. Nedostatak mu je loše uklapanje u prirodni okoliš što je vidljivo na slici 10. Mlazni beton upotrebljava se i kod rekonstrukcije oštećenih površina ili kod gradnje novih konstrukcija (npr. bazeni i tankovi, stupovi, grede, građevne jame).



Slika 10. Zaštita pokosa mlaznim betonom

Osnovne komponente za pripremu mlaznog betona su voda, cement, agregati i aditivi. Primjena agregata max veličine zrna 16 mm (udio pijeska i šljunka oko 75%) te je potrebno paziti na udio sitnih čestica zato što prevelik udio sitnih čestica smanjuje otpornost betona na smrzavanje. Cement mora biti skladišten na suhom mjestu te se najčešće koriste portland cementi. Voda mora biti čista te bez komponenti koje mogu usporiti onemogućiti hidrataciju (ulje, kloridi, sulfati itd.). Aditivima se pospješuje djelovanje mlaznog betona.

Postoje dvije tehnologije nanošenja mlaznog betona, odnosno suhi i mokri postupak (slika 11). U suhom postupku nanošenja smjese cementa i agregata na mlaznici se dodaje voda (također pod tlakom), a u mokrom se na mlaznicu dovodi gotova smjesa konzistencije 3,0 do 5,0 cm po mjeri slijeganja. Omjer masa cementa i agregata u suhom postotku treba, ovisno o uvjetovanoj čvrstoći, biti u granicama od 1:6 (za C 25/30) do 1:2 (za C 40/50). Omjer se nakon ugradnje zbog odskoka pretežno krupnijih zrna reducira na 1:4 do 1:1,2. Zbog toga maksimalno zrno agregata iznad 16 mm treba izbjegavati. Uobičajeni se v/c faktor kod suhog postupka kreće oko 0,425, a kod mokrog oko 0,45 [1].



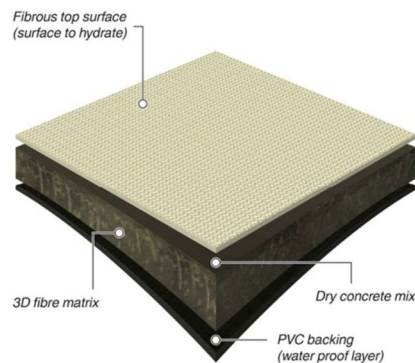
Slika 11. Prikaz mokrog postupka [6]

Opremu za prijevoz i nanošenje smjese mlaznog betona treba ispravno dimenzionirati (kompresor kapaciteta najmanje 10,0 m<sup>3</sup> komprimiranog zraka tlaka najmanje 2,5 do 3,0 bara,

tako da daje jednoliki mlaz smjese, i dovod vode na mlaznicu s tlakom oko 4,0 bara, uvijek većim od tlaka zraka). Sloj mlaznog betona na okomitoj plohi nanosi se odozdo prema gore radi izbjegavanja mogućeg zatvaranja odskoka. Mlaznica mora biti na plohu na koju se vrši nabacivanje a podebljavanje sloja mlaznog betona vrši se zakretanjem mlaznice u koncentričnim krugovima. Udaljenost mlaznice od površine nanošenja mora iznositi 1,5 m [1].

## 2.4 Cementni geokompoziti – suvremeni geosintetici

Concrete Canvas jedan je od suvremenih geosinte ka koji se još nazivaju i cementni geokompoziti (slika 12). To su fleksibilni, cementno impregnirani geosintetici koji nakon hidratacije očvršćuju te čine tanki, trajni, vodootporni i vatrootporni betonski sloj. Takav materijal omogućuje stvaranje betonskog sloja bez potrebe za dopremanjem betona s betonare.



Slika 12. Uzorak Concrete Canvasa s pripadajućim slojevima

### 2.4.1 Cementni geokompozit – Concrete Canvas CC

Concrete Canvas (CC) sastoji od:

- vlaknaste hidrofilne gornje površine
- potporne vlaknaste matrice
- smjese suhog betona
- vodonepropusne PVC donje površine (po potrebi).

Proizvod može biti različite debljine te se na taj način i označava. Dolazi u razvrstanim ili masivnim rolama (slika 13).



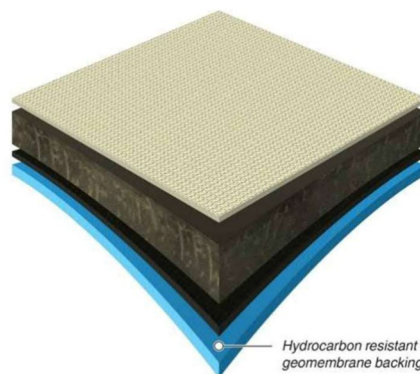
Slika 13. Role za transport CC

Vrlo visoka rana čvrstoća je temeljna karakteristika Concrete Canvasa. Tlačna čvrstoća nakon 24 h naraste na 50 MPa, dok je nakon 28 dana 80 MPa. Vidljivo je kako čvrstoća naglo naraste na određenu vrijednost unutar samo jednog dana, dok nakon otprilike 30 dana dosegne svoju krajnju čvrstoću [1].

Minimalni očekivani životni vijek je 50 godina.

#### 2.4.2 Cementni geokompozit – Concrete Canvas CC HYDRO

CC Hydro spaja tehnologiju betonsko – impregnirane tkanine s visoko nepropusnom, kemijski otpornom geomembranom, što dopušta termalno spajanje spojeva za in-situ tes ranje kanaliziranjem zraka. Koristi se kada je potrebno imati apsolutno vodonepropusni sloj kao što je slučaj kod određenih kanala ili tankvana. Glavna razlika u odnosu na obični CC je u PVC nepropusnom donjem sloju (slika 14).



Slika 14. Concrete Canvas HYDRO

Glavne značajke kod HYDRO cementnog geokompozitasa fizičke i mehaničke karakteristike uz još jednu bitnu značajku, a to je vodonepropusnost.

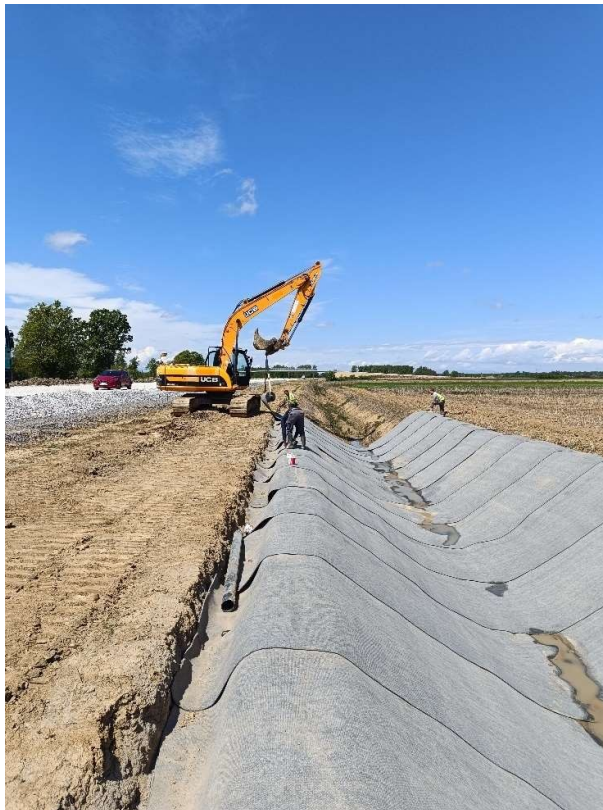
Mehanička svojstva – CC Hydro

Vrlo visoka rana čvrstoća je temeljna karakteristika i Hydro Concrete Canvasa. Tlačna čvrstoća nakon 10 dana iznosi 40 MPa.

Izvedba običnog CC i Hydro CC temelji se na čelnom principu instalacije. Prilikom postavljanja potrebno je izbjegavati rupe i pravilno pričvrstiti platno. Spajanje dva susjedna platna potrebno je izvršiti preklopom (min. 10 cm), a može se izvršiti završima, ljepilom, ispunom ili nekom drugom metodom. Na kraju, potrebno je i fiksirati platna bilo za zemlju, beton ili nešto drugo.

Nakon što se platno postavilo, spojilo i fiksiralo potrebno je u potpunosti odvoditi vodu zira platno. Voda se nabacuje sve dok platno ne bude na dodir vlažno. Konačni efekt učvršćivanja vidljiv je već nakon 48 h.

Primjena običnog i PVC cementnog geokompozitaja je široka, prvenstveno zbog prednosti koje taj materijal ima. Concrete Canvas moguće je primijeniti pri oblaganju kanala, zaštite pokosa od erozije, oblaganje nasipa, oblaganje tankvana i dr. Primjer jedne takve primjene dan je slikom 15.



Slika 15. Oblaganje kanala concrete canvasom

## 2.5 Štapno adhezijsko sidro – SN štapna sidra

SN sidro ili štapno adhezijsko sidro (slika 16) izrađuje se od rebrastog armaturnog željeza za čiju se ugradnju i injekcije mogu koristiti cementni mortovi ili smole. Upotrebljavaju se za armiranje sjene u podzemnom rudarstvu i tuneliranju.



Slika 16. SN sidro [1]

Za posebne zahtjeve u tuneliranju, posebno u vidjeka ojačanja za stezanje tla i velikih izravnih pomaka nakon instalacije vijaka, mogu se koristiti SN sidra posebnim rebrima za povećani kapacitet nosivosti. Također, SN sidra koriste se u podzemnim radovima kao potporni dio sustava za podupiranje.

Ugrađuju se na način da se prvo izbuši bušotina za sidrenje te se ta bušotina puni mortom. Nakon toga se sidra ručno ugrađuju u prethodno izbušene bušotine te se fiksiraju pomoću klina ili sličnog sredstva. Vrijeme sušenja treba podudarati o vrstu ispune ili predviđenim uputama. Glava vijka samog sidra zateže se zatezanjem matice. Rebrasto čelično sidro izrađeno je od čvrstog čelika B500, B670 ili B1050 standardnih dimenzija 120 mm ili maksimalno 200 mm na poseban zahtjev. Posebna geometrija SN sidra omogućuje povećanu vezu između sidra i sjene. Standardna podložna pločica je obložena dugim rupama dok se ostale pločice s drugim dimenzijama mogu naručiti na poseban zahtjev. Vijak može biti polukružnog ili standardnog oblika. U tablici 1. prikazane su osnovne tehničke karakteristike SN sidara [1].

Tablica 1. Prikaz tehničkih karakteristika SN sidara za čelik B500 [1]

ČELIK B500								
Promjer (mm)	16	20	25	28	32	40	50	63.5
Sila istezanja (kN)	100	160	245	310	405	630	980	1760
Sila loma	110	175	270	340	440	690	1080	2215
Površina poprečnog presjeka (mm <sup>2</sup> )	201	314	491	616	804	1260	1960	3167
Duljine (mm)	1000 -12 000							

U uvjete koji zahtijevaju trajnost sidra, čelične šipke se mogu dodatno zaštititi cinkanjem ili odabirom nehrđajućeg čelika.

Neke od an korozivnih zaša su:

- toplo cinčani – min 55 mikrona; max. dužina sidara 12 m
- elektro – cinčanje – cca 20 mikrona cinka; max. dužina sidara 4 m
- zaš ta Epoxi premazom – izvrsna otpornost na habanje te na vanjske utjecaje, zadržana velika fleksibilnost

SN sidra u odnosu na ostale proizvodeča se brojnim prednosma. U kombinaciji sa sustavima kao što su nosive mreže i mlazni beton predstavljaju trajni sustav zašokosa. Način istalacije je standardiziran i op miziran te se može detaljno ponašanje sidra i sila u sidru u svakom trenutku, što ga čini vrlo pogodnim za trajne zašokosa.

## 2.6 Samobušiva sidra (SDA – Self Driling Anchors)

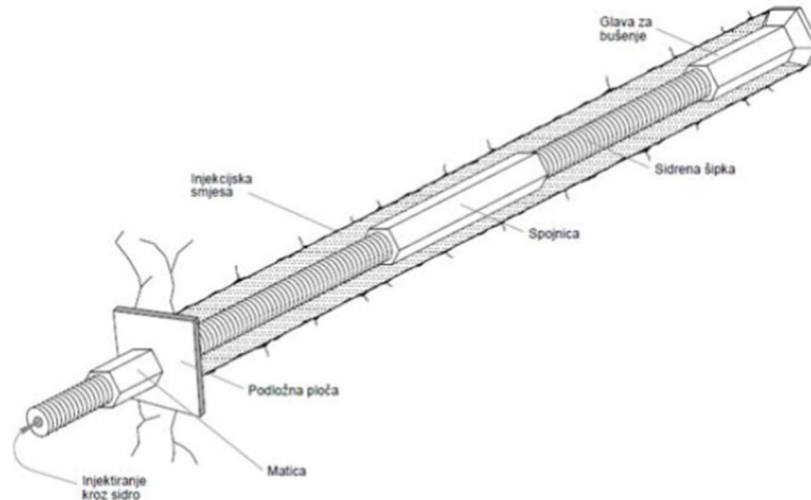
SDA sidra su posebna vrsta štapnih sidara. Dio su bušačeg sustava, a sastoje se od bušaće krune, šuplje čelične cijevi odgovarajućeg vanjskog i unutarnjeg promjera s odgovarajućim spojnicama. Tijelo sidra čini čelična cijev s kon nuiranim navojem koja na jednom kraju ima bušaću krunu, a na drugom odgovarajuću ma cu s podložnom pločom (Slika 17).



Slika 17. Samobušivo sidro [1]

Ukoliko je potrebna veća duljina sidara, sidra se mogu nastavljati pomoću spojnicama. Na samobušivo sidro postavljaju se distanceri koji osiguravaju zašloj injekcijske smjese oko sidra, ali i pozicioniraju šipku sidra u sredini bušo ne. Na slici 18 prikazane su sheme jednog takvog sidra.





Slika 18. Shema Samobušivog sidra [1]

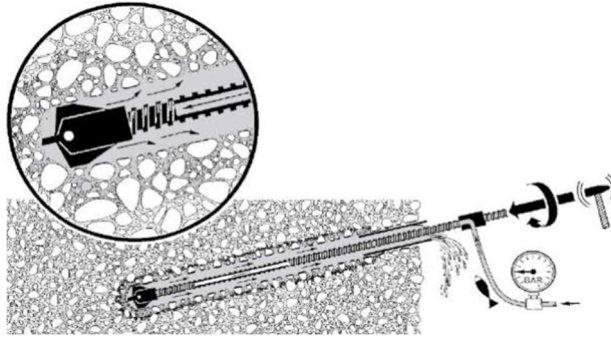
Šuplje čelične cijevi sidra proizvode se u sekcijama dužina 2,0, 3,0 ili 4,0 m. Vanjski promjeri čeličnih cijevi kreću se od 25,00 mm do 135,00 mm. Različite veličine bušačkih kruna mogu se koristiti ovisno o materijalu u kojem se izvode. Ovako dizajnirane šuplje cijevi pokazivat će bolje konstrukcijsko ponašanje u vidu izvijanja i savijanja u odnosu na pune cijevi istog poprečnog presjeka. Dakle, šuplje šipke imaju veću otpornost na izvijanje i savijanje za istu količinu čelika zbog bolje kvalitete čelika kao osnovnog materijala sidra i bolje termičke obrade čelika.

Čelične cijevi samobušivih sidra također se mogu dodatno zaštititi cinkanjem ili odabirom nehrđajućeg čelika.

Neke od an korozivnih zaštita su:

- toplo cinkani – min 55 mikrona; max. dužina sidara 12 m
- elektro – cinkanje – cca 20 mikrona cinka; max. dužina sidara 4 m
- zaštita Epoksi premazom – izvrsna otpornost na habanje te na vanjske utjecaje, zadržana velika fleksibilnost.

Čelična šuplja cijev se ugrađuje do projek rane dubine udarnim rotacijskim bušenjem. Injekcija se izvodi kroz šuplju bušaću cijev, gdje potom izlazi kroz bušaću krunu. Injekcija se smatra potpunom kada smjesa počine izlaziti kroz otvor na bušenoj. Za injekciju se koristi cementni mort v/c omjera najčešće između 0,40 – 0,50. Na slici 19 prikazana je shema ugradnje samobušivog sidra [1].



Slika 19. Shema ugradnje SDA sidra [1]

Samobušiva sidra primjenjuju se u uvjeka gdje postoji opasnost od urušavanja bušotice uslijed izvlačenja bušotice šipke gdje zbog litoloških karakteristika tla nije moguće izvoditi štapna SN sidra.

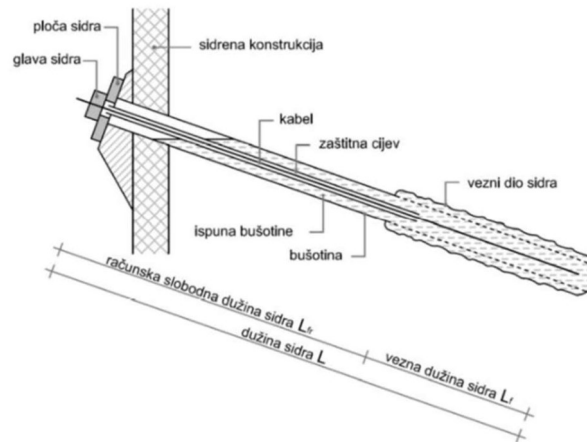
Mogu se koristiti kao:

- mikropilo – veći promjeri
- osiguranje od uzgona
- osiguranje sjenskih pokosa i građevnih jama
- stabiliziranje nasipa
- osiguranje potpornih konstrukcija.

Već je navedeno kako samobušiva sidra mogu biti duljina od punih štapnih sidara, zbog nemogućnosti ugradnje velikih dužina na terenu.

## 2.7 Geotehnička sidra

Upotreba geotehničkih sidara je primarno namijenjena zaštiti stabilnih pokosa ili sličnih zaštita pokosa. Geotehnička sidra (slika 20) su jedan od glavnih građevinskih materijala koji se koriste kod sanacija klizišta, građevnih jama i potpornih konstrukcija. Sastoje se od snopova čeličnih užadi sačinjenih od visokovrijednog čelika. Njihova funkcija je trajno prenošenje vlačne sile s konstrukcije u tlo na određenoj udaljenosti od sidrene konstrukcije. Sidro se sastoji od slobodne i sidrišne dionice. Trajni životni vijek sidra znači da je njegova upotreba duža od dvije godine – jednaka životnom vijeku sidrenog objekta.



Slika 20. Shema geotehničkog sidra s pripadajućim elementima [1]

## 2.8 Krute i fleksibilne barijere za zaštitu od odrona

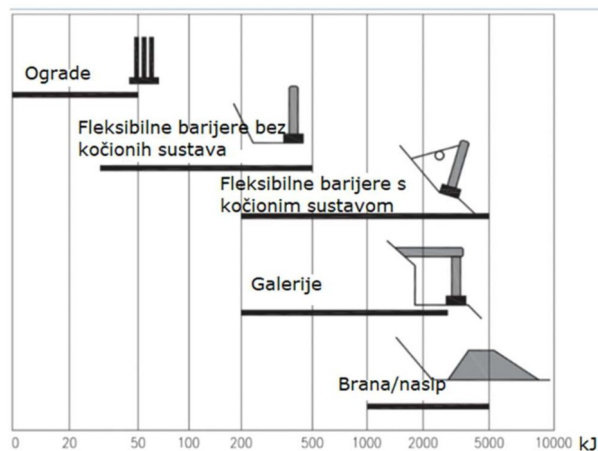
Barijere predstavljaju pasivni sustav zaštite od odrona. Koriste se na područjima gdje se očekuju odroni nestabilnih tlovnih blokova. Najbitnije karakteristike kojima su barijere definirane su:

- energetski razred
- visina barijere
- elongacija barijere uslijed odrona.

Barijere funkcioniraju na način da absorbiraju energiju udarnog bloka. Energija bloka definirana je masom i brzinom bloka. Također, zaštita od odrona samo je jedan od mnogih, a primjena im ovisi o energiji udara. Upravo zbog toga razlikujemo (slika 21):

- krute ograde i galerije
- fleksibilne konzolne barijere
- fleksibilne barijere sa sustavom užadi.

Danas se najčešće koriste fleksibilne ograde koje omogućavaju deformaciju sustava, a ujedno su i estetski bolja rješenja. Upravo zbog toga naglasak u ovom dijelu rada bit će na fleksibilne barijere, dok će se krute samo ukratko objasniti



Slika 21. Primjeri sustava zaštite od odrona

### 2.8.1 Krute barijere

Krute barijere koriste se na području gdje se ne očekuju odroni većih blokova s većom kinetičkom energijom. Pouzdani su sustavi, no razvojem novijih tehnologija sve se manje izvode. Konstrukcije koje se izvode su krute ograde i galerije. Konstrukcije koje se koriste za ovakav p zaš te ponekad mogu bi masivne i estetski neprihvatljive.

### 2.8.2 Fleksibilne barijere

Fleksibilne barijere projektirane su na način da zaustave odron nastao nestabilnošću s jednog pokosa. Za razliku od krute konstrukcije fleksibilne barijere dopuštaju deformaciju u odnosu na očekivanu energiju odrona i tako se projektiraju, odnosno primjenjuju. Mogu biti konzolne ili sa zateznom užadi (Slika 22).

Barijere se isporučuju u kompletu sa svim potrebnim elementima:

- nosiva mreža
- čelična užad
- temeljne ploče
- stupovi
- kočioni sustav
- sidra za sidrenje barijere.

Proizvod predstavlja iznimno kvalitetnu zaštu od odrona na mjesima koja nisu lako dostupna i na mjesima gdje obični sustavi nisu dovoljni. U ovom dijelu rada spomenut će se nekoliko vrsta barijera od različitih proizvođača. Već je ranije spomenuto kako se barijere dijele

prema energetsom razredu, visini i elongaciji. Energija koja se može apsorbira iznosi sve do 10000 kJ, a cijeli sustav je osmišljen kako bi ugradnja bila što jednostavnija i brža.

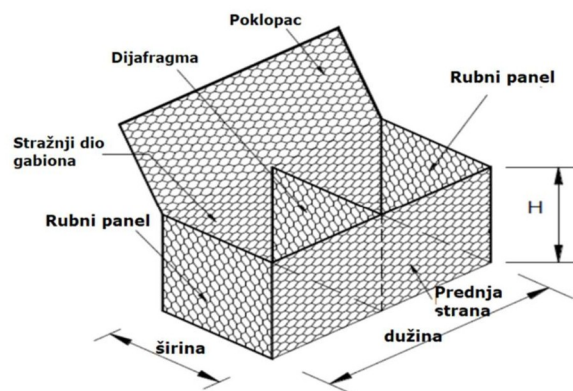


Slika 22. Primjer fleksibilne barijere iz prakse

## 2.9 Gabionske konstrukcije

### 2.9.1 Gabioni

Gabioni su košare sa žičanom mrežom kompaktno ispunjene kamenjem koje se koriste kao moderni zidni sustavi (slika 23). Gabioni sa sta čkom funkcijom najčešće imaju funkciju gravitacijskih zidova, a mogu bi u funkciji ojačanja tla (terramesh sustav, green terramesh sustav). Gabioni bez sta čke funkcije postavljaju se radi uređenja lica pokosa.



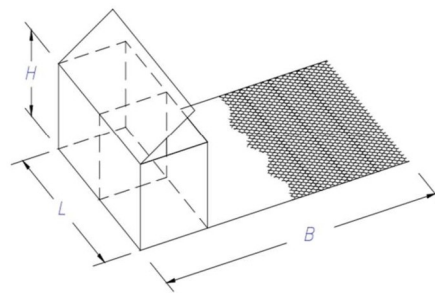
Slika 23. Shema gabionskog koša

Gabion se sastoji od košare i kamene ispune. Košara može biti izrađena od dvostruko uvijene mreže ili bi varena. Dimenzije gabionskih košara su 1.0 x 1.0 x (1.0; 1.5 ; 4.0 m). Kao

kamena ispuna najčešće se upotrebljava andenzit i granit (frakcije 150-300 mm). Otporne su na velike sile, dozvoljavaju pomake te ukoliko dođe do otkazivanja nekog dijela strukture, konstrukcija ostaje i dalje staja .

### 2.9.2 Terramesh sustav

Terramesh sustav je modularni sustav koji se koristi za oblikovanje kamenih zidova i nasipa. Sastoji se od dvostruko uvijene žičane mreže ( $8 \times 10$ ) s PVC oblogom. Mogu dolazi u 3 vrste nagiba:  $60^\circ$ ,  $65^\circ$  i  $70^\circ$ . Dužina repa kod svih terramesh sustava može iznositi 8 metara i širina 3 m. Visine variraju prema kutu nagiba od 0,70 m, 0,73 m i 0,76 m. Rep gabiona, lice i poklopac su jedna neprekinuta cjelina mreže što je vidljivo na slici 24 [1].



Slika 24. Shema Terramesh sustava zaštite

TERRAMESH sustav ima široku primjenu u građevinarstvu. Ovim sustavom moguće je ojačati pokose armiranjem tla sa stepenastim i nagibom do  $70^\circ$ , za zaštitu buke, zaštita pokosa od erozije te za utvrđivanje obala [1].

### 2.9.3 Green terramesh sustav

Funkcija Green Terramesh sustava (slika 25) je ista kao i kod Terramesh sustava uz mogućnost ozelenjavanja lica zida. Green Terramesh je ekološki prihvatljiv modularni sustav koji se koristi za oblikovanje vege ranih (zelenih) ojačanih tla i nasipa. Sastoji se od dvostruko uvijene žičane mreže ( $8 \times 10$ ) obložene materijalom za kontrolu erozije i Q armaturnom mrežom. Isporučuju se dva predformirana čelična zatezača za spajanje na mjestu rada kako bi jedinica održala kut nagiba [1].



### 2.10.2 Produbljeno temeljenje

To je svako ono temeljenje koje je dublje od plitkog, tj. temeljna stopa se nalazi dublje od najmanje potrebne dubine, a da zadovolji uvjete dozvoljenog slijeganja i potrebne nosivosti. Po drugoj definiciji pod produbljenim se temeljima smatraju oni temelji čija je temeljna ploha na dubini za koju vrijedi da je  $D_f > 4B$  [3].

Produbljeno temeljenje se može izvesti razloga da se izbjegne temeljenje na lošijim, površinskim slojevima tla u istovrsnom materijalu ili da se prođe kroz jedan geološki sloj na pr. kvartarni, i dohva čvrsta šljunska podloga, dobro zbijeni slojevi šljunka i slično.

Produbljeno temeljenje ne podrazumijeva nikakve dodatne zahvate u građevne jame ni izvedbu bilo kakvih zamjena i poboljšanja tla ispod temeljne plohe. Tim pretpostavkama je određena i moguća dubina izvedbe produbljenog temeljenja.

### 2.10.3 Duboko temeljenje

Duboko temeljenje je svako ono temeljenje pri kojem je dubina temeljenja  $D_f > 4B$ , gdje je  $B$  širina temeljne stope, ispod najniže kote građevine koju temelj nosi, a uspravno se opterećenje na tlo, osim preko dodirnog površine temeljne plohe, prenosi barem dijelom i trenjem po plaštu jela ugrađenog u tlo.

Iznimku čine oni piloni, koji opterećenje predaju izravno na čvrstu šljunsku podlogu, pa se ne može ostvariti pomak i neki masivni temelji izvedeni tehnologijom bunara, kod kojih se ne može ostvariti trenje po plaštu.

Duboko temeljenje primjenjuje se kod složenijih građevinskih zahvata, kada temeljno tlo, na dohvatljivoj dubini koja odgovara plitkom ili produbljenom temeljenju, nema svojstva koja mogu zadovoljiti traženu kakvoću s obzirom na slijeganja i /ili nosivost. Duboko temeljenje primijenjeno će se i kod temeljenja u dubokoj vodi u kombinaciji sa složenim geotehničkim zahvatima. Upravo je temeljenje u dubokoj vodi uzrokovalo razvoj tehnologija koje danas omogućuju radove svrstane pod naziv duboko temeljenje [3].

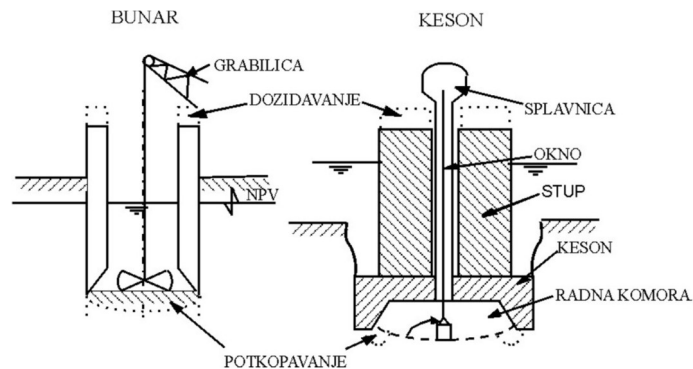
Duboko temeljenje velikim je dijelom izvodljivo zahvaljujući naglom razvoju tehnologije. Duboki temelji se mogu podijeliti u podskupine ovisno o obliku temelja i prijenosu sila u tlo.

- Podjela dubokih temelja

Novo tehnologije uvjetovale su pojavu novih vrsta dubokih temelja. Nastavno je klasična podjela dubokih temelja dopunjena s mogućnošću korištenja nove tehnologije. Osnovni oblici dubokih temelja mogu se prikazati kako slijedi:

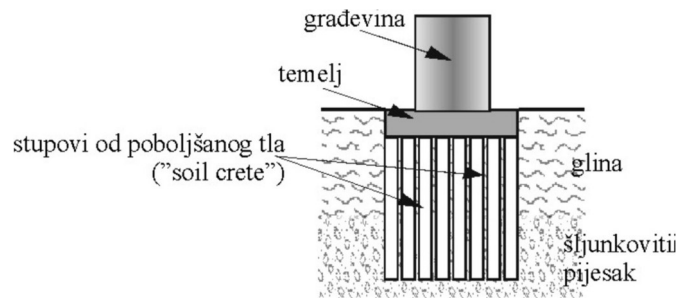


- duboki masivni; pojedinačni temelji velikih tlocrtnih dimenzija (kesoni, bunari i sanduci), građevine koje s temeljem čine jedinstvenu cjelinu, kao na primjer priobalne građevine [3]. Primjer bunara i kesona prikazan je na slici 26.



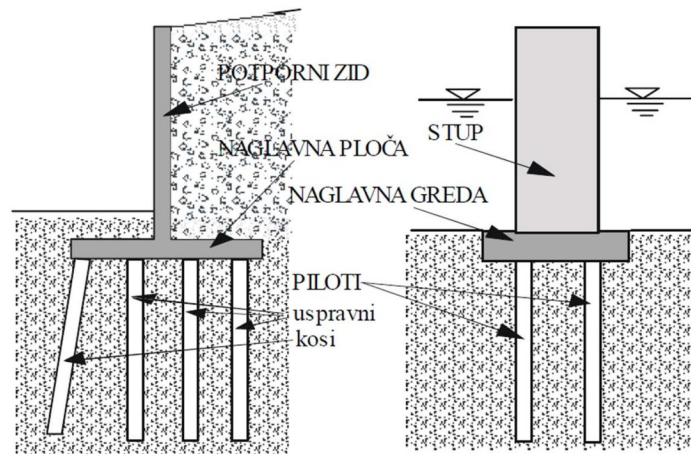
Slika 26. Duboki masivni temelji izvedeni iskopom (primjer bunara i kesona) [3]

- duboki masivni temelji; prelazni kao piloni, izvedeni nekom od metoda poboljšanja tla. Metoda omogućava izvedbu ojačanog masivnog bloka ispod površine koju je potrebno temeljiti. Nosivost ovakvog bloka računa se kao nosivost dubokog masivnog temelja koji nosi na trenje po plaštu i na temeljenju plohu. Ako su ojačanja dovoljno daleko, pretvaraju se u grupu pilota ili u niz pojedinačnih pilota (slika 27) [3].



Slika 27. Duboki masivni temelj od poboljšanog tla (raznih tehnologija izvedbe) [3]

- piloni i/ili raščlanjeni duboki temelji; koji mogu opterećenje prenositi po principu jedan pilot jedan stup (pilon) ili mogu biti naglavnom konstrukcijom spojeni u grupe koje prenose opterećenje s građevine preko naglavne konstrukcije na pilote pa u tlo (Slika 28).



Slika 28. Duboki, rađani temelji - piloti [3]

- piloti izvedeni od elemenata dijafragmi; ovisi o tlocrtnom obliku i rasporedu panela da li će se tretirati kao piloti izduženog tlocrta ili kao duboki masivni temelji.

Ovo su samo osnovni primjeri iako nisu svi. Teško je povući crtu između dubokog temeljenja i poboljšanja temeljnog tla. Tehnologije miješanja tla i veziva, kao i tehnologija mlaznog injektiranja mogu biti duboki temelji ali i vrsta poboljšanja tla. Većina ovih tehnologija omogućava stvaranje uspravnijeg tla boljih svojstava od okoline, u tlu. I ovdje ovisi o obliku podzemnog jela, koji će se računski postupak primijeniti na ovaj dubokog temeljenja [3].

Šljunčani, nabijeni piloti uglavnom služe za poboljšanje temeljnog tla ali uz dodatak cementnog veziva mogu postati nearmirani, nabijeni piloti. Mikropiloti su prvenstveno služili za poboljšanje svojstava tla, ali mogu služiti i druge svrhe. Pitanje je koncepta rješenja i proračunskog postupka odgovarajućeg za predviđeni zahvat. Nove tehnologije proširile su mogućnost primjene istih tehnologija izvedbe za različite geotehničke zahvate jer se piloti jela izvedenih u tlu koriste i u druge svrhe, na primjer zatvaranje građevnih jama [3].

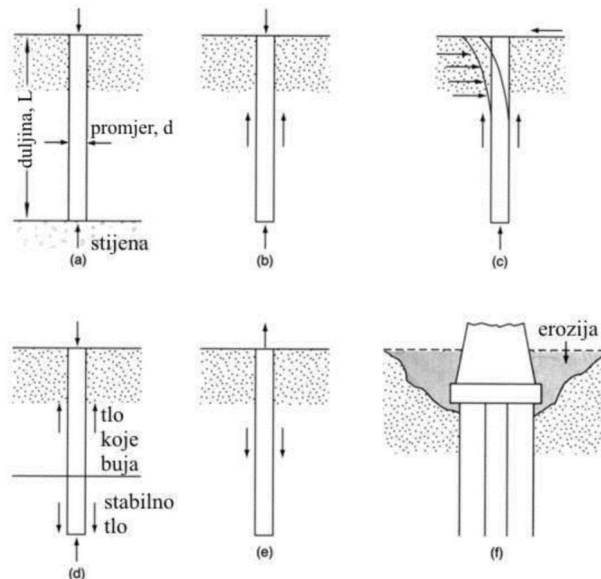
#### 2.10.4 Hibridno temeljenje

To je vrsta temeljenja u kojem opterećenja od građevine u tlo prenosi ploča potpomognuta pilotima. Ovaj način temeljenja pod nazivom „piled ra“ poznat je od početka 80- h godina prošlog stoljeća pod navedenim imenom [7]. Izuzetno visoke i teške građevine pokazale su potrebu za sve složenijim temeljenjem te je navedeni autor dao pregled svojstava ovakvog načina temeljenja u britanskom CIRIA report [7].

Naziv hibridno temeljenje ovaj je način temeljenja dobio naknadno u radovima El-Mossallamy i Franke, 1997. i kasnije.

## 2.11 Duboko temeljenje – AB piloti

Pilo su duboki temelji, kod kojih je dužina bitno veća od poprečnog presjeka, to su najstarija vrsta dubokog temeljenja. Predstavljaju stupove koji silu s građevine prenose duboko u tlo. Mogu djelovati kao pojedinačni temelji ili u grupi. Mogu, ali i ne moraju biti naglavnicom. Češća je njihova primjena u grupi. Pilo mogu u tlo prenositi silu, koja se javlja u slučaju kada pilo djeluju kao par kod prijenosa momenata u tlo, mogu se izvaditi kosi. Naglavnica prenosi i preraspodjeljuje opterećenja od građevine na pilote. Prema Das-u, [8] pilo se koriste u uvje ma i na način prikazan na slici 29.



Slika 29. Uvjeti korištenja pilota i osnovne oznake [8]

Na slici 29. (a) je pilot koji opterećenje prenosi kroz loše tlo u čvrstu podlogu, na vrh, bez sudjelovanja trenja po plaštu. Na slici 29. (b) pilot prenosi opterećenje dijelom na vrh, a dijelom trenjem po plaštu u homogenom tlu. Pilot na slici 29. (c) prenosi u tlo vodoravna opterećenja nastala djelovanjem momenata i vodoravne sile iz nadzemnog dijela građevine, uslijed djelovanja vjetrova, potresa ili nekih drugih opterećenja. Na slici 29. (d) pilot prolazi kroz tlo koje reagira na promjenu vlage, buja ili se radi o tlu koje može kolabirati kao na primjer les. Tada je temeljenje na pilo ma jedino moguće rješenje, ako se dobro nosivo tlo nalazi na razumno dohvatljivoj dubini. Na slici 29. (e) prikazan je pilot koji je opterećen vlačnom silom. Ovakvi se pilo mogu pojaviti kod dalekovodnih stupova, platformi za vađenje na e, i građevina pod značajnim utjecajem uzgona. Na slici 29. (f) prikazana je primjena temeljenja na pilo ma stupa mosta, kod kojeg postoji mogućnost pojave erozije riječnog korita oko stupnog mjesta [8].

## Vrste i načini izvođenja pilota

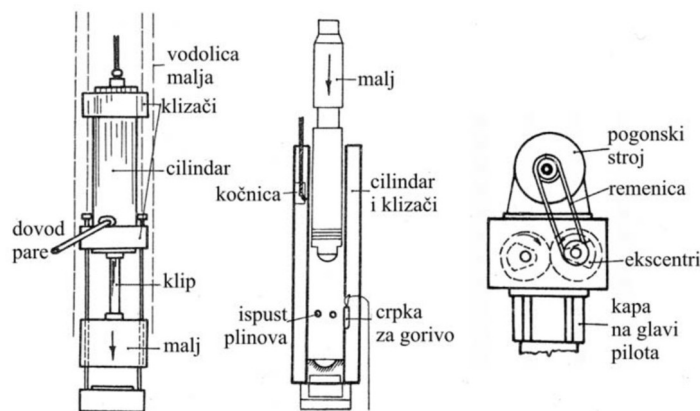
Pilo se mogu podijeliti na niz načina:

- prema gradivu, (drveni, čelični, betonski, armirano-betonski) ;
- prema načinu izvođenja, (zabijeni, nabijeni, kopani (bušeni, svrdlani), mlazno injekt rani, u sru i na niz raznih drugih načina)
- prema utjecaju na okolno tlo, (pilo koji ne razmiču tlo, koji malo razmiču tlo i koji jako razmiču tlo); prema promjeru, (100-400 mm, mikropilo ; 400-900 mm pilo malog promjera; 900-2000 mm, pilo velikog promjera; >2000 mm i s proširenim vrhom, piloni, odnosno duboki masivni temelji izvedeni tehnologijom pilota).

### 2.11.1 Zabijeni piloti

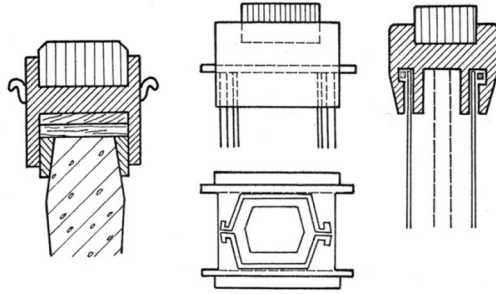
To su su svi oni pilo , koji se kao gotovi stupovi na gradilištu zabijaju u tlo pomoću najrazliči jih vrsta nabijača. Drveni i betonski pilo bitno zbijaju okolno tlo. Čelični pilo zbijaju okolno tlo ako imaju zatvoreni vrh. Ako se zabijaju cijevi otvorenog vrha ili čelični profili drugih oblika (H, I profili, željezničke šine), okolno tlo se ne zbija bitno. Veličina im je ograničena mogućnos ma prijevoza i strojeva na radilištu. U principu se koriste kao pilo manjih profila (do 0,5 m).

Neki od strojnih nabijača i vibronabijača prikazani su na slici 30.



Slika 30. Nabijač, lijevo parni, u sredini eksplozivni, desno vibro [3]

Da bi se smanjila buka i zaš glava pilota prilikom nabijanja koriste se različiti nastavci. Prikazani su na slici 31.



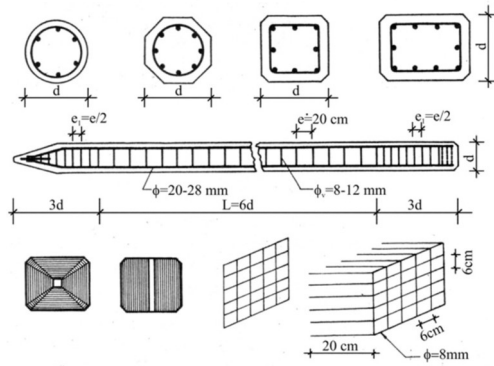
Slika 31. Nastavci, zaštite glave pilota koji se zabijaju [3]

Na slici 32 prikazan je pilot spreman za zabijanje. Pilot je armiranobetonski, cijev promjera 80mm.

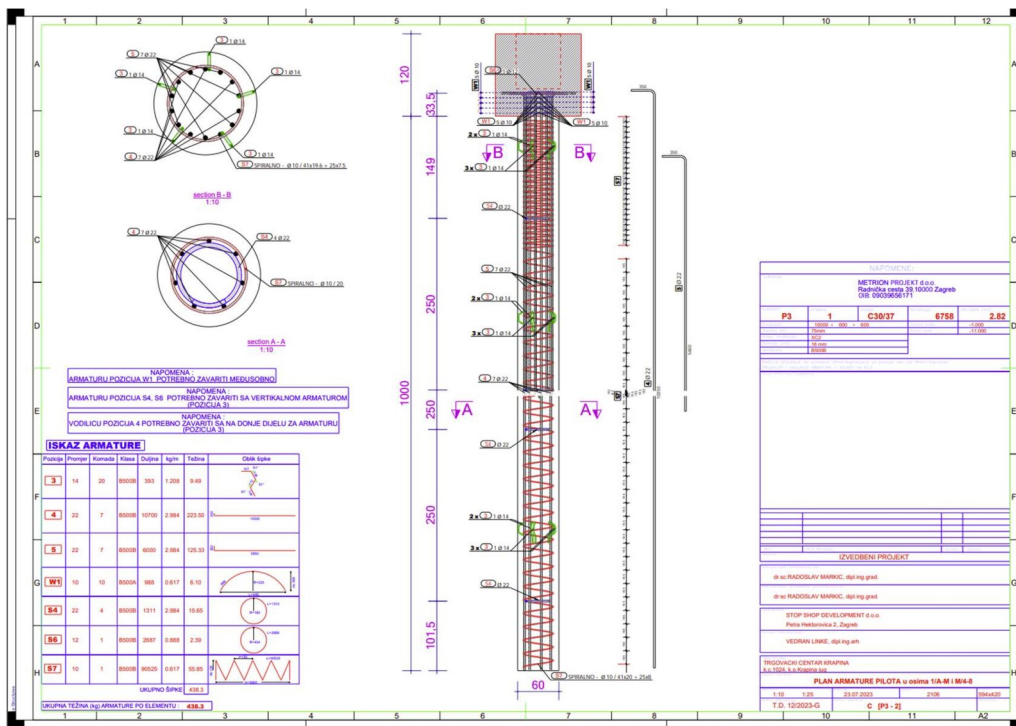


Slika 32. Pilot spreman za zabijanje

Na slici 33. prikazani su poprečni presjeci te na slici 34. detalji armirano-betonskih pilota iz prakse.



Slika 33. Predgotovljeni prednapregnuti AB piloti, presjeci i detalji armaturnog koša

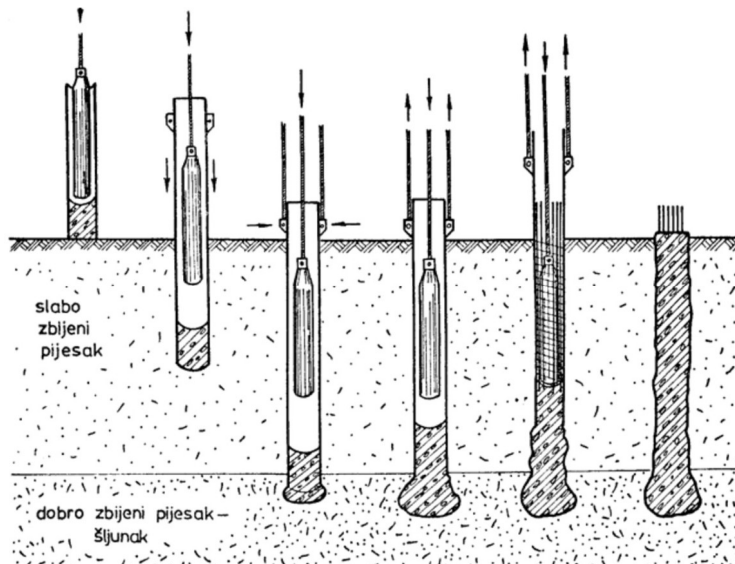


Slika 34. Raspored plan armature pilota u jednom primjeru iz prakse

Mana predgotovljenih armirano betonskih zabijenih pilota je što imaju unaprijed određenu duljinu. Stoga ih je vrlo teško ili gotovo nemoguće nastavljati, a i smanjenje dužine nije jednostavno ni precizno. Kod čeličnih i drvenih pilota, nastavak i kraćanje je relativno jednostavno.

### 2.11.2 Nabijeni piloti

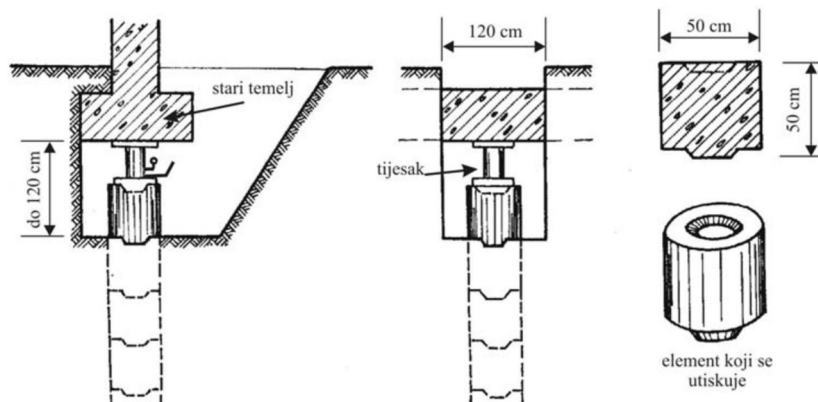
To su piloti koji jako remete gustoću tla u koje se ugrađuju. Izvode se na način da se u tlo zabije cijev u koju se ugrađuje beton ili šljunak. Može se ugraditi sa zatvorenim vrhom. Pri tom se, ovisno o tehnologiji, cijev vadi (sistem Franki) ili ostavlja kao košuljica pilota (sistem Raymond), a materijal koji se ugrađuje nabija batom sa površine. U nekim se slučajevima kao na pr. kod Franki pilota, može u košuljicu prije ispune betonom, ugraditi potrebna armatura (Slika 35)[3].



Slika 35. Nabijanje pilota (Franki tehnologija stvaranjem cijevi) [3]

### 2.11.3 Utisnuti piloti

Služe u posebne svrhe kod sanacija temelja. U skuju se između temelja i podtemelnog tla pomoću hidrauličkih jesaka. Prethodno je potrebno izvršiti sanaciju i ukrućiti postojeće temelje, kako bi se opterećenje od građevine ravnomjerno prenijelo na u snute pilote. Pri ugradnji ovih pilota remete se odnosno zbija okolno tlo. Prilikom izvođenja treba voditi računa da se sila u skivanju pravilno odabere, da ne dođe do oštećenja temelja (Slika 36) [3].



Slika 36. Tehnologija izvedbe utisnutih pilota [3]

#### 2.11.4 Kopani piloti

Kopani pilo koriste se za izvedbe većih promjera, od 0,6 m na više. Pogodni su kada je potrebno pilot nastavi u slobodni prostor kao stup jer je moguća izvedba u jednom komadu. Pogodni su i za izvođenje u dubokoj vodi. Redovito se koriste za prihvat velikih tereta i velikih vodoravnih opterećenja. Mogu se izvoditi proširenom glavnom, mogu biti samci i u grupi [3].

Izvođe se na slijedeći način:

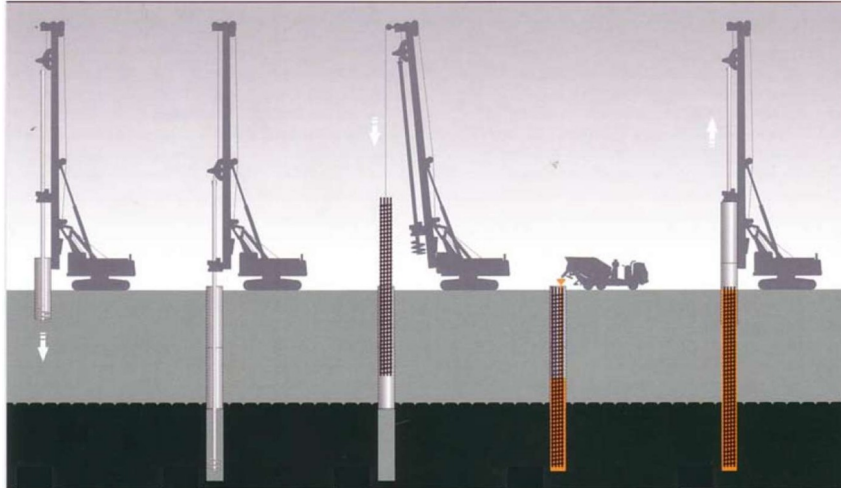
- 1) Do projek rane dubine izvede se iskop tla;
- 2) U tako pripremljenu šupljinu se ugradi armatura koja je unaprijed oblikovana bilo u armiračnici, bilo na licu mjesta;
- 3) Kroz armaturni koš se ugradi beton kontraktor postupkom.

Ovi pilo gotovo da ne remete okolno tlo. Zaš iskopa može biti sa cijevi, koja prilikom iskop, s bentonitnom isplakom, kao pri izvedbi panela armirano-betonske dijafragme ili potpuno bez zaštite u tlu, koje može određeno vrijeme održati bušotinu bez zaštite. Tehnologija iskop je različita, ovisno o proizvođaču opreme.

U Hrvatskoj je najpoznatija tehnologija koja za iskop koristi grabalicu, a za zašću od urušavanja zašću kolonu (cijev) koja se vadi u toku betoniranja. Za iskop koristi se razbijač koji pada kroz cijev i lomi dno bušotine. Odlomljeni se komadi vade grabalicom. Danas se koriste i tehnologije rotirajućih glava za iskope u tvrdim tlima, iskop svrdlom u za to pogodnim tlima i druge tehnike.

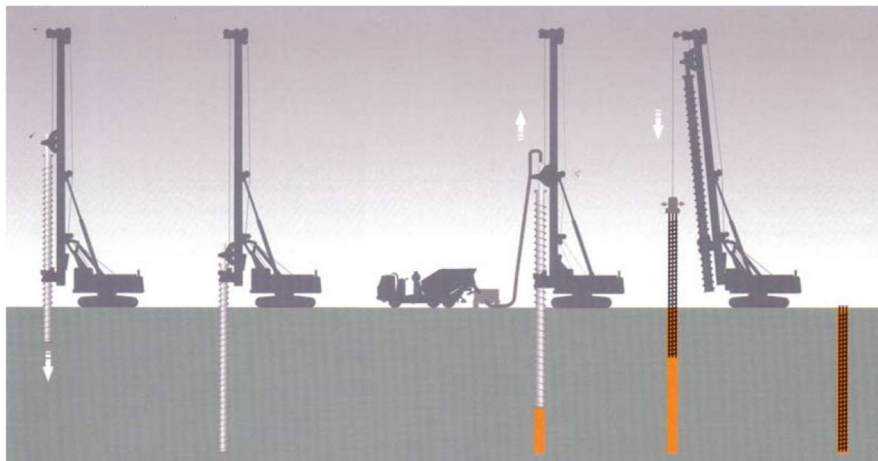
Na slici 37 prikazan je shematski način izvedbe kopanog pilota, kada je bušotina nastala cijevi – zašćnom kolonom.





Slika 37. Tehnologija izvedbe kopanih pilota sa zaštitnom kolonom [9]

Kopani pilo pogodni su za izvedbu pri kojoj je potrebno da vrh pilota uđe u površinski sloj s jene jer takva tehnologija omogućuje razbijanje površinskog sloja s janske mase. Ukoliko je pilot ušao u sjensku masu cca 1.5 puta od promjera, može se smatra da je na vrhu moguće ostvari upetost. Osim grabilicom, u nekim je vrstama tla moguć iskop svrdlom. Neovisno o načinu iskopa može se koristiti buša na kolonom, ali i ne mora. Kod tehnologija iskopa grabilicom i svrdlom (slika 38), iskopani se materijal vadi mehanički na površinu i odvozi na deponiju. Tako nastaje čist, prazan otvor u kojem se izvodi pilot. Tijelo pilota je armirano betonski nosivi stup, tj. izveden u čistoj (čistoj ili nezašćenoj) bušoj u koju je prethodno ugrađena je armatura, a zatim beton. Nema miješanja betona i okolnog tla.



Slika 38. Shema iskopa svrdlom [9]

Armiranje ovih pilota izvodi se tako da se u gotovu bušonu ugradi na površini izrađeni armaturni koš. Armaturni se koš sastoji od osnovnih prstenova, ukruta, kojima je određen proračunski promjer armaturnog koša, za m glavne (uzdužne) armature, spiralne vilice koja je nešto gušća na mjestu buduće glave pilota i razmaknica (distancera) koji moraju osigurati, da armaturni koš stoji u sredini bušone, tj. moraju osigurati da se prilikom betoniranja zaista ostvari projektom predviđeni zaštni sloj betona između tla i armature. Prilikom projekiranja armaturnog koša treba vodiračuna o svjetlom otvoru bušone. Ponuđač i izvođač pri spomenu promjera pilota govore o vanjskom promjeru bušone, a što je znatno više od prostora u koji se može ugraditi armaturni koš. Ovo je naročito izraženo kod pilota koji se izvode pod zaštom čeličnih cijevi (kolona), koje također imaju značajnu debljinu i tenki koja smanjuje svjetli promjer u koji se može ugraditi koš [3].

Betoniranje se kod svih bušenih i kopanih pilota vrši na isti način, kontraktor postupkom. To je način ugradnje betona od dna iskopa prema površini. Beton se pomoću cijevi ugrađuje u dno bušone. Kako se bušona puni, cijev se vadi na način, da uvijek ostaje barem 1.0 m u svježem betonu. Ovo je vrlo važno stoga što svježi beton gura ispred sebe nečistoće, vodu i glinobetonu isplaku. U slučaju prekida betoniranja, ako bi cijev kontraktora izašla iz svježeg betona, sve bi ove nečistoće ostale u bušoni pilota. Pri ispravnom betoniranju, sve ove nečistoće ostaju na glavi pilota te se odstranjuju prije povezivanja pilota s naglavnicom ili dijelom građevine kojeg nose. Kod svih pilota izvedenih iskopom u tlu, potrebno je izvršiti betoniranje oko 0,5 m iznad projekirane kote. To je onaj dio pilota, koji se mora se odstraniti jer sadrži beton loše kakvoće, sadrži nečistoće.

### 2.11.5 Mikropiloti

Mikropiloti su geotehnički zahvati koji čine prijelaz između pilota, kao nosivih dijelova građevine izvedenih u tlu i poboljšanja temeljnog tla, koje nije nosivi sklop građevine već samo djelovanje na poboljšanje svojstava temeljnog tla. Koju će funkciju imati, ovisi o tome kako ih se primjenjuje. Mikropiloti se gotovo uvijek izvode u grupi. To su svi oni zahvati u tlu, koji se sastoje od niza stupova malog promjera zabijenih u tlo ili izvedenih u tlu. Uobičajeno je to promjer manji od 250mm. Imaju vrlo široku primjenu kao i načine izvedbe. Ako djeluju kao piloti onda se računaju po istim principima i metodama kao i svi drugi piloti.

Europski standard (EN 14199) za izvođenje posebnih geotehničkih radova, a koji se odnosi na mikropilote, dijeli ih na zabijene mikropilote vanjskog promjera do 150mm i bušene mikropilote promjera ne većeg od 300mm [3].

#### Svrha i djelovanje

Mikropiloti imaju višeznačnu namjenu. Kako se uvijek izvode u grupi može ih se tako izvoditi da imaju isključivo svrhu poboljšanja temeljnog tla zgušnjavanjem uslijed ugradnje. Pri tom ne treba zanemariti njihovu mogućnost prenošenja sila u tlo.

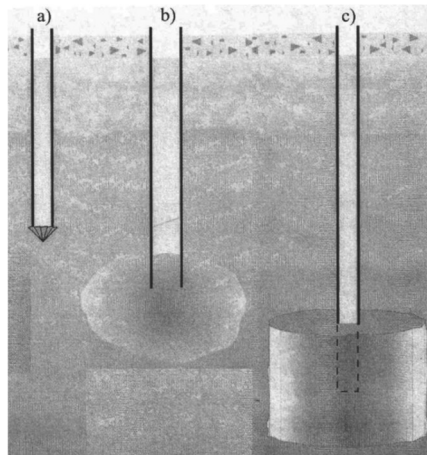
Mikropilot ima mali promjer glave te se prijenos sile vrši uglavnom trenjem po plaštu. Kao takav on može djelovati kao tlačni pilot ali i kao vlačni pilot. Pri projektiranju mikropilota valja voditi računa da su vrlo vitki pa nisu samostalno sposobni, kao pojedini piloti, preuzimati vodoravna opterećenja.

Danas postoji niz tehnologija kako se mogu izvesti mikropiloti. Često se koriste pri sanaciji temelja postojećih građevina kod kojih je došlo do neželjenog slijeganja iz različitih razloga.

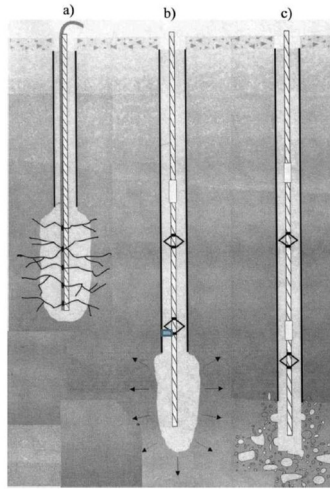
Mikropiloti se mogu koristiti i kao ojačanje tla u području iskopa tunela, građevnih jama i drugim najrazličitijim situacijama. Ako se ugradi veliki broj mikropilota na dovoljno malom razmaku da čine grupu i to u prostoru, mogu se pretvoriti u duboki, masivni temelj – temeljni blok, koji nosi na dodir temelj – tlo i na trenje po plaštu bloka.

Podjela mikropilota prema tehnikama izvođenja [10].

- u snu ili zabijeni piloti, (nosivost 30-300 kN), slika 39a);
- mikropiloti s područjem oko vrha zbijenim injektiranjem (nosivost 150-750 kN), slika 39b);
- mlazno injektirani stupnjaci (nosivost 500kN-1,5MN), slika 39c)
- s naknadno injektiranim vrhom, (nosivost 40-1000 kN), slika 40a);
- izvedeni injektiranjem pod priskom (nosivost 250 – 750 kN), slika 40b);
- bušeni mikropiloti koji nose na vrh (nosivost 500 kN-5 MN) slika 40c).



Slika 39. Tehnike izvedbe mikropilota [10]



Slika 40. Tehnike izvedbe mikropilota [10]

## 2.12 Mlazno injektiranje tijela stupnjaka

Tehnologija mlaznog injek ranja je relativno nova, a danas se sve češće primjenjuje za izvedbu mikropilota i drugih zahvata u tlu opisanih u uvodu. Promjeri stupnjaka nastalih mlaznim injek ranjem u tlu kreću se od 30 do 80cm i u tome nešto odstupaju od prethodno izrečenog određenja mikropilota kao stupova promjera do 30 cm.

Mlazno injek ranje je sustav poboljšanja tla, korišten da se in situ izvede cementano jelo, nastalo mješavinom tla i injekcijske smjese u snute u tlo pod visokim pritiskom. (engleski naziv soilcrete [10]). Prema navedenim autorima mlazno injek ranje ima slijedeću primjenu:

- za podzidavanje temelja i pridržanje iskopa;
- za privremeno ili trajno ojačanje mekog tla i tla sklonog likvefakciji;
- za kontrolu zagađenja podzemnih voda i osiguranje vododrživos

Tehnologija se svodi na ubrizgavanje injekcijske mješavine u tlo, pod visokim pritiskom, pri čemu se u potpunosti razbija struktura tla i izvodi valjkasto nosivo jelo. Tako nastaje niz stupnjaka – pilota, koji se izvode vrlo brzo i relativno jeftino. Pogoni za izvedbu mlazno injek ranjih stupnjaka su relativno mali i vrlo pokretni te zahvaćaju male troškove pripreme i raspore gradilišta. Mikropiloti dobiveni pomoću mlaznog injek ranja upotrebljavaju se u raznim uvjetima, naročito kada nikakvi iskopi ili potresi zbog nabijanja nisu preporučljivi.

Tehnike izvođenja

Prema podacima iz literature [10] postoje četiri načina izvedbe mlazno injekcija:

- pomoću jednog fluida (Soilcrete S);

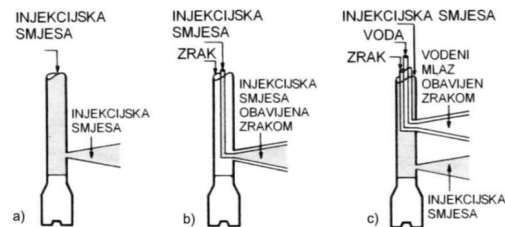
Injekcijska smjesa ubrizgava se kroz šipku na čijem je kraju mlaznica kroz koju smjesa izlazi u vodoravnom smjeru brzinom od oko 200m/s. Na taj način mlaz siječe tlo i stvara mješavinu veziva i tla. Ova vrsta tehnologije učinkovita je u nekoherentnim materijalima. Navode se stupnjaci promjera od 0,6 do 1,2m. Tehnologija rada je prikazana na slici 41a.

- pomoću dva fluida (Soilcrete D);

Za ovu tehniku izvedbe koristi se šipka s dva kanala za dovod dva fluida svakog za sebe. Jedan je za injekcijsku smjesu, a drugi za zrak. Fluidi se izlaze kroz koncentrične mlaznice. Mlaznica je tako izvedena da kroz sredinu izlazi injekcijska smjesa, a oko nje izlazi zrak koji pojačava učinak razrahljenja tla. Ova tehnologija je učinkovita u koherentnim materijalima od one s jednim fluidom. Injekcija s dva fluida prikazano je na slici 41b.

- pomoću tri fluida (Soilcrete T);

Kroz tri nezavisna kanala u bušačkoj šipki tlače se injekcijska smjesa, zrak i voda. Voda obavijena zrakom razrahljuje tlo. Injekcijska smjesa izbija manjom brzinom iz zasebne mlaznice ispod erozijskog mlaza. Na ovaj način moguće je postići stupnjaci bolje kakvoće. Ovaj način izvedbe je još učinkoviti u koherentnim tlima. Tehnika je prikazana na slici 41c.



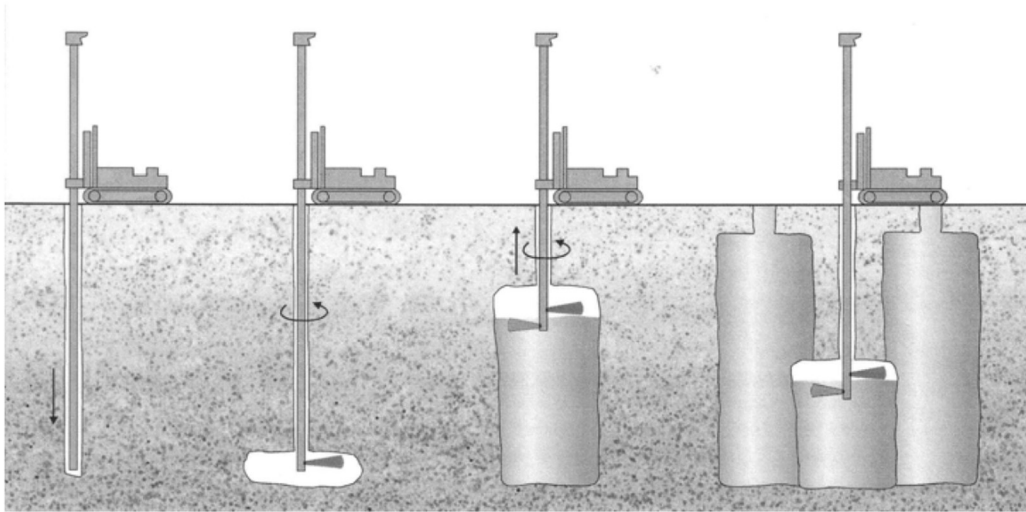
Slika 41. Tri načina izvedbe mlazno injektiranih stupnjaka [10]

- Supermlazno injekcija;

Bušenje se vrši uz pomoć vode koja ima posebni dovod. Kada se projek rana dubina, obustavi se dovod vode za bušenje i započne injekcija. Ovo je tehnika s dva fluida koji se zajedno, smjesa obavijena zrakom, vrlo velikom brzinom brizgaju kroz dvije nasuprotne mlaznice. Mlaznice su posebno projekirane za precizno usmjeravanje injekcijskog mlaza. Smjesa se ubrizgava uz vrlo sporo okretanje i podizanje pribora kako bi se omogućili stupnjaci izrazito velikih promjera. Tehnika se koristi za stabiliziranje velikih masa.

Postupak izvedbe stupnjaka je slijedeći. Izvede se geotehnička bušačka jezgrovana, uobičajeno promjera 150 mm, do predviđene dubine, na kojoj će započeti injekcija. Bušačka se stabilizira injekcijskom smjesom ili glinobetonskom isplakom za cijelo vrijeme postupka injekcija. Postupak injekcija počinje odozdo prema gore. Pribor se jednoliko okreće i povlači prema gore oblikujući pravilno valjasto tlo. Povezivanje injekcijske smjese

s okolinom nastaju stupnjaci očvršle mješavine injekcijske smjese i tla. Prilikom postupka razrahljenja tla mlazom, nastaje otpadni višak tla koji izlazi na površinu kroz vrh bušene. Količina tog viška može se predvidjeti vezano na količinu injekcijske smjese, a iznosi od 40-60% zapremine stupnjaka. Taj višak sadrži značajnu količinu cementa te kroz izvjesno vrijeme postigne određenu čvrstoću. Može se iskoristiti za ugradnju umjesto kruha gline. Na slici 42. prikazan je postupak izvedbe stupnjaka mlaznim injektiranjem [3].



Slika 42. Prikaz izvedbe mlazno injektiranih stupnjaka [3]

### 3 Prikaz projekta sanacije klizišta na lokaciji budućeg grobnog polja - Gaj urni

#### 3.1 Tehnički uvod

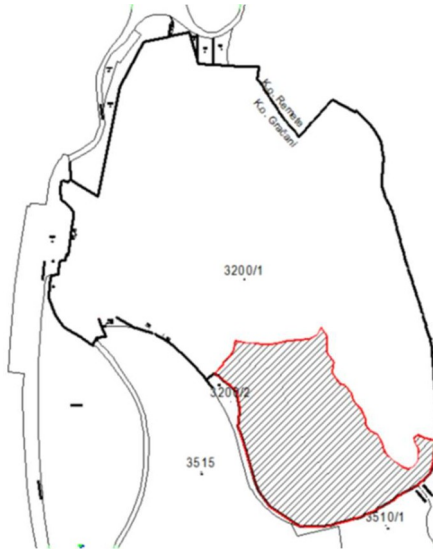
##### 3.1.1 Uvod

Predmet ovog projekta su konstrukivni elementi kojima se osigurava stabilnost padine, a sve u svrhu omogućavanja proširenja dijela groblja Gaj urni, dijela krematorija groblja Mirogoj. Potporne konstrukcije su oblikovane da ih je moguće naknadno urediti u kolumbarijske zidove pri čemu njihova uzdužna os predstavlja idejno arhitektonsko rješenje izrađeno od „ARHITEKTONSKI ATELIER HRŽIĆ d.o.o.“ iz Zagreba, Kuševićeva 6, TD: 017-001, siječanj 2017. Na idejno arhitektonsko rješenje ishodištena je suglasnost od „REPUBLIKA HRVATSKA GRAD ZAGREB GRADSKI ZAVOD ZA ZAŠTITU SPOMENIKA KULTURE I PRIRODE“ Klasa: 6108/17-05/102 Ur.broj: 251-18-03-17-02, Zagreb, 21.02.2017.

##### 3.1.2 Lokacija građevine i drugi lokacijski uvjeti kojima se određuje zahvat u prostoru

Predmetna lokacija, k.č.br.3200, k.o. Gračani, Zagreb, površine 191.158,00 m<sup>2</sup> nalazi se na području povijesne urbane cjeline grada Zagreba za koju je rješenjem Ministarstva kulture, Klasa: UP/I-612-08/02-01/13 utvrđeno svojstvo kulturnog dobra te je upisana u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske u listu zaštićenih kulturnih dobara, broj registra Z-1525 (NN 92/11).

Pozicija predmetnog obuhvata unutar k.č.br.3200, k.o. (Slika 43) Gračani je šumsko područje površine 39.370,09 m<sup>2</sup> jugoistočno od zgrade Krematorija. Obuhvat je pravilnog oblika te omeđeno cestom na zapadnoj strani, grobnim poljima 35, 37 na sjevernoj strani te grobnim poljima 42, 46, 47 na južnoj. Visinska razlika između najviše jugozapadne točke i najniže jugoistočne točke iznosi cca 38 m.



Slika 43. Obuhvat zahvata unutar katarske čestice

S obzirom na zahtjevnost postupaka u vezi s gradnjom [11] ova građevina spada u 2.b skupinu – građevine za koje se utvrđuju posebni uvjeti, a ne provodi se postupak donošenja rješenja o prihvatljivosti zahvata za okoliš, odnosno postupka ocjene o potrebi provedbe utjecaja na okoliš i/ili ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu.

### 3.1.3 Opis zahvata

Na predmetnoj lokaciji predviđena je izgradnja:

#### ⌚ Zid A

Armirano betonska konstrukcija za stabilizaciju padine i temeljenja zida "A" sastoji se od bušenih armiranobetonskih pilota promjera  $\varnothing 80$  cm duljine 12 m na uzdužnom osnom razmaku 2,5 m povezanih naglavnom temeljnom pločom  $b \times h = 610 \times 100$  cm na kojoj se nastavljaju središnji zid  $b \times h = 60 \times 100$  cm u osi budućeg zida "A" te ogradni zid  $b \times h = 30 \times 213$  cm na istočnoj strani zida. Ukupna duljina zida A je 279,78 m koji se proteže od SZ strane zahvata do JZ strane zahvata.

Duljina pilota određena je prema kriteriju ulaska u lapor minimalno 2,5 promjera pilota tj. 2,5 m. Prilikom izvođenja radova potrebno je provesti kontrolu dubine lapora te u slučaju ne zadovoljavanja navedenog kriterija produžiti pilote.

#### ⌚ Zid B

AB potporni zid od istočne strane padine u duljini 124,98 m je maksimalne visine do 7,6 m (mjereno od vrha pilota) a temelji se na AB pilota  $\varnothing 100$  cm, dubine 16,0 m na osnom razmaku od 1,5 m, na toj dionici predviđeno je izvođenje 162 pilota. Ukupna duljina zida B je



318,24 m' proteže se od SZ strane zahvata do JZ strane zahvata ali cca 30-ak metara zapadnije u odnosu na zid A.

U nastavku zida, u duljini 152,10 m potporni zid je maksimalne visine do 6,1 m a temelji se na AB pilo ma Ø80 cm, dubine 10,0 m na osnom razmaku do 2,0 m, na toj dionici predviđeno je izvođenje 154 pilota. Do kraja zida u duljini 41,15 m zid je maksimalne visine do 4,6 m i temelji se na AB pilo ma Ø80 cm, dubine 10,0 m na osnom razmaku od 2,0 m, ta toj dionici predviđeno je izvođenje 20 pilota.

Pilo su povezani AB naglavnom gredom dimenzija 1,1×5,57 m (v×š) na koji se nadovezuje zid visine 3 - 6,1 m debljine 0,6 m. Duljina jedne kampade potpornog zida varira između 11,5 - 23 m.

#### Ⓟ Privremena konstrukcija

Zaš ta iskopa provodi se izvođenjem AB pilo ma promjera Ø40 cm duljine L = 12,0 m na uzdužnom osnom razmaku 1,0 m povezanih naglavnog grednom b×h = 50×50 cm. Pilo su horizontalno pridržani samobušivim sidrima R38N nazivne granice popuštanja čelika  $F_{p0.1k} = 400$  kN, granice loma  $F_{pk} = 500$  kN ukupne duljine 13 m (6 m slobodne dionice + 7 m sidrišne dionice promjera 130 mm), na uzdužnom razmaku  $r = 2,0$  m. Sidra se oslanjaju na veznu sidrenu AB gredu b×h = 40×50 cm. Sva sidra se prednaprežu na silu od 200 kN.

Ovim projektom se ne predviđa izgradnja vodoopskrbe. Oborinska odvodnja riješena je gravitacionim sistemom cjevovodima Ø300-500mm cijevi za uličnu kanalizaciju min. kvalitete kao PVC min. klasa SN10.

### 3.1.4 Zbirni prikaz istražnih radova

#### Geotehnička sredina 1:

Glina visoke plas čnos CH1, dubine 0,0 - 4,0 m. Broj udaraca standardnog penetracijskog testa: NSPT = 10 - 27. Parametri tla: kohezija  $c' = 25$ , kut trenja tla  $\Phi' = 24$  nedrenirana čvrstoća  $c_u = 130$  kN/m<sup>2</sup>. Modul s šljivos tla  $M_v = 10000$  kN/m<sup>2</sup>

#### Geotehnička sredina 2:

Glina niske plas čnos CL, dubine 4,0-7,5 m. Broj udaraca standardnog penetracijskog testa: NSPT = 5 - 24. Parametri tla: kohezija  $c' = 20$ , kut trenja tla  $\Phi' = 27$  nedrenirana čvrstoća  $c_u = 90$  kN/m<sup>2</sup> Modul s šljivos tla  $M_v = 6500$  kN/m<sup>2</sup>

#### Geotehnička sredina 3:

Glina visoke plas čnos CH2, dubine 7,5-12,0 m. Broj udaraca standardnog penetracijskog testa: NSPT = 17 -36. Parametri tla: kohezija  $c' = 15$ , kut trenja tla  $\Phi' = 24$  nedrenirana čvrstoća  $c_u = 120$  kN/m<sup>2</sup>. Modul s šljivos tla  $M_v = 10000$  kN/m<sup>2</sup>

#### Geotehnička sredina 4:

Lapor, dubine >12,0 m. Broj udaraca standardnog penetracijskog testa: NSPT = 16-50.  
Parametri tla: kohezija  $c' = 30$ , kut trenja tla  $\Phi' = 24$   
nedrenirana čvrstoća  $c_u = 300 \text{ kN/m}^2$   
Modul s šljivos tla  $M_v = 30\,000 \text{ kN/m}^2$

### 3.2 Popis radova na sanaciji klizišta

#### PRIPREMNI RADOVI

##### 🕒 Geodetski radovi

Iskolčenje osi trase ili građevina obuhvaća sva geodetska mjerenja kojima se podatci iz projekta prenose na teren. Ovi radovi uključuju:

- iskolčenje osi trase ili građevina;
- iskolčenje projek ranih poprečnih profila;
- osiguranje iskolčenih točaka za vrijeme gradnje.

##### 🕒 Uređenje pristupnih puteva

Rad obuhvaća izradu pristupne ceste od državnih ili lokalnih cesta do gradilišta, te izradu svih gradilišnih prometnica, koje su potrebne za provedbu predviđene tehnologije izgradnje objekata. Lokalne ceste do pregradnog profila koriste se za dopremu materijala i opreme.

##### 🕒 Osiguranje trajne i privremene deponije

Tehnička oprema i priprema gradilišta obuhvaćaju uređenje prostora za deponiranje materijala potrebnog za sanaciju, izgradnju privremenih objekata i postavljanje gradilišnih instalacija, te uređenje potrebnih puteva za lokalne transporte.

##### 🕒 Siječa i odvoz stabla

Svi radovi u neposrednoj blizini postojećih stabala (koja nisu u planu za rušenje) izvode se u koordinaciji sa predstavnicima Gradskog zavoda za zaštitu i razvoj šumstva, zaštite prirode i kulture i prirode. Stabla koja su po projektu predviđena za rušenje će otklonjena i zbrinuta od strane Hrvatskih šuma.

#### ZEMLJANI RADOVI

##### 🕒 Uklanjanje humusa

Ispod svake građevine otklanja se humusni sloj zemlje. Preporučljiva dubina skidanja humusa je cca 20 cm što dakako uvelike ovisi o strukturi tla gdje se humus skida.

##### 🕒 Široki iskop

Ovaj rad obuhvaća iskope koji su predviđeni projektom, planom osiguranja kvalitete ili zahtjevom nadzornog inženjera. Rad uključuje i utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar na deponiju te plaćanje naknade za njeno korištenje, uređenje i sanaciju deponije.

⌚ Iskop u materijalu kategorije „C“

Pod materijalom kategorije „C“ podrazumijevaju se svi materijali koje nije potrebno minira, nego se mogu kopa izravno, upotrebom pogodnih strojeva - buldožerom, bagerom, ili skrejperom.

### ARMIRANOBETONSKI RADOVI

- ⌚ Naglavna temeljna ploča i temeljna stopa
- ⌚ Pilo zaš tne konstrukcije i pilo temeljne konstrukcije zida

### GEOTEHNIČKI RADOVI

⌚ AB pilo

Izvedba AB pilota vrši se Benom o tehnologijom koja će detaljnije objašnjena u nastavku

⌚ Geotehnička sidra

Tehnički uvje izvođenja geotehničkih sidara u skladu su s uobičajenim principima projek ranja i izvedbe geotehničkih sidara. Priliko izvedbe geotehničkih sidara izvodi će se i prednapinjanje svih ugrađenih sidara.

⌚ Mlazni beton

Mlazni beton ima vrlo široko područje primjene u kojerna zrakosa ima manji značaj u odnosu na ostale segmente. Pod mlaznim betonom podrazumijeva se beton koji se ugrađuje u struji zraka pod tlakom kroz posebne mlaznice i velikom brzinom i energijom nanosi na podlogu, pri čemu se i kompak ra i prijanja uz podlogu.

### KONTROLA KVALITETE

⌚ Armiračko – betonskih radova

Program kontrole i osiguranja kvalitete osnovni je uvjet za pos zanje zah jevanih svojstava betona i konstruk vnih elemenata u fazi građenja i eksploatacije. Upravljanje kvalitetom definirano je Tehničkim propisom za betonske konstrukcije [16] i Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije [17].

⌚ Ispi vanje izvedenih pilota

Ispi vanje cjelovitos pilota (PIT) u široj je primjeni kao ne razorna metoda ispi vanja kvalitete izvedenih betonskih pilota, prije njihovog uklapanja u konstrukciju. Projektom su predviđena ispi vanja cjelovitos (integriteta) svih pilota. Ispianja cjelovitos obavljaju se nakon što je glava pilota odbijena na projek ranu kotu.

⌚ Kontrola kvalitete sidrenja

Laboratorijska ispi vanja injekcijskih smjesa obuhvaćaju:

- prethodna ispi vanja,

- kontrolna ispi vanja.

Kontrola kvalitete sidrenja biće detaljnije objašnjena u nastavku.

- 🕒 Monitoring, praćenje pomaka konstrukcije

Monitoring odnosno praćenje pomaka konstrukcija biće izveden i u daljnjem tekstu detaljnije objašnjen isto tako i postupkom opažanja pomaka na ~~velikom~~ inklinometru te opažanjem pomaka geodetskim reperima.

### 3.3 Pripremni radovi

#### 3.3.1 Geodetski radovi

Iskolčenje osi trase ili građevina obuhvaća sva geodetska mjerenja kojima se podatci iz projekta prenose na teren. Ovi radovi uključuju:

- 🕒 iskolčenje osi trase ili građevina;
- 🕒 iskolčenje projek ranih poprečnih profila;
- 🕒 osiguranje iskolčenih točaka za vrijeme gradnje.

Iskolčenja točaka trase ili građevina obavlja se s referentnih geodetskih točaka klasičnim, terestričkim metodama, a tamo gdje to uvje dozvoljavaju, iskolčenja se mogu obavljati i satelitskim GNSS metodama te CROPOS-om.

Prije početka predmetnih radova, osi pilota trebaju ~~is~~kolčene položajno i prema nacrtu projekta i planovima iskolčenja. Visinske kote definirat će se prema planovima gornje konstrukcije.

Točnost iskolčenja treba se kretati u granicama od 1,0 cm (visinski i položajno) ~~je~~ku izvedbe pilota potrebno je konstantno kontrolirati iskolčenje. Pilote treba izvesti tlocrtu s točnošću od 5 cm u bilo kojem smjeru. Dozvoljeno odstupanje osi pilota ~~od~~nosi 1%.

Nadzorni inženjer kroz elaborat iskolčenja predaje izvođaču geodetskih radova podatke o točkama geodetske osnovne mreže i opera vnog poligona koje su primjereno stabilizirane u skladu s terenom na kojemu se radovi izvode. Sve navedene geodetske točke ili mreže trebaju biti određene u važećem državnom koordinatnom sustavu, a sve u skladu s važećim geodetskim pravilnicima. Nadzorni inženjer predaje izvođaču geodetskih radova i podatke o visinskim točkama (reperima) postavljenim duž trase, kao i određeni broj repera koji je uspostavljen kod svakog većeg objekta.

#### 3.3.2 Uređenje pristupnih puteva

Rad obuhvaća izradu pristupne ceste od državnih ili lokalnih cesta do gradilišta, te izradu svih gradilišnih prometnica, koje su potrebne za provedbu predviđene tehnologije

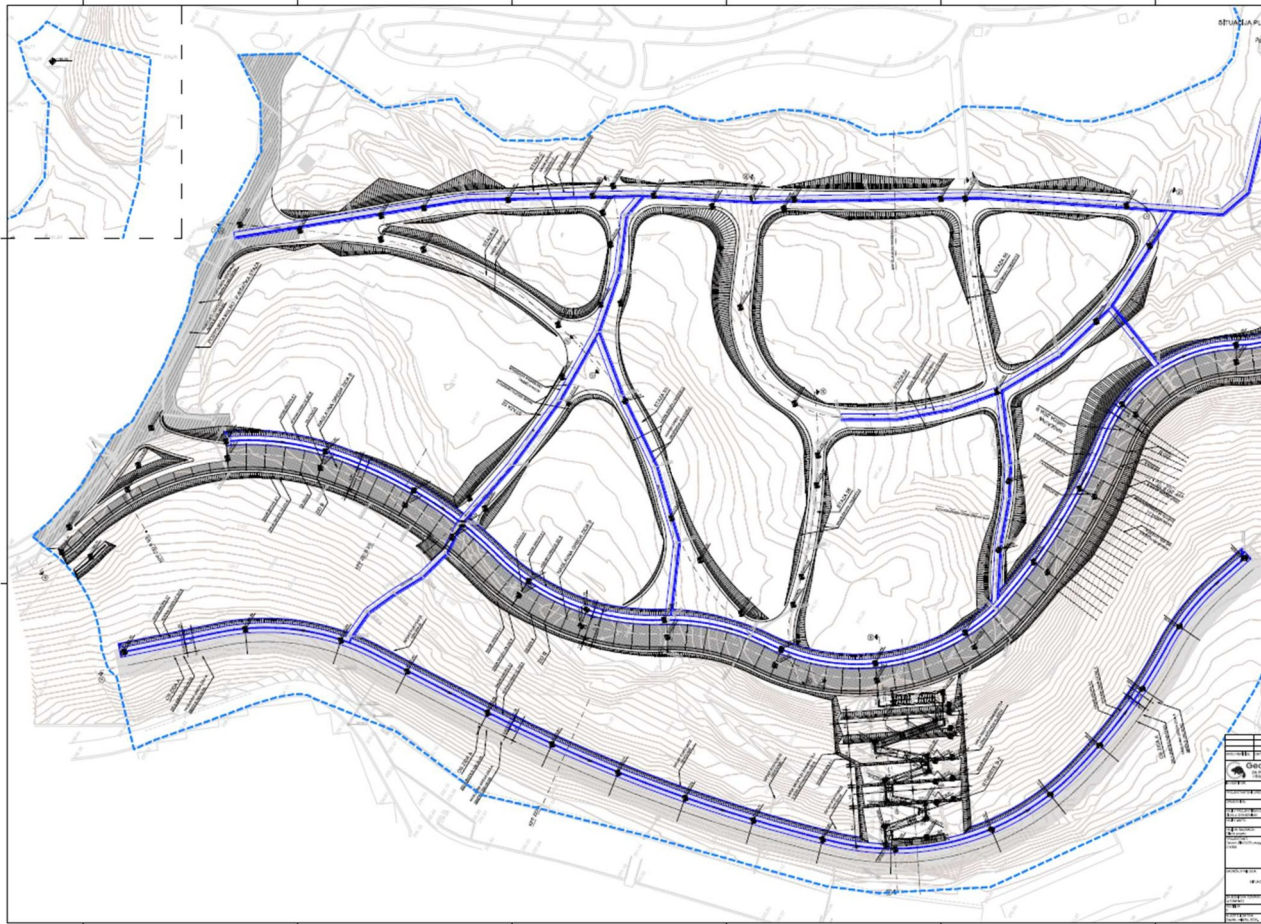
izgradnje objekata. Lokalne ceste do pregradnog profila koriste se za dopremu materijala i opreme.

Sve ostale pristupne ceste koje ne postoje, a potrebne su za dolazak na mjesto rada, dužan je izraditi izvođač. Sve pristupne ceste, položaj i konstrukciju, treba prethodno odobri nadzorni inženjer. Pristupna cesta će imati potrebne elemente u poprečnom profilu, kao i uzdužnom profilu, koji omogućavaju brzu i sigurnu dostavu potrebnih materijala i opreme na gradilište.

Razinu kvalitete kolničke konstrukcije i zastora odabire izvođač ovisno o troškovima građenja i vremenu potrebnom za dovršenje svih radova na objektu. Izvođačeva je obveza održavati ceste u dobrom stanju cijelo vrijeme odvijanja radova, što je uključeno u ugovorenu obvezu, bez zadržavanja za dodatno plaćanje. Po završetku radova ceste se ili predaju u izvornom u dobrom stanju ili se uklanjaju.

Pozicije pristupnih puteva prate osi kopanih drenova te na kruni nasipa iza zida B. Nakon izvođenja drenova, temeljno tlo se zbija i planira (u nagibu 4%), polaže razdjelni geotekstil te ugrađuje nasip od drobljenog kamenog materijala granulacije 0/64 mm min debljine 30 cm uz zbijanje. Na svakom ugrađenom sloju ispituje se modulus (Ms) sa kružnom pločom Ø30 cm. Po završetku korištenja pristupnih puteva na njima se polaže razdjelni geotekstil te sloj materijala iz iskopa u debljini od 50 cm. Naknadnim dizanjem geotekstila položenog ispod završnog sloja omogućuje se ponovo korištenje pristupnih puteva za potrebe novog projekta groblja.

Putevi unutar samog gradilišta prikazani su na slici 44, a put do samoga gradilišta na slici 45.



Slika 44. Prikaz puteva na samome gradilištu



Slika 45. Prikaz puteva do gradilišta

---

### 3.3.3 Osiguranje trajne i privremene deponije

Tehnička oprema i priprema gradilišta obuhvaćaju uređenje prostora za deponiranje materijala potrebnog za sanaciju, izgradnju privremenih objekata i postavljanje gradilišnih instalacija, te uređenje potrebnih puteva za lokalne Transporte.

U ovome projektu deponija se određuje u dogovoru s investitorom i nadzornim inženjerom. Privremena deponija služi za zbrinjavanje materijala koji se u kratkom vremenskom roku zbrinjava na toj lokaciji te potom ugrađuje na projek rana mjesta. Trajna deponija služi za dugoročno zbrinjavanje materijala, odnosno za zbrinjavanje viška materijala koji se po završetku projekta odnosi s gradilišta.

Privremena deponija nalazice se na prikazanoj slici, te zauzima površinu od 8.500,00 m<sup>2</sup>. Služi će za odlaganje građevinskog materijala te za odlaganje višaka iskopanog materijala. Trajna deponija se nalazi izvan gradilišta na udaljenosti od 14km, odnosno na Žitnjaku.

### 3.3.4 Sječa i odvoz stabala

Obuhvaća uklanjanje stabala različitih promjera od Ø 20 cm do Ø 70 cm, sječu raslinja, generalno čišćenje terena, geodetska iskolčenja i pripremu gradilišta. Prema projek ma prethodno bude predviđena sječa i odvoz svih stabala koji se nalaze na projek ranim putevima i na predviđanim mjesma nove konstrukcije.

Na priloženom nacrtu (slika 46.) prikazana su drveća koja treba ukloniti na način da su označena crvenim obrubom. Odabir stabala koja su za sječu prethodno su dogovorili projektant i Hrvatske šume s prisustvom investitora.





### 3.3.5 Zaštita postojećih stabala i zelenih površina

Svi radovi u neposrednoj blizini postojećih stabala (koja nisu u planu za rušenje) izvode se u koordinaciji sa predstavnicima Gradskog zavoda za zaštitu spomenika kulture i prirode. Stabla u neposrednoj blizini privremenih pristupnih puteva se štite ku jama te se projektni nagib iskopa prilagođava na način da se korijen stabla minimalno oštećuje.

Prilikom izvođenja iskopa uz stabla koja se zadržavaju, vrši se zaštita pripadnih korijenovih žila. Mjere zaštite korijenovih žila podrazumijeva;

- ⌚ ručni iskop (svi iskopi u blizini stabala - u krugu od min 2 m vrše se ručno)
- ⌚ oblaganje otkopanih korijenovih žila zemljanom jutom i njihovo višekratno zalijevanje.

Stabla se štite ku jama (od jelovih daski) oko drveta, visine 200 cm, prosječne širine 100 cm, ukrućeno sa sve četiri strane letvama pri kojima se ku jama i spaja.

Prilikom izvedbe nasipa stabla se ne smiju zatrpavati zemljom ni drugim materijalom. Na zelenim površinama u granici obuhvata, kao i onih koji se nalaze u neposrednoj blizini obuhvata gradilišta, nije dozvoljeno odlaganje građevinskog materijala, ni strojeva.

### 3.4 Zemljani radovi

Svi zemljani radovi izvode se prema odobrenoj projektnoj dokumentaciji i/ili prema odobrenim izmjenama. Iskopi se izvršavaju prema priloženim nacrtima. Široki iskopi se izvode primjenom strojeva. Primjena komponenata ručnog iskopa provodi se za dio, koji se odnosi na iskope prilikom čišćenja i uklanjanja zaostalih dijelova građevina, a u svrhu nesmetane izvedbe pilota.

Zatrpavanje i nasipavanje zemljanom materijalom izvodi se u odgovarajućim slojevima uz vlaženje i zbijanje, strojno ili ručno, do tražene zbijenosti.

Kako bi se radovi mogli izvesti u skladu s projektom i ovim tehničkim uvjetima potrebno je osigurati rad u suhom. U tu svrhu potrebno je predvidjeti radove za odvodnju, oborinske i podzemne vode.

#### Ugradnja materijala zamjene

Kao zamjenski materijal ispod trupa ceste, odnosno kao ispuna u zaleđu potpornog zida, najčešće je predviđen drobljeni kameni materijal zrna krupnoće 0 - 63 mm.

Materijal treba zadovoljiti zahtjeve:

- ⌚ da je minimalno 50% materijala veličine zrna 2-60 mm (šljunak),
- ⌚ da je materijal dobro graduiran,
- ⌚ da mu je granulacija takva da koeficijent nejednolikosti ( $C_u = d_{60}/d_{10}$ ) bude veći od 9,
- ⌚ da je sadržaj čestica manjih od 0.06 mm manji od 10%, a čestica manjih od 0.02 mm manji od 5%,

---

dopušta se prisustvo zrna većih od 63 mm, ali najviše 10%, veličine do 70 mm.

Kamenu drobinu treba zbijati minimalno do  $M = 40 \text{ MN/m}^2$ , odnosno 100% Proctora radi težine strojeva. Ugradnja materijala se izvodi horizontalnim slojevima uz zbijanje. Pri tome debljina slojeva ovisi o sredstvima za zbijanje, ali ne smije u rahlom stanju preći 30 cm kako bi se na kraju postigla tražena slijivost.

Tijekom ugradnje treba kontrolirati tražene karakteristike materijala i postignutu zbijenost. Prije dopreme kamene drobine izvođač pribavlja rezultate prethodnih ispitivanja kojima se dokazuje pogodnost za ugradnju. Prilikom ugradnje kamene drobine provode se kontrole zbijenosti.

Ugrađeni materijal mora odgovarati uvijek [12]:

- ⌚ prema dijagramu plastičnosti materijal se klasificira kao glina srednje do visoke plastičnosti, uz granicu tečenja manju od 65%, indeks čvrstoće manji od 30%, opću količinu vode manju od 25%, suhu prostornu težinu (prema Proctoru) veću od 1.55, bubrenje pod vodom nakon četrnaest dana ne smije biti veće od 4%, Proctorov broj 0 do 0,2.
- ⌚ materijal ne smije sadržavati više od 6% organskih primjesa (misli se na jednoliko raspoređene i rastvorene organske tvari, a komade ili nakupine kao drva, korijenje ili slično treba ukloniti). Zemljani materijal kojim nasipava treba se zbijati minimalno do  $M_v = 30 \text{ MN/m}^2$ , odnosno 100% Proctora.

Ugradnja materijala izvodi se u horizontalnim slojevima uz zbijanje [13], [14]. Pri tome debljina slojeva ovisi o sredstvima za zbijanje, ali ne smije u rahlom stanju preći 30 cm.

Tijekom ugradnje kontrolira se tražena karakteristika materijala i postignuta zbijenost. Kompletno ispitivanje traženih svojstava za ugradnju provodi se minimalno na jednom uzorku. Prilikom ugradnje potrebno je provoditi kontrole zbijenosti, s minimalno 5 proba na različitim mjestima u nasipu.

### 3.4.1 Uklanjanje humusa

Ispod svake građevine otklanja se humusni sloj zemlje. Preporučljiva dubina skidanja humusa je cca 20 cm što dakako uvelike ovisi o strukturi tla gdje se humus skida. Skinuti sloj humusa i ostali dio iskopane zemlje treba deponirati na samom gradilištu. Višak zemlje odvozi se na trajnu deponiju. Lokalno deponiranu zemlju kasnije koriste za humusiranje i zatravljivanje terena.

Zbog svojih svojstava humus pod opterećenjem znatno mijenja obujam, a pri promjenama količine vode osjetno mu se smanjuje nosivost, tako da nije pogodan kao građevni materijal te ga se mora odstraniti.

---

Humus se iskopava isključivo strojno, a ručno jedino tamo gdje to strojevi ne bi mogli obaviti na zadovoljavajući način. Šiblje se ručno može odstraniti zajedno s humusom, ali se od njega mora odvojiti prije upotrebe humusa pri humusiranju kosina nasipa ili usjeka.

Odguravanje humusa u odlagalište mora se obavljati tako da ne dođe do miješanja s nehumusnim materijalom. Ako postoji višak humusa, potrebno je prethodno predvidjeti lokaciju i oblik odlagališta za njegovo odlaganje. Prilikom iskopa humusa ne smije se dopuštati zadržavanje vode na tlu jer bi ga ona prekomjerno navlažila. Stoga pri iskopa treba voditi računa o tome da je omogućena stalna poprečna i uzdužna odvodnja. Vodu treba odvesti iz nasipa priključkom na neki odvodni jarak, potok ili prirodnu depresiju.

Idenifikacija humusnog sloja obavlja se na osnovi mirisa, boje, sastojaka biljnih i životinjskih ostataka koji podliježu procesima razlaganja kao i količine ukupnih organskih tvari. Ako humusni sloj, nije moguće jasno odijeliti vizualnim načinom, debljina sloja određuje se na osnovi laboratorijskog ispitivanja organskih tvari. Ako nije drukčije određeno, humusnim slojem smatra se površinski sloj sraslog tla.

### 3.4.2 Široki iskop

Ovaj rad obuhvaća široke iskope koji su predviđeni projektom, planom osiguranja kvalitete ili zahtjevom nadzornog inženjera. Rad uključuje i utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar na deponiju te plaćanje naknade za njeno korištenje, uređenje i sanaciju deponije. Iskop se obavlja prema visinskim kotama iz projekta, te propisanim nagibima kosina, a uzimajući u obzir geomehanička svojstva tla i zahjevana svojstva za namjensku upotrebu iskopanog materijala, u skladu s ovim uvjetima. Rad mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, planom osiguranja kvalitete, zahtjevima nadzornog inženjera i ovim uvjetima.

Izbor tehnologije rada kod širokog iskopa ovisi o:

- ⌚ predviđenim objektima
- ⌚ vrsta tla,
- ⌚ mogućnost primjene određene mehanizacije za iskop i prijevoz,
- ⌚ visini i dužini zahjevanog iskopa,
- ⌚ količini tla koje treba iskopati,
- ⌚ prijevoznim dužinama,
- ⌚ rokovima završetka iskopa, odnosno rokovima dovršetka građevine,
- ⌚ važnost pojedinog iskopa za dinamiku rada na građevini,
- ⌚ ekonomičnost iskopa.

Koristeći se navedenim elementima, kao i drugim okolnostima koje mogu utjecati na izbor tehnologije rada, izvođač će, držeći se odgovarajućih važećih propisa i normi, izabrati najbolju tehnologiju za iskop.

Iskop se može izvršiti na jedan od ovih načina ili njihovom kombinacijom:

- ⌚ iskop u punom profilu s čela,
- ⌚ iskop usjeka (zasjeka) sa strane,
- ⌚ iskop u uzdužnim slojevima,
- ⌚ iskop s uzdužnim prosjekom.

Pri radu na iskopu treba ~~paziti~~ ne dođe do potkopavanja ili oštećenja projektom predviđenih pokosa uslijed čega bi moglo doći do klizanja i odrona. Izvođač je dužan svaki mogući slučaj potkopavanja ili oštećenja pokosa odmah sanirati prema uputama nadzornog inženjera i za to nema pravo tražiti štetu ili naknadu za višak rada ili nepredviđeni rad. Široki iskop treba obavljati prema odabranoj tehnologiji upotrebom odgovarajuće mehanizacije i drugih sredstava, a ručni rad ograničava nužni minimum. Ručni iskop se predviđa u području infrastrukturnih vodova.

### 3.4.3 Iskop u materijalu kategorije C

Pod materijalom kategorije "C" podrazumijevaju se svi materijali koje nije potrebno minirati, nego se mogu kopa izravno, upotrebom pogodnih strojeva - buldožerom, bagerom, ili skrejperom.

U ovu kategoriju spadala bi:

- ⌚ sitnozrnata vezana (koherentna) tla kao što su gline, prašine, prašinate gline
- ⌚ (ilovače), pjeskovite prašine i les,
- ⌚ krupnozrnata nevezana (nekoherentna) tla kao što su pijesak, šljunak odnosno
- ⌚ njihove mješavine, prirodne kamene drobine - siparišni ili slični materijali,
- ⌚ mješovita tla koja su mješavina krupnozrna h nevezanih i sitnozrna h vezanih materijala.

U materijalima ove kategorije iskop se obavlja izravno strojevima. Ako je iskopani materijal osjetljiv na atmosferske utjecaje, njegovo privremeno odlaganje u ceste nije dopušteno, pa se prilikom iskopa takvi materijali moraju odmah utovariti i ugraditi u nasipe ili odvesti na deponiju. Svi iskopi moraju se izvršiti prema profilima, kotama i nagibima iz projekta, vodeći računa o svojstvima i upotrebljivosti iskopanog materijala u određene svrhe.

Materijali iz širokog iskopa mogu biti različitog sastava, pa poprečna i uzdužna odvodnja mora biti u svim fazama rada besprijekorno riješena. Sva voda mora se odvesti na odgovarajuće recipijente. Otežani rad kao i zamjena vodom prezasićenog miješanog materijala, čiji su uzroci nepravilan rad i loša odvodnja, neće se posebno plaćati. Za vrijeme rada na iskopu pa do završetka svih radova na projektu, izvođač je dužan brinuti se o tome da zbog moguće nepravilne odvodnje ne dođe do oštećenja izrađenih pokosa i da se ne ugrozi njihova stabilnost prije ozelenjivanja i predaje objekta na upotrebu. Nagib radnih pokosa pri iskopu je u granicama 1:1 za nevezana krupnozrnata tla do 2:1 za sitnozrnata vezana koherentna tla. Kako materijale dobivamo iskopom u plitkim zemljanim usjecima ili zasjecima, količina vlage obično im je visoka, a mogu sadržavati i veliku količinu organskih tvari, potrebno je pripremanje

---

pogodnos materijala prije ugradnje. Takvi materijali se najčešće upotrebljavaju za zatrpavanje kanala i depresija, izvan područja konstrukcije.

### 3.5 Armiranobetonski radovi

#### ARMATURA

Vrsta čelika za armiranje koja se upotrebljava mora biti sukladna Tehničkim propisima za betonske konstrukcije (139/09, 14/10, 125/10; na čelik za armiranje se odnosi prilog B), odnosno Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije NN 17/17. Čelik za armiranje mora imati isprave o sukladnosti u skladu s odredbama posebnog propisa kojim se uređuje ocjenjivanje sukladnosti isprave o sukladnosti označavanje građevinskih proizvoda [15].

Predviđeno je korištenje B500B za sve nosive i konstrukтивne dijelove pojedinih AB elemenata. Armatura treba biti savijena i postavljena prema nacrtu armature. Sjecanje, savijanje i postavljanje čelika za armiranje (armature) izvođač mora izvršiti prema izrađenim planovima savijanja armature.

Nastavljanje nosive armature treba provesti jedan od načina predviđenih propisima. Pri tome se vodi računa da se primjene i svi detalji koji se odnose na konkretan slučaj nastavljanja. Duljina preklapanja uzdužne armature ne smije biti manja od 1.0 m.

Armatura mora zadovoljavati slijedeće uvjete:

- ⌚ prije postavljanja se očisti od hrđe, ulja, mas, zemlje itd.
- ⌚ armatura mora biti složena po projektu, dobro učvršćena i povezana tako da zadrži propisane razmake prilikom ugradnje betona.
- ⌚ savijanje armaturnih šipki vrši se u hladnom stanju
- ⌚ naprsnute i oštećene šipke se ne ugrađuju
- ⌚ svjetla udaljenost armature od lica betona ukoliko to nije označeno na nacrtu izvodi se prema tehničkim uvjetima izvođenja radova i program kontrole kvalitete.

Prilikom betoniranja treba paziti da se armatura ne pomakne iz postavljenog položaja. Ukoliko tijekom betoniranja dođe do popuštanja armature i ona izmjeni svoj položaj u tolikoj mjeri da je ugrožena njena statička funkcija nadzorni inženjer može obustaviti betoniranje te narediti uklanjanje betona i ponovno betoniranje, a izvođač snosi teret za te radove. Prilikom izvođenja radova mora se posjedovati ateste o kvalitete ugrađenog čelika. Prije početka betoniranja nadzorni inženjer treba pregledati ugrađenu armaturu, te upisom u građevinski dnevnik potvrditi da u svemu odgovara projektu.

#### AGREGAT

Maksimalna veličina zrna za izradu betona iznosi 16 mm za pilote i naglavnu gredu. Granulometrijski sastav mješavine agregata utvrđuje se eksperimentalno, obzirom na način i

---

uvjete ugrađivanja i transporta betona, kao i ostale faktore koji mogu utjecati na kvalitetu betona.

Za pripremanje betona upotrebljava se prirodni agregat aluvijalnog porijekla ili agregat dobiven drobljenjem kamena za koji je odgovarajućim dokumentom o sukladnosti potvrđeno da ispunjava sva propisana svojstva [16]. Prilikom izvođenja radova izvođač će pribavi odgovarajuće dokumente o sukladnosti agregata s traženim svojstvima.

U tvornici betona će se osigurati stalna i sigurna kontrola vlažnosti agregata po pojedinim frakcijama. Ukoliko su količine mulje, česca i prašine u agregatu veće od dopuštenih prema propisima utvrđenim kriterijima, proizvođač betona će organizirati dodatno pranje pojedinih frakcija agregata.

Maksimalna veličina zrna za izradu betona iznosi 16 mm za pilote i naglavne grede. Granulometrijski sastav mješavine agregata utvrđuje se eksperimentalno, obzirom na način i uvjete ugrađivanja i transporta betona, kao i ostale faktore koji mogu utjecati na kvalitetu betona.

## CEMENT

Za spravljanje betona i injekcijske smjese treba koristiti cement CEM II 42,5 N. Prilikom izvođenja radova izvođač radova će pribaviti odgovarajuće dokumente o sukladnosti cementa s traženim svojstvima [16]. Cijela količina cementa treba potjecati od istog proizvođača. Količina cementa po m<sup>3</sup> gotovog betona ne smije iznaditi od 400 kg. O ispi vanju cementa treba posjedovati pozivne ateste, a cement treba biti standardne kvalitete.

Gotova i sazrela smjesa nakon 28 dana treba zadovoljavati kriterije minimalnog razreda tlačne čvrstoće C 30/37. Ovdje navedene karakteristike potrebno je provjeriti eventualno korigirati prethodnim ispi vanjem, uz eventualno variranje receptura do optimalnih, a u fazi izrade pilota njezinu kvalitetu provjerava kontrolnim ispi vanjima.

Receptura za smjesu betona pilota odredit će se na osnovu prethodnih ispi vanja. Predviđenu recepturu betona treba provjeriti eventualno korigirati variranjem receptura do optimalnih. Predviđaju se tri ispi vanja za minimalno tri varijacije.

## VODA

Voda za pripremu betona treba biti čista i bez štetnih sastojaka, što se potvrđuje atestom. Ako se upotrebljava obična voda za piće, nije potreban atest da kvaliteta odgovara propisanom.

## PRIPREMA BETONA

Prije početka betoniranja proizvođač betona treba osigurati dovoljnu količinu agregata po frakcijama, cementa iste vrste i klase te vode. Za proizvodnju betona se dozvoljava samo mehaničko miješanje prisilnim miješalicama. Ako se beton ne priprema na gradilištu, nužno je

---

posve posebnu pažnju koordinaciji pripreme, transporta i ugradnje betona. Transport betona, od mjesta pripreme do mjesta ugradnje treba prilagoditi lokalnim uvjetima.

## TRANSPORT I UGRADNJA CEMENTA I BETONA

Izbor načina transporta cementa treba garantirati njegovu homogenost i nepromjenljivost sastava.

Dozvoljava se transport i suhe mješavine agregata i cementa ako na mjestu dodavanja vode postoji uređaj za doziranje. U slučaju da je kretanje miksera na samom gradilištu bitno otežano, lokalni transport svježeg betona moguć je pomoću betonskih pumpi. Beton se u pravilu ugrađuje odmah nakon izrade odnosno u vremenu određenom pravilnikom. Betonska mješavina mora imati prije samog ugrađivanja konzistenciju u propisanim granicama.

Na mjestu istovara betona visina slobodnog pada ne smije biti veća od 1 m. Beton se ugrađuje uz ravnomjerno zbijanje igličama i vibratorima. Svježi beton treba zaštititi od potresanja, a očvrsliti od preranog opterećenja. Ovakvu betonsku konstrukciju treba održavati vlažnom najmanje sedam dana, a slijedećih 14 dana štititi od jačeg sušenja. Betoniranje kod temperature ispod +5° C dopušteno je samo uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje.

### 3.5.1 Naglavna temeljna ploča i temeljna stopa

Naglavna AB temeljna ploča za zid „A“ je dimenzija  $b \times h = 610 \times 100$  cm. Središnji AB zid smješten u osi budućeg zida je dimenzija  $b \times h = 60 \times 100$  cm, a zid na rubu temeljne ploče (istočno) je dimenzija  $b \times h = 30 \times 213$  cm u kojem su smještene procjednice na uzdužnom osnom razmaku 2,0 m. Ukupna duljina konstrukcije je 280 m.

Naglavna AB temeljna ploča za zid „B“ je dimenzija  $b \times h = 557 \times 110$  cm. Središnji AB zid smješten u osi budućeg zida i dimenzija je  $b \times h = 60 \times (300 - 610)$  cm. Duljina jedne kampade potpornog zida varira između 11,5 - 23 m. Krajevi kampade dila raju s porom debljine 2 cm. Na svakih 6 - 12 m' izvodi se radna reška dimenzija 4×2 cm dok se od potporne konstrukcije (s debljine 2 cm) nalazi se na svakih 11 - 23 m. Ukupna duljina konstrukcije je 320 m.

Naglavna AB greda pilota za štit konstrukcije je dimenzija  $b \times h = 60 \times 50$  cm, a vezna, sidrena greda je  $b \times h = 40 \times 40$  cm. Ukupna duljina zaštitne konstrukcije je 205 m.

Kvaliteta betona za sve armirano betonske elemente:

- ⌚ razred čvrstoće: C30/37
- ⌚ maksimalna veličina zrna:  $d_{maks} = 16$  mm, aluvijano porijeklo
- ⌚ minimalna količina cementa: min 400 kg/m<sup>3</sup>
- ⌚ maksimalni vodocementni faktor:  $v/c < 0,55 < od v/c(maks) = 0,6$  (uz uporabu super-plasifikatora)



### 3.5.2 Piloti zaštitne konstrukcije i piloti temeljne konstrukcije zida A i B

Armatura pilota najčešće je predviđena od betonskog željeza B500. Izvedba armature je prema planu savijanja armature, koji je sastavni dio projekta. Kako ne bi došlo do deformacije armaturnog koša za vrijeme transporta i ugradnje, povećana im je krutost ukrućenjima od željeza B500, na koja se zavaruju šipke uzdužne armature. Sve spojeve ukrućenja s uzdužnom armaturom potrebno je variti. Nakon ugradnje armaturnog koša potrebno je provesti njegovo centriranje na ušću bušene.

Armaturni koš može biti izveden u jednom ili više segmenata, koji se spajaju tokom ugradnje u bušenu. Dužina segmenta armaturnog koša zavisi će o mogućnosti, transporta i ugradnje. Sva varjenja treba izvesti ispravnim varilac. Armatura mora biti skladištena u suhim uvjetima, čista i bez prisustva korozije za vrijeme ugradnje i betoniranja. Armatura se ne smije savijati na temperaturi manjoj od 5°C. Prije savijanja ne smije biti zagrijana na više od 100°C.

Montaža armaturnog koša mora biti takva da:

- ⌚ armaturni koš može biti dignut i ugrađen bez distorzija
- ⌚ šipke ostanu na predviđenim pozicijama
- ⌚ Poprečna armatura mora biti povezana sa vertikalnom armaturom i mora se nalaziti u ravni kalne armature.

Armatura se u pilote mora ugraditi najbrže moguće nakon čišćenja bušene za pilot. Mora se osigurati zaštitni sloj duž čitave duljine pilota i mora ostati na predviđenoj visini iznad pilota (0.15 m). Prije početka betoniranja nadzorni inženjer treba pregledati armaturu, te upisom u građevinski dnevnik konstatirati da u svemu odgovara projektu. Distanceri fiksiraju poziciju armaturnog koša i osiguravaju zaštitni sloj.

## 3.6 Geotehnički radovi

### 3.6.1 AB piloti

Uređenju gradilišta, kao i kretanju po samom gradilištu treba posvetiti posebnu pažnju. Sastavni dio pripremnih radova, koji prethode zemljanim radovima na iskopu pilota, jest i prikupljanje sve dokumentacije, koja upućuje na podzemne instalacije unutar gabarita iskopa, a osobito na trasi pilota. Ukoliko se utvrdi postojanje instalacija (osobito energetskih kablova, kanalizacionih i vodovodnih instalacija), iste je, prije početka iskopa, potrebno neutralizirati i otkloniti.

Za potrebe izvedbe pilota potrebno je izraditi kvalitetan radni plato najmanje širine 5 m, koji omogućuje rad i manevar bušačkog stroja. Zbijenost tla koja se traži na platou treba biti minimalno 40 MPa, mjerena kružnom pločom Ø 30 cm. Pokos ispred platoa treba biti izveden prema priloženim nacrtima.

---

Prije početka radova na iskopu pilota, osi pilota trebaju iskolčene položajno i visinski, prema crtežima u prilogu. Izvoditelj će provesti potrebna iskolčenja, odgovoran za izmjere, te poduzeti potrebnu predostrožnost provjere dimenzija (visinske kote, profili) kod izvedbe pilota potrebno je konstantno kontrolirati iskolčenje. Pilote treba izvesti s tolerancijom točnos od 10 cm, dok je točnost odstupanja osi pilota od vertikale koja se tolerira 5%, što treba kontrolirati indirektno preko pribora za izvedbu pilota. Ako pilot nije izveden unutar navedenih granica točnos, provest će se kontrola dimenzioniranja. U slučaju da kontrola pokaže da pilot ne može ispunjavati privremenu funkciju pristupit će se sanaciji.

Radovi na izradi pilota Ø 40 cm mogu se podijeliti u sljedeće faze:

- ⌚ izvedba radnog platoa,
- ⌚ iskop bušotina,
- ⌚ izrada i ugradnja armaturnih koševa,
- ⌚ ugradnja betona u bušotinu,
- ⌚ završni radovi.

Radovi na izradi pilota Ø 80 i Ø100 cm mogu se podijeliti u sljedeće faze.

- ⌚ iskop do kote izvođenja pilota temelje konstrukcije
- ⌚ uređenje temeljnog tla i radnog platoa
- ⌚ iskop bušotina s provjerom dubine lapora te eventualno produbljenje radi zadovoljenja kriterija ulaska pilota u lator minimalno 2,5 m
- ⌚ izrada i ugradnja armaturnih koševa,
- ⌚ ugradnja betona u bušotinu,
- ⌚ završni radovi

### 3.6.2 Geotehnička sidra

Tehnički uvjeti izvođenja geotehničkih sidara u skladu su s uobičajenim principima projekiranja i izvedbe geotehničkih sidara. Oni se mogu nadopuniti i izmijeniti u toku samih radova, ali samo u okvirima predviđenim ovim projektom i uz suglasnost projektanta. Sva sidra se izvode u glinovim materijalima.

Radovi na izvedbi sidara teku sljedećim redoslijedom:

- ⌚ pripreme ugradbenih materijala, pripreme injekcijske smjese i sistema za injekciju,
- ⌚ bušenje s ugradnjom sidara i injekcijom sidrišne dionice,
- ⌚ postupak provedbe naknadnog injekiranja,
- ⌚ testovi prikladnosti i prihvatljivosti s prednaprezanjem sidara

Bušenju za sidra se pristupa nakon što je izvršeno odgovarajuće uklanjanje postojećih građevina, te nasipavanje do potrebne kote za plato. Ono se izvodi pod kutom, koji je definiran u odgovarajućim nacrtima. Duljina bušenja za sidra mora biti minimalno 30 cm veća od duljine

---

ugrađene čelične šipke. Kroz šipku – cijev u skuje se smjesa za injek ranje čiji je približan sastav određen projektom.

Kroz šipku – cijev u skuje se smjesa za injek ranje čiji je približan sastav:

- ⌚ cement 100%,
- ⌚ dodatak za bubrenje (IKATON 0.5% ili INTRAPLAST 1% u odnosu na količinu cementa),
- ⌚ omjer suha tvar : voda = 1 : 0.42

Sastav smjese određuje se prethodnim laboratorijskim ispitivanjem prije ugradnje. Tlačna čvrstoća smjese za ispunu štapnog sidra treba zadovoljavati sljedeće minimalne uvjete:

- ⌚ tlačna čvrstoća nakon 7 dana  $\sigma = 20 \text{ MN/m}^2$ ,
- ⌚ tlačna čvrstoća nakon 28 dana  $\sigma = 30 \text{ MN/m}^2$ .

Odabrana tehnologija za bušenja sidara mora takva da omogućava pravilnu ugradnju i injek ranje sidra. Za vrijeme bušenja treba voditi zapisnik (interni dnevnik) o napredovanju radova, materijalu i ostalim uočenim pojavama, kako bi se, u slučaju podbacivanja nosivosti sidra, moglo dokazati i odobriti projektne promjene.

Za provođenje kvalitetnog bušenja potrebno je:

- ⌚ osigura kvalitetnu podlogu, s dovoljnim radnim prostorom za bušaču garnituru,
- ⌚ tehniku bušenja prilagodi sastavu i karakteristikama tla,
- ⌚ pratiti i bilježiti propadanje bušačkog pribora i to naročito u zoni sidrenja.

Promjer glave bušače krunice za bušenje je minimalno 130 mm. Bušnje se izvode pod zadanim kutom i rasporedom. Tehniku bušenja potrebno je prilagoditi sastavu i karakteristikama tla. Za vrijeme bušenja treba voditi zapisnik o napredovanju, materijalu i ostalim pojavama, kako bi se u slučaju eventualnog podbacivanja nosivosti moglo dokazati i odobriti projektne promjene. Bušenju se može pristupiti tek kad je izvršena provjera da je bušači stroj pravilno centriran i usmjeren kroz uvodno kućište. Potrebno je voditi zapisnik o bušenju svake bušnje. U njemu se navode podaci o načinu bušenja, o tlu, o dubini pojave određenog sloja tla, o korištenju vode za bušenje i to naročito u zoni sidrenja, te o svim ostalim važnim podacima, koji su značajni za bušenje.

### 3.6.2.1 Postupak ugradnje i injektiranje

Svrha injek ranja sidrišne dionice je ostvarenje kontakta sidro-tlo, povećanje čvrstoće i smanjenje propusnosti materijala tla u sidrišnoj dionici. Pri injek ranju sidrenih bušnja postoje tri glavna činioca, koji imaju neposredan utjecaj na kvalitetu izvedbe:

- ⌚ receptura smjese za injek ranje,
- ⌚ veličina i način primjene injekcijskog tlaka,
- ⌚ brzina i vrijeme ubrizgavanja injekcijske smjese.

---

Pri svakoj injekcijskoj smjesi pri bušenju kod sidrišne zone mora biti minimalno 20 bara pri jekom ugradnje sidara. Tijekom postupka naknadnog injektiranja prije cca 50 bara. Slobodna dionica sidara u definiranoj dužini od potporne konstrukcije ostvaruje se bušenjem s korištenjem vode (bez upotrebe cementa). Preostala dužina sidra, tzv. Sidrišna zona, se buši korištenjem cementa, i u konačnici injektira se sa zadržavanjem pri pritisku. Injektor mora imati mogućnost neprekidnog rada sa minimalnim kapacitetom od 20 l/min kod pritiska od 2000 kPa. Isto tako, injektor mora biti sposoban ubrizgavati smjesu sa pijeskom frakcije 0 - 4 mm. Na injektoru mora biti montiran samoregistrirajući manometar, koji treba automatski bilježiti proces injektiranja bez prekida.

### 3.6.2.2 Prednaprezanje sidara

Prednaprezanje, a ujedno i ispitivanje privremenih samobušivih štapnih sidara provodi se prema smjernicama iz normama kojima su predviđena ispitivanja prikladnosti i prihvatljivosti od strane izvođača. S obzirom da je karakteristična otpornost  $R_{a,k}$  sidara određena proračunom, tada je potrebno dobivene vrijednosti potvrditi ispitivanjem prikladnosti ugrađenih sidara (ispitivanje prikladnosti, eng. "suitability test"), gdje se provjerava da li sidro ima proračunom predviđenu karakterističnu otpornost  $R_{a,k}$ . Predviđa se provedba 2 testa prihvatljivosti. Svako ugrađeno sidro potrebno je ispitati opterećivanjem do proračunske (radne) otpornosti sidra  $R_{a,d}$  (ispitivanje prihvatljivosti, eng. "acceptance test").

Kako se sva sidra pritežu na projektnu silu prednaprezanja ispitivanja prikladnosti i prihvatljivosti sidara ujedno predstavljaju i program prednaprezanja sidara. Izvođač mora angažirati pravnu/fizičku osobu koja je ovlaštena za testiranje prikladnosti i prihvatljivosti sidara te posjedovati valjanu potvrdu za umjerenu i tešku opremu.

Prednaprezanje sidara može se pristupiti najmanje 10 dana nakon provedenog injektiranja sidrišne dionice, odnosno nakon što je smjesa za injektiranje sidrišne dionice dosegla čvrstoću od min. 30 MN/m<sup>2</sup>. Spomenuti rok za provedbu prednaprezanja može se i skratiti na osnovu rezultata prethodnih ispitivanja injekcijskih smjesa, ali ne smije biti manji od 7 dana.

Prednaprezanjem sidara postižu se sljedeći efekti :

- ⌚ omogućava se trenutno aktiviranje sidra, nakon čega će se procesom samonaprezanja doći do potrebne sile, čiju veličinu unutar cjelovitog geostatičkog sustava autonomno odrađuju ravnotežni i deformacijski uvjeti,
- ⌚ postaje se traženo poboljšanje deformacijskih karakteristika,
- ⌚ posredno se kontrolira uspješnost izvedenosti sidara mjerenjem pomaka glave sidra jekom postupka prednaprezanja,
- ⌚ prednaprezanjem sidra, odnosno veličinom unešene sile može se utjecati na veličinu pomaka zaštitne konstrukcije za vrijeme njezine upotrebe.

---

Prednaprezanje se izvodi u dvije faze. U prvoj fazi sidro se zateže do predviđene vrijednos kojom se dokazuje da sidro može preuzeti projektnu radnu silu. Nakon toga, sila u sidru se otpušta, te konačno zateže na silu prednaprezanja. Provedbom opisanog testa prihvatljivos ispunjavanjem kriterija dokazuje se sposobnost sidra za preuzimanje proračunskih vrijednos vanjskih nepovoljnih djelovanja. Testovi prikladnos provode prema drugačijem režimu ispi vanja.

Sila koja ostaje u sidru nakon testa prihvatljivos predstavlja silu prednaprezanja. Ukoliko se praćenjem pomaka zateže konstrukcije utvrdi da je došlo do vrijednosvan okvira veličine sila unesenih u geotehnička sidra, donosi odgovorni projektant uz suglasnost nadzornog inženjera.

Rezultati ispi vanja moraju bi dostavljeni na vrijeme i u odgovarajućem obliku (dijagrami sila – pomak, vrijeme - pomak), kako bi analiza dobivenih vrijednosla bi napravljena na zadovoljavajući način. Interpretaciju rezultata kontrolnog (primopredajnog) ispi vanja geotehničkih sidara obavlja odgovorni projektant ili nadzorni inženjer.

#### Oprema za prednaprezanje

Za ostvarenje sile opterećenja koristi se specijalne hidrauličke preše odgovarajućeg kapaciteta i hidrauličke pumpe (Proceq SP20). U sklopu preše i pumpe trebaju ispravni i baždareni mjerni instrumen (manometar, dinamometar i milimetarsko mjerilo na klipu). Pored navedenog, u sustavu mjernih sklopova trebaju biti mikroure učvršćene na nepomičnoj podlozi, pomoću kojih će se očitavati pomaci potporne konstrukcije u smjeru sidra, na mjestu sidrišne ploče. Oslonci nosača mikroure moraju biti 2 m udaljeni od sidra.

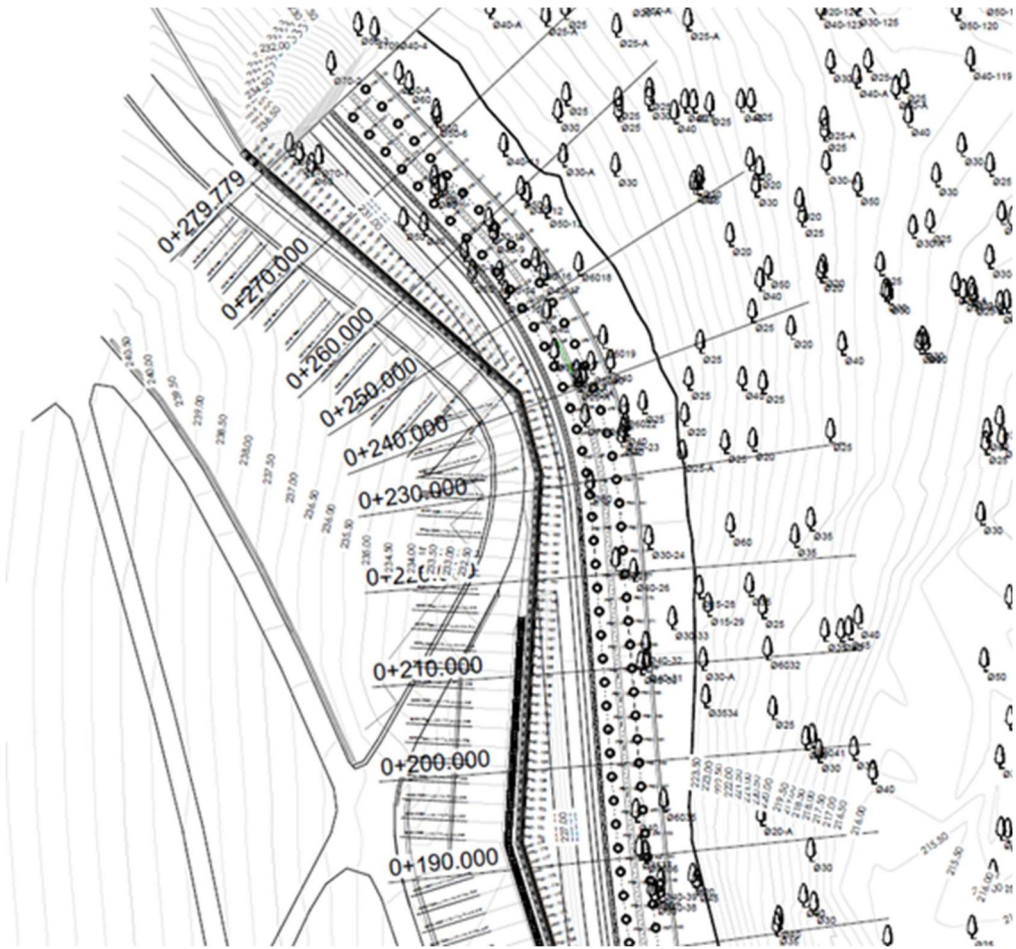
#### 3.6.2.3 Geotehnička sidra na projektu – Gaj urni

Projektom potporne konstrukcije za osiguranje zgrade građevne jame predviđena je upotreba geotehničkih, samobušivih sidara R38N, sila popuštanja  $F_y = 400$  kN, duljine slobodnog + sidrenog dijela = 6 + 7 m. Projektnu dužinu čini sastavljanjem prekopskog kuplunga, koji se ugrađuje injektiranjem jekom i nakon bušenja. Broj, nagib, duljina, visinski položaj i raspored sidara prikazan je na odgovarajućim nacrtima.

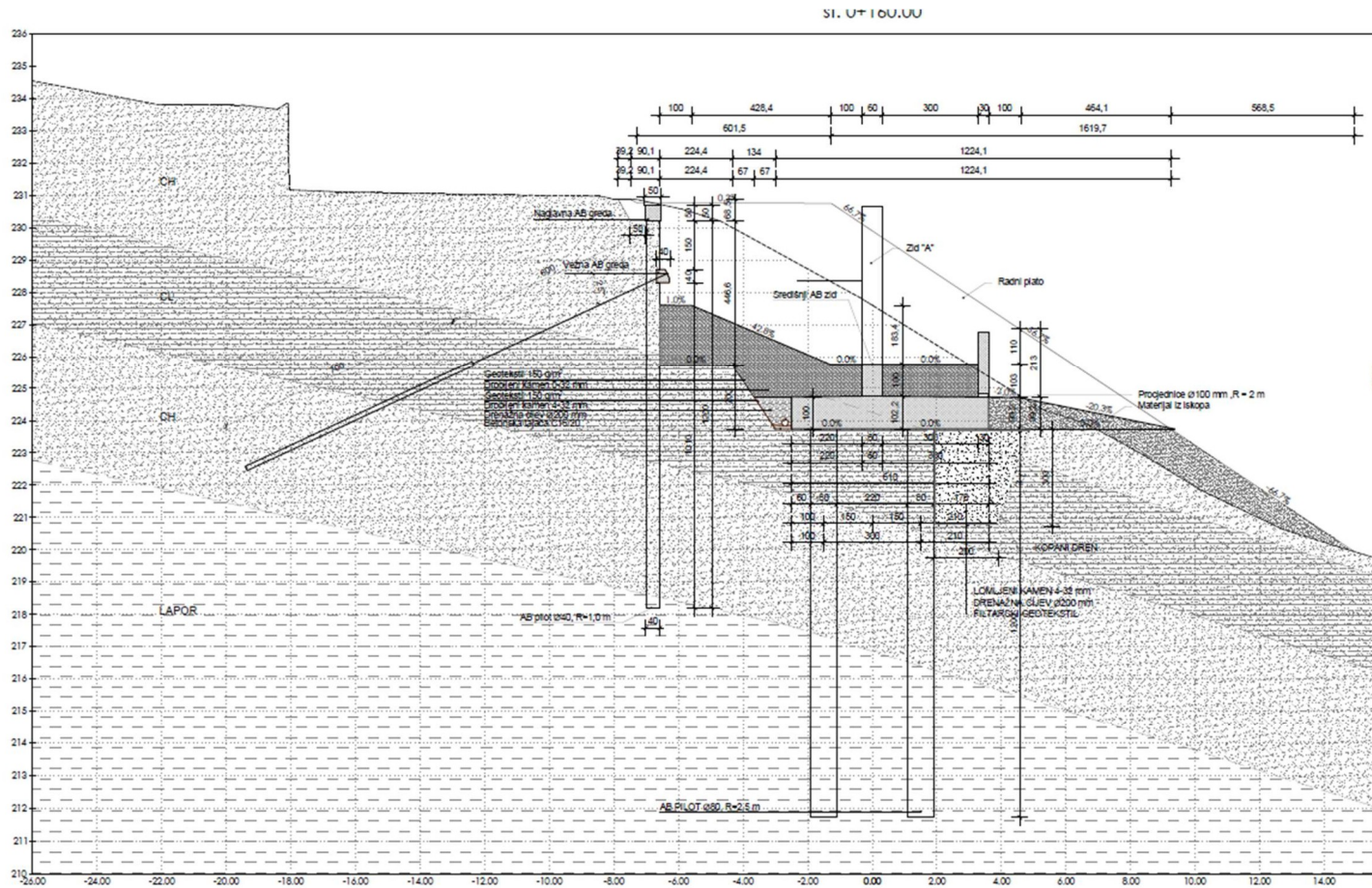
Kod pilotke žene izvede će se prednapregnuta, samobušiva, geotehnička odnosno aktivna sidra  $\varnothing 38$ mm L=13m, minimalne vlačne čvrstoće  $F=400,0$  kN ugrađuju se prema detaljima i uvjetima iz projekta. Prilikom izvedbe geotehničkih sidara koristi se podložna pločica dimenzija 150x150x8mm, navrtka.

Ugrađuju se 98 sidara na osnovnom razmaku od 2m, sidra se sastoje od 6m slobodnog + 7m sidrenog dijela, može se omogućiti prednapinjanje sidara na silu od 200kN pomoću hidraulične preše.

Uzdužni presjek prikazan je na slici 47, a karakteristični poprečni presjek prikazan na slici 48.

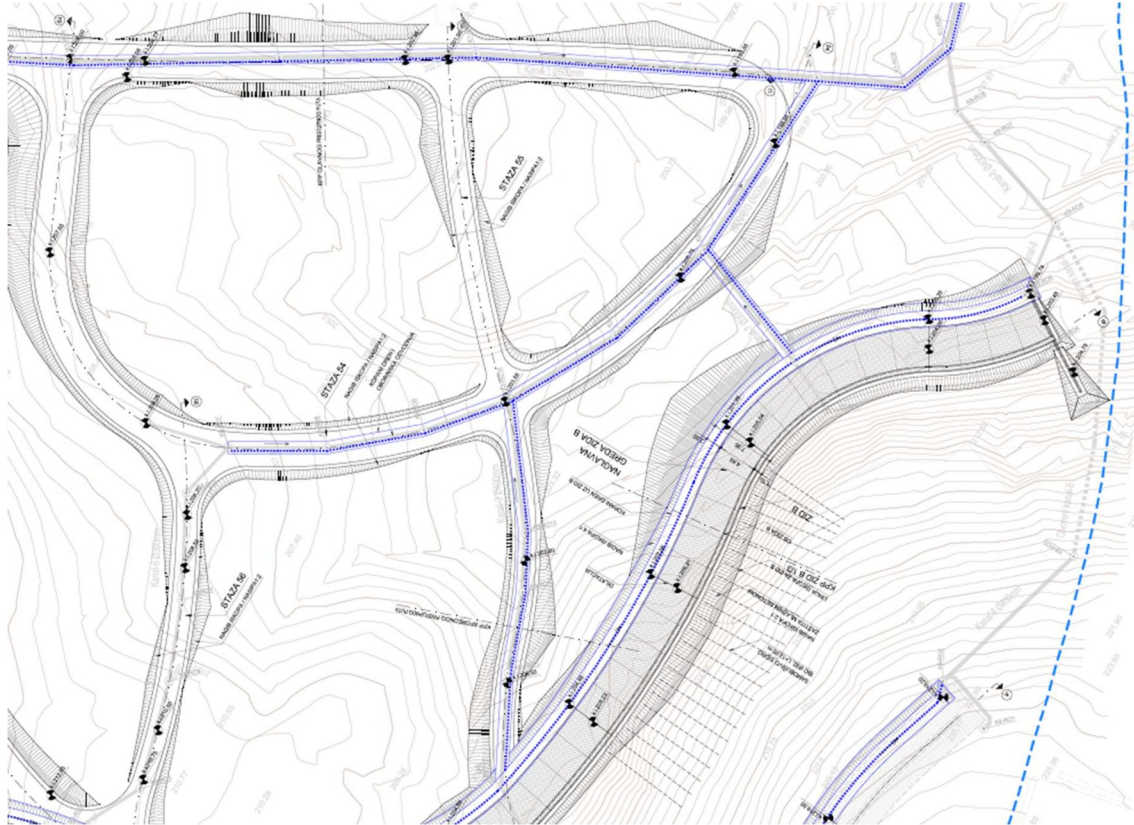


Slika 47. Uzdužni presjek pilotske stijene i zida A



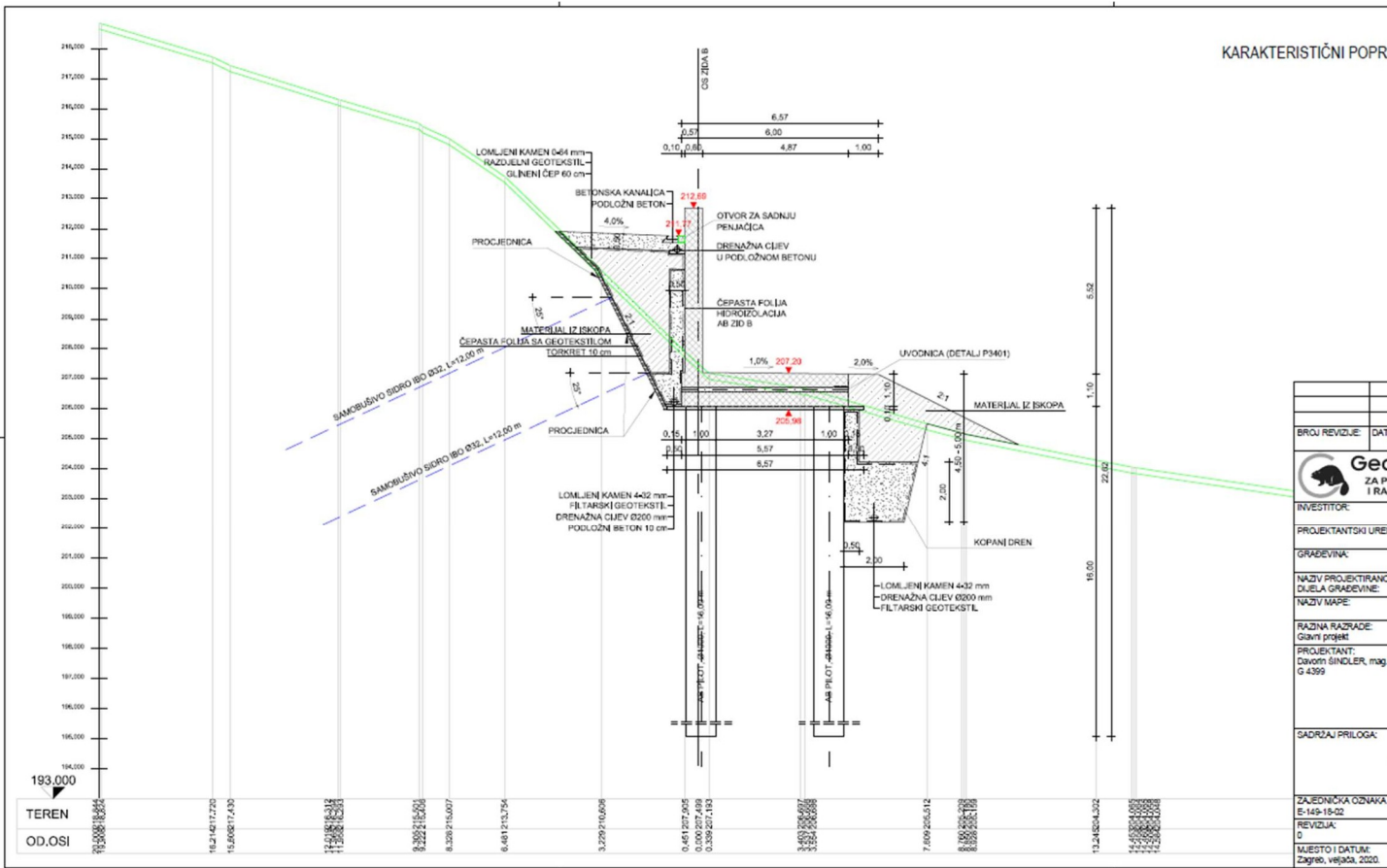
Slika 48. Karakteristični poprečni presjek pilotske stijene i zida A

Kod Zida B izvode se pasivna, samobušiva sidra  $\varnothing 32\text{mm}$   $L=12\text{m}$ , minimalne vlačne čvrstoće (pri slomu)  $F=280,0\text{ kN}$  ugrađuju se prema detaljima i uvrje ma iz projekta. Dimenzija podložne pločice su  $150 \times 150 \times 8\text{mm}$ . Prilikom izrade Zida B postavili su 46 samobušivih sidara (Slika 49) na rasteru  $2 \times 2\text{m}$  u dva sloja i to samo na dijelu od  $48\text{m}$ , nad pilo ma  $\varnothing 100\text{cm}$ , kako je i prikazano na slici. Sidra su injek rana cijelom dužinom te se zatežu do sile od  $20\text{kN}$ . Karakterisčni poprečni presjek Zida B prikazan je na slici 50.



Slika 49. Sidra na zidu B





Slika 50. Karakteristični poprečni presjek za zida B

### 3.6.2.4 Prednaprežanje sidra

Prednaprežanje sidara može se pristupiti najmanje 10 dana nakon provedenog ispitivanja sidrišne dionice, odnosno nakon što je smjesa za ispitivanje sidrišne dionice dosegla čvrstoću od min. 30 MN/m<sup>2</sup>. Spomenuti rok za provedbu prednaprežanja može se i skratiti na osnovu rezultata prethodnih ispitivanja injekcijskih smjesa, ali ne smije biti manji od 7 dana.

Prednaprežanjem sidara postižu se slijedeći efekti :

- ⌚ omogućava se trenutno aktiviranje sidra, nakon čega će se procesom samonaprežanja doći do potrebne sile, čiju veličinu unutar cjelovitog geostatičkog sustava autonomno odražavaju ravnotežni i deformacijski uvjeti,
- ⌚ postaje se traženo poboljšanje deformacijskih karakteristika sidra,
- ⌚ posredno se kontrolira uspješnost izvedbe sidara mjerenjem pomaka glave sidra tijekom postupka prednaprežanja,
- ⌚ prednaprežanjem sidra, odnosno veličinom unesene sile može se utjecati na veličinu pomaka zaštitne konstrukcije za vrijeme njezine upotrebe.

Prednaprežanje se izvodi u dvije faze. U prvoj fazi sidro se zateže do predviđene vrijednosti, kojom se dokazuje da sidro može preuzeti projektnu radnu silu. Nakon toga, sila u sidru se otpušta, te konačno zateže na silu prednaprežanja. Provedbom opisanog testa prihvatljivosti i ispunjavanjem kriterija dokazuje se sposobnost sidra za preuzimanje proračunskih vrijednosti vanjskih nepovoljnih djelovanja. Testovi prikladno se provode prema drugačijem režimu ispitivanja.

Sila koja ostaje u sidru nakon testa prihvatljivosti predstavlja silu prednaprežanja. Ukoliko se praćenjem pomaka zaštitne konstrukcije utvrdi da je došlo do vrijednosti van okvira veličine sile unesenih u geotehnička sidra, donosi odgovorni projektant uz suglasnost nadzornog inženjera.

Rezultati ispitivanja moraju biti dostavljeni na vrijeme i u odgovarajućem obliku (dijagrami sila – pomak, vrijeme - pomak), kako bi analiza dobivenih vrijednosti bila napravljena na zadovoljavajući način. Interpretaciju rezultata kontrolnog (primopredajnog) ispitivanja geotehničkih sidara obavlja odgovorni projektant ili nadzorni inženjer.

Oprema za prednaprežanje

Za ostvarenje sile opterećenja koristi se specijalne hidrauličke preše odgovarajućeg kapaciteta i hidrauličke pumpe (Proceq SP20). U sklopu preše i pumpe trebaju biti prisutni i baždareni mjerni instrumenti (manometar, dinamometar i milimetarsko mjerilo na klipu). Pored navedenog, u sustavu mjernih sklopova trebaju biti divije mikroure učvršćene na nepomičnoj podlozi, pomoću kojih će se očitavati pomaci potporne konstrukcije u smjeru sidra, na mjestu sidrišne ploče. Oslonci nosača mikroure moraju biti najmanje 2 m udaljeni od sidra.

### 3.6.3 Mlazni beton

Za sanaciju pokosa upotrebljava se mlazni beton ugrađen „mokrim postupkom“ najčešće razreda čvrstoće C24/30 debljine 10 cm, armiran sa armaturnom mrežom Q - 338. Za osiguranje procjeđivanja iza mlaznog betona ugrađuju se drenažne procjednice Ø 50 mm u projek ranom rasteru 2 x 2m.

Kameni agregat - za spravljanje mlaznog betona je drobljeni i separirani kameni agregat i on mora biti čisto. Frakcije koje se koriste su: F1 0-4 mm, F2 4-8 mm, F3 8-16 mm

Cement koji se ugrađuje kod mlaznog betona je oznake PC-30z-45s portland cement opće namjene oznake CEM I ili CEM II/A-S.

Voda za pripremu smjese mora biti čista bez štetnih sastojaka što se potvrđuje certificirano o kakvoći. Ukoliko se upotrebljava voda za piće nije potreban dokaz da kakvoća odgovara propisanim uvjetima. Tehnička svojstva kemijskih dodataka betonu moraju ispunjavati opće i posebne zahtjeve. Skladištenje i primjenu kemijskih dodataka treba provoditi prema uputama proizvođača.

Za prskanje će se poduzeti sljedeće:

- ⌚ potrebno je površinu nanošenja prethodno navlažiti
- ⌚ prskanje će započeti od dna i nastaviti prema gore da se izbjegne prskanje po odskoku,
- ⌚ smjer mlaznice općenito će se održavati okomito prema površini,
- ⌚ brzina i udaljenost prskanja bit će optimalna za maksimalno prijanjanje i nabijanje mlaznog betona.

Optimalna udaljenost između mlaznice i površine ugradbe je 1,0 do 1,3 metra. Mlaznica se postavlja pod pravim kutem na površinu. Uobičajeno se koriste najmanje dvije mlaznice. Armaturna mreža se prekrije mlaznim betonom kako je prikazano na nacrtu projekta. Armaturne mreže i šipke moraju biti unutrašnje strane prekrivene sa minimalno 3 cm mlaznog betona. Otpadni mlazni beton će se ukloniti nakon završetka svake ugradnje mlaznog betona. Ni u kom slučaju se otpadni materijal ne vraća u izvedbu. Rad se neprekidno mora odvijati tako da ima što manje otpadnog materijala. Otpadni materijal se prema programu plana zbrinjavanja otpada odvozi i deponira na najbližu deponiju. Određivanje debljine mlaznog betona može se izvršiti pomoću vizualnih markera/vodilica postavljenih prije ugradnje mlaznog betona ili rupama zabušenim nakon završetka ugradnje mlaznog betona.

Njega mlaznog betona

Izvedene površine mlaznog betona treba štititi od evaporacije vlage kao i obični beton. Sredstva za njegu koja slabe vezu neće se koristiti jer se treba nanijeti daljnji sloj mlaznog betona. Testovi na terenu o vezi između slojeva bit će izvršeni prije početka radova ako se koristi bilo koja druga vrsta sredstva za njegu. Po potrebi, sredstvo za njegu će se ukloniti mlazom vode, pjeskarenjem ili sličnim postupkom, prije nanošenja narednog sloja betona.

---

mraza potrebna je dok mlazni beton ne razvije tlačnu čvrstoću od najmanje 5 MPa. Betoniranje kod temperature ispod +5°C i iznad +30°C moguće je samo uz pridržavanje posebnih mjera.

### Kvaliteta sirovine

Kvaliteta i svojstva sirovine koja se koristi u proizvodnji pojedinih vrsta sastavnih materijala utvrđuju se laboratorijskim ispitivanjem. Po završenim ispitivanjima se izdaje Uvjerenje o kvaliteti i upotrebljivosti primarne sirovine s obzirom na namjenu, koje mora sadržavati sljedeće podatke:

- ⌚ opći dio: naziv materijala, mjesto, podatke o naručitelju, datum uzorkovanja i završetka ispitivanja te laboratorijska oznaka uzorka,
- ⌚ rezultate laboratorijskih ispitivanja,
- ⌚ ocjenu kvalitete i mišljenje o upotrebljivosti sirovine s obzirom na vrstu i namjenu,
- ⌚ rok važenja uvjerenja.

## 3.7 Kontrola kvalitete

### 3.7.1 Armiračkobetonski radovi

Kako bi se osigurala stalna kvaliteta konstrukcije koja je predmet ovog projekta, nužno je:

- ⌚ kontrolira kvalitetu sirovine,
- ⌚ kontrolira kvalitetu materijala koji se ugrađuju,
- ⌚ kontrolira kvalitetu gotove konstrukcije,
- ⌚ osigura nadzornu službu koja će se brinuti za provedbu kontrole kvalitete.

Program kontrole i osiguranja kvalitete osnovni je uvjet za postizanje željenih svojstava betona i konstrukcijskih elemenata u fazi građenja i eksploatacije. Upravljanje kvalitetom definirano je Tehničkim propisom za betonske konstrukcije [16] i Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije [17]. Unutarnja kontrola proizvodnje betona mora obuhvatiti mjere nužne za održavanje i osiguranje svojstava betona. Sustav potvrđivanja sukladnosti betona je 2+, dok se za ispitivanje tlačne čvrstoće najmanje 4 puta godišnje nenajavljeno uzima uzorke betona, po 3 uzorka za svaki sastav betona.

Sastav betona i sastavne materijale za projektirani beton i beton zadanog sastava treba odabrati tako da zadovoljavaju svojstva uvjetovana za svježi i očvrslu beton, uključivo konzistenciju, gustoću, čvrstoću, trajnost, zaštitu ugrađenog čelika od korozije, uzimajući u obzir proizvodni proces i odabrani postupak izvedbe betonskih radova koji uključuju transport, ugradnju, zbijanje, njegovanje i moguće druge tretmane ili obrade ugrađenog betona.

Tlačna čvrstoća utvrđuje se na uzorcima kocka brida 150mm, ispitanim pri starosti 28 dana. Betoniranje se vrši prema posebno razrađenom programu za betoniranje. Program mora

---

obuhva mogućnos isporučitelja betona, izvođača radova, te konstrukcivne zahtjeve konstrukcije. Izbor načina transporta betona garantira njegovu homogenost i nepromjenljivost sastava. U slučaju da je kretanje automiješalice na samom gradilištu otežano, lokalni transport svježeg betona moguć je uz pomoć betonskih pumpi. Betonska mješavina mora imati prije samog ugrađivanja konzistenciju u propisanim granicama. Beton se u pravilu ugrađuje odmah nakon izrade.

Zabranjuje se naknadno dodavanje vode betonskoj mješavini. Betonska mješavina mora imati prije samog ugrađivanja konzistenciju u propisanim granicama. Beton se ugrađuje u skladu s potrebama odabrane tehnologije (kroz pribor kod CFA ili pomoću kontraktora). Na mjestu istovara betona visina slobodnog pada ne smije biti veća od 1 metar. Za ugradnju betona se mogu koristiti i pumpe za beton. Beton se ugrađuje uz ravnomjerno zbijanje igličastim vibratorima. Svježi beton treba zaštititi od potresanja i vibracija, a očvrsliti od preranog opterećenja. Ovakvu betonsku konstrukciju treba njegovati i držati vlažnom najmanje 7 dana, odnosno dok ugrađeni beton ne dostigne najmanje 60% predviđene čvrstoće. Ova problema koja je naročito potencirana u vrijeme visokih odnosno niskih temperatura. Betoniranje kod temperature ispod +5°C odnosno iznad +30°C smatra se betoniranjem u posebnim uvjetima koji zahtijevaju posebne mjere zaštite betona. U tom slučaju beton mora biti i termalno zaštićen odmah nakon završetka betoniranja.

#### Svježi beton

Kontrolni postupak utvrđivanja svojstava svježeg betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju i prema projektu betonske konstrukcije, a najmanje pregledom svake otpremnice i vizualnom kontrolom konzistencije kod svake dopreme (svakog vozila) te, kod opravdane sumnje u konzistenciju i postupkom kojim je ispitana u proizvodnji.

#### Očvrsnuli beton

Utvrđivanje čvrstoće obavlja se na uzorcima kocaka brida 150 mm. Uzima se jedan uzorak za istovrsne elemente betonske konstrukcije koji se bez prekida ugrađivanja betona izvedu unutar 24 sata od betona iskazanih svojstava i od istog proizvođača. Ako je količina ugrađenog betona veća od 100 m<sup>3</sup> za svakih slijedećih ugrađenih 100 m<sup>3</sup> uzima se po jedan dodatni uzorak betona.

#### Ocjenjivanje rezultata ispitivanja

Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće betona ocjenjivanjem rezultata ispitivanja uzoraka sa gradilišta i dokazivanjem karakteristične tlačne čvrstoće betona provodi se ispitivanjem identičnos tlačne čvrstoće.

Ispitivanje i dokazivanje identičnos pokazuje da li ugrađeni beton pripada istom skupu za koji je proizvođačevom ocjenom sukladno utvrđeno da mu je tlačna čvrstoća sukladna s karakterističnom čvrstoćom (f<sub>ck</sub>).

---

Za slučaj nepotvrđivanja zadržanog razreda tlačne čvrstoće betona treba na dijelu konstrukcije u koji je ugrađen beton nedokazanog razreda tlačne čvrstoće provesti dodatno ispitivanje tlačne čvrstoće betona u konstrukciji.

#### Kvaliteta sirovine

Kvaliteta i svojstva sirovine koja se koristi u proizvodnji pojedinih vrsta sastavnih materijala utvrđuju se laboratorijskim ispitivanjem. Po završenim ispitivanjima se izdaje Uvjerenje o kvaliteti i upotrebljivosti sirovine s obzirom na namjenu, koje mora sadržavati sljedeće podatke:

- ⌚ opći dio: naziv materijala, mjesto, podatke o naručitelju, datum uzorkovanja i završetka ispitivanja te laboratorijska oznaka uzorka,
- ⌚ rezultate laboratorijskih ispitivanja,
- ⌚ ocjenu kvalitete i mišljenje o upotrebljivosti sirovine s obzirom na vrstu i namjenu,
- ⌚ rok važenja uvjerenja.

#### 3.7.2 Ispitivanje izvedenih pilota

Ispitivanje cjelovitosti pilota (PIT) u široj je primjeni kao ne razorna metoda ispitivanja kvalitete izvedenih betonskih pilota, prije njihovog uklapanja u konstrukciju. Projektom su predviđena ispitivanja cjelovitosti (integriteta) svih pilota. Ispitivanja cjelovitosti obavljaju se nakon što je glava pilota odbijena na projektnu ranu kotu. PIT test se provodi nakon ispitivanja nosivosti pilota. Provedenim ispitivanjima se dokazuje da su piloti izvedeni u konstrukciji bez prekida betoniranja te da ne postoje zone slabije kvalitete ili smanjenog promjera u odnosu na projektnu ranu dimenzije pilota. O svim provedenim ispitivanjima treba tijekom izvedbe ažurno dostavljati preliminarnu podatke.

Detaljniju obradu i interpretaciju rezultata ispostavlja se završenom ispitivanju u obliku završnog izvješća. U slučaju da se ustanove oštećenja i prekidi betoniranja značajnih dimenzija pristupit će se sanaciji pilota. Ova sanacija se može izvršiti bušenjem bušotice kroz pilot i injekcijom pod tlakom odgovarajućom injekcijskom smjesom.

#### 3.7.3 Kontrola kvalitete sidrenja

Laboratorijska ispitivanja injekcijskih smjesa obuhvaćaju:

- ⌚ prethodna ispitivanja,
- ⌚ kontrolna ispitivanja.

Prethodna ispitivanja služe za određivanje recepture smjese pri čemu je potrebno provjeriti

- ⌚ fizikalna i mehanička svojstva cementa,
- ⌚ protočnost,
- ⌚ izdvajanje vode,
- ⌚ vrijeme vezivanja,

- ⌚ promjena zapremine,
- ⌚ tlačnu čvrstoću nakon 7, 14 i 28 dana,
- ⌚ tlak bujanja pri:
- ⌚ spriječenju deformaciji ( $\epsilon_v = 0$ )
- ⌚  $\epsilon_{maks}$  do ( $\epsilon_v = 0$ )
- ⌚ deformaciju  $\epsilon_v$  pri  $\sigma_v = 30 \text{ MN/m}^2$

Kontrolna ispi vanja obuhvaćaju ispi vanje kvalitete smjese za injek ranje (određivanje tlačne čvrstoće odabranih uzoraka), a obuhvaćaju sva navedena ispi vanja. Kontrolna ispi vanja potrebno je provoditi minimalno na po jednom uzorku na svakom sidru. Odnos između čvrstoća uzoraka od 3, 7 i 28 dana mora se prethodno odrediti u laboratoriju za predviđenu recepturu injekcijske smjese. Navedenim ispi vanjima treba utvrditi promjenu volumena injekcijske smjese svakom očvršćivanju, te da nakon 28 dana ima srednju čvrstoću C25/30.

Protočnost morta za injek ranje za vrijeme injek ranja treba biti dovoljno visoka da se može uspješno pumpa i dovoljno niska da se ne ispuše zrak ili voda.

Izdvajanje vode (bleeding) morta za injek ranje treba biti dovoljno nisko da se spriječi pretjerana segregacija i slijeganje sastojaka morta.

Kod ispi vanja izdvajanja vode ono treba biti manje od 2 % početnog volumena morta za injek ranje nakon 3 h. Ispivanje se sastoji od mjerenja količine vode preostale na površini morta za injek ranje koji je bio zaštićen od isparavanja.

Volumne deformacije morta za injek ranje trebaju biti unutar  $-1\%$  i  $+5\%$ . Za mortove s dodacima za bubrenje ne smije biti smanjivanja volumena. Ispivanjem se mjeri uglavnom promjena obujma uzrokovana segregacijom ili bujanjem.

Tlačna čvrstoća morta za injek ranje treba biti manja od 30 MPa za starost 28 dana, ili 27 MPa za starost 7 dana ako je osnovana na proračunu vjerojatne 28-dnevne iz 7-dnevne čvrstoće.

Ispi vanja prikladnos (suitability test):

- ⌚ ispi vanja prikladnos se provodi na 2 komada radi utvrđivanja karakteristična otpornost sidra na čupanje,
- ⌚ minimalni period između ugradnje i ispi vanja prikladnos sidara je 7 dana,
- ⌚ svako sidro se ispituje do karakteristične otpornosti, odnosno do sile  $F_R = 330 \text{ kN}$
- ⌚ lokacije za ispi vanje prikladnos sidara odredit će geotehnički nadzor uz suglasnost projektanta,
- ⌚ rezultate ispi vanja, odnosno privremena izvješća o obavljenim ispi vanjima sidara, potrebno je geotehničkom nadzoru dostavljati redovno na uvid,

- ⌚ ako rezultati pokažu da je otpornost sidara zadovoljavajuća, geotehnički nadzor daje pismenu suglasnost za nastavak radova izvedbi sidara, koju dostavlja glavnom nadzornom inženjeru,
- ⌚ bez pismene suglasnosti geotehničkog nadzora, glavni nadzorni inženjer ne smije odobri daljnji nastavak radova,
- ⌚ ukoliko rezultati pojedinih ispi vanja ukažu na manju otpornost sidara od projektom zahtjevanje, projektant i geotehnički nadzor će dati upute za daljnje korake,
- ⌚ nakon završetka ispi vanja prikladnosti sidara, potrebno je izraditi i dostaviti završno izvješće geotehničkom nadzoru na ovjeru,
- ⌚ geotehnički nadzor obavezan je biti prisutan na gradilištu za cijelo vrijeme ispi vanja prikladnosti sidara kako bi se uvjerio da je ispi vanje prikladnosti izvela kvalificirana osoba angažirana od strane izvođača.

Ispi vanja prihvatljivosti (acceptance test):

- ⌚ ispi vanja prihvatljivosti je potrebno obaviti na svim ugrađenim sidrima,
- ⌚ sidra je potrebno ispitati do proračunske otpornosti odnosno do sile od  $R = 275$  kN,
- ⌚ nakon doseg proračunske otpornosti potrebno je sidro otpustiti (smanjiti silu na 0 kN),
- ⌚ sidro se ponovno opterećuje  $0,33R$  (eng. lock-off load) i zaklinjuje,
- ⌚ rezultate ispi vanja, odnosno privremena izvješća o obavljenim ispi vanjima sidara, potrebno je geotehničkom nadzoru dostaviti redovno na uvid,
- ⌚ ako rezultati pokažu da je otpornost sidara zadovoljavajuća, geotehnički nadzor daje pismenu suglasnost za nastavak radova, koju dostavlja glavnom nadzoru inženjeru,
- ⌚ bez pismene suglasnosti geotehničkog nadzora, glavni nadzorni inženjer ne smije odobri daljnji nastavak radova,
- ⌚ ukoliko rezultati pojedinih ispi vanja ukažu na manju otpornost sidara od projektom zahtjevanje, projektant i geotehnički nadzor će dati upute za daljnje korake,
- ⌚ geotehnički nadzor obavezan je biti prisutan na gradilištu za cijelo vrijeme ispi vanja prihvatljivosti sidara kako bi se uvjerio da je ispi vanje prihvatljivosti izvela kvalificirana osoba angažirana od strane izvođača
- ⌚ Nakon završetka ispi vanja prihvatljivosti sidara, potrebno je izraditi i dostaviti završno izvješće Projektantu na ovjeru.

### 3.7.4 Monitoring

#### OPAŽANJE POMAKA NA VERTIKALNIM INKLINOMETROM

Položaji ugradnje inklinometarske cijevi određena je u skladu sa projektantom, projektnom dokumentacijom te pristupom stroja za bušenje (slika 51). Instalacija se sastoji od cijevi, kliznih spojnica, vijaka i zaštitne trake. Na vrh instalacije se ugrađuje sidreno ušće, koje



---

služi za pričvršćenje nosača kabela. Cijevi su ugrađene u bušinu promjera cca 110 mm. Prostor između cijevi i stjenke bušine je injektiran. Mjerenje horizontalnih pomaka u vertikalno ugrađenim inklinometarskim cijevima izvodi se digitalnom inklinometarskom sondom i pripadnom mjernom opremom. Obrada mjernih podataka obavlja se kompjuterskim programom kojim se bilježe sa mjernom opremom.

Mjerna oprema sastoji se od sljedećeg:

- ⌚ Inklinometarska sonda
- ⌚ Mjerni kabel s nosačem
- ⌚ Digitalni uređaj za očitavanje i pohranu mjernih podataka.

Princip mjerenja horizontalnih pomaka u vertikalno ugrađenoj inklinacijskoj cijevi zasniva se na razlici izmjerenih pomaka između dva mjerenja. Da bi bili u mogućnosti stanje pomaka u vremenu nužno je provesti referentno mjerenje, koje se još naziva "0" (nulto) ili početno mjerenje. Referentno "0" (nulto) mjerenje služi kao referentni podatak – koordinatni sustav za sva sljedeća mjerenja, tj. inkrementalne pomake u odnosu na početno referentno mjerenje.

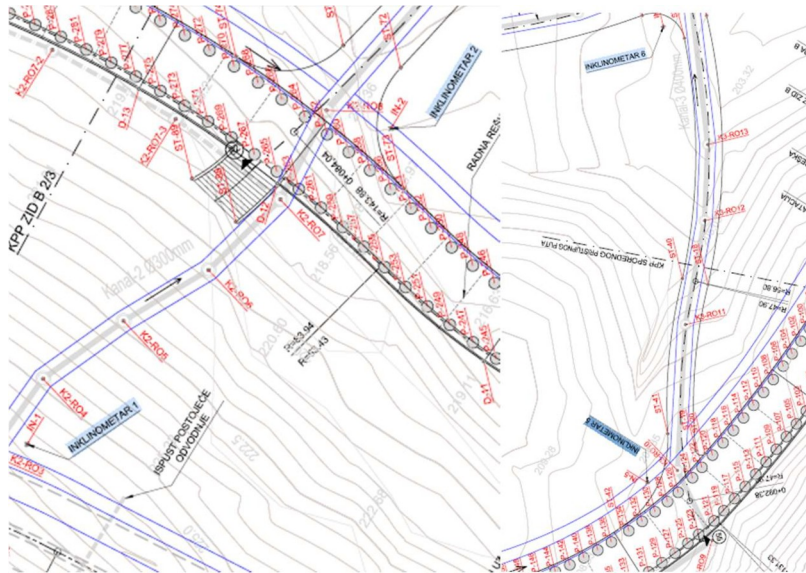
Podaci nultog mjerenja odnose se samo na uređaj kojim je izvršeno mjerenje i na njih se može referencirati samo uz korištenje istog uređaja. Prilikom mjerenja horizontalnih pomaka na inklinometru obvezatno je mjerenje pomaka na pripadnom geodetskom reperu.

Evidencija podataka mjerenja

Osnovni podaci o obavljanju mjerenja (datum izvršavanja mjerenja, izvoditelj mjerenja i sl.) unose se u posebni formular. Ovi podaci se odlažu u Građevinski dnevnik.

Učestalost mjerenja:

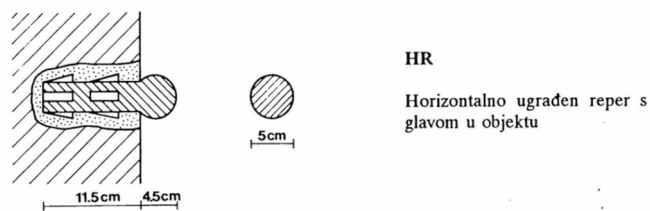
Tijekom izvedbe konstrukcije, jedanput u dva tjedna. Po završetku i izgradnji objekta učestalost geodetskog opažanja smanjuje se na 1 puta mjesečno u periodu 12 mjeseci iza izvedbe konstrukcije. Sva pojedinačna mjerenja treba ažurno dostavljati glavnom inženjeru, nadzornom inženjeru i projektantu kako bi se na vrijeme moglo intervenirati u koliko ponašanje temelja nije u skladu s projektnim predviđanjima.



Slika 51. Položaju inklinometara na projektu Gaj urni

## OPAŽANJE POMAKA GEODETSKIM REPERIMA

Geodetske kontrolne točke (reperi, slika 52) ugrađuju se u elemente betonskih nad - temeljnih konstrukcija s ciljem praćenja pomaka objekata kroz građenje i u eksploataciji. Geodetski reperi ugrađuju se kao klinovi ugrađeni u betonski element. Klin je tokarena šipka duljine 15 cm izrađena od mesinga ili prokroma, sa navojem promjera 5/8" ili bez njega. Ugradnju geodetskih kontrolnih točaka treba izvršiti prema uputama i uz kontrolu geodetskog nadzora.



Slika 52. Shema repera

Projektom je predviđeno:

- ⌚ Opažanje slijeganja pomoću preciznog geodetskog nivelmana
- ⌚ Zahjevana točnost mjerenja iznosi  $\pm 1.0$  mm.

Učestalost mjerenja:

Tijekom izvedbe konstrukcije, jedanput u dva tjedna. Obvezatno je mjerenje svih repera nakon značajnijeg nanošenja opterećenja (izvedba nasipa, betoniranje kampada, betoniranje

---

ploče). Po završetku i izgradnji objekta učestalost geodetskog opažanja smanjuje se na 1 puta mjesečno u periodu 12 mjeseca iza izvedbe konstrukcije. Sva pojedinačna mjerenja treba ažurno dostavljati glavnom inženjeru, nadzornom inženjeru i projektantu kako bi se na vrijeme moglo intervenirati u koliko ponašanje temelja nije u skladu s projektnim predviđanjima.

#### Evidencija podataka mjerenja

Osnovni podaci o obavljanju mjerenja (datum izvršavanja mjerenja, izvoditelj mjerenja i sl.) unose se u posebni formular. Ovi podaci se odlažu u Građevinski dnevnik.

#### Prezentacija i interpretacija podataka mjerenja

Za obradu geodetski mjerenih vrijednosti potrebno je maksimalno korismogućnos generiranja podataka u dijagrame. Na dijagramima trebaju biti vidljivi prostorni pomaci svake točke pojedinačno, njihov međusobni odnos kao i vremenski razvoj mjerenih vrijednos

## 4 Prikaz i analiza tehnologija i organizacije radova na promatranom projektu

### 4.1 Iskaz stavki po količinama radova

U ovome poglavlju će bi prikazane količine radova za projekt Gaj urni – Mitrogoj. Količine radova računaju se za radove na Zidu A u kojemu su uključene i količine radova za privremenu konstrukciju te za Zid B. Iskazi stavaka podijeljeni su na pripremne, zemljane, betonske, drenažne radove, AB pilote te na zaštopa. Unutarh radova nalaze se stavke s prikazanim obujmom radova.

#### 4.1.1 ZID A

Prvo će se da iskazi količina radova kod Zida A. Najznačajnije stavke kao i kod svih građevinskih radova su količina armature te betoniranje, no na ovome projektu jedna od značajnih stavka je i bušenje rupa za AB pilote. Sve količine radova za Zid A prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Iskaz stavki po količinama radova za Zid A

A.1.	PRIPREMNI RADOVI		
A.1.1.	Uređenje gradilišta	kompl.	1,00
A.1.2.	Ograda gradilišta h=200 cm.	m'	640,00
A.1.3.	Gradilišna ploča	kom.	1,00
A.1.4.	Geodetski radovi	kompl.	1,00
A.1.5.	Uklanjanje stabala	kom	123,00
A.2.	ZEMLJANI RADOVI		
A.2.1.	Strojni iskop humusa.	m3	1.750,00
A.2.2.	Izrada radnog platoa od lomljenog kamena 0-32 mm	m3	5.478,00
A.2.3.	Iskop u tlu 'C' kategorije.	m3	17.570,00
A.2.4.	Uređenje temeljnog tla iskopa mehaničkim zbijanjem	m2	1.960,00
A.2.5.	Izrada nasipa od materijala C kategorije	m3	780,00
A.2.6.	Lomljeni kamen 0-32 mm	m3	3.800,00
A.2.7.	Ugradnja razdjelnog geotekstila	m2	3.500,00
A.3.	BETONSKI RADOVI		
A.3.1.	Betoniranje temeljne ploče	m3	1.725,00
A.3.2.	Betoniranje zida	m3	350,00
A.3.3.	Betoniranje naglavne grede zaštitne konstrukcije	m3	62,00

A.3.4.	Betoniranje vezne grede zaštitne konstrukcije	m3	33,00
A.3.5.	Podložni beton klase C16/20 Nabava, doprema i ugradnja podložnog betona klase C16/20. Beton se ugrađuje ispod drenažne cijevi u debljini od 10cm kao tajača. U cijenu je uključena nabava, doprema ugradnja betona, oplata i kontrola kvalitete betona. Stavka se obračunava u m3 ugrađenog betona.	m3	18,00
A.3.6.	Armatura temeljne ploče, AB zidova, vezne grede, naglavna greda pilotne stijene	kg	269.749,00
A.4.	<b>DRENAŽA TEMELJNE KONSTRUKCIJE ZIDA A</b>		
A.4.1.	Filtarski geotekstil	m2	2.000,00
A.4.2.	Drenažni materijal	m3	220,00
A.4.3.	Perforirana drenažna cijev	m'	280,00
A.4.4.	Izvedba procjednica	kom	140,00
A.5.	<b>ZAŠTITA ISKOPA</b>		
A.5.1.	Zaštita lica pokosa mlaznim betonom C24/30 i armaturnom mrežom	m2	740,00
A.5.2.	Samobušiva sidra Ø38mm L=13m	kom	98,00
A.5.3.	Plastična čepasta folija	m2	740,00
A.5.4.	Probno ispitivanje sidara Sidro se ispituje do sile 330 kN. Ispitivanje izvlačenja obavljaju se na temelju ISRM Doc 2, Dio 1 "Preporučena metoda za ispitivanje štapnih sidara" od ovlaštene institucije. Ispitivanj sidra smije se pristupiti nakon što je čvrstoća dosegla min 30 MN/m2. U cijenu je uključen sav rad i materijal potreban za izvođenje stavke. Obračun radova prema komadu ispitivanog sidra.	kom	2,00
A.5.5.	Kontrolna ispitivanja sidara.	kom	5,00
A.5.6.	Zaštita građevne jame plastičnom folijom	m2	1.400,00
A.6.	<b>AB PILOTI</b>		
A.6.1.	Radni plato i osiguranje radnog prostora	m'	1.960,00
A.6.2.	Bušenje pilota Ø 800 mm, L=12m.	m'	2.676,00
A.6.3.	Bušenje pilota Ø 400 mm, L=12m.	m'	2.346,00
A.6.4.	Armatura pilota	kg	212.680,00
A.6.5.	Betoniranje pilota C30/37, Ø 800 mm	m3	1.338,00
A.6.6.	Betoniranje pilota C30/37, Ø 400 mm	m3	298,00
A.6.7.	Obrada betonskog vrha pilota	kom	223,00
A.6.8.	Kontrola integriteta pilota	kom	223,00
A.7.	<b>GEOTEHNIČKO OPAŽANJE</b>		
A.7.1.	Mjerenje - vertikalni inklinometar	kom	36,00
A.7.2.	Mjerenje - geodetske točke	kom	36,00

## 4.1.2 ZID B

U tablici 3. prikazane su količine radova za Zid B, opseg radova je puno veći nego za Zid B. Najveća razlika između stavka u tablici 2. i 3. je iskop koja je kao što je prethodno objašnjeno različita kod Zida A i B te u izvedbi pilota  $\Phi 1000$  koje nemamo kod Zida A.

Tablica 3. Iskaz stavki po količinama radova za Zid B

Stavka	Opis	Jed. mjere	Količina
B.1.	PRIPREMNI RADOVI		
B.1.1.	Uređenje gradilišta	kompl.	1,00
B.1.2.	Ograda gradilišta h=200 cm.	m'	500,00
B.1.3.	Geodetski radovi	kompl.	1,00
B.1.4.	Uklanjanje stabala	kom	128,00
B.2.	ZEMLJANI RADOVI		
B.2.1.	Strojni iskop humusa.	m3	2.088,25
B.2.2.	Iskop u tlu 'C' kategorije.	m3	4.002,96
B.2.3.	Uređenje temeljnog tla iskopa mehaničkim zbijanjem	m2	9.242,53
B.2.4.	Izrada nasipa od materijala C kategorije	m3	5.596,24
B.2.5.	Iskop u tijelu aktivnog klizišta	m3	2.153,34
B.2.6.	Lomljeni kamen 0-30 cm	m3	1.463,06
B.2.7.	Ugradnja razdjelnog geotekstila	m2	8.881,70
B.2.8.	Izrada nosivog sloja od kamenog materijala 0/64 mm	m3	2.092,38
B.2.9.	Izrada nosivog sloja od asfaltbetona	m2	50,00
B.3.	BETONSKI RADOVI		
B.3.1.	Betoniranje naglavne grede C30/37	m3	1.950,00
B.3.2.	Betoniranje zida C30/37	m3	
B.3.4.	Podložni beton klase C16/20	m3	198,50
B.3.5.	Armatura, naglavne grede, AB zidova, stepeništa		
B.3.1.	RA armatura	kg	210.000,00
B.3.2.	MA armatura	kg	100.000,00
B.3.6.	Hidroizolacija betona	m2	1.200,00
B.3.7.	Uvodnica za geotehnička sidra	kom	200,00
B.4.	KOPANI DREN I ODVODNJA		
B.4.1.	Iskop drenažnog rova Drenažni rov širine 2 m dubine 4-5 m u materijalu "C" kategorije.	m3	7.917,03
B.4.2.	Filtarski geotekstil	m2	15.348,94

B.4.3.	Drenažni materijal	m3	6.934,16
B.4.4.	Perforirana drenažna cijev	m'	1.154,00
<b>B.5. ZAŠTITA POKOSA</b>			
B.5.1.	Zaštita lica pokosa mlaznim betonom i armaturnom mrežom C24/30,	m2	331,19
B.5.2.	Samobušiva sidra Ø32mm L=12m	kom	46,00
B.5.3.	Izvedba procjednica	kom	80,00
B.5.4.	Plastična čepasta folija	m2	331,19
B.5.5.	Kontrolna ispitivanja sidara.	kom	3,00
<b>B.6. AB PILOTI</b>			
B.6.1.	Radni plato i osiguranje radnog prostora	m'	875,00
B.6.2.	Bušenje pilota Ø1000 mm, L=16m.	m'	2.592,00
B.6.3.	Bušenje pilota Ø800 mm, L=14m.	m'	2.436,00
B.6.4.	Armatura pilota	kg	456.199,30
B.6.5.	Betoniranje pilota Ø1000 mm od betona klase čvrstoće C30/37	m3	2.034,72
B.6.6.	Betoniranje pilota Ø800 mm od betona klase čvrstoće C30/37	m3	1.223,85
B.6.7.	Obrada betonskog vrha pilota	kom	336,00
B.6.8.	Kontrola integriteta pilota	kom	336,00
<b>B.7. GEOTEHNIČKO OPAŽANJE</b>			
B.7.1.	Mjerenje - vertikalni inklinometar	kom	36,00
B.7.2.	Mjerenje - geodetske točke	kom	36,00

## 4.2 Logistika izvedbe radova na sanaciji klizišta Gaj urni – Mirogoj

Kretanje po gradilištu i pristupni putevi te gradilišni kontejner i privremeni sanitarni čvorovi prikazani su na slici 53. Privremena konstrukcija nalazi se sa zapadne strane i pristup toj lokaciji je otežan radi uskih lokalnih prometnica između grobnih polja (slika 54). Zid A se nalazi odmah ispod njega, a pristup toj konstrukciji kao i Zidu B kao što je i prikazano na slici 53 pomoću budućih staza i stepeništa. Zid A i B imaju na dva mjesta lomove koji omogućavaju nesmetanu komunikaciju između zidova. Privremena deponija se nalazi na sjevernoj strani obuhvata te je na njoj predviđeno postavljanje dva sanitarna čvora. Uredski kontejner će postavljen na sjeverozapadnoj strani te će se u njemu provoditi koordinacije.





Slika 53. Shema gradilišta



Slika 54. Uske prometnice između grobnih polja

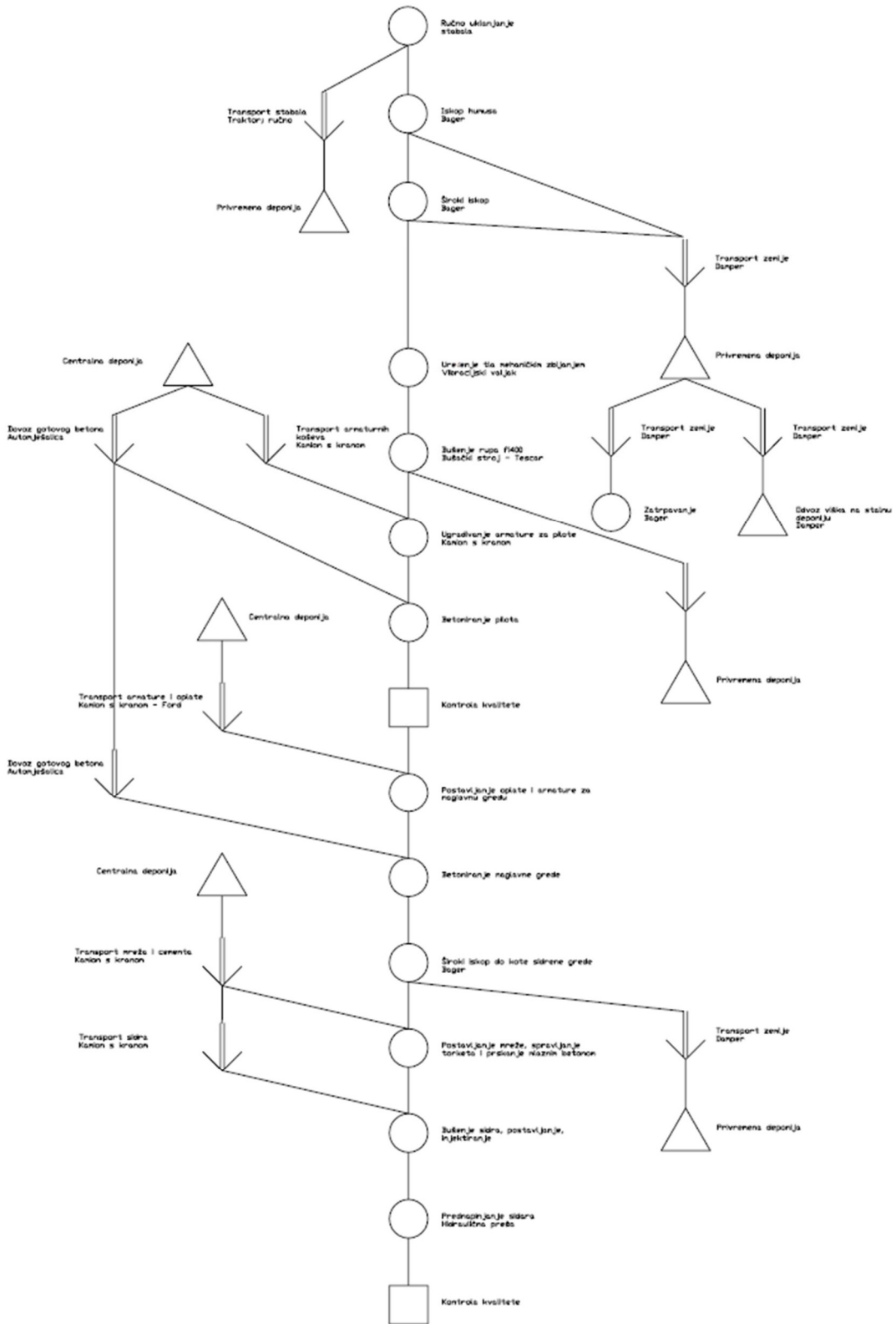
## 4.3 Razrada građevinskih aktivnosti

### 4.3.1 Privremena konstrukcija

Rad na izradi zaštitne konstrukcije započinje ručnim i strojnim uklanjanjem stabala. Stabla se potom odvođe na privremenu deponiju pomoću traktora i sajli. Inženjeri vlasništva drvne mase i samim time brinu o svu uklonjenu drvenu masu. Nakon ove akcije započinje se s uklanjanjem humusa te širokim iskopom pomoću bagera. Sav iskopani materijal privremeno se deponira na gradilišnu deponiju. Određeni dio iskopanog materijala se ponovno ugrađuje tokom izvedbe građevinskih radova, a ostatak se odvozi na trajnu deponiju pomoću kamiona kipera. Tlo se nakon iskopa mehanički zbijuje pomoću vibracijskog valjka te se počinje s bušenjem pilota  $\Phi 400$  pomoću bušačkog stroja – Tescara.

S centralne deponije se dovoze i ugrađuju armaturni koševi pomoću kamiona s kranom, a s automiješalicom koja na sebi ima ugrađenu pumpu vrši se betoniranje pilota za privremenu konstrukciju. Nakon izvedbe svih 204 pilota vrši se kontrola izvedenih pilota PIT testom. Nakon izvedbe pilota dovozi se s centralne deponije Oplata i armatura za naglavnu gredu, postavlja se ručno te betonira automiješalicom s pumpom. Nakon izvedbe naglavne grede vrši se široki iskop do dna vezne grede pomoću bagera, a višak materijala se odvozi na privremenu deponiju. Otvaranjem pilotske konstrukcije postoji opasnost od urušavanja materijala između pilota zato se vrši postavljanje mreža i prskanje mlaznim betonom dovedenim s centralne deponije.

Potom se vrši bušenje i postavljanje geotehničkih sidara kroz geotehničke mreže te njihovo injektiranje. Sidra se međusobno povezuju armaturom i vrši se postavljanje oplata i betoniranje vezne grede. Nakon stvrdnjavanja injektirane smjese vrši se pomoću hidraulične preše prednapinjanje sidara postupkom opisanim u ovom radu te kontrola kvalitete izvedenih radova. Tehnološka karta izvedbe opisanih radova prikazana je na slici 55.



Slika 55. Tehnološka karta privremene konstrukcije

#### 4.3.2 Zid A

Ak vnos na izradi Zida A započinju ručnim i strojnim uklanjanjem stabala. Stabla se potom odvoze na privremu deponiju pomoću traktora i sajli. Svu drvenu masu s privremene deponije odvozi investitor na trajnu deponiju, odnosno upilanu. Nakon ak vnos započinje se s uklanjanjem humusa te širokim iskopom pomoću bagera, svaki ak vnos započinje se nakon završetka svih radova na traž konstrukciji opisanim u poglavlju 4.3.1. Sav iskopani materijal privremeno se deponira na gradilišnu deponije. Određeni dio iskopanog materijala se ponovno ugrađuje jekom izvedbe građevinskih radova, a ostatak se odvozi na trajnu deponiju pomoću kamiona kiperera. Tlo se nakon iskopa mehanički zbija pomoću vibracijskog valjka te se počinje s bušenjem pilota  $\Phi 800$  pomoću bušačkog stroja – Tescara.

S centralne deponije se dovoze i ugrađuju armaturni koševi pomoću kamiona s kranom, a s automiješalicom koja na sebi ima ugrađenu pumpu vrši se betoniranje pilota kontraktor postupkom. Nakon izvedbe svih pilota vrši se kontrola izvedenih pilota PIT testom. Izvedbom određenog broja pilota dovozi se s centralne deponije oplata i armatura za naglavnu ploču, postavlja se ručno te betonira i izvodi kontrola kvalitete.

Nakon izvedbe naglavne ploče vrši se postavljanje oplata i armature za zid. S centralne betonare dovozi se beton automiješalicom te vrši betoniranje i kontrola kvalitete. Tehnološka karta izvedbe opisanih radova prikazana je na slici 56.



### 4.3.3 Zid B

Rad na izradi Zida B započinje ručnim i strojnim uklanjanjem stabala. Stabla se potom odvoze na privremenu deponiju pomoću traktora i sajli. Svu drvenu masu s privremene deponije odvozi investitor na trajnu deponiju, odnosno uplanu. Nakon toga započinje se s uklanjanjem humusa te širokim iskopom pomoću bagera, svaki rad započinje se nakon završetka svih radova na zidu A. Svi iskopani materijal privremeno se deponira na gradilišnu deponiju. Određeni dio iskopanog materijala se ponovno ugrađuje tijekom izvedbe građevinskih radova, a ostatak se odvozi na trajnu deponiju pomoću kamiona kiperera. Tlo se nakon iskopa mehanički zbijuje pomoću vibracijskog valjka.

Bušenje pilota vrši se u dvije faze koje se paralelno izvode na način da se s jedne strane buše piloti  $\Phi 800$  pomoću bušačkog stroja – Tescara, a s druge strane konstrukcije buše se piloti  $\Phi 1000$  pomoću bušačkog stroja – Link Belt.

S centralne deponije se dovoze i ugrađuju armaturni koševi pomoću kamiona s kranom, a s automiješalicom koja na sebi ima ugrađenu pumpu vrši se betoniranje pilota kontraktor postupkom. Nakon izvedbe pilota vrši se kontrola izvednih pilota PIT testom. Izvedbom određenog broja pilota pristupa se dovozu oplata i armatura za naglavnu ploču s centralne deponije, postavlja se ručno te betonira i izvodi kontrola kvalitete.

Nakon izvedbe naglavne ploče vrši se postavljanje oplata i armature za zid. S centralne deponije dovozi se beton automiješalicom te vrši betoniranje i kontrola kvalitete. Tehnološka karta izvedbe opisanih radova prikazana je na slici 57.



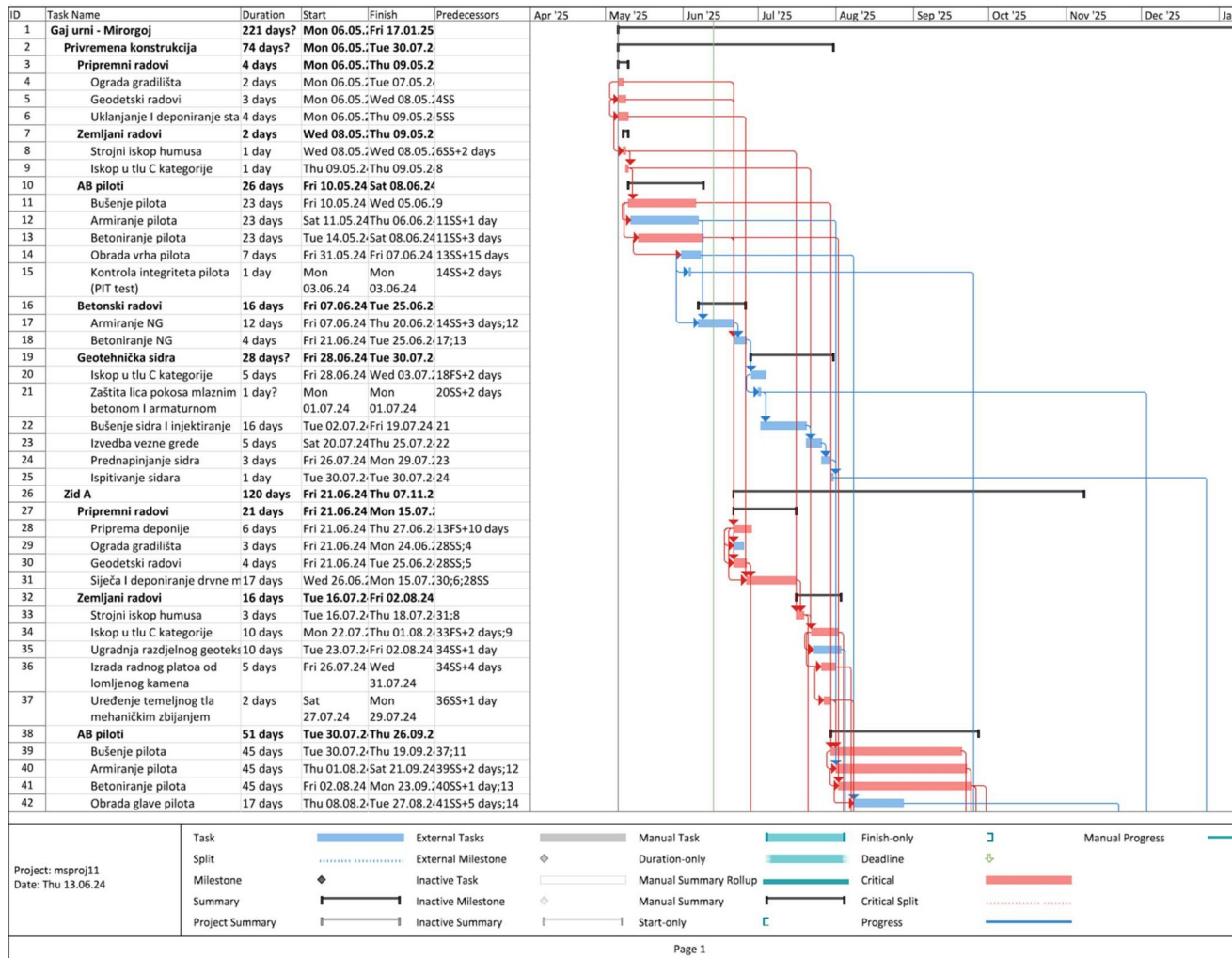


#### 4.4 Vremenski plan izvođenja radova

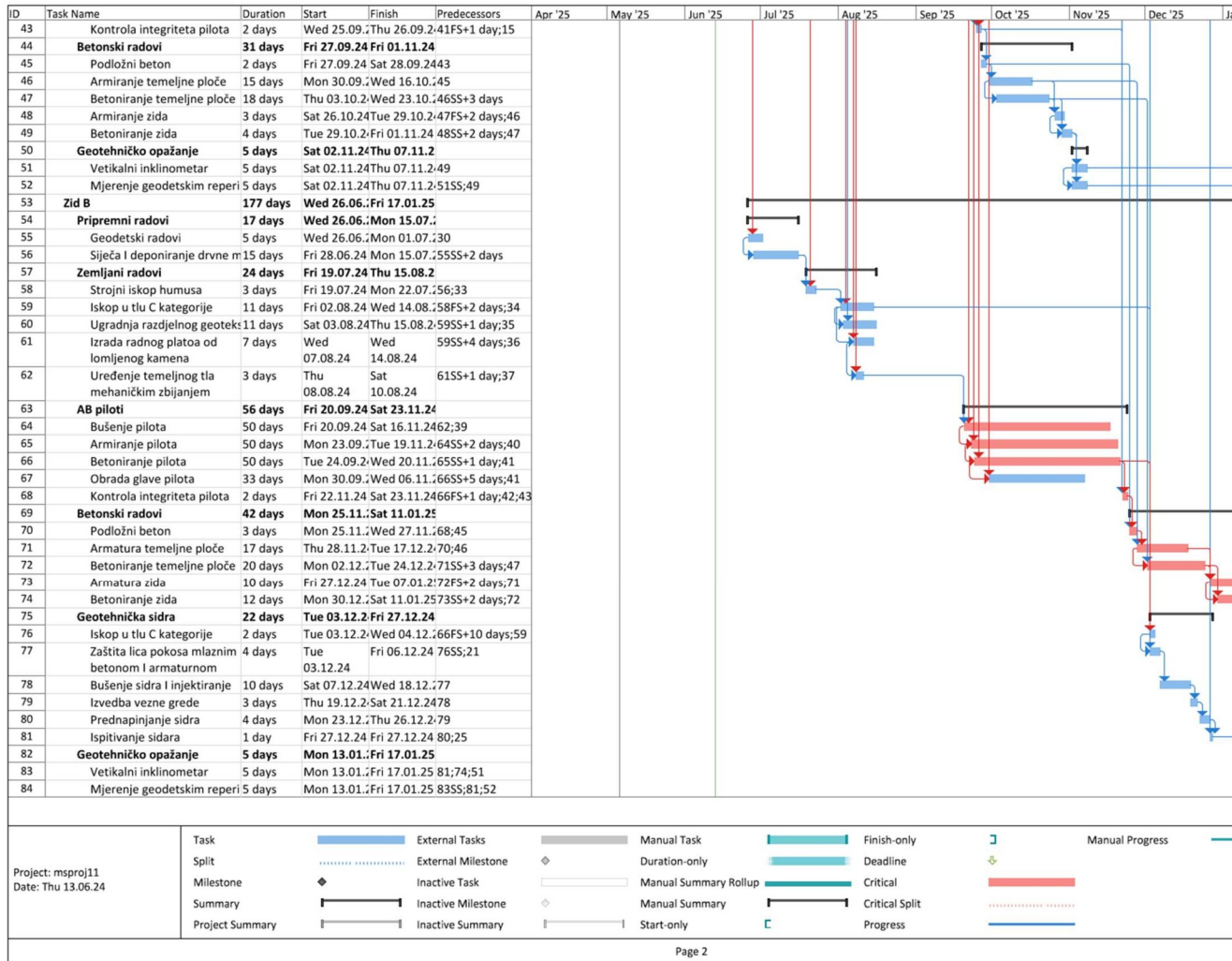
Vremenski plan izvođenja ili gantogram je tehnika koju je 1918. godine razvio Henry Gantt. Specifična je po tome što se sastoji od tabličnog i grafičkog dijela. U tabličnom dijelu nalaze se opisni i numerički podaci o aktivnostima, a grafički dio prikazuje aktivnostima čije su duljine proporcionalne trajanju. Najpopularnija je metoda u građevinarstvu jer je jednostavan za izradu i korištenje. Ostale prednosti gantograma su razumljivost širem krugu korisnika, jednostavno ažuriranje te mogućnost izrade, obrade i čuvanja podataka primjenom računala, a nedostaci su što ne prikazuje veze između aktivnosti, ne upućuje na različitost prioriteta izvršenja aktivnosti te nedostaje prikaz izvršenja iskazanog u količini rada. Tijekom razvoja gantograma provedena su poboljšanja kojima se otklanjaju navedene slabosti. Danas gantogram postaje vodeća metoda u primjeni pri planiranju.

U nastavku na slici 58 prikazan je gantogram za projekt Gaj urni – Mirogoj. U ovom vremenskom planu predviđen je rad subotom 12. travnja 2024. godine te dobivamo trajanje projekta od 221 dan odnosno vidimo da projekt počinje 06. svibnja 2024. i da se očekuje završetak radova u siječnju 2025. godine. Kao što je prethodno u radu obrađeno, radovi započinju izradom privremene konstrukcije te će trajati 76 dana, nakon izvedbe naglavne grednice konstrukcije počinje se s pripremnim i zemljanim radovima na Zidu A te završetkom pripremnim i zemljanim radovima na Zidu B. Prije početka radova na iskopu zemlje radi izrade radnog platoa za oba zida potrebno je kao što je i u gantogramu prikazano u potpunosti završiti radove na privremenoj konstrukciji.

Kritični put odnosno kritični radovi o kojima ovisi trajanje projekta označeni su crvenom bojom kako bi privukli pažnju na pojedine radove. Ponajviše vremena oduze će radovi na pilotama odnosno radovi na bušenju, ugrađivanju armaturnih koševa te betoniranju is



Slika 58. a) Gantogram ili vremenski plan izvođa radova na projektu Gaj urni – Mirogoj



Slika 59. Gantogram ili vremenski plan izvođenja radova na projektu Gaj urni – Mirogoj

#### 4.5 Vremenski plan izvođenja radova – varijantno rješenje

Ugovoreni rok za sanaciju klizišta te izgradnju dvaju potpornih zidova s ostalom ugovorenom infrastrukturom iznosi 24 mjeseca odnosno dvije godine. Prema vremenskom planu prikazanom u prethodnom poglavlju vidimo da se radovi mogu završiti za 221 dan. Iz prikazanog jasno je da nema potrebe za ubrzavanjem akvovozvezivanjem različiti operacija koje bi mogle otežati i ugroziti kvalitetu izvođačkih radova.

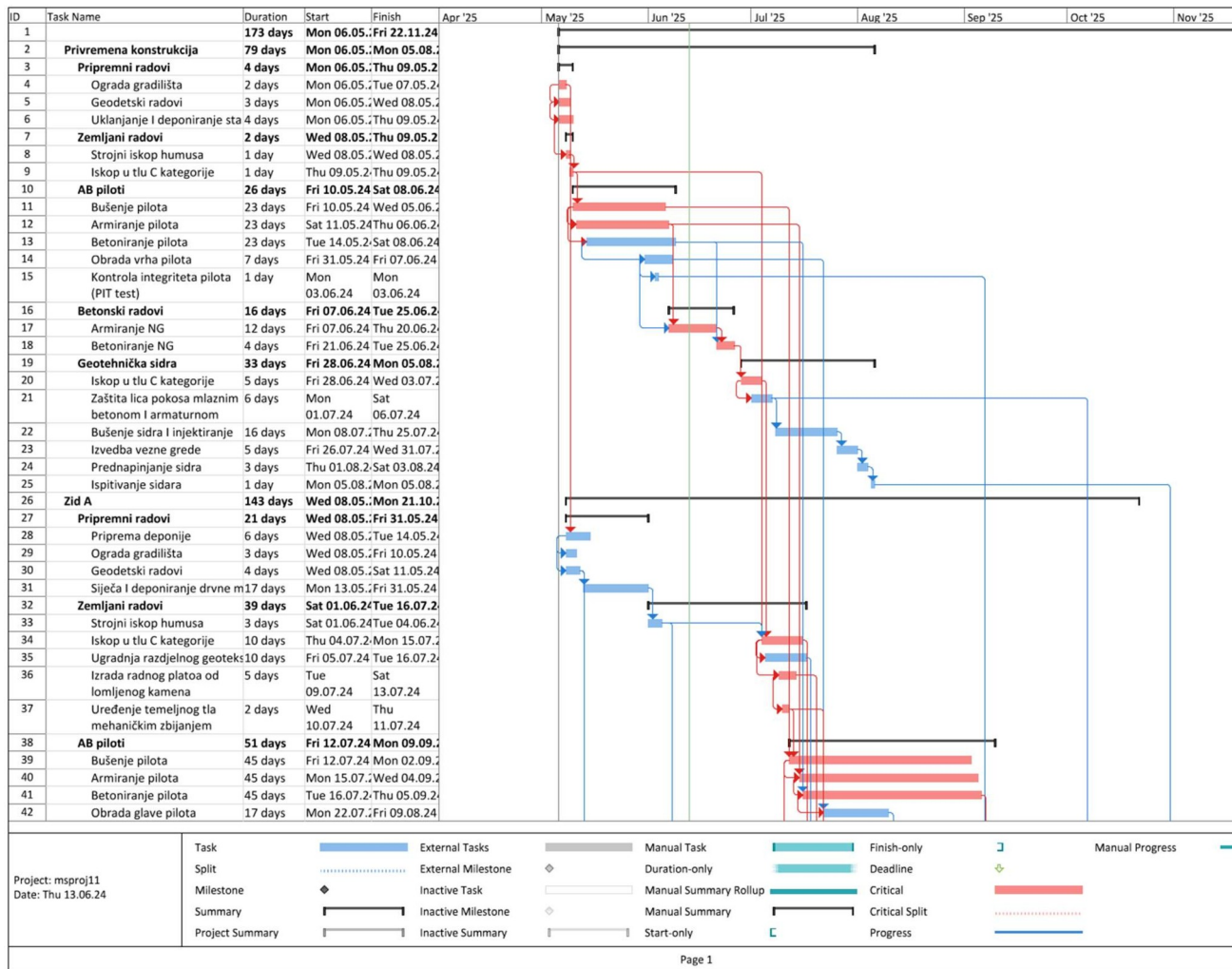
U situaciji da je vremenski rok puno kraći te da je potrebno ubrzo radove najefikasniji način bi bio povećati broj radnih grupa i strojeva te povežati određene akvovoz od pojmom povezivanja akvovnos misli se na pokretanje određene akvovnos prije završetka prethodne.

Na projektu Gaj urni to bi značilo da ćemo nakon izvedenih 70ak metar privremene konstrukcije početi s iskopom i postavljanjem geotehničkih sidara te stabilizacijom pokosa. Nakon što se osigura prvih 70m klizišta, počinje se s iskopom tla na zidu A te paralelno na zidu B, sav višak materijala se odvozi s gradilišta te se nakon pripreme prvih 30ak metar radnog platoa počinje s bušenjem rupa za armiranobetonske pilote na oba koridora zidova.

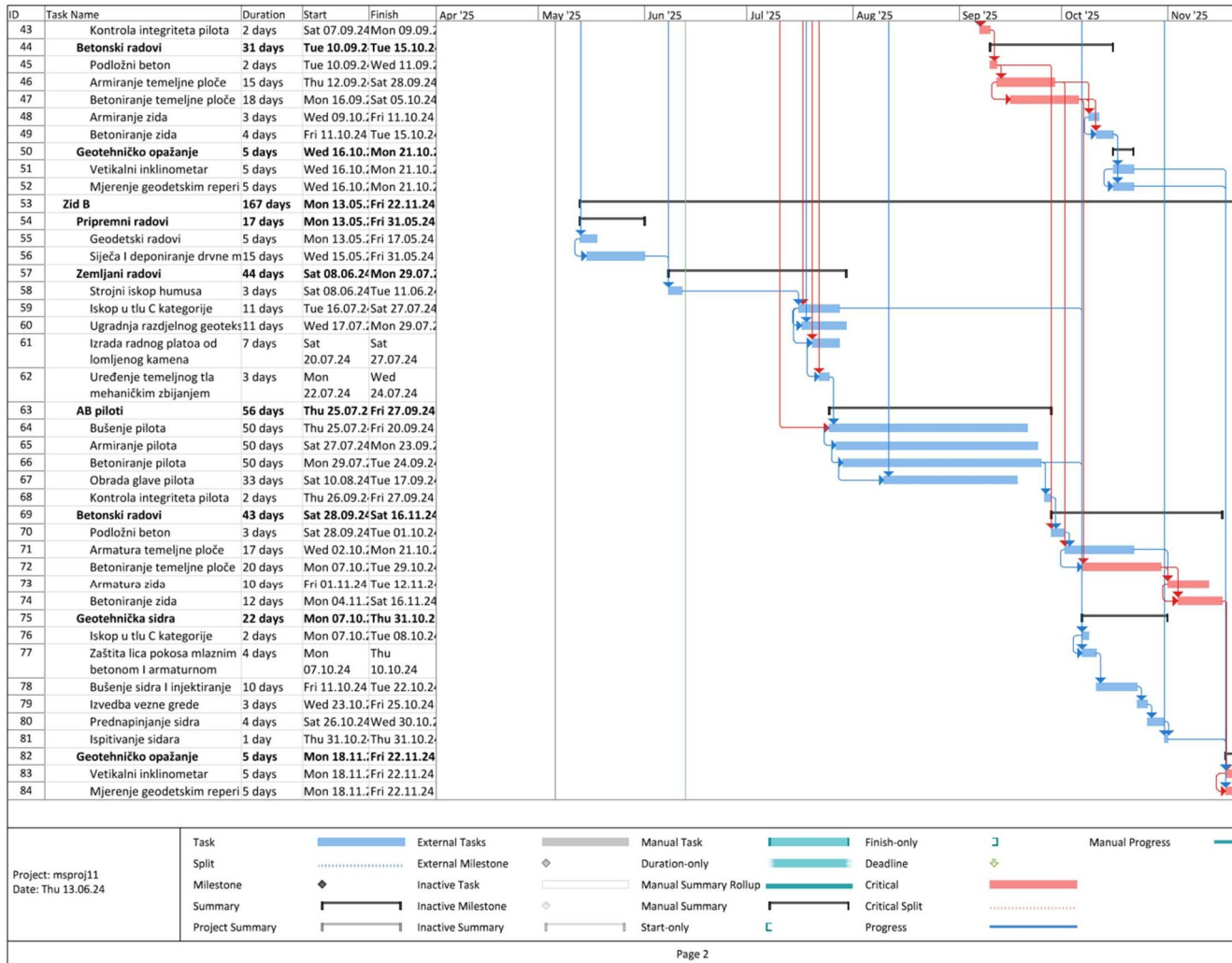
Na taj način radimo paralelno tri glavne operacije izvedbu privremene konstrukcije koja nam omogućuje iskop za zidove te zidove A i B. U prvom vremenskom planu za izvođenje ovih građevinskih operacija koriste se sa puno manje strojeva te samim time izvođenje puno dulje traje no s manjim financijskim troškovima.

Opisanim varijantnim rješenjem radovi na ovome projektu skraćeni bi bili za dva mjeseca ukoliko ne dođe do kvara na strojevima, loših vremenskih uvjeta ili nekih ne predviđenih zastoja.

Na slici 59 i 60 prikazan je gantogram varijantnog rješenja na kojemu se vidi da se kroz put čini izvedba privremene konstrukcije te betoniranje temeljnih ploča za zid A i Zid B. U ovom vremenskom planu bušenje pilota nisu dio kritičnog puta kao u prethodnom, iako je trajanje jednako ovoga puta imamo veći broj strojeva te ove akvovnos ovise jedna o drugoj nego se mogu izvoditi istovremeno.



Slika 60. Varijantno rješenje izvođenja radova na projektu Gaj urni – Mirogoj



Slika 61. Varijantno rješenje izvođenja radova na projektu Gaj urni – Mirogoj

## 5 ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu detaljno su obrađene različite tehnologije sanacije klizišta te je analiziran projekt sanacije klizišta i izvođenja geotehničkih radova u sklopu projekta Gaj urni – Mirogoj.

Prvi dio rada pruža uvid u različite geotehničke tehnologije pri sanaciji klizišta i zaštiti iskopa, razmotrene su prednosti i mane pojedinih metoda s posebnim naglaskom na njihovu primjenjivost u različitim geotehničkim uvjetima. Glavni fokus bio je na prikazu tehnologija, organizaciji radova te vremenskom planiranju građevinskih aktivnosti projektu Gaj urni – Mirogoj.

Projekt se sastoji od nekoliko faza, uključujući pripremne radove, izradu privremene konstrukcije, bušenje i betoniranje pilota, te završne zemljane i drenažne radove. Kroz gantogram je jasno prikazano trajanje i redoslijed izvođenja radova, gdje je naglašeno da će radovi trajati 221 dan, uz početak u svibnju 2024. i završetak u siječnju 2025. godine. Križni put radova, obilježen crvenom bojom, ukazuje na aktivnosti koje mogu utjecati na ukupno trajanje projekta, s posebnim naglaskom na radove na pilotima.

Geotehnički radovi, uključujući sanaciju klizišta i zaštitu iskopa, provede se primjenom najnovijih tehnologija, što omogućuje povećanu sigurnost i efikasnost prilikom izvođenja radova. Upotrebom prednapregnutih geotehničkih sidara i drugih inovativnih metoda osigurava stabilnost tla, što je ključno za uspješnu realizaciju projekta.

U konačnici, uspjeh ovog projekta ne ovisi samo o tehničkoj izvedbi, već i o pažljivoj koordinaciji i praćenju svih faza radova. Korištenje modernih metoda planiranja i kontrole, kao što je gantogram, omogućava precizno upravljanje projektom, smanjujući rizik od kašnjenja zbog nepredviđenih zastoja.

Na kraju rada prikazano je varijantno rješenje planiranja i koordinacije radova. Kako bi takvo varijantno rješenje bilo moguće potrebno je povećati resurse u vidu ljudi i strojeva. Samim time skratili smo rok izvođenja radova za dva mjeseca, no povećali troškove financiranja is

Ubrzanje roka izvođenja radova za dva mjeseca može opravdati iz nekoliko razloga, koji uključuju ekonomske, sigurnosne, i strateške aspekte. Ekonomsku isplativost dobivamo u vidu izbjegavanja penala i financijskih sankcija, a raniji završetak radova omogućava brži početak novih ugovorenih poslova što nas dovodi do strateških razloga te ukoliko smanjimo trajanje projekta možemo izbjeći nepovoljne vremenske uvjete ili druge rizike.

Sve ove faktore treba pažljivo razmotriti detaljnu analizu troškova i koristiti kako bi se donijela informirana odluka o ubrzanju radova.

## POPIS LITERATURE

- [1] Udovič D. Idenfikacija rizika od odrona u karbonatnim stijenskim masama na prometnicama u Republici Hrvatskoj. Rijeka: doktorski rad, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet; 2020.
- [2] Juričić, A. Saniranje i kranje klizišta. Zagreb: seminarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno – matematički fakultet; 2017.
- [3] Roje – Bonacci T. Duboko temeljenje i poboljšanje temeljnog tla. Split: znanstveni rad, Sveučilište u Splitu. Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije; 2010.
- [4] Hutchinson, J. N. (1977): The Assessment of the effectiveness of corrective measures in relation to geological conditions and types of slope movement, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 16:131-155
- [5] Popescu, M.E. (2001.): A suggested method for rapid landslide remedial measures. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 60(1), 69-74 str.
- [6] Putzmeister 2013.
- [7] Hooper, J. A. (1979.), Review of behaviour of piled raft foundations. (CIRIA report-83) C.I.R.I.A., London.
- [8] Das, B.M. (2000.), Fundamentals of Geotechnical Engineering. Brookers/Cole, Thomson Learning (http://www.wwpinstitute.com/UH).
- [9] Zakladani staveb (2003.), Vyrobní program, Praha (www.zakladani.cz).
- [10] Hayward Baker Inc. (2004.), http://www.haywardbaker.com/UH (micropile).
- [11] Republika Hrvatska. Zakon o gradnji. Zagreb: Narodne novine 153/13. članak 4.
- [12] Opći tehnički uvjeti za zemljane radove 2-09.1.
- [13] Opći tehnički uvjeti za zemljane radove 2.9.1.
- [14] Opći tehnički uvjeti za zemljane radove 2.9.3.
- [15] Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti sprava o sukladnosti označavanju građevinskih proizvoda NN 103/2008, NN 147/2009, NN 87/2010, NN 129/2011
- [16] Tehničkom propisu za betonske konstrukcije (NN 139/09, 14/10, 125/10 i 136/12)
- [17] Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17)
- [18]



## POPIS SLIKA

Slika 1. Normalni poprečni presjek kroz kosinu [1].....	10
Slika 2. Pogled na kosinu [1] .....	10
Slika 3. Patentirani dvostruki vijak - HEA .....	11
Slika 4. Struktura HEA panela .....	11
Slika 5. Steelgrid zaštitna nosiva mreža [1] .....	12
Slika 6. Celokupna podložna ploča .....	12
Slika 7. Shematski prikaz TECCO sistema [1] .....	13
Slika 8. Shematski prikaz SPIDER mreže .....	13
Slika 9. Prikaz Omega mreže [1] .....	14
Slika 10. Zaštita pokosa mlaznim betonom .....	15
Slika 11. Prikaz mokrog postupka [6] .....	15
Slika 12. Uzorak Concrete Canvasa s pripadajućim slojevima .....	16
Slika 13. Role za transport CC .....	17
Slika 14. Concrete Canvas HYDRO .....	17
Slika 15. Oblaganje kanala concrete canvasom .....	18
Slika 16. SN sidro [1] .....	19
Slika 17. Samobušivo sidro [1] .....	20
Slika 18. Shema Samobušivog sidra [1] .....	21
Slika 19. Shema ugradnje SDA sidra [1] .....	22
Slika 20. Shema geotekstilnog sidra s pripadajućim elementima [1] .....	23
Slika 21. Primjeri sustava zaštite od odrona .....	24
Slika 22. Primjer fleksibilne barijere iz prakse .....	25
Slika 23. Shema gabionskog koša .....	25
Slika 24. Shema Terramesh sustava zaštite .....	26
Slika 25. Shematski prikaz GREEN TERRAMESH sustava .....	27
Slika 26. Duboki masivni temelji izvedeni iskopom (primjer bunara i kesona) [3] .....	29
Slika 27. Duboki masivni temelj od poboljšanog tla (raznih tehnologija izvedbe) [3] .....	29
Slika 28. Duboki, rasvijeni temelji - piloti [3] .....	30
Slika 29. Uvjeti korištenja pilota i osnovne oznake [8] .....	31
Slika 30. Nabijač lijevo parni, u sredini eksploziona, desno vibro [3] .....	32

Slika 31. Nastavci, zaštite glave pilota koji se zabijaju [3] .....	33
Slika 32. Pilot spreman za zabijanje .....	33
Slika 33. Predgotovljeni prednapregnuti AB piloti, presjeci i detalji armaturnog koša .....	34
Slika 34. Raspored plan armature pilota u jednom primjeru iz prakse .....	34
Slika 35. Nabijanje pilota (Franki tehnologija s vađenjem cijevi) [3] .....	35
Slika 36. Tehnologija izvedbe utisnutih pilota [3] .....	36
Slika 37. Tehnologija izvedbe kopanih pilota sa zaštitnom kolonom [9] .....	37
Slika 38. Shema iskopa svrdlom [9] .....	37
Slika 39. Tehnike izvedbe mikropilota [10] .....	39
Slika 40. Tehnike izvedbe mikropilota [10] .....	40
Slika 41. Tri načina izvedbe mlazno injektiranih stupnjaka [10] .....	41
Slika 42. Prikaz izvedbe mlazno injektiranih stupnjaka [3] .....	42
Slika 43. Obuhvat zahvata unutar katarske stijene .....	44
Slika 44. Prikaz puteva na samome gradilištu .....	50
Slika 45. Prikaz puteva do gradilišta .....	51
Slika 46. Stabla za rušenje .....	53
Slika 47. Uzdužni presjek pilotske stijene i zida A .....	66
Slika 48. Karakteristični poprečni presjek pilotske stijene i zida A .....	67
Slika 49. Sidra na zidu B .....	68
Slika 50. Karakteristični poprečni presjek za zida B .....	69
Slika 51. Položaju inklinometara na projektu Gaj urni .....	78
Slika 52. Shema repera .....	78
Slika 53. Shema gradilišta .....	85
Slika 54. Uske prometnice između grobnih polja .....	86
Slika 55. Tehnološka karta privremene konstrukcije .....	88
Slika 56. Tehnološka karta - Zid A .....	90
Slika 57. Tehnološka karta – Zid B .....	92
Slika 58. a) Gantogram ili vremenski plan izvođenja radova na projektu Gaj urni – Mirogoj	94
Slika 59. Gantogram ili vremenski plan izvođenja radova na projektu Gaj urni – Mirogoj ....	95
Slika 60. Varijantno rješenje izvođenja radova na projektu Gaj urni – Mirogoj .....	97
Slika 61. Varijantno rješenje izvođenja radova na projektu Gaj urni – Mirogoj .....	98

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz tehničkih karakteristika SN sidara za čelik B500 [1] .....	19
Tablica 2. Iskaz stavki po kolima radova za Zid A .....	80
Tablica 3. Iskaz stavki po kolima radova za Zid B .....	82