

**IMPRESUM:****IZDAVAČ****Hrvatske ceste d.o.o.**

za upravljanje, građenje i održavanje državnih cesta

Vončinina ulica 3, 10 000 Zagreb – Hrvatska

[www.hrvatske-ceste.hr](http://www.hrvatske-ceste.hr)

**UREDNIŠTVO****Voditelj projektnog tima**

Tomislav Dragovan

**Pomoćnik voditelja projektnog tima**

Marko Šimac

**Voditelj izrade knjige**

Ozren Gverić

**Suradnici**

Davor Trlaja

Marinko Pleše

**Grafički prijelom i tisak**

Q-concept d.o.o.

**Zagreb, 2024.**

---



---

HRVATSKE CESTE

**OPĆI TEHNIČKI UVJETI**  
ZA RADOVE NA CESTAMA

**KNJIGA X – TUNELI**

Zagreb

---

## Informacije o dokumentu

|                         |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                      |  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Naziv projekta          | <b>Izrada Općih tehničkih uvjeta za radove na cestama</b>                                                                                                                                         |                                                                                      |  |
| Naručitelj              | Hrvatske ceste d.o.o.<br>Vončinina 3, 10000 Zagreb                                                                                                                                                |   |  |
| Izvršitelj              | Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet<br>Kačićeva 26, 10000 Zagreb                                                                                                                           |   |  |
|                         | INSTITUT IGH, d.d.<br>Janka Rakuša 1, 10000 Zagreb                                                                                                                                                |   |  |
|                         | ZG-PROJEKT d.o.o.<br>I. Đorđića 24, 10000 Zagreb                                                                                                                                                  |   |  |
|                         | TPA održavanje kvaliteta i inovacija d.o.o.<br>Ulica Petra Hektorovića 2, 10000 Zagreb                                                                                                            |   |  |
|                         | R2 & tunnel design d.o.o.,<br>Gruška 20, 10000 Zagreb,                                                                                                                                            |  |  |
| Oznaka knjige           | <b>KNJIGA X – TUNELI</b>                                                                                                                                                                          |                                                                                      |  |
| Voditelj izrade OTU     | Prof.dr.sc. Vesna Dragčević, dipl. ing. građ.                                                                                                                                                     |                                                                                      |  |
| Voditelji izrade knjige | Darko Šarić, dipl. ing. građ                                                                                                                                                                      |                                                                                      |  |
| Stručni tim             | Izv. prof. dr. sc. Ivica Stančerić, dipl. ing. građ.<br>Željko Stepan, dipl. ing. građ.<br>Nikola Šegedin, dipl. ing. građ.<br>Petra Ivanda, mag. ing. aedif.<br>Donat Užarević, dipl. ing. građ. |                                                                                      |  |
| Verzija                 | OTU_10-Tuneli_Rev F-P-2023_DŠ_DU.docx                                                                                                                                                             |                                                                                      |  |
| Datum                   | prosinac, 2023.                                                                                                                                                                                   |                                                                                      |  |

## Sadržaj

|            |                                                                                                 |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 10-01.     | Općenito .....                                                                                  | 1  |
| 10-02.     | Pojmovi.....                                                                                    | 2  |
| 10-03.     | Kategorizacija iskopa.....                                                                      | 4  |
| 10-04.     | Specifičnosti u tunelogradnji .....                                                             | 10 |
| 10-05.     | Tunelski iskop.....                                                                             | 27 |
| 10-05.1.   | Iskop u stijenskoj masi I. kategorije .....                                                     | 28 |
| 10-05.2.   | Iskop u stijenskoj masi II. kategorije .....                                                    | 29 |
| 10-05.3.   | Iskop u stijenskoj masi III. kategorije .....                                                   | 30 |
| 10-05.4.   | Iskop u stijenskoj masi IV. kategorije.....                                                     | 31 |
| 10-05.5.   | Iskop u stijenskoj masi V. kategorije.....                                                      | 32 |
| 10-05.6.   | Iskop stijenske mase u uvjetima većih količina (iznad 10l/s) procjedne vode.....                | 34 |
| 10-05.7.   | Privremena regulacija procjedne vode u količini većoj od 5 l/s .....                            | 35 |
| 10-05.8.   | Prekid rada na iskopu dulji od 24 sata .....                                                    | 36 |
| 10-05.9.   | Prekid radova iskopa preko 2 sata radi visoke koncentracije eksplozivnih plinova .....          | 36 |
| 10-05.10.  | Utovar i prijevoz materijala od opravdanog prekopprofilnog iskopa .....                         | 37 |
| 10-05.11.  | Prijevoz materijala na udaljenosti veće od 1500 m od odnosnog portala .....                     | 38 |
| 10-06.     | Podgrađivanje u tunelu .....                                                                    | 40 |
| 10-06.1.   | Radovi podgrađivanja tunela mlaznim betonom .....                                               | 40 |
| 10-06.2.   | Radovi podgrađivanja tunela mikroarmiranim mlaznim betonom (mlazni beton ojačan vlaknima) ..... | 43 |
| 10-06.3.   | Radovi podgrađivanja tunela čeličnim podgradnim elementima .....                                | 44 |
| 10-06.3.1. | Armatura mreža .....                                                                            | 44 |
| 10-06.3.2. | Armature šipke .....                                                                            | 45 |
| 10-06.3.3. | Čelični lukovi .....                                                                            | 46 |
| 10-06.3.4. | Piloti .....                                                                                    | 48 |
| 10-06.3.5. | Čelične platice .....                                                                           | 49 |
| 10-06.3.6. | Sidra .....                                                                                     | 50 |
| 10-06.3.7. | Cijevni krov – pipe roof .....                                                                  | 54 |
| 10-06.3.8. | Mikro piloti .....                                                                              | 55 |
| 10-06.4.   | Radovi zapunjavanja geotehnički opravdanog prekopprofilnog iskopa mlaznim betonom .....         | 56 |
| 10-06.5.   | Injekcijski radovi .....                                                                        | 56 |
| 10-06.5.1. | Radovi bušenja za potrebu provedbe kontaktnog injektiranja .....                                | 57 |
| 10-06.5.2. | Radovi ugradnje mase za injektiranje pri provedbi kontaktnog injektiranja .....                 | 58 |

---

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 10-06.5.3. Radovi bušenja za potrebu provedbe konsolidacijskog injektiranja.....                | 59 |
| 10-06.5.4. Radovi ugradnje mase za injektiranje pri provedbi konsolidacijskog injektiranja..... | 59 |
| 10-07. Odvodnja .....                                                                           | 61 |
| 10-07.1. Odvodnja brdske vode.....                                                              | 61 |
| 10-07.1.1. Zahvati manjih dotoka vode s izbijenog otvora.....                                   | 62 |
| 10-07.1.2. Zahvat velikih dotoka s izbijenog otvora.....                                        | 63 |
| 10-07.1.3. Zahvat vode drenažnim bušotinama .....                                               | 63 |
| 10-07.1.4. Drenaža.....                                                                         | 64 |
| 10-07.2. Odvodnja kolnika .....                                                                 | 65 |
| 10-07.2.1. Šuplji rubnjaci .....                                                                | 65 |
| 10-07.2.2. Rubnjaci .....                                                                       | 66 |
| 10-07.3. Glavna kanalizacija.....                                                               | 67 |
| 10-07.3.1. Kanalizacijska cijev .....                                                           | 67 |
| 10-07.3.2. Kontrolna okna .....                                                                 | 68 |
| 10-07.3.3. Poprečni cijevni priključci .....                                                    | 69 |
| 10-07.3.4. Sifonska okna.....                                                                   | 70 |
| 10-08. Hidroizolacija .....                                                                     | 71 |
| 10-08.1. Podloga od mlaznog betona .....                                                        | 71 |
| 10-08.2. Podložni sloj od geotekstila .....                                                     | 73 |
| 10-08.3. Izolacijski sloj.....                                                                  | 74 |
| 10-09. Betonski radovi u tunelima.....                                                          | 76 |
| 10-09.1. Izvedba temeljnog praga .....                                                          | 76 |
| 10-09.2. Izvedba sekundarne obloge.....                                                         | 77 |
| 10-09.3. Premazivanje tunelske obloge.....                                                      | 78 |
| 10-10. Radovi građevinskog održavanja u tunelima .....                                          | 80 |
| 10-10.1. Radovi pregleda stanja tunela .....                                                    | 80 |
| 10-10.2. Radovi čišćenja .....                                                                  | 81 |
| 10-10.3. Radovi održavanja betonske konstrukcije .....                                          | 81 |
| 10-11. Popis normi i tehničkih propisa .....                                                    | 82 |
| 10-11.1. Norme.....                                                                             | 82 |



## Popis kratica

|      |                                                                                                                                       |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASTM | Američko društvo za ispitivanje i materijale, engl. <i>American Society for Testing Materials</i>                                     |
| DIN  | Njemački institut za standardizaciju, njem. <i>Deutsches Institut für Normung</i> (engl. <i>German Insitute for Standardization</i> ) |
| EN   | Europska norma                                                                                                                        |
| HRN  | Hrvatska norma                                                                                                                        |
| ISO  | Međunarodna organizacija za standardizaciju, engl. <i>International Organization for Standardization</i>                              |
| ISRM | International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering                                                                         |
| OTU  | Opći tehnički uvjeti                                                                                                                  |
| PKOK | Program kontrole i osiguranja kvalitete                                                                                               |
| PTU  | Posebni tehnički uvjeti                                                                                                               |
| POG  | Projekt organizacije građenja                                                                                                         |
| PUG  | Posebni uvjeti ugovora o građenju                                                                                                     |

## TUNELI

### 10-01. OPĆENITO

U ovoj knjizi Općih tehničkih uvjeta (OTU) propisani su minimalni zahtjevi izvođenja, uvjeti kvalitete te načini mjerenja i obračuna radova u tunelima koji se uobičajeno provode pri građenju, sanaciji, rekonstrukciji, održavanju i uklanjanju tunela. Svojstva, metode ispitivanja i uvjeti kvalitete, kao i kontrola i potvrđivanje sukladnosti materijala i proizvoda koji se koriste kod izvođenja radova u tunelima propisani su u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi ovih OTU-a.

OTU su pisani na način da su dio ugovora, a da se uvjeti koji se odnose na posebne radove uključe u ugovor kao Posebni tehnički uvjeti (PTU). Kada se u ugovoru, tehničkoj dokumentaciji ili troškovniku propisuje obveza rada u skladu s bilo kojom odredbom u određenom poglavlju ove knjige, ugovaratelj je dužan radove izvoditi u skladu sa svim relevantnim odredbama OTU-a.

Radovi moraju biti obavljeni u skladu s projektom, važećim propisima, normama, programom kontrole i osiguranja kvalitete (PKOK), projektom organizacije građenja (POG), zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU-ima.

Radovi se prvenstveno provode u skladu s odredbama važećih tehničkih propisa i hrvatskih normi. Ako za pojedini rad hrvatska norma ne postoji, ili niti jedna norma nije navedena, obvezna je primjena odgovarajućih EN-i (europska norma). Ako se neki propis ili norma u međuvremenu stave van snage, važiti će zamjenski propis ili norma.

Izvođač može predložiti i primjenu priznatih tehničkih pravila (normi) neke druge inozemne normizacijske ustanove (ISO, DIN, ASTM, ...) odnosno jednakovrijedne tehničke specifikacije kojom se postižu najmanje jednaki zahtjevi kao propisani ili stroži. Svaka takva izmjena mora biti obrazložena pisanim putem te odobrena od strane nadzornog inženjera uz suglasnost projektanta i suglasnost naručitelja. U tom slučaju izvođač je dužan takvu promjenu unijeti u izvedbeni projekt.

## 10-02. POJMOVI

Opći pojmovi i izrazi te njihovo značenje u ovim OTU-IMA navedeni su u Knjizi I, a u nastavku su opisani pojmovi koji se odnose na ovu knjigu.

**Cestovni tunel** je podzemna građevina koja osigurava prostor za odvijanje cestovnog prometa.

**Cut and cover** označava metodu izgradnje tunela s površine terena primjenjujući otvoreni iskop s površine, izgradnju tunela te zatrpavanje istog do površine terena.

**Čelo iskopa** je krajnja vertikalna ravnina podzemnog iskopa tunela u datom/određenom trenutku.

**Ekspanzijska sidra** su sidra s ekspanzijskom glavom na vrhu koja se ugradnjom širi te čvrstim kontaktom sa stijenom omogućuje stabilnost podzemnog otvora.

**Galerija** je uobičajen naziv za tunel koji je s jedne bočne strane otvoren.

**I-linija** predstavlja profil iskopa koji se odnosi na teorijski profil za kompenzaciju radijalne deformacije za razne kategorije stijenske mase i uzima u obzir mogućnost deformacije (Td). I-linija predstavlja najmanji profil iskopa.

**IBO-sidra** (injekciona samobušiva sidra) su kombinirani sustav štapnog sidra i šipke za bušenje. Tijekom bušenja sidro se koristi kao šipka za bušenje učvršćena s bušačom krunom. Šipka i tjele ostaju u bušotini kao štapno sidro, koje se zalijeva kroz otvor za ispiranje. U slučaju urušavanja bušotina, ovaj sustav još uvijek omogućuje postavljanje štapnih sidara.

**Kalota** je gornji dio (zakrivljen) iskopa poprečnog profila tunela.

**Kruna** je najviša točka poprečnog presjeka tunelske primarne ili sekundarne obloge.

**NATM** je skraćenica od **New Austrian Tunneling Method** (nova austrijska tunelska metoda) i označava metodu iskopa i izgradnje tunela.

**Nosiva obloga tunela** je betonska ili armirano betonska konstrukcija u tunelu koja je dimenzionirana tako da prima sile podzemnog pritiska u svim presjecima.

**Obloga tunela** je betonska ili armiranobetonska konstrukcija koja služi kao zaštita prometa u tunelu.

**Odnosno čelo** je čelo podzemnog iskopa tunela na koje se bilo koja radna aktivnost odnosi.

**Odnosni portal** je stacionaža početka podzemnog iskopa tunela na koji se bilo koja radna aktivnost odnosi.

**Okno** je vertikalni potkop manjeg presjeka.

**Oporac ili zid** je bočni dio tunela između kalote i temelja obloge tunela.

**Ostatak profila (bench)** je preostali dio iskopa do punog profila tunela.

**P-linija** teoretska linija unutarnjeg ruba primarne podgrade ili linija za obračun mlaznog betona, mikroarmiranog mlaznog betona, armaturne mreže (svi slojevi) i čeličnih lukova.

**PG-sidra** (naknadno injektirana sidra) načinjena su od rebrastih čeličnih šipki s pričvršćenim crijevom. Injektira se nakon postavljanja sidra kroz crijevo.

**Podnožni svod** je konstrukcija u obliku luka koja premošćuje i zatvara podzemni otvor ispod kolničke konstrukcije.

**Portalna građevina** je posebno izgrađena građevina na ulazu i izlazu iz tunela.

**Potkop** je tunel manjeg presjeka.

**Prekopofilni iskop** je prostor stvoren kad se tlo odlomi više od projektiranog profila, uključujući i deformacijske (Td) i konstrukcijske (Tk) tolerancije. Takav iskop može nastati radi neodgovarajuće izvedbe i nepažljive tehnike rada (što se može izbjeći) i/ili iz razloga na koje izvođač ne može utjecati (što je neizbježno-opravdano).

**Primarna podgrada** je konstrukcija koja osigurava stabilnost podzemnog otvora kod iskopa.

**Sidra** dio su primarne podgrade, a cilj im je aktivirati spregnuto djelovanje između okolne stijene i mlaznog betona.

**SN-sidra** načinjena su od rebrastih čeličnih šipki i potpuno su povezana cementnim mortom s okolnom stijenom. Rupa se ispunjava masom za injektiranje prije postavljanja sidra.

**Svod** je zakrivljeno krovište podzemne prostorije, konstrukcija koja u obliku luka premošćuje i zatvara podzemni otvor.

**Swellex štapna sidra** (trenjem fiksirana štapna sidra) su mehanički sklopljene čelične cijevi. Visoki pritisak vode napuhava cijev i prilagođuje njen oblik nepravilnostima bušotine.

**T-linija** teoretska linija iskopa ili linija za obračun iskopa, predstavlja profil iskopa naveden u nacrtima projekta, a odnosi se na projektirani profil iskopa za razne kategorije stijenske mase.

**Td** deformacijska tolerancija je proširenje izvan T-linije koje je izvođač dužan izvesti kako bi se ostavilo dovoljno prostora za kompenzaciju radijalne deformacije za razne kategorije stijenske mase.

**Tk** konstrukcijska tolerancija je proširenje izvan T-linije koje je izvođač dužan izvesti kako bi se ostavilo dovoljno prostora za kompenzaciju konstrukcijske tolerancije za razne kategorije stijenske mase, a koja obuhvaća i nepreciznost mjerenja.

**TBM** je skraćenica od **T**unnel **B**oring **M**achine i označava metodu izgradnje tunela koristeći ove strojeve za iskop i izgradnju tunela.

**Tunel** je podzemna građevina ispod površine terena koji osigurava prostor za različite namjene i s jednim ili oba kraja izlazi na površinu.

**Tunelska niša** je izgrađeni prostor izvan osnovnog profila tunela.

### 10-03. KATEGORIZACIJA ISKOPA

Ovim poglavljem se definira postupak kategoriziranja stijenskih masa tijekom gradnje tunela, karakterističan opis pojedinih kategorija stijenskih masa s načelnim mjerama na iskopu i stabilizaciji podzemnog iskopa te područje odgovornosti pojedinih učesnika u gradnji.

Kategoriziranje stijenskih masa provodi se na osnovi geomehaničke kategorizacije (Bieniawski, 1979.). Primjenjuje se pri izvođenju cestovnih tunela u stijenskim masama bušenjem i miniranjem ili strojnim iskopom u podzemlju. Ne primjenjuje se kod iskopa tunela u tlu, kao ni kod tunela koji se izvode metodom otvorenog iskopa i zatrpavanja (*cut and cover*).

Osnovu za kategoriziranje stijenskih masa čine rezultati inženjerskogeološkog kartiranja tunela. Nakon svakog napredovanja potrebno je izvršiti inženjerskogeološko kartiranje iskopanog dijela tunela. U sklopu inženjerskogeološkog kartiranja potrebno je snimiti sve relevantne parametre potrebne za kategoriziranje stijenskih masa. Rezultati inženjerskogeološkog kartiranja tunela prikazuju se na razvijenom profilu tunela i predaju nadzornom inženjeru.

Inženjerskogeološko kartiranje tunela obavlja izvođač. Obveza je izvođača omogućiti nadzornom inženjeru kontrolno kartiranje pojedinih dionica tunela bez posebne naknade što uključuje osvjettljenje iskopane dionice i jasno obilježavanje stacionaže tunela na svakih 50 m. Kartiranje tunela ne smije utjecati na odvijanje radova u tunelu.

Na osnovi rezultata inženjerskogeološkog kartiranja i pregleda čela iskopa nadzorni inženjer provest će kategoriziranje stijenskih masa prema geomehaničkoj kategorizaciji i odrediti kategoriju stijenske mase te pripadne mjere na iskopu i podgrađivanju propisane projektom za predmetnu kategoriju stijenske mase. Kategoriziranje je potrebno provoditi samo kod bitnih promjena geoloških i geotehničkih karakteristika stijenske mase duž trase tunela, a ne nakon svakog napredovanja.

Za kategoriziranje stijenskih masa nadzorni inženjer treba biti specijaliziran za područje podzemnih geotehničkih konstrukcija ili u nadzornoj ekipi imati pomoćnika nadzornog inženjera za područje podzemnih geotehničkih konstrukcija.

Eventualno osporavanje rezultata kategoriziranja od strane izvođača riješit će se arbitražom. Do rješenja spora radovi će se nastaviti prema odlukama nadzornog inženjera. Troškove arbitraže u konačnici snosi stranka koja je izgubila u sporu.

Izvođač će u slučaju bilo kakvih znakova nestabilnosti u tunelu ili u slučaju ponašanja podzemnog iskopa koje nije sukladno pretpostavkama datim geotehničkim projektom o tome obavijestiti projektanta i nadzornog inženjera koji će utvrditi uzroke i modificirati projektom propisane mjere na iskopu i stabilizaciji podzemnog iskopa.

Rezultati inženjerskogeološkog snimanja i rezultati kategoriziranja prikazuju se na posebno pripremljenim obrascima koje će prije početka radova odrediti nadzorni inženjer i predstavljaju sastavni dio projektne dokumentacije. Također je potrebno izraditi stvarni inženjerskogeološki profil tunela s podacima o kategoriziranju stijenskih masa i ugrađenim podgradnim sklopovima.

Geomehanička kategorizacija se temelji na bodovanju sljedećih šest parametara stijenske mase:

- jednoaksijalna tlačna čvrstoća stijenskog materijala
- RQD – indeks kvalitete jezgre
- razmak pukotina (diskontinuiteta)
- stanje diskontinuiteta
- stanje podzemne vode
- pružanje i nagib diskontinuiteta.

Podjela parametara stijenske mase po vrijednostima kao i pripadni bodovi dati su u tablici 10-03.1.

Tablica 10-03.1: Geomehanička kategorizacija, kategorizacijski parametri i pripadni bodovi

| PARAMETAR                            |                                                                                   | PODRUČJE VRIJEDNOSTI |                                                                                   |                                                                               |                                                                               |                                                                   |              |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|
| ČVRSTOĆA<br>STIJENSKOG<br>MATERIJALA | Indeks opterećenja u točki<br>PLT (MPa)                                           | > 10                 | 4 – 10                                                                            | 2 – 4                                                                         | 1 – 2                                                                         | Za niske vrijednosti ne<br>preporučuje se PLT                     |              |
|                                      | Jednooskijalna tlačna<br>čvrstoća (MPa)                                           | > 250                | 100 – 250                                                                         | 50 – 100                                                                      | 25 – 50                                                                       | 5 – 25                                                            | 1 – 5<br>< 1 |
| <b>BODOVI</b>                        |                                                                                   | 15                   | 12                                                                                | 7                                                                             | 4                                                                             | 2                                                                 | 1<br>0       |
| <b>RQD (%)</b>                       |                                                                                   | 90 – 100             | 75 – 90                                                                           | 50 – 75                                                                       | 25 – 50                                                                       | < 25                                                              |              |
| <b>BODOVI</b>                        |                                                                                   | 20                   | 17                                                                                | 13                                                                            | 8                                                                             | 3                                                                 |              |
| <b>RAZMAK DISKONTINUITETA</b>        |                                                                                   | > 2 m                | 0,6 – 2 m                                                                         | 200 – 600 mm                                                                  | 60 – 200 mm                                                                   | < 60 mm                                                           |              |
| <b>BODOVI</b>                        |                                                                                   | 20                   | 15                                                                                | 10                                                                            | 8                                                                             | 5                                                                 |              |
| <b>STANJE DISKONTINUITETA</b>        | Vrlo hrapave<br>površine,<br>nekontinuirane,<br>zatvorene,<br>nerastrošeni zidovi |                      | Neznatno hrapave<br>površine,<br>zijeve < 1 mm,<br>neznatno<br>raastrošeni zidovi | Neznatno hrapave<br>površine,<br>zijeve < 1 mm,<br>vrlo raastrošeni<br>zidovi | Skiske površine,<br>ili ispuna < 5 mm,<br>ili zijeve 1 – 5 mm,<br>neprekinute | Meka ispuna debljine > 5 mm,<br>ili zijeve > 5 mm,<br>neprekinute |              |
| <b>BODOVI</b>                        |                                                                                   | 30                   | 25                                                                                | 20                                                                            | 10                                                                            | 0                                                                 |              |
| <b>PODZEMNA<br/>VODA</b>             | Priliv po 10 m<br>dužine tunela (l/min)                                           | Nikakav              | < 10                                                                              | 10 – 25                                                                       | 25 – 125                                                                      | > 125                                                             |              |
|                                      | Pritisak vode<br>u pukotini<br>Omjer —————<br>Veće glavno<br>naprezanje           | 0                    | < 0,1                                                                             | 0,1 – 0,2                                                                     | 0,2 – 0,5                                                                     | > 0,5                                                             |              |
|                                      | Opće stanje                                                                       | Potpuno suho         | Vlažno                                                                            | Mokro                                                                         | Kapljanje                                                                     | Tečenje                                                           |              |
| <b>BODOVI</b>                        |                                                                                   | 15                   | 10                                                                                | 7                                                                             | 4                                                                             | 0                                                                 |              |

Izvor: Bieniawski 1989.

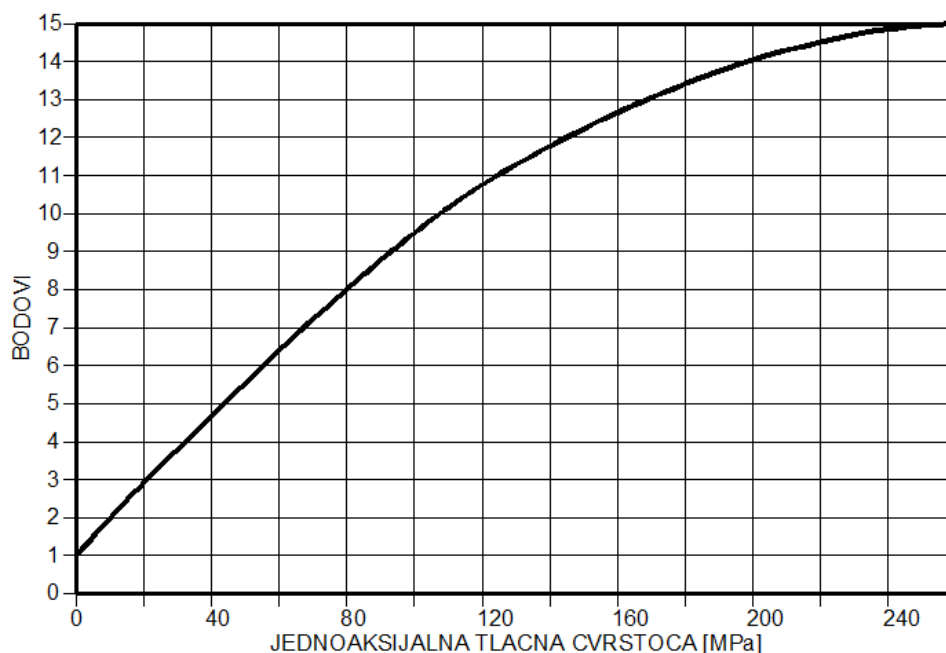
Snimanje i određivanje kategorizacijskih parametara treba provesti u skladu s odgovarajućim preporukama ISRM-a. Pri tome treba uzimati prosječne vrijednosti parametara, a ne najlošije, jer je kategorizacija temeljena na do sada izvedenim projektima te implicitno sadrži faktor sigurnosti. Osim navedene tablice 10-03.1 za preciznije određivanje bodova mogu se koristiti i priloženi dijagrami na slikama u nastavku (Bieniawski, 1989.).

Jednoaksijalna tlačna čvrstoća stijenskog materijala određuje se na intaktnom uzorku stijenskog materijala standardnim laboratorijskim pokusom, a prema preporuci Internacionalnog društva za mehaniku stijena (*Suggested Methods for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials*, ISRM, 1979.).

Pripadni bodovi za jednoaksijalnu tlačnu čvrstoću stijenskog materijala mogu se osim na osnovi tablice 10-03.1 točnije odrediti na osnovi dijagrama na slici 10-03.1 (Bieniawski, 1989.).

Nadzorni inženjer će odabrati uzorke stijenskog materijala za ispitivanje jednoaksijalne čvrstoće u laboratoriju ako ocijeni da čvrstoća stijenskog materijala u iskopu bitno odstupa od vrijednosti datih geotehničkim projektom.

Slika 10-03.1: Pripadni bodovi za čvrstoću stijenskog materijala



Izvor: Bieniawski, 1989.

RQD (*Rock Quality Designation*) je linearni pokazatelj cjelovitosti stijenske mase. Dobiva se bušenjem, a predstavlja omjer zbroja dužina svih nabušanih komada jezgre dužih od 10 cm i intervala bušenja, izražen u postocima.

Pri određivanju parametra RQD-a potrebno je pridržavati se preporuka ISRM-a (*Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses*, ISRM, 1978.).

U podzemnom iskopu RQD se može odrediti na osnovi ukupnog broja diskontinuiteta sadržanih u jediničnom volumenu stijenske mase prema aproksimativnoj korelaciji (Palmström, 1982.):

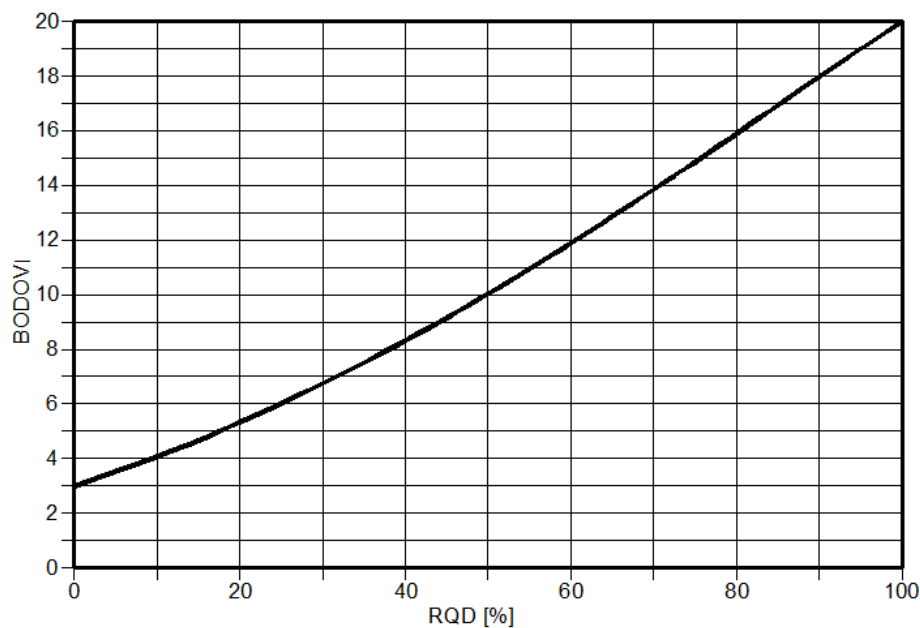
$$RQD = 115 - 3.3 J_v$$

gdje je:

$J_v$  = zbroj broja pukotina po jediničnoj dužini za sve skupove pukotina.

Pripadni bodovi za RQD mogu se osim na osnovi tablice 10-03.1 točnije odrediti na osnovi dijagrama na slici 10-03.2 (Bieniawski, 1989.).

Slika 10-03.2: Pripadni bodovi za RQD

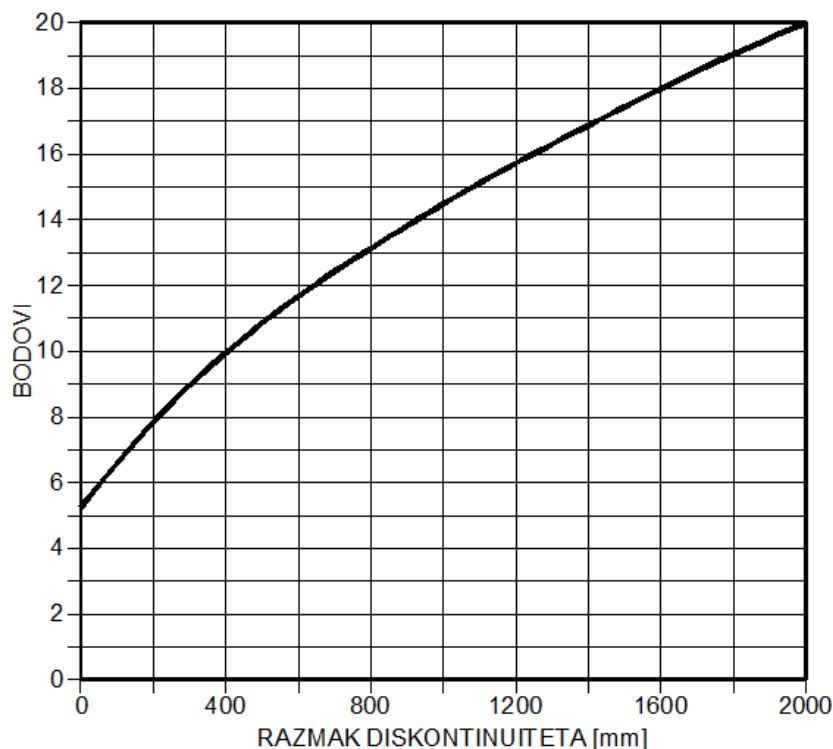


Izvor: Bieniawski, 1989.

Razmak pukotina (diskontinuiteta) određuje se mjerenjem mjernom trakom okomito na diskontinuitete, na uzorku deset puta većem od procijenjenog razmaka. Pri određivanju parametra razmak diskontinuiteta potrebno je pridržavati se preporuka ISRM-a (*Suggested Methods for the Quantitativ Description of Discontinuities in Rock Masses*, ISRM, 1978.).

Pripadni bodovi za razmak diskontinuiteta mogu se točnije odrediti na osnovi dijagrama na slici 10-03.3. (Bieniawski, 1989.).

Slika 10-03.3: Pripadni bodovi za razmak diskontinuiteta

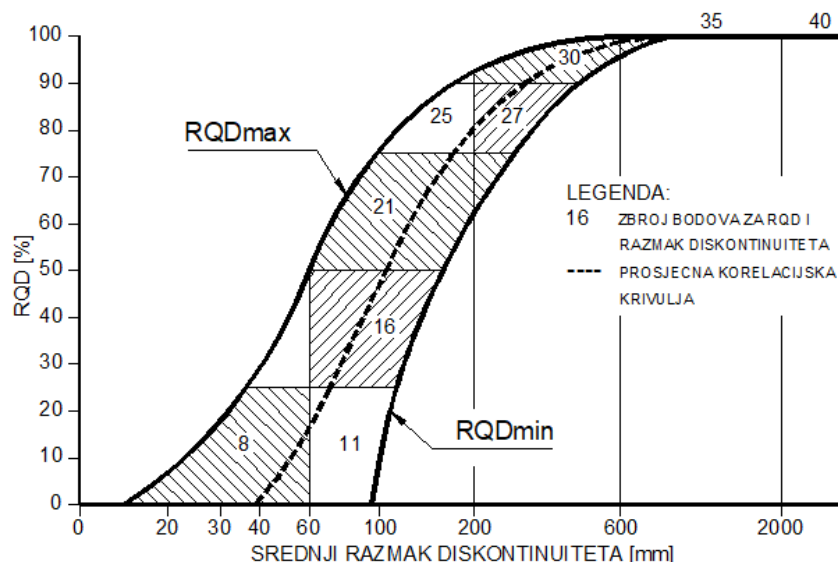


Izvor: Bieniawski, 1989.

Bodovi pridruženi parametru „razmak diskontinuiteta” odnose se na stijensku masu s tri skupa pukotina. U slučaju kada imamo manje od tri skupa pukotina bodove treba povećati za 30 % (Laubscher, 1977.).

Ako nedostaju podaci za RQD ili razmak diskontinuiteta za procjenu parametra koji nedostaje može se koristiti dijagram na slici 10-03.4 (Bieniawski 1989), nastao na osnovi korelacionih podataka (Priest, Hudson, 1976.).

Slika 10-03.4: Korelacija RQD-a i razmaka diskontinuiteta



Izvor: Bieniawski, 1989.

Stanje diskontinuiteta odnosno pripadni bodovi mogu se točnije odrediti na osnovi tablice 10-03.2 (Bieniawski, 1989.). Pri određivanju parametra stanje diskontinuiteta potrebno je pridržavati se preporuka ISRM-a (*Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses*, ISRM, 1978.).

Tablica 10-03.2: Pripadni bodovi za stanje diskontinuiteta

| PARAMETAR              | PODRUČJE VRIJEDNOSTI |                     |                     |                 |                    |
|------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------|
| Dužina diskontinuiteta | <1 m                 | 1 – 3 m             | 3 – 10 m            | 10 – 20 m       | >20 m              |
| Bodovi                 | 6                    | 4                   | 2                   | 1               | 0                  |
| Zijev                  | zatvorene            | <0,1 mm             | 0,1 – 1,0 mm        | 1 – 5 mm        | >5 mm              |
| Bodovi                 | 6                    | 5                   | 4                   | 1               | 0                  |
| Hrapavost              | vrlo hrapave         | hrapave             | neznatno hr.        | glatke          | skliske            |
| Bodovi                 | 6                    | 5                   | 3                   | 1               | 0                  |
| Ispuna                 | bez ispune           | tvrda ispuna        |                     | meka ispuna     |                    |
|                        |                      | <5 mm               | >5 mm               | <5 mm           | >5 mm              |
| Bodovi                 | 6                    | 4                   | 2                   | 2               | 0                  |
| Rastrošenost           | nerastrošene         | neznatno rastrošene | umjereno rastrošene | jako rastrošene | potpuno rastrošene |
| Bodovi                 | 6                    | 5                   | 3                   | 1               | 0                  |

Izvor: Bieniawski, 1989.

Podzemna voda ima značajan utjecaj na ponašanje ispucalih stijenskih masa uglavnom na dva načina: ispiranjem pukotinske ispune i smanjenjem posmične čvrstoće pukotina te dodatnim opterećenjem uslijed pritiska vode u sustavu pukotina. Pripadni bodovi određuju se na osnovi tablice 10-03.1.

Utjecaj pružanja i nagiba diskontinuiteta u tunelogradnji dat je kvalitativno u tablici 10-03.3, a pripadni bodovi u tablici 10-03.4. Pri snimanju parametra pružanja i nagiba diskontinuiteta potrebno je pridržavati se preporuka ISRM-a (*Suggested Methods for the Quantitativ Description of Discontinuities in Rock Masses*, ISRM, 1978.).

Tablica 10-03.3: Utjecaj pružanja i nagiba diskontinuiteta u tunelogradnji

| PRUŽANJE OKOMITO NA TUNELSKU OS       |                |                                            |                | PRUŽANJE PARALELNO S TUNELSKOM OSI |                 | BEZ OBZIRA NA PRUŽANJE |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------------------------|----------------|------------------------------------|-----------------|------------------------|
| Iskop u smjeru nagiba diskontinuiteta |                | Iskop protiv smjera nagiba diskontinuiteta |                |                                    |                 |                        |
| Nagib 45° – 9°                        | Nagib 2° – 45° | Nagib 45° – 9°                             | Nagib 2° – 45° | Nagib 2° – 45°                     | Nagib 45° – 9°  | Nagib 0° – 2°          |
| Vrlo povoljno                         | Povoljno       | Dobro                                      | Nepovoljno     | Dobro                              | Vrlo nepovoljno | Dobro                  |

Izvor: Bieniawski, 1989.

Tablica 10-03.4: Korekcija bodova za utjecaj pružanja i nagiba diskontinuiteta

| PRUŽANJE I NAGIB DISKONTINUITETA |        | Vrlo povoljno | Povoljno | Dobro | Nepovoljno | Vrlo nepovoljno |
|----------------------------------|--------|---------------|----------|-------|------------|-----------------|
| BODOVI                           | TUNELI | 0             | -2       | -5    | -10        | -12             |

Izvor: Bieniawski, 1989.

Zbroj bodova prema tablici 10-03.5 određuje kategoriju stijenske mase.

Tablica 10-03.5: Kategorija stijenske mase na osnovi zbroja bodova

| ZBROJ BODOVA        | 100 – 81   | 80 – 61 | 60 – 41  | 40 – 21 | < 20       |
|---------------------|------------|---------|----------|---------|------------|
| KATEGORIJA          | I          | II      | III      | IV      | V          |
| OPIS STIJENSKE MASE | Vrlo dobra | Dobra   | Povoljna | Slaba   | Vrlo slaba |

Izvor: Bieniawski, 1989.

U zonama portala i zonama malog nadsloja gdje je visina nadsloja manja od širine tunela ( $H < B$ ) stijenska masa se bez obzira na rezultate kategoriziranja treba svrstati u V kategoriju.

Ako se prilikom iskopa registriraju različite kategorije stijenske mase u istom presjeku, kategorija će se odrediti prema dijelu stijenske mase koji ima odlučujući utjecaj na stabilnost cijelog iskopa, odnosno podgradne zahtjeve. U većini slučajeva to će biti stijenska masa u svodu tunela.

Iskopi niša i proširenja tunela, kao i poprečnih prolaza isto se kategoriziraju kao i osnovni tunnelski presjek.

Geomehanička kategorizacija (Bieniawski, 1979.) se ne primjenjuje kod iskopa tunela u tlu već se takav iskop bez obzira na nemogućnost kategoriziranja treba svrstati u V kategoriju.

#### 10-04. SPECIFIČNOSTI U TUNELOGRADNJI

Ovim poglavljem se opisuju specifičnosti u tunelogradnji, a koje se pojavljuju ili se mogu pojaviti pri izvedbi svih podzemnih radova na iskopu tunela u bilo kojoj vrsti stijene ili tla, kao i pri izvedbi radova primarnog podgrađivanja tunela.

Kategorizacija iskopa detaljno je opisana u poglavlju 10-03. ovih OTU-a, u kojem je definiran osnovni postupak kategoriziranja stijenskih masa tijekom gradnje tunela, karakterističan opis pojedinih kategorija stijenskih masa s načelnim mjerama na iskopu i stabilizaciji podzemnog iskopa.

Izbor metode iskopa, način miniranja i sustav podgrađivanja zavisit će o kategoriji stijene u kojoj se izvodi tunelski iskop.

Ako se kod iskopa u profilu pojavi stijena koja spada u razne kategorije iskopa, za određivanje kategorije iskopa ima odlučujući značaj svojstvo stijene u kaloti iskopa, prema kojem će se odabrati način iskopa i odrediti osiguranje cijelog profila.

Bušenje i miniranje obavlja se na takav način da se osigura da stijena puca uzduž željenih linija.

Profil iskopa naveden u nacrtima projekta odnosi se na projektirani profil iskopa koji se definira kao T-linija za sve kategorije stijenske mase (vidi sliku 10-04.1).

Obaveza je izvođača da prije početka radova na tunelskom iskopu za sve kategorije stijenske mase izradi projekt miniranja koji mora biti revidiran i odobren po nadzornom inženjeru. Projekt miniranja mora definirati tehnologiju iskopa, razradu iskopa po fazama za sve kategorije stijenske mase uz uvjet što pravilnijeg iskopa s minimalnim utjecajem na poremećaj stijenske mase van granica iskopa te dobrog fragmentiranja materijala za ugradnju u nasipe. Također projekt miniranja mora uvažiti te zadovoljiti i uvjete eventualnog utjecaja miniranja na okolinu tunela koja je predviđena projektom.

Promjer i razmak bušotina prilagodit će se stvarnim uvjetima stijene na gradilištu. Izvođač će razvijati i neprekidno usavršavati tehnike miniranja onako kako radovi napreduju kako bi dobio najbolju moguću površinu iskopa nakon miniranja.

Iskop stijene obavlja se primjenom suvremenih metoda miniranja. Kontrolirane metode miniranja kao što su glatko miniranje „smooth blasting” ili metoda „pre-splitting” koriste se kako bi prekoprofilnog iskopa bilo što manje i kako bi se spriječilo drobljenje površina stijene.

Ovisno o kakvoći stijene, izvest će se odgovarajuće proširenje kako bi se ostavilo dovoljno prostora za radijalne deformacije (Td) i konstrukcijske tolerancije (Tk), shematski prikazano na slici 10-04.1.

Profil iskopa definiran kao I-linija (vidi sliku 10-04.1) odnosi se na teorijski profil za kompenzaciju radijalne deformacije za razne kategorije stijenske mase i uzima u obzir mogućnost deformacije (Td).

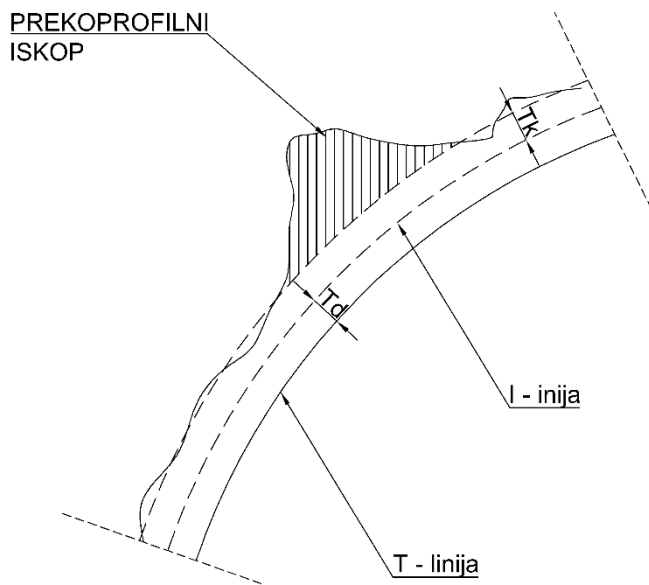
Tijekom iskopa temeljem iskustva vrijednosti date u projektnoj dokumentaciji za očekivanu deformaciju potrebno je podešavati stvarnim deformacijama.

Izvođač mora osim prostora za kompenzaciju radijalnih deformacija za razne kategorije stijenske mase (Td), uzeti u obzir i konstrukcijsku toleranciju (Tk) za iskop i postavljanje podgrada, a kako bi se profil iskopa održao kako je definirano I-linijom koja predstavlja najmanji profil iskopa. Općenito, stijena neće stršiti unutar te linije u času iskopa. Konstrukcijska tolerancija (Tk) također će obuhvaćati nepreciznost mjerenja.

Izvođač će poduzeti sve moguće napore da profil zadrži onako kako je definirano I-linijom, obavljajući pažljivo kontrolu bušenja i varirajući različite elemente metode glatkog miniranja („smooth blasting”) ili metode miniranja „pre-splitting”.

Koliko god izvođač pažljivo obavljao kontrolu miniranja, prilikom provedbe rada tunelskog iskopa može se pojaviti i prekoprofilni iskop, odnosno prostor stvoren kad se tlo odlomi više od projektiranog profila, uključujući i deformacijske (Td) i konstrukcijske (Tk) tolerancije.

Slika 10-04.1: T-linija, I-linija, deformacijske i konstrukcijske tolerancije i prekoprofilni iskop uslijed nepovoljnih geoloških uvjeta



Izvor: OTU-i za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

Taj prekoprofilni iskop može nastati radi neodgovarajuće izvedbe i nepažljive tehnike rada (što se može izbjeći) i/ili iz razloga na koje izvođač ne može utjecati (što je neizbježno – opravdano).

Opravdani prekoprofilni iskop uzrokuju dva izvora:

- prirodno odlamanje koje se ne može izbjeći pažljivim radom i odgovarajućom izvedbom
- ekstremno nepovoljni i/ili nepredvidivi geološki uvjeti.

Opravdani prekoprofilni iskop i odvale znači da je izvođač posvetio najveću pažnju i obavio najbolju moguću izvedbu, a da ipak nije mogao spriječiti prekoprofilni iskop radi prevladavajućih nepovoljnih geoloških uvjeta, tj. da dolazi do iskopa izvan granične linije iskopa koja je određena projektom za određenu kategoriju stijenske mase.

U slučaju prekomjernog prekoprofilnog iskopa, odmah je potrebno postaviti podgradu kako bi se stabilizirala stijenska masa/tlo. Nadzorni inženjer o tome će biti pravovremeno izviješten. Između izvođača i nadzornog inženjera razmatraju se i dogovaraju mjere sanacije.

Detaljni nacrt za sanacijske radove izradit će izvođač, a odobrit će ga nadzorni inženjer. Sanacijski radovi obavljaju se prije daljnjeg napretka na čelu, osim ako drukčije odobri ili naredi nadzorni inženjer.

Kada se utvrdi da su fizički uvjeti bili izvan kontrole izvođača, a uzrok su prekoprofilnog iskopa, i da do njega nije došlo zbog neispravne metode rada ili nebrige, šupljina ili prostor nastao ovim iskopom izmjerit će se na licu mjesta.

Materijal potreban za obavljanje projektirane sanacije kvantificira se, a nadzorni inženjer ga odobrava i ovjerava za plaćanje.

Prekoprofilni iskop i sve nastale odvale, kaverne ili špilje, bez obzira jesu li nastali iz geoloških opravdanih razloga ili krivicom izvođača, potrebno je detaljno snimiti u poprečnom i uzdužnom smjeru i to prije i nakon izvršene sanacije. Uz

svaku snimku treba priložiti način rješenja sanacije s predmjerom izvršenih radova iz čega će biti vidljiv prekoprofilni iskop i zapremina odvala ili kaverni, kao i količina i vrsta utrošenog materijala za sanaciju.

Svako opravdano prekoprofilno odstupanje iskopa mora se redovno konstatirati i geodetskim mjerenjem evidentirati uz obveznu suglasnost od strane nadzornog inženjera.

Svako neopravdano prekoprofilno odstupanje iskopa mora se konstatirati i geodetskim mjerenjem evidentirati uz obveznu suglasnost od strane nadzornog inženjera.

Miniranje se dopušta samo nakon što su poduzete odgovarajuće mjere opreza za zaštitu svih osoba, rada i imovine. Plakati sa obavijestima o miniranju moraju se polijepiti po gradilištu.

Prije svakog ispaljivanja izvođač mora dati usmeno upozorenje, isprazniti područje i poduzeti potrebne mjere kako bi spriječio ulazak osoblja u opasno područje.

Ni u kojem slučaju otvori se ne smiju puniti dok se ne završe svi zahvati na bušenju. Nijednoj osobi neće biti dozvoljen pristup bušenju niti će bušenje započeti dok izvođačeva osoba zadužena za bušenje ne da dopuštenje.

Miniranje se obavlja samo pod vodstvom iskusnog operatera, a eksplozivom rukuju samo mineri. Izvođač imenuje jednu stručnu osobu odgovornu za sigurnost eksploziva.

Iskop niša u bočnim zidovima tunela i poprečni prolazi, osim niša za parkiranje, izvest će se nakon postavljanja primarne podgrade u tunelu.

Primarna podgrada bočnih zidova tunela bit će pažljivo rezana uzduž profila niša ili poprečnih prelaza, a iskop će se obavljati tako da preostala podgrada ne pretrpi nikakvo oštećenje.

Iskop podnožnog svoda, ako je njegova izvedba potrebna, treba izvesti neposredno nakon iskopa i osiguranja baznog dijela tunelskog profila. Mjere osiguranja prve i druge faze iskopa, tj. gornja i donja polovica tunela moraju biti u potpunosti gotove prije početka iskopa podnožnog svoda.

Iskop niša za parkiranje izvest će se proširenjem regularnog presjeka glavnog tunela.

Iskop u vrstama stijenske mase koje su visokoosjetljive na vodu, potrebno je obaviti uz posebnu pažnju, kako bi se izbjeglo svako oštećenje na stijeni. U ovim zonama potrebna je takva izvedba i kvaliteta izrade da se izbjegne kontakt između stijenske mase i vode.

Odmah nakon miniranja i bez ikakvog suvišnog odlaganja, izvođač treba izvršiti podgrađivanje da osigura iskop i zaposlene.

Elementi projektirane podgrade smatraju se dovoljnim za opću stabilnost tunela, međutim, izvođač će postaviti štapna sidra, ako to bude potrebno, na onim mjestima u stijeni da se spriječi rahljenje stijenskih blokova uz štolne i potkope.

Privremena osiguranja iskopa, koja postavlja izvođač radi zaštite ljudi i mehanizacije, a koji ne predstavljaju konstruktivni dio primarne podgrade neće se obračunavati, jer spadaju u zaštitne mjere koje je dužan osigurati izvođač.

Izvođač će redovno pregledavati tunelske bočne zidove i tjemene zone kako bi otkrio moguće pukotine ili znake nestabilnosti tunelske podgrade. Procjenu pukotina obavljat će projektant u suradnji sa nadzornim inženjerom uzimajući u obzir geotehnička mjerenja.

Bušenje, miniranje, iskop i izvedba mlaznog betona odvijaju se primjenom metoda i opreme koji mogu valjano kontrolirati prašinu, dim, pare, plinove, vlakna, maglu i izmaglicu.

Iskop tunela treba se odvijati kontinuirano, osim ako drugačije odobri nadzorni inženjer. Ako to stanje radova dopušta, prekid će se dopustiti vikendom i u vrijeme praznika, pod uvjetom da se radovi zaštite.

Prekid se neće dopustiti sve dok se ne završe svi elementi podgrade za utvrđenu kategoriju stijenske mase. Osim toga, čelo iskopa zaštitit će se mlaznim betonom (odgovarajuće debljine), osim u uvjetima stabilne stijenske mase, a po odobrenju nadzornog inženjera.

Za građevinu u blizini miniranja mjerit će se utjecaj vibracija od miniranja na lokacijama neposredno uz građevinu najbližu površini koja se probija ili na nekoj drugoj lokaciji gdje je potrebno ograničiti jačinu vibracija. Mjerenje vršne brzine čestice vršit će se odgovarajućim mjernim instrumentom duž tri ortogonalne osi. Jedna od njih mora biti paralelna s osi iskopa, a jedna mora biti okomita na nju. Mjerenje brzina čestica obveza je izvođača. Popis dobivenih vrijednosti dostavit će se nadzornom inženjeru u dogovorenom obliku. Pomoću probnih ispaljivanja izvođač će dokazati da navedene vršne brzine neće biti premašene. Probna ispitivanja obavljat će se na početku miniranja na svakoj novoj lokaciji. Vršne brzine ne smiju preći propisane vrijednosti. U svim zonama gdje je potrebno ograničiti jačinu vibracija, duljina napredovanja, kao i iskop po fazama tunela mora biti u skladu s dozvoljenim brzinama oscilacija tla, stijenske mase. Maksimalno dozvoljene brzine moraju biti u skladu sa normom HRN DIN 4150.

Faze iskopa i razrada profila iskopa bit će u skladu s projektom, ovim tehničkim uvjetima i nacrtima iz izvedbenog projekta, koji će izraditi izvođač prema ustanovljenom stanju stijene tijekom iskopa tunela.

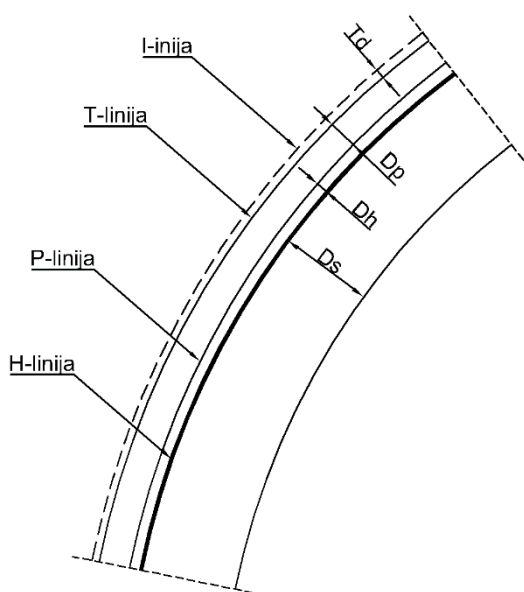
Izvođač je odgovoran za odabir potrebne opreme i može predložiti alternativnu metodu iskopa, ako drugim dokumentima nije drugačije određeno.

Granicu za obračun između vanjskog iskopa (tunelskog predusjeka) i iskopa u tunelu, uzima se stacionaža projektirane trase koja odgovara sraslom tlu (ili stijeni) na tjemenu tunela.

Iskop tunela, niša i poprečnih prolaza mjeri se u kubnim metrima duž T-linije kako je prikazano u projektu za svaku kategoriju stijenske mase ili po odobrenju nadzornog inženjera (vidi slike 10-04.2 do 10-04.5). Duljina svake kategorije stijenske mase računat će se duž središnje linije tunela.

Na slici 10-04.2 oznaka  $D_p$  označava debljinu primarne podgrade,  $D_s$  označava debljinu sekundarne betonske obloge, a  $D_h$  debljinu hidroizolacijskih slojeva (debljina folije, zaštitnog sloja i izravnavajućeg betona). H linija označava liniju za obračun hidroizolacijskih slojeva (podložni sloj, izolacijski sloj i izravnavajući mlazni beton), P linija je linija za obračun mlaznog betona, armaturne mreže (svi slojevi) i čeličnih lukova, a T linija, liniju za obračun iskopa.

Slika 10-04.2: Linije za obračun i plaćanje



Izvor: OTU-i za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

Obračunavanje se vrši za cjelokupni profil, bez obzira da li je iskop izveden u punom profilu ili po fazama.

Proširenje profila iskopa uzimajući u obzir konstrukcijske tolerancije ( $T_k$ ) i deformacijske tolerancije ( $T_d$ ) neće se obračunavati za plaćanje, već će biti uključene u jedinične cijene iskopa za pojedine kategorije stijenske mase.

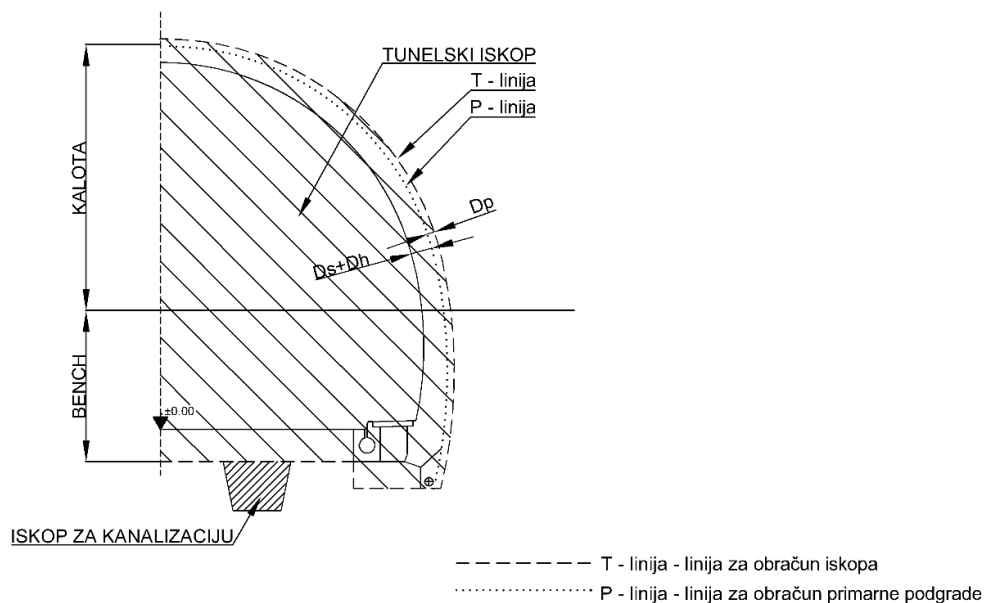
Prekopprofilni iskop se ne obračunava, a za opravdani prekopprofilni dio posebno se obračunava utovar i odvoz materijala te sanacija po projektu i odobrenju nadzornog inženjera.

Opravdani prekopprofilni iskop nastao radi nepovoljnih geoloških uvjeta izmjerit će se na licu mjesta prema stvarnim količinama. Izmjera opravdanog prekopprofilnog iskopa se provodi i obračunava u kubnim metrima unutar izvan T-linije.

Opravdani prekopprofilni iskop manji od  $2 \text{ m}^3/\text{m}$  tunela neće se obračunavati, a ako je isti veći, obračunava se ukupna količina.

Na slici 10-04.3, linije za obračun i plaćanje iskopa tunela bez podnožnog svoda, oznaka  $D_p$  označava debljinu primarne podgrade,  $D_s+D_h$  označava ukupnu debljinu završne betonske obloge i hidroizolacijskih slojeva. P-linija je teoretska linija unutarnjeg ruba primarne podgrade, a T-linija teoretska linija iskopa – linija za obračun iskopa.

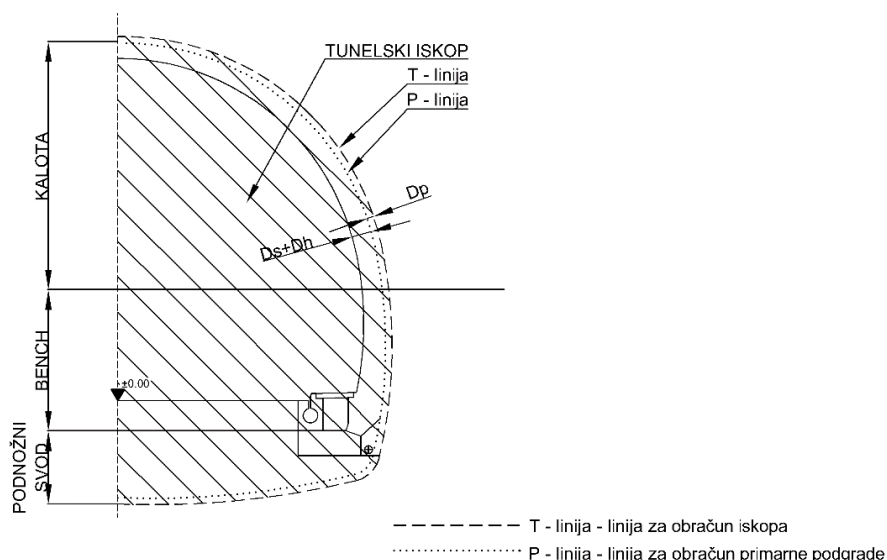
Slika 10-04.3: Linije za obračun i plaćanje iskopa tunela bez podnožnog svoda



Izvor: OTU za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

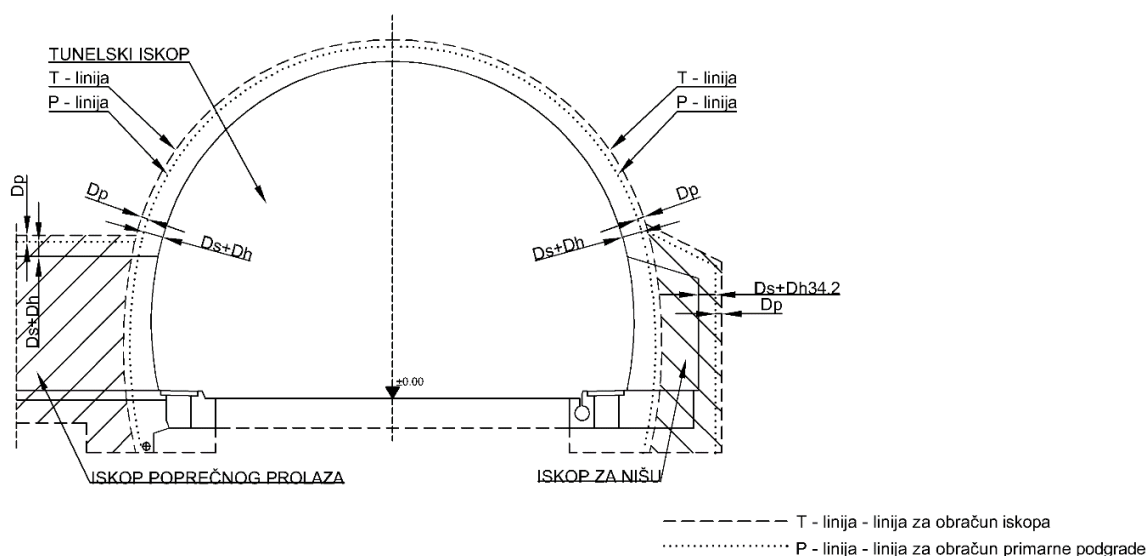
Na slikama 10-04.4 i 10-04.5 oznaka  $D_p$  označava debljinu primarne podgrade,  $D_s+D_h$  označava ukupnu debljinu završne betonske obloge i hidroizolacijskih slojeva, P-linija je teoretska linija unutarnjeg ruba primarne podgrade, a T-linija označava teoretsku liniju iskopa ili liniju za obračun iskopa.

Slika 10-04.4: Linije za obračun i plaćanje iskopa tunela s podnožnim svodom



Izvor: OTU za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

Slika 10-04.5: Linije za obračun i plaćanje iskopa niša i poprečnih prolaza



Izvor: OTU za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

Dodatni iskop radi proširenja poprečnog presjeka ispod cijevnog krova („pipe roof-a”) neće se posebno obračunavati.

Dodatni radovi i materijali potrebni radi pažljivog rada u vrstama stijenske mase s velikom osjetljivošću na vodu (stijena koja bubri) neće se posebno obračunavati.

Privremeno reguliranje vode za količine do 5 l/s, uključivo odgovarajuće drenaže, odvod i ispuštanje vode tijekom radova iskopa obveza je izvođača i neće se posebno obračunavati.

Privremena regulacija vode za količine iznad 5 l/s, obračunavat će se posebno u satima crpljenja. Voda koja se koristi za bušenje, ispiranje, injektiranje ili neke druge radove neće se posebno obračunavati.

Teškoće vezane uz radove iskopa radi procjedne vode koja prelazi količinu od 10 l/s, obračunavat će se zasebno, a rad se mjeri u kubnim metrima unutar T-linije.

Obračunavanje neće obuhvaćati vodu korištenu za bušenje, ispiranje, injektiranje ili neke druge radove. Obračunavat će se samo dotok vode na udaljenosti od 20 m od svakog čela iskopa.

Teškoće vezane uz promjenu iskopa primjenom raznih faza razrade profila (kalote/zidova/podnožnog svoda), za iskop galerija u bočnom zidu i slično, bit će obuhvaćene u jediničnim cijenama za iskop i neće se posebno obračunavati.

Dodatni troškovi i ometanja nastali radi rušenja privremenih elemenata podgrade (na primjer unutrašnji zidovi ili bočne galerije, privremeni podnožni svod itd.) bit će obuhvaćeni jediničnim cijenama za iskop i neće se posebno obračunavati.

Dodatni troškovi za korištenje posebne opreme bit će obuhvaćeni jediničnim cijenama za iskop i neće se posebno obračunavati.

Ventiliranje tijekom izvedbe obveza je izvođača i neće se posebno obračunavati.

Rasvjeta tijekom izvedbe obveza je izvođača i neće se posebno obračunati.

Prijevoz materijala od mjesta iskopa u tunelu do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu ili trajnog odlagališta blizu portala tunela na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela neće se posebno obračunavati već će biti obuhvaćeni jediničnim cijenama za iskop. Utovar i istovar materijala na lokacijama za privremeno skladištenje te uređenje odlagališta također su uključeni u jediničnu cijenu prijevoza.

Za prijevoz materijala na povećane prijevozne duljine veće od 1500 m od odnosnog portala tunela (na lokaciju za gospodarenje građevnim otpadom ili na odlagalište mineralnih sirovina) rad se obračunava u skladu s odredbama Knjige III – Zemljani radovi: poglavlje 3-9. Prijevoz materijala.

Iskolčenje osi tunela (tlocrtno, visinsko i snimanje profila) za vrijeme izvedbe obveza je izvođača i neće se posebno obračunavati.

Jedinična cijena za tunelski iskop obuhvaća sav rad, opremu i materijal potrebnu za iskop u navedenim granicama, uklanjanje privremenih podgrada stijene (na primjer privremeni podnožni svod od mlaznog betona), potrebne promjene opreme za iskop, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, ventilacije i rasvjete tijekom izgradnje, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa. U cijenu su uključena i sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela.

Jedinična cijena za ponuđeni iskop bit će neovisna o metodi koja se stvarno koristi za tunelski iskop.

Jedinična cijena iskopa također se primjenjuje na lokalno proširenje presjeka na privremenim portalima koje je potrebno radi povećanja debljine obloge tunelske cijevi.

Prekidi radova iskopa do 24 sata radi velikog dotoka vode, značajnog prekopprofilnog iskopa, speleoloških objekata (kaverna, špilja...) ili drugih nepredviđenih okolnosti neće se posebno obračunavati. Prekid rada na iskopu dulji od 24 sata radi velikog dotoka vode, značajnog opravdanog prekopprofilnog iskopa ili radi drugih nepredviđenih događaja plaća se po jediničnim cijenama po satu prekida. Plaćanje se vrši samo onda ako se mineri, pomoćno osoblje i oprema koji se koriste u odnosnom čelu ne mogu prebaciti na drugo čelo.

Prekid radova iskopa duži od 24 sata obračunavat će se u skladu s ugovorom i uz odobrenje nadzornog inženjera.

Prekidi radova iskopa do 2 sata radi visoke koncentracije eksplozivnih plinova (na primjer metan) neće se posebno obračunavati.

Postotak učešća pojedinih kategorija stijenske mase u cijelom tunelu dat je prognozno na bazi prognoznog geološkog profila. Povećanje ili smanjenje učešća pojedinih kategorija stijene u iskopu tunela od projektom predviđenog ne daje pravo izvođaču za izmjenu ugovorenih jediničnih cijena iskopa, već može imati samo utjecaj na skraćenje ili produljenje roka za radove na iskopu. Obračun se vrši na temelju stvarno izvedenih radova u skladu s ugovorom i po ugovorenim jediničnim cijenama pojedinog rada.

Izvođač je dužan za svaku kategoriju stijene, bez posebne naknade, izvesti probnu dionicu miniranja, kako bi odabrao najsvrsishodniji način tunelskog iskopa i izvršio promjenu pretpostavljenih parametara miniranja.

### **Geodetsko vođenje osi tunela**

Izvođač je dužan imati na gradilištu tunela stručnu geodetsku ekipu cijelo vrijeme građenja tunela. Ekipa mora biti opremljena suvremenim geodetskim instrumentarijem, odgovarajućom opremom za mjerenja u zatvorenom tamnom prostoru, s adekvatnim prijevoznim sredstvima. Dužnost joj je da čitavo vrijeme građenja određuje i kontrolira tlocrtni i visinski položaj izvedenih elemenata tunela.

Investitor je preko nadzornog inženjera dužan predati izvođaču geodetski elaborat tunelske osnove za sve tunele dulje od 200 m te sve numeričke podatke i nacрте za pravilno vođenje iskopa tunela i građenja pojedinih elemenata tunela.

Investitor je preko nadzornog inženjera dužan zapisnički predati izvođaču propisno postavljene stabilizirane stalne geodetske točke kod portala tunela s pripadnim položajnim opisima, njihovim koordinatama i visinama u sustavu državne izmjere.

Ove stalne geodetske točke izvođač mora čuvati od oštećenja tijekom cijelog vremena građenja tunela. U slučaju oštećenja ili potrebe za dodatnim točkama izvođač će obavijestiti nadzornog inženjera radi potrebe njihovog stručnog obnavljanja ili premještanja. Troškove ovih radova snosi izvođač.

Tijekom radova na iskopu tunelske cijevi izvođač će stabilizirati na svakih 500 m stalnu točku prema geodetskim pravilima i zaštititi je od oštećenja. Ove stalne točke služit će za kontrolna mjerenja ostvarene osi tunela za potrebe investitora i kontrolu izvođenja iskopa tunelske cijevi.

Postavljanje stalnih točaka treba izbjegavati na mjestima gdje postoje mogućnosti izdizanja podnožnog dijela iskopa, odnosno pomaka radi specifičnih geoloških uvjeta.

Tijekom građenja tunela duljih od 5 km, za izradu mreža visoke preciznosti, preporuka je korištenje žiroskopskih mjerenja za kontrolu orijentacije točaka geodetske osnove u tunelu. Pouzdanost određivanja smjera žiriteodolitom je oko  $\pm 1''$ . Pri razvijanju poligonskih vlakova u tunelu, preporuka je da se nakon svakog kilometra provjeri orijentacija pravaca uz pomoć žiriteodolita.

Investitor će putem geodetskog nadzora vršiti povremenu kontrolu stabiliziranih stalnih kontrolnih točaka. Izvođač mora geodetskoj ekipi nadzora omogućiti neometani rad u dogovorenom vremenskom terminu, nužnom privremenom obustavom radova u tunelu i posebno ventiliranjem tunela radi smanjenja prašine u zraku tunelske cijevi.

Izvođač je dužan ovoj geodetskoj ekipi nadzora dati na uvid i korištenje sve svoje snimljene geodetske podatke.

Podaci kontrolnih mjerenja i rezultati njihove obrade su mjerodavni za daljnje radove i prilažu se kao posebni elaborati poslije svakog kontrolnog mjerenja građevinskoj dokumentaciji građenja tunela.

### **Geodetska kontrola iskopa**

Za potrebe geodetske kontrole iskopa tunela izvođač mora upotrebljavati adekvatan suvremeni geodetski instrumentarij s mogućnosti primjene elektroničkih daljinomjera i posebnih uređaja za infracrveno ili lasersko mjerenje profila iskopa tunelske cijevi („profiler“).

Snimanje iskopanog profila potrebno je vršiti po mogućnosti nakon svakog koraka kod napredovanja iskopa, ali ne manje od jednog mjerenja na 10 m iskopa, radi potrebnih korekcija položaja minskih rupa kod bušenja.

U novije vrijeme za geodetsku kontrolu profila iskopa može se koristiti i laserski skener. Upotreba tunelskog laserskog skeniranja omogućuje dobivanje više milijuna točaka u vrlo kratkom vremenu, snimajući između 10 000 do 100 000 točaka u sekundi ovisno o samom uređaju i potrebnoj gustoći mjerenja laserskog skenera. Rezultat snimanja je točkasta snimka tunela, koja se naziva oblak točaka, obavljena brže nego bilo koja klasična metoda mjerenja tunela te s puno većom gustoćom točaka u odnosu na klasičnu izmjeru profila. Snimanje profila laserskim skenerom omogućuje značajne uštede troškova točnijim i gušćim snimanjem tunelskih profila, odvala ili kaverni te se koristi kao najdetaljnija kontrola iskopa za optimizaciju troškova prilikom betoniranja.

Mjerenja provodi izvođač preko svoje geodetske ekipe neposredno nakon iskopa na obodu stijenske plohe tunelskog otvora ili na prvom sloju mlaznog betona kod dobrih kategorija (I, II i III).

Ako je stijenska masa IV i V tunelske kategorije mjerenja se provode nakon potpunog završetka primarne podgrade.

Ovako izmjerena površina iskopa dodat će se onoj izmjerenoj na konačno završenoj primarnoj podgradi.

Kontrolna mjerenja geodetskog nadzora su u odnosu na mjerenja izvođača u omjeru 1 : 3 i provodit će se vlastitim geodetskim instrumentarijem.

Sva geodetska mjerenja potrebno je prikazati i u grafičkoj formi u mjerilu koje odredi nadzor i redovno dostavljati na uvid nadzornom inženjeru.

Tunelsku os potrebno je iskolčiti s točnošću od  $\pm 1,0$  cm.

Postavljanje obodnih minskih bušotina potrebno je izvesti s točnošću od  $\pm 3,0$  cm.

Geodetska mjerenja iskopa i opravdanih odvala treba biti s točnošću od  $\pm 3,0$  cm.

Svako opravdano prekoprofilsko odstupanje iskopa mora se redovno konstatirati i geodetskim mjerenjem evidentirati uz obveznu suglasnost od strane nadzornog inženjera.

Svako neopravdano prekoprofilsko odstupanje iskopa mora se konstatirati i geodetskim mjerenjem evidentirati uz obveznu suglasnost od strane nadzornog inženjera

Izvođač je odgovoran za osiguranje da minimalni profil za završnu oblogu bude onakav kako je prikazano na nacrtima projekta.

Izvođač može predložiti korištenje i naprednijih tehnika geodetskih mjerenja i obrade podataka kako bi snimio završni iskopni profil.

Donja razina iskopa (niveleta posteljice) ili dno podnožnog svoda izvesti sa točnošću 0 do  $\pm 5,0$  cm u odnosu na teorijsku kotu iskopa.

Ako razina iskopa dna nakon čišćenja od mulja ili lošeg materijala bude niža od  $-5,0$  cm ispod projektiranog, izvođač će taj prekop popuniti kvalitetnim materijalom za donji nosivi sloj kolničke konstrukcije ili betonom sve do projektirane teorijske razine, ili prema uputi i odobrenju nadzornog inženjera, a na svoj trošak.

#### Tolerancije

Tolerancije za oplatu, uključivo tolerancije izrade oplate, nepreciznost pri montaži oplate i deformacije oplate tijekom betoniranja ne smiju biti veće od 60 mm u radijalnom smjeru.

Betonska pasica za postavljanje tunelske oplate mora biti izvedena s točnošću  $+ 1,0$  cm.

Odstupanje unutrašnje strane betonske obloge u skladu s teoretskim poprečnim profilom općenito ne smije biti veće od 100 mm (u radijalnom smjeru) prema unutrašnjoj strani. U visini staza odstupanje unutrašnje strane ograničeno je na 50 mm prema unutrašnjoj strani. U svakom slučaju, i za sve navedene dozvoljene tolerancije treba se zadržati navedena teoretska debljina za unutrašnju betonsku oblogu, kao i slobodni profil. Za betonski podnožni svod nije dopušteno nikakvo

smanjenje projektirane teorijske debljine betonske konstrukcije. Povećanje debljine obloge od  $d/2$  nije dozvoljeno osim u iznimnim slučajevima koji podliježu odobrenju Nadzornog inženjera.

Niše, udubljenja i slične građevine trebaju se izvesti uz toleranciju od + 5,0 cm u odnosu na projektiranu lokaciju. Odstupanja njihove veličine ograničena su na + 1,0 cm.

### **Geotehničko praćenje tunela tijekom izvedbe iskopa**

Osnovni strukturni materijal u tunelogradnji je stijenska masa ili tlo, odnosno prirodni materijal koji se nalazi u zoni trase tunela. Tuneli su linijske građevine te je neracionalno i uglavnom nemoguće provesti takav obim geotehničkih istražnih radova koji omogućuje pouzdano definiranje karakteristika i stanja osnovnog strukturnog materijala koji mogu značajno varirati duž trase tunela ovisno o složenosti geoloških formacija. Stoga geotehnički projekti tunela radi nepouzdanosti i nedostatnosti ulaznih podataka te složenosti samog problema daju rješenja koja se tijekom izvođenja trebaju verificirati ili prema potrebi modificirati.

Osnovni ciljevi geotehničkog praćenja gradnje tunela su:

- određivanje stvarne kakvoće stijenske mase duž trase tunela
- verifikacija stabilnosti podzemnog iskopa
- optimalizacija svih mjera na iskopu i stabilizaciji iskopa definiranih geotehničkim projektom.

Sva ispitivanja i analize koje se provode u sklopu geotehničkog praćenja tunela predstavljaju sastavni dio projektne dokumentacije tunela.

Za provođenje programa geotehničkog praćenja tunela zadužen je nadzorni inženjer. Nadzorni inženjer treba biti dipl. inž. građ. geotehničar specijaliziran za područje podzemnih geotehničkih konstrukcija ili u nadzornoj ekipi imati pomoćnika nadzornog inženjera dipl. inž. građ. geotehničara specijaliziranog za područje podzemnih geotehničkih konstrukcija sve do trenutka potpune stabilizacije podzemnog iskopa cijelog tunela.

### **Određivanje kakvoće stijenskih masa duž trase tunela**

Za određivanje stvarne kakvoće stijenskih masa duž trase tunela potrebno je tijekom izvođenja tunela provesti:

- inženjerskogeološko kartiranje podzemnog iskopa tunela
- kategoriziranje stijenskih masa
- određivanje svih relevantnih parametara stijenskih masa.

Opis i postupak inženjerskogeološkog kartiranja podzemnog iskopa tunela i kategoriziranja stijenskih masa rade se na osnovu posebnih propisa i dati su u poglavlju 10-03.

Ako karakteristike stijenskog materijala u iskopu bitno odstupaju od karakteristika datih posebnim geotehničkim projektom nadzorni inženjer će obavijestiti projektanta geotehničara i odabrati uzorke materijala iz iskopa za potrebna ispitivanja. Ispitivanja uzoraka će se obaviti u laboratoriju za mehaniku stijena ili tla prema odgovarajućim standardima za pojedine vrste ispitivanja.

Na osnovi rezultata ispitivanja projektant će obaviti potrebne analize te verificirati ili modificirati mjere na stabilizaciji podzemnih iskopa definirane geotehničkim projektom.

### **Program geotehničkih opažanja i mjerenja**

Svrha geotehničkih opažanja i mjerenja je verifikacija stabilnosti podzemnog iskopa u svim fazama gradnje tunela te optimalizacija primijenjenih mjera na stabilizaciji iskopa.

Program geotehničkih opažanja i mjerenja definira projektant u geotehničkom projektu.

- Geotehnička opažanja

Opažanje obuhvaća određivanje ponašanja stijenske mase na čelu tunela, snimanje procesa građenja i dnevni pregled ugrađenih podgradnih sklopova i nepodgrađenih dionica.

Zadatak je nadzornog inženjera da na osnovi geotehničkog opažanja uoči moguće zone nestabilnosti podzemnog iskopa. Stoga je potrebno neposredno nakon iskopa tijekom kavanja registrirati moduse ispadanja materijala oko podzemnog iskopa, potencijalno nestabilne blokove te za stabilnost kritične diskontinuitete.

Opažanjima je potrebno verificirati projektom predviđene dužine napredovanja, vrijeme stabilnosti nepodgrađenih raspona, kao i vrijeme i redoslijed izvođenja svih propisanih mjera na stabilizaciji podzemnog iskopa, odnosno snimanje procesa gradnje i utjecaja pojedinih graditeljskih zahvata na stabilnost podzemnog iskopa.

Svakodnevno treba obavljati preglede ugrađenih podgradnih sklopova u cilju registriranja defekata na ugrađenim podgradnim sklopovima i njihovog povezivanja s rezultatima inženjerskogeološkog kartiranja i mjerenja te preglede nepodgrađenih dionica u cilju uočavanja eventualnih znakova nestabilnosti.

- Geotehnička mjerenja

Geotehničkim in situ mjerenjima se ne provjerava samo stabilitet i primijenjeni projektni računski model, nego se i verificira osnovni koncept reakcije masiva na izvedbu podzemnog iskopa te djelotvornost podgradnih sklopova i svih mjera na stabilizaciji iskopa. Time mjerenja postaju integralni dio projekta.

Mjerenja u tunelogradnji se općenito dijele u tri skupine:

- kontrolna mjerenja koja prate deformacije podzemnog iskopa u cilju sigurnosti radnika i konstrukcije
- podgradna mjerenja koja prate pomake stijenske mase oko podzemnog iskopa te deformacije i naprezanja u elementima podgradnog sklopa u cilju optimalizacije svih mjera na iskopu i stabilizaciji iskopa
- stabilizacijska mjerenja koja prate deformacije i naprezanja sekundarne betonske obloge u cilju dokaza stabilnosti tunela.

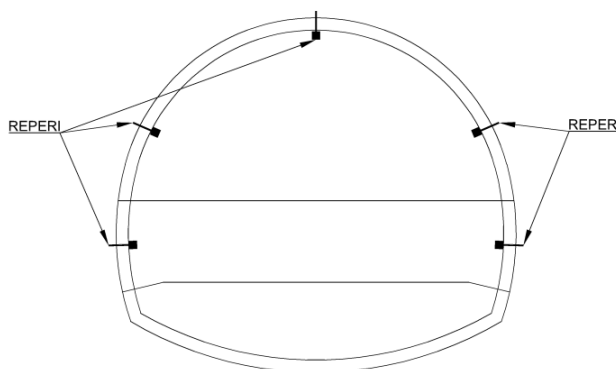
- Kontrolna mjerenja

Osnovu kontrolnih mjerenja čine optička trodimenzionalna mjerenja deformacija podzemnog iskopa.

Kontrolni mjerni profil uobičajeno sadrži 5 mjernih točaka pozicioniranih na rubu podzemnog iskopa. Mjerna točka se sastoji od nosača mjerne točke koji se ugrađuje u mlazni beton ili stijensku masu i na koji se postavlja (birefleksna značka ili staklena značka).

Mjerenja se provode totalnom mjernom stanicom. Potrebna točnost mjernog instrumenta za mjerenja udaljenosti treba biti  $\geq \pm 1$  mm. Mjerenja se obično obavljaju u okviru sustava integriranog praćenja tunela koji također uključuje mjerenja slijanja i provjeru položaja poprečnih profila tunela.

Slika 10-04.6: Kontrolni mjerni profil



Izvor: OTU za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

Snimljeni rezultati mjerenja se odmah obrađuju na osobnom računalu pomoću posebnih programskih paketa za interpretaciju podataka i dostavljaju nadzornom inženjeru te prema potrebi i projektantu geotehničaru

U tunelima, gdje se traži najveća preciznost mjerenja mogu se koristiti mobilna konzola za postavljanje instrumenta. Različite vrste konzola mogu se lako pričvrstiti ubušavanjem u betonsku stijenu tunela i ukloniti nakon upotrebe.

Prilikom iskopa tunela s lošom geologijom gdje se mogu očekivati veće deformacije ili urbanim područjima gdje je potrebna veća frekvencija mjerenja zbog zaštite objekata u neposrednoj okolini iskopa tunela, može se implementirati automatizirani sustav praćenja pomaka i deformacija. Mjerenja se provode pomoću georobota (robotizirana totalna mjerna stanica s unaprijed ugrađenim programskim paketima za mjerenje pomaka). Instrument je fiksiran na konzoli s definiranim koordinatama staklenih znački koje su ugrađene u profilima na kojima se očekuju pomaci i deformacije. Prednosti ovakvog sustava su povećana frekvencija mjerenja, automatska programska obrada podataka u stvarnom vremenu, vizualizacija mjerenja pomoću posebnih GIS platformi te obavješćavanje svih zainteresiranih stranki o prekoračenju projektom predviđenih pomaka i deformacija u stvarnom vremenu.

Mjesta ugradnje kontrolnih mjernih profila odredit će nadzorni inženjer tijekom izvođenja. Kod tunela u stijenskim masama kontrolni mjerni profili ugrađivat će se u zonama IV i V kategorije stijenske mase. U stijenskoj masi I do III kategorije ugradit će se po jedan kontrolni mjerni profil na svakih 100 m duljine tunela. Kod tunela u tlu kontrolni mjerni profili ugrađivat će se na svakih 10 – 15 m ovisno o tehnologiji izvođenja.

Postavljanje mjernih profila odnosno ugradnja repera vrši se u pravilu što bliže čelu tunela. Nakon ugradnje repere treba vidno obilježiti i zaštititi kako bi se izbjegla oštećenja. Mjerni profili će se označiti stacionažom i brojem, a reperi u profilu brojevima uz zadržavanje istog broja za određeni položaj repera u svim profilima.

Početno mjerenje potrebno je obaviti u najkraćem mogućem roku nakon ugradnje točaka, a obavezno prije sljedeće faze iskopa. Nakon početnog mjerenja (tzv. nultog mjerenja) prate se pomaci i deformacije znački u odnosu na početno (nulto) mjerenje.

Mjerenjem znački dobivaju se deformacije točaka u smjeru iskopa, okomito na smjer iskopa te se prati slijeganje tunela do njenog smirivanja.

Mjerenja će se vršiti do potpunog prestanka pomaka. Učestalost mjerenja propisat će nadzorni inženjer s obzirom da pomaci ne ovise samo o vremenu nego i o procesu građenja, odnosno udaljenosti čela tunela od mjernog profila. Mjerenja će biti potrebno intenzivirati u slučajevima bržeg prirasta deformacija, odnosno pojava koje ukazuju na nestabilnost podzemnog iskopa.

Mjerenja treba provesti i nakon svakog daljnjeg građevinskog zahvata koji u zoni mjernog profila može izazvati nestabilnost otvora (iskop narednih faza).

U području svakog mjernog profila potrebno je snimiti proces iskopa i podgrađivanja, kao i sve daljnje građevinske zahvate koji mogu utjecati na rezultate mjerenja.

Interpretaciju rezultata mjerenja obavlja nadzorni inženjer na gradilištu neposredno nakon mjerenja. Osnovu za interpretaciju rezultata mjerenja čine rezultati numeričkog modela.

U slučaju značajnih odstupanja od rezultata dobivenih numeričkim modeliranjem ili nesmirivanja pomaka unatoč primjeni osnovnih i dodatnih podgradnih mjera predviđenih geotehničkim projektom potrebno je izvijestiti projektanta geotehničara koji treba otkriti uzroke i stabilizirati geotehničku konstrukciju.

- **Podgradna mjerenja**

Podgradna mjerenja se obavljaju u cilju verifikacije primijenjene metodologije iskopa i podgrađivanja odnosno optimalizacije svih mjera na iskopu i stabilizaciji iskopa te provjere rezultata numeričkog modela. Načelno se provode samo kod tunela u tlu ili kod tunela koji se većim dijelom nalaze u vrlo slabim stijenskim masama.

Sastoje se od mjerenja pomaka tla oko podzemnog iskopa i mjerenja naprezanja u elementima podgradnog sklopa.

Mjerenja pomaka tla oko podzemnog iskopa obavlja se iz tunela, a kod manjih nadsloja moguće je mjerenje s površine terena.

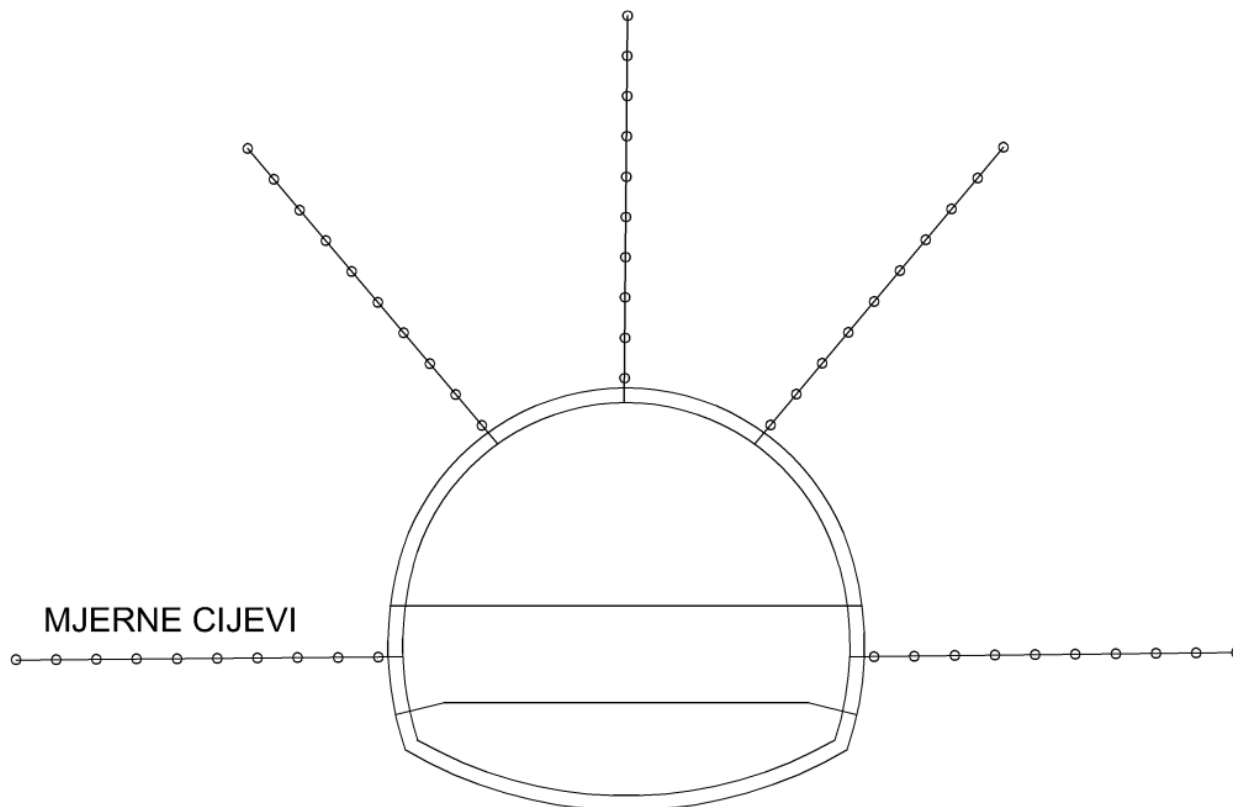
Za mjerenje pomaka iz tunela izbuši se uobičajeno pet bušotina radijalno postavljenih u odnosu na podzemni iskop. Duljina bušotina se određuje numeričkim modelom predviđene raspodjele pomaka oko podzemnog iskopa. U bušotine

se ugrađuju i kontaktno injektiraju mjerne cijevi, a mjerenja pomaka u smjeru bušotina obavljaju se kliznim deformetrom. Unutar bušotina mjerne točke se nalaze na međusobnoj udaljenosti od 1 m.

Karakterističan podgradni mjerni profil za mjerenje pomaka oko podzemnog iskopa iz tunela prikazan je na slici 10-04.7.

U profilu se također provode i kontrolna mjerenja te geodetska mjerenja pomaka ušća bušotina. Profil se postavlja što bliže čelu tunela, a mjerenja se uobičajeno obavljaju kontinuirano, odnosno u razmacima do 12 h, ovisno o građevinskim zahvatima u zoni mjernog profila do potpunog prestanka pomaka.

Slika 10-04.7: Karakterističan podgradni mjerni profil za mjerenje pomaka oko podzemnog iskopa iz tunela



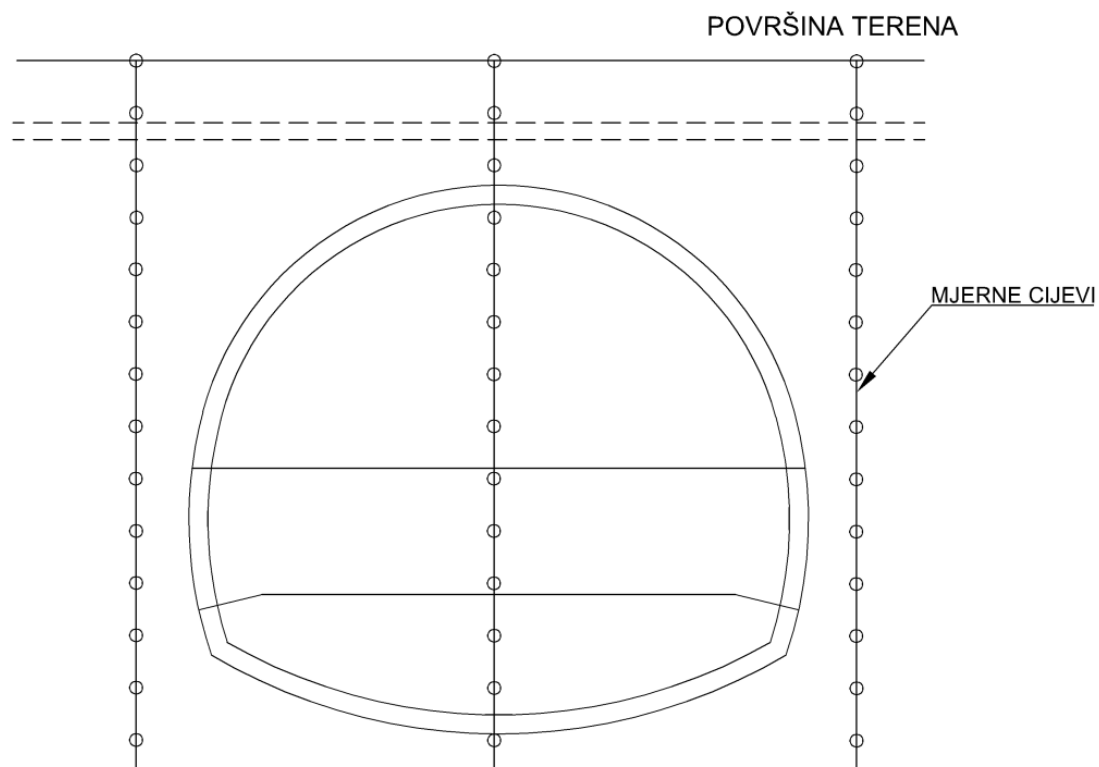
Izvor: OTU za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

Prednosti mjerenja pomaka s površine terena su mogućnost registriranja pomaka ispred čela tunela te nesmetano mjerenje koje nije u koliziji procesom građenja. Karakterističan podgradni mjerni profil za mjerenje pomaka s površine terena prikazan je na slici 10-04.8.

Mjerenje naprezanja u elementima podgradnog sklopa sastoji se od mjerenja naprezanja i deformacija sidara i mjerenja naprezanja u mlaznom betonu i na kontaktu podgrade i okolnog medija.

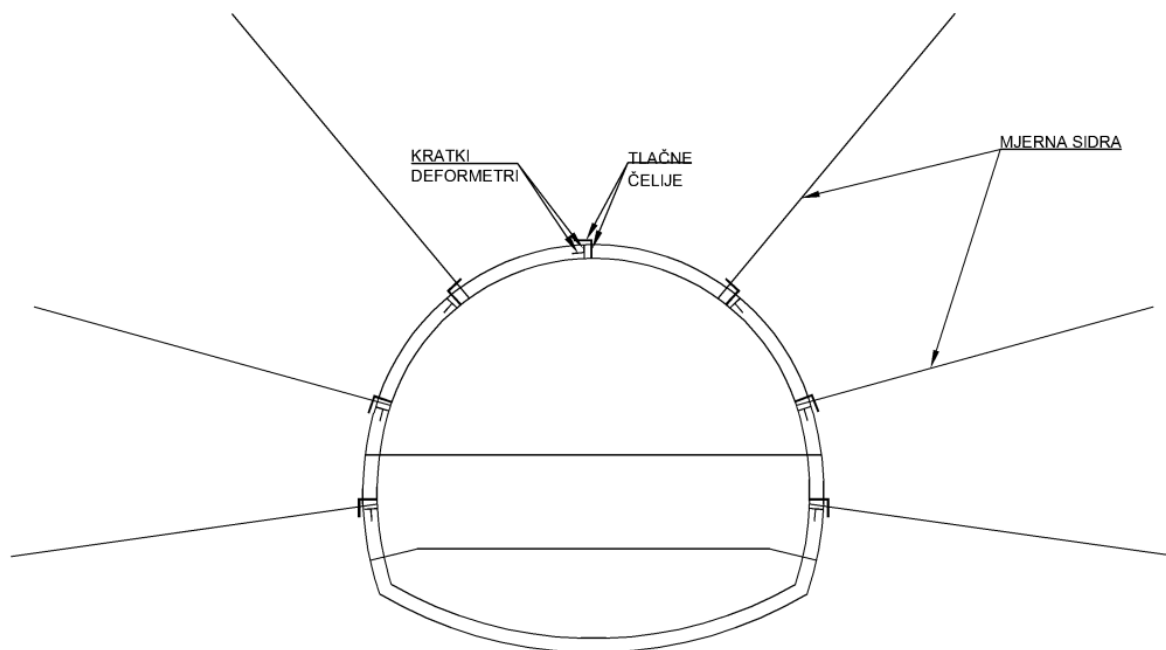
Za mjerenje naprezanja i deformacija sidara koriste se mjerna sidra, a za mjerenje deformacija i naprezanja u mlaznom betonu kratki deformetri i tlačne ćelije. Tlačne ćelije se koriste i za mjerenje naprezanja na kontaktu tla i primarnog podgradnog sklopa. Mjerenja se obavljaju kontinuirano do potpunog prestanka promjena naprezanja. Karakterističan podgradni mjerni profil za mjerenje naprezanja u elementima podgradnog sklopa prikazan je na slici 10-04.9.

Slika 10-04.8: Karakterističan podgradni mjerni profil za mjerenje horizontalnih i vertikalnih pomaka s površine terena



Izvor: OTU za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

Slika 10-04.9: Podgradni mjerni profil za mjerenje naprezanja u elementima podgradnog sklopa



Izvor: OTU za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

Radi bolje interpretabilnosti rezultata mjerenja podgradni mjerni profili se uobičajeno postavljaju na razmaku do 10 m grupirani u test sekcije. Test sekcije trebaju biti postavljene u jasnoj i za geotehničku jedinicu geološki reprezentativnoj lokaciji. Lokaciju test sekcija određuje projektant geotehničar u suradnji s geologom.

Interpretaciju rezultata mjerenja na test sekcijama vrši projektant geotehničar u skladu s primijenjenim projektnim računskim modelom. Ako rezultati mjerenja ukazuju na bitno drugačije ponašanje podzemnog iskopa potrebno je provjeriti i korigirati ulazne parametre (ispitivanjima i povratnim analizama) ili primijeniti adekvatniji računski model.

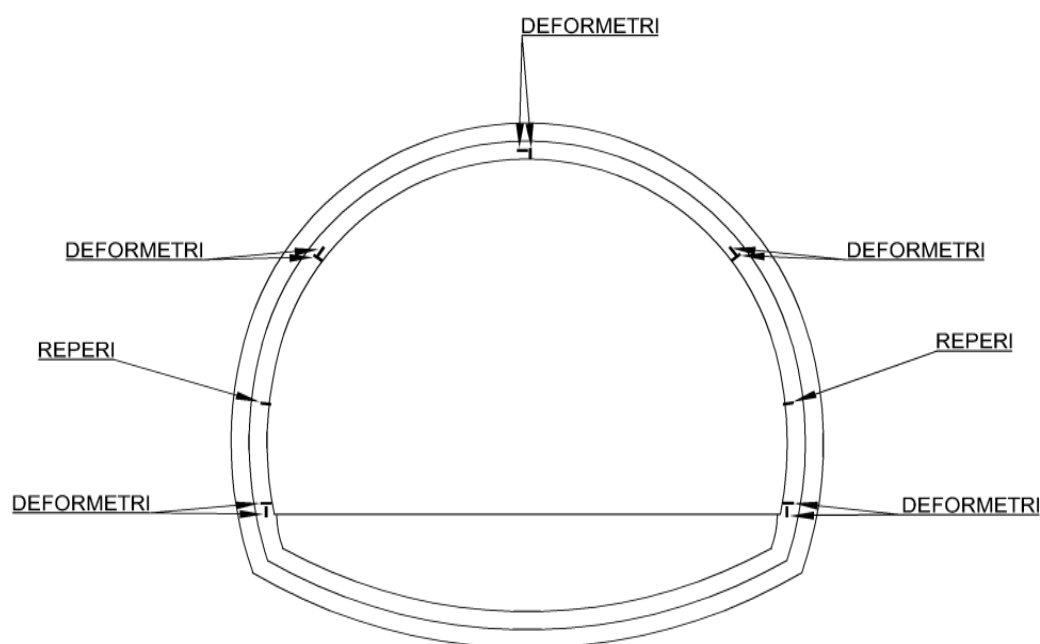
Testom čupanja sidara potrebno je prije početka radova na iskopu tunela (tijekom iskopa predusjeka) definirati nosivosti sidara. Ispitivanja se obavljaju u serijama od po pet sidara za svaku raspoloživu i bitno različitu geotehničku jedinicu. Sidra po tipu i tehnologiji ugradnje trebaju u potpunosti odgovarati sidrima koja će se ugrađivati u tunelu. Ispitivanje sidara treba provesti u skladu s preporukama ISRM-a (ISRM 1974).

- Stabilizacijska mjerenja

Stabilizacijska mjerenja provode se nakon ugradnje sekundarne betonske obloge na mjestima gdje nije došlo do potpunog prestanka pomaka i kod materijala kod kojih se očekuju dugotrajni efekti uslijed bujanja ili rastrošbe. Mjerenjima se određuju opterećenje sekundarne betonske obloge u cilju dokaza stabilnosti tunela. Sastoje se od mjerenja deformacija betonske obloge i mjerenja konvergencije.

Stabilizacijski mjerni profil sadrži pet mjernih mjesta u betonskoj oblozi s po 2 kratka deformetra za mjerenje radijalnih i tangencijalnih deformacija betonske obloge te mjerenje horizontalne konvergencije u jednom mjernom pravcu (vidi sliku 10-04.10).

Slika 10-04.10: Stabilizacijski mjerni profil



Izvor: OTU za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

Mjerenja započinju nakon skidanja oplate s betonske obloge i ovisno o registriranim promjenama naprezanja mogu biti dugotrajna i nastaviti se tijekom eksploatacije tunela u okviru stavke održavanja tunela. Interpretaciju mjerenja vrši projektant geotehničar u suradnji s projektantom tunela.

**Napomena:** U dijelu teksta geotehnička mjerenja prikazani su karakteristični mjerni profili koji odgovaraju sadašnjem razvoju tehnologije mjerenja. Stalan napredak na području mjernih tehnika uzrokovat će u budućnosti i promjene navedenih mjernih profila uz zadržavanje istih ciljeva. Također nisu prikazana mjerenja vezana za utjecaje na susjedne

građevine, mjerenja stanja materijala ispred čela tunela, mjerenja vezana za probleme vode u tlu itd., odnosno posebna mjerenja koja projektant prema potrebi određuje u programu mjerenja.

Razvojem tehnologije kao novi standard nameće se korištenje GIS platformi koje su dizajnirane za prikupljanje, upravljanje, obradu te vizualizaciju različitih vrsta podataka za vrijeme izgradnje tunela.

Moderne GIS platforme omogućavaju sveobuhvatnu analizu podataka dobivenih iz geotehničkih i geodetskih mjerenja, te podatke o svim ostalim parametrima za uspješnu izgradnju tunela vremenskih uvjeta. Brza dostupnost podataka na jednom mjestu širokog spektra senzora od svih sudionika projekta preduvjet je za učinkovito upravljanje projektima te za pravovremenu i pouzdanu implementaciju projekata svih veličina.

### **Procedura geotehničkog praćenja gradnje tunela**

Svrha procedure je postizanje potpune kontrole nad ponašanjem podzemne geotehničke konstrukcije tunela u svakoj fazi izvođenja i u konačnici verifikacija stabilnosti konstrukcije. Time se omogućuje sigurno i ekonomično izvođenje tunela.

Izvođenje tunela treba započeti prema rješenjima danim u geotehničkom projektu.

Procedura se sastoji od sljedećih koraka:

- nakon svakog napredovanja potrebno je izvršiti inženjerskogeološko kartiranje iskopanog dijela tunela. Inženjerskogeološko kartiranje obavlja geolog izvođača uz povremenu kontrolu geologa nadzorne službe.
- na osnovi rezultata inženjerskogeološkog kartiranja provest će se kategoriziranje stijenskih masa prema geomehaničkoj kategorizaciji. Kategoriziranje je potrebno provoditi samo kod bitnih promjena geoloških i geotehničkih karakteristika stijenske mase duž trase tunela, a ne nakon svakog napredovanja. Kategoriziranje provodi nadzorni inženjer ili pomoćnik nadzornog inženjera geotehničar specijaliziran za područje podzemnih konstrukcija.
- na osnovi rezultata kategoriziranja nadzorni inženjer će odrediti pripadajući tip podgradnog sklopa, kao i sve ostale mjere na iskopu i stabilizaciji iskopa prema rješenjima u projektu
- nadzorni inženjer će na osnovi geotehničkih opažanja verificirati ili modificirati projektne preporuke glede dužine napredovanja, procijenjenog vremena stabilnosti nepodgrađenih raspona, kao i vremena i redoslijeda izvođenja svih propisanih mjera na stabilizaciji podzemnog iskopa
- na osnovi rezultata geotehničkih mjerenja (kontrolna mjerenja) i opažanja nadzorni inženjer treba ustanoviti je li došlo do stabilizacije podzemnog iskopa te ponaša li se podzemni iskop u skladu s kriterijima datim u projektu
- ako ponašanje podzemnog iskopa bitno odstupa od projektom postavljenih kriterija nadzorni inženjer će obavijestiti projektanta geotehničara. Projektant će na osnovi ispitivanja materijala iz iskopa, rezultata geotehničkih mjerenja (kontrolna i podgradna mjerenja) i povratnih analiza korigirati ulazne parametre ili primijeniti adekvatniji računski model, te na osnovi rezultata modificirati sve potrebne mjere na stabilizaciji podzemnog iskopa.
- kada se uskladi računski model s ponašanjem podzemnog otvora moguće je na dužim dionicama s uniformnim geotehničkim karakteristikama stijenske mase pristupiti optimizaciji podgradnih sklopova. Optimizacija se postiže postepenom redukcijom podgradnog sklopa na početku dionice uz zadovoljavanje kriterija za verifikaciju stabilnosti podzemnog iskopa.

Rezultati svih navedenih postupaka i analiza sastavni su dio projektne dokumentacije tunela i od osobitog su značaja u slučaju bilo kakvih problema sa stabilnošću ili održavanjem građevine u budućnosti.

### Geodetska kontrola profila

Izvođač treba provesti pažljivu i sustavnu provjeru završnog profila primarne tunelske obloge kako bi je prilagodio da se ostvari projektirana debljina završne betonske obloge.

Kontrola profila provodi se kontinuirano, pomoću profilne skele koja je opremljena šablonom, ili barem svaka 2,0 m po stacionaži, korištenjem usavršenih tehnika mjerenja.

Svako odstupanje od teorijskog profila za ukupnu debljinu završne betonske obloge popraviti će se, bilo dodavanjem mlaznog betona, bilo debljim unutrašnjim slojem betona. U slučajevima prevelikog profila ili potreba za reprofilirom dijela primarne obloge koja strši u projektom predviđeni minimalni profil, izvođač je obavezan obaviti ove radove bez dodatnog plaćanja.

Bez odobrenja nadzornog inženjera neće se obavljati nikakvi radovi reprofilirom primarne obloge.

Izvođač je odgovoran osigurati da minimalni profil za završnu oblogu bude onakav kako je prikazano na nacrtima projekta. Da bi se utvrdila odstupanja od teorijskog profila izvođač će pribaviti pokretnu profilnu skelu koja će imati sklop šablona po obodu koje pokazuju najmanji traženi profil potreban za nominalnu debljinu završne (sekundarne) betonske obloge. Profilna skela će biti postavljena tako da se pokreće uzduž tračnica koje se koriste za pomicanje tunelske oplata. Potrebno je geodetskim metodama kontrolirati položaj tračnica, kako situativno tako i visinski, prije radova na kontroli profila. Treba omogućiti pristup za obilježavanje onih dijelova primarne obloge koji strše u zoni minimalnog profila. Profilna skela može biti izvedena kao radna platforma za reprofilirom primarne obloge, ako se to pokaže potrebnim. Skela se može koristiti i za druge radove na površinama primarne podgrade naznačene u ovim OTU-ima.

Izvođač će podnijeti nadzornom inženjeru na odobrenje sve pojedinosti izvedbe profilne skele zajedno sa šablonom. Nakon odobrenja, nadzorni inženjer će izdati upute za sustavnu provjeru geometrije šablona tijekom profiliranja, geodetskim metodama.

Izvođač može predložiti korištenje naprednijih tehnika mjerenja i obrade podataka kako bi odredio završni profil.

Kontrola završnog profila neće se obavljati prije nego što geotehnička mjerenja pokažu da je veličina radijalnog pomaka u bilo kom položaju tunelskog oboda manja od 4 mm mjesečno.

Po završetku radova podgrađivanja, i nakon površinske obrade kako je opisano u ovim OTU-ima te nakon smirivanja deformacija (konvergencija) kako je navedeno u dijelu teksta „Geotehnička mjerenja”, završni profil za izradu sekundarne betonske obloge odgovarat će minimalnoj debljini kako je navedeno u nacrtima projekta.

Izvođač će nadzornom inženjeru podnijeti prijedlog za gore navedene radove te će za svaku fazu radova voditi potrebnu tehničku evidenciju.

Završna provjera profila po završetku reprofilirom i konačne površinske obrade obaviti će se u nazočnosti i suglasnost nadzornog inženjera i evidentirati će se u intervalima u uzdužnom smjeru kroz građevinski dnevnik.

Unutar teorijske linije završne betonske obloge ne smiju stršiti nikakvi elementi podgrade kao što je mlazni beton, sidrene glave, čelični lukovi itd.

U području podnožnog svoda i temeljnih greda ne smiju stršiti dijelovi stijene niti vršci stijene unutar teoretskih linija iskopa.

Za betonski podnožni svod od mlaznog betona nije dopušteno nikakvo smanjenje projektirane teorijske debljine betonske konstrukcije. Prekomjerni iskop mora se kompenzirati konstrukcijskim betonom ili mlaznim betonom za podnožni svod, kako je navedeno i projektom predviđeno.

Niše, udubljenja i slične građevine trebaju se izvesti uz toleranciju od  $\pm 5,0$  cm u odnosu na projektiranu lokaciju. Odstupanja njihove veličine ograničena su na  $- 5,0$  cm.

## 10-05. TUNELSKI ISKOP

### *Opis rada*

Tunelski iskop obuhvaća sve podzemne radove na iskopu tunela u bilo kojoj vrsti stijene ili tla. Iskop u stijeni se provodi na osnovi geomehaničke kategorizacije (Bieniawski, 1979.) te kategoriziranja stijenskih masa i dijeli se na:

- iskop u stijenskoj masi I. kategorije (poglavlje 10-05.1. Iskop u stijenskoj masi I. kategorije ovih OTU-a)
- iskop u stijenskoj masi II. kategorije (poglavlje 10-05.2. Iskop u stijenskoj masi II. kategorije ovih OTU-a)
- iskop u stijenskoj masi III. kategorije (poglavlje 10-05.3. Iskop u stijenskoj masi III. kategorije ovih OTU-a)
- iskop u stijenskoj masi IV. kategorije (poglavlje 10-05.4. Iskop u stijenskoj masi IV. kategorije ovih OTU-a)
- iskop u stijenskoj masi V. kategorije (poglavlje 10-05.5. Iskop u stijenskoj masi V. kategorije ovih OTU-a).

Ostali radovi koji se mogu pojaviti pri izvedbi tunelskog iskopa, a vezani su uz specifičnosti u tunelogradnji detaljnije opisane u poglavlju 10-04. ovih OTU-a su sljedeći:

- iskop stijenske mase u uvjetima većih količina (iznad 10 l/s) procjednih voda (poglavlje 10-05.6. Iskop stijenske mase u uvjetima većih količina (iznad 10 l/s) procjednih voda ovih OTU-a)
- privremena regulacija vode za količine iznad 5 l/s (poglavlje 10-05.7. Privremena regulacija vode za količine iznad 5 l/s ovih OTU-a)
- prekid radova iskopa duži od 24 sata (poglavlje 10-05.8. Prekid radova iskopa duži od 24 sata ovih OTU-a)
- prekid radova iskopa preko 2 sata radi visoke koncentracije eksplozivnih plinova (poglavlje 10-05.9. Prekid radova iskopa preko 2 sata radi visoke koncentracije eksplozivnih plinova ovih OTU-a)
- utovar i prijevoz materijala od opravdanog prekopprofilnog iskopa (poglavlje 10-05.10. Utovar i prijevoz materijala od opravdanog prekopprofilnog iskopa ovih OTU-a)
- utovar i prijevoz materijala iz iskopa svih kategorija, na povećanu udaljenost od lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu (poglavlje 10-05.11. Utovar i prijevoz materijala iz iskopa svih kategorija, na povećanu udaljenost od lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu ovih OTU-a)

### *Reference na materijale*

-

### *Zahtjev izvođenja rada*

Sve tunelske iskope izvođač treba obaviti prema projektom definiranim tehničkim uvjetima, tehnologijom izvedbe i profilima iskopa za sve kategorije stijenske mase, uzimajući u obzir sve potrebne tolerancije i ograničenja te na način detaljno opisan u poglavlju 10-04. Specifičnosti u tunelogradnji, ovih OTU-a, odnosno prema zahtjevima nadzornog inženjera. Pri izvedbi iskopa treba provesti sve mjere sigurnosti pri radu, ispoštovati sve tehničke normative i provesti sva potrebna osiguranja u zonama utjecaja iskopa na postojeće građevine i komunikacije.

Nakon iskopa materijal se utovaruje u prijevozna sredstva i odvozi na lokaciju za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela. Ako na gradilištu postoji višak iskopanog materijala potrebno ga je utovariti u prijevozna sredstva i prevesti na odgovarajuću lokaciju za gospodarenje građevnim otpadom ili na odlagalište mineralnih sirovina prema uvjetima definiranim u Knjizi III – Zemljani radovi, poglavlju 3-15. Odlaganje materijala ovih OTU-a.

### *Uvjet kvalitete*

-

**Način mjerenja i obračun radova**

-

**10-05.1. ISKOP U STIJENSKOJ MASI I. KATEGORIJE****Opis rada**

Rad na tunelskom iskopu u stijenskoj masi I. kategorije obuhvaća bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela.

**Reference na materijale**

-

**Zahtjev izvođenja rada**

Rad treba obaviti u skladu s projektom definiranom tehnologijom izvedbe, tehničkim uvjetima i profilu iskopa za I. kategoriju stijenske mase, uzimajući u obzir sve potrebne tolerancije i ograničenja te na način detaljno opisan u poglavlju 10-04. Specifičnosti u tunelogradnji ovih OTU-a, odnosno prema zahtjevima nadzornog inženjera. Pri izvedbi iskopa treba provesti sve mjere sigurnosti pri radu, ispoštovati sve tehničke normative i provesti sva potrebna osiguranja u zonama utjecaja iskopa na postojeće građevine i komunikacije.

Iskop u stijenskoj masi I. kategorije se izvodi u masivnoj stijenskoj masi s manje od tri skupa pukotina ili stijenskoj masi s tri skupa valovitih i hrapavih, zatvorenih pukotina koje onemogućuju ispadanje blokova. Stijenska masa se u zoni podzemnog iskopa ne plastificira. Deformacije su reda veličine par milimetara i ostvaruju se tijekom i neposredno nakon iskopa. Prekopprofilni iskop je zanemariv.

Moguć je iskop u punom profilu uz maksimalna napredovanja.

Općenito nije potrebno podgrađivanje osim eventualnog mjestimično pojedinačnog sidrenja.

**Uvjet kvalitete**

-

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad na iskopu tunela, poprečnih prolaza, niša i galerija se mjeri u kubnim metrima srasle stijenske mase duž T-linije kako je prikazano u projektu za I. kategoriju stijenske mase ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada

na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela.

## 10-05.2. ISKOP U STIJENSKOJ MASI II. KATEGORIJE

### **Opis rada**

Rad na tunelskom iskopu u stijenskoj masi II. kategorije obuhvaća bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela.

### **Reference na materijale**

-

### **Zahtjev izvođenja rada**

Rad treba obaviti u skladu s projektom definiranom tehnologijom izvedbe, tehničkim uvjetima i profilu iskopa za II. kategoriju stijenske mase, uzimajući u obzir sve potrebne tolerancije i ograničenja te na način detaljno opisan u poglavlju 10-04. Specifičnosti u tunelogradnji ovih OTU-a, odnosno prema zahtjevima nadzornog inženjera. Pri izvedbi iskopa treba provesti sve mjere sigurnosti pri radu, ispoštovati sve tehničke normative i provesti sva potrebna osiguranja u zonama utjecaja iskopa na postojeće građevine i komunikacije.

Iskop u stijenskoj masi II. kategorije se izvodi u stijenskoj masi s tri skupa pukotina. Pukotine neznatno rastrošene na razmaku većem od 0,5 m. Općenito se stijenska masa u zoni podzemnog iskopa neće plastificirati. Deformacije su reda veličine par milimetara i ostvaruju se tijekom i neposredno nakon iskopa. Mogućnost ispadanja plitkih blokova tijekom iskopa uzrokovat će manji prekopprofilni iskop.

Moguć je iskop u punom profilu uz maksimalna napredovanja.

Podgrađivanje je potrebno u svodu tunela. Podgrađivanje je moguće izvesti 20 m od čela iskopa. Eventualne lokalne pojave nestabilnih blokova u svodu treba riješiti pojedinačnim sidrenjem neposredno nakon iskopa.

### **Uvjet kvalitete**

-

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad na iskopu tunela, poprečnih prolaza, niša i galerija se mjeri u kubnim metrima srasle stijenske mase duž T-linije kako je prikazano u projektu za II. kategoriju stijenske mase ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela.

**10-05.3. ISKOP U STIJENSKOJ MASI III. KATEGORIJE****Opis rada**

Rad na tunelskom iskopu u stijenskoj masi III. kategorije obuhvaća bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela.

**Reference na materijale**

-

**Zahtjev izvođenja rada**

Rad treba obaviti u skladu s projektom definiranom tehnologijom izvedbe, tehničkim uvjetima i profilu iskopa za III. kategoriju stijenske mase, uzimajući u obzir sve potrebne tolerancije i ograničenja te na način detaljno opisan u poglavlju 10-04. Specifičnosti u tunelogradnji ovih OTU-a, odnosno prema zahtjevima nadzornog inženjera. Pri izvedbi iskopa treba provesti sve mjere sigurnosti pri radu, ispoštovati sve tehničke normative i provesti sva potrebna osiguranja u zonama utjecaja iskopa na postojeće građevine i komunikacije.

Iskop u stijenskoj masi III. kategorije se izvodi u stijenskoj masi s tri i više skupova pukotina. Pukotine su rastrošene na prosječnom razmaku od 0,2 do 0,6 m. Općenito će se stijenska masa mjestimično plastificirati u plitkoj zoni oko podzemnog iskopa ovisno o primarnom stanju naprezanja. Prosječne deformacije iznosit će nekoliko milimetara uz brzo smirivanje nakon iskopa i početka podgrađivanja. Količina prekoprofilnog iskopa ovisit će o lokalnoj orijentaciji diskontinuiteta. Moguća su ispadanja blokova tijekom iskopa i kavanja koja će uzrokovati veći prekoprofilni iskop.

Moguć je iskop u punom profilu uz dužinu napredovanja koja će ovisiti o mogućnosti ispadanja blokova. Preporučuje se napredovanje do 3 m.

Sustavno podgrađivanje svoda uz podgrađivanje zidova prema potrebi. Podgrađivanje je potrebno započeti nanošenjem mlažnog betona neposredno nakon iskopa i podgradu dovršiti 10 m od čela tunela.

#### ***Uvjet kvalitete***

-

#### ***Način mjerenja i obračun radova***

Rad na iskopu tunela, poprečnih prolaza, niša i galerija se mjeri u kubnim metrima srasle stijenske mase duž T-linije kako je prikazano u projektu za III. kategoriju stijenske mase ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela.

### **10-05.4. ISKOP U STIJENSKOJ MASI IV. KATEGORIJE**

#### ***Opis rada***

Rad na tunelskom iskopu u stijenskoj masi IV. kategorije obuhvaća bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, kombinirani iskop bušenjem i miniranjem, strojni iskop rovokopačem, bagerom pojedinih dijelova stijenske mase u profilu, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela.

#### ***Reference na materijale***

-

#### ***Zahtjev izvođenja rada***

Rad treba obaviti u skladu s projektom definiranom tehnologijom izvedbe, tehničkim uvjetima i profilu iskopa za IV. kategoriju stijenske mase, uzimajući u obzir sve potrebne tolerancije i ograničenja te na način detaljno opisan u poglavlju 10-04. Specifičnosti u tunelogradnji ovih OTU-a, odnosno prema zahtjevima nadzornog inženjera. Pri izvedbi iskopa treba provesti sve mjere sigurnosti pri radu, ispoštovati sve tehničke normative i provesti sva potrebna osiguranja u zonama utjecaja iskopa na postojeće građevine i komunikacije.

Iskop u stijenskoj masi IV. kategorije se izvodi u potpuno ispucaloj stijenskoj masi s potpuno rastrošenim pukotinama na razmaku do 0,2 m. Općenito će se stijenska masa plastificirati oko cijelog podzemnog iskopa. Dubina plastifikacije ovisit će o primarnom stanju naprezanja. Deformacije neće imati tendenciju smirivanja do postavljanja podgrade. Moguća su značajna ispadanja materijala prije postavljanja podgradnog sklopa.

Preporuča se iskop u dvije faze, gornja i donja polovica tunela. Dopušteno napredovanje iznosi 1 – 2 m.

Potrebno je sustavno podgrađivanje svoda i zidova tunela. Podgrađivanje treba započeti neposredno nakon iskopa i dovršiti nakon sljedećeg napredovanja, a za minimalnu kvalitetu stijenske mase podgradu treba dovršiti prije sljedećeg napredovanja.

#### ***Uvjet kvalitete***

-

#### ***Način mjerenja i obračun radova***

Rad na iskopu tunela, poprečnih prolaza, niša i galerija se mjeri u kubnim metrima srasle stijenske mase duž T-linije kako je prikazano u projektu za IV. kategoriju stijenske mase ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, kombinirani iskop bušenjem i miniranjem, strojni iskop rovokopačem, bagerom pojedinih dijelova stijenske mase u profilu, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela.

### **10-05.5. ISKOP U STIJENSKOJ MASI V. KATEGORIJE**

#### ***Opis rada***

Rad na tunelskom iskopu u stijenskoj masi V. kategorije (tlu) obuhvaća bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, kombinirani iskop bušenjem i miniranjem, strojni iskop rovokopačem, bagerom pojedinih dijelova stijenske mase u profilu, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela.

#### ***Reference na materijale***

-

**Zahtjev izvođenja rada**

Rad treba obaviti u skladu s projektom definiranom tehnologijom izvedbe, tehničkim uvjetima i profilu iskopa za V. kategoriju stijenske mase, uzimajući u obzir sve potrebne tolerancije i ograničenja te na način detaljno opisan u poglavlju 10-04. Specifičnosti u tunelogradnji ovih OTU-a, odnosno prema zahtjevima nadzornog inženjera. Pri izvedbi iskopa treba provesti sve mjere sigurnosti pri radu, ispoštovati sve tehničke normative i provesti sva potrebna osiguranja u zonama utjecaja iskopa na postojeće građevine i komunikacije.

Iskop u stijenskoj masi V. kategorije se izvodi u potpuno dezintegriranoj stijenskoj masi (rasjedne zone)/tlu. Općenito se očekuju dublje zone plastifikacije stijenske mase oko podzemnog iskopa. Deformacije neće imati tendenciju smirivanja do postavljanja podgrade i u prosjeku će iznositi nekoliko centimetara. Kod navedene kategorije uobičajeno ne postoji inicijalna stabilnost podzemnog iskopa te je prije iskopa potrebno izvršiti predpobijanje čeličnih kopalja ili ugradnju cijevnog krova („pipe roof“), a u slučaju nekoherentnih materijala čeličnih platice u svodu tunela. Time će se prekoprofilni iskop svesti na minimum.

Preporuča se iskop u tri faze, gornja i donja polovica tunela te podnožni svod. Dozvoljena su napredovanja u prvoj fazi iskopa od 0,5 do 1 m.

Potrebno je sustavno podgrađivanje svoda i zidova tunela te ugradnja podnožnog svoda. Podgrađivanje treba započeti neposredno nakon iskopa i podgradu dovršiti prije sljedećeg napredovanja. U određenim slučajevima bit će potrebno podgraditi i čelo iskopa. U V. kategoriji su obvezatna mjerenja pomaka na osnovi kojih će se procijeniti stabilnost podzemnog otvora u svakoj fazi iskopa i podgrađivanja.

**Uvjet kvalitete**

-

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad na iskopu tunela, poprečnih prolaza, niša i galerija se mjeri u kubnim metrima srasle stijenske mase duž T-linije kako je prikazano u projektu za V. kategoriju stijenske mase ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, kombinirani iskop bušenjem i miniranjem, strojni iskop rovokopačem, bagerom pojedinih dijelova stijenske mase u profilu, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela.

## 10-05.6. ISKOP STIJENSKE MASE U UVJETIMA VEĆIH KOLIČINA (IZNAD 10L/S) PROCJEDNE VODE

### **Opis rada**

Rad na tunelskom iskopu u svim kategorijama stijenske mase otežan radi procjedne vode koja prelazi količinu od 10 l/s obuhvaća bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, kombinirani iskop bušenjem i miniranjem, strojni iskop rovokopačem, bagerom pojedinih dijelova stijenske mase u profilu, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela te vode koja se koristi za bušenje, ispiranje, injektiranje ili neke druge radove.

### **Reference na materijale**

-

### **Zahtjev izvođenja rada**

Rad treba obaviti u skladu s projektom definiranom tehnologijom izvedbe, tehničkim uvjetima i profilima iskopa za svaku pojedinu kategoriju stijenske mase, uzimajući u obzir sve potrebne tolerancije i ograničenja te na način detaljno opisan u poglavlju 10-04. Specifičnosti u tunelogradnji ovih OTU-a, odnosno prema zahtjevima nadzornog inženjera. Pri izvedbi iskopa treba provesti sve mjere sigurnosti pri radu, ispoštovati sve tehničke normative i provesti sva potrebna osiguranja u zonama utjecaja iskopa na postojeće građevine i komunikacije.

Iskop izvoditi sukladno projektnim preporukama za svaku pojedinu kategoriju stijenske mase vodeći računa o eventualnom utjecaju prekomjernog dotoka procjedne vode na stabilnost iskopa. Potrebno je trajnom ili privremenom regulacijom prekomjernog dotoka procjedne vode minimizirati utjecaj na stabilnost iskopa ako on postoji. Također se može pojaviti potreba za modifikacijom projektnih preporuka iskopa pojedinih kategorija stijenske mase (faznost i dozvoljena napredovanja) koja se mora usuglasiti između izvođača, nadzornog inženjera i projektanta.

Potrebno je pratiti proces iskopa i podgrađivanja, zone plastifikacije stijenske mase oko podzemnog iskopa i pomake za svaku pojedinu kategoriju stijenske mase, a u slučaju značajnijih odstupanja od projektnih rezultata ili nesmirivanja pomaka unatoč primjeni osnovnih i dodatnih podgradnih mjera predviđenih geotehničkim projektom potrebno je izvijestiti projektanta.

Podgrađivanje tunela i provedbu geotehničkog praćenja potrebno je izvoditi u skladu s projektom za svaku pojedinu kategoriju stijenske mase. Obračunavat će se samo dotok vode na udaljenosti od 20 m od svakog čela iskopa.

### **Uvjet kvalitete**

-

### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri u kubnim metrima stvarno iskopanog materijala u sraslom stanju tijekom prekomjernog dotoka vode neovisno o pojedinim kategorijama stijenske mase ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje i primjenu suvremenih metoda miniranja, kontinuirani iskop tla strojevima s hidrauličkim čekićem, iskop hidrauličkim alatima kada je potrebno ograničiti vibracije, kombinirani iskop bušenjem i miniranjem, strojni iskop rovokopačem, bagerom pojedinih dijelova stijenske mase u profilu, uklanjanje privremenih podgrada stijene, utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada na iskopu, uređenje i čišćenje podzemnog iskopa od labilnih blokova i rastresitog materijala (kavanje), privremenu regulaciju vode do 5 l/s, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera, geodetsko vođenje osi tunela i geodetsku kontrolu iskopa, sva potrebna privremena osiguranja čela iskopa, kao i ograničenja pri iskopu zbog utjecaja miniranja na već izgrađene građevine i komunikacije u blizini tunela te vodu koja se koristi za bušenje, ispiranje, injektiranje ili neke druge radove.

#### 10-05.7. PRIVREMENA REGULACIJA PROCJEDNE VODE U KOLIČINI VEĆOJ OD 5 L/S

##### **Opis rada**

Rad na privremenoj regulaciji nekontaminirane procjedne vode koja prelazi količinu veću od 5 l/s obuhvaća prihvrat (kaptiranje) i privremeno reguliranje vode te njeno kontrolirano ispuštanje u brdski masiv (prirodni recipijent) i/ili kontroliran odvod i ispuštanje vode u recipijent izvan tunela (vodotok, kanalizacija, upojni bunar i sl.) nabavu i dovoz materijala (na primjer cijevi, sabirne jame, jarke, crpke, čepićasta folija...) gradilišne prijevoze potrebne za izvođenje rada te vodu koja se koristi za bušenje, ispiranje i injektiranje.

##### **Reference na materijale**

-

##### **Zahtjev izvođenja rada**

Rad treba obaviti u skladu s projektom definiranim načinom privremene regulacije procjednih voda u količini većoj od 5 l/s ili ako je potrebno tehničkim rješenjem privremene regulacije procjednih voda u količini većoj od 5 l/s po pojedinoj lokaciji koje treba biti usuglašeno od strane izvođača, nadzornog inženjera i projektanta, odnosno prema zahtjevima nadzornog inženjera.

Ako se prilikom iskopa tunela naiđe na podzemne vode (izvorište, tekuće i stajće vode) posebnu pozornost potrebno je pridati uvjetima iz projekta.

##### **Uvjet kvalitete**

-

##### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri u satima crpljenja procjedne vode ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje prihvrat (kaptiranje) i privremeno reguliranje vode te njeno kontrolirano ispuštanje u brdski masiv (prirodni recipijent) i/ili kontroliran odvod i ispuštanje vode u recipijent izvan tunela (vodotok, kanalizacija, upojni bunar i sl.), nabavu i dovoz materijala (na primjer cijevi, sabirne jame, jarke, crpke, čepićasta folija...) gradilišne prijevoze potrebne za izvođenje rada te vodu koja se koristi za bušenje, ispiranje i injektiranje.

**10-05.8. PREKID RADA NA ISKOPU DULJI OD 24 SATA****Opis rada**

Rad obuhvaća prekid rada na iskopu u vremenu duljem od 24 h.

**Reference na materijale**

-

**Zahtjev izvođenja rada**

Prekid rada kao posljedica velikog dotoka vode, značajnog prekoprofilnog iskopa ili drugih opravdano nepredviđenih okolnosti tijekom iskopa dulji od 24 sata prihvaća se ako se mineri, pomoćno osoblje i oprema koji rade na odnosnom čelu ne mogu prebaciti na drugo čelo.

**Uvjet kvalitete**

-

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri u satima trajanja prekida rada na iskopu ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje prekid radova na iskopu duljem od 24 sata.

**10-05.9. PREKID RADOVA ISKOPA PREKO 2 SATA RADI VISOKE KONCENTRACIJE EKSPLOZIVNIH PLINOVA****Opis rada**

Rad obuhvaća prekid rada na iskopu u vremenu duljem od 2 h kao posljedica visoke koncentracije eksplozivnih plinova iz brdskog masiva koji su se pojavili tijekom izvedbe iskopa.

**Reference na materijale**

-

**Zahtjev izvođenja rada**

Prekid rada kao posljedica visoke koncentracije eksplozivnih plinova iz brdskog masiva, dulji od dva sata, prihvaća se ako se mineri, pomoćno osoblje i oprema koji rade na odnosnom čelu ne mogu prebaciti na drugo čelo.

**Uvjet kvalitete**

-

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri u satima trajanja prekida ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje prekid radova na iskopu duljem od 2 sata.

## 10-05.10. UTOVAR I PRIJEVOZ MATERIJALA OD OPRAVDANOG PREKOPROFILNOG ISKOPA

### **Opis rada**

Rad obuhvaća utovar i prijevoz materijala bez obzira na kategoriju stijenske mase koji se pojavljuje kao posljedica opravdanog prekoprofilnog iskopa prema odobrenju nadzornog inženjera od mjesta pojave prekoprofilnog iskopa u tunelu do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela. Rad može obuhvatiti i prijevoz takvog materijala na odgovarajuću lokaciju za gospodarenje građevnim otpadom i na odlagalište mineralnih sirovina.

### **Reference na materijale**

-

### **Zahtjev izvođenja rada**

Izvođač odabire vrstu vozila za prijevoz, kao i način prijevoza, s obzirom na materijal od opravdanog prekoprofilnog iskopa i količinu materijala za prijevoz, način utovara materijala u prijevozno sredstvo te duljinu prijevoza.

Kapacitet vozila za prijevoz treba biti usklađen s kapacitetom materijala nastalog kao posljedica prekoprofilnog iskopa. Zbog ograničene veličine sanduka prijevoznog sredstva, kapacitet i broj vozila za prijevoz moraju se odrediti na temelju mase materijala u rastresitom stanju.

Prijevoz treba biti brz i ekonomičan te stoga treba primjenjivati:

- prijevozna sredstva većeg kapaciteta
- prijevozna sredstva koja mogu obavljati više radnji
- prijevozna sredstva za gradilišne prijevoze pod težim gradilišnim uvjetima, u smislu uzdužnih nagiba, oštih krivina i makadamskog kolnika – uglavnom vozila koja se koriste izvan javnih prometnica.

Izvođač je dužan u potpunosti osigurati prijevoz, i onaj na samom gradilištu i po potrebi onaj na javnim prometnim površinama. To osiguranje izvođač će postići:

- na gradilištu:
  - pravilnim postavljanjem i redovitim održavanjem gradilišnih prometnica
  - izradom i redovitim održavanjem privremenih objekata
  - opremanjem prekopa odgovarajućim oznakama, koje noću trebaju osvijetliti
- na javnim prometnicama:
  - na temelju ovjerenog projekta privremene regulacije prometa (suglasnost vlasnika prometnice)
  - primjenom vozila potpune tehničke ispravnosti, propisanog gabarita i dopuštene nosivosti (osovinskog opterećenja)
  - sprječavanjem nanošenja blata na kolnik, a ako do toga dođe, čišćenjem kolnika
  - pravilnim i propisno dozvoljenim utovarom vozila, da se izbjegne ispadanje prijevoznog materijala na kolnik, ili ako je prezasićen vodom, njegovo curenje.

Za sve posljedice do kojih dođe zbog toga što se ne postupi u skladu s važećim zakonima i propisima te zahtjevima navedenim u ovim OTU-ima bit će odgovoran isključivo izvođač.

### **Uvjet kvalitete**

-

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri u kubnim metrima prevezenog materijala iz opravdanog prekopprofila u sraslom stanju većeg od 2 m<sup>3</sup>/m tunela (ne uzimajući u obzir razrahljivanje iskopanog materijala) izvan T-linije ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje utovar i prijevoz materijala od mjesta pojave prekopprofilnog iskopa prema odobrenju nadzornog inženjera u tunelu do lokacije za privremeno skladištenje na gradilištu na udaljenost do 1500 m od odnosnog portala tunela, bez obzira na kategoriju stijenske mase te planiranje i održavanje lokacije za privremeno skladištenje s uređenjem nakon dovršetka rada.

**10-05.11. PRIJEVOZ MATERIJALA NA UDALJENOSTI VEĆE OD 1500 M OD ODNOSNOG PORTALA****Opis rada**

Rad obuhvaća utovar i prijevoz materijala iz iskopa i materijala koji se pojavljuje kao posljedica opravdanog prekopprofilnog iskopa prema odobrenju nadzornog inženjera bez obzira na kategoriju stijenske mase na udaljenosti veće od 1500 m od odnosnog portala tunela, odnosno prijevoz takvog materijala do mjesta ugradnje, na odgovarajuću lokaciju za gospodarenje građevnim otpadom ili na odlagalište mineralnih sirovina.

**Reference na materijale**

-

**Zahtjev izvođenja rada**

Izvođač odabire vrstu vozila za prijevoz, kao i način prijevoza, s obzirom na materijal iz iskopa i od pojave opravdanog prekopprofilnog iskopa i količinu materijala za prijevoz, način iskopa i utovara materijala u prijevozno sredstvo te duljinu prijevoza.

Kapacitet vozila za prijevoz treba biti usklađen s kapacitetom materijala nastalog kao posljedica prekopprofilnog iskopa. Zbog ograničene veličine sanduka prijevoznog sredstva, kapacitet i broj vozila za prijevoz moraju se odrediti na temelju mase materijala u rastresitom stanju.

Prijevoz treba biti brz i ekonomičan te stoga treba primjenjivati:

- prijevozna sredstva većeg kapaciteta,
- prijevozna sredstva koja mogu obavljati više radnji,
- prijevozna sredstva za gradilišne prijevoze pod težim gradilišnim uvjetima, u smislu uzdužnih nagiba, oštih krivina i makadamskog kolnika – uglavnom vozila koja se koriste izvan javnih prometnica.

Izvođač je dužan u potpunosti osigurati prijevoz, i onaj na samom gradilištu i po potrebi onaj na javnim prometnim površinama. To osiguranje izvođač će postići:

- na gradilištu:
  - pravilnim postavljanjem i redovitim održavanjem gradilišnih prometnica
  - izradom i redovitim održavanjem privremenih objekata
  - opremanjem prekopa odgovarajućim oznakama, koje noću trebaju osvijetliti
- na javnim prometnicama:
  - postavljanjem odgovarajućih prometnih znakova, signalizacije i opreme na cestama
  - primjenom vozila potpune tehničke ispravnosti, propisanog gabarita i dopuštene nosivosti (osovinskog opterećenja)
  - sprječavanjem nanošenja blata na kolnik, a ako do toga dođe, čišćenjem kolnika

- pravilnim i ne prekomjernim utovarom vozila, da se izbjegne ispadanje prijevoznog materijala na kolnik, ili ako je prezasićen vodom, njegovo curenje.

Za sve posljedice do kojih dođe zbog toga što se ne postupi u skladu s važećim zakonima i propisima te zahtjevima navedenim u ovim OTU-ima bit će odgovoran isključivo izvođač.

#### ***Uvjet kvalitete***

-

#### ***Način mjerenja i obračun radova***

Rad se mjeri u kubnim metrima prevezenog materijala iz iskopa i opravdanog prekopoprofila u sraslom stanju ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje utovar i prijevoz materijala na udaljenosti veće od 1500 m od odnosnog portala tunela, odnosno prijevoz takvog materijala do mjesta ugradnje, na odgovarajuću lokaciju za gospodarenje građevnim otpadom ili na odlagalište mineralnih sirovina, bez obzira na kategoriju stijenske mase.

Za prijevoz materijala na povećane prijevozne duljine veće od 1500 m od odnosnog portala tunela rad se obračunava u skladu s odredbama Knjige III – Zemljani radovi: poglavlje 3-09. Prijevoz viška materijala.

## 10-06. PODGRAĐIVANJE U TUNELU

### **Opis rada**

Podgrađivanje u tunelu obuhvaća radove i uvjete za primarno podgrađivanje tunelskog iskopa izvedbom primarne podgrade s onim elementima tunelske obloge koji su potrebni za uspostavu stabilnosti tuneskog iskopa, a to su sljedeći radovi:

- podgrađivanje tunela mlaznim betonom (poglavlje 10-06.1. Radovi podgrađivanja tunela mlaznim betonom ovih OTU-a)
- podgrađivanje tunela mikroarmiranim mlaznim betonom (poglavlje 10-06.2. Radovi podgrađivanja tunela mikroarmiranim mlaznim betonom ovih OTU-a)
- podgrađivanje tunela čeličnim podgradnim elementima (poglavlje 10-06.3. Radovi podgrađivanja tunela čeličnim podgradnim elementima ovih OTU-a)
- zapunjavanje geotehnički opravdanog prekoprofilnog iskopa mlaznim betonom (poglavlje 10-06.4. Radovi zapunjavanja geotehnički opravdanog prekoprofilnog iskopa mlaznim betonom ovih OTU-a).

Ostali radovi koji se mogu pojaviti pri izvedbi podgrađivanja tunela neposredno vezani uz izvedbu primarne podgrade te radi stabiliziranja stijenske mase i povećanja njenih mehaničkih svojstava oko iskopanog otvora su sljedeći:

- injekcijski radovi (poglavlje 10-06.5. Injekcijski radovi ovih OTU-a).

### **Reference na materijale**

-

### **Zahtjev izvođenja rada**

-

### **Uvjet kvalitete**

-

### **Način mjerenja i obračun radova**

-

## 10-06.1. RADOVI PODGRAĐIVANJA TUNELA MLAZNIM BETONOM

### **Opis rada**

Rad za ugradnju mlaznog betona potrebnog za podgrađivanje tunela, odnosno stabilizaciju podzemnog, tunelskog iskopa, ugradnju mlaznog betona potrebnog za sanaciju geološki opravdanih prekoprofila, opravdanih odvala, kao i sanaciju kaverni, špilja te drugih speleoloških objekata obuhvaća pripremu podloge (uklanjanje labavih dijelova), nabavu i dovoz gradiva, gradilišne prijevoze, ugradnju i njegu mlaznog betona, te uklanjanje otpadnog mlaznog betona iz tunela i odvoz na lokaciju za privremeno skladištenje na gradilištu.

### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.4. Mlazni beton, za mlazni beton.

**Zahtjev izvođenja rada**

Svi radovi s mlaznim betonom izvode se u skladu s ovim OTU-ima, normama HRN EN 206, HRN EN 14487-1, HRN EN 14487-2, HRN EN 14488-1, HRN EN 14488-2, HRN EN 14488-3, HRN EN 14488-4, HRN EN 14488-5 i HRN EN 14488-6 i europskim specifikacijama za mlazni beton izdanih od European Federation of Producers of Specialist Products for Structures EFNARC ISBN 0 9522483 1 X, izdanje 1996. godine, ako drukčije nije navedeno u ovom poglavlju te prema nacrtima, detaljima i uvjetima projekta ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

**Prskanje mlaznog betona**

Prije početka nanošenja mlaznog betona napraviti će se pripremni radovi za podgradu stijene:

- slaba i nevezana stijena bit će uklonjena s površine
- stijena će biti kartirana tako da se može razjasniti ukupna potreba za podgradom i
- mjesta propuštanja vode bit će isušena bilo drenažnim kanalima ili će biti začepljena upotrebom cementne smjese ubrzanog djelovanja – mortom ili injektiranjem.

Za prskanje će se poduzeti sljedeće:

- prethodno vlaženje bit će izvršeno osim ako nije specificirano drugačije
- velike šupljine bit će pažljivo zapunjene prije glavnog nanošenja
- prskanje će započeti od dna i nastaviti se 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 prianjanje i nabijanje mlaznog betona.

Optimalna udaljenost između mlaznice i površine ugradbe je od 1,0 do 1,3 metra. Mlaznica se postavlja pod pravim kutom na površinu. Uobičajeno se koriste najmanje dvije mlaznice.

Najveća debljina jednog sloja mlaznog betona koja se ugrađuje neće biti veća od 15 cm. Ako debljina mora biti veća, sljedeći slojevi ne ugrađuju se prije nego što prethodni sloj postigne dovoljnu čvrstoću da podnese dodatni sloj/slojeve. Ovi dodatni slojevi trebaju se ugraditi u roku od najviše tri dana.

Čelični lukovi, armaturna mreža i druge armature ubetoniraju se u mlazni beton kako je prikazano na nacrtima u projektu. Armature mreže i šipke moraju biti s unutrašnje strane prekrivene s minimalno 2 cm mlaznog betona ili kako je navedeno u projektu. Ako se postavlja više od jednog reda armature, drugi red se postavlja nakon što se prvi ubetonira i prekrije mlaznim betonom.

U zdravoj stijeni sloj mlaznog betona prati površinu stijene s odgovarajućim zaobljenjem. Kod stršenja zdrave stijene stvarna debljina mlaznog betona može se lokalno smanjiti na dvije trećine specificirane debljine. Ovo se primjenjuje samo za dobre kategorije stijenske mase.

Otpadni mlazni beton će se ukloniti odmah po završetku svake ugradnje mlaznog betona. Ni u kom slučaju se otpadni materijal ne vraća u izvedbu. Rad se neprekidno mora odvijati tako da nema nikakvog otpadnog materijala.

Izvođač će utvrditi, a nadzorni inženjer odobriti, način za određivanje ukupne debljine mlaznog betona. Određivanje debljine mlaznog betona može se izvoditi pomoću vizualnih markera/vodilica postavljenih prije ugradnje mlaznog betona ili rupama ubušenim nakon završetka ugradnje mlaznog betona.

Sloj mlaznog betona koristi se kao površinska podloga i primarni sloj za hidroizolaciju, u skladu s ovim OTU-ima.

**Suhi postupak**

Cement i agregati doziraju se u specificiranim i proračunatim omjerima. Mjerenje se obavlja težinski. Prilikom doziranja agregat treba biti osušen ili dovoljno ocijeđen kako bi sadržaj vlage bio stabilan, ne veći od 7 %.

Miješanje cementa i agregata obavlja se mehanički strojem za miješanje. Mlazni beton se ne ugrađuje ako se ugradnja ne može završiti u roku od 90 minuta od vremena miješanja. Vremenski raspon bit će što kraći, naročito u razdoblju visokih temperatura zraka i velike vlažnosti. Vrijeme miješanja je najmanje 3 minute.

Izdatnica kojima se evidentira datum, vrijeme miješanja, broj mješavine, količina, mjesto isporuke, vrijeme isporuke i završetak ugradnje podnose se na odobrenje nadzornom inženjeru.

Za suhi postupak, praškasti ili tekući dodaci za ubrzanje vezivanja dodaju se suhoj mješavini. Praškasti dodaci se doziraju i dodaju na mjestu neposredno prije nego što suha mješavina ulazi u stroj za ugradnju mlaznog betona.

Tekući ubrzivač isporučuje se posebnom dozirnom pumpom i dodaje suhoj mješavini na sapnici ili blizu nje.

Tijekom hladnog vremena treba paziti da se održe svojstva vezivanja mlaznog betona zagrijavanjem vode, agregata, ili oboje, ovisno o temperaturi.

Tijekom razdoblja toplog vremena, sadržaj vode u agregatima za suhi postupak održava se iznad 4 %.

#### *Mokri postupak*

U mokrom postupku primjenjuju se samo tekuće vrste sredstva za ubrzanje vezivanja. Ova sredstva dodaju se na sapnici ili blizu nje. Količina sredstva za ubrzanje vezivanja mora se kontrolirati od pumpe za ubrzivač kako bi bila proporcionalna kapacitetu pumpe za beton. Rad i materijal trebaju biti u skladu s Knjigom VIII ovih OTU-a.

Sapnica mora biti takova da se osigura homogeno miješanje ubrzivača s mokrom mješavinom.

#### **Njega mlaznog betona**

Mlazni beton će se njegovati u skladu s uvjetima iz Knjige VIII ovih OTU-a ili bilo kojom drugom metodom koja je pokazala da omogućava kontinuiranu hidratizaciju cementa tijekom perioda njega.

Sredstva za njegu koja slabe vezu neće se koristiti gdje 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. Zaštita od mraza potrebna je dok mlazni beton ne razvije tlačnu čvrstoću od najmanje 5 MPa.

#### **Uvjet kvalitete**

Prije početka rada podgrađivanja tunelskog iskopa mlaznim betonom izvođač je dužan pribaviti potrebnu dokumentaciju o kvaliteti za sve građevinske materijale, kao i radnu recepturu mješavina u skladu s uvjetima iz projekta i ovih OTU-a i predložiti ih nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

Izvođač će utvrditi, a nadzorni inženjer odobriti, način za određivanje ukupne debljine mlaznog betona. Određivanje debljine mlaznog betona može se izvoditi pomoću vizualnih markera/vodilica postavljenih prije ugradnje mlaznog betona ili rupama ubušenim nakon završetka ugradnje mlaznog betona.

Osim provedbe prethodnih i tekućih ispitivanja mlaznog betona kako je dano u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.4. Mlazni beton, potrebno je vršiti kontrolna ispitivanja čvrstoće i krutosti ugrađenog mlaznog betona prema smjernicama iz geotehničkog projekta.

#### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri u kvadratnim metrima uzduž P-linije obloge ugrađenog mlaznog betona po dužini osi tunela prema uvjetima projekta ili tehničkog rješenja sanacije ili prema odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje pripremu podloge (uklanjanje labavih dijelova), nabavu i dovoz gradiva, gradilišne prijevoze, ugradnju i njegu mlaznog betona te uklanjanje otpadnog mlaznog betona iz tunela i odvoz na lokaciju za privremeno skladištenje na gradilištu.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- mlazni beton za ispunjavanje šupljina između cijevi cijevnog krova („pipe roof-a“)
- mlazni beton zbog proširenja poprečnog presjeka ispod cijevnog krova.

## 10-06.2. RADOVI PODGRAĐIVANJA TUNELA MIKROARMIRANIM MLAZNIM BETONOM (MLAZNI BETON OJAČAN VLAKNIMA)

### **Opis rada**

Rad za ugradnju mikroarmiranog mlaznog betona (mlaznog betona ojačanog vlaknima) potrebnog za podgrađivanje tunela, odnosno stabilizaciju podzemnog, tunelskog iskopa, ugradnju mikroarmiranog mlaznog betona (mlaznog betona ojačanog vlaknima) potrebnog za sanaciju geološki opravdanih prekoprofila, opravdanih odvala, kao i sanaciju kaverni, špilja te drugih speleoloških objekata obuhvaća pripremu podloge (uklanjanje labavih dijelova), nabavu i dovoz gradiva, gradilišne prijevoze, ugradnju i njegu mikroarmiranog mlaznog betona te uklanjanje otpadnog mikroarmiranog mlaznog betona iz tunela.

### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi; poglavlje 14-8.5. Mlazni beton ojačan vlaknima, za mikroarmirani mlazni beton.

### **Zahtjev izvođenja rada**

Svi radovi s mikroarmiranim mlaznim betonom izvode se u skladu s ovim OTU-ima, normama HRN EN 206, HRN EN 14487-1, HRN EN 14487-2, HRN EN 14488-1, HRN EN 14488-2, HRN EN 14488-3, HRN EN 14488-4, HRN EN 14488-5, HRN EN 14488-6 i HRN EN 14488-7 i europskim specifikacijama za mlazni beton izdanih od European Federation of Producers of Specialist Products for Structures EFNARC ISBN 0 9522483 1 X, izdanje 1996. godine, ako drukčije nije navedeno u ovom poglavlju te prema nacrtima, detaljima i uvjetima projekta ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

Izvedbu prskanja i njegu mikroarmiranog mlaznog betona izvesti na način kako je to opisano u ovoj Knjizi X – Tuneli: poglavlje 10-6.1. Radovi podgrađivanja tunela mlaznim betonom uvažavajući sve specifičnosti i razlike mlaznog betona i mikroarmiranog mlaznog betona.

### **Uvjet kvalitete**

Prije početka rada podgrađivanja tunelskog iskopa mikroarmiranim mlaznim betonom izvođač je dužan pribaviti potrebnu dokumentaciju o kvaliteti za sve građevinske materijale, kao i radnu recepturu mješavina u skladu s uvjetima iz projekta i ovih OTU-a i predložiti ih nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

Izvođač će utvrditi, a nadzorni inženjer odobriti, način za određivanje ukupne debljine mikroarmiranog mlaznog betona. Određivanje debljine mikroarmiranog mlaznog betona može se izvoditi pomoću vizualnih markera/vodilica postavljenih prije ugradnje mikroarmiranog mlaznog betona ili rupama ubušenim nakon završetka ugradnje mikroarmiranog mlaznog betona.

Osim provedbe prethodnih i tekućih ispitivanja mikroarmiranog mlaznog betona kako je dano u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.5. Mlazni beton ojačan vlaknima, potrebno je vršiti kontrolna ispitivanja čvrstoće i krutosti ugrađenog mikroarmiranog mlaznog betona prema smjernicama iz geotehničkog projekta.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri za svaku nominalnu debljinu u kvadratnim metrima uzduž P-linije obloge ugrađenog mikroarmiranog mlaznog betona po dužini osi tunela prema uvjetima projekta ili tehničkog rješenja sanacije ili prema odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje pripremu podloge (uklanjanje labavih dijelova), nabavu i dovoz gradiva, gradilišne prijevoze, ugradnju i njegu mikroarmiranog mlaznog betona te uklanjanje otpadnog mikroarmiranog mlaznog betona iz tunela.

**10-06.3. RADOVI PODGRAĐIVANJA TUNELA ČELIČNIM PODGRADNIM ELEMENTIMA****Opis rada**

Rad obuhvaća podgrađivanje tunela i uvjete za primarno podgrađivanje tunelskog iskopa izvedbom primarne podgrade čeličnim podgradnim elementima koji su potrebni za uspostavu stabilnosti tunelskog iskopa.

U čelične podgradne elemente spadaju:

- armaturna mreža (poglavlje 10-06.3.1. Armaturna mreža ovih OTU-a)
- armaturne šipke (poglavlje 10-06.3.2. Armaturne šipke ovih OTU-a)
- čelični lukovi (poglavlje 10-06.3.3. Čelični lukovi ovih OTU-a)
- piloti (poglavlje 10-06.3.4. Piloti ovih OTU-a)
- čelične platice (poglavlje 10-06.3.5. Čelične platice ovih OTU-a)
- sidra (poglavlje 10-06.3.6. Sidra ovih OTU-a)
- cijevni krov (poglavlje 10-06.3.7. Cijevni krov - „pipe roof“ ovih OTU-a) i
- mikro piloti (poglavlje 10-06.3.8. Mikro piloti ovih OTU-a).

**Reference na materijale**

-

**Zahtjev izvođenja rada**

-

**Uvjet kvalitete**

-

**Način mjerenja i obračun radova**

-

**10-06.3.1. ARMATURNA MREŽA****Opis rada**

Rad za ugradnju armaturnih mreža za ojačanje mlaznog betona pri podgrađivanju tunela, odnosno stabilizaciji podzemnog, tunelskog iskopa, ugradnju armaturnih mreža potrebnih za sanaciju geološki opravdanih prekopprofila, opravdanih odvala, kao i sanaciju kaverni, špilja te drugih speleoloških objekata obuhvaća nabavu i dovoz armaturne mreže na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, postavu, preklope, podlaganje i vezanje, otpadni materijal, postavu u projektirani položaj te učvršćenje.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje, za armaturne mreže.

**Zahtjev izvođenja rada**

Armaturna mreža ugradit će se tako da što je moguće bolje prati nepravilnosti površine iskopa ili prethodnih slojeva mlaznog betona. Bit će postavljena tako da pri ugradbi mlaznog betona ne dođe do njenog pomicanja ili vibracija. Armaturna mreža postavlja se u najvećim mogućim duljinama.

Preklop za armaturnu mrežu koji se primjenjuje kod obloga od mlaznog betona bit će najmanje dvostruko veći od udaljenosti razmaka žica u obodnom smjeru i jednak razmaku žica u uzdužnom smjeru. Armaturna mreža ugrađuje se tako da bude osiguran zaštitni sloj mlaznog betonom debljine najmanje 3 cm.

Ugradnja armaturne mreže vrši se prema nacrtima, detaljima i uvjetima projekta, projekta sanacije ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

Tip armaturne mreže i vrsta čelika treba biti u skladu s glavnim ili izvedbenim projektom. Preporuča se koristiti tipove prema HRN U.M1.091 od čeličnih profila vrste 500/560 prema HRN C.B6.013 ili vrste B500A ili B500B prema HRN EN 10080.

**Uvjet kvalitete**

Prije početka rada ugradnje armaturnih mreža za ojačanje mlaznog betona pri podgrađivanju tunelskog iskopa izvođač je dužan pribaviti potrebnu dokumentaciju o kvaliteti za sve građevinske materijale u skladu s uvjetima iz projekta i ovih OTU-a i predložiti ih nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

Osim provedbe prethodnih i tekućih ispitivanja kako je dano u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje, za armaturne mreže, potrebno je vršiti kontrolna ispitivanja u skladu sa standardom HRN EN 10080 i HRN 1130-4.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po masi, kilogramu ugrađenog elementa armaturne mreže uzduž P-linije (za sve slojeve) za ojačanje mlaznog betona prema uvjetima projekta ili tehničkog rješenja sanacije (stvarno izvršenim radovima) ili prema odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz armaturne mreže na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, postavu, preklope, podlaganje i vezanje, otpadni materijal, postavu u projektirani položaj te učvršćenje.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- rad i materijal kojim se armaturna mreža učvršćuje da prati liniju iskopa (dodatna sidra za učvršćenje),
- armatura potrebna radi proširenja profila ispod cijevnog krova („pipe roof-a“).

**10-06.3.2. ARMATURNE ŠIPKE****Opis rada**

Rad za ugradnju armaturnih šipki za ojačanje mlaznog betona pri podgrađivanju tunela kao dodatno ojačanje u područjima velikih naprezanja, odnosno stabilizaciji podzemnog, tunelskog iskopa, ugradnju armaturnih šipki potrebnih za sanaciju geološki opravdanih prekopofila, opravdanih odvala, kao i sanaciju kaverni, špilja te drugih speleoloških objekata obuhvaća nabavu i dovoz armaturnih šipki na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, postavu, preklope, podlaganje i vezanje, otpadni materijal, postavu u projektirani položaj te učvršćenje.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje, za armaturne šipke

**Zahtjev izvođenja rada**

Armaturne šipke treba dobro učvrstiti na žičanu armaturnu mrežu u prethodno postavljeni sloj mlaznog betona. Preklopi trebaju biti prikazani odgovarajućim nacrtima. Armaturne šipke ugrađuju se tako da bude osiguran zaštitni sloj mlaznog betona debljine najmanje 3 cm.

Ugradnja armaturnih šipki vrši se prema nacrtima, detaljima i uvjetima projekta, projekta sanacije ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

Tip armaturne šipke i vrsta čelika treba biti u skladu s glavnim ili izvedbenim projektom. Preporuča se koristiti rebraste armaturne šipke od čelika vrste Č0551 prema HRN C.K6.020 ili Razred B (Class B) prema HRN EN 10080.

**Uvjet kvalitete**

Prije početka rada ugradnje armaturnih šipki za ojačanje mlaznog betona pri podgrađivanju tunelskog iskopa u područjima velikih naprezanja izvođač je dužan pribaviti potrebnu dokumentaciju o kvaliteti za sve građevinske materijale u skladu s uvjetima iz projekta i ovih OTU-a i predložiti ih nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

Osim provedbe prethodnih i tekućih ispitivanja kako je dano u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje, za armaturne šipke, potrebno je vršiti kontrolna ispitivanja u skladu sa standardom HRN EN 10080 i HRN 1130-4.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po masi, kilogramu ugrađenog elementa armaturne šipke za ojačanje mlaznog betona prema uvjetima projekta ili tehničkog rješenja sanacije (stvarno izvršenim radovima) ili prema odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz armaturnih šipki na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, postavu, preklope, podlaganje i vezanje, otpadni materijal, postavu u projektirani položaj te učvršćenje.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- rad i materijal kojim se armaturna šipka pričvršćuje da prati liniju iskopa (dodatna sidra za učvršćenje).

**10-06.3.3. ČELIČNI LUKOVI****Opis rada**

Rad za ugradnju čeličnih lukova za ojačanje mlaznog betona, kao i za eventualnu potrebu predpobijanja čeličnih kopalja (platica) pri podgrađivanju tunela, odnosno stabilizaciju podzemnog, tunelskog iskopa, ugradnju čeličnih lukova potrebnih za sanaciju geološki opravdanih prekoprofila, opravdanih odvala, kao i sanaciju kaverni, špilja te drugih speleoloških objekata obuhvaća nabavu i dovoz čeličnih elemenata na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, postavu, podlaganje i vezanje, otpadni materijal, pomoćni materijal, čelične limove na spojevima, vijke za spajanje itd. potrebne za dovršenje i postavu u projektirani položaj te učvršćenje.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje, za rešetkaste nosače

**Zahtjev izvođenja rada**

Čelični lukovi izrađuju se tako da udovolje geometrijskim uvjetima iskopa u svakoj kategoriji stijenskog materijala uključivo i odgovarajuće tolerancije.

Čelični lukovi ugrađuju se prema nacrtima, detaljima i uvjetima projekta, projekta sanacije ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

### **Izrada čeličnih lukova**

Čelike za lukove treba nabaviti od dobavljača s priznatom kakvoćom proizvoda te moraju biti certificirani. Izvođač treba dostaviti kopije proizvođačevih dokaza o vrsti čelika s rezultatima ispitivanja koji se odnose na isporučene čelike.

### **Toplo valjani profili za lukove**

Koriste se toplo valjani profili:

- srednje i širokopojasni I-profil
- nizovi PE i HE prema DIN 1025-2, -3, -4 i -5
- zvonasti TH-profil prema HRN B.M2.104
- profili prema drugim normama ako je to predviđeno projektom.

Najmanja granica razvlačenja čelika profila je 240 N/mm<sup>2</sup>, a u skladu s HRN C.B0.500 ili HRN EN 10025.

Dimenzije lučnih nosača trebaju biti u skladu s projektom.

Čelični profili smiju se zavarivati samo prema propisanom tehnološkom postupku koji mora biti u skladu s pripadajućim hrvatskim normama. Tehnološki postupak zavarivanja mora biti potvrđen i odobren od strane nadzornog inženjera.

Rupe za veze, razupore i sve vijčane spojeve smiju se izrađivati mehanički. Bušenje plamenom nije dopušteno.

### **Šipke, podložne ploče, vezice za lukove**

Šipke, podložne ploče i vezice rade se od čelika najmanje granice razvlačenja 240 N/mm<sup>2</sup>, a u skladu s hrvatskim ili europskim normama. Dimenzije moraju biti u skladu s projektom.

Spojne šipke s navojem i razupore moraju biti odgovarajuće duljine kako bi u simetralama lukova slobodni krajevi navoja izvan matica bili najmanje 25 mm.

### **Rešetkasti nosači za lukove**

Rešetkasti nosači izrađuju se od zavarljivog armaturnog čelika najmanje granice razvlačenja 500 N/mm<sup>2</sup> prema HRN EN 10080, HRN 1130-5 te od čeličnog lima i L-profila najmanje granice razvlačenja 240 N/mm<sup>2</sup> prema HRN C.B0.500 ili HRN EN 10025. Izvođač treba nadzornom inženjeru dostaviti na odobrenje dokaze nosivosti rešetkastih nosača.

Zavarivanje rešetkastih nosača mora biti u skladu s normom HRN C.T3.095 ili s normama DIN 488-7 i DIN 4099.

Vijci za spajanje rešetkastih nosača moraju biti najmanje klase čvrstoće 8.8 prema HRN M.B1.023 ili DIN 267-2.

### **Ugradnja**

Čelični lukovi postavljaju se prema nacrtima iz projekta. Koristit će se temeljni blokovi od tvrdog drva i klinovi za dovođenje čeličnih lukova u potrebni položaj. Za spajanje luka sa susjednim čeličnim lukom koristit će se šipke za učvršćivanje na licu mjesta. Čelični lukovi ubetoniraju se u mlazni beton debljine zaštitnog sloja najmanje 20 mm. Čelični lukovi postavljaju se okomito na os tunela. Spojevi lukova moraju osigurati predviđenu statičku nosivost luka.

TH-profile treba ugraditi tako da su konveksnom stranom okrenuti prema rubu otvora iskopa.

### **Dokumentacija**

Nadzornom inženjeru se podnosi dokumentacija u skladu s ovim OTU-ima. Osim gore navedenog, prije početka radova potrebno je podnijeti sljedeće:

- kompletne nacрте detalja izrade čeličnih lukova
- detalje spojnica, spajanja lukova, odstojnika za lukove, geometrije itd.
- postupke postavljanja i dispozicioni nacrt
- dokaze da materijal udovoljava propisanoj vrsti čelika.

### ***Uvjet kvalitete***

Prije početka rada ugradnje čeličnih lukova za ojačanje mlaznog betona pri podgrađivanju tunelskog iskopa izvođač je dužan pribaviti potrebnu dokumentaciju o kvaliteti za sve građevinske materijale u skladu s uvjetima iz projekta i ovih OTU-a i predočiti ih nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

Osim provedbe prethodnih i tekućih ispitivanja kako je dano u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje, za rešetkaste nosače, potrebno je vršiti kontrolu oblika i mjera prema projektu te kontrolna ispitivanja u skladu sa standardima HRN EN ISO 6892-1 te HRN C.T3.095 i HRN C.K6.020.

### ***Način mjerenja i obračun radova***

Rad se mjeri po dužnom metru ugrađenog elementa čeličnog luka uzduž P-linije za ojačanje mlaznog betona prema uvjetima projekta ili tehničkog rješenja sanacije (stvarno izvršenim radovima) ili prema odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz čeličnih elemenata na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, postavu, podlaganje i vezanje, otpadni materijal, pomoćni materijal, čelične limove na spojevima, vijke za spajanje itd. potrebne za dovršenje i postavu u projektirani položaj te učvršćenje.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- rad i materijal kojim se armaturna mreža učvršćuje da prati liniju iskopa (dodatna sidra za učvršćenje).

### ***10-06.3.4. PILOTI***

#### ***Opis rada***

Rad za ugradnju pilota kao elementa podgrade, koji se ugrađuje prije samih radova na tunelskom iskopu, obuhvaća nabavu i dovoz pilota na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, bušenje, ugradnju i injektiranje pilota i postavu u projektirani položaj.

#### ***Reference na materijale***

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje, za koplja

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog i nehrđajućeg čelika, za cijevi

#### ***Zahtjev izvođenja rada***

Pobijanje pilota se može primijeniti lokalno ili sustavno, ovisno o tome kako zahtijevaju okolnosti za sigurnost radova i za sprečavanje prekoprofilnog iskopa. Piloti se primjenjuju kod takvog stanja stijene i tla koji imaju tendenciju izazvati prekoprofilni iskop, urušavanje ili nalet materijala odmah nakon izvedbe iskopa.

Piloti se ugrađuju prema nacrtima, detaljima i uvjetima projekta ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

#### ***Materijal***

Za pilote se koriste šavne čelične cijevi nazivnog vanjskog promjera 42,4 mm i 48,3 mm. Debljina stijenke čeličnih cijevi bit će najmanje 3 mm. Duljina čeličnih cijevi bit će najmanje 1,0 m veća od predviđenog ciklusa iskopa. Čelik cijevi mora biti u skladu s HRN C.B5.025 ili HRN EN 10217-7. Mort za injektiranje mora udovoljavati ovim OTU-ima.

Umjesto čeličnih cijevi mogu se koristiti koplja od rebrastih armaturnih čeličnih šipki. Najmanji promjer koplja je 25 mm.

### **Ugradnja**

Piloti se ugrađuju kako je prikazano na nacrtima u projektu ili prema uputi nadzornog inženjera. Razmak između cijevi ili šipki oko tjemena profila iskopa mora biti u skladu s udaljenošću navedenom na nacrtima, ali se mora prilagoditi prevladavajućim geodetskim uvjetima na čelu tunela.

Čelične cijevi ili koplja postavljaju se u prethodno bušene rupe na razmaku od 30 do 40 cm.

Zalijevanje cijevi mortom, prije ili nakon postavljanja cijevi, određuje izvođač u dogovoru s nadzornim inženjerom.

### **Uvjet kvalitete**

Prije početka rada ugradnje pilota pri podgrađivanju tunelskog iskopa izvođač je dužan pribaviti potrebnu dokumentaciju o kvaliteti za sve građevinske materijale u skladu s uvjetima iz projekta i ovih OTU-a i predložiti ih nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

Osim provedbe prethodnih i tekućih ispitivanja kako je dano u Knjizi XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje, za armaturne šipke, potrebno je vršiti kontrolna ispitivanja u skladu sa standardom HRN EN 10080 i HRN 1130-4.

### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po komadu ugrađenog pilota (cijevi ili koplja) za razne dužine ugrađenog elementa prema nacrtima, detaljima i uvjetima projekta ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz pilota na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, bušenje, ugradnju i injektiranje pilota i postavu u projektirani položaj.

## **10-06.3.5. ČELIČNE PLATICE**

### **Opis rada**

Rad za ugradnju platica kao elementa podgrade koji se ugrađuje prije samih radova na iskopu obuhvaća nabavu i dovoz čeličnih platica na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, ugradnju i ispunjavanje (mlaznim betonom ili kontaktnim zalijevanjem odgovarajućim cementnim mortom) praznina i šupljina iza platica i postavu u projektirani položaj.

### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-19.1. Toplo valjani proizvodi od konstrukcijskog čelika, za čelične platice

### **Zahtjev izvođenja rada**

Čelične platice koriste se uglavnom u slabo nosivom tlu niske kohezije, da bi se spriječilo urušavanje materijala tijekom iskopa i odmah nakon iskopa. Korištenje platica uvijek zahtijeva montažu čeličnih lukova.

Čelične platice ugrađuju se prema nacrtima, detaljima i uvjetima projekta ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

### **Materijal**

Platice se izrađuju od čelika Č0371 prema HRN C.B0.500 ili S235JR prema HRN EN 10025. Debljina treba biti od 4 do 6 mm. Ostale mjere i oblik platice odabire se u skladu s duljinom iskopa i zahtjevima podgrađivanja iza čela.

### **Ugradnja**

Platice se pobijaju na razmacima prikazanim na nacrtima. One se pobijaju prije iskopa odnosno napredovanja na dubinu koja prelazi minimalnu duljinu od 0,8 m iza čela u tlo.

Praznine i šupljine iza platice ispunjavaju se mlaznim betonom ili kontaktnim zalijevanjem odgovarajućim cementnim mortom.

### ***Uvjet kvalitete***

Prije početka rada ugradnje platice pri podgrađivanju tunelskog iskopa izvođač je dužan pribaviti potrebnu dokumentaciju o kvaliteti za sve građevinske materijale u skladu s uvjetima iz projekta i ovih OTU-a i predočiti ih nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

### ***Način mjerenja i obračun radova***

Rad se mjeri po kilogramu ugrađenog elementa čelične pobijene platice prema mjerama iz projekta ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz čeličnih platice na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, ugradnju i ispunjavanje (mlaznim betonom ili kontaktnim zalijevanjem odgovarajućim cementnim mortom) praznina i šupljina iza platice i postavu u projektirani položaj.

## ***10-06.3.6. SIDRA***

### ***Opis rada***

Rad za ugradnju svih vrsta štapnih sidara za podgrađivanje tunela, za sanaciju geološki opravdanih prekopprofila, opravdanih odvala, za sanaciju kaverni, špilja te drugih speleoloških objekata i štapna sidra koja su povremeno potrebna za podgradu čela tunela tijekom napredovanja rada na tunelskom iskopu obuhvaća nabavu i dovoz na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, bušenje, ugradnju, injekcijsku smjesu i injektiranje (ako se štapna sidra izvode kao injektirana), napuhavanje (Swellex...), pomoćni materijal (sidrene pločice, podložne pločice, matice, bušaće krune...) potreban za dovršenje i postavu u projektirani položaj.

Štapna sidra dio su primarne podgrade, a cilj im je aktivirati spregnuto djelovanje između okolne stijene i mlaznog betona, pridonoseći nosivosti primarne tunelske podgrade.

### ***Reference na materijale***

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-21. Proizvodi za geotehnička sidrenja, za sidra

**Zahtjev izvođenja rada**

Štapna sidra postaviti će na način opisan u projektu te prema dužinama i rasporedu prikazanim na nacrtima projekta za svaki standardni sustav podgrade za određenu kategoriju stijenske mase ako se ne odredi drukčije dogovorom izvođač – projektant – nadzorni inženjer.

**Vrste štapnih sidara**

Za podgradu tunela koriste se sljedeće vrste sidara:

- SN-sidra
- PG-sidra
- IBO-sidra
- Swellex-sidra.

**SN sidra i PG sidra**

SN i PG sidra izrađuju se od rebrastih armaturnih šipki. Vrsta čelika treba biti Č0551 prema HRN C.K6.020 ili vrsta B500B prema HRN EN 10080. Jedan kraj šipke ima metrički navoj na koji dolazi sidrena pločica i pripadajuća matica za učvršćenje klase 5 ili 8 prema HRN M.B1.028.

Izvođač treba nadzornom inženjeru dostaviti na odobrenje dokaz nosivosti sklopa šipka s navojem + matica + podložna ploča, kao i za spojnice za nastavljivanje (produljivanje) sidra.

**Samobušiva sidra s vanjskim navojem (IBO-sidra)**

Tijelo IBO-sidra čini čelična cijev s vanjskim oblikom navojem koja na jednom kraju ima bušaču krunu, a na drugom odgovarajuću maticu s podložnom pločom. IBO-sidra mogu se nastavljati (produljivati) spojnica s unutarnjim navojem.

IBO sidra moraju imati deklariranu silu loma sklopa tijelo + matica + podložna ploča (npr. 250 kN). Spojnica mora imati jednaku nosivost kao i navedeni sklop. Sidra se uobičajeno izrađuju od čelika prema HRN C.B0.500 (HRN EN 10025) ili od bešavnih cijevi prema HRN C.B5.021 (HRN EN 10216-1).

Izvođač treba nadzornom inženjeru dostaviti na odobrenje dokaz nosivosti sklopa tijelo + matica + podložna ploča, kao i za spojnice za nastavljivanje (produljivanje) sidra.

**Swellex ekspanzijska sidra (trenjem usidrena štapna sidra)**

Super Swellex sidra za sustavni raspored sidrenja imat će minimalnu nosivost od 200 kN.

Za lokalno sidrenje i sidrenje stijena u fazi izvedbe, mogu se koristiti „standardna” Swellex sidra nosivosti 110 kN.

Čeone pločice sidra bit će takve da omoguće dobro nalijezanje i siguran prijenos sile sidrenja na mlazni beton, čelični luk ili površinu stijene.

**Ugradnja***SN-sidra*

Oblik podložne ploče treba omogućiti jednoliki dosjed čak ako se sidro i ne postavi sasvim okomito na površinu, a u sklopu s maticom omogućiti siguran prijenos sile sidrenja na sidrenu ploču.

Bušotine za sva štapna sidra bit će izbušene do dubina kako se traži za duljine štapnih sidara navedenih za podgradu odnosno kategorije stijenske mase, a promjeri će im biti takvi da omoguće najbolju moguću ugradnju mase za injektiranje te da omoguće najbolju moguću spajanje i postavljanje. Najmanji promjer bušotina bit će 10 mm veći od promjera štapnih sidara.

Bušotine će se očistiti od svih ostataka bušenja, mulja i otpadaka. Ugradnja štapnog sidra slijedi u roku od 3 sata nakon bušenja i pripreme bušotine.

Prije postavljanja štapnog sidra, cijela bušotina ispunit će se cementnim mortom tako što će se cijev za injektiranje postaviti u punu dubinu bušotine i povlačiti kako se masa bude utiskivala. Sapnica će ostati uronjena u masu za zalijevanje dok se cijev povlači tako da zrak izlazi dok se bušotina puni. Zatim se sidro ugura u bušotinu.

Matica zalivenih štapnih sidara priteže se najkasnije dva napredovanja iza čela ili 12 sati nakon postavljanja. Pritezanje matice radi se s umjerenim (baždarenim) priteznim ključem (moment ključ). Moment pritezanja treba odrediti ovisno o promjeru navoja matice tako, da se unese vlačna sila od 20 kN.

U slučaju zatvorenog radnog prostora i/ili velike duljine štapnih sidara dopušta se spajanje. Broj spojeva treba biti što manji. Nosivost ovako spojenih štapnih sidara neće biti manja od štapnog sidra od jednog dijela.

#### *PG-sidra*

Vrijede sve odredbe prethodno navedene osim što se zalijevanje može obaviti nakon postavljanja sidra. U tom se slučaju bušotina zalijeva posebnim uređajem koji omogućuje da se otvor bušotine zatvara dok se pumpa masa za zalijevanje. Zrak iz bušotine izlazi putem cijevi koja je pričvršćena u punoj dužini sidra. Zatim se masa za zalijevanje pumpa, a smatra se da je bušotina puna kad masa izlazi iz kraja cijevi.

#### *Samobušiva IBO-sidra*

IBO-sidra koriste se u uvjetima tla gdje je nemoguće učinkovito postavljanje drugih vrsta štapnih sidara. IBO-sidra postavljaju se bušenjem šipke u tlo bez njenog povlačenja. Smjesu za zalijevanje, pritisak pri zalijevanju i količinu određuje izvođač prema uvjetima tla na koje naiđe i u skladu s uputama proizvođača sidra. Postupak ugradnje odobrava nadzorni inženjer.

#### *Swellex štapna sidra*

Bušotine za štapna sidra izvode se do tražene dubine. Bušotine se očiste od svih ostataka bušenja, mulja i otpadaka. Štapna sidra postavljaju se najkasnije dva sata nakon izvođenja bušotine.

Postavljanje i napuhavanje sidara izvodi se prema proizvođačevim preporukama. Za napuhavanje sidara koristiti opremu koju preporuča proizvođač sidara.

Štapna sidra se nakon napuhavanja dreniraju.

### **Uvjet kvalitete**

#### **Mort za zalijevanje**

Prije testova prihvatanja štapnih sidara potrebno je provesti testove s raspoloživim cementom i pijeskom kako bi se odredio odgovarajući proračun smjese kojom se postiže specificirana čvrstoća i odgovarajuća ugradljivost zajedno s korištenom opremom za zalijevanje. Mogu se dodavati aditivi za poboljšanje ugradljivosti. Utjecaj aditiva na razvoj čvrstoće prati se ispitivanjem kako je opisano. Mort za zalijevanje ispituje se na kockama 5 x 5 x 5 cm. Kocke se njeguju u vodi. Za svako ispitivanje tlačne čvrstoće pripremit će se pet kocaka. Rezultanta čvrstoće je prosjek dobiven iz triju preostalih vrijednosti nakon eliminacije najviše i najniže vrijednosti. Tijekom izvedbe, uzorak u obliku kocke uzima se svakog tjedna iz crijeva za zalijevanje, na sapnici, prilikom svih pet pobijanja sidara. Kod pripreme i procjene potrebno je pridržavati se gore opisanog postupka.

Potrebna tlačna čvrstoća morta za zalijevanje:

nakon 24 sata    8 N/mm<sup>2</sup>

nakon 28 dana    20 N/mm<sup>2</sup>

v/c = 0,25 – 0,30    čisti cement

v/c = 0,50 – 0,60    smjesa cement – pijesak (0 – 5mm)

### **Ispitivanje izvlačenja štapnih sidara**

Ispitivanje izvlačenja obavljaju se na temelju ISRM Doc 2, Dio 1 „Preporučena metoda za ispitivanje štapnih sidara”.

#### **a) Dokazivanje uporabljivosti**

Detaljan program ispitivanja izrađen na temelju gore navedenog dokumenta odobrava nadzorni inženjer prije ispitivanja.

Odstupanja od preporučene ISRM metode odobrava nadzorni inženjer.

Izvještaj o ispitivanju izdaje se odmah nakon završetka ispitivanja i podnosi se na odobrenje nadzornom inženjeru.

Podaci za svaki tip štapnog sidra sadržavat će sljedeće:

- vrstu sidra, opremu za testiranje, podatke o mjestu postavljanja opterećenja primijenjena pri ispitivanju i zabilježene deformacije procjena rezultata ispitivanja kako je navedeno u dokumentu ISRM
- tumačenje i radnja koja se preporuča u slučaju neuspješnih testova izvlačenja.

Dokazivanje uporabljivosti provodit će se za sve tipove sidara koja su navedena u projektu prije početka podzemnog iskopa.

Ispitivanja će se obavljati u geološkim uvjetima tla sličnim onima koji se očekuju tijekom probijanja tunela. Mjesto ispitivanja sidara odabire nadzorni inženjer.

Ispituje se najmanje pet sidara svakog tipa. Ovisno o ispitnom postupku i rezultatima ispitivanja nadzorni inženjer može zahtijevati da se ispitaju dodatna sidra.

Potrebno je osigurati odgovarajuću opremu za ispitivanje kako je navedeno u gore spomenutom ISRM dokumentu da se mjeri istezanje, pomak sidara i sile zatezanja.

Maksimalno opterećenje koje se primjenjuje iznosi 250 KN ili drukčije, ako se tako odobri.

#### **b) Ispitivanja za vrijeme probijanja tunela**

Nadzorni inženjer će odabrati štapna sidra za ispitivanje proizvedenih sidara. Za svaki tip sidra odabrat će se po pet komada iz prvih 100 sidara postavljenih u tunel. Od preostalih sidara za ispitivanje se odabire pet od svakih 200 komada. Sila kojom se ispituje sidro bit će najmanje 80 % deklarirane nosivosti sidra.

Sidra koja na ispitivanjima podbace ili koja se izvlače bit će zamijenjena. Za svaki propust nadzorni inženjer tražit će da se ispitaju dodatna sidra u blizini. Sve ostalo kao u prethodnom dijelu.

### **Evidentiranje ugradnje sidara**

Za svako napredovanje izvođač će voditi, a nadzorni inženjer odobravati, evidenciju o pojedinostima ugradnje štapnih sidara koja će sadržavati podatke kao što je sastav mase za zalijevanje, dubina bušenja, duljina i tip štapnih sidara, odstupanja od teorijskog položaja, način i vrijeme zalijevanja, vrijeme pričvršćenja, posebne primjedbe, itd.

Evidenciji ugradnje treba priložiti zapise s rezultatima ispitivanja sidara.

### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po komadu ugrađenog štapnog sidra za razne tipove i dužine ugrađenog elementa prema uvjetima projekta ili tehničkog rješenja sanacije (stvarno izvršenim radovima) ili prema odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, čišćenje i sječenje, gradilišne prijevoze, bušenje, ugradnju, injekcijsku smjesu i injektiranje (ako se štapna sidra izvode kao injektirana), napuhavanje (Swelllex...), pomoćni materijal (sidrene pločice, podložne pločice, matice, bušaće krune...) potreban za dovršenje i postavu u projektirani položaj.

### 10-06.3.7. CIJEVNI KROV – PIPE ROOF

#### **Opis rada**

Rad za ugradnju cijevnog krova (cijevni kišobran, „pipe-roof“) koji se sastoji od čeličnih cijevi koje se ugrađuju u zoni svoda tunela prije samih radova na tunelskom iskupu obuhvaća nabavu i dovoz cijevi na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, gradilišne prijevoze, bušenje, ugradnju, čišćenje cijevi komprimiranim zrakom i injektiranje pod niskim tlakom i postavu u projektirani položaj.

#### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog i nehrđajućeg čelika, za cijevi

#### **Zahtjev izvođenja rada**

##### **Materijal**

Perforirane bešavne čelične cijevi vanjskog promjera 114,3 mm (4") debljine stijenke najmanje 5 mm. Vrsta čelika treba biti Č1213 prema HRN C.B5.021 ili SPT410 prema HRN EN 10216-1. Moguće je koristiti i perforirane bešavne čelične cijevi većeg/manjeg vanjskog promjera od navedenog uvažavajući minimalnu debljinu stijenke, a sve u skladu sa specifikacijama definiranim u geotehničkom projektu.

##### **Ugradnja**

Cijevni krov ugrađuje se kako je prikazano na nacrtima u projektu ili prema uputama nadzornog inženjera.

Primjenjuje se kod materijala kod kojih ne postoji inicijalna stabilnost podzemnog otvora pri iskupu, odnosno materijali koji imaju tendenciju izazvati prekopofilni iskop, urušavanje ili nalet materijala odmah nakon izvedbe iskopa (tla i vrlo slaba stijenska masa) u svrhu omogućavanja iskopa gornje polovine tunela čime se izbjegava potreba razrade otvora u navedenoj zoni.

Čelične cijevi se ugrađuju istodobno s bušenjem tako da centralna ili ekscentrična kruna tijekom bušenja za sobom povlači cijev u bušotinu.

Čelične cijevi postavljaju se s čela probijanja prema neiskopanom tlu. U nestabilnim bušotinama čelične cijevi mogu se koristiti kao oplata za bušenje. Razmak između čeličnih cijevi u tjemenu profila iskopa mora biti u skladu s udaljenošću navedenoj na nacrtima, ali mora biti prilagođen geološkim uvjetima koji vladaju na čelu tunela.

Nakon bušenja čelične cijevi se čiste komprimiranim zrakom prije injektiranja.

Injektiranja se izvodi pod niskim tlakom.

#### **Uvjet kvalitete**

Prije početka rada ugradnje cijevnog krova pri podgrađivanju tunelskog iskopa izvođač je dužan pribaviti potrebnu dokumentaciju o kvaliteti za sve građevinske materijale u skladu s uvjetima iz projekta i ovih OTU-a i predložiti ih nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

#### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po dužnom metru ugrađenog elementa cijevnog krova pri podgrađivanju prema uvjetima projekta ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz cijevi na gradilište, razvrstavanje, skladištenje, gradilišne prijevoze, bušenje, ugradnju, čišćenje cijevi komprimiranim zrakom i injektiranje pod niskim tlakom i postavu u projektirani položaj.

### 10-06.3.8. MIKRO PILOTI

#### **Opis rada**

Rad za ugradnju mikro pilota kao elementa podgrade koji se ugrađuju u podlogu u zone zidova gornjeg dijela iskopa u područjima malog nadsloja i ispod kuća obuhvaća nabavu i dovoz na gradilište, razvrstavanje, gradilišne prijevoze, bušenje, ugradnju i injektiranje mikro pilota i postavu u projektirani položaj.

#### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-19. Proizvodi od konstrukcijskog i nehrđajućeg čelika, za cijevi

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-21. Proizvodi za geotehnička sidrenja, za sidra

#### **Zahtjev izvođenja rada**

Mikro piloti postavljaju se u podlogu gornje štolne u područjima plitkog sloja i ispod kuća prema nacrtima, detaljima i uvjetima projekta ili prema zahtjevu nadzornog inženjera. Mikro piloti prenose opterećenje s obloge mlaznog betona na okolnu stijensku masu i na taj način smanjuju slijeganja obloge od mlaznog betona u gornjoj štolni, smanjuju rizik smicanja između obloge gornje štolne i obloge privremenog podnožnog svoda i povećavaju sigurnost bočnih zidova tijekom iskopa središnjeg, ostalog dijela tunela.

#### **Materijal**

Mikro pilot sastoji se od bešavne čelične cijevi s vanjskim oblim navojem promjera do 60 mm, debljina stijenke je najmanje 6 mm. Čelična cijev potpuno se zalijeva cementnim mortom (injektira). Promjer bušotine za pilot treba odgovarati vanjskom promjeru pilota.

Vrsta čelika cijevi treba propisati u projektu, a u skladu s normom HRN C.B5.021 ili HRN EN 10216-1. Za mikro pilote mogu se koristiti samobušiva IBO-sidra.

#### **Ugradnja**

Čelične cijevi postavljaju se u prethodno bušene rupe ili se koriste samobušiva sidra (na primjer IBO). Valovite čelične ili PVC cijevi unutrašnjeg promjera najmanje 120 mm postavljaju se u oblogu od mlaznog betona da se olakša bušenje.

Prije postavljanja potrebno je provesti ispitivanja radi dokazivanja da su čelični piloti u potpunosti obloženi mortom. Broj ispitnih pilota i postupak ispitivanja predlaže izvođač, a odobrava nadzorni inženjer.

#### **Uvjet kvalitete**

Prije početka rada ugradnje mikro pilota pri podgrađivanju tunelskog iskopa izvođač je dužan pribaviti potrebnu dokumentaciju o kvaliteti za sve građevinske materijale u skladu s uvjetima iz projekta i ovih OTU-a i predočiti ih nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

#### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po komadu ugrađenog mikro pilota (cijevi ili sidra) za razne dužine ugrađenog elementa prema uvjetima projekta ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz na gradilište, razvrstavanje, gradilišne prijevoze, bušenje, ugradnju i injektiranje mikro pilota i postavu u projektirani položaj.

#### 10-06.4. RADOVI ZAPUNJAVANJA GEOTEHNIČKI OPRAVDANOG PREKOPROFILNOG ISKOPA MLAZNIM BETONOM

##### **Opis rada**

Rad za ugradnju mlaznog betona potrebnog za sanaciju geološki opravdanih prekopprofila, opravdanih odvala, kao i sanaciju kaverni, špilja te drugih speleoloških objekata obuhvaća pripremu podloge (uklanjanje labavih dijelova), nabavu i dovoz gradiva, gradilišne prijevoze, ugradnju i eventualno po potrebi njegu mlaznog betona, uklanjanje otpadnog mlaznog betona iz tunela, kao i postavljanje skela i rampi.

##### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.4. Mlazni beton, za mlazni beton.

##### **Zahtjev izvođenja rada**

Svi radovi s mlaznim betonom izvode se u skladu s ovim OTU-ima, normama HRN EN 206:2016, HRN EN 14487-1, HRN EN 14487-2, HRN EN 14488-1, HRN EN 14488-2, HRN EN 14488-3, HRN EN 14488-4, HRN EN 14488-5 i HRN EN 14488-6 i europskim specifikacijama za mlazni beton izdanih od European Federation of Producers of Specialist Products for Structures EFNARC ISBN 0 9522483 1 X, izdanje 1996. godine, ako drukčije nije navedeno u ovom poglavlju te prema nacrtima, detaljima i uvjetima projekta sanacija ili prema zahtjevu nadzornog inženjera.

Mlazni beton zapune može se nanositi u slojevima uz dodatak brzovezujućeg sredstva. U slučaju potrebe da se mlaznim betonom ispunjavaju veće šupljine, izvođač radova predlaže rješenje sanacije, a odobrava ga nadzorni inženjer.

Izvedbu prskanja i eventualno po potrebi njegu mlaznog betona izvesti na način kako je to opisano u ovoj Knjizi X – Tuneli: poglavlje 10-6.1. Radovi podgrađivanja tunela mlaznim betonom.

##### **Uvjet kvalitete**

Prije početka rada ugradnje te zapunjavanja geotehnički opravdanog prkopprofilnog iskopa mlaznim betonom izvođač je dužan pribaviti potrebnu dokumentaciju o kvaliteti za sve građevinske materijale u skladu s uvjetima iz projekta i ovih OTU-a i predložiti ih nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

##### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri u kubnim metrima stvarno ugrađenog mlaznog betona prema uvjetima projekta ili tehničkog rješenja sanacije ili prema odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje pripremu podloge (uklanjanje labavih dijelova), nabavu i dovoz gradiva, gradilišne prijevoze, ugradnju i eventualno po potrebi njegu mlaznog betona, uklanjanje otpadnog mlaznog betona iz tunela, kao i postavljanje skela i rampi.

#### 10-06.5. INJEKCIJSKI RADOVI

##### **Opis rada**

Injekcijski radovi u tunelu obuhvaćaju sljedeće radove:

- kontaktno injektiranje – radovi bušenja (poglavlje 10-06.5.1. Radovi bušenja za potrebu provedbe kontaktnog injektiranja ovih OTU-a)
- kontaktno injektiranje – radovi ugradnje mase za injektiranje (poglavlje 10-06.5.2. Radovi ugradnje mase za injektiranje pri provedbi kontaktnog injektiranja ovih OTU-a)

- konsolidacijsko injektiranje – radovi bušenja (poglavlje 10-06.5.3. Radovi bušenja za potrebu provedbe konsolidacijskog injektiranja ovih OTU-a)
- konsolidacijsko injektiranje – radovi ugradnje mase za injektiranje (poglavlje 10-06.5.4. Radovi ugradnje mase za injektiranje pri provedbi konsolidacijskog injektiranja ovih OTU-a).

**Reference na materijale**

-

**Zahtjev izvođenja rada**

Izvedbu injekcijskih radova u tunelu treba provoditi prema projektu ili elaboratu za svaki pojedini slučaj, koji prethodno treba odobriti nadzorni inženjer. Projekt ili elaborat treba biti izrađen na bazi probne bušotine u zavisnosti o geološkoj sredini ili uputi nadzornog inženjera.

Prije početka injektiranja izvođač treba s nadzornim inženjerom utvrditi sve tražene pojedinosti za izvedbu ovih radova, što se posebno odnosi na:

- sastav injekcione smjese
- tlakove injektiranja
- raspored, smjer i dubinu bušotine
- vremenski tok injekcionih radova
- vrstu i kapacitet odabranih strojeva.

Radove na injektiranju dužan je izvođač izvesti sa stručnim i iskusnim kadrom za ovu vrstu radova, uz primjenu suvremene mehanizacije.

Tlak za injektiranje treba odabrati tako da ne nastanu štete na betonskoj oblozi tunela ili, vezano za visinu nadsloja stijene, štetno razlabavljenje stijene i gubitak injekcione mase.

Za injektiranje treba primijeniti injekcione uređaje koji mogu postići propisani tlak.

Injekcioni uređaji moraju biti opskrbljeni baždarenim uređajem za pisanje tlakova i količina utrošene mase.

Za radove na bušenju i injektiranju izvođač mora voditi uredno dnevnik koji sadržava sve potrebne podatke za kontrolu i obračun radova. (Opis rada i strojeva, položaj bušotina u prostoru, vremenski tok injektiranja, količinu utrošene mase po bušotini, opis naročitih događaja itd.).

**Uvjet kvalitete**

-

**Način mjerenja i obračun radova**

-

**10-06.5.1. RADOVI BUŠENJA ZA POTREBU PROVEDBE KONTAKTNOG INJEKTIRANJA****Opis rada**

Ovaj rad obuhvaća izradu bušotina bušenjem stijenske mase neovisno o geološkoj sredini, kategorijama stijenske mase, kao preduvjet za provedbu kontaktnog injektiranja, gradilišne prijevoze, kao i postavljanje skela i rampi.

**Reference na materijale**

-

**Zahtjev izvođenja rada**

Kontaktno injektiranje eventualnih šupljina između stijene i obloge provodi se samo u kalotnom dijelu svoda betonske obloge, gdje postoji najveća vjerojatnost da je kontakt stijene i betona loše izveden. Prije izvođenja kontaktnog injektiranja u kalotnom dijelu svoda treba probnim bušenjem utvrditi postoje li šupljine.

Na potezima tunela gdje je izvedena hidroizolacija tunelske primarne obloge od mlaznog betona potrebno je radove injektiranja izvesti tako da se bušenjem injekcionih rupa kroz sekundarnu betonsku oblogu ne bi oštetila hidroizolacija.

**Uvjet kvalitete**

Potrebno je izvesti prohodne bušotine u zavisnosti o geološkoj sredini te u skladu s projektom ili elaboratom za svaku pojedinu lokaciju.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po dužnom metru prema dužini bušenja u svemu prema projektu (elaboratu) neovisno o geološkoj sredini, a koji se utvrđuju na bazi uredno vođenog dnevnika ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje, gradilišne prijevoze, kao i postavljanje skela i rampi.

**10-06.5.2. RADOVI UGRADNJE MASE ZA INJEKTIRANJE PRI PROVEDBI KONTAKTNOG INJEKTIRANJA****Opis rada**

Ovaj rad obuhvaća kontaktno injektiranje kroz pripremljene bušotine na zapunjavanju eventualnih šupljina između stijene i obloge, gradilišne prijevoze, kao i postavljanje skela i rampi, troškove za postavu, premještanje i raspremu svih potrebnih uređaja i skela, uredno zatvaranje svih injekcionih rupa po cijeloj dužini cementnim mortom, čišćenje betonske obloge od cementne suspenzije iz bušotina, čišćenje otpadnog materijala i injekcijske mase u tunelu, sve smetnje i prekide uzrokovane paralelnim radovima.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.7. Smjese za injektiranje

**Zahtjev izvođenja rada**

Kontaktno injektiranje eventualnih šupljina između stijene i obloge provodi se samo u kalotnom dijelu svoda betonske obloge, gdje postoji najveća vjerojatnost da je kontakt stijene i betona loše izveden.

Radovi na kontaktnom injektiranju koji se odnose na zapunjavanje šupljina iza vanjske primarne nosive obloge (platica, remenata, zabijene oplata itd.) treba izvesti odmah po izvedbi vanjske nosive obloge kako ne bi došlo do olabavljenja stijenske mase oko otvora uslijed ostavljenih šupljina iza obloge.

Sastav mase za injektiranje predviđen je u osnovi kao cementna suspenzija ili cementni mort. Ispitivanje i kontrola cementne mase vrši se prema propisima za ispitivanje betona.

**Uvjet kvalitete**

-

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri prema kilogramu mase za injektiranje u svemu prema projektu (elaboratu) neovisno o geološkoj sredini, a koja se utvrđuje na bazi uredno vođenog dnevnika ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje ugradnju mase za injektiranje, gradilišne prijevoze, kao i postavljanje skela i rampi, troškove za postavu, premještanje i raspremu svih potrebnih uređaja i skela, uredno zatvaranje svih injekcionih rupa po cijeloj dužini cementnim mortom, čišćenje betonske obloge od cementne suspenzije iz bušotina, čišćenje otpadnog materijala i injekcione mase u tunelu, sve smetnje i prekide uzrokovane paralelnim radovima.

**10-06.5.3. RADOVI BUŠENJA ZA POTREBU PROVEDBE KONSOLIDACIJSKOG INJEKTIRANJA****Opis rada**

Ovaj rad obuhvaća izradu bušotina bušenjem stijenske mase neovisno o geološkoj sredini, kategorijama stijenske mase, kao preduvjet za provedbu konsolidacijskog injektiranja, radilišne prijevoze, kao i postavljanje skela i rampi.

**Reference na materijale**

-

**Zahtjev izvođenja rada**

Poteze i mjesta u tunelu koja na kojima će se provesti konsolidacijsko injektiranje određuje nadzorni inženjer.

Raspored bušotina njihovu dubinu, smjer bušotina, sastav injekcijske smjese i tlak injektiranja određeni su projektom ili elaboratom izrađenim na bazi probne dionice.

**Uvjet kvalitete**

Potrebno je izvesti prohodne bušotine u zavisnosti o geološkoj sredini te u skladu s projektom ili elaboratom za svaku pojedinu lokaciju.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po dužnom metru bušenja u svemu prema projektu (elaboratu) neovisno o geološkoj sredini, a koji se utvrđuju na bazi uredno vođenog dnevnika ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje, gradilišne prijevoze, kao i postavljanje skela i rampi.

**10-06.5.4. RADOVI UGRADNJE MASE ZA INJEKTIRANJE PRI PROVEDBI KONSOLIDACIJSKOG INJEKTIRANJA****Opis rada**

Ovaj rad obuhvaća konsolidacijsko injektiranje kroz pripremljene bušotine radi stabiliziranja stijene oko iskopanog otvora i povećanja njenih mehaničkih svojstava, gradilišne prijevoze, kao i postavljanje skela i rampi, troškove za postavu, premještanje i raspremu svih potrebnih uređaja i skela, uredno zatvaranje svih injekcionih rupa po cijeloj dužini cementnim mortom, čišćenje betonske obloge od cementne suspenzije iz bušotina, čišćenje otpadnog materijala i injekcijske mase u tunelu, sve smetnje i prekide uzrokovane paralelnim radovima.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.7. Smjese za injektiranje

**Zahtjev izvođenja rada**

Poteze i mjesta u tunelu koja će se konsolidaciono injektirati određuje nadzorni organ. Raspored bušotina njihovu dubinu, smjer bušotina, sastav injekcijske smjese i tlak injektiranja određen je projektom ili elaboratom izrađenim na bazi probne dionice.

Sastav smjese za konsolidaciono injektiranje određuje se elaboratom za injekcijske radove na bazi geomehaničkih osobina stijenske mase i može biti: cementna suspenzija, cementni mort, ili smjesa na bazi glinene suspenzije sa ili bez dodataka u kombinaciji sa cementom. Smjese za injektiranje moraju biti ispitane i tokom rada kontrolirane.

Injektiranje treba tako izvoditi da se po opsegu svoda vanjske obloge dobiju po mogućnosti isti pritisci.

Kontrola uspješnog izvođenja konsolidacijskog injektiranja vrši se pomoću kontrolnih bušotina sa tlačnom probom pri čemu se utvrđuje postignuta vodonepropusnost injektirane stijene.

**Uvjet kvalitete**

-

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri prema kilogramu mase za injektiranje u svemu prema projektu (elaboratu) neovisno o geološkoj sredini, a koja se utvrđuje na bazi uredno vođenog dnevnika ili po odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje ugradnju mase za injektiranje, gradilišne prijevoze, kao i postavljanje skela i rampi, troškove za postavu, premještanje i raspremu svih potrebnih uređaja i skela, uredno zatvaranje svih injekcionih rupa po cijeloj dužini cementnim mortom, čišćenje betonske obloge od cementne suspenzije iz bušotina, čišćenje otpadnog materijala i injekcijske mase u tunelu, sve smetnje i prekide uzrokovane paralelnim radovima.

## 10-07. ODVODNJA

### **Opis rada**

Rad obuhvaća:

- odvodnju brdske vode (poglavlje 10-07.1. Odvodnja brdske vode ovih OTU-a)
- odvodnju kolnika (poglavlje 10-07.2. Odvodnja kolnika ovih OTU-a)
- glavnu kanalizaciju (poglavlje 10-07.3. Glavna kanalizacija ovih OTU-a).

Poglavlje sadrži tehničke uvjete za izvođenje:

- zahvata podzemnih procjednih voda, odnosno kaptiranja
- uzdužne drenaže iza unutarnje betonske obloge i pripadajućih kontrolnih niša
- glavne kanalizacije i pripadnih revizijskih – kontrolnih okana
- poprečnih cijevnih spojeva
- rubnjaka za kontroliranu odvodnju tekućina s kolnika
- šupljih rubnjaka za prihvatanje – odvodnju tekućina s kolnika
- sifonskog okna za kontrolu i čišćenje te ispuštanje tekućina s kolnika u glavnu kanalizaciju.

### **Reference na materijale**

-

### **Zahtjev izvođenja rada**

Ako se tijekom izgradnje naiđe na podzemnu vodu koja nije otkrivena prethodnim istražnim radovima ispod izvedene razine uzdužne drenaže, tada će se za rješavanje toga problema izvesti odgovarajući sustav drenaže prema posebnom projektu.

Pri izvođenju ovih radova treba voditi računa da se nepravilnim zatvaranjem dotoka vode, tj. sprečavanjem otjecanja i stvaranjem uspora javlja hidrostatski tlak na vanjsku oblogu, a voda će nepovoljno djelovati na nosivost stijenske mase kod stijena koje pod utjecajem vode mijenjaju svoja fizičko-mehanička svojstva.

### **Uvjet kvalitete**

-

### **Način mjerenja i obračun radova**

-

## 10-07.1. ODVODNJA BRDSKE VODE

### **Opis rada**

Rad obuhvaća:

- zahvate manjih dotoka vode s izbijenog otvora (poglavlje 10-07.1.1. Zahvati manjih dotoka vode s izbijenog otvora ovih OTU-a)
- zahvat velikih dotoka s izbijenog otvora (poglavlje 10-07.1.2. Zahvat velikih dotoka s izbijenog otvora ovih OTU-a)

- zahvat vode drenažnim bušotinama (poglavlje 10-07.1.3. Zahvat vode drenažnim bušotinama ovih OTU-a) i
- drenažu (poglavlje 10-07.1.4. Drenaža ovih OTU-a).

**Reference na materijale**

-

**Zahtjev izvođenja rada**

-

**Uvjet kvalitete**

-

**Način mjerenja i obračun radova**

-

**10-07.1.1. ZAHVATI MANJIH DOTOKA VODE S IZBIJENOG OTVORA****Opis rada**

Rad na zahvaćanju vode s površine izbijenog otvora obuhvaća nabavu i dovoz materijala, izradu i montažu zahvatnih elemenata, nabavu i dovoz cijevi ili polucijevi te montažu, materijal za učvršćivanje zahvatnih elemenata i cijevi, oblogu od brzoveznog cementnog morta i potrebnu skelu.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.1. Plastične cijevi i spojni elementi.

**Zahtjev izvođenja rada**

Veličine zahvatnih elemenata, cijevi i polucijevi te njihov broj mora biti u skladu s uvjetima iz projekta i odobren od nadzornog inženjera.

Zahvatni elementi, cijevi i polucijevi se priljubljuju i učvršćuju po obodu tunelskog profila, a oblažu se brzovezujućim mortom.

Za izradu zahvatnih elemenata potrebno je odabrati nehrđajuće lagane plastične materijale kao što su polipropilen (PP) i polietilen (PE).

Odvodne cijevi i polucijevi također su od istih materijala (HRN EN 13476-1), jer svojom fleksibilnošću omogućuju prilagodbu zakrivljenim plohama izbijenog otvora te su pogodne za međusobno spajanje.

**Uvjet kvalitete**

Zahvatne elemente ili cijevi treba izvesti tako da omogućuju mjerenje količina zahvaćenog dotoka vode prije uključivanja u sustav odvodnje. Također je potrebno izvesti mjerenje količina koje istječu iz sustava odvodnje te o tome raditi očevidnik.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po komadu kompletno izvedenog zahvata vode prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz materijala, izradu i montažu zahvatnih elemenata, nabavu i dovoz cijevi ili polucijevi te montažu, materijal za učvršćivanje zahvatnih elemenata i cijevi, oblogu od brzoveznog cementnog morta i potrebnu skelu.

#### *10-07.1.2. ZAHVAT VELIKIH DOTOKA S IZBIJENOG OTVORA*

##### **Opis rada**

Rad za izvedbu drenažnog sustava u cilju zahvata velikih dotoka s izbijenog otvora te odvođenje vode u drenažni sustav iza betonske obloge obuhvaća bušenje drenažnih bušotina, nabavu i dovoz cijevi ili polucijevi te ugradnju, materijal za učvršćivanje cijevi i oblogu od brzoveznog cementnog morta.

##### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.1. Plastične cijevi i spojni elementi

##### **Zahtjev izvođenja rada**

Za izvedbu ovih drenažnih sustava koriste se plastične cijevi od PEHD-a i tvrdog PVC-a koje odgovaraju normi HRN EN 13476-1 i ovim OTU-ima.

Drenažne bušotine izbuše se u zadanim presjecima okomito ili koso na os tunela prema dužini kampade predviđene za betoniranje. Dubina, profil i smjer bušotina odredit će se na licu mjesta.

##### **Uvjet kvalitete**

Ove bušotine povezuju se cijevima ili polucijevima u brzoveznom mortu i voda se odvodi u uzdužnu drenažu iza obloge. Radi dostupnosti i kontrole na ovim mjestima potrebno je predvidjeti kontrolno okno.

##### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po dužnom metru kompletno izvedenog zahvata vode prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje bušenje drenažnih bušotina, nabavu i dovoz cijevi ili polucijevi te ugradnju, materijal za učvršćivanje cijevi i oblogu od brzoveznog cementnog morta.

#### *10-07.1.3. ZAHVAT VODE DRENAŽNIM BUŠOTINAMA*

##### **Opis rada**

Rad za izvedbu drenažnih bušotina u cilju zahvata vode obuhvaća bušenje drenažnih bušotina, nabavu i dovoz cijevi ili polucijevi te ugradnju, materijal za učvršćivanje cijevi i oblogu od brzoveznog cementnog morta.

##### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.1. Plastične cijevi i spojni elementi.

##### **Zahtjev izvođenja rada**

Drenažne bušotine izvode se provjerenim tehnikama bušenja.

Po izvođenju bušotine u materijalima s nestabilnim stijenkama treba ugraditi filtarske (perforirane) cijevi. One mogu biti plastične (PEHD ili tvrdi PVC) ili čelične s trakastim ili rupičastim otvorima. Preporuča se da se koriste filtarske cijevi s trakastim otvorima. Širina traka ili rupičastih otvora ovisit će o zrnatosti materijala u kojem će se izvesti bušotina.

Dimenzije svijetlog otvora filtra predviđene su projektom i odobrene po nadzornom inženjeru.

Moguće je koristiti i perforirane zaštitne cijevi (kolone) koje se ostavljaju u bušotini i služe kao filtri.

Presjek bušotine sa zaštitnim kolonama ili bez njih ovisit će o presjeku (promjeru) filtarskih cijevi koje se planiraju ugraditi. Izvedena bušotina mora omogućiti sigurnu ugradnju filtarskih cijevi.

Ušće bušotine treba izvesti od pune cijevi i upustiti je barem do dubine 1,0 metar od kućišta kojim se stabilizira cijev na izlazu iz bušotine.

Ako bušotina prolazi kroz materijal gdje nije moguće postići stabilnost stijenki bušotine potrebno je bušiti uz upotrebu zaštitnih cijevi (kolona).

Za izvedbu zaštitnih kolona koriste se bešavne čelične cijevi, a za filtarske cijevi koriste se nehrđajuće čelične cijevi.

### ***Uvjet kvalitete***

Nakon ugradnje potrebno je prije uključivanja u sustav odvodnje izmjeriti količine vode koja istječe o čemu se radi očevidnik koji se daje na uvid nadzornom inženjeru. Ako voda iznosi sitnozrni materijal potrebno je izvesti čišćenje drenažne bušotine ispiranjem ili ispuhivanje zrakom do trenutka kada u litri vode koja istječe nije više od 2 % volumskog dijela sitnozrnog materijala.

Pri bušenju drenažnih bušotina u kompaktnom stjenovitom materijalu na dnu se može izvesti „torpediranje” eksplozivom u cilju boljeg sakupljanja vode (povezivanja pukotina u slabo propusnim slojevima) i mogu se zacijeviti pomoću perforiranih cijevi. Ovako izvedene drenažne bušotine povezuju se zajedničkom odvodnom cijevi koja se najkraćim putem uvodi u uzdužnu drenažu iza unutarnje obloge. Mjesto, broj, dubina, smjer i veličina presjeka ovih bušotina određuje se prema posebnom projektu te ih odobrava na licu mjesta nadzorni inženjer.

### ***Način mjerenja i obračun radova***

Rad se mjeri po dužnom metru kompletno izvedenog zahvata vode prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijena koja uključuje bušenje drenažnih bušotina, nabavu i dovoz cijevi ili polucijevi te ugradnju, materijal za učvršćivanje cijevi i oblogu od brzoveznog cementnog morta.

## ***10-07.1.4. DRENAŽA***

### ***Opis rada***

Rad za drenažu obuhvaća nabavu i dovoz perforiranih cijevi i oblikovnih komada te nabavu, dovoz i ugradnju podložnog betona, filtarskog zasipa ili drenažnog betona.

### ***Reference na materijale***

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.1. Plastične cijevi i spojni elementi

### ***Zahtjev izvođenja rada***

Drenažne cijevi postavljaju se u pravcu i nagibu kako je određeno projektom, a polažu se na podlogu od betona.

Uzdužna drenaža izvodi se od perforiranih cijevi zadanog promjera u filtarskom sloju.

Uzdužne drenažne cijevi za podzemnu vodu prekrivaju se i zaštićuju filtarskim slojem.

Filtarski sloj izvodi se od šljunka ili pijeska, a veličina zrna mora zadovoljiti filtarsko pravilo, tj. HRN U. S4. 062. Filtarski sloj mora biti povezan sa stijenom iskopa po cijeloj dužini cijevi, kako bi bio omogućen dotok vode u drenažnu cijev.

Drenažni beton se izrađuje od običnog Portland cementa i prirodnog agregata jedne veličine zrna. Omjer agregata i cementa bit će 8 : 1 po volumenu ili 10 : 1 po masi. Količina vode koja se koristi neće biti veća od one koja je potrebna za prekrivanje svih dijelova agregata, a da se pritom ne formira višak mase. Porozni drenažni beton zbija se samo ručno.

***Uvjet kvalitete***

Filtarski sloj se izvodi od drenažnog betona ili filtarskog šljunka ili pijeska, a treba zadovoljiti filtarsko pravilo u odnosu na materijal u kojem se izvodi drenaža, tj. treba odgovarati uvjetima iz projekta i HRN U. S4.062.

Kad je potrebno dreniranje tamponskog sloja ono se izvodi u skladu s projektom i DIN 4262-1 i DIN 4095.

Revizije niše postavljaju se u završnu betonsku oblogu za stalno održavanje uzdužne drenaže, dimenzijama i razmakom kako je prikazano projektom.

***Način mjerenja i obračun radova***

Rad se mjeri po dužnom metru kompletno izvedene drenaže prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz perforiranih cijevi i oblikovnih komada te nabavu, dovoz i ugradnju podložnog betona, filtarskog zasipa ili drenažnog betona.

**10-07.2. ODVODNJA KOLNIKA*****Opis rada***

Rad na odvodnji kolnika obuhvaća:

- šuplje rubnjake (poglavlje 10-07.2.1. Šuplji rubnjaci ovih OTU-a)
- rubnjake (poglavlje 10-07.2.2. Rubnjaci ovih OTU-a).

***Reference na materijale***

-

***Zahtjev izvođenja rada***

-

***Uvjet kvalitete***

-

***Način mjerenja i obračun radova***

-

**10-07.2.1. ŠUPLJI RUBNJACI*****Opis rada***

Ovaj rad obuhvaća polaganje šupljih rubnjaka na izravnavajući sloj cementnog morta te uključuje nabavu i dovoz šupljih rubnjaka, nabavu i dovoz cementnog morta i kita, privremeno skladištenje i gradilišne prijevoze, izvedbu podloge od morta, njegu morta te izvedbu spojeva rubnjaka elastičnim kitom.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8. Beton

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-9.2. Nekonstruktivski predgotovljeni elementi

**Zahtjev izvođenja rada**

Šuplji rubnjaci se izvođe u skladu sa zahtjevima iz Knjige VIII – Betonski radovi.

Montažni šuplji rubnjaci polažu se na izravnavajući sloj cementnog morta debljine 20 – 30 mm u projektiranom pravcu i padu. Spojevi elemenata se brtve trajno elastičnim kitom ili drugom brtvenom masom koja mora biti odobrena po nadzornom inženjeru.

**Uvjet kvalitete**

Izvođač će prije početka radova nadzornom inženjeru podnijeti dokumentaciju kojom dokazuje da montažni elementi zadovoljavaju uvjete kakvoće iz projekta u pogledu nosivosti, kapaciteta odvodnje i ostalog navedenog u projektu i iz Knjige XIV – Građevinski materijali i proizvodi i Knjige VIII – Betonski radovi. Šuplji rubnjaci izrađuju se u pogonima za proizvodnju montažnih elemenata koji moraju zadovoljiti norme i uvjete iz Knjige XIV – Građevinski materijali i proizvodi i Knjige VIII – Betonski radovi.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po dužnom metru kompletno izvedenog šupljeg rubnjaka prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje polaganje, nabavu i dovoz šupljih rubnjaka, nabavu i dovoz cementnog morta i kita, privremeno skladištenje i gradilišne prijevoze, izvedbu podloge od morta, njegu morta te izvedbu spojeva rubnjaka elastičnim kitom.

**10-07.2.2. RUBNJACI****Opis rada**

Rad obuhvaća postavljanje rubnjaka na izravnavajući sloj cementnog morta te uključuje nabavu i dovoz šupljih rubnjaka, nabavu i dovoz cementnog morta i kita, privremeno skladištenje i gradilišne prijevoze, izvedbu podloge od morta, njegu morta te izvedbu spojeva rubnjaka elastičnim kitom.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8. Beton

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-9.2. Nekonstruktivski predgotovljeni elementi

**Zahtjev izvođenja rada**

-

**Uvjet kvalitete**

Izvođač će prije početka radova nadzornom inženjeru podnijeti dokumentaciju kojom dokazuje da rubnjaci zadovoljavaju uvjete kakvoće iz projekta i zahtjevima iz Knjige XIV – Građevinski materijali i proizvodi i Knjige VIII – Betonski radovi.

***Način mjerenja i obračun radova***

Rad se mjeri po dužnom metru kompletno izvedenog rubnjaka prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz šupljih rubnjaka, nabavu i dovoz cementnog morta i kita, privremeno skladištenje i gradilišne prijevoze, izvedbu podloge od morta, njegu morta te izvedbu spojeva rubnjaka elastičnim kitom.

**10-07.3. GLAVNA KANALIZACIJA*****Opis rada***

Rad obuhvaća:

- kanalizacijsku cijev (poglavlje 10-07.3.1. Kanalizacijska cijev ovih OTU-a)
- kontrolna okna (poglavlje 10-07.3.2. Kontrolna okna ovih OTU-a)
- poprečne cijevne priključke (poglavlje 10-07.3.3. Poprečni cijevni priključci ovih OTU-a) i
- okna za održavanje i sifonska okna (poglavlje 10-07.3.4. Okna za održavanje i sifonska okna ovih OTU-a).

***Reference na materijale***

-

***Zahtjev izvođenja rada***

Glavna kanalizacija je položen kanalizacijski cjevovod putem kojeg se odvođe vode zahvaćene drenažom i tekućine s kolnika (zauljene vode) do separatora izvan tunelskih cijevi. Na glavnoj kanalizaciji izvode se kontrolna okna na pravilnim razmacima, tj. na mjestima bočnih priključaka drenaže ili priključka odvodnje kolnika.

***Uvjet kvalitete***

-

***Način mjerenja i obračun radova***

-

**10-07.3.1. KANALIZACIJSKA CIJEV*****Opis rada***

Rad obuhvaća postavljanje kanalizacijske cijevi, a uključuje iskop rova, nabavu i dovoz cijevi i pripadnih spojnica te ugradnju, podložni beton, zaštitnu oblogu od betona s armaturom, dodatno zatrpavanje i odvoz viška materijala od iskopa na lokaciju za privremeno skladištenje na gradilištu udaljenu 1,5 km od portala tunela.

***Reference na materijale***

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-10. Betonski proizvodi za odvodnju i cestovnu kanalizaciju

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12. Plastični proizvodi za odvodnju i cestovnu kanalizaciju

**Zahtjev izvođenja rada**

Način i tehnologija iskopa rova za kanalizaciju podliježe odobrenju nadzornog inženjera. Izvođač će dokazati da način i tehnologija iskopa rova neće imati negativnih utjecaja na već izvedene radove.

Glavna kanalizacija izvodi se od cijevi od tvrdog PVC-a spajanih na kolčak s gumenom brtvom.

Cijevi se postavljaju u pravcu i nagibu kako je prikazano u projektu. Pogreške u niveleti kod polaganja cijevi moraju biti u granicama od + 1,0 cm.

Glavna odvodna kanalizacijska cijev se polaže tek nakon završenih iskopa i čišćenja dna tunela kako bi se izbjeglo njeno zamuljivanje. Odstupanje od ovog zahtjeva je dozvoljeno u opravdanim slučajevima uz odobrenje nadzornog inženjera.

Radovi na izvedbi glavne kanalizacijske cijevi trebaju biti u skladu s uvjetima iz projekta i Knjigom V – Odvodnja: poglavlje 5-06.4. Cjevovodi.

Kanalizacijske cijevi polažu se u iskopani rov na posteljicu od betona i iznad cijevi se izvodi zaštitna obloga od betona. Debljina posteljice i zaštitne obloge izvodi se minimalno  $\frac{1}{4}$  veličine profila cijevi ili kako je određeno projektom i ovim OTU-ima.

**Uvjet kvalitete**

Glavni kanalizacijski cjevovod mora se izvesti nepropusno. Kontrolu nepropusnosti glavnog kanalizacijskog cjevovoda treba izvesti u skladu s HRN EN 1610. Ostali uvjeti kvalitete u skladu s uvjetima iz projekta i Knjigom V – Odvodnja: poglavlje 5-06.4. Cjevovodi.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeru po metru dužnom izvedene glavne kanalizacijske cijevi prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje iskop rova, nabavu i dovoz cijevi i pripadnih spojnica te ugradnju, podložni beton, zaštitnu oblogu od betona s armaturom, dodatno zatrpavanje i odvoz viška materijala od iskopa na lokaciju za privremeno skladištenje na gradilištu udaljenu 1,5 km od portala tunela.

**10-07.3.2. KONTROLNA OKNA****Opis rada**

Rad obuhvaća izradu betonskih zidova okna, proširenje iskopa rova, nabavu i dovoz materijala, izradu betona i betoniranje, potrebnu oplatu, armaturu, izradu kinete, ugradnju poklopca i penjalice, zatrpavanje i odvoz viška materijala od iskopa na lokaciju za privremeno skladištenje udaljenu 1,5 km od portala tunela.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.1. Običan beton

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-10. Betonski proizvodi za odvodnju i cestovnu kanalizaciju

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-11. Metalni proizvodi za odvodnju i cestovnu kanalizaciju

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12. Plastični proizvodi za odvodnju i cestovnu kanalizaciju

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-13.1. Čelik za armiranje

**Zahtjev izvođenja rada**

Monolitna betonska kontrolna okna izvode se od betona prema projektu i armiraju u skladu sa statičkim proračunom iz projekta. Izvedba i materijali moraju biti u skladu s Knjigom V – Odvodnja: poglavlje 5-06.3. Revizijska (kontrolna) okna, Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi i Knjigom VIII – Betonski radovi. Predgotovljena betonska okna moraju biti u skladu s Knjigom V – Odvodnja: poglavlje 5-06.3. Revizijska (kontrolna) okna, Knjigom XIV – Građevinski materijali i proizvodi i Knjigom VIII – Betonski radovi.

Kontrolna okna izvode se kao monolitne betonske građevine ili kao montažni elementi (tipski elementi) na razmaku kako je određeno projektom i moraju biti vodonepropusna.

Ulazni otvori moraju se pokriti lijevano željeznim poklopcima nosivosti 40 Mp svijetlog otvora Ø 664 mm (HRN M.J6.227).

**Uvjet kvalitete**

Kontrolna okna moraju se izvesti nepropusno. Kontrolu nepropusnosti glavnog kanalizacijskog cjevovoda treba izvesti u skladu s HRN EN 1610. Ostali uvjeti kvalitete u skladu s uvjetima iz projekta i Knjigom V – Odvodnja: poglavlje 5-06.3. Revizijska (kontrolna) okna.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po komadu kompletno izvedenog kontrolnog okna prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje proširenje iskopa rova, nabavu i dovoz materijala, izradu betona i betoniranje, potrebnu oplatu, armaturu, izradu kinete, nabavu, dovoz i ugradnju poklopca i penjalice, zatrpavanje i odvoz viška materijala od iskopa na lokaciju za privremeno skladištenje udaljenu 1,5 km od portala tunela.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- transport do gradilišta za montažna kontrolna okna.

**10-07.3.3. POPREČNI CIJEVNI PRIKLJUČCI****Opis rada**

Rad obuhvaća postavljanje poprečnih cijevnih priključaka i uključuje iskop rova, nabavu i dovoz cijevi, ugradnju podloge od betona, izvedbu zaštitne obloge od betona i armature, dodatno zatrpavanje i odvoz viška materijala na lokaciju za privremeno skladištenje na gradilištu udaljenu do 1,5 km od portala tunela.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12.1. Plastične cijevi i spojni elementi

**Zahtjev izvođenja rada**

Poprečni cijevni priključci na glavnu kanalizaciju su spojevi uzdužne drenaže i odvodnje kolnika na glavnu kanalizaciju. Na mjestu spoja na glavnoj kanalizaciji se izvodi kontrolno okno. Cijevi se polažu u iskopani rov na posteljicu od betona, te se oblažu betonom debljine minimalno  $\frac{1}{4}$  veličine profila cijevi, ako projektom nije drugačije određeno. Ostali zahtjevi u skladu s Knjigom V – Odvodnja: poglavlje 5-06.4. Cjevovodi.

**Uvjet kvalitete**

Poprečni cijevni priključci moraju se izvesti nepropusno. Kontrolu nepropusnosti glavnog kanalizacijskog cjevovoda treba izvesti u skladu s HRN EN 1610. Ostali uvjeti kvalitete u skladu s uvjetima iz projekta i Knjigom V – Odvodnja: poglavlje 5-06.4. Cjevovodi.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po metru dužnom izvedenog spoja prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje iskop rova, nabavu i dovoz cijevi te ugradnju podloge od betona, izvedbu zaštitne obloge od betona i armature, dodatno zatrpavanje i odvoz viška materijala na lokaciju za privremeno skladištenje na gradilištu udaljenu do 1,5 km od portala tunela.

**10-07.3.4. SIFONSKA OKNA****Opis rada**

Rad za izradu sifonskih okana obuhvaća potrebne iskope, nabavu, dovoz i ugradnju betonskih elemenata, potrebnu oplatu, armaturu, spojna sredstva i odvoz viška materijala na lokaciju za privremeno skladištenje na gradilištu udaljenu 1,5 km od portala tunela.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-10. Betonski proizvodi za odvodnju i cestovnu kanalizaciju

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-12. Plastični proizvodi za odvodnju i cestovnu kanalizaciju

**Zahtjev izvođenja rada**

Sifonska okna za prekid zračnog kontakta odvodnje kolnika s glavnom kanalizacijom i za kontrolu, čišćenje te priključenje odvodnje kolnika na glavnu kanalizaciju su montažni betonski elementi koji se ugrađuju na pravilnim razmacima u sklopu šupljih vodolovnih rubnjaka.

Montažni betonski elementi moraju biti u skladu s Knjigom V – Odvodnja, poglavlje: 5-05.4. Sifoni i Knjigom – VIII – Betonski radovi.

**Uvjet kvalitete**

U skladu sa s Knjigom V – Odvodnja, poglavlje: 5-05.4. Sifoni i Knjigom VIII – Betonski radovi. Sifonska okna moraju biti vodonepropusna, a kontrola se obavlja prema HRN EN 1610.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri po komadu kompletno izvedenog sifonskog okna prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje potrebne iskope, nabavu, dovoz i ugradnju betonskih elemenata, potrebnu oplatu, armaturu, spojna sredstva, nabavu, dovoz i ugradnju poklopca i penjalice, odvoz viška materijala od iskopa na lokaciju za privremeno skladištenje na lokaciju za privremeno skladištenje udaljenu 1,5 km od portala tunela.

## 10-08. HIDROIZOLACIJA

### **Opis rada**

Rad obuhvaća hidroizolaciju tunelske cijevi izvedenu primjenom geosintetičkih membrana koju sačinjavaju:

- podloga od mlaznog betona (poglavlje 10-08.1. Podloga od mlaznog betona ovih OTU-a)
- postavljanje podložnog sloja od geotekstila (poglavlje 10-08.2. Podložni sloj od geotekstila ovih OTU-a) i
- postavljanje izolacijskog sloja (poglavlje 10-08.3. Izolacijski sloj ovih OTU-a).

### **Reference na materijale**

-

### **Zahtjev izvođenja rada**

Hidroizolacijsku zaštitu tunela treba izvesti oblaganjem zidova i svoda tunelske cijevi od jedne do druge strane bočnih drenaža.

### **Uvjet kvalitete**

-

### **Način mjerenja i obračun radova**

-

## 10-08.1. PODLOGA OD MLAZNOG BETONA

### **Opis rada**

Rad obuhvaća nanošenje na cijeli profil tunelske cijevi sloja mlaznog betona optimalne debljine i čvrstoće, što uključuje pripremu podloge, nabavu i dovoz materijala, gradilišni prijevoz, ugradnju, njegu mlaznog betona.

### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8.4. Mlazni beton

### **Zahtjev izvođenja rada**

Podloga od mlaznog betona mora biti u skladu s točkom 10-06.1. Podloga od mlaznog betona mora biti suha prije izvedbe hidroizolacijskog sloja. Ravnost podloge od mlaznog betona mora biti takva da se trake polimerne folije mogu nesmetano međusobno spojiti.

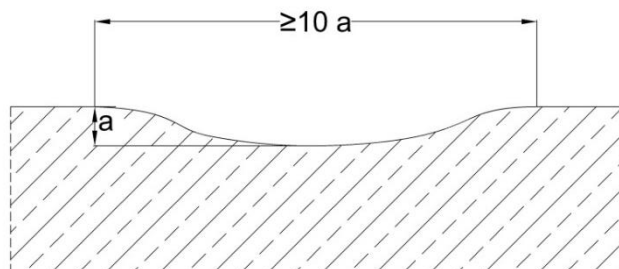
Zbog mogućeg oštećenja folije na izvedenoj površini mlaznog betona ne smije biti ostataka armature, sidara, čeličnih lukova, žice i sl.

### **Uvjet kvalitete**

Ravnost podloge izvedene od mlaznog betona mora biti takva da zadovolji sljedeće uvjete:

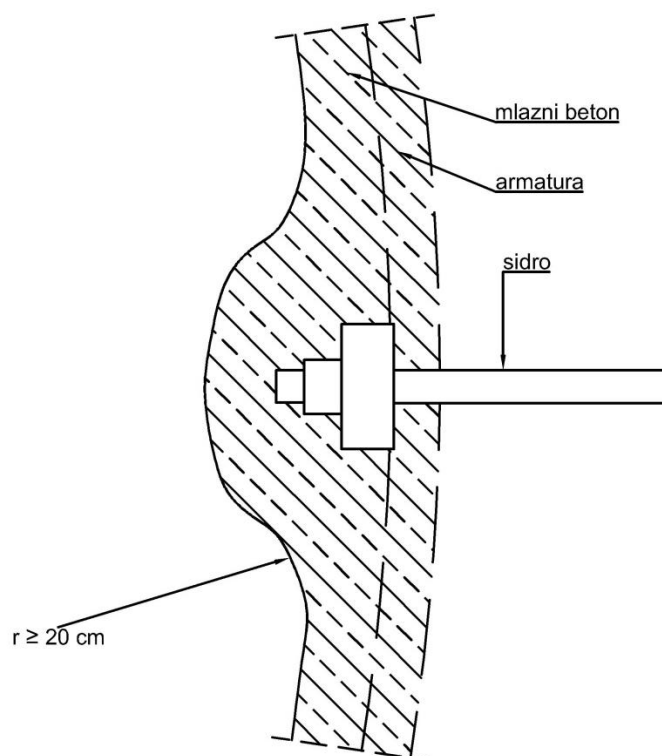
- odnos duljine i visine pojedine neravnosti ne smije biti manja od 10 : 1
- najmanji radijus pojedine neravnosti ne smije biti manji od 20 cm.

Slika 10-08.1: Dopuštena neravnost podloge od mlaznog betona



Izvor: OTU-i za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

Slika 10-08.2: Dopuštena zakrivljenost podloge od mlaznog betona



Izvor: OTU-i za radove na cestama – KNJIGA V (2001.)

Sve procjedne vode (veća procurivanja) treba kaptirati sistemom odvodnje u poprečnom smjeru prema bočnim drenažama, a s potrebnom širinom PVC folije postavljene kao i sustav izolacije, jer u prisutnosti vode nije moguće izvesti termičko zavarivanje polimerne folije.

### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri u kvadratnim metrima površine izvedenog sloja mjereno po teorijskoj P-liniji i duljini u osi tunela prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje pripremu podloge, nabavu i dovoz materijala, gradilišni prijevoz, ugradnju i njegu mlaznog betona.

## 10-08.2. PODLOŽNI SLOJ OD GEOTEKSTILA

### **Opis rada**

Rad obuhvaća postavljanje geotekstila na pripremljenu podlogu od mlaznog betona te njegovu nabavu i dovoz.

### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-15.3. Proizvodi za hidroizolaciju tunelske cijevi

### **Zahtjev izvođenja rada**

Nazivna vrijednost površinske mase geotekstila ne može biti manja od 500 g/m<sup>2</sup>. Dvije susjedne trake geotekstila preklope se minimalno 5 cm (tako da prekriju svu površinu mlaznog betona), a za mlazni beton se pričvršćuju sintetskim podložnim pločicama, kompatibilnim polimernoj foliji, kroz koju se specijalnim pištoljem zabijaju čavli. Treba postaviti minimalno 3 do 5 podložnih pločica na četvorni metar (broj podložnih pločica varira ovisno o neravnini podloge od mlaznog betona). Podložne pločice učvršćuju zaštitni sloj od geotekstila i kasnije polimernu foliju uz mlazni beton sve dok se ne izvede sekundarna betonska obloga tunela.

### **Uvjet kvalitete**

Tekuća ispitivanja

Pri svakoj isporuci do 5000 m<sup>2</sup> isporučenog geotekstila, kao i na svakih daljnjih 5000 m<sup>2</sup> isporučenog geotekstila, ispituje se:

- |                     |                                              |
|---------------------|----------------------------------------------|
| • debljina          | HRN EN 964-1                                 |
| • površinska masa   | HRN EN 965                                   |
| • prekidna čvrstoća | HRN EN ISO 10319                             |
| • izduljenje        | HRN EN ISO 10319                             |
| • zapaljivost       | HRN EN ISO 11925-2 (10 000 m <sup>2</sup> ). |

Kontrolna ispitivanja

Pri svakoj isporuci do 15000 m<sup>2</sup> isporučenog geotekstila, kao i na svakih daljnjih 15000 m<sup>2</sup> isporučenog geotekstila, ispituje se:

- |                                          |                                              |
|------------------------------------------|----------------------------------------------|
| • debljina                               | HRN EN 964-1                                 |
| • površinska masa                        | HRN EN 965                                   |
| • maksimalna vlačna sila                 | HRN EN ISO 10319                             |
| • izduljenje                             | HRN EN ISO 10319                             |
| • čvrstoća na proboj                     | HRN EN ISO 12236                             |
| • ponašanje kod gorenja (vatrootpornost) | HRN EN ISO 11925-2, HRN EN 13501-1, razred E |
| • vodopropusnost u ravnini               | HRN EN ISO 12958.                            |

### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri u kvadratnim metrima površine izvedenog sloja mjereno po teorijskoj P-liniji i duljine u osi tunela prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz geotekstila i njegovu ugradnju.

### 10-08.3. IZOLACIJSKI SLOJ

#### **Opis rada**

Rad obuhvaća postavljanje izolacijskog sloja na pripremljenu podlogu geotekstila te njegovu nabavu i dovoz.

#### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-15.3. Proizvodi za hidroizolaciju tunelske cijevi

#### **Zahtjev izvođenja rada**

Izolacijski sloj od polimerne folije polaže se od jedne do druge strane bočnih drenaža tako da se zavaruje toplim zrakom za ranije postavljene podložne pločice.

Polimerna folija polaže se i učvršćuje podložnim pločicama tako da je prigodom izvedbe betonske obloge izolacijski sloj u najmanjoj mogućoj mjeri izložen vlačnim naprezanjima. PVC folija mora biti minimalne debljine 2 mm izrađene u jednom komadu (ne lijepljene) sa signalnim slojem.

Dvije susjedne trake polimerne folije optimalno se preklapaju kako bi se na tom mjestu mogle vodonepropusno zavariti. Prije zavarivanja, preklope između dviju traka folije treba očistiti, tako da ne bude primjesa prašine, masti ili vode.

Vodonepropusno spajanje dviju susjednih traka folije s preklapom od minimalno 10 cm izvodi se tehnikom termičkog zavarivanja, specijalnim strojem koji u jednom prijelazu uzduž spoja pravi dva paralelna vara ukupne širine približno 5 – 8 cm. Između varova ostaje nezavareni dio („crijevo“) širine od 1 do 2 cm, koji omogućuje kontrolu kakvoće zavarivanja nerazornom metodom.

Varovi PVC folije mogu se izvesti na dva načina i to :

- viseći dvostruki var, koji se preklapa i na svakih 50 cm ponovno točkasto zavari toplim zrakom za postavljenu foliju
- horizontalni dvostruki var, koji se u potpunosti oslanja na geotekstil.

Ako duljina polimerne folije nije dovoljna da obuhvati cijeli opseg tunelske cijevi (npr. zbog odstupanja ili odrona pri iskupu tunela te zbog projektiranih tunelskih niša) treba se produžiti zavarivanjem novog komada folije. U tom slučaju treba izvesti spoj na preklap, tj. preklopiti dvije trake folije najmanje 10 cm i cijelu duljinu spoja vodonepropusno zavariti dvostrukim varom.

Izolacijski sloj od polimerne folije ne može se izvoditi na temperaturi zraka nižoj od +5° C.

#### **Uvjet kvalitete**

Folija mora biti vodonepropusna, bez mjehura, pukotina i šupljina, a može biti transparentna ili obojena.

Prije početka betoniranja sekundarne obloge i postavljanja kampadne oplate obvezno treba vizualno pregledati površinu folije ne bi li se uočila mehanička oštećenja. Uočena oštećenja moraju se prije betoniranja sanirati preklapanjem i zavarivanjem novog komada folije. Nepropusnost ovako saniranog izolacijskog sloja ispituje se vizualnim pregledom kontrolom kontinuiteta jednostrukog vara.

S obzirom na to da prilikom betoniranja može doći do mehaničkog oštećenja folije, potrebno je prilikom zatvaranja oplate drvenim klinovima spriječiti direktan kontakt klina i folije tako da se na mjestu kontakta postavi zaštitni sloj od geotekstila ili folije. Na mjestima gdje su predviđene razdjelnice u betonskoj oblozi, potrebno je s unutarnje strane ojačati izolacijski sloj, zavarivanjem trake širine od najmanje 50 cm.

Kontrola ispravnosti varova prilikom spajanja traka od termoplastične PVC folije provodi se na svakom varu. Zapise o provedenoj kontroli izvođač predaje nadzornom inženjeru najkasnije 24 sata nakon provedenog ispitivanja. Svi dvostruki

varovi moraju biti vidljivo označeni brojevima. Dvostruki varovi kontroliraju se upuhivanjem zraka u međuprostor („crijevo“) između dva paralelna vara. Jedan kraj „crijeva“ zatvori se specijalnim kliještima, a na drugi se stavi ventil s manometrom. Preko ventila se upuhuje zrak do tlaka od 2,5 bara. Ako u trajanju od 10 minuta tlak ne padne ispod 2,0 bara, var je kvalitetno izveden (do manjeg pada tlaka dolazi radi elastičnosti termoplastične PVC folije). Nakon provjere kvalitete vara, spoj se preklapa i na svakih 50 cm ponovno točkasto zavari toplim zrakom za postavljenu foliju. Ispitivanje varova mora se propisno protokolirati.

***Način mjerenja i obračun radova***

Rad se obračunava po kvadratnom metru površine izvedenog sloja kvalitete utvrđene projektom mjereno po teorijskoj P-liniji i duljini u osi tunela ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje ugradnju izolacijskog sloja te njegovu nabavu i dovoz.

## 10-09. BETONSKI RADOVI U TUNELIMA

### **Opis rada**

Rad obuhvaća:

- izvedbu temeljnih pragova (poglavlje 10-09.1. Izvedba temeljnog praga ovih OTU-a)
- izvedbu betonske obloge i podnožnog svoda (poglavlje 10-09.2. Izvedba sekundarne obloge ovih OTU-a) i
- premazivanje tunelske obloge (poglavlje 10-09.3. Premazivanje tunelske obloge ovih OTU-a).

### **Reference na materijale**

-

### **Zahtjev izvođenja rada**

-

### **Uvjet kvalitete**

-

### **Način mjerenja i obračun radova**

Montažni betonski elementi obračunavaju se u dužnim metrima prema projektu ili odobrenju nadzornog inženjera.

Jedinične cijene za montažne betonske elemente trebaju obuhvatiti sav rad, opremu i materijal potrebne za kompletno izvođenje radova, uključujući armature i zatvaranje spojnica, kao i prijevoz do gradilišta.

## 10-09.1. IZVEDBA TEMELJNOG PRAGA

### **Opis rada**

Rad za izvedbu temeljnog praga betonom obuhvaća nabavu, dovoz i ugradnju betona, pripremu podloge, nabavu, dovoz i izvedbu potrebne oplata i skela te održavanje i njegu betona.

### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8. Beton

### **Zahtjev izvođenja rada**

Podloga (površina od mlaznog betona ili od stijena) mora se očistiti od nečistoća i moraju se ukloniti svi slobodni komadi. Kod sekundarne obloge s izolacijom, odnosno vodonepropusne sekundarne obloge, vrijede zahtjevi iz ove točke.

Treba spriječiti prodiranje cementnog mlijeka u trup filtera i u drenažu odgovarajućim mjerama.

Kod temeljenja na stijeni moraju se svi slobodni dijelovi ukloniti s površine stijene i, ako je potrebno, očistiti komprimiranim zrakom ili mješavinom zraka i vode, ako to dozvoljava površina stijene.

Kod temeljenja na nesraslom materijalu temelj se izrađuje točno prema profilu, površina temelja se isušuje eventualno ispušćivanjem, razmekšani dijelovi se zamjenjuju, kao i izoliraju na odgovarajući način. Ako je potrebna oplata, treba se izraditi sloj čistoće.

Izvedba u skladu sa zahtjevima iz Knjige VIII – Betonski radovi.

**Uvjet kvalitete**

Radne reške su sponice koje nastaju kod izrade površine s čvrstim spojem ili bez njega. Prije dobetoniranja uglavnom se sve radne reške čiste (zrakom, vodom ili mješavinom zraka i vode). Kod vodonepropusne sekundarne obloge potrebne su brtvene trake za spojnice (temelj – svod). Potreban čvrsti spoj dobiva se otkrivanjem (otvaranjem) agregata. Kod radnih reški koje se teško izvode (npr. račvanje) i kod velikih zahtjeva na čvrsti spoj može se predvidjeti mogućnost injektiranja u kontaktnu površinu.

Ostali uvjeti kvalitete skladu sa zahtjevima iz Knjige VIII – Betonski radovi.

**Način mjerenja i obračun radova**

Rad se obračunava u kubnim metrima prema projektu ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dovoz i ugradnju betona, pripremu podloge, nabavu, dovoz i izvedbu potrebne oplata i skela, održavanje i njegu betona.

**10-09.2. IZVEDBA SEKUNDARNE OBLOGE****Opis rada**

Rad obuhvaća izvedbu sekundarne obloge bez armature ili s armaturom, s nabavom, dovozom i ugradnjom betona, pripremom podloge, nabavom, dovozom i izvedbom potrebne oplata, čeonim zatvaranjima oplata, izvedbu radnih reški, izvedbu kontaktnog injektiranja, održavanje i njegu betona.

**Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8. Beton

**Zahtjev izvođenja rada**

U pravilu se sekundarna obloga smije ugrađivati bez dodatnih mjera do brzine deformacije od najviše 4 mm mjesečno. Izvedba u skladu sa zahtjevima iz Knjige VIII – Betonski radovi.

U slučaju da se otkriju agresivni sastojci u procjednoj vodi tijekom probijanja tunela, sekundarna betonska obloga u tim sekcijama tunela treba se izvesti kao betonska obloga „otporna na sulfate”.

**Uvjet kvalitete**

Betonske površine sekundarne obloge moraju odgovarati zahtjevima za površine vidljivog betona. Na dijelovima oporaca ispod odgovarajućih površina pod oplatom praktički su neizbježne pore promjera 2 cm koje nisu štetne. Kod armiranih sekundarnih obloga dubina pora ne smije biti veća od 1 cm.

Ne moraju se sanirati manje greške koje ne utječu na uporabljivost. Za određivanje popravaka vrijedi da je površinsko skidanje betona, npr. brušenjem, uvijek bolje od krpanja jer je trajnije od tankog sloja morta. To vrijedi posebno za plitke površine s greškom. Za uklanjanje tih loših mjesta (npr. gnijezda, pore dublje od 1,0 cm do 1,5 cm kod nearmiranog betona sekundarne obloge) treba provesti pripremu podloge, kao i popravak odgovarajućim materijalima.

Kontinuirane pukotine > 0,3 mm moraju se kod armirane sekundarne obloge čvrsto injektirati.

Kod nearmirane sekundarne obloge može se odustati od injektiranja ako je dokazano da radi toga ne postoji nikakva opasnost.

Premazi kao zaštita od soli za otapanje i karbonatizacije, za posvjetljivanje ili za olakšavanje čišćenja sekundarne obloge moraju odgovarati zahtjevima EN 1504. Tamo su obuhvaćene i upute za odabir, ocjenu, i primjenu tih proizvoda kao i pripremu betonske podloge (otvaranje krupnih zrna agregata pjeskarenjem ili jakim mlazom vode).

Nakon zadovoljavajućeg stvrdnjavanja betona svoda, šupljine nastale u kaloti ispunjavaju se kroz položene cijevi za injektiranje stabilnom suspenzijom veziva pod niskim tlakom (oko 1,2 bara). Kompletnost injektiranja se kontrolira izlaženjem morta iz najbliže položenih cijevi, koje se nakon toga zatvaraju. Kao alternativa u dijelovima s tunelskom izolacijom može se ispunjavanje šupljine stropa izvesti pomoću posebnog za tu svrhu izrađenog i položenog crijeva u sljemenu tunela, s priključnim nastavcima na krajevima dionica. Ostali uvjeti kvalitete u skladu su sa zahtjevima iz Knjige VIII – Betonski radovi.

### ***Način mjerenja i obračun radova***

Rad za sekundarnu betonsku oblogu u tunelu, nišama i podnožnom svodu obračunava se u kubičnim metrima, a obuhvaća teoretsku debljinu sekundarne betonske obloge prema projektu ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu i dovoz betona, gradilišni prijevoz, izradu, sklapanje, rasklapanje i premještanje oplata i skele, ugradnju i njegu betona, ispunjavanje pukotina, ugradnju sidara ili drugih konstrukcija u oblogu, izvedbu radnih reški i spojnica, kontaktno injektiranje, uzimanje uzoraka, ispitivanje i kontrolu kakvoće.

Dodatne opcije uključene u ugovorenu jediničnu cijenu:

- beton za sekundarnu oblogu radi proširenja presjeka ispod cijevnog krova
- beton otporan na sulfate ako se u procjednoj vodi otkriju agresivni sastojci.

Rad za ispunjavanje opravdanog prekoprofilnog iskopa betonom sekundarne obloge obračunava se u kubičnim metrima i mjeri se na licu mjesta prema stvarnim količinama, pod uvjetom da potrebna količina betona iznosi više od 2 kubična metra prema odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dovoz i ugradnju betona, uzimanje uzoraka, ispitivanje i kontrolu kakvoće.

Rad za ugradnju armature obračunava se po kilogramu ugrađene armature prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje nabavu, dovoz i ugradnju armature, razvrstavanje, čišćenje, sječenje i savijanje, gradilišni prijevoz, postavljanje, podlaganje, vezanje, zavarivanje, postavljanje u projektirani položaj, pomoćni materijal za učvršćenje („jahači”) i zapreke radi zaštite hidroizolacije tijekom izvedbe armiranja.

## **10-09.3. PREMAZIVANJE TUNELSKO OBLOGE**

### ***Opis rada***

Rad za premazivanje tunelske obloge obuhvaća pripremu podloge, nabavu i dovoz materijala za impregniranje, impregniranje površine vezivom, nabavu i dovoz boje, prethodni premaz bojom i završno bojanje te postavu skele.

### ***Reference na materijale***

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-22.1.1. Sustavi površinske zaštite

### ***Zahtjev izvođenja rada***

Boja mora biti na bazi epoksija u skladu s HRN EN 1504-3. Izvedba bojenja obloge zida tunela u skladu s europskom normom EN ISO 14001. Potrebno je prije početka bojenja izvesti čišćenje obloge tunela – ROTO pranje do visine 4,5 m obloge tunela te ukloniti sve nečistoće i masnoće. Impregniranje površine vezivom prema uputi proizvođača, pri čemu prvi sloj boje – „primer” mora biti kompatibilan s bojom koja će se na njega nanositi. Ostali zahtjevi u skladu s Knjigom VIII – Betonski radovi.

***Uvjet kvalitete***

Dobiveni premaz mora biti čvrst, elastičan, otporan na odbrušivanje i na razrjeđivače. Debljina po sloju nanošenja treba iznositi 30 mikrometara. Završni premaz obloge zida tunela izvesti s dvokomponentnom epoksidnom bojom, kemijski pripremljenom za bojenje zidova tunela, velike mehaničke otpornosti. Premaz mora biti bez mirisa i otporan na abraziju i ogrebotine. Ukupna debljina sloja boje iznosi minimalno 200 mikrona. Boja treba biti klase vatrootpornosti C-s2,d0 (teško zapaljivo) u skladu s klasifikacijom građevinskih materijala prema HRN EN 13501. Površina koja se premazuje mora biti čista, suha i bez stranih tijela koji utječu na prijemljivost boje. Prijanjanje boje prema normi HRN EN ISO 4624 minimalno 0,50 MPa.

Ostali uvjeti kvalitete u skladu s Knjigom VIII – Betonski radovi.

***Način mjerenja i obračun radova***

Rad se mjeri u kvadratnim metrima duž sekundarne površine obloge prema mjerama iz projekta ili odobrenju nadzornog inženjera.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje pripremu podloge, nabavu i dovoz materijala za impregniranje, impregniranje površine vezivom, nabavu i dovoz boje, prethodni premaz bojom i završno bojanje te postavu skele.

## 10-10. RADOVI GRAĐEVINSKOG ODRŽAVANJA U TUNELIMA

### **Opis rada**

Radovi na održavanju tunela mogu se podijeliti na radove na održavanju tunela kao građevine s jedne strane, a s druge strane na radove na održavanju sustava opreme tunela. Radovi na održavanju tunela kao građevine uključuju sljedeće: pregled tunela, čišćenje tunela i manje građevinske popravke na tunelu. Radovi na održavanju sustava opreme tunela obuhvaćaju redovno održavanje (redoviti pregledi, korektivni radovi na održavanju, redovito atestiranje, mjerenja i ispitivanja) i opisani su u Knjizi XIII – Oprema ceste.

### **Reference na materijale**

-

### **Zahtjev izvođenja rada**

-

### **Uvjet kvalitete**

-

### **Način mjerenja i obračun radova**

-

## 10-10.1. RADOVI PREGLEDA STANJA TUNELA

### **Opis rada**

Periodični pregledi uključuju vizualni pregled tunela. Sezonski pregledi obavljaju se nakon zimskog i ljetnog razdoblja (prije i nakon turističke sezone), a poduzimaju se radi ocjene prometne sigurnosti i učinkovitosti opreme tunela, s ciljem prepoznavanja određenih karakteristika koje bi mogle ukazivati na oštećenja. Godišnji pregled provodi se najmanje jednom u dvije godine, kako bi se procijenilo stanje tunela i procijenila moguća oštećenja kojima bi elementi tunela mogli biti izloženi. Generalni pregled tunela kao građevine provodi se najmanje jednom u šest godina. Uključuje detaljan pregled tunela kao građevine. Po svakom pregledu, čišćenju ili redovnom građevinskom održavanju tunela, operater tunela izrađuje izvješća koji se dostavljaju koncesionaru.

### **Reference na materijale**

-

### **Zahtjev izvođenja rada**

Detaljan pregled tunela kao građevine obavljaju stručni djelatnici Hrvatskih cesta d.o.o., zajedno s djelatnicima održavanja.

### **Uvjet kvalitete**

-

### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri u satima (h) utrošenim na pregled stanja tunela.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje vizualni pregled terena.

## 10-10.2. RADOVI ČIŠĆENJA

### **Opis rada**

Radovi čišćenja u tunelima obuhvaćaju čišćenje svih elemenata sustava odvodnje tunela, čišćenje zidova tunela i opreme tunela, popraćeno pranjem tunela. Glavna odvodnja (kanalizacijski sustav) se čisti tri puta godišnje, bočna odvodnja zajedno s dodatnom odvodnjom u invertnom dijelu čisti se četiri puta godišnje dok se bočni odvodni priključci u kolniku te odvodnja portalnih površina i portalnih konstrukcija čiste dva puta godišnje.

### **Reference na materijale**

-

### **Zahtjev izvođenja rada**

Čišćenje se provodi ručno ili strojno.

### **Uvjet kvalitete**

-

### **Način mjerenja i obračun radova**

Rad se mjeri u satima (h) utrošenim na čišćenje.

Rad se obračunava po ugovorenoj jediničnoj cijeni koja uključuje čišćenje svih elemenata sustava odvodnje tunela, čišćenje zidova tunela i opreme tunela, popraćeno pranjem tunela.

## 10-10.3. RADOVI ODRŽAVANJA BETONSKE KONSTRUKCIJE

### **Opis rada**

Redovno održavanje odnosi se na radove manjih popravaka koji se provode u skladu s tehničkim uvjetima, npr. pukotina nastalih na betonskoj oblozi tunela, te praćenje stabilnosti servisne tunelske cijevi.

### **Reference na materijale**

Knjiga XIV – Građevinski materijali i proizvodi: poglavlje 14-8. Beton

### **Zahtjev izvođenja rada**

Knjiga VIII – Betonski radovi

### **Uvjet kvalitete**

-

### **Način mjerenja i obračun radova**

Knjiga VIII – Betonski radovi

## 10-11. POPIS NORMI I TEHNIČKIH PROPISA

### 10-11.1. NORME

|                        |                                                                                                                                                                                          |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASTM 820               | Standardna TU za čelična vlakna za armirani beton.                                                                                                                                       |
| ASTM A569              | Čelična ploča za klizne pločice                                                                                                                                                          |
| ASTM C 666             | Metoda ispitivanja otpornosti betona na brzo zamrzavanje i odmrzavanje.                                                                                                                  |
| ASTM C 672             | Otpornost na ljuštenje površine betona izložene kemikalijama za odleđivanje.                                                                                                             |
| ATV-DVWK-A 127:2000-08 | <i>Statische Berechnung von Abwasserkanalen und -leitungen</i>                                                                                                                           |
| DIN 4062               | Plastični materijali za spajanje dobiveni hladnim postupkom za kanalizacijske cijevi, vezivni materijali za predgotovljene dijelove betona, uvjeti, ispitivanje i obrada                 |
| DIN 4095:1990-06       | <i>Planning, design and installation of drainage systems protecting structures against water in the ground</i>                                                                           |
| DIN 4262-1:2009-10     | <i>Pipes and fittings for subsoil drainage of trafficked areas and underground engineering – Part 1: Pipes, fittings and their joints made from PVC-U, PP and PE</i>                     |
| DIN 16 689 Teil 1      | <i>Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) geschleudert, gefüllt; Masse</i>                                                                                                 |
| DIN 16 689 Teil 2      | <i>Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) geschleudert, gefüllt; Allgemeine Guteanforderungen, Prüfung</i>                                                                 |
| DIN 16726:2017-08      | Plastic sheets – Testing                                                                                                                                                                 |
| DIN 16938:1986         | Plasticized polyvinyl chloride (PVC-P) waterproofing sheet incompatible with bitumen; requirements                                                                                       |
| DIN 19 565 Teil 1      | Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen, geschleudert, gefüllt; Masse. Technische Lieferbedingungen            |
| DIN 19 565 Teil 5      | Rohre, Formstücke und Schächte aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanäle und – leitungen, geschleudert, gefüllt; Masse. Technische Lieferbedingungen |
| EN ISO/53363           | Ispitivanje plastične folije; test na deranje na trapezoidnim uzorcima s uzdužnim prerezom                                                                                               |
| EN ISO/53370           | Ispitivanje plastične folije; određivanje debljine mehaničkim mjerenjem                                                                                                                  |
| EN ISO/53377           | Ispitivanje tankih slojeva plastike; određivanje dimenzionalne stabilnosti                                                                                                               |
| EN ISO/53387           | Umjetno trošenje i starenje plastike i elastomera izlaganjem zračenju ksenonskog luka                                                                                                    |
| EN ISO/53455           | Ispitivanje plastike, test na čvrstoću                                                                                                                                                   |
| EN ISO/53457           | Ispitivanje plastike; određivanje modula elastičnosti pomoću ispitivanja na čvrstoću, kompresiju i savijanje                                                                             |
| EN ISO/53479           | Ispitivanje plastike i elastomera; određivanje gustoće                                                                                                                                   |
| EN ISO/53515           | Određivanje čvrstoće na deranje gumenih elastomera i tankih slojeva plastike uz upotrebu Graves kutnog uređaja za ispitivanje                                                            |
| EN ISO/53521           | Određivanje ponašanja gume i elastomera uslijed izloženosti tekućinama i parama                                                                                                          |
| EN ISO/53532           | Ispitivanje elastomera; utvrđivanje otpornosti elastomernih ploča na tekućine                                                                                                            |
| EN ISO/53739           | Ispitivanje plastike, utjecaj gljivica i bakterija, vizualna procijena, promjene u masi i fizičkim svojstvima                                                                            |
| EN ISO/53861           | Ispitivanje tekstila; test na svođenje i test na pucanje; definicije termina                                                                                                             |
| EN ISO/1542:2001       | Ispitivanje plastike; određivanje modula elastičnosti pomoću ispitivanja na                                                                                                              |

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | čvrstoću, kompresiju i savijanje                                                                                                                                                                                                                                            |
| EN ISO/4012:2008           | Ispitivanje plastike; određivanje gustoće                                                                                                                                                                                                                                   |
| EN ISO/12364:2003          | Ispitivanje plastične folije, test na rupe                                                                                                                                                                                                                                  |
| EN 197-6:2023              | Cement – Sastav, specifikacije i kriteriji usklađenosti                                                                                                                                                                                                                     |
| EN 206:2021                | Beton – Karakteristike, proizvodnja, ugrađivanje i kriteriji sukladnosti                                                                                                                                                                                                    |
| EN 450-1:2013              | Leteći pepeo za beton – Definicije, zahtjevi i kontrola kvalitete                                                                                                                                                                                                           |
| EN 598:2009                | Duktilne željezne cijevi, spojni dijelovi, pribor i njihovi spojevi za odvodnju otpadnih voda – Zahtjevi i postupci ispitivanja                                                                                                                                             |
| EN 815:2009                | Sigurnost bušilica bez štitnika za tunele i bušilica za stijene                                                                                                                                                                                                             |
| EN 934-2:2012              | Dodaci betonu, mortu i masama za injektiranje – Dio 2: Primjese za beton – Definicija, specifikacija i kriteriji usklađenosti                                                                                                                                               |
| EN 1008:2002               | Voda za spravljanje betona – uvjetovana svojstva i ispitivanja                                                                                                                                                                                                              |
| EN 1504-10:2017            | Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija                                                                                                                                                                                                            |
| EN 1610:2015               | Polaganje i ispitivanje odvoda i kanalizacijskih cijevi                                                                                                                                                                                                                     |
| EN 1849-2:2019             | Savijljive trake za hidroizolaciju – Određivanje debljine i mase po jedinici površine – 2. dio: Sintetičke i elastomerne trake za hidroizolaciju krovova                                                                                                                    |
| EN 10080:2012              | Čelici za armiranje betona; Zavarivi rebrasti armaturni čelik B 500; Tehnički uvjeti isporuke za šipke, svitke i zavarenu mrežastu armaturu                                                                                                                                 |
| EN 12110:2015              | Određivanje čvrstoće na deranje gumenih elastomera i tankih slojeva plastike uz upotrebu Graves kutnog uređaja za ispitivanje                                                                                                                                               |
| EN 12111:2015              | Ispitivanje plastike i elastomera; određivanje gustoće                                                                                                                                                                                                                      |
| EN 12336:2009              | Strojevi za gradnju tunela – Strojevi sa štitom, udarne bušilice, bušilice sa svrdlom, oprema za montažu obloge tunela – Sigurnosni zahtjevi                                                                                                                                |
| EN 12620:2008              | Agregat za beton.                                                                                                                                                                                                                                                           |
| EN 13476-4:2022/NA         | Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju – Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkama od neomekšanoga poli(vinil-klorida) (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) – 4. dio: Upute za ocjenjivanje sukladnosti (CEN/TS 13476-4:2019). |
| EN 13670:2010              | Izvedba betonskih konstrukcija.                                                                                                                                                                                                                                             |
| EN 16191:2015              | Strojevi za gradnju tunela – Rovokopači i mineri s neprekidnim djelovanjem – Sigurnosni zahtjevi.                                                                                                                                                                           |
| EN 16727                   | Plastična bituminizirana tkanina i vodotporni sloj; ispitivanje                                                                                                                                                                                                             |
| EN 16776                   | Plastični materijali za kalupe, polietilenski materijali za kalupe (PE); priprema sastojaka i određivanje njihovih svojstava                                                                                                                                                |
| EN ISO 527-4:2023          | Plastika – Određivanje rasteznih svojstava – 4. dio: Uvjeti ispitivanja izotropnih i ortotropnih plastičnih kompozita ojačanih vlaknima                                                                                                                                     |
| EN ISO 9863-1:2016/A1:2020 | Geosintetici – Određivanje debljine pri određenim tlakovima – 1. dio: Jednoslojni.                                                                                                                                                                                          |
| EN ISO 9864:2005           | Geosintetici – Ispitna metoda za određivanje mase po jedinici površine geotekstila i proizvoda srodnih s geotekstilom                                                                                                                                                       |
| EN ISO 10319:2015          | Geotekstili – Vlačno ispitivanje na širokim trakama                                                                                                                                                                                                                         |
| EN ISO 12958-1:2020        | Geotekstili i geotekstilu srodni proizvodi – Određivanje kapaciteta otjecanja vode u ravnini                                                                                                                                                                                |
| HRN 1130-4:2008            | Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih mreža                                                                                                                                                                |
| HRN 1130-5:2008            | Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke rešetkastih nosača                                                                                                                                                             |
| HRN DIN 4150-3:2020        | Vibracije u građevinama – 3. dio: Djelovanje na konstrukcije                                                                                                                                                                                                                |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HRN EN 206:2021         | Beton – Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost                                                                                                                                                                                  |
| HRN EN 815:2009         | Strojevi za gradnju tunela – Zračne brane – Sigurnosni zahtjevi                                                                                                                                                                            |
| HRN EN 1504-3:2005      | Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 3. dio: Konstrukcijski i nekonstrukcijski popravak                                                 |
| HRN EN 1610:2015        | Polaganje i ispitivanje odvoda i kanalizacijskih cijevi                                                                                                                                                                                    |
| HRN EN 1990:2023        | Eurokod – Osnove projektiranja konstrukcija i geotehničkog projektiranja                                                                                                                                                                   |
| HRN EN 1992-4:2022/NA   | Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 4. dio: Projektiranje pričvršćivača za uporabu u betonu                                                                                                                                  |
| HRN EN 1997-2:2012      | Eurokod 7: Geotehničko projektiranje – 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla                                                                                                                                                   |
| HRN EN 10025-1:2006     | Toplo valjani proizvodi od konstrukcijskih čelika – 1. dio: Opći tehnički uvjeti isporuke                                                                                                                                                  |
| HRN EN 10216-1:2013     | Bešavne čelične cijevi za tlačne namjene – Tehnički uvjeti isporuke – 1. dio: Cijevi od nelegiranih čelika s utvrđenim svojstvima pri sobnoj temperaturi                                                                                   |
| HRN EN 10080:2012       | Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje – Općenito                                                                                                                                                                       |
| HRN EN 12336:2009       | Strojevi za gradnju tunela – Strojevi sa štitom, udarne bušilice, bušilice sa svrdlom, oprema za montažu obloge tunela – Sigurnosni zahtjevi.                                                                                              |
| HRN EN 13476-1:2018     | Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju – Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkama od neomekšanog poli(vinil-klorida) (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) – 1. dio: Opći zahtjevi i svojstva |
| HRN EN 13501-1:2019     | Razredba građevnih proizvoda i građevnih elemenata prema ponašanju u požaru – 1. dio: Razredba prema rezultatima ispitivanja reakcije na požar                                                                                             |
| HRN EN 14487-1:2022     | Mlazni beton – 1. dio: Definicije, specifikacije i sukladnost                                                                                                                                                                              |
| HRN EN 14487-2:2007     | Mlazni beton – 2. dio: Izvedba                                                                                                                                                                                                             |
| HRN EN 14488-1:2005     | Ispitivanje mlaznog betona – 1. dio: Uzorkovanje svježega i očvrsloga betona                                                                                                                                                               |
| HRN EN 14488-2:2007     | Ispitivanje mlaznoga betona – 2. dio: Rana tlačna čvrstoća mlaznoga betona                                                                                                                                                                 |
| HRN EN 14488-3:2023     | Ispitivanje mlaznoga betona – 3. dio: Čvrstoća na savijanje (prvi vrh, konačna i preostala) vlaknima ojačanoga uzorka grede (mikroarmiranoga betona)                                                                                       |
| HRN EN 14488-4:2008     | Ispitivanje mlaznoga betona – 4. dio: Vlačna čvrstoća prionljivosti kidanjem                                                                                                                                                               |
| HRN EN 14488-5:2007     | Ispitivanje mlaznoga betona – 5. dio: Određivanje sposobnosti upijanja energije vlaknima ojačanoga uzorka ploče (mikroarmiranoga betona)                                                                                                   |
| HRN EN 14488-6:2007     | Ispitivanje mlaznoga betona – 6. dio: Debljina betona na podlozi                                                                                                                                                                           |
| HRN EN 14488-7:2007     | Ispitivanje mlaznoga betona – 7. dio: Sadržaj vlakana u vlaknima ojačanom betonu (mikroarmiranome betonu)                                                                                                                                  |
| HRN EN 60204-1:2018     | Sigurnost strojeva – Električna oprema strojeva – 1. dio: Opći zahtjevi                                                                                                                                                                    |
| HRN EN ISO 4624:2023    | Boje i lakovi – Ispitivanje prionljivosti vlačnom metodom                                                                                                                                                                                  |
| HRN EN ISO 6892-1:2019  | Metalni materijali – Vlačno ispitivanje – 1. dio: Metoda ispitivanja pri sobnoj temperaturi                                                                                                                                                |
| HRN EN ISO 11925-2:2020 | Ispitivanja reakcije na požar – Zapaljivost proizvoda izloženih izravnom djelovanju plamena – 2. dio: Ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena                                                                                             |
| HRN EN ISO 14001:2015   | Sustavi upravljanja okolišem – Zahtjevi s uputama za uporabu                                                                                                                                                                               |
| HRN M.J6.227 1970       | Strojevi za gradnju tunela – Rovokopači i mineri s neprekidnim djelovanjem – Sigurnosni zahtjevi                                                                                                                                           |
| HRN M.J6.228 1971       | Sigurnost bušilica bez štitnika za tunele i bušilica za stijene                                                                                                                                                                            |
| HRN U.G1.500 1964       | Cijevi i fazonski komadi od tvrdoga polivinilnoga klorida za kanalizaciju; Tehnički                                                                                                                                                        |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HRN U.N1.051 1982       | propisi za primjenu.<br>Betonske cijevi za kanalizaciju duljine veće od 1 m; Vibracijski prešane; Tehnički uvjeti                                                                                                                                                         |
| HRN U.N1.052 1982       | Betonske cijevi za kanalizaciju duljine veće od 1 m; Centrifugirane; Tehnički uvjeti                                                                                                                                                                                      |
| HRS CEN/TS 13476-4:2022 | Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju – Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkom od neomekšanoga poli(vinil-klorida) (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) – 4. dio: Upute za ocjenjivanje sukladnosti (CEN/TS 13476-4:2019) |

