

Nedelja 9

OSTALE PRIMENE BUŠENJA U GEOTEHNICI

Priprema uzoraka i mernih mesta za “in situ” ispitivanja; Iskop čvrstih stenskih masa miniranjem; Izrada bušenih šipova; Poboljšanje svojstava stenskih masa; Bušotine specijalnih namena

02/10/2019

Sadržaj:

Nedelja 1. OPŠTE O ISTRAŽNOM BUŠENJU - Kratak istorijat istražnog bušenja; Istražno bušenje i pojam istražne bušotine, nove tehnologije, karakter bušača

Nedelja 2, 3. TEHNOLOGIJA BUŠENJA - Tehnički postupci bušenja; Principi mehaničkog bušenja; Princip rotacionog bušenja; Princip udarnog bušenja; Princip ručnog bušenja; Kombinovano bušenje; Pribor za bušenje

Nedelja 4. UPOTREBA RADNIH FLUIDA PRI BUŠENJU - Bušenje čistom vodom; Upotreba glinenih isplaka; Svojstva isplake; Isplaka na bazi nafte; Polimerne isplake; Upotreba komprimovanog vazduha; Upotreba hemijskih preparata - pena; Dodaci isplaci za brže bušenje; Pumpa za isplaku

Nedelja 5. KRIVLJENJE BUŠOTINE (DEVIJACIJA) I USMERENO BUŠENJE - Uzroci krivljena bušotine; Merenje iskrivljenosti bušotine; Devijacija bušotine

Nedelja 6. TAMPONIRANJE I CEMENTACIJA ISTRAŽNIH BUŠOTINA i ZAGLAVE I HAVARIJA U TOKU BUŠENJA - Spašavanje zaglavljenog bušačkog pribora; Otklanjanje havarija u bušotini

Nedelja 7. UZORKOVANJE IZ ISTRAŽNIH BUŠOTINA i ISPITIVANJA NA JEZGRU i U ISTRAŽNIM BUŠOTINAMA - Ispitivanja na jezgru istražnih bušotina; Osmatranja merenja i ispitivanja u bušotinama; Praćenje osnovnih parametara bušenja; Hidrogeološka osmatranja i merenja u bušotinama; Geofizička merenja u bušotinama; Geotehnička osmatranja i ispitivanja u bušotinama

Nedelja 8. SPECIFIČNOSTI BUŠENJA U RAZLIČITIM GEOLOŠKIM SREDINAMA - Svojstva stenskih masa; Bušivost stena; Stabilnost zidova bušotine; Izbor opreme i režima bušenja; Izbor opreme; Izbor režima bušenja

Nedelja 9. OSTALE PRIMENE BUŠENJA U GEOTEHNICI - Priprema uzoraka i mernih mesta za "in situ" ispitivanja; Iskop čvrstih stenskih masa miniranjem; Izrada bušenih šipova; Poboljšanje svojstava stenskih masa; Bušotine specijalnih namena

Nedelja 10. ISTRAŽNI ISKOPI - Plitki istražni iskopi; Istražne jame; Istražni rovovi; Istražne raskrivke; Duboki istražni iskopi; Istražna okna, šahte; Istražne galerije, potkopi

Nedelja 11. PRAKTIČNA NASTAVA - Obilazak gradilišta gde se vrši istražno bušenje i upoznavanje sa osnovnim elementima bušačkog pribora i tehnologijom bušenja; Kartiranje i izrada profila istražne bušotine u AutoCad-u

11. OSTALE PRIMENE BUŠENJA U GEOTEHNICI

Bušenje se danas izvodi u mnogobrojne svrhe. U zavisnosti od problema koji se bušenjem rešavaju **sve bušotine možemo svrstati u istražne ili tehničke**. Ova podela je uslovna jer se istražne bušotine po sprovedenim istraživanjima mogu iskoristiti u tehničke svrhe i obrnuto, u toku i nakon izvođenja tehničkih bušotina u njima se mogu sprovesti određena ispitivanja. Bušenje, osim u istražne svrhe, ima veoma široku primenu pri rešavanju mnogobrojnih geotehničkih problema, izvođenju raznovrsnih geotehničkih zahvata i izgradnji gotovo svih građevinskih i rudarskih objekata.

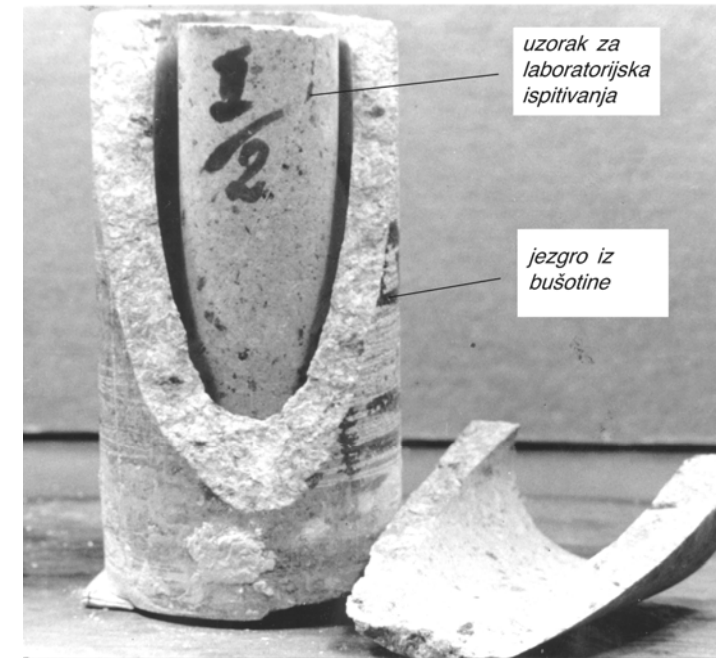
Pri rešavanju raznovrsne geotehničke problematike bušenje se, osim u istražne svrhe, najčešće izvodi u cilju:

- **pripreme uzoraka**, za laboratorijska ispitivanja, i pripreme mernih mesta za “in situ” ispitivanja,
- **iskopa čvrstih stenskih masa miniranjem**, na površini terena i u podzemlju,
- **temeljenja objekata na šipovima** u slabonosivom tlu,
- **poboljšanja svojstava stenskih masa**: sidrenjem, injektiranjem, dreniranjem, termičkom obradom, elektroosmozom i dr, i
- **polaganja instalacionih vodova** i dopreme materijala do podzemnih objekata.

11.1. Priprema uzoraka i mernih mesta za “in situ” ispitivanja

Bušenjem, sa dijamantskim tankozidnim kronicama, malih prečnika (obično oko 50 mm), formiraju se cilindrični uzorci, sl. 133 (i slike na narednom slajdu), za laboratorijska ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstva stena. Na sličan način uzimaju se i uzorci, u cilju kontrole kvaliteta, ugrađenog torkreta ili betona, pri izgradnji ili u toku eksploatacije različitih građevinskih i rudarskih objekata.

Cilindrični uzorci, za ispitivanje čvrstoće na smicanje duž pukotina, formiraju se bušenjem u istražnim potkopima. Bušenje se izvodi sa portabilnim garniturama. Prečnik bušenja je najčešće 300 mm, a dužina uzoraka 300 do 400 mm. Bušotina se orijentiše tako da se pukotina nalazi duž ose cilindričnog uzorka.



Slika 133. Uzorak za laboratorijska ispitivanja formiran bušenjem tankozidnim dijamantskim kronicama, foto M. Cvetković



Izgled ručne bušilice za vađenje kernova betona i stene
(laboratorija Instituta IMS iz Beograda)



Bušilica u radu i blok stene iz koga se jezgru



Izgled izvađenog jezgra spakovanog u odgovarajuće
plastične kese; pre ispitivanja u laboratorijskim uslovima
potrebno je izbrušiti gornju i donju osnovu

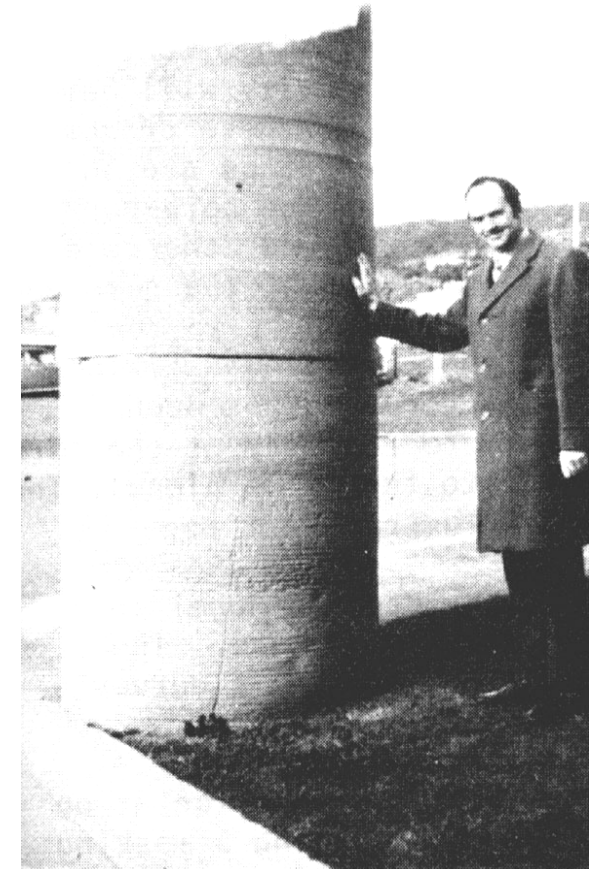


Izgled jezgra nakon brušenja i poliranja spremnog za ispitivanje u
laboratorijskim uslovima

Takođe, bušenjem sa velikim prečnicima dobija se jezgro, od kojeg se kasnijim sečenjem formiraju blokovi, za ispitivanja u velikoj razmeri. Radi ilustracije, na sl. 134, prikazano je jezgro prečnika 1 220 mm (48") izvađeno iz bušotine.

Pri pripremi mernih mesta za in situ ispitivanja stena, bušenjem bušotina malih prečnika na bliskom rastojanju po određenoj šemi, izrađuju se prorezi za ugradnju hidrauličkih jastuka ili se opsecaju blokovi za direktno smicanje.

Na sličan način, ranijih godina u majdanima, opsecani su veliki blokovi ukrasnog kamena od kojih su daljom preradom u radionicama rezane table i ploče.

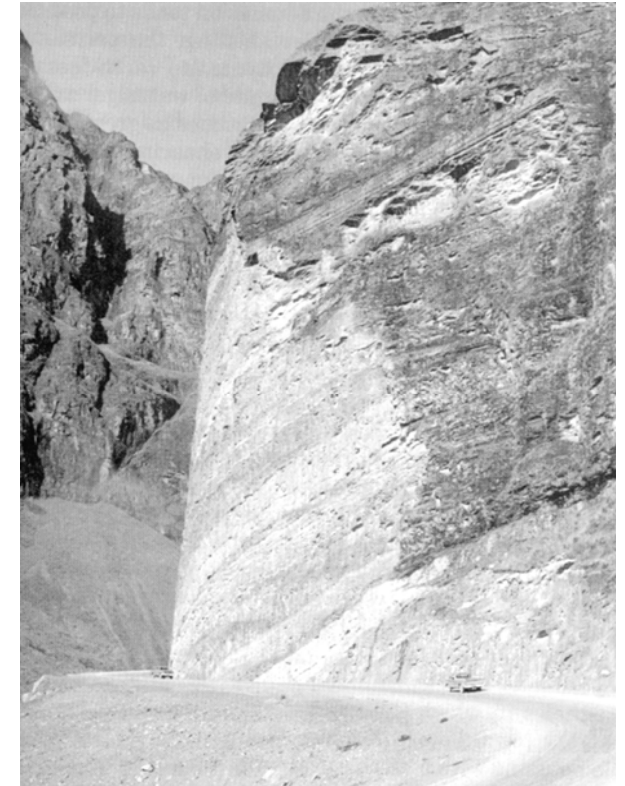


Slika 134. Jezgro iz bušotine /12/

11.2. Iskop čvrstih stenskih masa miniranjem

U kamenolomima, majdanima i na površinskim kopovima, pri masovnom miniranju na radnim etažama, izvode se minske bušotine. Najčešće, minske bušotine prečnika od 86 - 146 mm, bez jezgrovanja uz upotrebu komprimovanog vazduha, dubina 20 - 40 m, izvode se po posebnom rasporedu. Granulacija stene usitnjene miniranjem jako je bitna sa aspekta: utovara, transporta, mogućnosti dalje tehnološke prerade i korišćenja. Ona je uslovljena, pre svega, prečnikom i prostornim rasporedom minskih bušotina kao i šemom, vrstom i količinom eksplozivnog punjenja, s jedne strane, i vrstom stenske mase i njene ispucalosti, s druge strane.

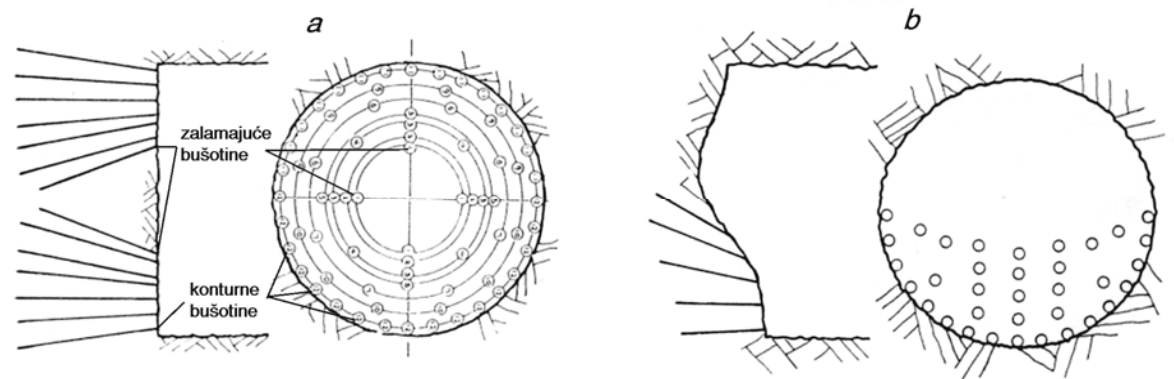
Iskop useka i zaseka, u čvrstim stenskim masama, pri izgradnji saobraćajnica, obavlja se primenom miniranja. Pri iskopu useka i zaseka, iz istih razloga kao i u prethodnom slučaju mora se voditi računa o granulaciji odminirane stene. Istovremeno, treba težiti da oštećenja okolne stenske mase miniranjem budu u što manjoj meri, jer bi u suprotnom bila narušena stabilnost kosina useka i zaseka. Zato, pri iskopu useka i zaseka miniranjem posebna pažnja se posvećuje izradi konturnih bušotina i šemi eksplozivnog punjenja. Primer uspešne primene miniranja pri iskopu zaseka puta prikazan je na sl. 135.



Slika 135. Zasek na saobraćajnici formiran miniranjem /9/

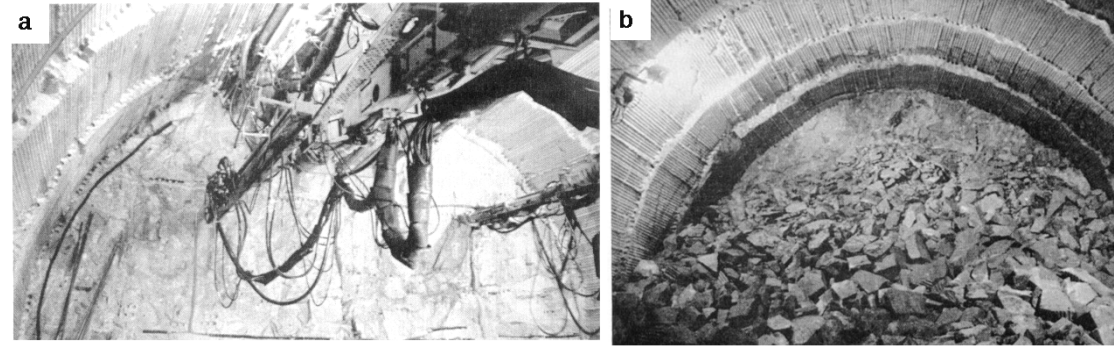
Iskopi tunela i drugih podzemnih prostorija specijalnih namena, najčešće se vrše primenom glatkog miniranja. Ono omogućava iskop uz minimalno oštećenje okolnih stenskih masa što je jako bitno za stabilnost zidova podzemnih prostorija. Takođe, primenom glatkog miniranja prekop, suvišni profil, može se svesti na minimum pa samim tim postižu se znatne finansijske uštede. Minske bušotine za glatko miniranje izvode se po posebnoj šemi, sl. 136. U centralnom delu buše se kose, zalamajuće bušotine a po obodu na jako bliskom rastojanju konturne. Između njih, lepezasto, izvode se preostale bušotine. Eksplozivna punjenja u bušotinama povezuju se po posebnoj šemi milisekundnim upaljačima. Pri paljenju, prve otkidaju zalamajuće mine izbacujući usitnjenu stenu sa čela prema unutrašnjosti iskopa. Na taj način stvara se konusna šupljina koja kasnije olakšava usitnjavanje stene pri paljenju narednih, okolnih mina. Zadnje otkidaju konturne mine i one praktično odsecaju stenu između dveju susednih minskih bušotina.

Minske bušotine, malog su prečnika od 32 - 48 mm, a izvode se rotacionom ili kombinovanom rotaciono-udarnom metodom. Buše se bez jezgrovanja, ispiraju se vodom ili se čiste uz pomoć komprimovanog vazduha.



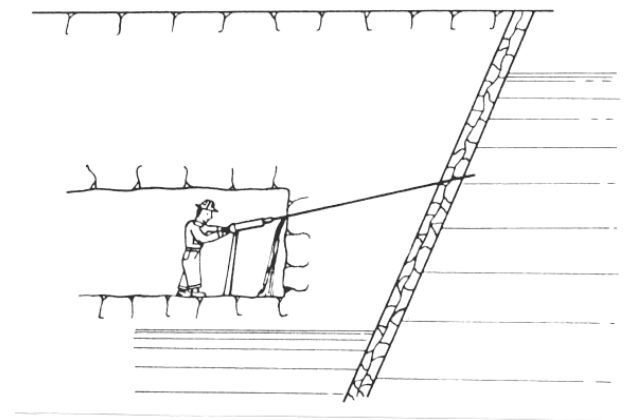
Slika 136. Tipična šema minskih bušotina: a - miniranje punog profila, b - miniranje u dve faze

Postoje specijalne mašine za bušenje minskih bušotina, sl. 137, sa dve, četiri ili više radnih ruku odnosno, za istovremeno bušenje više bušotina. Ove mašine se koriste i za izvođenje bušotina za ugradnju sidara (ankera). Pri iskupu podzemnih prostorija manjih poprečnih preseka, minske bušotine izvode se ručno pikamerima, travelama, kobrama i drugim radnim sredstvima koja rade uz pomoć komprimovanog vazduha.



Slika 137. Bušenje minskih rupa i izgled čela iskopa nakon miniranja /9/

Pri izradi podzemnih prostorija, u terenima sa mogućim pojavama velikih kaverni sa kašastim masama, podzemnim vodama, pojavama štetnih i zapaljivih gasova ili pojavama termalnih voda, ispred čela iskopa izvode se “pilot” bušotine odnosno, izvodi se predvrtavanje. Obično se izvode bušotine dužine 10 - 20 m, sl. 138, da bi se na vreme registrovale navedene pojave i preduzele odgovarajuće tehničke mere u cilju zaštite ljudstva, mehanizacije i objekta.

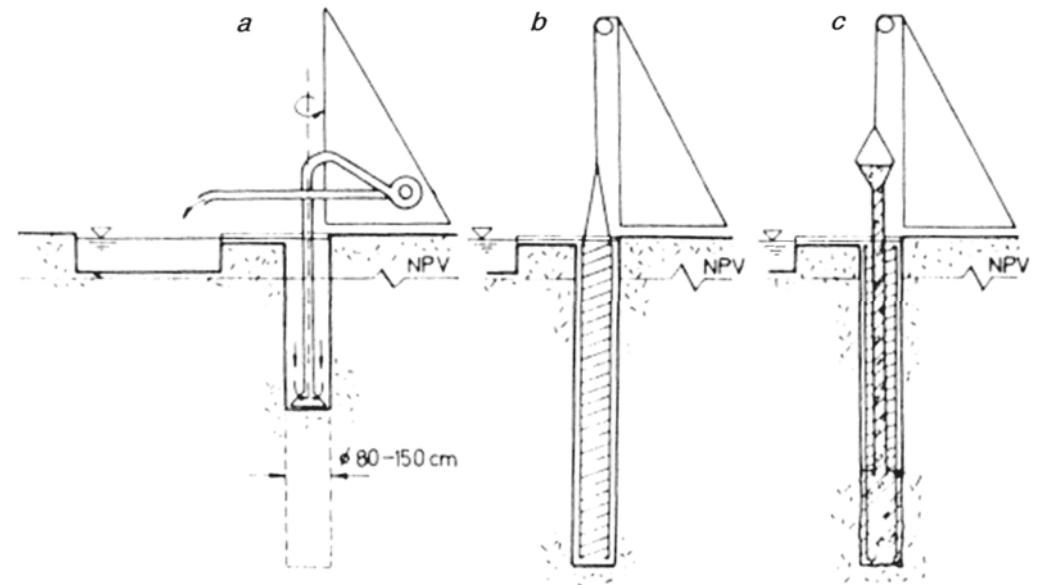


Slika 138. Predvrtavanje na čelu iskopa

11.3. Izrada bušenih šipova

Bušeni (armiranobetonski) šipovi imaju široku primenu pri fundiranju stubova mostova, pristaništa, industrijskih postrojenja, višespratnica i dr. objekata na slabonosivom tlu. Takođe, često se koriste za sanaciju nestabilnih kosina i padina.

Za šipove najčešće se izrađuju bušotine prečnika od 300-1500 mm (mada nisu neuobičajeni prečnici 2000-2500 mm), dubina do 40 m i više. Najčešće, bušenje se izvodi mašinski, rotaciono, sa svrdlom i pod zaštitom bentonitske isplake u poluvezanim prašinasto glinovitim sedimentima. U nekoherentnim, peskovitim, sedimentima bušenje se izvodi udarnom metodom sa specijalnim kašikama koje se hidraulički zatvaraju. Šema izrade bušenih šipova prikazana je na sl. 139, a fotografije slikane tokom izvođenja prikazane su na narednom slajdu.



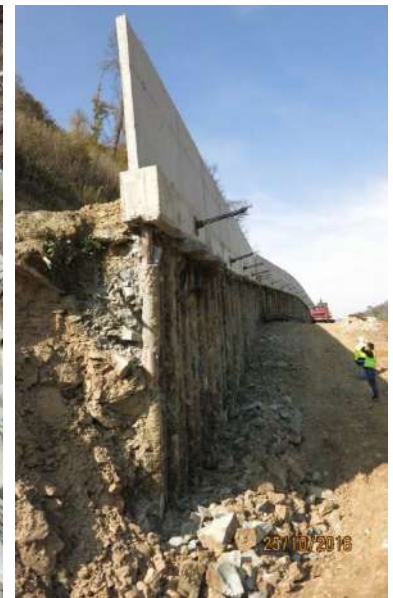
*Slika 139. Šematski prikaz izrade armirano betonskih šipova:
a - bušenje, b - ugradnja armaturnog koša, c - betoniranje /24/*



Garnitura za izvođenje šipova i izvedena potporna konstrukcija od šipova (Predejane)



Armatura za bušeni šip, tzv. armaturni koš (E80, Dimitrovgrad)

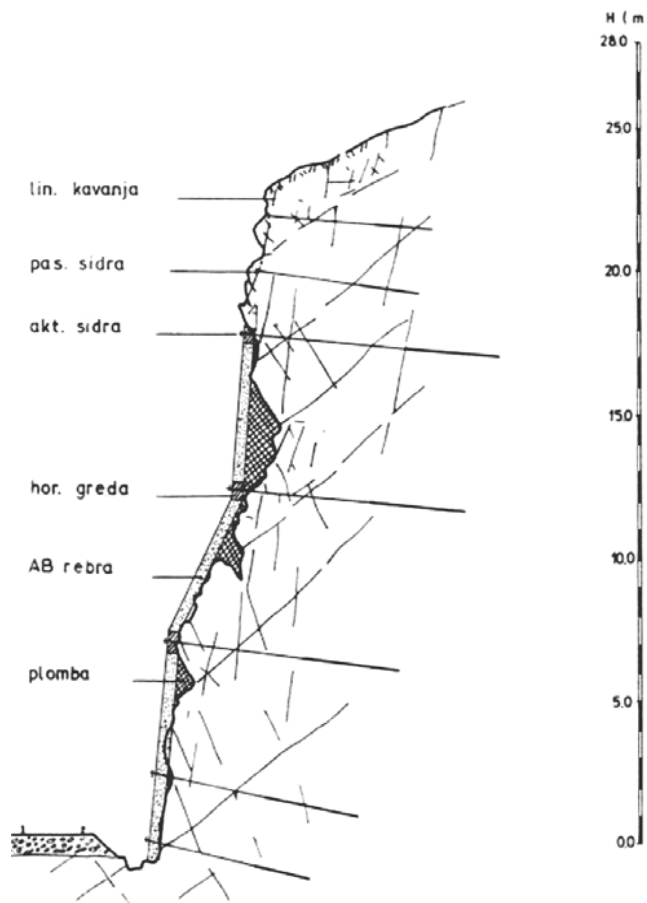


Garnitura za bušenje kombinovanim postupkom bez jezgrovanja (kao isplaka se koristi komprimovani vazduh)(levo) i izgled šipova malog prečnika (mikrošipova) u sklopu kosine, sa prednapregnutim kablovskim ankerima u zoni naglavne grede (Grdelica)

Bušeni šip izveden u tlu – armaturni koš je postavljen u bušotinu i naknadno zaliven betonom (Dimitrovgrad)

11.4. Poboljšanje svojstava stenskih masa

Za osiguranje stabilnosti podzemnih prostorija, kosina useka, zaseka ili prirodnih padina, kao samostalna mera ili u kombinaciji sa nekom drugom, veoma često se koristi sidrenje.



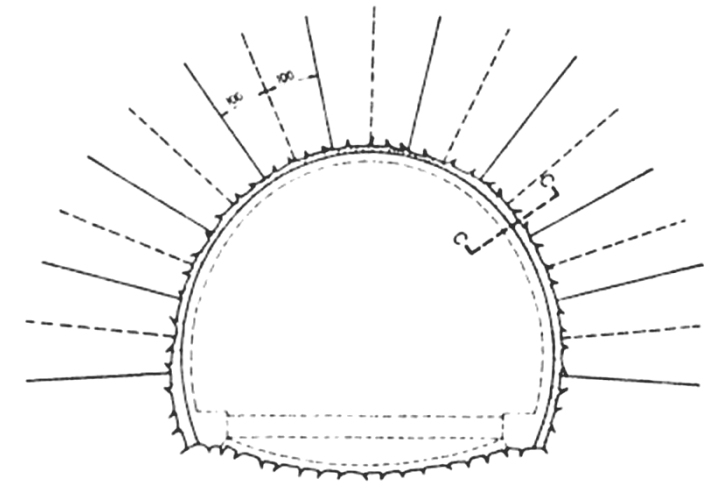
Slika 141. Primena sidara pri sanaciji kosina /20/

Za osiguranje stabilnosti podzemnih

prostorija koriste se

pojedinačna ili sistematski, po određenom rasporedu, ugrađena sidra, sl 140. Bušotine za sidra kod osiguranja saobraćajnih tunela, obično su dužina od 3 - 6 m, prečnika od 28 - 36 mm. Izvode se u toku iskopa tunela na sličan način kao i minske bušotine, istim mašinama.

Nekoliko fotografija slikanih prilikom izvođenja ankera u tunelogradnji prikazano je na narednom slajdu.



Slika 140. Primena sidara pri izgradnji tunela /11/

Za osiguranje stabilnosti kosina, u čvrstim stenskim masama često se koriste sidra, sl. 141. Izvode se bušotine sličnih dimenzija kao i za sidrenje u tunelima, s tim što mogu biti i nešto duže. Izvode se, uz pomoć manjih ili većih mobilnih garnitura, sa skele ili sa platforme.



Bušenje ručnom garniturom u podzemnom rudarskom iskopu



Bušenje „Bumerom“ za postavljanje cevnog štita u tunelu Progon kod Dimitrovgrada

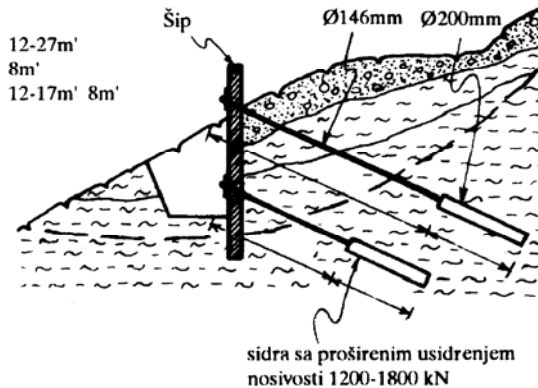


Mašina sa tri radne ruke vrši bušenje za postavljanje ankera na čelu tunela Progon (koristi se i za bušenje minskih bušotina)

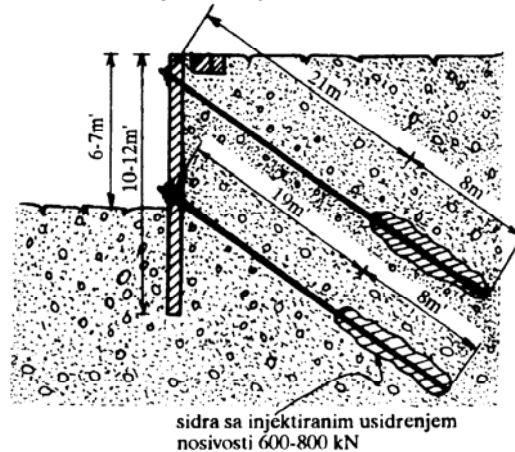


Pogled na radne ruke iz kabine rukovaoca (tunel Progon)

a) Klizište "Kusjak" - HE Derdap (II faza građenja)



b) Građevinska jama za objekat MK Smederevo



Slika 142. Primeri primene sidara u nevezanim i slabovezanim sredinama

Dugačka prednapregnuta, kablovska, sidra koriste se za stabilizaciju prirodnih padina, sl. 142a, i osiguranje potpornih konstrukcija, sl. 142b, u nevezanim i poluvezanim sredinama. Takođe, koriste se i za sidrenje temelja mostovskih stubova ili drugih objekata na strmim padinama izgrađenim od čvrstih stena.

Za ugradnju kablovskih sidara izvode se najčešće, kose bušotine prečnika većeg od 101 mm i dužina preko 20 m. Po potrebi, bušotine se na delu predviđenom za usidrenje, specijalnim postupcima mogu proširiti i na taj način povećati nosivost sidra.

Na narednom slajdu prikazano je nekoliko fotografija slikanih prilikom izvođenja sidara za potrebe stabilizacije i ojačanja kosina.

Pri izgradnji brana, hidrotehničkih tunela, okana pod pritiskom i kod sličnih objekata, primenjuje se injektiranje radi poboljšanja mehaničkih svojstava, smanjenja vodopropustljivosti i preraspodele napona u okolnim stenskim masama.



Bušenje ankera na kosini kroz sloj lomljenog kamena koji je izveden kao zamena za otklizao materijal (Autoput E80, kod Bancareva)



Bušenje dodatnih ankera na već izvedenoj kosini, gde je jedini mogući način izvođenja uz pomoć tzv. „korpe“ koja se podiže pomoću kрана (Grdelička klisura)

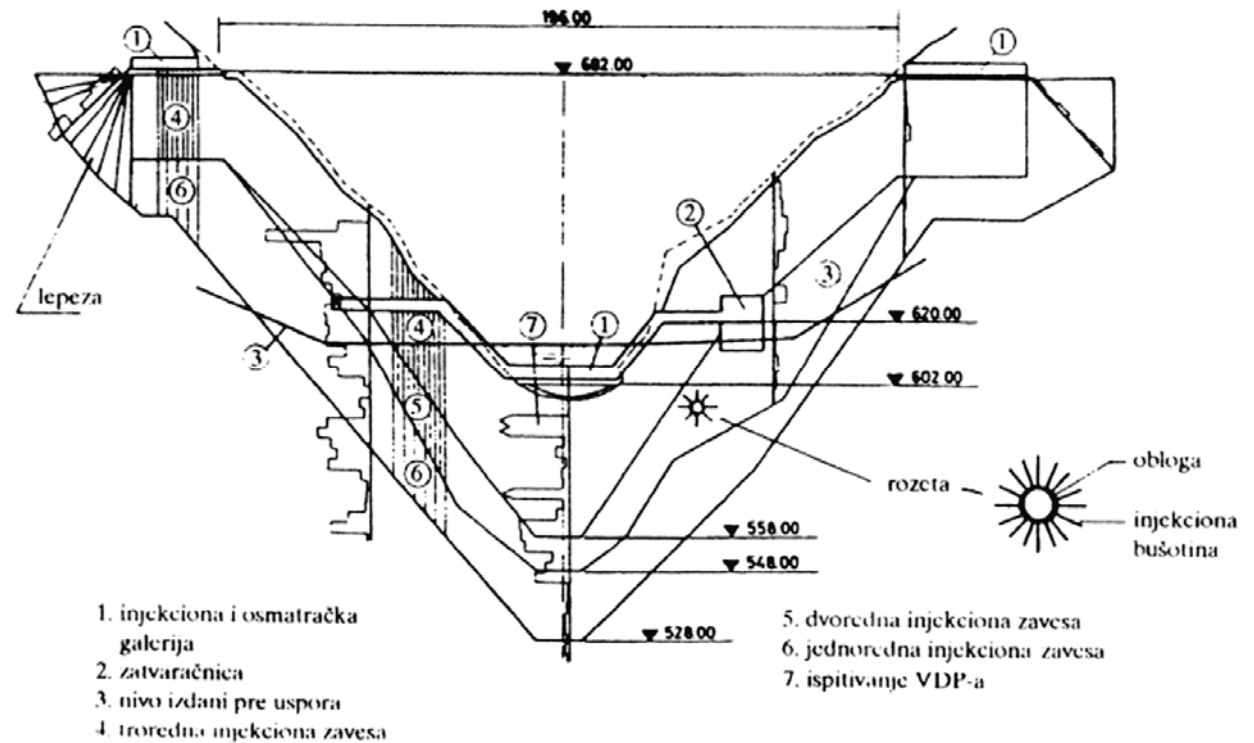


Izgled krune (dleta) kao sastavnog dela ankera, tzv. samobušajući anker (Predejane, Grdelica)



Tri garniture koje istovremeno izводе duboke bušotine pod uglom za prednapregnuta sidra u zoni potporne konstrukcije od šipova (Predejane, Grdelica)

U cilju smanjenja vodopropustljivosti stenskih masa ispod tela brane, u bokovima, a po potrebi i po obodu akumulacije, izvodi se zaptivno injektiranje. Za potrebe zaptivnog injektiranja izvode se bušotine u jednom ili više redova na bliskom, metarskom rastojanju, sl 143. Prečnici bušotina obično variraju u intervalu od 86 do 116 mm, a dubine bušotina zavise od visine brane i vodopropustljivosti stenskih masa ispod brane. Obično dubine bušotina odgovaraju visinama brana i najčešće su reda veličine 40 - 100 m. Između injekcionih bušotina izvode se kontrolne bušotine, u kojima se vrši provera vodopropustljivosti. Na jezgru iz kontrolnih bušotina vrši se provera zapunjenosti pukotina injekcionom smesom. Ako su rezultati ispitivanja nezadovoljavajući buše se nove injekcione bušotine u cilju pugušćenja zavesa.

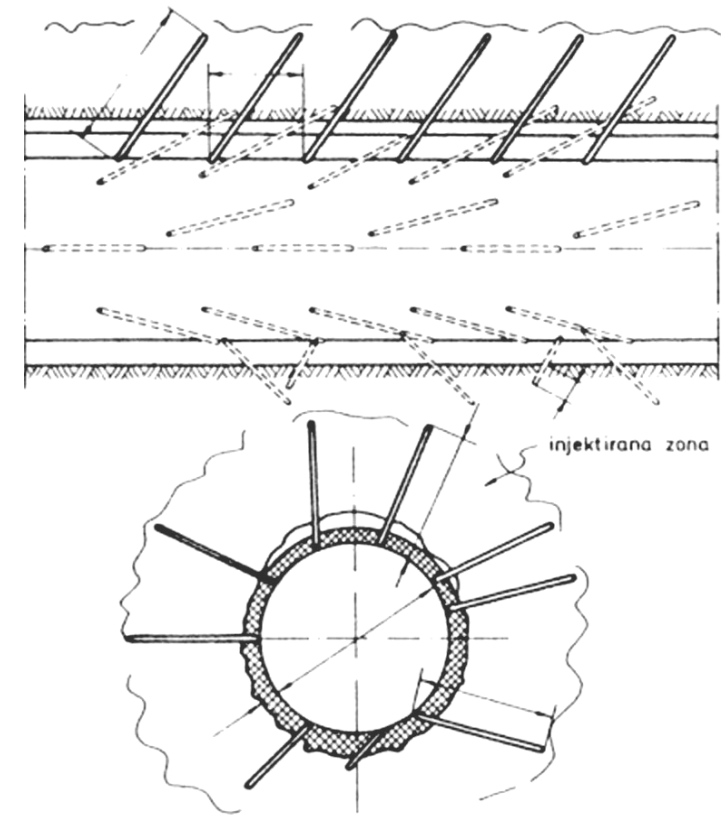


Slika 143. Injekciona zavesa za nasutu branu "Globočica" na Crnom Drimu

Pored **zaptivnog injektiranja**, ispod tela betonskih brana, izvodi se i vezno a po potrebi i konsolidaciono injektiranje. Injektiranjem cementnim masama, iz plćih bušotina, poboljšavaju se mehanička svojstva stenskih masa i ostvaruje intimnija veza tela brane se stenom.

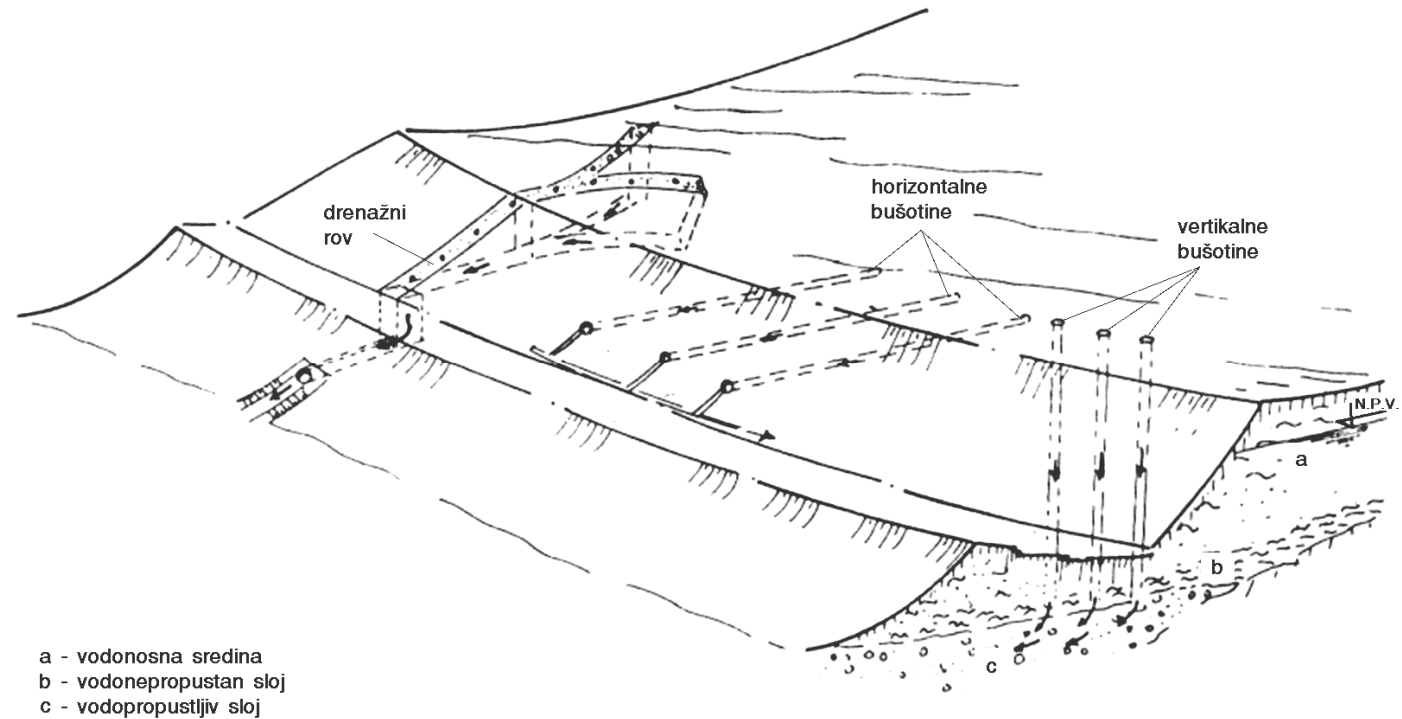
Po izgradnji hidrotehničkih tunela i okna pod pritiskom, izvodi se **kontaktno injektiranje**, u cilju ispunjavanja šupljina između stene i obloge. Ako je stenska masa u zoni tunela i okana znatno fizičko-mehanički oštećena njena svojstva mogu se poboljšati konsolidacionim injektiranjem.

Kod tunela i okana sa visokim unutrašnjim pritiscima izvodi se **naponsko injektiranje** u cilju prednaprezanja obloge, sl. 144. Na taj način poboljšava se nosivost obloge jer se znatno smanjuje mogućnost nastanka napona zatezanja. Za potrebe naponskog injektiranja najčešće se izvode bušotine u radijalnim pravcima, a maksimalne dužine odgovaraju prečnicima tunela. U slučaju jako izražene anizotropije ispucalosti treba težiti da bušotine presecaju što veći broj pukotina.



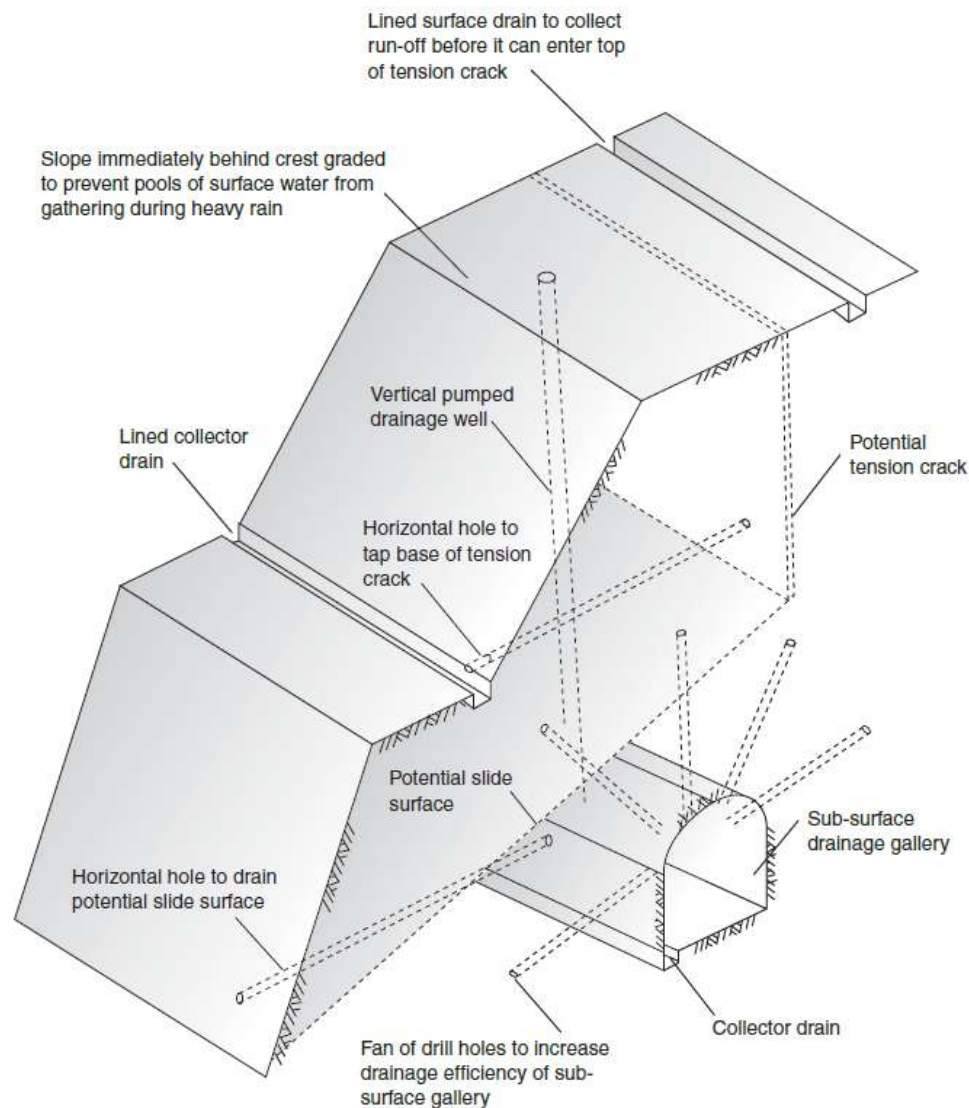
Slika 144. Prednaprezanje tunelske obloge naponskim injektiranjem /19/

U cilju stabilizacije kosina i padina primenjuje se **dreniranje**. U zavisnosti od hidrogeoloških uslova u terenu dreniranje se može izvršiti na više načina, a veoma često koriste se bušotine, sl. 145. Bušotine se mogu izvoditi upravno na ravan kosina ili paralelno njoj. Buše se sa blagim nagibom naviše da bi se omogućilo gravitaciono očeđivanje vode. Mogu se izvoditi i vertikalne bušotine ali u tom slučaju za obaranje nivoa podzemne vode neophodne su pumpe.



Slika 145. Primena bušotina i iskopa za dreniranje kosine /2/

Takođe, uz pomoć vertikalnih bušotina moguće je upuštanje voda iz viših horizonata u niže kolektore kao što je prikazano na sl. 146. U svrhu efikasnijeg dreniranja vode putem drenažne galerije, moguće je izvesti i radijalne bušotine, što je prikazano na slici na narednom slajdu.



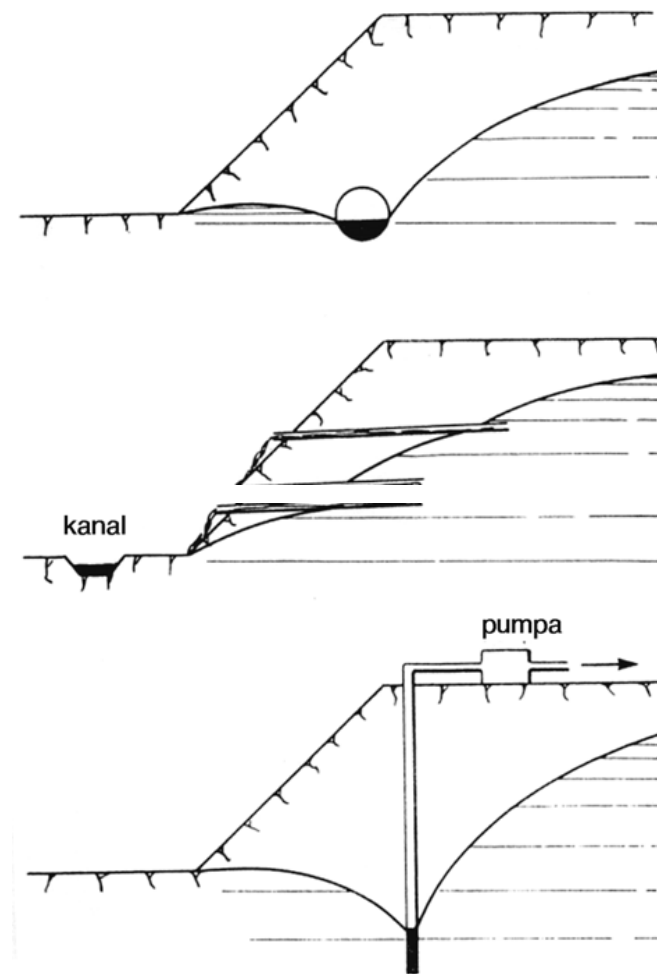
Mogući načini dreniranja i odvodnjavanja vode sa kosina - nastavak slike 145 (horizontalne i vertikalne drenažne bušotine, kao i radijalne bušotine oko konture drenažne galerije)

Izgled horizontalne drenažne bušotine (izvodi se pod uglom od oko 5° kako bi se voda gravitacionim putem drenirala kroz bušotinu). Perforacija se izvodi sa gornje strane, dok donji deo čini puna plastična cev (gore); izgled drenažnih bušotina na gradilište (dole)

Odvodnjavanje podzemnih objekata moguće je izvesti crpljenjem vode iz bušotina uz pomoć pumpi. Na isti način moguće je obaranje nivoa podzemnih voda u toku izgradnje objekata, ako se naiđe na teške vodozasićene deonice. Na taj način, iskop se izvodi u suvom što je znatno lakše i komfornije nego u prisustvu vode.

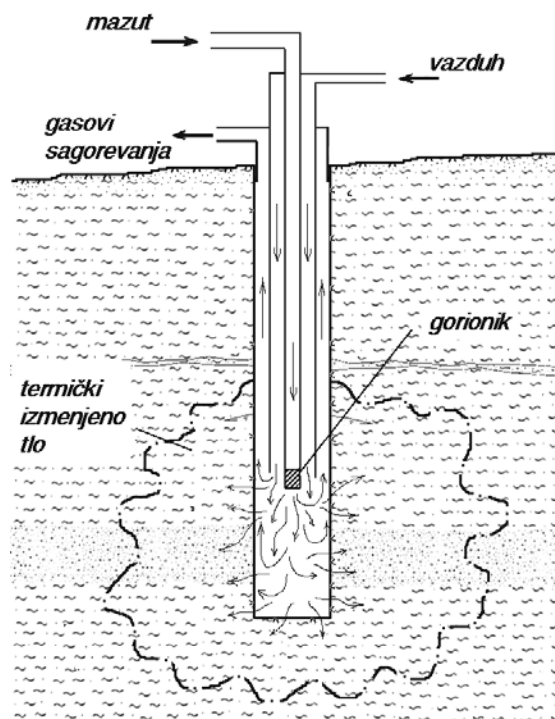
Za skladištenje nekih materija, u velikim podzemnim skladištima, neophodno je prisustvo vode. U bezvodnim sredinama, **nalivanjem bušotina** formiraju se depresione krive nivoa voda. Raspored, broj, prečnici, dubine bušotina, kao i količine voda koje se upumpavaju u njih, zavise pre svega od geometrijskih karakteristika skladišta i vodopropustljivosti okolnih stena.

Radi olakšanog iskopa podzemnih objekata pri nailasku na teške deonice, kašaste vodozasićene mase, pri bušenju za šipove u muljevitim sredinama, i u rudnicima soli pribegava se zamrzavanju stenskih masa. **Zamrzavanje** se izvodi cirkulacijom tečnog amonijaka (ili drugog agensa) kroz bušotine, koje se izvode po posebnom rasporedu sa površine terena ili iz podzemlja, sl. 147.

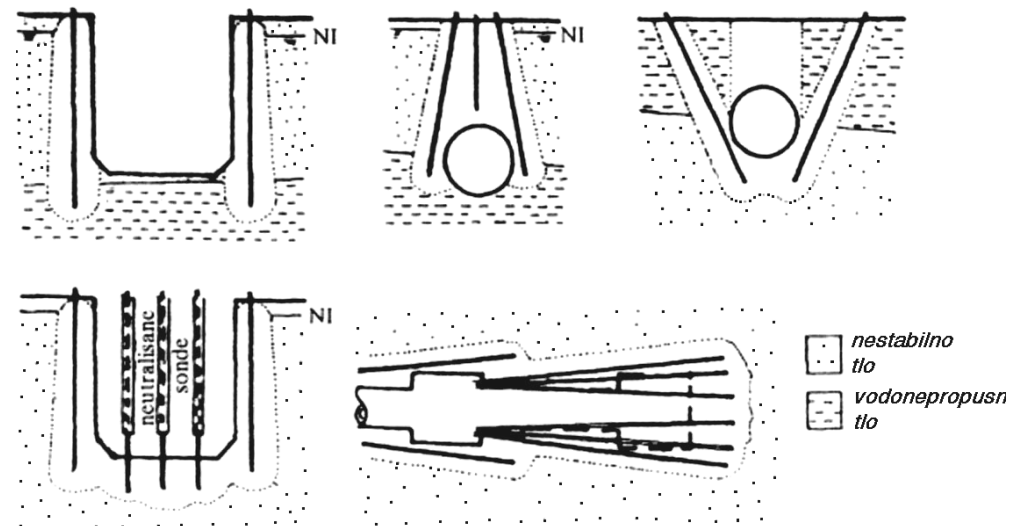


Slika 146. Dreniranje kosine: a - galerijom, b - horizontalnim, c - vertikalnim bušotinama

Sanaciju klizišta, u nekim slučajevima, moguće je izvesti primenom “paljenih” šipova, sl. 147. U bušotinama vrši se sagorevanje prirodnog gasa ili mazuta odnosno, okolna stena usled pečenja očvršćava. Očvršćavanjem se poboljšavaju mehanička svojstva stena, a ujedno i stabilnost padine.



Slika 148. Izrada paljenih šipova sagorevanjem mazuta u bušotini



Slika 147. Primena bušenja za zamrzavanje tla /7/

11.5. Bušotine specijalnih namena

Pored navedenih primera bušotine mogu poslužiti i za neke specijalne svrhe: kao ventilacioni otvori, za polaganje električnih i vodovodnih instalacija, dopremu komprimovanog vazduha, dopremu materijala, za gašenje jamskih požara, za katodnu zaštitu raznih postrojenja i dr.