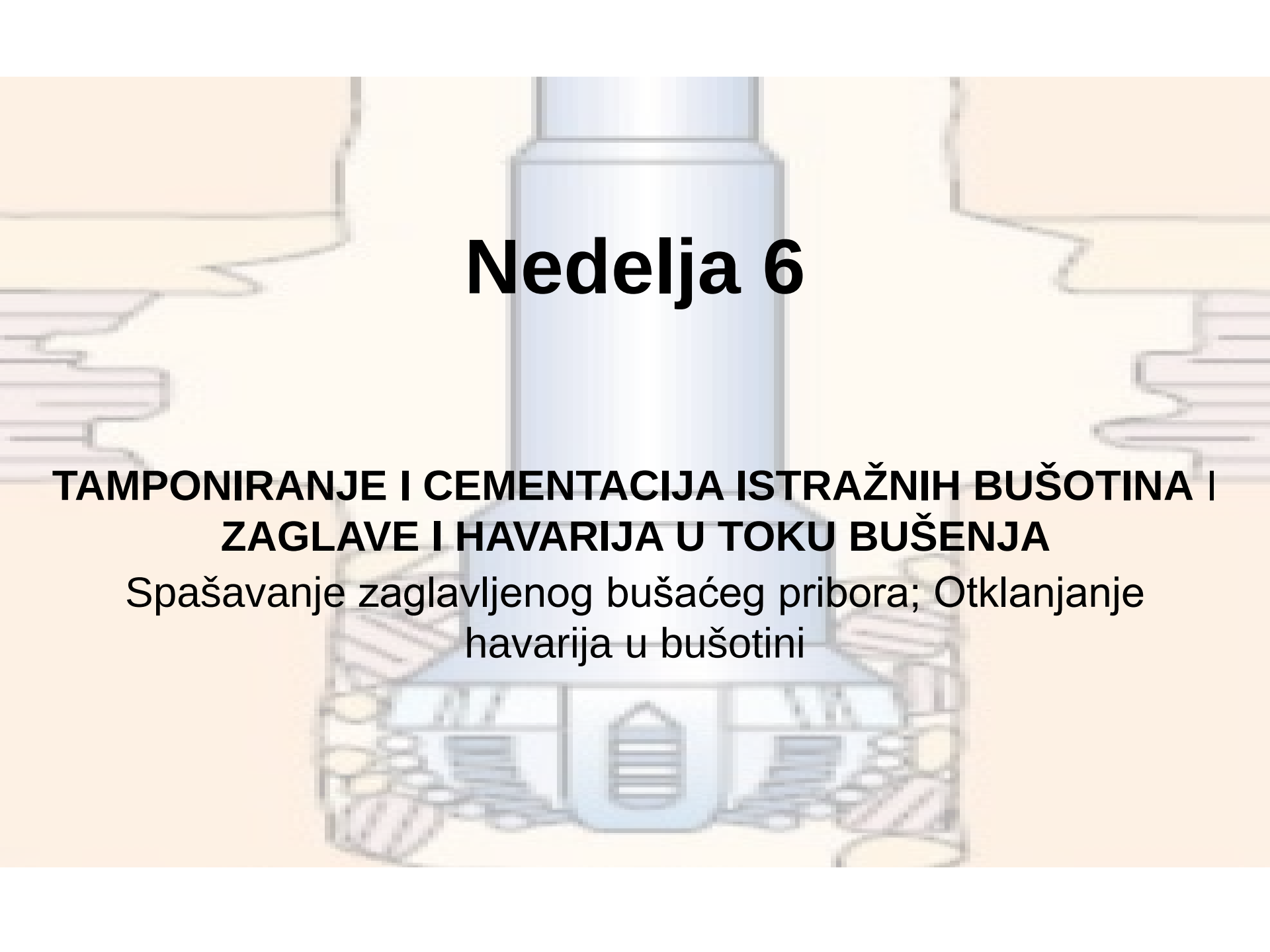


The background of the slide features a technical illustration of a drilling operation. A vertical drill pipe, colored in shades of blue and grey, extends from the top center. At the bottom, a complex drill bit or reamer is shown, with multiple cutting edges and a central opening. The drill is positioned within a borehole, the walls of which are depicted with wavy, layered lines in light brown and tan colors, representing different geological strata.

Nedelja 6

TAMPONIRANJE I CEMENTACIJA ISTRAŽNIH BUŠOTINA I ZAGLAVE I HAVARIJA U TOKU BUŠENJA

Spašavanje zaglavljenog bušačkog pribora; Otklanjanje
havarija u bušotini

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 i IN SITU OPITI - Plitki istražni iskopi; Istražne jame; Istražni rovovi; Istražne raskrivke; Duboki istražni iskopi; Istražna okna, šahte; Istražne galerije, potkopi; in situ opiti (opit krilnom sondom, DMT, SPT, CPT, opit pločom)

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

ZAGLAVE I HAVARIJE U TOKU BUŠENJA

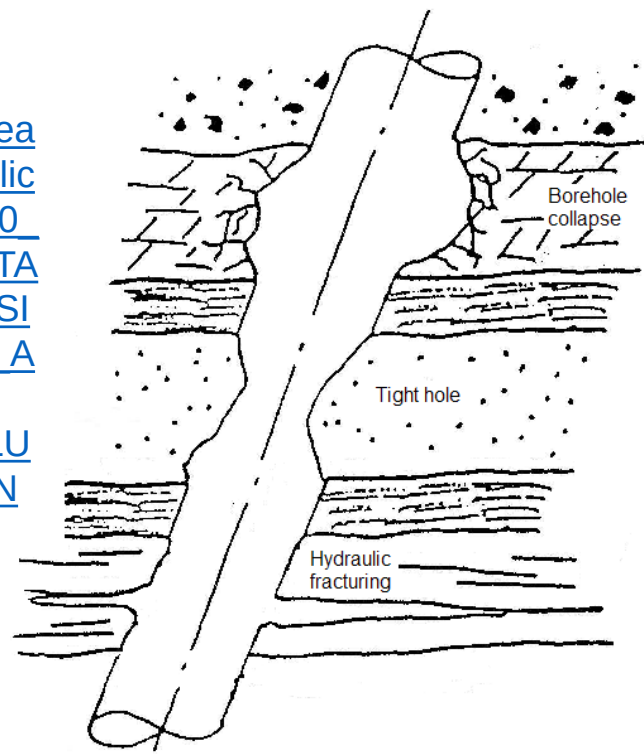
U procesu bušenja, i pored preduzimanja niza preventivnih mera, veoma često se dešavaju zaglave i različite havarije. **Uzroci nastanka zaglava i havarije** mogu biti **geološke, tehničko-tehnološke i subjektivne (ljudske) prirode**. Najačešći uzroci zaglava i havarija geološke prirode su:

- bubrenje glina i drugih stena sa glinenim mineralima;
- zarušavanje zidova bušotina u ispucalim, tektoniziranim i raspadnutim stenama;
- naglo gubljenje fluida pri nailasku na veće pukotine, rasedne zone i kaverne;
- nagli prodori vode i gasova u bušotine;
- propadanje pribora usled pojava kaverni;
- pojava većih samaca i valutaka.

Uzroci tehničko-tehnološke prirode su:

- kvarovi na pumpi i garnituri;
- nekvalitetan i dotrajali bušači pribor;
- pucanje hidrauličkih creva i ostale opreme;
- promena kvaliteta isplake u toku bušenja;
- devijacija bušotine.

https://www.researchgate.net/publication/220010370_WELLBORE_STABILITY_ANALYSIS_BASED_ON_A_NEW_TRUE-TRIAXIAL_FAILURE_CRITERION



ZAGLAVE I HAVARIJE U TOKU BUŠENJA

U uzroke subjektivne prirode spadaju:

- loše postavljena garnitura,
- neprilagođen režim bušenja,
- neadekvatno manevrisanje bušačim priborom,
- upotreba neispravnog alata,
- nedisciplina osoblja,
- neuredno radilište, i dr.

Geološke uzroke havarija praktično je nemoguće odstraniti. Međutim, sistematskim proučavanjem i analiziranjem uzročnika, njihovo štetno delovanje moguće je svesti na minimum, razradom i uvođenjem kompleksnih tehničko-tehnoloških mera.

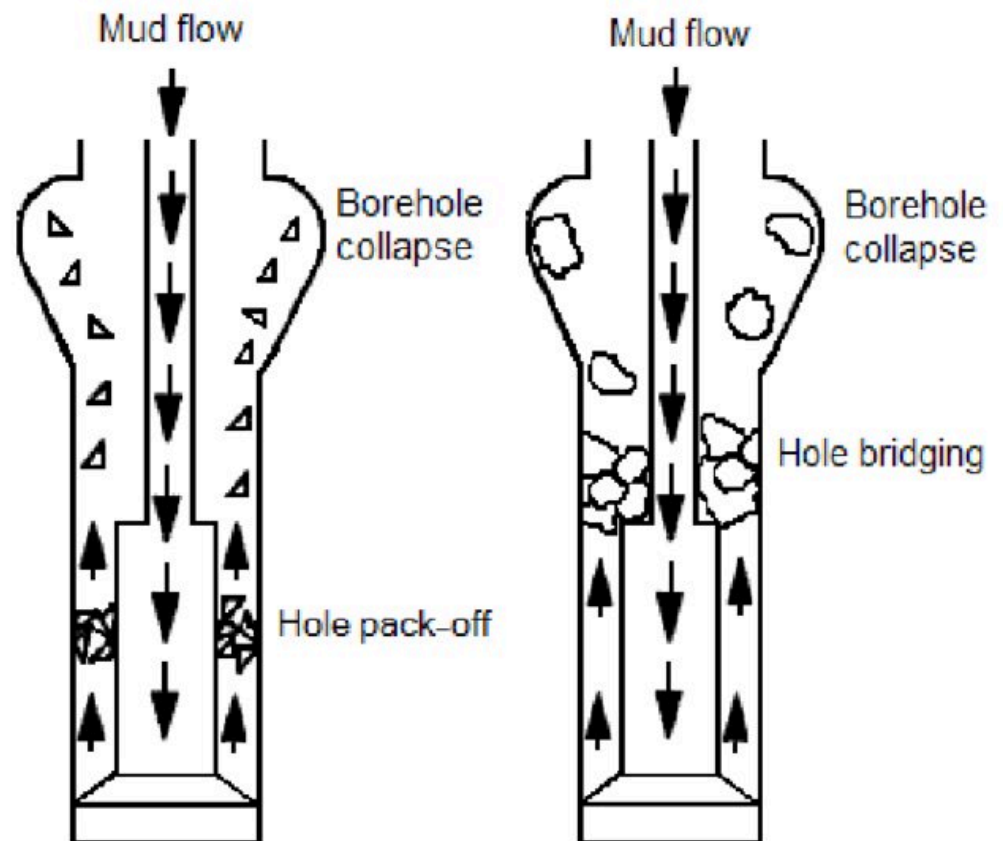
Preventivno delovanje svodi mogućnost zaglava i lomova u bušotini na najmanju moguću meru odnosno, eliminiše subjektivni i tehničko-tehnološki faktor. Zato se kao preventiva sprovode niz obaveznih radnji, kako pre tako i u toku bušenja.

Ukoliko, i pored svih preduzetih mera za sprečavanje, dođe do zaglave ili havarije u bušotini potrebno je što pre pristupiti njihovom otklanjanju. Svaka havarija zahteva analizu postupka i načina otklanjanja, a za krupnije se rade i projekti spašavanja.

ZAGLAVE I HAVARIJE U TOKU BUŠENJA

Pre pristupanja spašavanju pribora, neophodno je izvršiti dobru pripremu, konstatovati uzrok nezgode. Takođe, treba sagledati geološku građu i konstrukciju bušotine, utvrditi vrstu pribora u bušotini, locirati položaj zaglave ili havarije, upoznati se sa režimom bušenja neposredno pre nezgode. Pristup i način spašavanja bušačkog pribora zavisi od uzroka i tipa havarije, kao i od vrste opreme i pribora za spašavanje koji nam je na raspolaganju.

https://www.researchgate.net/publication/324538159_Geomechanical_well_bore_stability_analysis_for_the_reservoir_section_in_J-NC186_oil_field



SPAŠAVANJE ZAGLAVLJENOG BUŠAČEG PRIBORA

Zaglavljivanje bušačeg pribora može da nastane usled: kvara pumpe za isplaku, kvara bušaće garniture, nedovoljnog iznošenja nabušenih čestica, dugog stajanja bušačeg pribora, korišćenja neodgovarajuće isplake u glinovitim i rasednim zonama, neusklađenog režima bušenja. Kada dođe do blokiranja (zaglave) bušačeg pribora zapaža se: prestanak rotacije, povećanje pritiska na pumpi, pa čak i prestanak cirkulacije isplake, nemogućnost podizanja i spuštanja pribora pomoću vitla i hidraulike bušaće glave.

Otklanjanje zaglave može biti izuzetno komplikovana operacija, u zavisnosti od uzroka koji su doveli do zarobljavanja bušačeg pribora. **Postupak otklanjanja zaglave počinje obaveznim ispiranjem bušotine**. Ukoliko je došlo do prekida cirkulacije isplake, treba smanjiti njen viskozitet i pokušati ponovo ga uspostaviti sa maksimalnim kapacitetom pumpe. Za svo vreme ispiranja treba pokušavati sa rotacijom ili spuštanjem, ako pribor nije zarobljen na dnu. Kada postoji slaba cirkulacija isplake, u bušotinu se sipa nafta, koja podmazuje zidove i rastvara čestice koje uslovljavaju zaglavu. U karbonatnim stenama, sipanjem rastvora sone kiseline (12 - 18%) vrši se rastvaranje krečnjaka i oslobađanje

SPAŠAVANJE ZAGLAVLJENOG BUŠAČEG PRIBORA

zarobljenog pribora. Ako se posle prvog pokušaja dođe do izvesnih poboljšanja, postupci se nastavljaju sve do oslobađanja pribora.

Ukoliko ni jedan od napred navedenih postupaka ne da očekivane rezultate, pristupa se čupanju bušačeg pribora, uz pomoć vitla i hidrauličke bušaće glave. Tokom povlačenja pribora treba pokušavati da se uspostavi rotacija pribora i cirkulacija isplake. Ukoliko se ostvari rotacija treba je održavati za sve vreme izvlačenja, i to laganim podizanjem i spuštanjem pribora. Istovremeno, treba pokušavati da se uspostavi i cirkulacija isplake. Ako se ni na ovaj način ne može osloboditi pribor, onda se njegovo izvlačenje vrši uz pomoć **mehaničkih ili hidrauličkih dizalica**. Često puta ni ovaj postupak ne uspe, ili dođe do kidanja bušaćih šipki. U tom slučaju spašava se ono što se može spasiti odnosno, pristupa se odvrtanju bušaćih šipki do iznad zaglave. Zatim se, sa produženim jezgrenom cevima (6, 9 ili 12 m), uz rotaciju vrši ispiranje, nabušivanje, intervala u kome je zarobljen bušaći pribor. Nakon vađenja pribora kojim je vršeno ispiranje, u bušotinu se spušta pribor kojim se vrši odvijanje. Postupak se ponavlja sve dok se ne odviše i poslednja bušaća šipka, a u bušotini ostane samo jezgrina cev.

SPAŠAVANJE ZAGLAVLJENOG BUŠAĆEG PRIBORA

Onda se ako je moguće, vrši proširenje bušotine jezgrenim cevima većeg prečnika odnosno, izvodi se nabušivanje i vađenje zarobljene jezgrine cevi, kao “jezgra”.

Međutim, ako je zarobljena jezgrena cev velikog prečnika, onda se vrši njeno probušivanje manjim prečnikom i nastavak daljeg bušenja. Ovi postupci su prilično rizični, tako da je uspeh neizvestan i malo verovatan. Obično se bušotina ponavlja ako nije dostignuta velika dubina. Ako je dno bušotine na velikoj, a blizu završne dubine, onda se vrši skretanje bušotine, izradom cementnog čepa i postavljanjem skretnice.

OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI

U toku bušenja, i pored preduzimanja preventivnih mera, dolazi do havarija. Havarije, do kojih najčešće dolazi u toku bušenja, možemo svrstati u sledeće grupe:

- kidanje i lomljenje kolone bušačkog pribora i obložnih cevi;
- odvrtanje, na spojevima, dela kolone bušačkog pribora;
- kidanje užeta za bušenje i karotažnog kabla;
- propadanje u bušotinu kolone bušačkog pribora, obložnih cevi, alata i stranih tela.

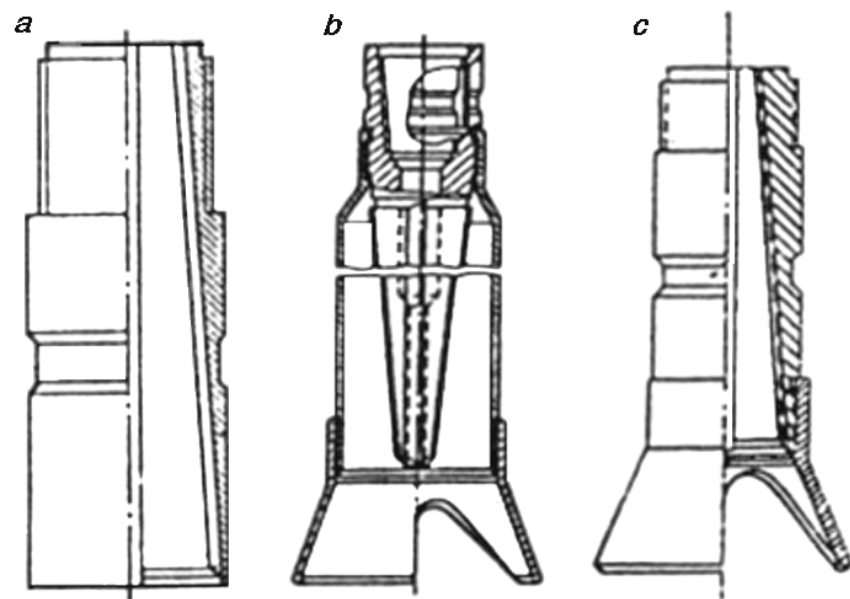
Otklanjanje havarija u bušotini predstavlja složen i odgovoran proces. Postupak spašavanja zavisi od vrste havarije i raspoložućeg pribora i opreme.

Postupak spašavanja pokidanog ili odvijenog bušačkog pribora izvodi se na sledeći način: Prvo se izvadi slobodni gornji deo pribora. Izmeri se njegova dužina i uporedi sa dubinom bušotine, na osnovu čega se ustanovi dubina gornjeg kraja pribora ostalog u bušotini. Potom se, radi pravilnog odabira pribora za spašavanje - hvatanje, vrši snimanje gornjeg kraja ostalog bušačkog pribora. Snimanje se najčešće izvodi uz pomoć pečata sa voskom, parafinom ili olovom. Pečat se, uz pomoć bušačkih šipki, polako spušta i pod malim

OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI

zaostali pribor. Pečat se vadi napolje da bi se na osnovu otiska ustanovio položaj i oblik preloma zaostalog pribora. Ukoliko je prelom ravan, a zaostali pribor u osi bušotine, onda je oko centra pečata otisak u obliku celog kruga. Ako je prelom kos, otisak neće biti ceo krug, već luk (deo kruga) čija dužina zavisi od nagiba preloma. U slučaju da je zaostali pribor iskošen, otisak na pečatu odstupaće od centra. Ukoliko je veće iskošenje biće i veće odstupanje od centra.

Ako je havarija nastala odvijanjem, a šipka ostala u osi bušotine, za spašavanje se koristi **trn** ili **zvono**. **Kada je na vrhu šipke unutrašnji navoj, koristi se trn, a ako je navoj spoljni, koristi se zvono.** Trn ili zvono, (slika), uz pomoć bušaćih šipki, pažljivom rotacijom se navrću u unutrašnji, ili spoljašni navoj šipke, do stvaranja čvrste veze. Uspostavlja se cirkulacija isplake i pribor se polako izvlači iz bušotine.



Izgled zvona:

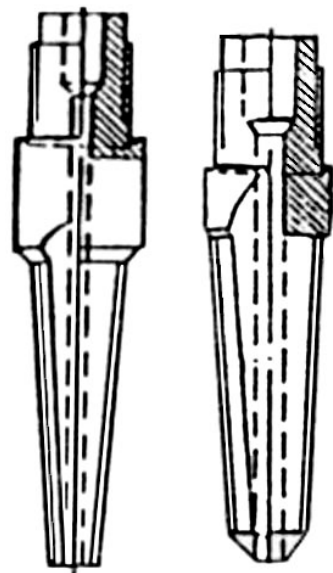
a - običnog, b - sa trnom i vođicom, c - sa vođicom

OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI

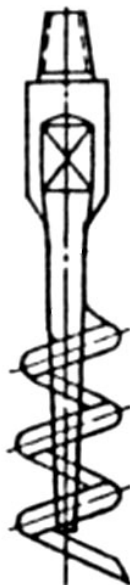
U slučaju da je šipka iskošena, onda se prvo uz pomoć **kuke ili spirale centrira** (slika na narednom slajdu), a zatim se sa zvonom ili trnom vadi iz bušotine. Da bi se skratilo vreme i smanjio broj operacija, u ovom slučaju moguće je spašavanje pribora primenom **zvona sa vođicom ili trna sa spiralom**. Trn i zvono su konusnog oblika, sa unutrašnjim odnosno, spoljašnjim navojem. Navoj je znatno sitniji od onog na šipkama, da bi se ostvarila čvrsta veza. Mogu biti sa levim i desnim navojem, kako bi se izbeglo odvijanje šipki u toku spašavanja. Spašavanje bušačkih šipki, na čijem je vrhu spojnica, koja je većeg prečnika od šipki, moguće je pomoću “**overšota**” (slika na narednom slajdu). Pri navlačenju overšota preko spojnice šire se njegove povijene elastične opruge. U trenutku kada se opruge spuste ispod spojnice, dolazi do njihovog skupljanja. Povlačenjem naviše opruge se priljubljuju uz šipku i kačeći se za čelo spojnice povlače zaostali pribor.

Izvlačenje dela kolone bušačkih šipki ili obložnih cevi moguće je pomoću **hidraulične cevi**, (slika na narednom slajdu). Hidraulična cev se uz pomoć bušačkih šipki, bez rotacije uvlači u cev min. 200 mm. Posredstvom pumpe odnosno, pritiska isplake, nazubljeni elementi se aktiviraju, šire i zahvataju zev. Pri zatezanju, povlačenjem naviše, nazubljeni elementi se još više urezuju u telo cevi, što povećava sigurnost hvatanja. Ako se havarisani pribor ne

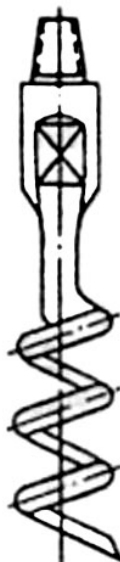
OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI



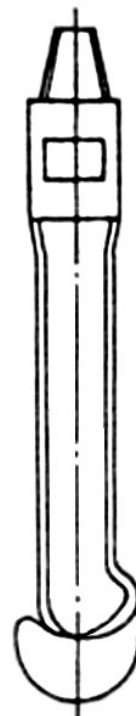
a



b

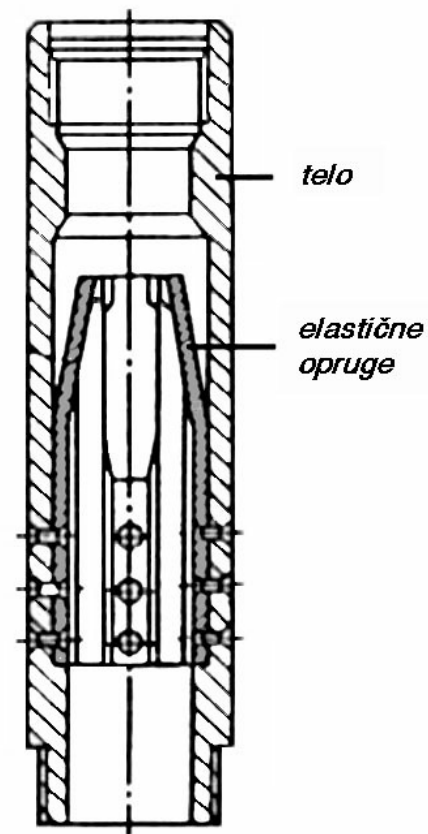


c



d

Pribor za likvidaciju havarija: a - trn, b - trn sa spiralom, c - spirala, d - kuka

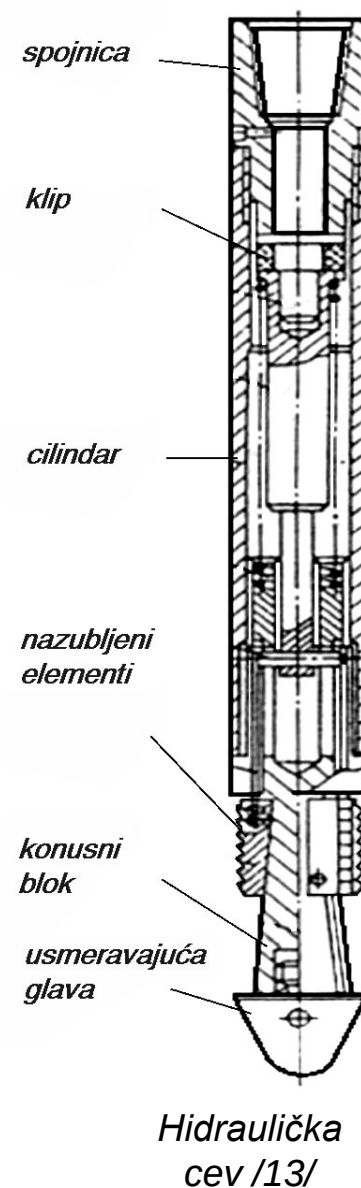


Overšot za spašavanje bušaćih šipki

OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI

može izvući, onda se isključi pumpa za isplaku i hidraulična cev se oslobađa i izvlači napolje.

Često pri kidanju šipke ostaju bez navoja ili dolazi do njihovog oštećenja, tako da se ne mogu primeniti standardni načini spašavanja. U tim slučajevima koristi se “šlips”, specijalni pribor za spašavanje. Šlips funkcioniše na principu koji je sličan onom pri otkidanju jezgra sa hvatačem. Pri spuštanju i navlačenju na šipku šire se nazubljeni konusni segmenti, a pri povlačenju na više dolazi do stezanja šipke. Tako se ostvaruje čvrsta veza potrebna za vađenje pribora iz bušotine.



OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI

Veoma često dešavaju se havarije sa jezgrenim cevima, pa one ostaju na dnu bušotine.

Najčešće dolazi do oštećenja ili odvijanja na navojima prelaza sa jezgrene cevi na bušaće šipke. Njihovo spašavanje moguće je sa trnom, ako je ostao unutrašnji navoj. Nakon ostvarivanja čvrste veze navrtanjem trna, pokušava se uspostavljanje cirkulacije isplake, a potom se šipke povlačenjem vade.

Ako je nemoguće vađenje trnom, onda se vrši **nabušivanje** ukoliko je prečnik zaostale jezgrene cevi mali, ili se vrši **probušivanje** ukoliko je prečnik zaostale jezgrene cevi veliki. Ovi postupci su istovetni kao i u slučaju spašavanja zaglavljenog pribora, a koji je napred opisan. Vađenje, upalih ili blokiranih obložnih kolona, iz bušotine može se izvesti na nekoliko načina:

- **čupanjem pomoću vitla i hidrauličnog uređaja bušaće garniture** ili pomoću mehaničkih i hidrauličkih dizalica. Prethodno se uz pomoć trna za obložne kolone, ili nekim drugim priborom, uspostavi veza sa gornjim krajem zaostale kolone;
- **odvijanjem pomoću pribora za spašavanje**, koji je sa suprotnim navojem od navoja obložnih kolona. Ova operacija je slična odvijanju zaglavljenog bušaće pribora;

OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI

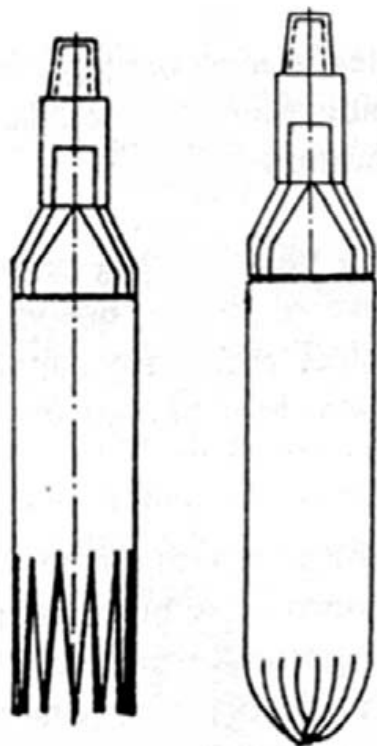
Ukoliko se obložne kolone ne mogu izvući na prethodne načine, onda se one seku i vade deo po deo. **Sekač** se montira na bušaće šipke i spusti do dubine gde je planirano sečenje. Zatim se uključi cirkulacija isplake koja otvara noževe sekača, uključi rotacija i iseče deo obložne kolone koji se potom uz pomoć pribora za spašavanje vadi iz bušotine. Operacija se ponavlja dok se ne izvadi čitava obložna kolona.

Ako je kolona cementirana, a bušotinu treba očistiti radi nastavljanja bušenja istim prečnikom kojim je bušeno do ugradnje kolona, one se mogu iseći odnosno, rajbovati. Uz prilagođen režim bušenja za sečenje metala, sa manjim brojem obrtaja i osovinskim pritiskom i sa većom količinom isplake, rajbovanje se izvodi jednostrukom, debelozidnom, jezgrenom cevi na kojoj je navrnuta vidija kruna. **Zbog velikih opterećenja koja trpe, krune veoma često stradaju, kidaju se i ostaju u bušotini.** Krune se na dnu bušotine drobe ili razbijaju eksplozivom, a zatim se njihovi delovi vade jakim magnetima ili paukom, (slika na narednom slajdu).

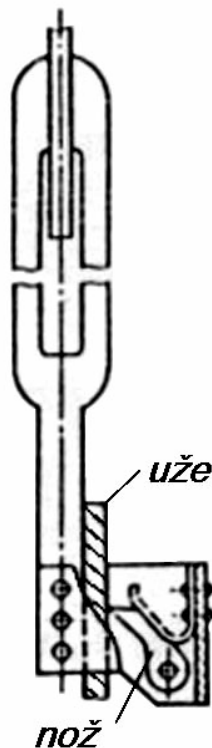
Pauk je tankozidna nazubljena čelična cev, koja se spušta bušaćim šipkama. Na dnu, pod pritiskom, zatvaraju se nazubljene trake i hvataju predmet koji treba izneti iz bušotine.

OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI

Uz pomoć pauka vade se i drugi sitniji predmeti, koji nepažnjom često dospevaju u bušotinu. Često se dešava da pri spuštanju i vađenju bušačkog pribora dođe do kidanja užeta, ili kabla pri karotažnim merenjima. Ako je sa priborom u bušotinu upao i deo užeta, onda je vađenje pribora moguće uz pomoć jednostruke ili dvostruke udice (slika).

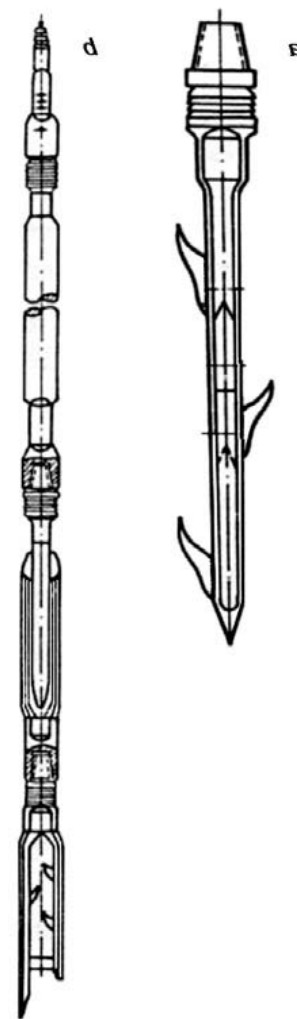


Izgled pauka



Sekač užeta

*Udica:
a - jednostruka
b - dvostruka*



OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI

Udica se spušta na bušačim šipkama do određene dubine, a onda se rotira par puta da bi se oko nje namotalo uže. Povlačenjem oštri trnovi udice zabadaju se u snopove užeta, ostvarujući čvrstu vezu za vađenje pribora.

Ako je usled nepažnje pri spuštanju pribora užetom, došlo do deformacija i zaglavljivanja pribora, onda je neophodno preseći uže. Specijalnim priborom (slika na prethodnom slajdu), koji se spušta niz uže, ono se seče iznad samog zaglavljenog pribora. Pribor se zatim spašava na jedan od napred opisanih načina.

Na narednim slajdovima prikazani su pojedini alati za vađenje zaostalog bušaćeg pribora.

OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI

ALLIGATOR GRAB



<https://www.limaroiltools.com/wireline/alligator-grab>

<https://www.youtube.com/watch?v=ElUTUJJ8L7M&list=PLgg4hMgqzvuiQMqb6-hQgsir9kGu8Oe2b&index=1>

OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI

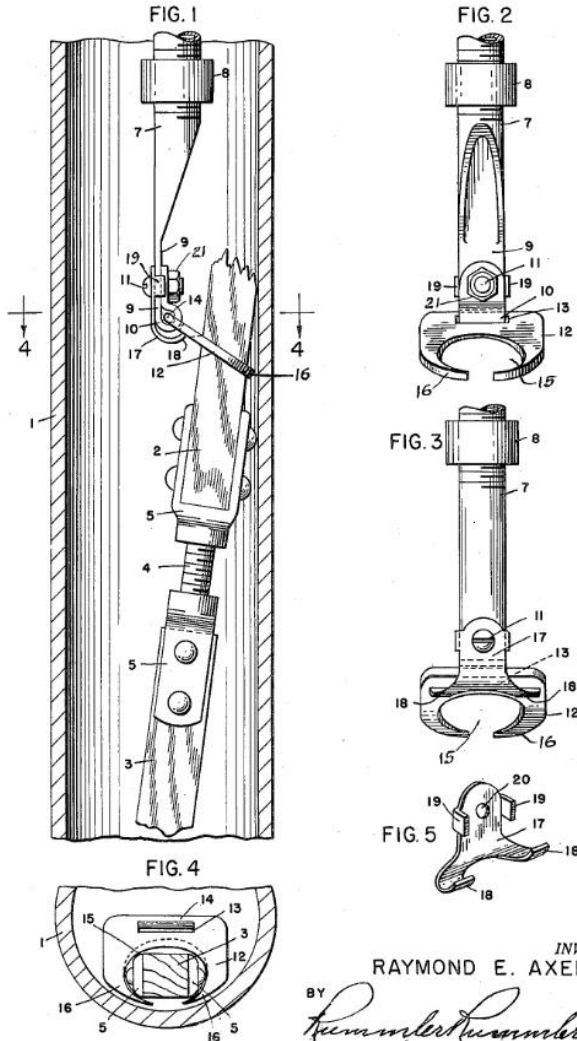
March 25, 1952

R. E. AXELSTROM

2,590,487

WELL ROD GRAB

Filed Nov. 30, 1948

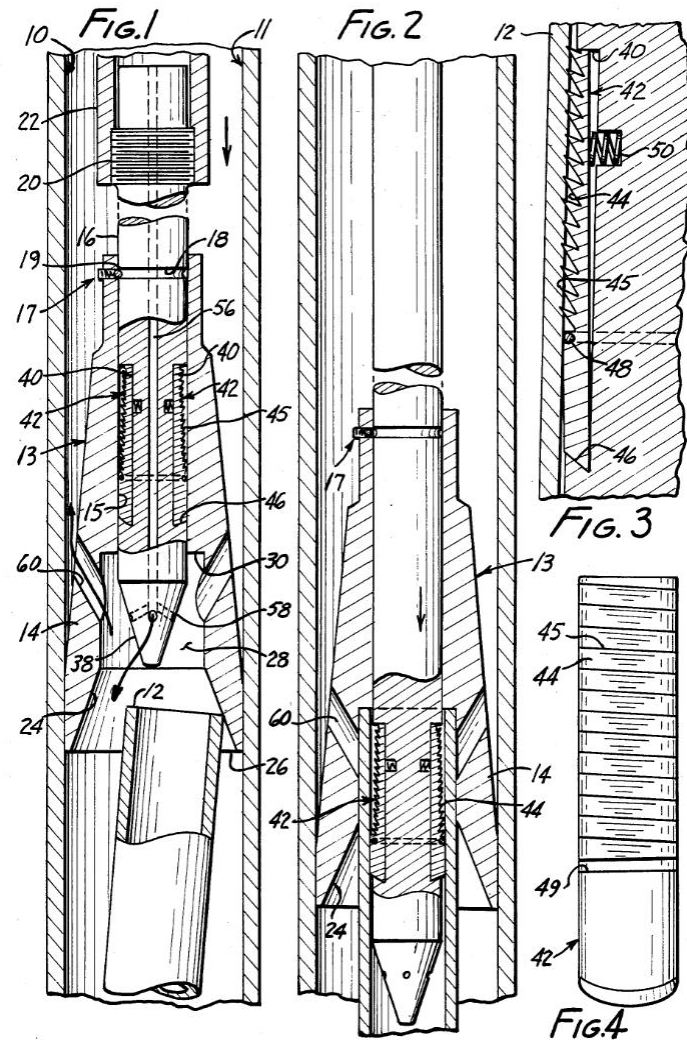


INVENTOR:
RAYMOND E. AXELSTROM
BY *Raymond E. Axelstrom*
ATT'YS

U.S. Patent

Apr. 8, 1986

4,580,826



OTKLANJANJE HAVARIJA U BUŠOTINI

<https://www.thewowstyle.com/all-about-wireline-services/>



TAMPONIRANJE I CEMENTACIJA ISTRAŽNIH BUŠOTINA

Praktično nezaobilazne radove pri istražnom bušenju predstavljaju operacije **tamponiranja, cementacije i zacevljenja bušotina**. Primenjuju se u cilju:

- povećanja sigurnosti u radu pri bušenju;
- stabilizacije zidova bušotina;
- stabilizacije obložnih kolona;
- zaštite obložnih kolona od korozije i deformacija;
- sprečavanja naglih i velikih gubitaka fluida;
- izolacije vodonosnih, gasonosnih ili naftonosnih slojeva;
- ugradnje pijezometarskih konstrukcija;
- skretanja bušotine;
- učvršćivanja zidova bušotine, ako bušotina ima trajnu namenu;
- likvidacije bušotine, po završetku predviđenih istraživanja u njoj.

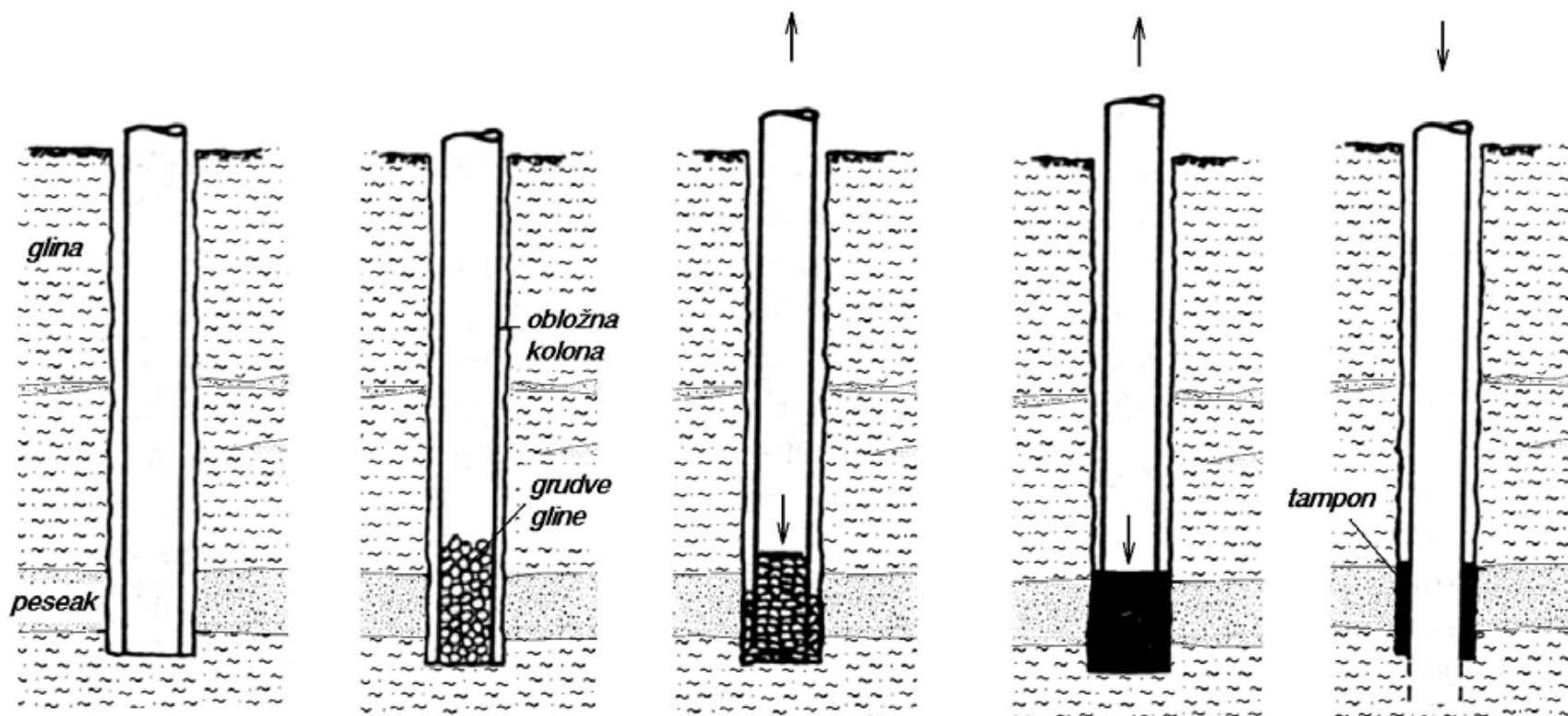
TAMPONIRANJE

Za tamponiranje koriste se **visokoplastične, bentonitske, kaolinitske ili ilitske gline**. U nekim slučajevima, **kao dodaci** glinama, **koristi se cement** i neke druge hemijske supstance. Tamponiranje se izvodi u različitim geološkim uslovima, a sam postupak u velikoj meri zavisi i od problema koji se ovom operacijom rešava. Tamponiranje odnosno, međusobna izolacija vodonosnih horizonata u peskovito-šljunkovitim naslagama, može se uspešno izvesti pomoću obložnih kolona i glinenog tampona. Postupak tamponiranja, prikazan na slici na narednom slajdu, izvodi se za svaki vodonosni horizont po istom principu, a svodi se uglavnom na sledeće operacije: bušenje kroz sedimente u povlati vodonosnog horizonta izvodi se bez ili sa obložnih kolona ako su zidovi bušotine nestabilni. Pri ulasku u vodonosni horizont bušotina se obavezno zacevljuje, registruje se nivo podzemne vode i uzimaju uzorci za hemijske analize. Nakon spuštanja obložne kolone u podinske sedimente vodonosnog horizonta, konstatuje se nivo izdani, a zatim se pod osovinskim pritiskom kolona utiskuje u njih, koliko je moguće. Kroz obložnu kolonu, sa smanjenim prečnikom, izvrši se produbljivanje bušotine za 2 - 3 m.

Potom se vrši utiskivanje kolone do orta, koja pri tom obrađuje zidove proširujući bušotinu.

TAMPONIRANJE

Izolacija nije uspela ukoliko se utvrdi da u koloni, i pored utiskivanja, voda zadržava pređašnji nivo. U tom slučaju, u bušotinu se ubacuju loptice gline koje se uz pomoć tega nabijaju, uz istovremeno postepeno podizanje obložne kolone. Podizanje kolone, uz istovremeno nabijanje gline, vrši se u intervalima od 10 - 15 cm, sve dok dno kolone ne bude za 0,5 - 1,0 m iznad vodonosnog sloja. U tako formiran glineni čep ponovo se utiskuje obložna kolona pod pritiskom što bliže ortu bušotine.



Šematski prikaz tamponiranja vodonosnog sloja peska

TAMPONIRANJE

Nakon utiskivanja kolone vrši se provera tamponiranja, **crpljenjem vode** iz, ili **nalivanjem vode u bušotinu**. **Ako nivo vode ne raste nakon crpljenja, ili ne opada nakon nalivanja, znači da je tamponiranje uspelo.** U protivnom postupak se ponavlja sve dok ne uspe. Tek tada, nastavlja se **bušenje do drugog horizonta**, trećeg i dubljih po potrebi, vrši se njihovo testiranje i tamponiranje. Ukoliko je i nakon više pokušaja tamponiranje neuspešno, onda se buši nova bušotina većeg početnog prečnika, koji olakšava tamponiranje.

U bušotinu, izvedenu po napred opisanom postupku, a radi dugoročnih opažanja i praćenja režima podzemnih voda, ugrađuje se **baterija pijezometara**.

Baterija pijezometara predstavlja **više pijezometarskih konstrukcija u jednoj istražnoj bušotini, od kojih svaka odražava hidrogeološko stanje jednog vodonosnog horizonta**. Ona predstavlja najekonomičniju varijantu, pod uslovom da se uspešno izvede. U suprotnom, moralo bi se na jednoj lokaciji bušiti više bušotina i u svakoj od njih ugrađivati po jedna pijezometarska konstrukcija za praćenje režima više postojećih vodonosnih horizonata. Pri ugradnji baterije pijezometara, koja se najčešće sastoji od 2, ređe 3 pijezometarske konstrukcije (slika na narednom slajdu), tamponiranje odnosno, izolacija

TAMPONIRANJE

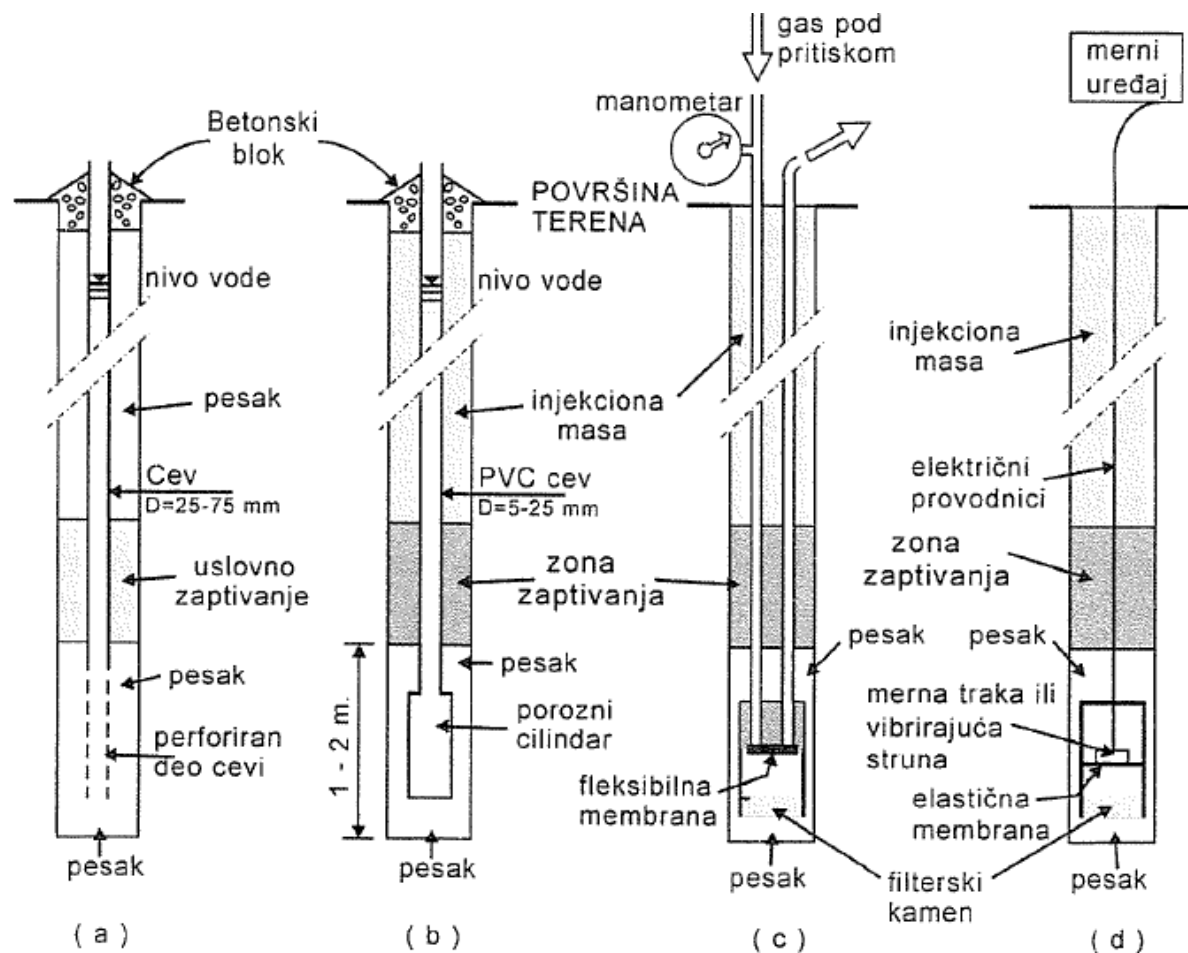
vodonosnih horizonata predstavlja najosetljiviju operaciju, od koje u krajnjem slučaju i zavisi uspešnost izrade baterije. Broj pijeziometarskih konstrukcija pre svega zavisi od broja vodonosnih horizonata, i od konstrukcije odnosno, prečnika istražne bušotine. Postupak izrade baterije pijeziometara vrši se postupno, po etapama kako je i prikazano na slici na narednom slajdu.

Šeme pijeziometara u bušotini a) i b) otvoreni, c) pneumatski, d) električni (Maksimović, 2008)

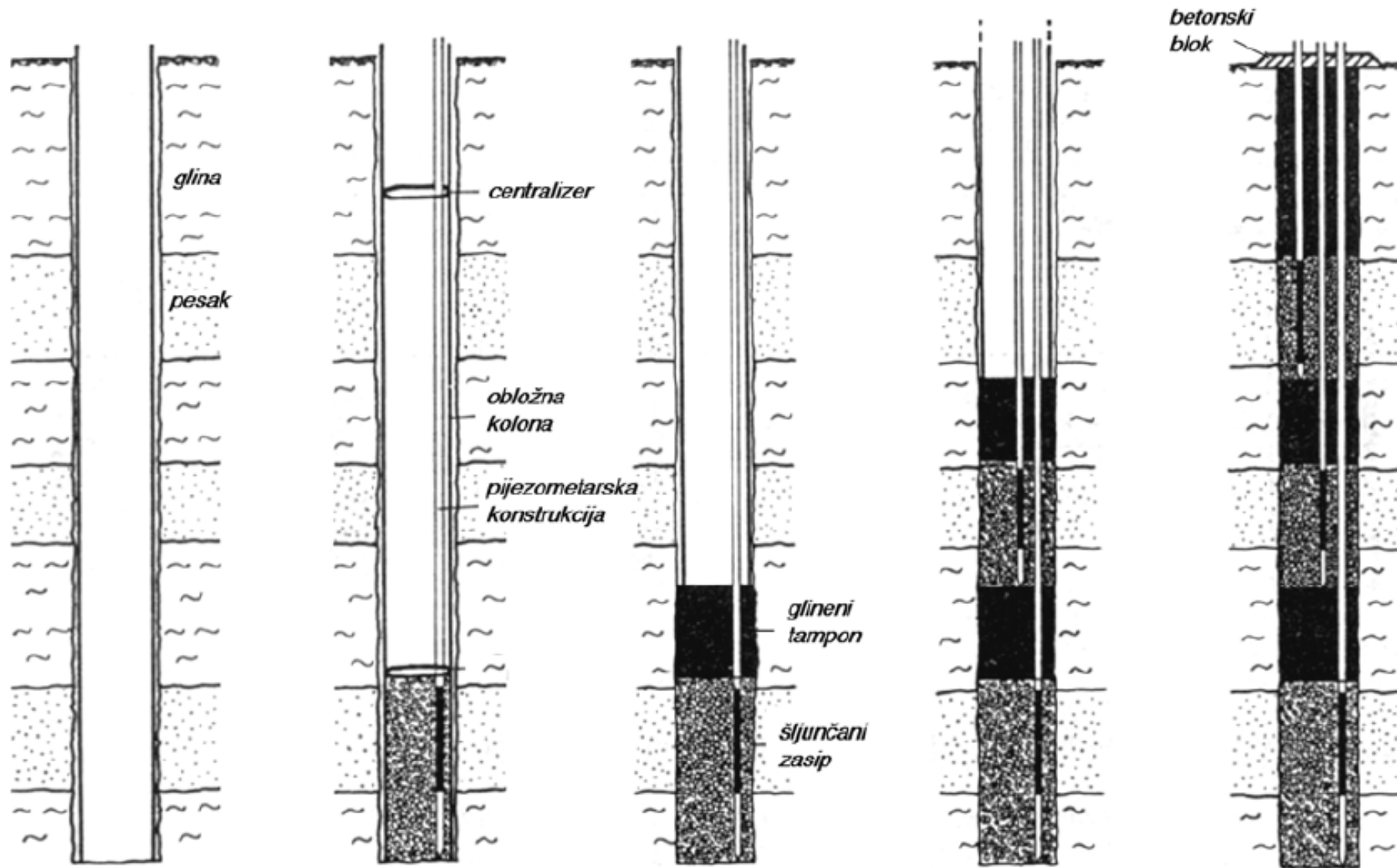
<https://irp-cdn.multiscreensite.com/00a3559e/MOBILE/pdf/imagedea7.pdf?i=349291.pdf&fn=>

<https://durhamgeo.com/piezometers/>

<https://www.encardio.com/blog/piezometers-types-functions-how-it-works/>



TAMPONIRANJE



Šematski prikaz izrade baterije pjezometara /21/

TAMPONIRANJE

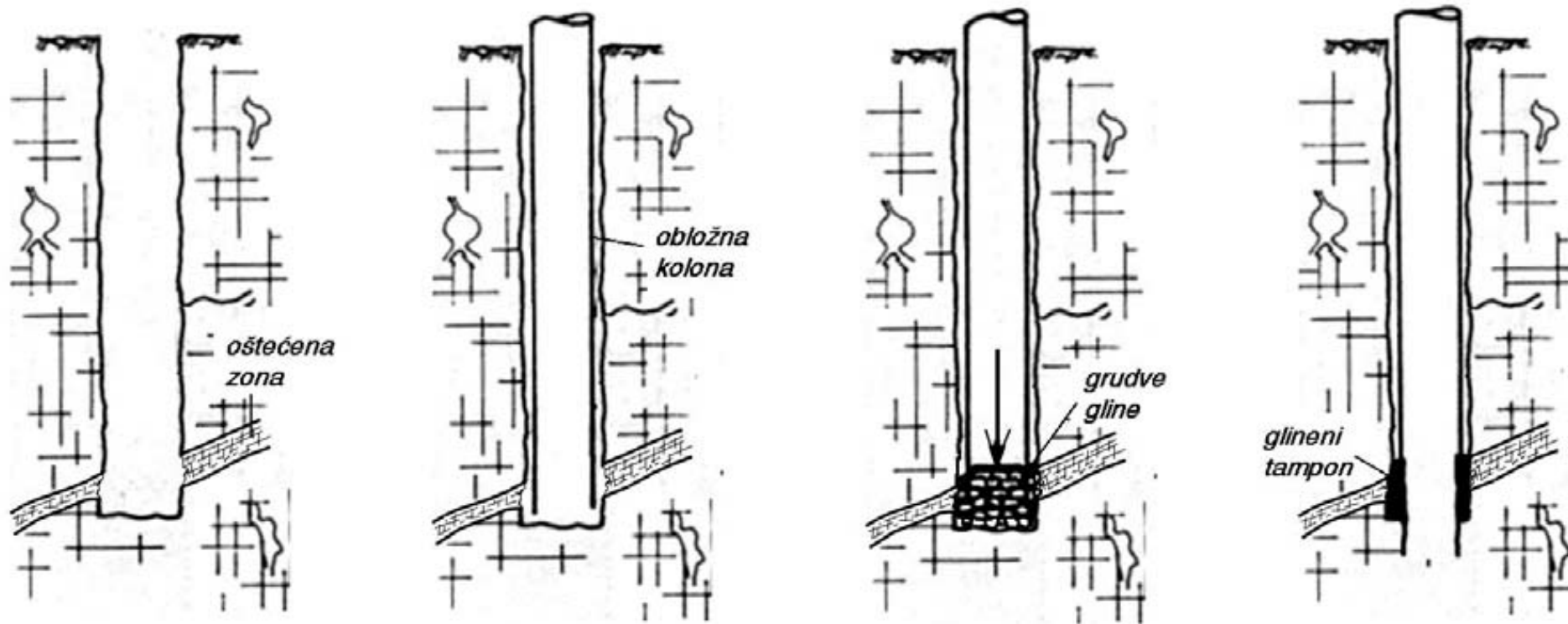
U istražnu bušotinu, sa ugrađenom zaštitnom kolonom minimalnog prečnika 98 mm, ugrađuje se pijezometarska konstrukcija; **taložnik, filterski deo i nadfilterska cev**. Obično su prečnici cevi nešto manji od normalnih, maksimalno do 50 mm. U zoni taložnika i iznad filtera postavljaju se **asimetrični centralizeri**, koji omogućuju nesmetanu, kasniju ugradnju sledeće pijezometarske konstrukcije. Nakon spuštanja pijezometarske konstrukcije, u bušotinu ubacuje se šljunčani zasip uz postepeno povlačenje obložne kolone sve do povlatnog sloja. Nakon ugradnje filterskog zasipa **ispira se pijezometarska konstrukcija**. Zatim se podiže obložna kolona i vrši ugradnja glinenog tampona. Ubacivanje loptica gline je postepeno, u intervalima od 1 - 2 m, a zatim se uz pomoć bušaćih šipki vrši sabijanje gline. Postupak se ponavlja sve do visine od 2 - 3 m ispod sledećeg vodonosnog horizonta. Provera tampona vrši se nalivanjem vode u pijezometarsku konstrukciju i praćenjem nivoa u obložnoj koloni. Ako se menja nivo u obložnoj koloni postupak tamponiranja nije uspeo. Ponovo se ubacuju nove količine gline i vrši se njihovo sabijanje sve do potpune izolacije vodonosnog horizonta. koliko je tamponiranje uspelo, u bušotinu se spušta druga, unapred pripremljena, pijezometarska konstrukcija. Zatim se sve operacije ponavljaju kao u prethodnom slučaju.

TAMPONIRANJE

Nakon provere zaptivanja drugog tampona, ugrađuje se treća pijezometarska konstrukcija, **filterski zasip, završni tampon i betonski blok**. Po ugradnji baterije vrši se ispiranje svih pijezometara, a nakon toga izvode se odgovarajuća osmatranja i ispitivanja po **projektom predviđenoj dinamici**.

U toku bušenja kroz čvrste stene, mogu se pojaviti određeni intervali sa jako ispucalim, smrvljenim ili raspadnutim stenama, koji se pri bušenju zarušavaju. Da bi se u takvim intervalima bušenje izvelo uspešno, stabilizacija zidova bušotine izvodi se tamponiranjem sa glinom, a ne retko, glinama se dodaje cement. Nakon nailaska na zone sa nestabilnim zidovima bušotine, tj. nakon pojava zarušavanja zidova bušotina odredi se interval koji je neophodno tamponirati. **U bušotinu se ubacuju kuglice gline, eventualno sa dodatkom cementa, i sabijaju se.** Pri sabijanju glina zapunjava pukotine i vezuje sitne odlomke stene (slika na narednom slajdu). Ovakav način stabilizacije zidova bušotine preporučuje se samo za kraće nestabilne intervale, 1 - 2 m. Ukoliko u toku daljeg bušenja dođe do ponovnog zarušavanja pomenutih intervala ono veoma lako može izazvati zaglavu bušačkog pribora. Tada se pomenuti interval mora cementirati ili **bušotina zaceviti obložnim kolonama**.

TAMPONIRANJE



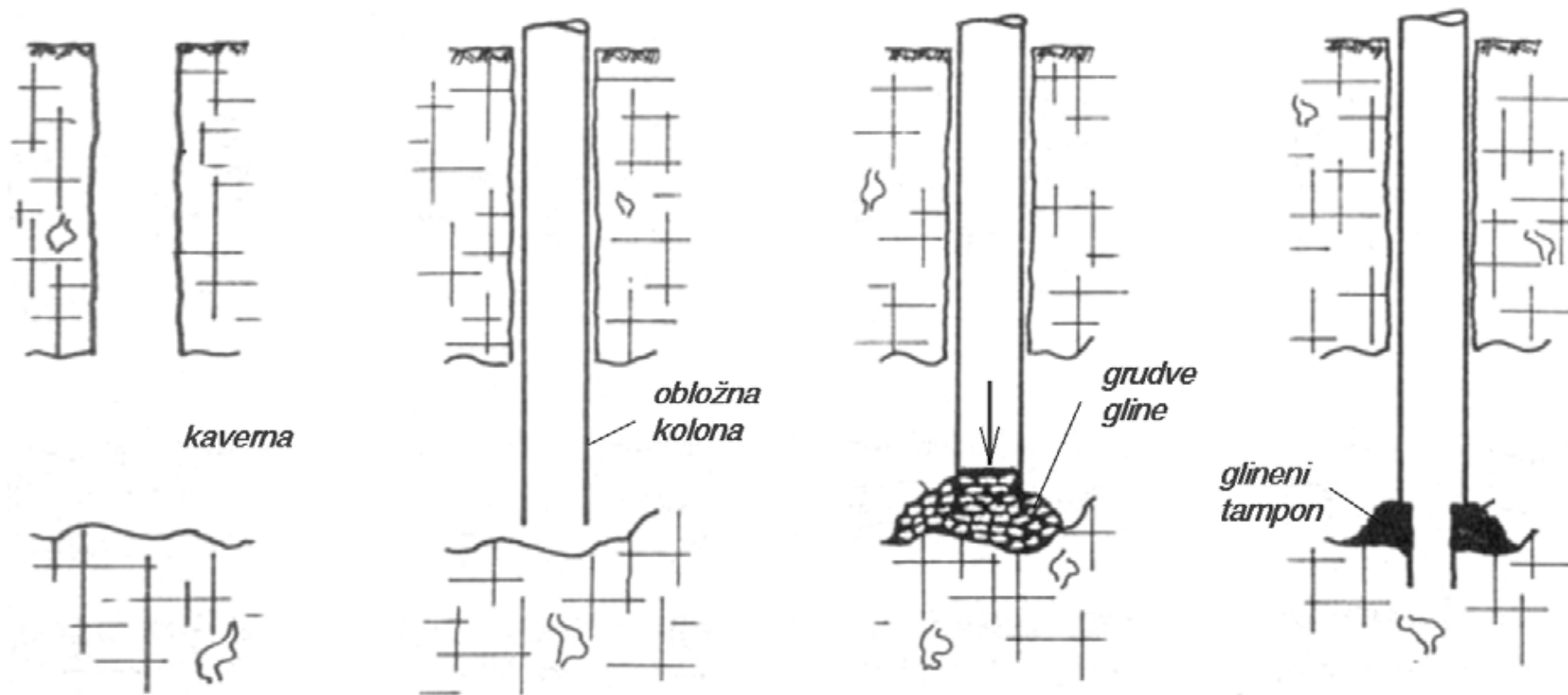
Šematski prikaz tamponiranja oštećenih zona

TAMPONIRANJE

Pri bušenju u **intenzivno ispucalim i karstifikovanim krečnjacima**, posebno u nadizdanskoj zoni, najčešći problem predstavlja **naglo gubljenje fluida** za bušenje. To se može desiti i više puta u toku izrade iste bušotine, što iziskuje veliki trud i ulaganje, a ujedno znatno usporava i poskupljuje radove. **Propadanje pribora** odnosno, zbog pojava kaverni u karstu može da iznosi i do **nekoliko desetina metara**. Pri nailasku na njih, potrebno je pažljivo proučiti sve promene u toku bušenja koje su prethodile propadanju pribora, režim bušenja, gubljenje isplake, početak i kraj propadanja pribora. Nakon toga, u bušotinu se upumpava voda da bi se utvrdilo da li je kapacitet pumpe veći ili manji od gubljenja u bušotini. **Zatim se bušaći pribor vadi napolje** radi provere njegove ispravnosti. **Potom se spušta u bušotinu**, ponovo se proverava dubina kaverni, i pažljivo uz smanjen broj obrtaja i optrećenja na krunu, **zabuši se interval od 1 - 1,5 m**. **Pribor se ponovo vadi**, a **u bušotinu se ugrađuje obložna kolona**, pri čemu je posebno važno da ona bude spuštена do dna bušotine (slika na narednom slajdu). **Potom se kolona podiže za oko 1 m** i kroz nju se ubacuju loptice od bentonitske gline, a zatim se vrši njihovo sabijanje i utiskivanje kolone u glineni tampon. Promenom prečnika, kroz obložnu kolonu, nastavlja se dalje bušenje do projektovane dubine. **Veoma čest slučaj pri bušenju u karstifikovanoj sredini je**

TAMPONIRANJE

intenzivno gubljenje isplake bez većeg propadanja pribora.



Šematski prikaz tamponiranja obložne kolone u karstifikovanim krečnjacima

TAMPONIRANJE

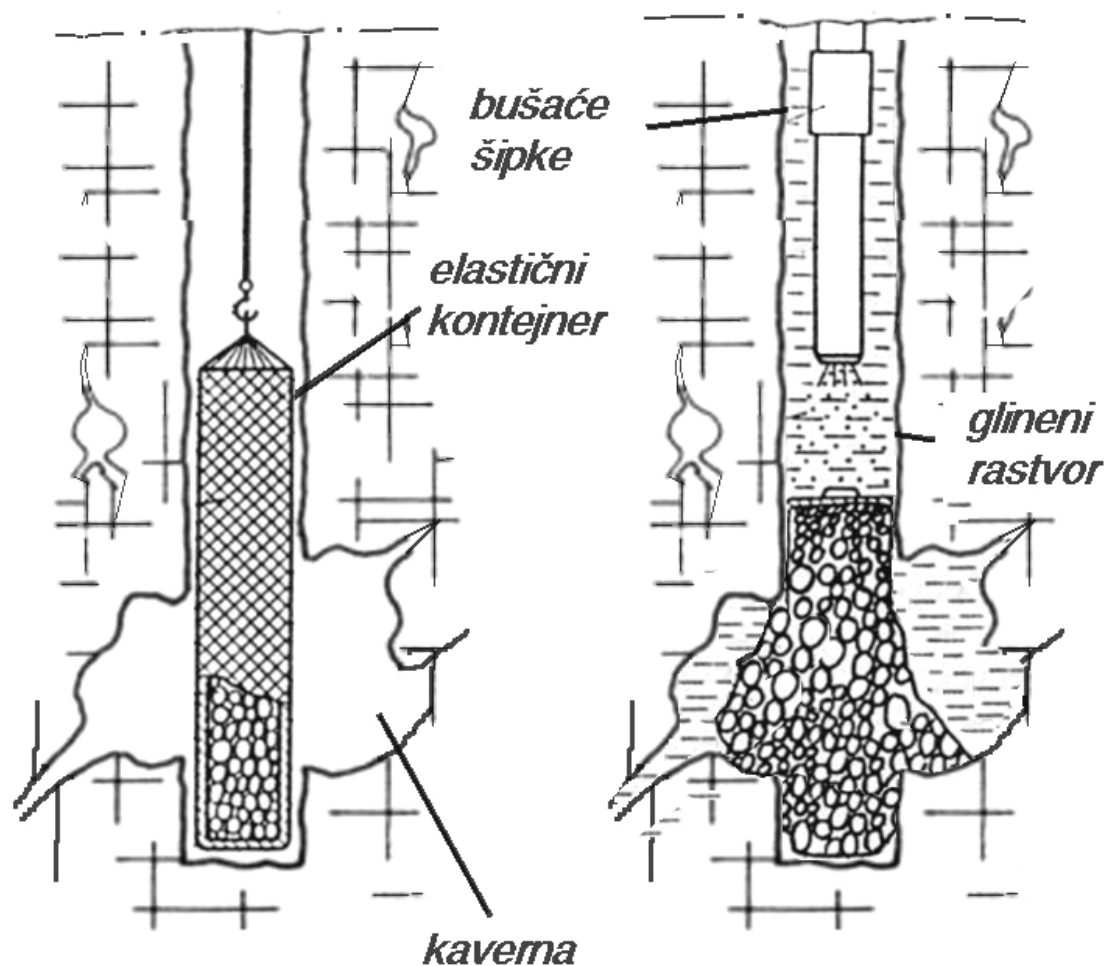
Da bi se sprečilo zaglinjavanje sredine isplakom i nabušenim česticama, a na neki način izbeglo zacevljivanje bušotine kao skupo rešenje, veoma često se izvodi **tamponiranje nakon ubacivanja u bušotinu elastičnih kontejnera sa valuticama šljunka**. Kroz bušotinu odnosno, u zonu kaverni ili većih karstifikovanih pukotina gde se intenzivno gubi fluid, ubacuje se kontejner, plastična mreža ispunjena valuticama krupnozrnog šljunka uz pomoć užeta. Kontejner nakon rastresanja, višekratnim uzastopnim podizanjem i spuštanjem na dno i otkačinjanjem sa užeta, poprima oblik kaverne (slika na narednom slajdu). Potom, kontejner se zaliva gustom glinenom isplakom, kojoj se po potrebi dodaje i određeni procenat cementa. Bušenje se nastavlja obično sa lakom isplakom, koja isplačnim kolačem oblaže zidove, te ih na taj način stabilizuje a ujedno i sprečava gubljenje fluida za bušenje. Ovakav način tamponiranja je obično uspešan, a izvodi se relativno brzo i sa malim utrošcima materijala.

Pored navedenih iznetih primera, koji se najčešće susreću, u praksi istražnog bušenja, postoji znatno širi spektar mogućnosti primene tamponiranja. U svetu je poznato mnoštvo metoda tamponiranja glinama, uz primenu specijalnih materijala za oblaganje i popunu kaverni, koje se kasnije, po potrebi, lako uklanjaju i vraća se prvobitno stanje.

TAMPONIRANJE

Tamponiranje je moguće izvoditi samo na dnu bušotine, o čemu treba voditi računa i pravovremeno reagovati u toku bušenja. Naknadne intervencije, u intervalima visoko iznad orta bušotine, u cilju otklanjanja ranije nastalih problema, ovom metodom nisu moguće.

Šematski prikaz
tamponiranja kaverni uz pomoć
elastičnih kontejnera



CEMENTACIJA

Postupak cementacije predstavlja važnu operaciju i skoro redovno se izvodi pri istražnom bušenju. Da bi se cementacija uspešno izvela potrebno je pravilno izvršiti:

- **izbor cementne smeše i aditiva;**
- **pripremu smeše, rastvora;**
- **ugradnju smese** odnosno, primeniti odgovarajući tehnološki postupak.

Izbor, priprema i ugradnja cementne smeše zavise od mnogobrojnih, u prvom redu **geoloških, a zatim i od nekih drugih tehničko-tehnoloških faktora**. Međutim, izbor smeše i njena ugradnja, pre svega, zavisi od:

- **temperature i pritiska koji vladaju u bušotini;**
- **poroznosti odnosno, ispucalosti stenskih masa** u intervalu koji se cementira;
- **hemizma podzemnih voda;**
- **konstruktivnih elementa bušotine** u kojoj se cementacija izvodi.

U najvećem broju slučajeva, cementna smeša treba da ispuni 5 uslova, i to da ima:

CEMENTACIJA

- duže vreme početka vezivanja;
- kraće vreme vezivanja;
- manju vodopropusnost nakon vezivanja;
- veće čvrstoće nakon vezivanja;
- veću postojanost na agresivno delovanje voda, vrelih para i gasova.

Da bi se ispunili navedeni zahtevi, za cementaciju se ponekad koriste **posebne vrste visokokvalitetnih Portland cementa**. Proizvode se tri vrste cementa i to za ugradnju na: temperaturama do 40°C, na povišenim temperaturama 40 - 75°C i na visokim temperaturama 100 - 125°C, kakve su u dubokim istražnim bušotinama za termalne vode i geotermalnu energiju. **Cementna masa priprema se od vode i cementa u određenom težinskom odnosu. Odnos težine vode prema težini cementa $C_f = W/C$ naziva se vodocementnim faktorom i obično iznosi 0,4 - 0,5. Cementna smeša takvog odnosa ima specifičnu težinu od 18 - 20 kN/m³. Vreme početka vezivanja cementne smeše zavisi od vrste cementa i vodocementnog faktora. Za cementnu smešu, uobičajenog vodocementnog faktora 0,4 - 0,5 i od običnog Portland cementa, vreme početka vezivanja u bušotini sa**

CEMENTACIJA

temperaturom do 40°C iznosi od 3 - 7,5 sati. U bušotini sa temperaturom do 40 - 75°C ono je znatno kraće i iznosi od 2 - 3 sata. Vreme vezivanja cementa u prvom slučaju je 3, a u drugom 1,5 sat. Iz navedenih podataka jasno se vidi da je **temperatura jedan od najuticajnijih prirodnih faktora za vreme početka i vreme očvršćavanja cementne smeše.**

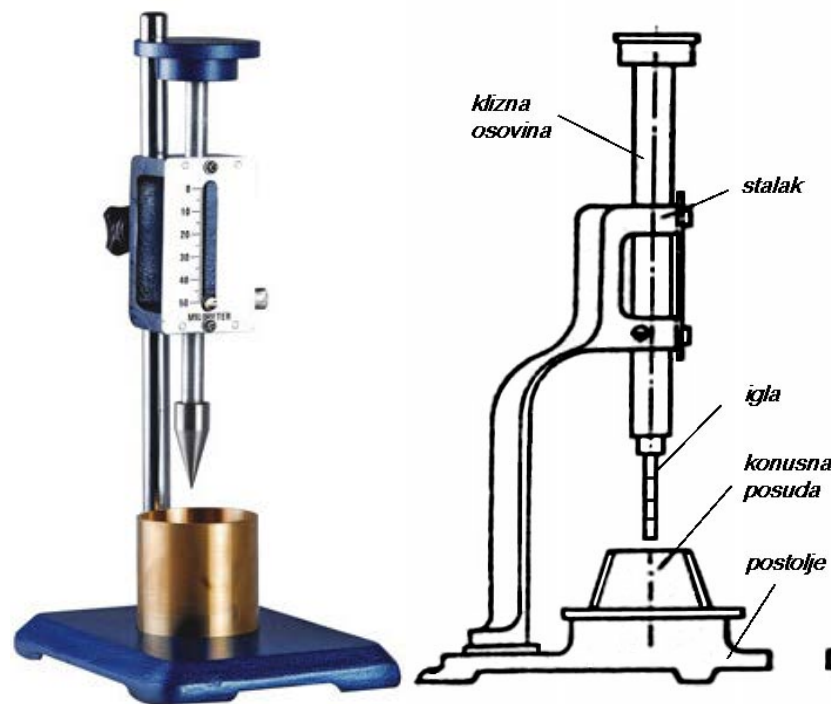
Vreme početka i kraja vezivanja cementne smeše podešava se prema dubini bušotine odnosno, potrebnom vremenu za izvođenje postupka cementacije. Da bi se vreme početka i kraja vezivanja ubrzalo ili usporilo, cementnoj smeši se dodaju **ubrzivači ili usporivači**. Kao ubrzivači vezivanja uglavnom se koriste CaCl_2 , NaCl , Na_2CO_3 , NaOH i dr., dok se kao usporivači vezivanja koriste karboksil-metilceluloza ili sulfit-alkoholna komina (sekundarni produkt gumarske industrije). Pre spravljanja cementne smeše za ugradnju, po određenoj recepturi, **naprave se probe** na kojima se utvrđuju vremena početka i trajanja vezivanja, tečljivost cementne smeše i dr. svojstva.

Određivanje početka i kraja vezivanja cementne smeše vrši se pomoću Vikat-ove igle (slika na narednom slajdu). Ovaj aparat, sastoji se od postolja i nosača sa kliznom

CEMENTACIJA

osovinom. Na donjem kraju klizne osovine nalazi se čelična igla, dužine 5 cm, prečnika 11 mm. Masa klizne osovine sa iglom iznosi 300 g. Određivanje vremena početka i kraja vezivanja utvrđuje se na osnovu povremenih merenja dubine uranjanja Vikatove igle u uzorak cementne smeše, koji se u konusnoj posudi postavlja na postolje aparata. Za početak vezivanja smatra se onaj trenutak kada Vikatova igla, usled sopstvene težine, ne prodire do dna uzorka za 5 - 7 mm.

Vreme koje je proteklo od trenutka spravljenja uzorka, pa do trenutka kada je ispunjen pomenut uslov, smatra se vremenom početka vezivanja. Trenutak kada igla ne prodire više od 1 mm u uzorak smatra se završetkom procesa vezivanja, a vreme vezivanja predstavlja period od početka do kraja vezivanja cementne smeše. Za razliku od navedenog, treba imati u vidu tzv. vreme potpunog očvršćavanja cementa, koje obično iznosi 28 dana, a ponekad i više.

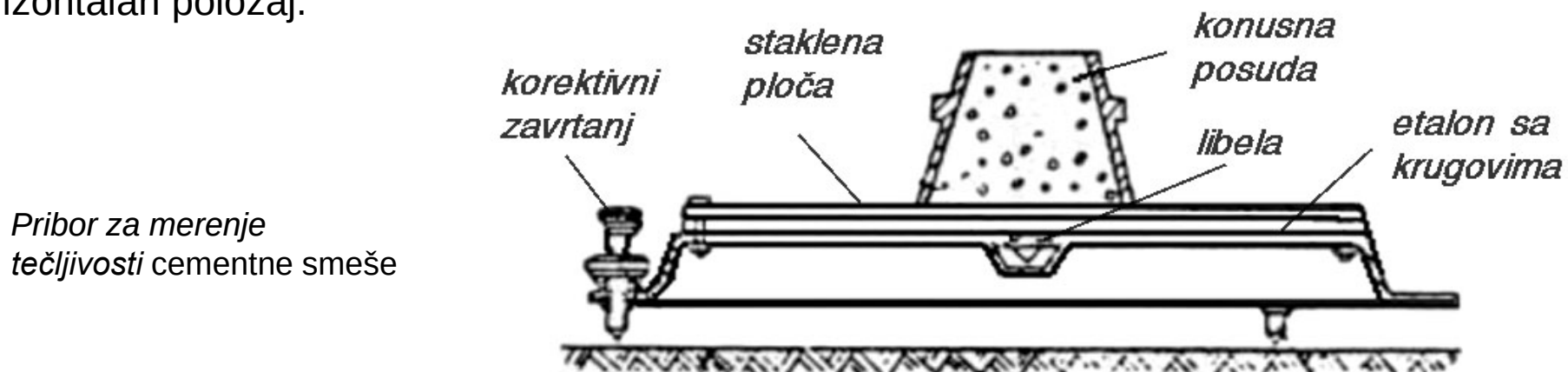


CEMENTACIJA

Tečljivost odnosno, mobilnost cementne smeše je veoma važan parametar, naročito pri cementaciji obložnih kolona kada treba zapuniti uzani prostor između njih i zidova bušotine.

Zavisí isključivo od vodocementnog faktora i finoće mliva cementa. U izvesnim slučajevima cementnoj smeši mogu se dodavati određeni **plastifikatori**, radi **povećanja tečljivosti**. Tečljivost cementne smeše meri se aparatom čiji je šematski prikaz dat na slici.

Aparat se sastoji od staklene ploče ispod koje se nalazi papir sa iscrtanim koncentričnim krugovima. Prvi krug je prečnika 64 mm, koliki je i donji prečnik posude, u vidu zarubljene kupe zapremine 120 cm³. Visina posude je 60 mm, a gornji prečnik 36 mm. Na stalak se postavlja staklena ploča, koja se uz pomoć korektivnih zavrtnjeva i libele postavlja u horizontalan položaj.



CEMENTACIJA

Postupak određivanja tečljivosti cementne smeše je sledeći: Pripremljena i dobro izmešana cementna smeša sipa se u posudu, koja je postavljena u centar, prethodno uhorizontaljene, staklene ploče. Naglim podizanjem posude izaziva se razlivanje cementne mase po staklenoj ploči u vidu kruga. Ako je prečnik razlivene cementne mase 17 - 18 cm, to znači da je smeša kvalitetno pripremljena.

Proračun potrebnih količina cementne smeše sračunava se po jednostavnom postupku, a na bazi geometrije bušotine, obložnih kolona i dužine intervala koji treba cementirati. Obično se pre cementacije, a radi tačnosti proračuna, ukoliko je bušotina nezacevljena, kaliperom izmere prečnici odnosno, snimi stanje zidova bušotine. **Pre cementacije bušotinu obavezno treba dobro isprati čistom, kvalitetnom isplakom.**

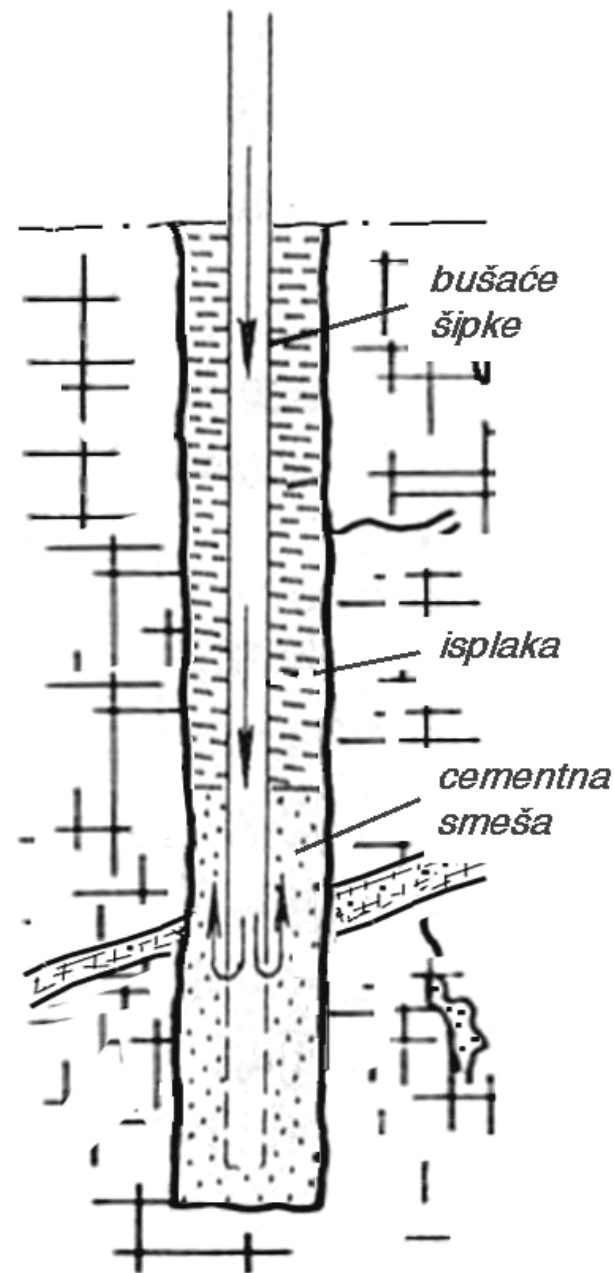
Cementni čep se izvodi u bušotini radi povećanja stabilnosti zidova, učvršćivanja obložnih kolona ili radi skretanja bušotine. Pri bušenju kroz tektonizirane, jako ispucale, zone često dolazi do zarušavanja zidova bušotina. Da bi se izbegle moguće zaglave bušačkog pribora, u cilju preventive vrši se cementacija zidova bušotine duž nestabilnih intervala.

CEMENTACIJA

Postupak cementacije, šematski prikazan na slici, izvodi se na sledeći način:

Kvalitetnom isplakom bušotina se dobro ispere, a zatim se kroz bušaće šipke ubacuje pripremljena cementna smeša. Šipke su spuštene do dna i u toku ubacivanja cementne mase ne podižu se, da ne bi došlo do mešanja cementa sa isplakom. Po ubacivanju, proračunate količine cementne mase, šipke se lagano podižu i vade iz bušotine. Obično se sačeka 24 - 48 časova, za vezivanje cementne mase, a zatim se proces bušenja nastavlja.

*Izrada
cementnog čepa*



CEMENTACIJA

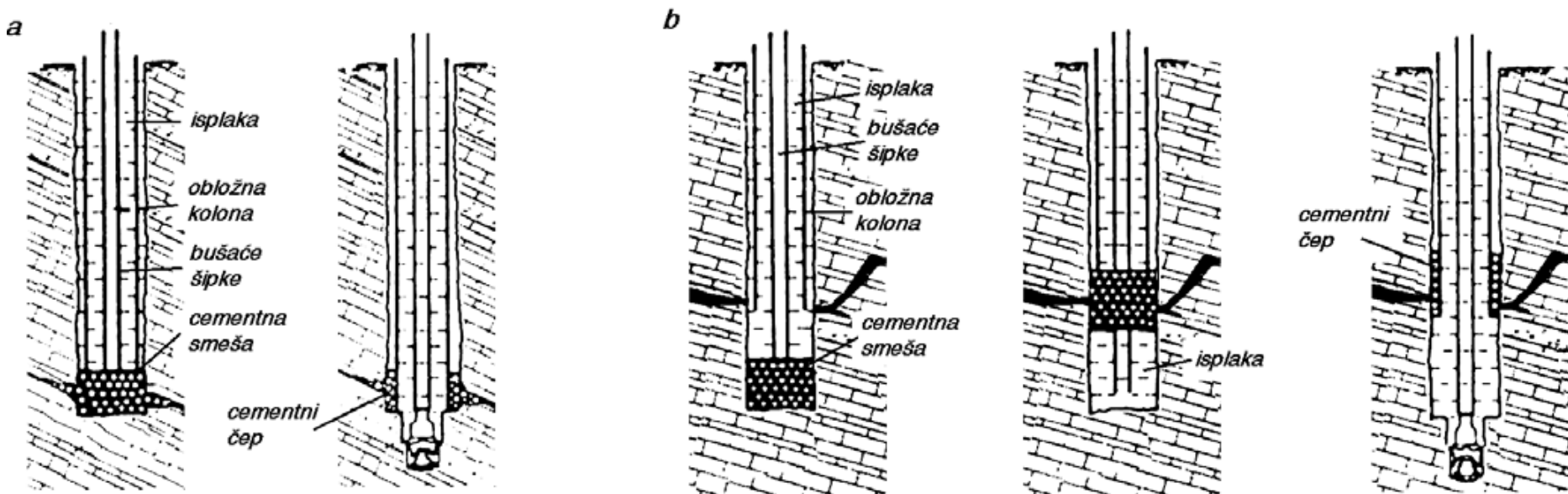
U slučaju da se cementnim čepom želi stabilizovati interval, koji je na nekoj visini od dna, onda se nakon ubacivanja potrebne količine cementne smeše, u bušotinu ubacuje određena zapremina isplake takođe, kroz bušaće šipke. Isplaka celu cementnu masu podiže do željenog intervala. Zapremine cementne smeše i isplake moraju strogo biti kontrolisane da bi cementni čep bio formiran na željenom intervalu. Cementni čep, koji se koristi pri skretanju bušotine, formira se po istom postupku.

Cementni čepovi u bušotinama izvode se i radi učvršćivanja obložnih kolona odnosno, da bi se sprečilo njihovo rotiranje, odvijanje ili upadanje u bušotinu. Takođe, obložnim kolonama i cementnim čepom mogu se izvesti izolacije vodonosnih sredina. U oba slučaja isti je postupak, kao što je i prikazano na slici na narednom slajdu.

Bušotina se dobro ispere, a potom se obložna kolona spusti do željene dubine. Ako je kolona ugrađena do orta, onda se podigne skoro do predviđene visine čepa, radi lakšeg prolaska cementne smeše u prstenasti međuprostor. Nakon ubrizgavanja cementne mase kroz bušaće šipke, obložna kolona se spušta da legne na ort.

CEMENTACIJA

Pri ugradnji kolona, koje vise iznad dna, sl. 93b, kroz bušaće šipke, prvo se ubacuje cementna smeša, a zatim tačno sračunata zapremina isplake, koja podiže sloj cementne mase do željene visine. Zatim se kolona spušta do predviđene dubine, sa koje je bila podignuta da bi se olakšalo izdizanje i prolaz cementne mase u međuprostor. Obično se planira da $\frac{1}{3}$ cementnog prstena ostane ispod obložne kolone, a da $\frac{2}{3}$ uđe u kolonu i međuprostor iza nje. Nakon stvrdnjavanja cementa, obično nakon 48 časova, nastavlja se sa bušenjem.



Šematski prikaz učvršćenja obložne kolone izradom cementnog čepa: a - na dnu bušotine, b - na određenoj visini iznad dna bušotine

CEMENTACIJA

Cementacija određenih intervala bušotine, u cilju smanjenja gubitaka isplake ili stabilizacije zidova, najracionalnije se izvodi korišćenjem **pakera** (slika na narednom slajdu).

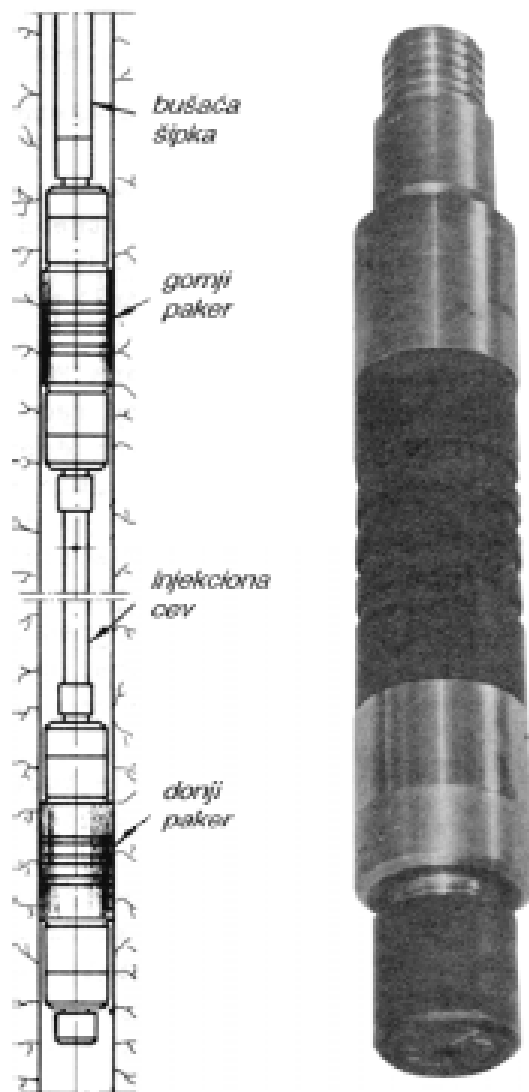
Cementacija pakerima omogućava utiskivanje cementne smeše pod pritiskom, u određene zone nezacevljenih bušotina.

Pakeri ili zaptivači služe za izolaciju intervala koji se cementira. Širenjem elastičnog dela (trbuha) zatvaraju prolaz cementnoj masi izvan intervala koji se cementira. Postoje razna konstruktivna rešenja ali se uglavnom primenjuju dva tipa i to:

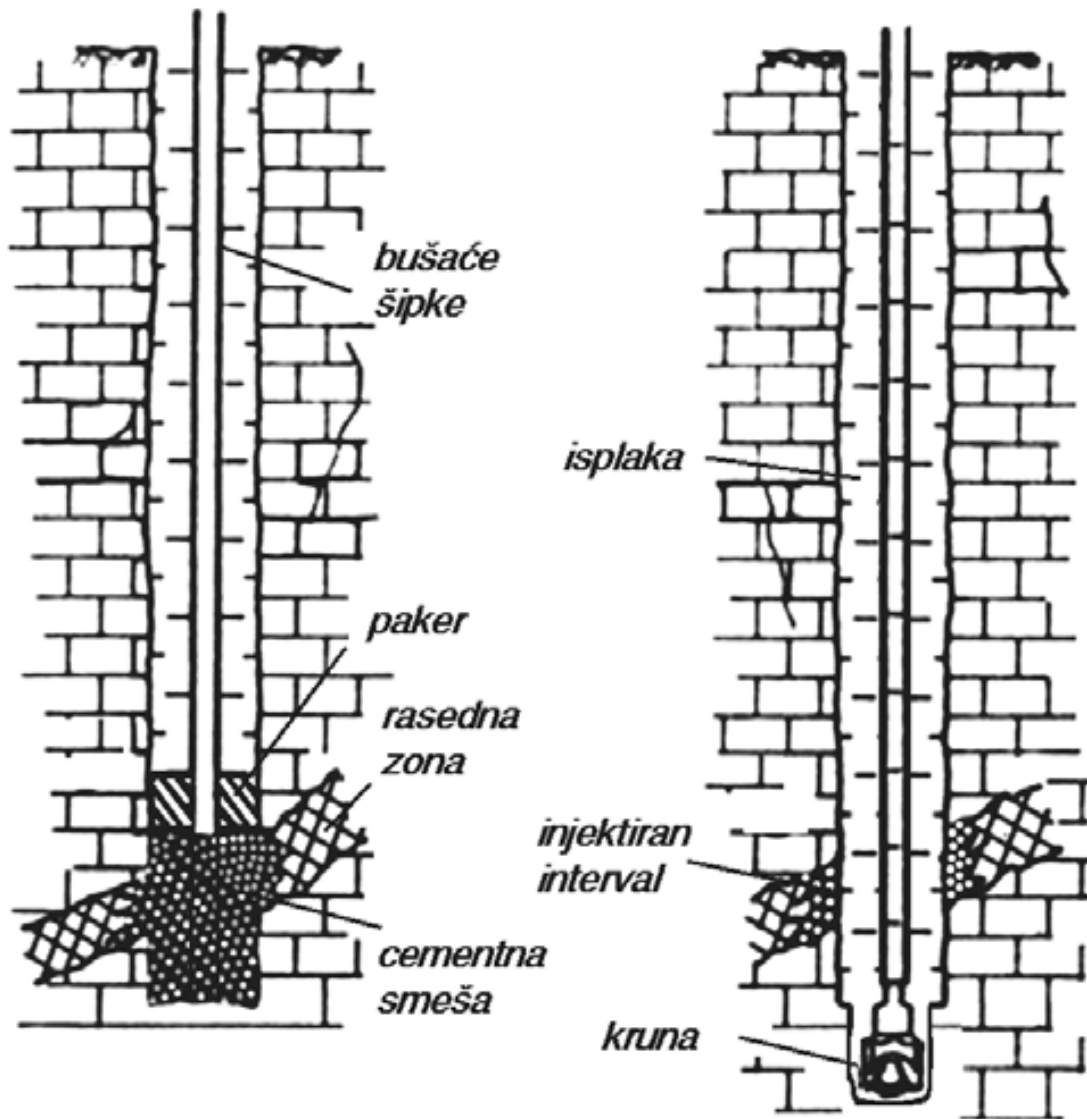
- **pakeri sa cilindričnim gumenim prstenom** koji se šire pod dejstvom osovinskog pritiska garniture;
- **pakeri sa gumenim komorama** u koje se utiskuje pod pritiskom voda ili vazduh, da bi se ostvarilo širenje gumene komore neophodno za brtvljenje bušotine.

Cementacija uz pomoć jednog pakera izvodi se, u zoni dna bušotine, u slučaju značajnijih gubitaka isplake ili zarušavanja zidova bušotine. Uz pomoć bušaćih šipki spušta se paker, neposredno iznad intervala koji se cementira (slika na narednom slajdu). Pritisak kojim se vrši zaptivanje bušotine uslovljen je svojstvima sredine i potrebama postupka cementacije.

CEMENTACIJA



*Pakeri za zaptivanje
u bušotini /26/*



*Šematski prikaz
cementacije pomoću jednog pakera*

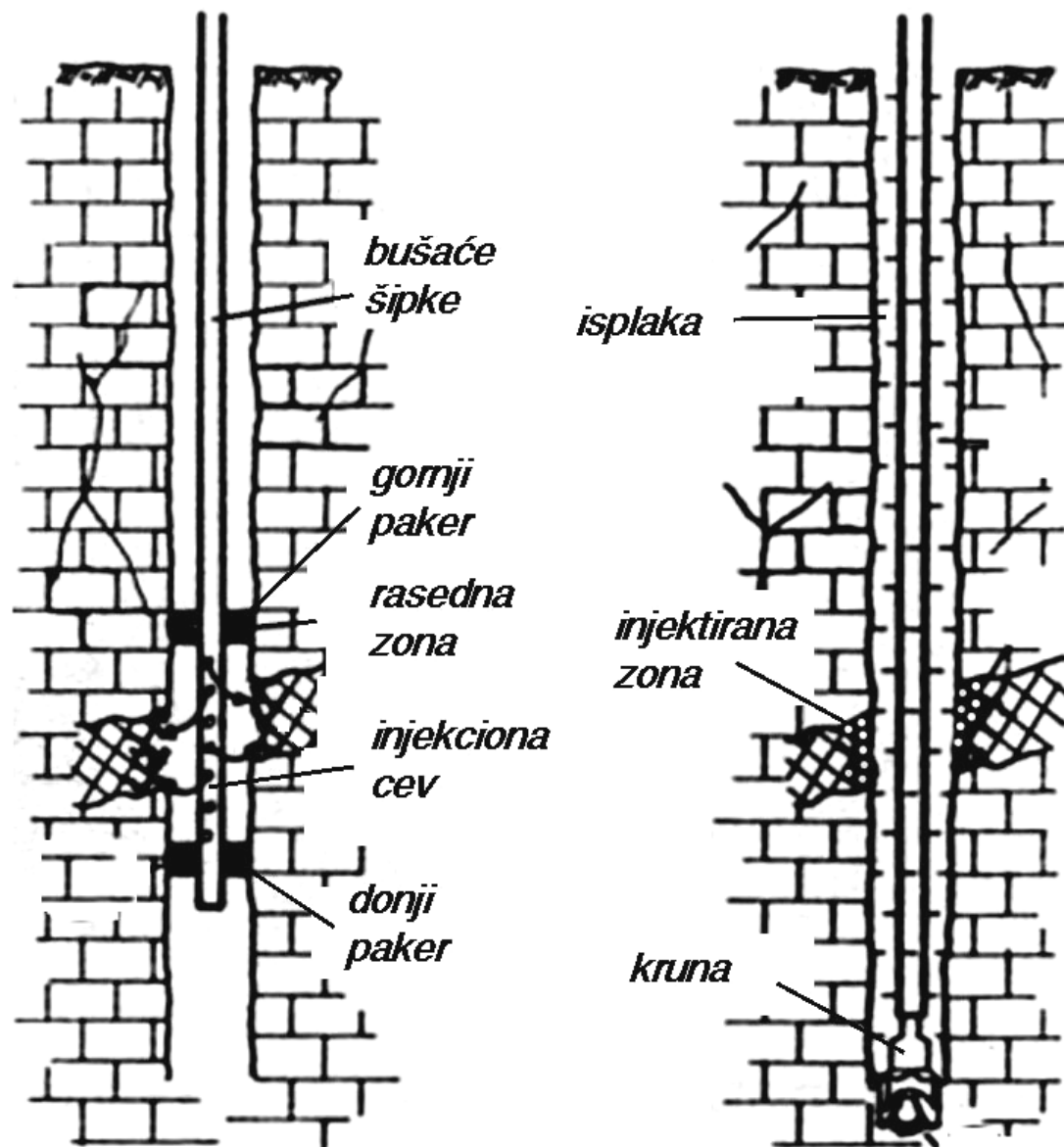
CEMENTACIJA

Nakon zaptivanja bušotine, u izolovani interval kroz bušaće šipke, utiskuje se cementna masa pod pritiskom. U toku cementacije pritisak bi trebalo da se postepeno povećava uz smanjenje utrošaka, što je znak da je cementacija uspešna. Ukoliko pritisak, koji je u početku postepeno rastao, naglo opadne, to znači da je došlo do ispiranja pukotinske ispune i otvaranja novih pukotina kroz koje se cementna masa gubi. Tada se postupak cementacije ponavlja nešto gušćim masama, uz dodatak aditiva za brže vezivanje.

Postupak cementacije sa **dva pakera** obično se izvodi **u višim zonama bušotine**, u kojima su se naknadno manifestovali veliki gubici isplake, ili ispoljile pojave nestabilnosti zidova bušotine. Cementacija se izvodi sa dva pakera, da bi se izbegli delovi bušotina ispod i iznad njih, u cilju ušteda cementne mase. U bušotinu se na bušačim šipkama spuštaju dva pakera koja su na rastojanju intervala koji se cementira (slika na narednom slajdu). Nakon zaptivanja bušotine pakerima, kroz bušaće šipke i perforiranu injekcionu cev, između pakera, vrši se utiskivanje cementne mase. Po završetku cementacije, u trenutku početka vezivanja cementa, bušaće šipke sa pakerima se izvlače iz bušotine. Bušenje se odmah zatim može dalje nastaviti.

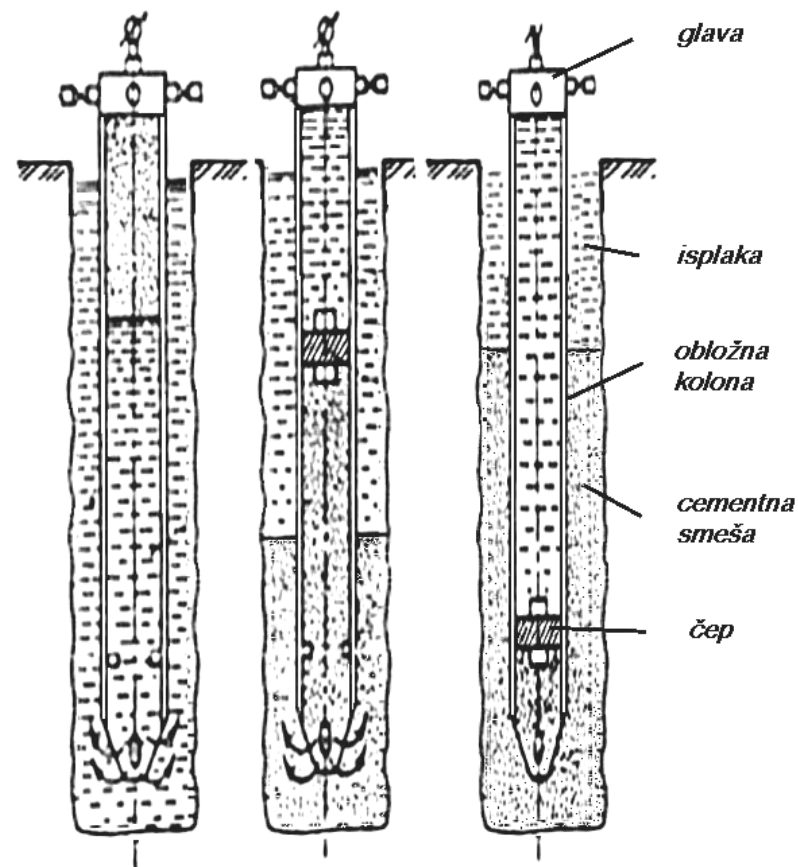
CEMENTACIJA

Šematski prikaz cementacije
pomoću dva pakera /21/



CEMENTACIJA

Cementacija obložnih kolona veoma je česta, naročito ako se radi o bušenju za mineralne i termomineralne vode, geotermalnu energiju ili za naftu. Cementna obloga štiti obložne kolone od deformacija i korozije, sprečava kretanje gasova i vode oko kolone. Ako je velika dubina bušenja odnosno, dužina obložnih kolona, u specifičnim geološkim uslovima (povišenih temperatura, pritiska, gasova i sl.), postupak cementacije mora se pažljivo isplanirati da bi se uspešno izveo. Cementacija obložnih kolona dužine do 100 - 150 m najčešće se izvodi metodom jednog čepa (slika). Postupak je sledeći: Kolona obložnih cevi podigne se od dna bušotine za visinu čepa. Zatim se na kolonu postavlja cementna glava, opremljena manometrima za merenje pritiska, kroz koju se svežom isplakom vrši ispiranje prostora iza kolone. Po ispiranju bušotine, u obložnu kolonu ubacuje se proračunata količina cementne mase a potom gumeni čep.



Šematski prikaz cementacije obložne kolone metodom jednog čepa /13/

CEMENTACIJA

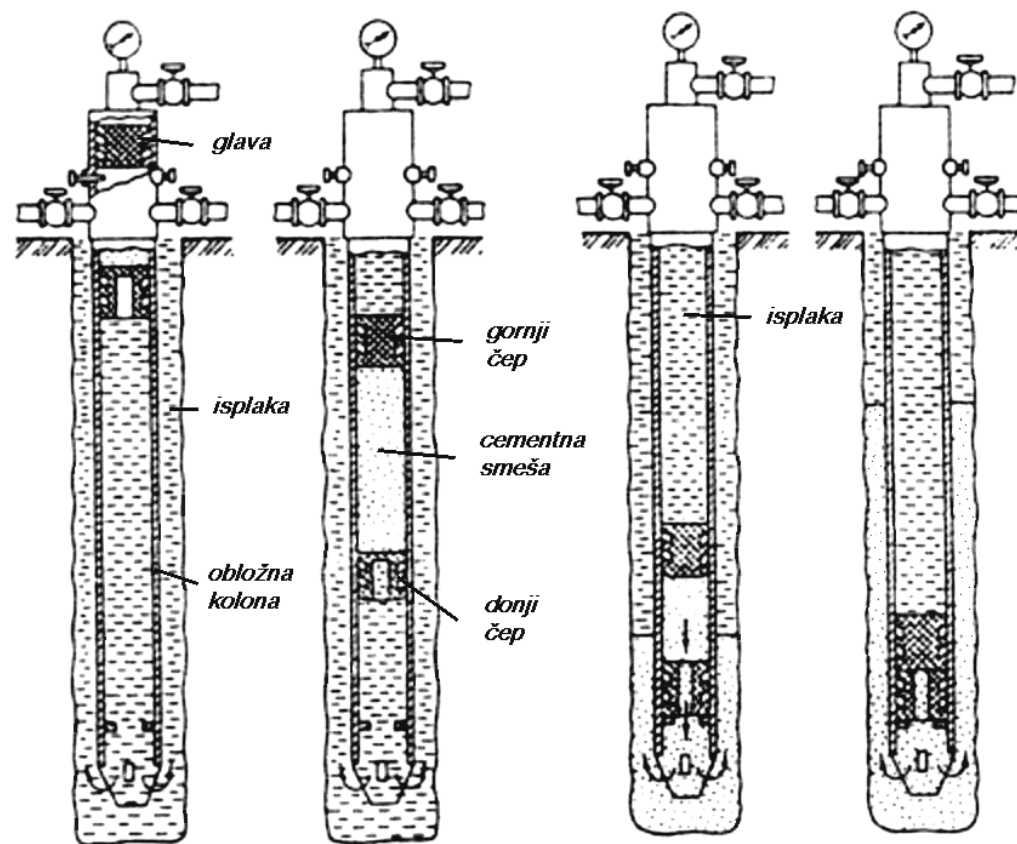
U obložnu kolonu ubacuje se isplaka pod pritiskom koji je 1,5 puta veći od pritiska hidrostatičkog stuba u bušotini. Čep se pomera na dole, potiskujući cementnu smešu u međuprostor iza obložne kolone. Kada čep padne na dno i nalegne u svoje ležište, na manometru pritisak naglo skoči, što ukazuje da je cementacija završena.

Uspeh cementacije zavisi od tačnosti proračunate zapremine cementne mase. Obično se sračunata veličina uvećava za 20%, tako da se cementna masa, još pre završetka cementacije, pojavljuje na ustima bušotine pored obložne kolone.

Metoda dva čepa ima široku primenu kada treba cementirati obložne kolone veće dužine. Postupak je sličan kao kod prethodne metode (slika na narednom slajdu), a izvodi se na sledeći način: Posle ispiranja bušotine skida se cementna glava i postavlja prvi čep, a zatim pod pritiskom se ubrizgava proračunata količina cementne mase, koja prvi čep pomera na dole. Potom se postavlja drugi čep nakon čega se u kolonu ubacuje isplaka. Isplaka potiskuje na dole drugi čep a on potiskuje cementnu masu koja se nalazi između dva čepa. Cementna masa potiskuje prvi čep a ovaj isplaku ispred sebe. Kada se prvi čep spusti na dno, do potpornog prstena na dnu kolone, gornji čep pod pritiskom nastavlja kretanje pod pritiskom isplake. Usled porasta pritiska između dva čepa, gumena dijafragma na prvom

CEMENTACIJA

čepu puca pa se cementna masa utiskuje u prstenasti međuprostor iza obložne kolone. Utiskivanje cementne mase traje sve dok drugi čep ne nalegne na prvi, što se na manometru manifestuje naglim porastom pritiska. Tada bi, ukoliko je proračun pravilno izveden, na ustima bušotine iza obložne kolone trebala da se pojavi cementna masa. Time je proces cementacije završen, zatvaraju se ventili na cementnoj glavi i sačeka se da cementna masa veže.



Šematski prikaz cementacije obložne kolone metodom dva čepa /21/

CEMENTACIJA

Po završetku bušenja i sprovođenju planiranih ispitivanja pristupa se **likvidaciji bušotine**. Cilj ove operacije, u zavisnosti od geoloških uslova, može biti veoma različit. Zato se, likvidacija bušotine može izvesti tamponiranjem ili cementacijom, po čitavoj dubini ili samo duž određenih intervala, ako je ekonomski opravdano. Najčešći razlozi za likvidaciono tamponiranje bušotine su:

- sprečavanje uvođenja površinskih (često zagađenih) voda u dublje vodonosne slojeve;
- sprečavanje mešanja voda, dva vodonosna horizonta, različitog kvaliteta, i dr;
- sprečavanje samoizlivanja voda na površinu terena;
- sprečavanje uvođenja površinskih voda i mulja u dublje zone na nestabilnim padinama;
- sprečavanje uvođenja površinskih i drugih voda i mulja u podzemne rudarske i druge objekte;
- sprečavanje sleganja u zoni podzemnih i nadzemnih objekata, posebno u urbanim sredinama.