

# Izbor bušaćeg postrojenja za izradu bušotine

Milan Pešić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

**[ДР РГФ]**

Izbor bušaćeg postrojenja za izradu bušotine | Milan Pešić || 2022 ||

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006245>

**Univerzitet u Beogradu**  
**Rudarsko-geološki fakultet**



**Završni rad**

Osnovne akademske studije

**Izbor bušaćeg postrojenja za izradu bušotine**

**Student**

**Milan Pešić**

**R144/15**

**Mentor**

**Prof. dr Branko Leković**

Beograd, 2022

**Komisija :**

1. prof. dr Branko Leković, mentor

---

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

2. prof. dr Vesna Karović – Maričić, član komisije

---

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

3. prof. dr Dušan Danilović, član komisije

---

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

**Datum odbrane :** \_\_\_\_\_

## **Rezime**

Ovaj rad opisuje bušaća postrojenja za izradu bušotina i način njihovog izbora, kao i najvažnije načine pravilnog rada kako bi se bezbednost svih zaposlenih radnika i samog postrojenja održala na najvećem nivou. Takođe u radu je predstavljen i izbor opreme na postrojenjima kao i njihovo funkcionisanje i pravilno korišćenje. Opisani su svi danas primenjeni načini i tehnologije izrade kanala bušotine (Rotary sistem bušenja, integrisani sistem bušenja, bušenje dubinskim motorima), kao i kratak opis primenjenih postrojenja koji se zasnivaju na istim principima za izradu bušotina na morima. Sve u cilju adekvatnog izbora postrojenja, smanjenja troškova, i povećanja bezbednosti.

*Ključne reči: bušotina, bušaće postrojenje, garnitura alata, toranj, bezbednost.*

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PLANIRANJE IZRADE BUŠOTINE .....	3
3. BUŠAĆA POSTROJENJA .....	6
3.1 Tehnološki proces bušenja .....	8
3.2 Rotary sistem bušenja .....	12
3.3 Toranj.....	20
3.4 Pogonski sistem .....	26
3.5 Sastav za manevrisanje alatom.....	29
3.6 Sastav bušaćeg alata.....	36
3.7 Sistem za cirkulaciju ispirnog fluida.....	48
3.8 Sistem za kontrolu ušća bušotine.....	53
3.9 Postrojenje Land Rig 2000hp National 1320UE karakteristike .....	56
4. INTEGRISANI SISTEM ZA ROTACIJU BUŠAĆIM ALATOM I CIRKULACIJU .....	58
4.1 Osnovne komponente.....	59
4.2 Pogonski motor i prenos snage.....	60
4.3 Primena integrisanog sistem bušenja .....	64
5. BUŠENJE DUBINSKIM MOTOROM .....	67
5.1 Vijčani motori.....	68
5.2 Turbinske bušilice.....	71
5.3 Elektrobušilice .....	75
6. IZBOR BUŠAĆEG POSTROJENJA.....	76
6.1 Izbor dizalice za bušenje .....	77
6.2 Izbor tornja .....	78
6.3 Izbor pumpi za isplaku.....	80
6.4 Izbor ostale opreme postrojenja.....	82
6.5 Analiza i predviđanje troškova bušenja .....	84
7. ZAKLJUČAK .....	86
LITERATURA .....	88

## 1.UVOD

Izrada kanala bušotine predstavlja složeni proces koji se zasniva na primeni različitih tehničko tehnoloških operacija, koji je ostvaruje na osnovu primene veoma složenih sistema praćenja izrade kanala bušotine, kao i vođenja svih potrebnih radova. Izrada kanala bušotine mora biti usklađena sa sistemom koji će uvek funkcionisati pouzdano i sigurno, uz minimiziranje troškova izrade.

Potrebe za energijom su dovele da nafta i gas postanu glavne mineralne sirovine za proizvodnju goriva (benzin, dizel, tečni naftni gas), bitumena, ulja (maziva), takodje imaju primenu za proizvodnju sirovina u hemijskoj, petrohemijskoj i drugim granama industrije. Nafta i gas spadaju u neobnovljive izvore energije i njihove rezerve se konstantno smanjuju, zbog čega dolazi do sve većeg traganja za novim izvorima energije. Zbog ovoga se na svetskom tržištu sve više novca ulaže u istraživanje dubokih vertikalnih bušotina, koje omogućavaju korišćenje geotermalne energije, koja ne može u potpunosti da zameni naftu i gas, ali može nositi manja kapitalna ulaganja u odnosu na naftu i gas. Kako se kvalitet i efikasnost izrade postrojenja za bušenje ogleda u kvalitetu opreme i brzini izrade, napredovanje je išlo u pravcu povećanja brzine i dostizanja sve većih dubina kako na kopnu, tako i na moru. To je omogućilo stvaranje velikih i moćnih postrojenja sa maksimalnim iskorišćenjem vremena. Nekada su dubine bušenja bile do nekoliko desetina metara, zavisnosti od korišćenja opreme koja je tad bila na raspolaganju, međutim danas postrojenja mogu dostići i dubine preko 12000 m. Izrada tako dubokih bušotina varira u zavisnosti od cene nafte i gasa, jer tržišne cene nafte i gasa treba da budu dovoljne da pokriju odgovarajuće troškove proizvodnje. U ovakvim bušotinama dolazi do pojave visoke temperature i visokih pritisaka, pa zbog toga zahtevaju poseban izbor visoko kvalitetne opreme i

materijala za izradu samog postrojenja. Vremensko trajanje izrade bušotine zavisi od dubine bušenja. Prve bušotine koje su bile duboke nekoliko desetina metara, njihovo bušenje je trajalo dan ili dva, međutim sa povećanjem dubine bušenja dolazi do povećanja i vremena trajanja bušenja. Osim dubine variraju i prečnici bušotine u zavisnosti od namene i cilja bušotine. Najčešći prečnici su od 140 mm do 490 mm. Komponente bušaćeg postrojenja ne smeju biti van granica projektovane mase ili dimenzija i na taj način da utiču na dostupna transportna sredstva. Najbitniji faktor koji utiče na dubinu izrade bušotine je pravilan izbor bušaćeg postrojenja.

## 2. PLANIRANJE IZRADE BUŠOTINE

Planiranje izrade bušotine sastoji se od različitih parametara koji utiču na samu izradu bušotine, i koji obuhvataju:

- Sigurnost
- Minimalnu troškovi ulaganja
- Svrishodnost<sup>1</sup>

U nekim slučajevima nije moguće na svakoj bušotini ispuniti navedene uslove, jer oni u velikoj meri zavise i od geoloških uslova, opreme kojom se raspolaže kao i raspoloživog budžeta.

Kod planiranja izrade bušotine najvažniji prioritet koji se razmatra jeste sigurnost. Sigurnost radnika predstavlja glavni prioritet koji treba da funkcioniše na najbolji mogući način, jer se smanjenjem sigurnosti zaposlenih lica dovodi do mogućih povreda pa u nekim slučajevima i do gubitaka života samih radnika. Druga važna stavka koja se razmatra jeste sigurnost same bušotine. Bušenje se mora obavljati pod definisanim uslovima tako da se smanje rizici od erupcija i ostalih pojave koje mogu dodatno ugroziti sigurnost na postrojenju.

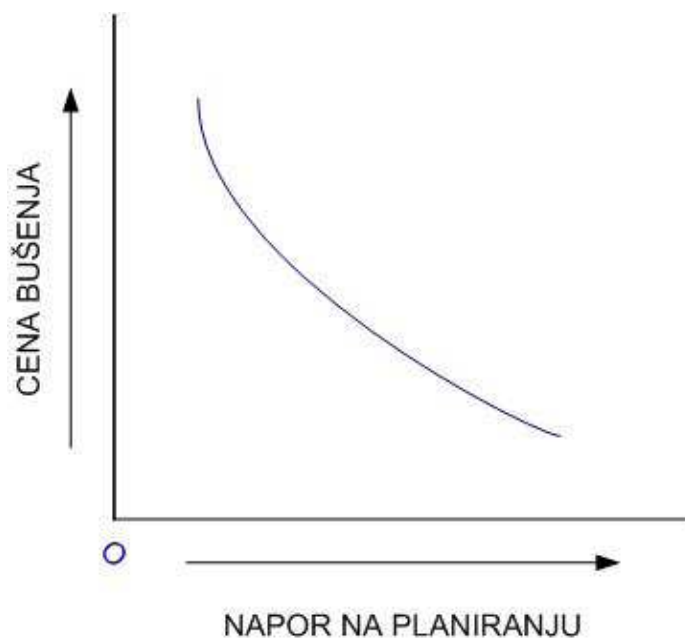
Minimalni troškovi ulaganja predstavljaju veoma važan faktor u planiranju izrade bušotine. Troškove treba planirati tako da se maksimalno smanji cena koštanja uz maksimalno pridržavanje i poštovanje mera sigurnosti. U mnogim slučajevima moguće je smanjiti cenu koštanja izrade bušotine uz dodatne napore

---

<sup>1</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “



koje se odnose na planiranje bušotine, što se odnosi na inženjerska iskustva, principe kao i filozofiju izvođenja radova(slika 2.1).



Slika 2.1- Grafički prikaz smanjenja troškova izrade bušotine, ako se primeni odgovarajuće planiranje (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad.)

Svrishodnost se odnosi na činjenicu da se dostizanjem krajnje dubine bušenja ne mora smatrati i uspešno završeno bušenje kanala bušotine, iz sledećih razloga.

- Prečnik i oblik bušotine mogu da budu takvi da omoguće testiranje bušotine, ugradnju opreme u sam kanal bušotine;
- Produktivni slojevi mogu biti oštećeni i zagađeni da onemogućavaju proizvodnju.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

Najrasprostranjeniji tip bušenja danas predstavlja rotaciono bušenje koje je i ujedno nazastupljenije na svim postrojenjima. Kod ovakvog sistema bušenja razaranje stene na dnu kanala vrši se pomoću dleta koje rotaciju dobija sa površine ili motorom integrisanim iznad dleta. Na osnovu ovoga razlikujemo dva sistema rotacionog bušenja:

- Rotary sistem bušenja;
- Bušenje dubinskim motorima.<sup>3</sup>

Ako se rotacija dleta postiže sa površine preko rotacionog stola i kompozicije bušaćeg alata, radi se o Rotary sistemu bušenja

Kod sistema bušenja dubinskim motorima rotacija dleta se postiže pomoću motora (turbina, elektro, vijčani motor), koji je integrisan u samu kompoziciju bušaćeg alata iznad samog dleta.

---

<sup>3</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

### 3.BUŠAĆA POSTROJENJA



Slika 3.1-Teško bušaće postrojenje (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

Sva bušaća postrojenja možemo podeliti u dve osnovne kategorije:

- Teška postrojenja koja se na lokaciji izrade bušotine dopremaju u pojedinačnim elementima, a sklapanju se pristupa na samoj lokaciji (slika 3.1).
- Prenosiva i laka postrojenja koja su montirana na specijalnim kamionima za njihov transport

Osnovne karakteristike svakog bušaćeg postrojenja:

- Maksimalna nosivost tornja;
- Snaga pogonskog sistema u smislu podizne moci, mogućnost podizanja i spustanja kompozicije bušaćeg alata kao i brzina kojom se taj proces odvija;
- Radni pritisak isplčnih pumpi;
- Brzina odnosno broj obrtaja rotacionog stola;
- Dimenzije tornja;

Glavna karakteristika svakog bušaćeg postrojenja jeste maksimalna nosivost koja može da se postigne na samoj kuki. Maksimalna dubina bušenja koja se može ostvariti nekim postrojenjem ne smatra se glavnom karakteristikom tog postrojenja, jer težina na samoj kuki može znatno varirati u zavisnosti od izbora alata, količini alata, vrsti fluida (isplake) u kojoj je sam alat uronjen. Postrojenje određene nosivosti omogućuje izradu kanal bušotine projektovane dubini tako da opterećenje koje kompozicija alata vrši na kuku i toranj ne pređe maksimalnu dozvoljenu nosivost tog postrojenja. Danas postrojenja su podvrgnuta raznim modernizacijama koja se uglavnom odnose na povećanje brzine okretanja dleta, što dovodi do povećanja brzine bušenja, povećanje dužine bušaćih šipki kako bi se uštedelo na vremenu i izbegao čest postupak dodavanja bušaćih šipki, što mora doprineti povećanju visine tornjeva kao i smanjenju prečnika kanala bušotine.

### 3.1 Tehnološki proces bušenja

Bušaća postrojenja se konstruišu da im osnovna namena bude izrada kanala bušotine. Osnovna razlika između postrojenja za bušenje i drugih postrojenja jeste njegova mobilnost i mogućnost prenošenja sa jedne lokacije na drugu. Ovim zahtevom ne sme se dovesti u pitanje bilo kakvo ograničenje rada postrojenja koje se odnosi na izradu kanala bušotine.

Najveća danas dostupna postrojenja imaju mogućnost da izrade bušotinu dubine i do 10000 metara. Ovakva postrojenja je takođe moguće rastaviti na segmente transportovati na nove lokacije, namontirati i pristupiti ponovnom procesu bušenja. Prilikom transporta sve komponente sa aspekta mase i dimenzija moraju zadovoljavati uslove koje zahtevaju raspoloživa transportna sredstva, kako bi se transport odvijao pod bezbednim uslovima

Najčešći način određivanja cene koštanja izrade same bušotine jeste na osnovu dubine bušenja. Takođe cena izrađenog metra bušotine zavisi i od samog prečnika. Sa povećanjem dubine i povećanjem prečnika povećava se i cena koštanja izbušenog metra dubine.

Bušotina predstavlja rudarski objekat kod koga je prečnik kanala zanemarljivo mali u odnosu na samu dubinu bušotine. Bušotina je pomoćno sredstvo koje se koristi da se ostvari komunikacija sa ležištem nafte i gasa na velikim dubinama ispod zemlje. Kanal bušotine se izrađuje praćenjem i pridržavanjem sledećih operacija:

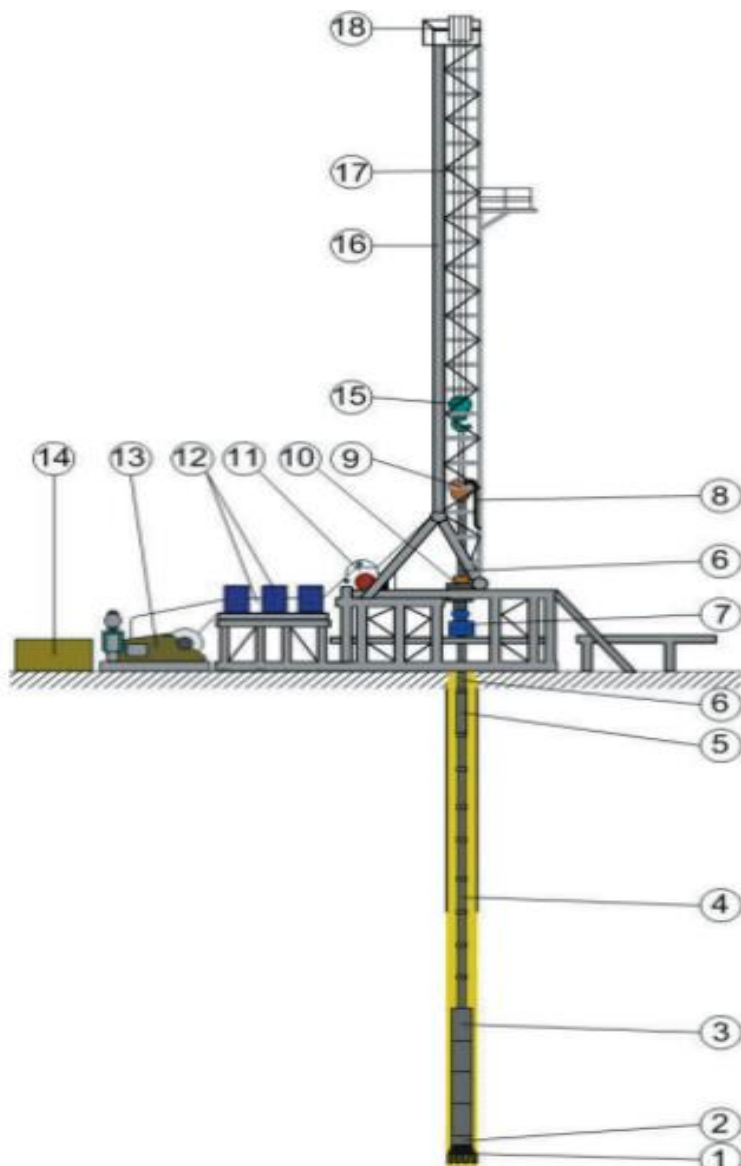
- Spajanjem bušaćih alatki i dleta;
- Nizanjem kolone bušaćih alatki i spuštanje dleta do dna bušotine;

- Delovanjem dleta na samom dnu bušotine, kao i istovremeno iznošenje nabušenih čestica na površinu;
- Nastavljanje kolone bušačkog alata kako se povećava dubina bušenja;
- Vađenje kolone bušačkog alata u slučaju zamene dleta, remonte itd. <sup>4</sup>

Postrojenja za izradu bušotine se obično sastoje od sledećih elemenata (slika 3.1.1): Toranj, sistema koturača, dizalice, pogonskih motora, pumpi, sistema za prenos snage, rotacionog stola, sistema za cirkulaciju isplake, isplačne glave, sistema za prečišćavanje isplake, sistema za zaštitu od erupcija - preventerski sistem, bušaće i radne šipke, dleta.

---

<sup>4</sup> Davor Matanović, „TEHNIKA IZRADA BUŠOTINA PRIRUČNIK S PRIMJERIMA“



Slika 3.1.1- Bušaće postrojenje (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

1. Dleto
2. Prelaz: dleto-teška šipka
3. Teške šipke
4. Bušaće šipke
5. Prelaz: bušaća šipka-radna šipka

6. Radna šipka
7. Sklop preventera
8. Gibljivo isplačno crevo
9. Isplačna glava
10. Rotacion (bušaći) sto
11. Dizalica
12. Pogonski motori
13. Isplačne pumpe
14. Isplačni bazeni
15. Kuka i pokretne koturače
16. Toranj
17. Bušaće uže
18. Nepokretne koturače

Da bi dleto ispunjavalo svoju ulogu i da bi bušenje napredovalo potrebno je ostvariti:

- Okretanje alata za bušenje;
- Ostvariti određeno opterećenje na dleto;
- Iznošenje krhotina sa dna bušotine, i ostvarivanje konstantnog kontakta dleta sa ne izbušenim stenama.

Na osnovu ovih parametara može se doneti zaključak da je bušenje jedinstven mehaničko – hidraulički proces koji se zasniva na konstrukciji postrojenja kao i raspoloživom energijom koja je dostupna na njemu.

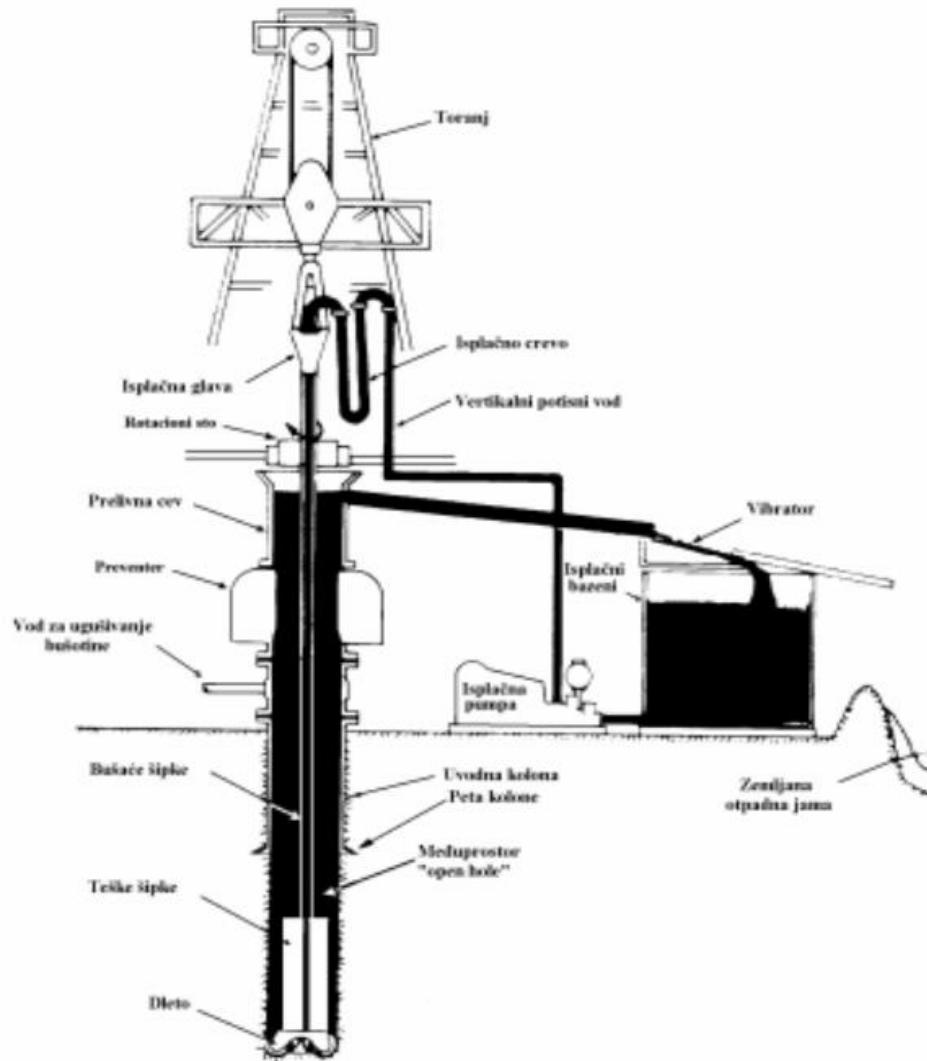


## 3.2 Rotary sistem bušenja

Kanal bušotine kod ROTARY (slika 3.2.1) sistema bušenja pravi dleto zajedničkim dejstvom aksijalnih (vertikalnih sila usled pritiska na dleto), tangencijalnih sila (horizontalnih sila prilikom rotacije dleta)<sup>5</sup>. Rotaciju dleta obezbeđuje garnitura bušaćeg alata koja prenosi rotaciju sa vrha bušotine. Pogon bušaćeg alata na samom podištu može biti ostvaren pomoću rotacionog stola ili pomoću Integrisanog sistema rotacije bušaćeg alata takozvani Top driving drilling system. Cirkulacija isplačnog fluida se ostvaruje kroz garnituru bušaćeg alata i mlaznica na dletu, a nabušeni materijal se kroz prstenasti međuprostor između bušaćeg alata i zida kanala bušotine iznosi na površinu. Cirkulacija isplačnog fluida predstavlja zatvoreni kružni sistem.

---

<sup>5</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “



Slika 3.2.1- Šematski prikaz Rotary sistema bušenja (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad.)

Jedan od najrasprostranjenijih sistema bušenja kanala bušotine je upravo Rotary sistem bušenja. Primena dubinskih motora za bušenje nije toliko rasprostranjeno kao Rotary sistem, ali se u velikoj meri koristi za izradu horizontalnih i kosousmerenih bušotine, koje se ne mogu izvesti primenom Rotary sistema bušenja.

Pored izrade kanala bušotine Rotary sistem bušenja se još ujedno koristi i za spuštanje i cementaciju zaštitnih cevi, može da bude opremljen različitim sistemima potrebnih u procesu bušenja. Ovakva postrojenja za izradu kanala bušotine zahtevaju veoma uigranu i iskusnu radnu snagu, kako bi funkcionisali na pravi način, a bezbednost bila na visokom nivou.

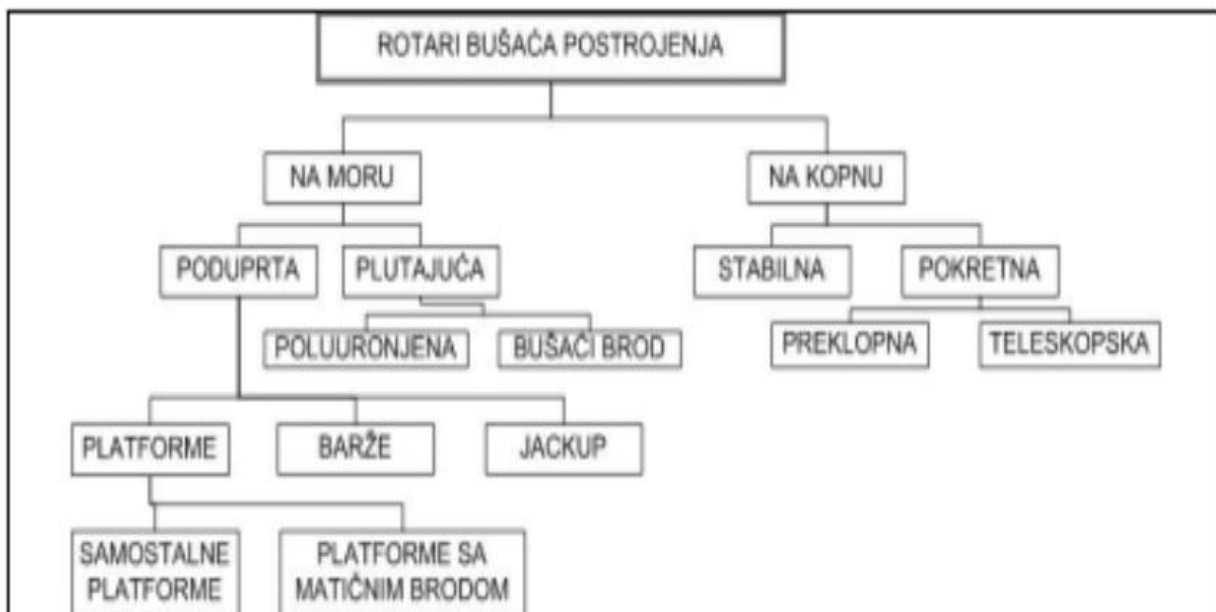
Sastavni deo planiranja izrade kanala bušotine jeste adekvatan izbor bušačeg postrojenja. Izboru postrojenja za bušenje pristupa se na samom kraju, kada se završi projektovanje izrade kanala bušotine (slika 3.2.2).



Slika 3.2.2- Proces planiranja bušenja bušotine (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad.)

Ukoliko se napravi greška prilikom izbora postrojenja i izabere se neadekvatno postrojenje to može uticati i prouzrokovati razne probleme kao što su: male brzine bušenja, česte kvarove i havarije, zaglavljivanje bušaćeg alata, oštećenja produktivnih formacija, kao i pojave velikih troškova bušenja.

Na osnovu mesta planiranja izrade bušotine, bušaća postrojenja se mogu podeliti na bušaća postrojenja na kopnu i bušaća postrojenja na moru (slika 3.2.3)



Slika 3.2.3- klasifikacija bušaćih postrojenja bušotine (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad.)

Bušaća postrojenja montirana na kopnu kao i ona na moru suštinski nemaju razliku sa strane tehnologije izrade bušotine, kao i sa stanovišta projektovanja izrade bušotine. Cena izrade bušotine na morima je znatno veća od cene izrade na kopnu, cenu podiže stepen opremljenosti postrojenja za bušenje na morima, kao i to da cena bušenja varira i od dubine vode u kojima se izrađuje bušotina.

Osnovne karakteristike bušaćih postrojenja na kopnu su prenosivost i maksimalna dubina bušenja. Toranj postrojenja se doprema i podiže na samoj lokaciji gde se planira izrada bušotine, a u nekim slučajevima toranj se ne rasklapa već se ostavlja iznad kanala bušotine nakon osvajanja, ispitivanja i opremanja bušotine. Zbog velikih troškova, postrojenja za bušenje na kopnu su konstruisana tako da se lako mogu prenositi na druge lokacije.

Bušaća postrojenja za bušenje na moru karakteriše takođe mogućnost prenošenja na drugu lokaciju kao i maksimalna dubina vode za izvođenje bušenja.

Barže su postrojenja koja se koriste za bušenje na morima, kod kojih se ne očekuje veliko dejstvo talasa i čija dubina se kreće do 6 m. Na barži se montira celokupno postrojenje i transportuje do željene lokacije bušenja. Na samoj lokaciji postrojenje se uronjava u vodu punjenjem barže vodom i njenim potapanjem. Na kraju procesa bušenja barža se prazni i izronjava na površinu i postrojenje je spremno za transport na druge lokacije. U posebnim slučajevima barže se mogu koristiti i u vodama čija je dubina 12 m, ali se predhodno mora uraditi postolje za baržu na samom dnu.

Pri izradi istražnih bušotina na morima pristupa se upotrebi postrojenja koja se mogu lako prenositi sa jedne lokacije na drugu. Ukoliko je dubina vode manja od 100 m, koriste se postrojenja koja se mogu ankeristati za samo dno. Najzastupljeniju upotrebu kod postrojenja za bušenje na moru koja su ankerisana za samo dno ima samopodizni i samopokretni plovni objekat Jackup (Slika 3.2.4).



Slika 3.2.4- Jackup (izvor: <https://www.rigzone.com/> „ How Do Jackups Work?“)

Ovakva postrojenja se prevoze i dovlače do same željene lokacije bušenja u sklopljenom stanju. Na lokaciji pristupa se rasklapanju tj spuštanjem stubova postrojenja na samo dno koje se ujedno i ankeriše. Radna platforma postrojenja se pomoću hidraulike podiže na željenu visinu iznad mora. Najčešća visina podizanja radne platforme bira se tako da se izbegne dejstvo talasa.

Postrojenja koja se koriste za bušenje u plutajućem položaju nazivaju se Poluuronjena postrojenja (slika 3.2.5). Ovakva postrojenja karakteriše veoma velika cena u odnosu na samopokretna i samopodizna postrojenja, pa iz tog razloga imaju znatno manju primenu, i koriste se za bušenje na većim dubinama vode gde se ne mogu primeniti ostala postrojenja. Prilikom izrade bušotine ova postrojenja je potrebno usidriti iznad lokacije za bušenje. Iz ovog razloga moderna Poluuronjena postrojenja na sebi imaju nekoliko velikih motora čija je funkcija da održavaju postrojenje direktno iznad željene lokacije bušenja. Primena ovih

postrojenja može biti i u veoma velikim dubinama vode, pa tako neka imaju sposobnost rada i na dubinama vode većim od 1800 m. Oblik Poluuronjenih postrojenja je takav da se svako dejstvo talasa može zanemariti.



Slika 3.2.5- Poluuronjeno postrojenje (izvor: <https://www.rigzone.com/> „ How Do Semisubmersibles Work “)

Bušaći brodovi (slika 3.2.6) predstavljaju drugi tip plutajućih objekata koji se koriste za bušenje na moru. Ako nisu konstruisani da mogu samostalno da se dinamički pozicioniraju cena ima je znatno niža od poluuronjenih postrojenja. Mogu da se koriste i za bušenje pri dubini vode od 3900 m. Neki brodovi svu opremu imaju montiranu na glavni toranj, kao i sistem za pozicioniranje broda. Bušaći brodovi se pozicioniraju u odnosu na centralni toranj i okreću se oko

njegove ose. Ovi bušaći brodovi imaju ograničenu primenu, i uglavnom se koriste za bušenje na morima koja se ne karakterišu velikim i snažnim talasima.



Slika 3.2.6 – Bušaći brod – Drillship (izvor: <https://www.rigzone.com/> „ How Does a Drillship Work “)

Prilikom izrade razradnih bušotina na morima koriste se fiksirane platforme. Po završetku istraživanja, kada se potvrde dovoljne i ekonomski isplative rezerve na lokaciju se postavljaju jedna ili više platformi pomoću kojih će se izraditi nekoliko kosousmerenih bušotina. Da bi se ležište u potpunosti razradilo platforme se postavljaju tako da se kanali bušotina lepezasto prostiru ka svim pravcima.

Velike platforme predstavljaju postrojenja na kojima se nalaze sve potrebne komponente za rad ovog postrojenja i predstavljaju samostalne platforme (Slika Platforma sa matičnim brodom, koji ujedno predstavlja i plovno sredstvo usidreno uz samu platformu sadrži sklopljene komponente postrojenja. Ova postrojenja se odlikuju kraćim vremenom montiranja, a samim tim i smanjenjem troškova za



montiranjem, ali vreme čekanja može da se znatno poveća u uslovima lošeg vremena.

Bušaća postrojenja se znatno mogu razlikovati po spoljašnjem izgledu, ali sva postrojenja koja rade na principu Rotary sistema imaju istu osnovnu opremu. Osnovni delovi i oprema Rotary postrojenja montiranih na kopnu ili moru su:

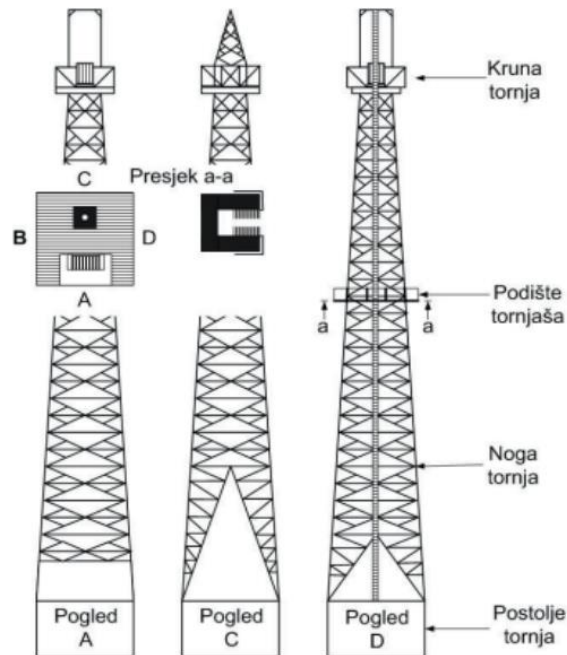
- Pogonski sistem;
- Sistem za manevrisanje;
- Sistem za cirkulaciju isplačnog fluida;
- Sistem za rotaciju;
- Sistem za kontrolu dotoka ležišnih fluida BOP;
- Uređaji i oprema na podištu tornja<sup>6</sup>.

### 3.3 Toranj

Bušaći toranj predstavlja osnovnu komponentu svakog bušaćg postrojenja. Toranj predstavlja noseću konstrukciju pri izradi bušotine. Izrađuje se od čelika, a na svom vrhu ima montiran sistem pokretne i nepokretne koturače. Uz pomoć ovog sistema toranj nosi celokupnu garituru bušaćeg alata, kao i dodatne pasove.

---

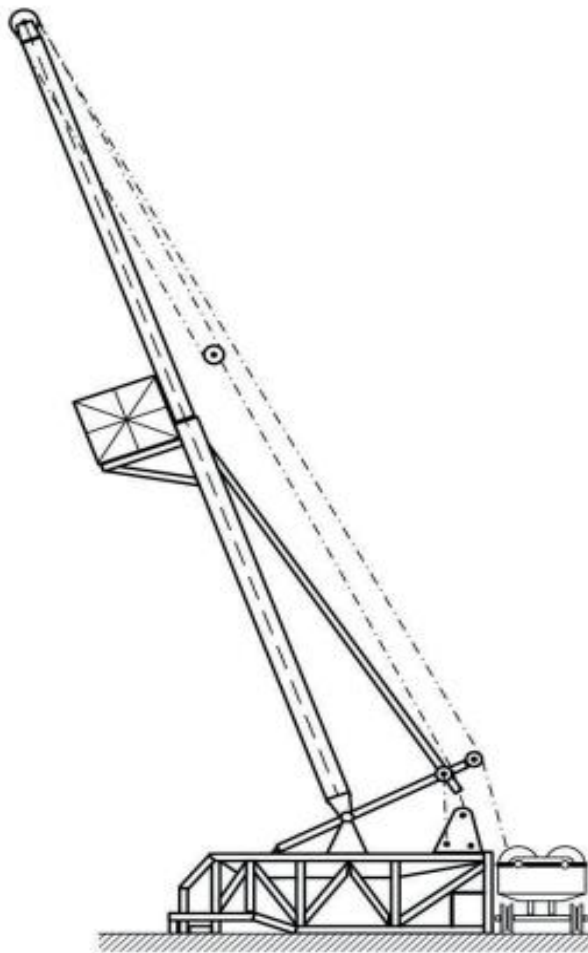
<sup>6</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “



Slika 3.3.1- Šematski prikaz konstrukcije tornja bušotine (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

Toranj se na mestu izrade kanala bušotine montira preko svojih stopica na izrađenu pravougaonu osnovu. Mogu se montirati na dva načina i to u uspravnom položaju ili ležeći na zemlji. Prilikom montiranja u uspravnom položaju elementi tornja se direktno montiraju iz segmenata u vertikalnom položaju, dok drugi tip montiranja zahteva sklapanje tornja iz segmenata u ležećem položaju, zatim njegovo podizanje pomoću dizalice postrojenja i pogonskih motora (Slika 3.3.2.) Tornjevi takođe mogu biti i preklopni koji se u celini podižu na postrojenju, a u

celini se i spuštaju



Slika 3.3.2- Podizanje samopodižućih tornjeva (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

Toranj se u većini slučajeva montira na predhodno izrađenu betonsku podlogu čija je uloga da:

- Obezbedi radni deo na kome se montira sva potrebna oprema i na kojoj se kreću ljudi;
- Omogući dovoljan prostor ispod podišta tornja kako bi se smestila sva potrebna sigurnosna oprema na ustima bušotine (prirubnice, preventere).

Temelj na koji se montira toranj mora da preuzima svo opterećenje težine koje će se ostvariti u tornju, opreme i bušaće garniture kada su okačene o kuku, preuzimanje težine rotacionog stola i garniture kada su one u funkciji bušenja, kao i težinu celokupne garniture koja se nalazi u odlagalištu tornja. Prilikom izrade zaštitnih cevi, struktura na kojoj je toranj montiran preuzima i dodatno opterećenje koje se ostvaruje cementacijom i ugradnjom zaštitnih cevi. Izrada nosećeg temelja tornja kao i sam toranj se moraju proračunavati da budu dovoljni čvrsti i stabilni da prime svo očekivano opterećenje koje će se javiti u toku izrade kanala bušotine, kao i moguće udare vetra kojima mogu biti izloženi, a da ne dodje do oštećenja i prevrtanja tornja. Toranj može biti opterećenjem garniturom alata u opsegu koji varira 1 MN do 7 MN. Standardni tornjevi mogu da podnose brzine vetra od 45 m/s do 60 m/s, i to kada se u odlagalištu za bušaće šipke nalazi maksimalni broj, tako da nije potrebno koristiti uže za osiguravanje tornjeva.

Visina tornja nije od presudnog značaja i uticaja na nosivost toranja. U većini slučajeva visina tornja utiče na maksimalnu dopuštenu dužinu bušaćih šipki sa kojom se može manevrisati u toku procesa bušenja. Toranj se definiše radnom visinom koja omogućuje maksimalni hod pokretne koturače od podišta tornja do vrha. Radna visina tornja treba da bude dovoljna da obezbedi manevrisanje sa spojenim bušaćim šipkama (pasevima). Najčešće korišćena dužina paseva jeste 27 metara ili tri spojene bušaće šipke od 9 m, koja zahteva da visina tornja bude 41 metar. Sve karakteristike torenjeva se jasno definišu na osnovu API standarda i ne smeju odstupati.

## Nosivost tornja

Toranj mora da bude konstruisan da podnese težinu garniture alata za bušenje u toku bušenja ili kada su one oslonjene u njemu. Zbog ovoga se u konstrukciji tornja javljaju različita naprezanja, zbog težine samog alata, uticaja vetra i raznih vibracija. Toranj mora da bude dimenzionisan tako da može da podnese duplo veća opterećenja od predviđenih.

- Konvencionalna nosivost tornja jeste onaj teret koji toranj sme da nosi uz faktor sigurnosti i sledece pretpostavke: Sve četiri noge tornja moraju biti podjednako opterećene, u tornju nema bušaćih alatki i nema udara vetra u toranj, masa tornja nije uzeta u obzir;
- Statička nosivost na kuki konvencionalnog tornja jeste onaj teret koji toranj sme nositi na kuki uz faktor sigurnosti koji se kreće oko 2, bez garniture alata u tornju i bez dejstva sile vetra na toranj. Za maksimalnu nosivost na kuki uzima se u obzir težina tornja, kotureče, užeta itd. Maksimalna nosivost na kuki izračunava se:

$$Q_k = \frac{2 \cdot k}{2 \cdot k + 4} + Q_t$$

$Q_k$  - maksimalna statička nosivost;  $Q_t$  - nosivost tornja (na osnovi podataka proizvođača);  $k$  - broj kotura pokretne koturače

- Statička nosivost na kuki preklopnog tornja definisana je kao i za konvencionalni toranj, njena vrednost se ne sme računati prema prethodnom obrascu, nego prema uputstvima proizvođača<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

Dodatno opterećenje u tornju može se javiti usled delovanja alatki u samom tornju (slika 3.3.3) koje stvaraju dodatne bočne sile, kao i dejstvo vetra na rešetkaste elemente tornja, i na same bušaće šipke i ostale alate koji se nalaze unutar tornja. Ovakva opterećenja izazivaju dodatno opterećenje na same nogare tornja koje prema propisima pojedinačno mogu da preuzmu 1/4 ukupnog opterećenja. U ovom slučaju da je toranj izložen dejstvu sila usled prisustva alata i da na njih deluje sila vetra smanjuje se nosivost tornja na kuki.



Slika 3.3.3 – Prikaz alata u tornju (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

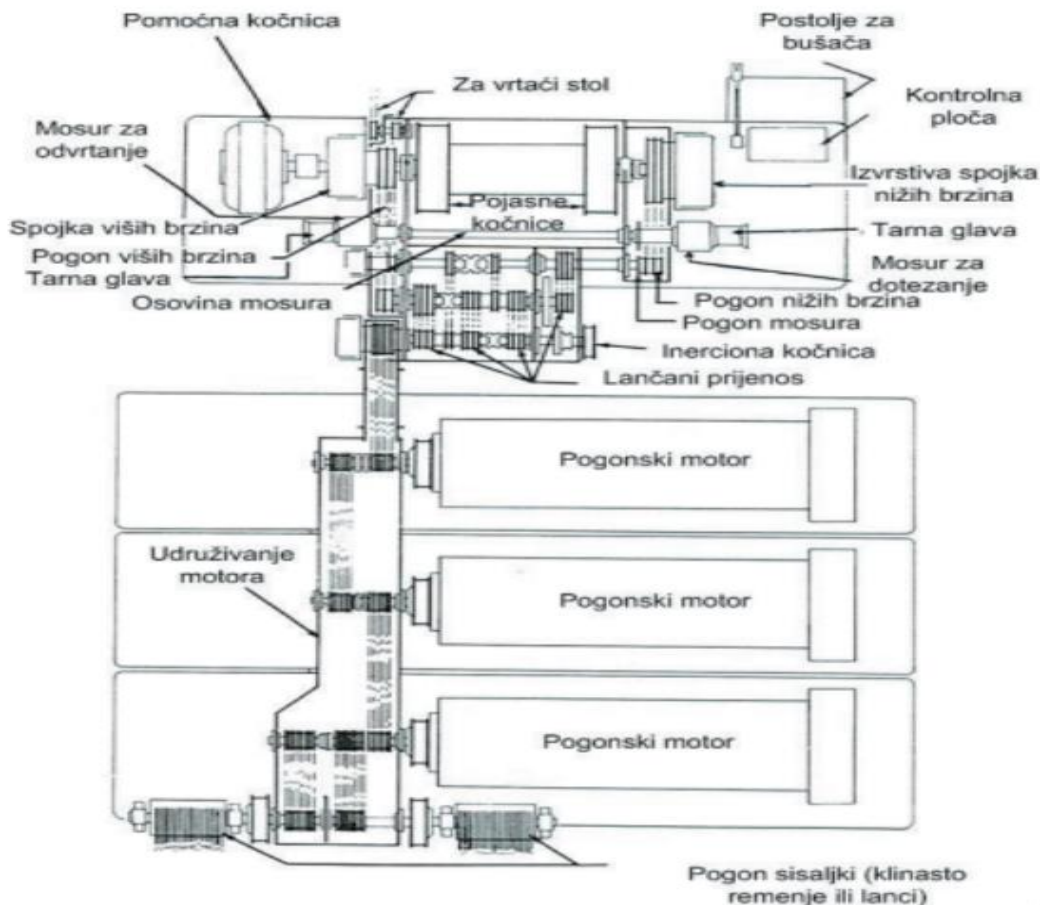
## 3.4 Pogonski sistem

Pokretanje bušaćih postrojenja se u najčešćem slučaju ostvaruje preko motora sa unutrašnjim sagorevanje (dizel motori). Pogon postrojenja može da se ostvari direktnim putem, kada se motor sa unutrašnjim sagorevanjem direktno koristi za pogon određenog sklopa na postrojenju preko reduktora, ili indirektno kada motor sa unutrašnjim sagorevanjem služi za pokretanje generatora jednosmerne ili naizmjenične struje, pa se struja odvodi do određenih elektromotora. Nominalna snaga pogonskih motora se uglavnom kreće u granicama od 370 do 3700 KW ( 490-4920 KS).

### **Prenosnici snage ( reduktori )**

Prenošenje energije od pogonskih motora do krajnjih sistema na postrojenju može da se ostvari mehaničkim ili električnim putem. Najčešće se za prenos snage koriste mehanički reduktori. Sa stanovišta efikasnosti danas se došlo do zaključka da je najbolji i najefikasniji način za prenošenje pogonske energije do krajnjih sklopova korišćenje dizel-električnog sistema.

Mehaničko prenošenje snage (slika 3.4.1) se zasniva na prenošenju energije od pogonskih motora do dizalice, pumpi kao i ostalih sklopova koji iziskuju pogonsku energiju, sistemom koji nazivamo prenosnici snage (reduktori). Prenosnici snage (reduktori) se uglavnom sastoje od: zupčanika, osovina, remenica, pogonskih lanaca i lančanika, kaiševa, ležajeva, svih ostalih elemenata koji se koriste da prenesu energiju sa pogonskog sistema na druge uređaje.

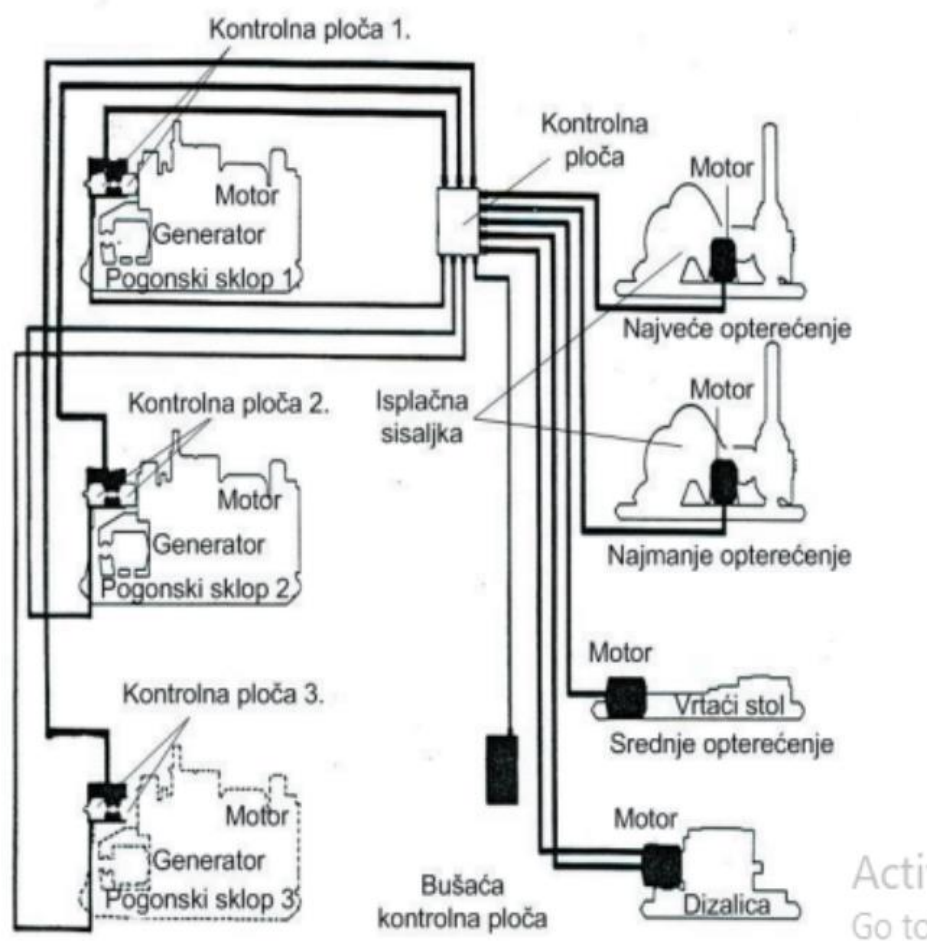


Ac  
Go

Slika 3.4.1- Mehanički prenosnik snage (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

Kod dizel-električnih postrojenja (slika 3.4.2), dizel motori su obično postavljeni na radilištu izvan tornja. U ovakvom slučaju dizel motor se koristi za pokretanje generatora koji proizvode struju koja sa dovodi do razvodnih uređaja odakle se dalje struja vodi do elektro motora koju si direktno postavljene na bušaće dizalice, pumpe za isplaku itd. Ovakav sistem ima niz prednosti u odnosu na mehaničko prenošenje snage. Osnovna prednost jeste eliminisanje komplikovanih lančanih prenosa. Druga prednost je u tome što su pogonski motori udaljeni od samog postrojenja i ušća bušotine, čime se smanjuje buka, kao i mogućnost od požara i eksplozije.



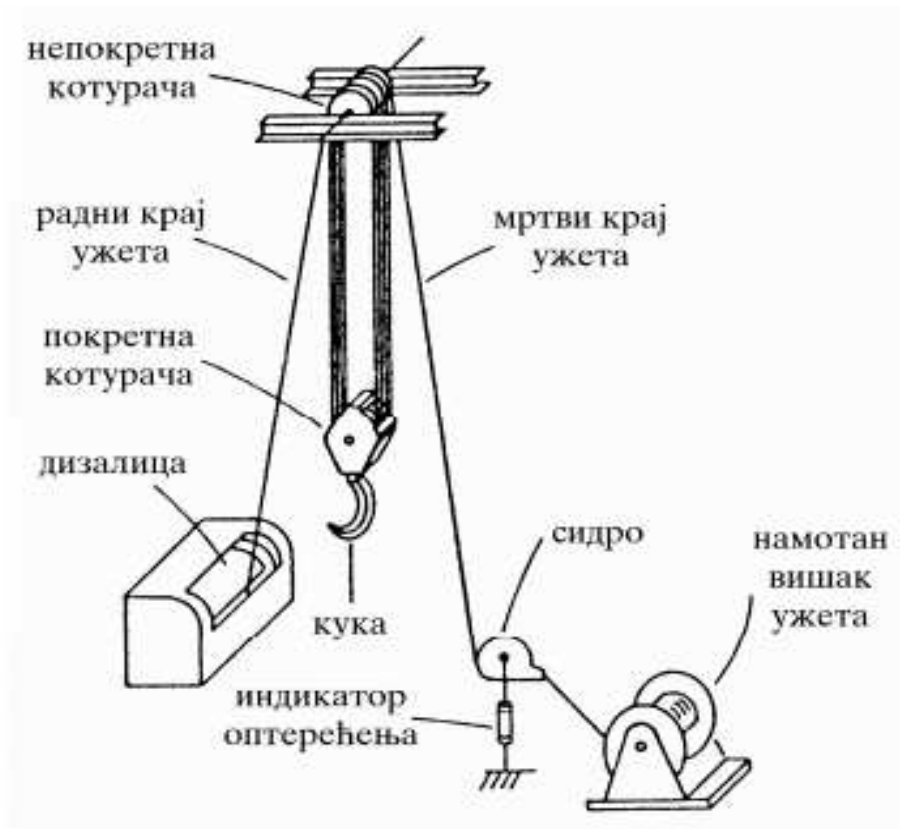


Slika 3.4.2- Električni prenos energije (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

Raspored sklopova na bušačem postrojenju nije određen nekim uslovima ili standardima. U najvećem broju slučajeva on zavisi od izbora pogonskog sistema i trasmisije energije. Najveću energiju treba obezbediti za rad dizalice, zatim radu isplačnih pumpi. U mnogim slučajevima za pogon dizalice i isplačnih pumpi koristi se poseban sistem energije kako se ne bi dovelo do opterećenja pogonskih motora. Za pogon rotacionog stola koristi se prenosnik u sklopu same dizalice, na osnovu čega se dolazi do velike uštede energije.

### 3.5 Sastav za manevrisanje alatom

Sistem za manevrisanje (slika 3.5.1) predstavlja vitalnu komponentu bušaćeg postrojenja<sup>8</sup>. Ovaj sistem ima ulogu da obavlja dve veoma važne funkcije na postrojenju i to: dodavanje garniture bušaćeg alata, zaštitnih cevi kao i manevrisanje samim alatom.



Slika 3.5.1 – sistem za manevrisanje (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

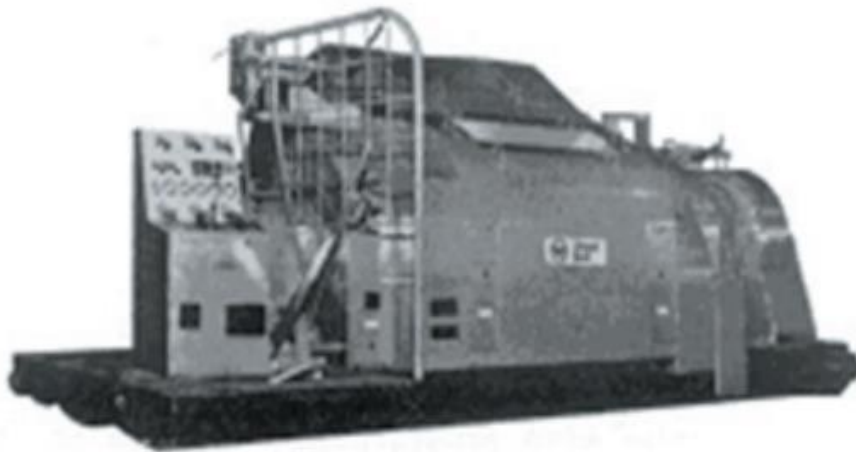
<sup>8</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

Sistem za manevrisanje bušačim alatom uglavnom se sastoji od:

- Dizalice
- Sistem koturača (pokretna i nepokretna)
- Tornja
- Bušačeg užeta

## Dizalica

Bušaća dizalica (slika 3.5.2) predstavlja sistem koji je najgabaritniji na samom postrojenju. Na njoj se nalazi bubanj na kome je zakačen radni kraj užeta, i pomoćni bubanj. Prenos snage do dizalice ostvaruje se pomoću međusovina ili pomoću zupčanika ili lančanika. Bušaća dizalica se na postrojenjima koristi za obavljanje različitih funkcija, ali je naziv dobila po funkciji za koju je i namenjena, da garnituru bušačeg alata podiže i spušta u bušotinu. Kada dizalica radi vrši se okretanje bubnja na koji je pričvršćeno uže, usled čega se garnitura alata podiže ili spušta.



Slika 3.5.2- Bušaća dizalica (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

Bušaća dizalica se koristi za obavljanje sledećih funkcija:

- Podizanje, spuštanje i manevrisanje garniturom alata;
- Odvrtnje i zavrtnje bušaćih šipki;
- Pogon rotacionog stola,
- Pogon isplućnih pumpi<sup>9</sup>.

Pored ovih funkcija bušaća dizalica može imati i još jedan pomoćni bubanj, pa se može koristiti i za druge operacije kao što su klipovanje, ili različita merenja koja se zahtevaju u toku izrade bušotine.

Bušaća dizalica može biti pokretana pomoću dizelskog ili elektromotora. Kod električnog pogona najčešće se koriste dizel motori koji pokreću određene generatore za proizvodnju struje, pa se proizvedena struja doprema elektromotorima za pokretanje dizalice.

Veoma važan sistem dizalice pored podizanja i spuštanja jeste kočenje, kao i sistem hlađenja jer se stvara veoma velika temperatura kao posledica trenja. Uz pomoć kočnice radnik može kontrolisati brzinu spuštanja alata, zaustaviti alat u bilo kom položaju visine, kao i kontrolisati opterećenje bušaćeg alata, zaštitnih cevi, ili opterećenja na dletu. Sastav za kočenje se najčešće sastoji od dva sistema, jedan mehanički, a drugi električni ili hidraulični. Mehanička kočnica je najbitniji faktor u samom kočenju, jer se sa njom osim usporavanja kretanja samog alata može i zaustaviti kretanje u bilo kom položaju. Iz ovog razloga neophodno je uvek kontrolisati i na propisani način održavati mehanički sistem za kočenje. Električni ili hidraulični sistema može samo kontrolisati brzinu kretanja garniture alata pri spuštanju ili podizanju, ali on ne može izvršiti potpuno zaustavljanje kretanja garniture bušaćeg alata. Ovakve kočnice se uglavnom koriste da se alat spusti usporeno i bez nekih naglih trzaja, kao i to da smanje opterećenje na mehaničku

---

<sup>9</sup> Davor Matanović, „TEHNIKA IZRADE BUŠOTINA PRIRUČNIK S PRIMJERIMA“

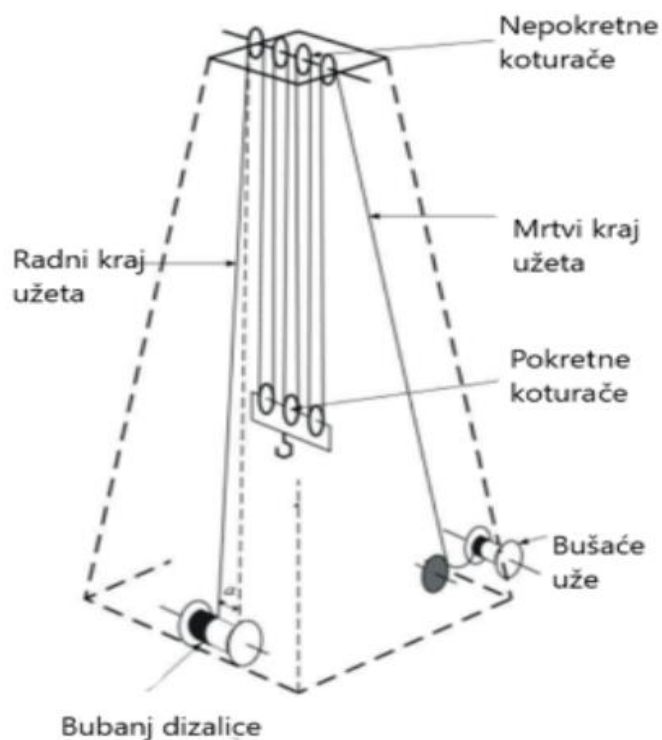
kočnicu kako bi se njeno habanje i trošenje svelo na minimum. Pomoćne kočnice se uglavnom koriste u kao hidraulične ili elektromagnetne.

Osim ova dva sistema dizalica u sebi ima i sistem za promenu brzine kretanje. Korišćenjem reduktora za brzine radniku je na raspolaganju veliki izbor brzine kretanja alata prilikom spuštanja i podizanja, kao i mogućnost promene nosivosti dizalice u skladu sa brzinom kretanja. Ako se koristi veća tj. brža brzina nosivost tereta opada i obrnuto. Sistem za promenu brzine se sastoji od najmanje dve brzine, poželjno je da sistem bude sa četiri, a u nekim slučajevima može biti i osam brzina.

### **Sistem koturača**

Najvažniji delovi sistema koturača su (slika 3.5.3):

- pokretne koturače,
- nepokretne koturače i
- uža.



Slika 3.5.3- Sistem koturača (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

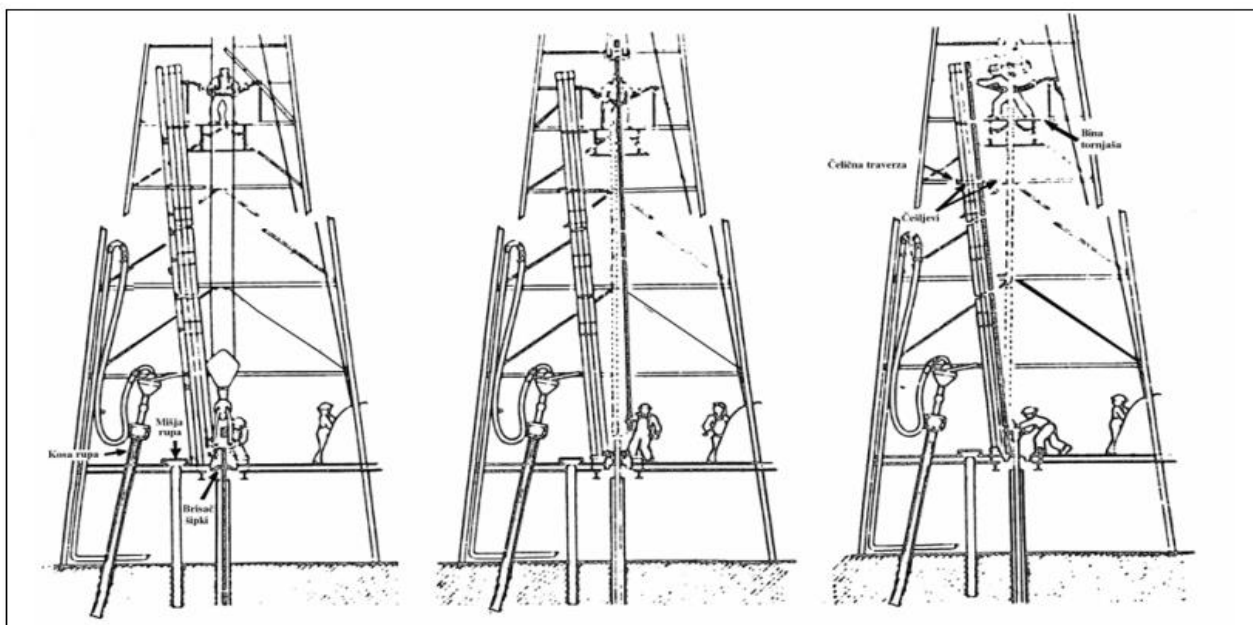
Osnovni zadatak sistema koturača jeste prenošenje celokupne težine bušaćeg alata na konstrukciju tornja. Preuzimanje težine vrši se i prilikom mirovanja bušaćeg alata kao i tokom procesa bušenja. Tokom bušenja celokupno opterećenje koje se prenosi na sistem koturača ostvaruje se preko kuke, isplačne glave, zasuna, radne šipke, bušaćih šipki, teških šipki, dleta, kao i svih drugih alatki koje mogu biti postavljene na nju. Prilikom cementacije zaštitnih cevi, opterećenje na sistemu koturače je znatno veće od garniture alata za bušenje. Kako za sve sisteme važi pravilo da moraju biti predimenzionirani tako se to odnosi i na sistem koturača..Zbog toga je veoma bitno da se smanji trenje kretanja užeta preko kotura.

Nepokretna i pokretna koturača obično imaju od 4 do 8 koturova koji su prilagođeni odgovarajućem užetu za bušenje u zavisnosti od nosivosti i očekivanih težina prilikom bušenja. Veoma bitan faktor pravilnog rada sistema koturača jeste pravilan izbor održavanja kao i izbor podmazivanja samog sistema koturača. Sistem koturača je u velikom broju slučajeva opremljen i dodatnom opremom kao što su: kompenzatori udara, stremenovi i elevatori. Na većim postrojenjima primenjuju se kuke koje su integrisane zajedno sa pokretnim koturačama.

U sistemu za manevrisanje najvitalniju komponentu predstavlja bušaće uže. Od pravilnog izbora bušaćeg užeta zavisi sigurnost radnika na postrojenju, bušaćeg alata, kao i celokupne opreme koja je okačena o sistem za manevrisanje. Uže za bušenje se izrađuje pletenjem čeličnih žica, zatim tako isprepleteni pramenovi se posebno upletavaju oko jezgra užeta. Najčešći prečnici užeta se kreće od 25,58 mm (1 1/8") pa do 38,1 mm (1 1/2"). Bušaće uže ima dva kraja, jedan pokretni a drugi nepokretni kraj. Pokretni kraj užeta namotava se i odmotava na dizalici, a nepokretni kraj je učvršćen na sidru koje se nalazi na jednoj stopi tornja, najčešće na suprotnoj strani dizalice. Pravilno korišćenje i održavanje bušaćeg užeta jeste njegovo stalno podmazivanje. Prilikom kretanja preko koturača i prilikom savijanja usled opterećenja iz jezgra užeta se istiskuje ulje koje treba neprestano nadomestiti. Uže predstavlja potrošni deo pa njegovo preterano habanje može znatno uticati na troškove izrade bušotine. Bušaće uže treba birati tako da bude usklađeno sa predviđenim opterećenjima kao i dimenzijama samih koturova na sistemu koturača. Prilikom izbora bušaćeg užeta treba imati u vidu prečnik užeta kao i njegovu dužinu. Adekvatan prečnik užeta obezbeđuje da se uže nesmetano kreće kroz žljebove na koturačama, dok dužina obezbeđuje maksimalni hod kuke

u tornju. Uvek treba imati u vidu rezervnu dužinu užeta, ako dođe do potrebe za njegovim rezanjem.

Na slici 3.5.4 prikazan je manevar garniturom bušaćeg alata korišćenjem celokupnog sistema za manevrisanje ( dizalicom, sistemom koturača, bušaćim užetom )

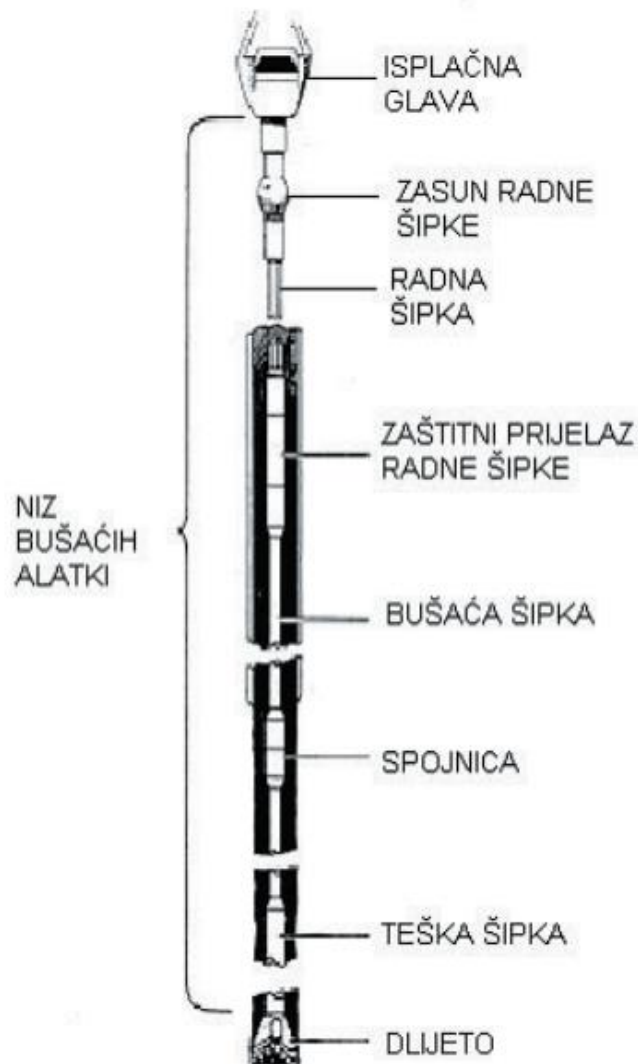


Slika 3.5.4 – Manevar garniturom alata (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)



### 3.6 Sastav bušaćeg alata

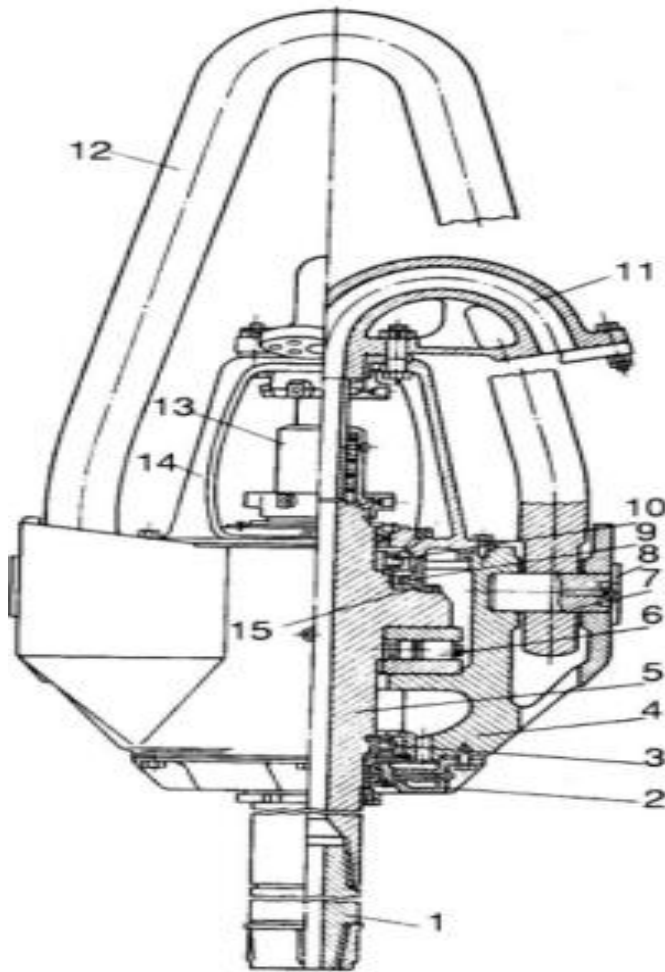
Kod bušaćih postrojenja koja rade na principu rotacionog bušenja sastav alata čine: Isplačna glava, radna šipka, bušaća šipka, teške šipke i dleto. Redosled postavljanja garniture alata prikazan je na slici 3.6.1



Slika 3.6.1- Garnitura bušaćeg alata (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

## Isplačna glava

Uloga isplačne glave (slika 3.6.2) je da obezbedi rotaciono kretanje bušaćoj šipki, a da se ona ne kreće ili da se kreće translatorno, i istovremeno treba da ispuni ulogu uvođenja isplake pod visokim pritiskom u bušaću šipku. Ovaj element treba da objedini dva sistema, sistema za cirkulaciju i sistema za rotaciju, tako je postavljen da se nalazi između pokretne koturače koja se translatorno kreće i bušaće šipke čije je kretanje rotaciono. Najbitniju funkciju koju treba da osigura je zaptivanje isplake kod pritiska preko 200 bar, tako da miruje isplačno crevo, a bušaće i radna šipka rotiraju. Ona mora da obezbedi sigurnost u pogledu čvrstoće, elementi iz kojih se sastoji treba da prime statička i dinamička opterećenja, pouzdanost u radu nezavisno od broja obrtaja šipke, a da nema prodora isplake koje mogu da unište unutrašnje ležajeve. Dozvoljena brzina kretanje isplake je od 5 do 6 m/s. Takođe mora na adekvatan način da se vrši podmazivanje isplačne glave, kako ne bi došlo do erozionog habanja protočnih kanala i abrazivno habanje kontaktnih površina. Unutrašnjost isplačne glave ispunjeno je uljem, a kako bi se sprečilo isticanje na donjem delu se postavlja element za dihtovanje koji sprečava ulje da izađe kod spoja nepokretnog dela i rotirajućeg vretena. Ulazak ispirnog fluida u isplačnu glavu ostvaruje se preko Guskinog vrata, tj. zakrivljene cev koje je povezana sa gibljivim crevom i isplačnim pumpama. U isplačnoj glavi kroz kaljenu cev fluid prolazi i ostvaruje vezu sa bušaćim alatom. Na taj način ostvarena je veza između rotirajućih elemenata sa elementima koji stoje fiksno. Na spojevima isplačne glave sa bušaćom šipkom izrađeni su levi navoji kako bi se sprečilo odvrtnje u toku procesa bušenja.



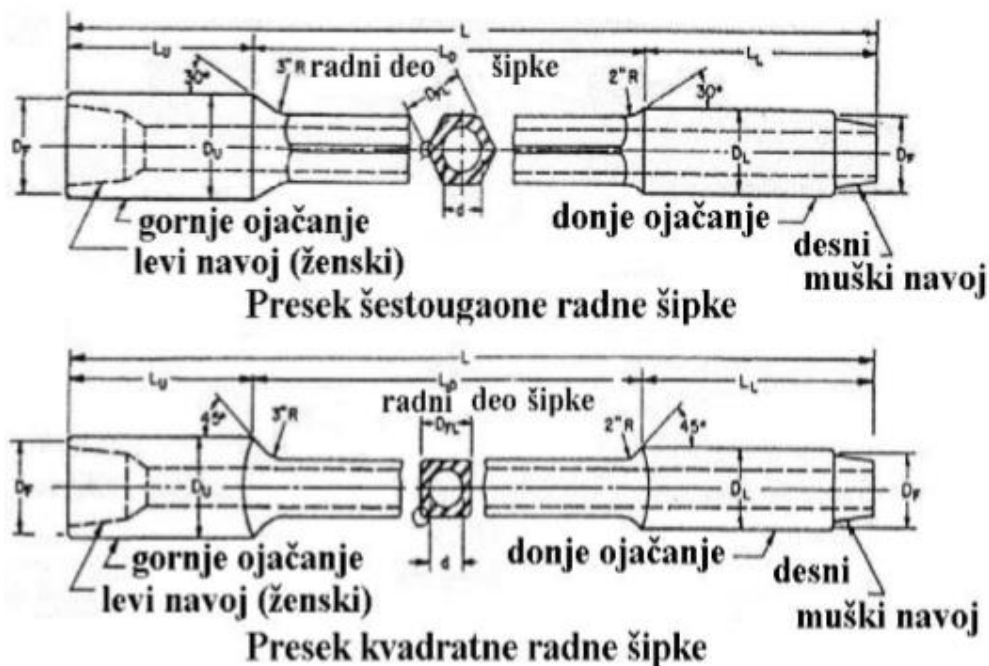
1. Priključak,
2. Poklopac,
- 3.10. Radijalni ležaj,
4. Kućište,
5. Vreteno,
- 6,9 Aksijalni ležaj,
7. Čaura,
8. Pločica,
11. Priključna cev,
12. Kačaljka,
13. Paker (Pritisni zaptivač)
14. Poklopac

Slika 3.6.2- Isplačna glava sa elementima (izvor: Batalović V., 2001. „Mašine i uređaji u rudarstvu nafte i gasa“, Novi Sad)

### **Radna šipka i rotacioni sto**

Radna šipka predstavlja deo garniture alata koji se postavlja na samom vrhu. Najčešće je izrađena trostranog, četvorostranog ili šestostranog poprečnog preseka (slika 3.6.3), dužine 12 m i 19 m, izrađene od visoko kvalitetnog hrom-

molibdenskog čelika.. Primenjuje se na postrojenjima koji rotacionu energiju za okretanje garniture alata dobijaju preko rotacionog stola. Glavna uloga radne šipke je prenošenje obrtnog momenta sa rotacionog stola na kompoziciju bušaćeg alata sve do dleta. Osim toga radna šipka služi i da obezbedi cirkulaciju ispirnog fluida od isplačne glave do dna bušotine.

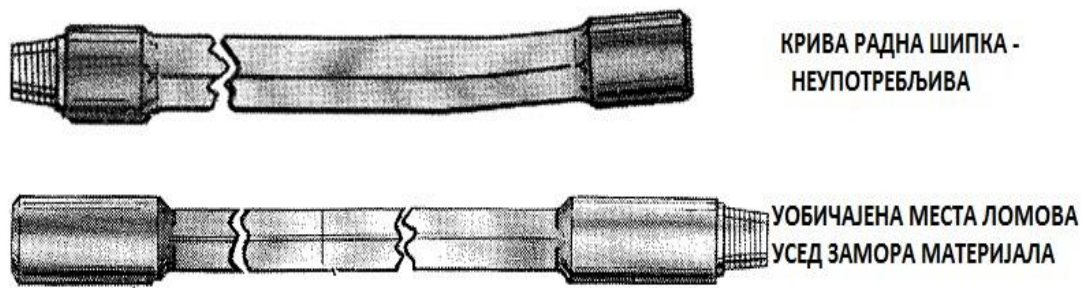


Slika 3.6.3 – Poprečni presek radne šipke (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

Radna šipka se povezuje direktno sa isplačnom glavom svojim gornjim krajem, i bušaćim šipkama donjim delom, čime je obezbeđena veza za cirkulaciju isplake do dna bušotine. Radna šipka na svom donjem delu ima montiranu spojnicu za spajanje sa bušaćim šipkama. Spojnica se montira kako bi se navoj na radnoj šipki sačuvao jer se očekuje često odvrtnanje i zavrtnanje prilikom dodavanja bušaćih šipki sa povećanjem dubine bušenja. Ukoliko se navoj na spojnici ošteti, pristupa se zameni spojnice dok radna šipka ostaje ista. Radna šipka je povezana za rotacioni sto pomoću pogonskog klina na radnoj šipki, koja ulazi u glavni pogonski

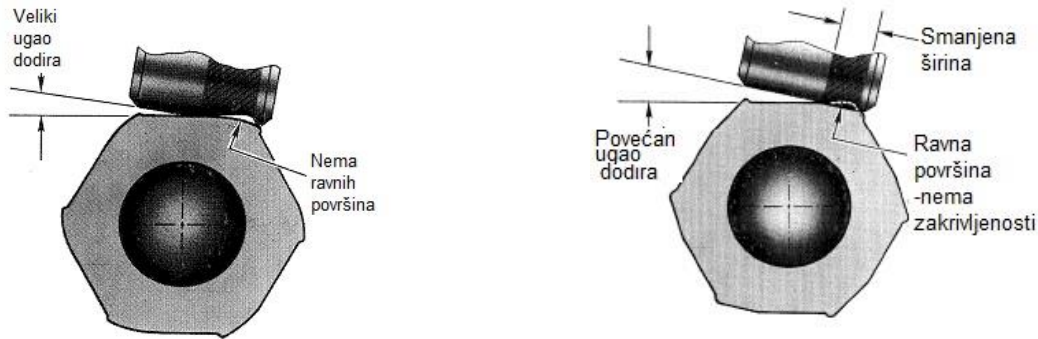
uložak rotacionog stola. Ovakvo ostvarena veza između rotacion stola i radne šipke obezbeđuje prenošenje rotacione energije potrebne za pokretanje garniture alata.

Radna šipka mora biti idealno prava, ne sme imati nikakvo zakrivljenje (slika 3.6.4), jer pojavom zakrivljenja dolazi do oscilacija u radu pa tako se javljaju vibracije i ljuljanje alata koje se dalje prenosi na dizalicu i toranj. Ovakve vibracije mogu da dovedu do loma bušaćih šipki u svojim gornjim delovima, kao i oštećenja svih spoljašnjih elemenata i veze sa rotacionim stolom, a takođe mogu da proizvedu dodatna opterećenja i naprezanja na pogonski sistem.



Slika 3.6.4 – Iskivljenja radne šipke i mesta lomova (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

Prilikom upotrebe radne šipke dolazi i do određenog habanja valjaka u kupoli rotacionog stola koji su u neposrednom kontaktu sa spoljašnjim zidovima radne šipke, kao i habanja na istim tim površinam radne šipke prouzrokovanih habanjem valjaka (slika 3.6.5).

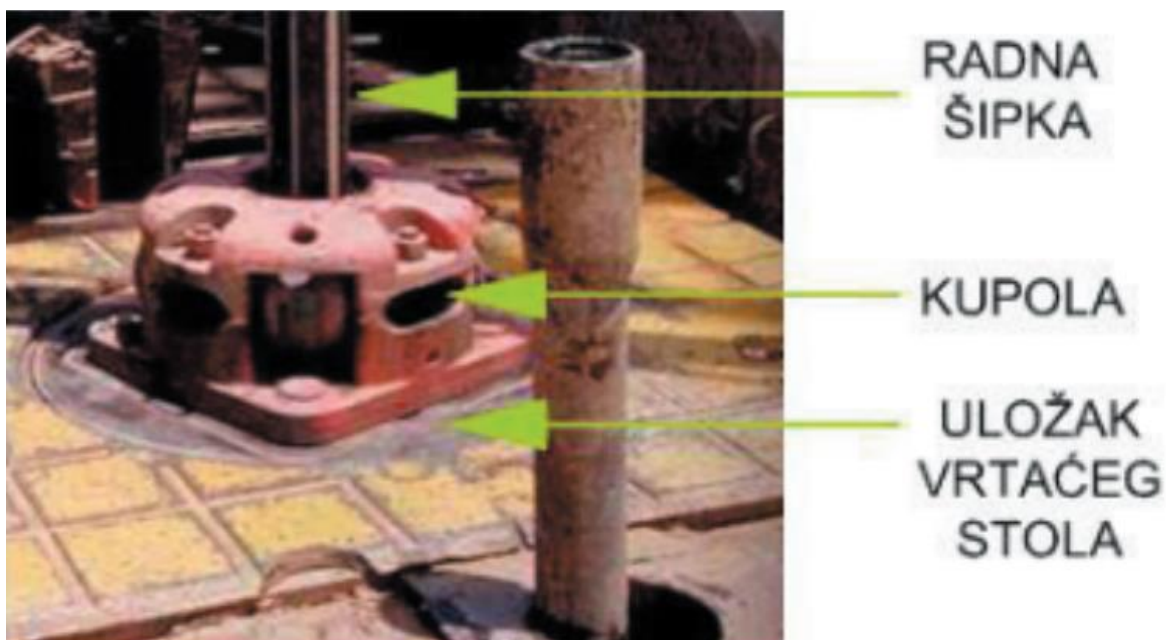


Slika 3.6.5 – Oštećenja na kontaktnim površinama valjaka i radne šipke (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

Preveliko odstupanje naležućih površina može prouzrokovati okretanje radne šipke unutar kupole rotacionog stola usled velikog opterećenja i prouzrokovati zaobljavanje ivica radne šipke, kao i veća oštećenja u kupoli rotacionog stola. Ovo može dovesti do potrebe za zamenom cele kupole rotacionog stola ili do njenog remontovanja. Radna šipka je izrađena iz jednog dela pa ju je moguće u ovakvom slučaju celu mašinski obraditi, što se veoma retko radi zbog prevelikih troškova i potrebe za zamenom cele kupole rotacionog stola u cilju adaptacije delova za novi prečnik radne šipke. Zbog ovoga se uglavnom pristupa blagovremenom zamenom valjaka kupole rotacionog stola, što može povećati radni vek radne šipke. .

Rotacioni sto (slika 3.6.6) je uređaj pomoću koga se postiže okretanje radne šipke preko koje se zatim okreće cela kompozicija bušaćeg alata. Pogonska energija rotacionog stola može biti mehanička i tada rotaciju ostvaruje pomoću lančanika, a takođe pogonska energija može poticati i od električnog izvora kada ga pokreće elektromotor. Rotacioni sto pomoću konusnog i tanjirastog zupčanika prenosi energiju na pogonski uložak rotacionog stola, koji dalje svoju rotaciju

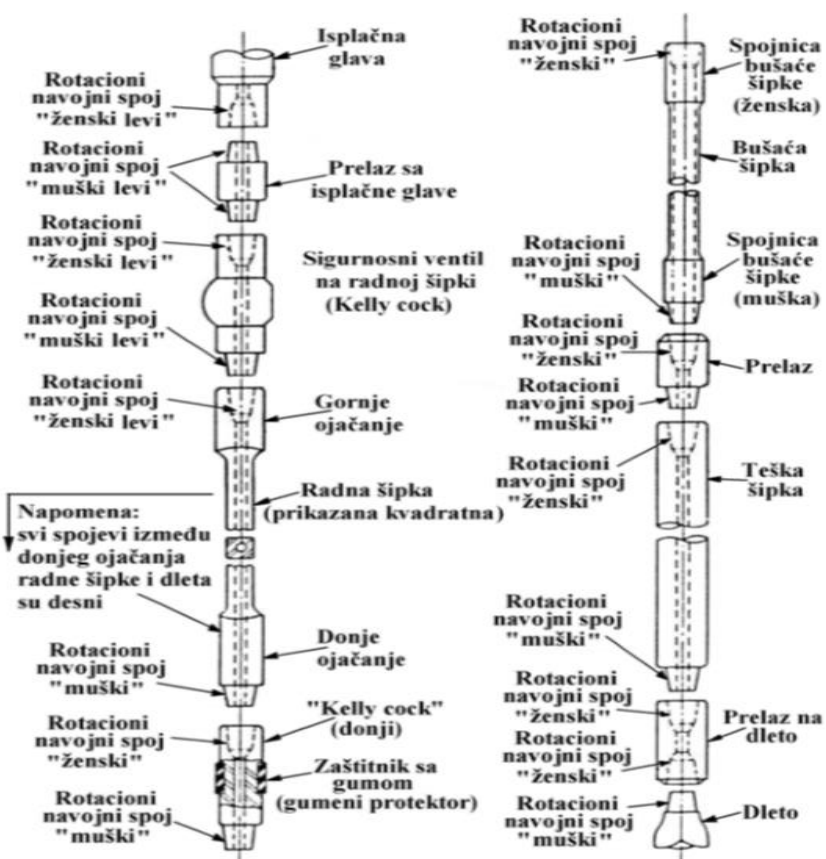
prenosi preko klina radne šipke na samu radnu šipku. Radijalne sile prilikom rotacije preuzimaju dva velika radijalna ležaja a vertikalne sile preuzima glavni aksijalni ležaj. Prilikom bušenja tvrdih formacija dolazi do javljanja vibracija u smeru gore-dole, zbog toga se u rotacioni sto ugrađuje poseban slabiji aksijalni ležaj koji prima opterećenje prema gore, a ujedno predstavlja i klizni ležaj rotacionog stola. Prilikom dodavanja bušaćih šipki u rotacioni sto se postavljaju nazubljeni klinovi koji služe za uklinjenje odnosno prihvat alata dok su otkaçeni od kuke.



Slika 3.6.6- Rotacioni sto (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

## Bušaći alat

Bušaći alat se sastoji od bušaćih šipki, teških šipki, garniture alata na dnu bušotine, kao i specijalnog alata koji se može koristiti. Na slici 3.6.7 prikazana je šema uobičajenog sastava garniture bušaćeg alata.



Slika 3.6.7 – Šema sastava garniture bušaćeg alata (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

Bušaće šipke (slika 3.6.8) su bešavne cevi izrađene od elektro-čelika sa maksimalno 0,04% sumpora. Bušaće šipke ujedno predstavljaju i najdužu deo kompozicije bušaćeg alata. Klasifikacija bušaćih šipki je izvršena na osnovu:



- Prečnika,
- Kvaliteta materijala,
- Klase,
- Dužine,
- Ojačanja na krajevima cevi i spojnica.



Slika 3.6.8 – bušaća šipka (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

Bušaće šipke se uglavnom sastoje iz tela šipke i dve spojnice montirane na oba kraja bušaćih šipki. Jedna spojnica je sa spoljašnjim, a druga sa unutrašnjim navojem. Spajanje se vrši uvrtnjem, a pritežu se specijalnim kleštima za dotezanje. Spojnice se uglavnom izrađuju zasebno i navaruju na bušaće šipke, što im omogućava zamenu u slučaju habanja. Bušaće šipke imaju primenu u svim fazama bušenja, koriste se da se rotaciona energija od radne šipke prenese do dleta na dnu bušotine, kao i da ostvari cirkulaciju isplake od površine do samog dna bušotine. Željena energija koja je potrebna da bi se ostvarilo razaranje stene na dnu prenosi se preko garniture bušaćih šipki.

Određivanje klase bušaćih šipki se zasniva na načinu i brzini njihovog trošenja. Na onovu stanja, odnosno istrošenosti zida cevi bušaće šipke se obeležavaju

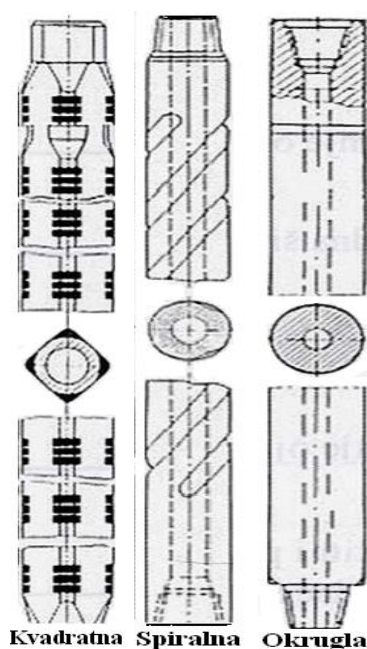
odgovarajućim bojama kako bi se na terenu što bolje raspoznavale. Postoje sledeće klase bušaćih šipki:

- Klasa I – nove bušaće šipke obeležene jednom belom linijom;
- Premijum klasa - preostala debljina zida cevi nije manja od 80 % kod ujednačenog i 60 % kod ekscentričnog habanja, odstupanje od površine usled prihvata klinova, ulubljenja, suženja nije veći od 3 %. U ovoj klasi ne sme biti pukotina. Obeležavaju se sa dve bele linije;
- Klasa II - preostala debljina zida cevi nije manja od 80% kod ujednačenog i 60% kod ekscentričnog habanja. Odstupanje površine u zoni prihvatnih klinova ne sme biti veće od 4 %. Ne sme da postoje oštećenja od pukotina. Obeležavaju se jednom žutom linijom;
- Klasa III – debljina zida cevi do 62,5 % kod normalnog i 60 % kod ekscentričnog habanja. Jedna narandžasta linija;
- Klasa IV – bušaće šipke nisu u upotrebi, jedna zelena linija.

Oštećenje bušaćih šipki može biti prouzrokovano nedovoljnim podmazivanjem, lošim čišćenjem navojnih spojeva, dotezanjem ili pretezanjem navojnih spojeva, kao i primena velikog opterećenja na samo telo bušaćih šipki. Oštećenje šipki u velikom broju slučajeva dovodi do prodora isplake kroz navojne spojeve kao i do samog loma bušaćih šipki.

Teške šipke (slika 3.6.9 ) su cevi sa veoma velikom debljinom zida cevi najčešće izrađene od valjanog čelika. Postavljaju se u samom dnu garniture bušaćeg alata neposredno iznad dleta. Funkcija teških šipki jeste da ostvari dodatno opterećenje na dleto, održe pravac kanala bušotine, smanje vibracije kao i torziono naprezanje na bušaćem priboru. Teške šipke u odnosu na klasične bušaće šipke

imaju povećanu debljinu zida cevi i smanjen unutrašnji prečnik cevi. Najčešće su dužine 9 m, 14 m. Dužina kolone teških šipki zasniva se tako da 80-85 % njihove težine potopljenih u isplaku stvaraju neposredno opterećenje direktno na dleto, dok je ostali deo kolone podvrgnut opterećenju na istezanje. Teške šipke se spajaju navojima identično kao i bušaće šipke, s tim što se spojnice na teškim šipkama ne navaruju posebno već su zbog debljine zida cevi izrađene na samoj šipki. Teške šipke mogu biti izrađene kvadratnog, spiralnog i okruglog poprečnog preseka.



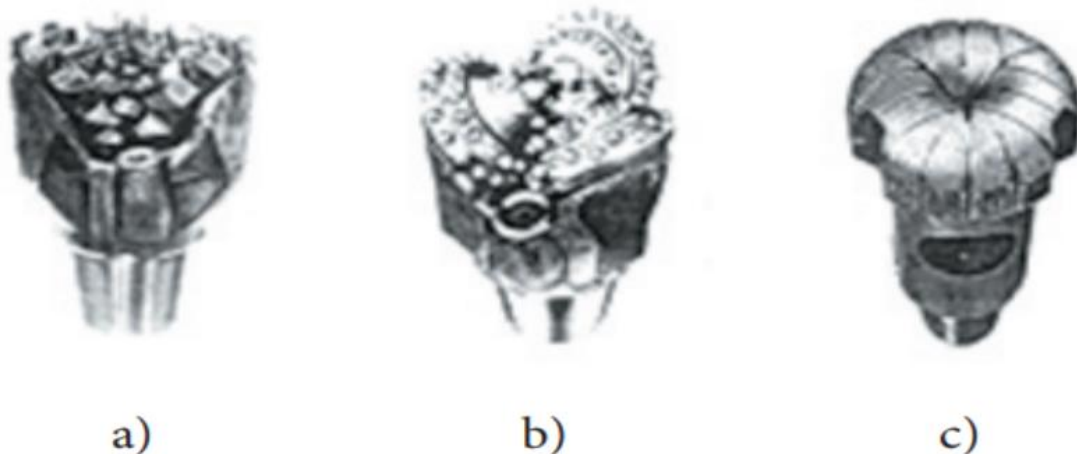
Slika 3.6.9.-Teške šipke (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

## Dleta

Danas se najčešće primenjuju dve vrste konstrukcije delta (slika 3.6.10). Dleta sa konusima koja se mogu slobodno okretati prilikom rotacije samog dleta. Ovakva dleta se najčešće izrađuju kao dleta sa tri konusa, ali mogu biti i sa jednim, dva ili četiri konusa. Ova dleta možemo podeliti na konusna dleta sa zubima i dleta sa umetnutim tvrdim elementima. Dleta su u većini slučajeva opremljena sistemima

za cirkulaciju isplake, kao i mlaznicama koje usmeravaju isplačni fluid ka razrušenim delovima stene.

Dijamantska i polikristalna dijamantska dleta (PDC) nemaju elemente na sebi koji se okreću prilikom rotacije. Umesto njih ova dleta na svom telu sadrže pričvršćene dijamante ili dijamante koji su impregnirani u samo telo dleta. Zbog velike tvrdoće dijamanta samim tim i ovih dleta, primenjuju se za bušenje veoma tvrdih stena. Takođe veoma veliki doprinos ova dleta mogu pružiti i korišćenjem u mekim formacijama.



Slika 3.6.10-a) konusno dleto sa zubima b) konusno dleto s insertima c) dijamantsko ili polikristalno dijamantsko dleto (izvor: Matanović D., 2006 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

### 3.7 Sistem za cirkulaciju ispirnog fluida

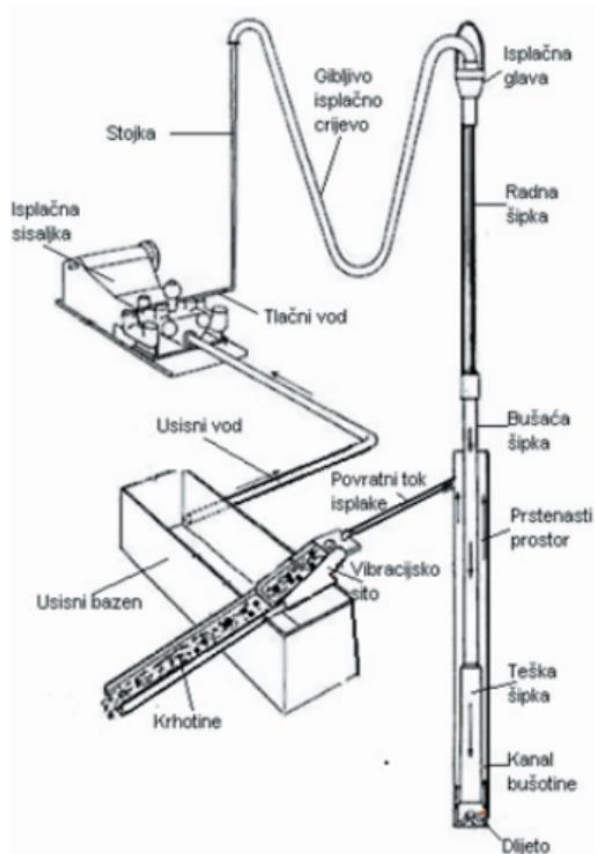
Veoma važan faktor kod bušenja jeste ispiranje kanala bušotine i iznošenje nabušenih čestica na površinu (slika 3.7.1). Da bi ovaj proces funkcionisao mora se pristupiti potiskivanju ispirnog fluida pomoću isplačnih pumpi, preko gibljivog creva, isplačne glave, radne šipke, garniture bušaćeg alata preko dleta do samog dna bušotine. Zatim se kroz kanal bušotine između bušaćih šipki i zidova bušotine ispirni fluid vraća na površinu do sistema za prečišćavanje u kome se vrši odvajanje nabušenog materijala iz samog ispirnog fluida.

Osnovna namena ispirnog fluida (isplake):

- Čišćenje dna bušotine,
- Hlađenje dleta,
- Iznošenje krhotina nastalih u toku bušenja na površinu,
- Ostvarivanje nadpritiska na stene kako bi se sprečilo urušavanje,
- Sprečavanje dotoka fluida u sam kanal bušotine tokom bušenja<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Davor Matanović, „TEHNIKA IZRADE BUŠOTINA PRIRUČNIK S PRIMJERIMA“



Slika 3.7.1- Sistem za ispiranje kanala bušotine (izvor: Matanović D., 2007 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

Sistem za cirkulaciju ispirnog fluida se uglavnom saastoji od: Isplačnih pumpi, bazena za isplaku, uređaja za pravljenje i mešanje isplake, uređaja za prečišćavanje isplake.

### **Fluid za ispiranje (isplaka)**

Fluid za ispiranje bušotina može da bude u tečnom agregatnom stanju, ili u nekim slučajevima u gasovitom, primenom pojedinih vrsta gasova. Isplačni fluidi u tečnom agregatnom stanju su sastavljeni na bazi vode ili nafte. U tečnim ispirnim

fluidima mogu da se nađu i dodaci kao što su gline, oteživači koji se uglavnom koriste kako bi se dobila isplaka željene gustine. Za kontrolu isplake, prilikom utvrđivanja viskoznosti i ostalih osobina isplake pristupa se dodavanju različitih aditiva kojima se postižu željene osobine isplake kako u bušotini tako i na samoj površini. Prilikom izbora isplake treba sprečiti izdvajanje nafte ili vode iz nje, kao i postići određenu debljinu obloge (kolača) na zidovima unutar kanala bušotine.

Ispirni fluidi na bazi gasa se veoma retko primenjuju, zastupljeni su u 1 % slučajeva. Imaju veoma malu primenu zbog male efikasnosti čišćenja dna bušotine i iznošenja krhotina na površinu u odnosu na tečne ispirne fluide.

### **Isplačne pumpe i bazeni**

Isplačne pumpe (slika 3.7. 2) su najvažniji deo cirkulacionog sistema ispiranja kanala bušotine. Na postrojenju se najčešće postavljaju dve isplačne pumpe iz sigurnosnih razloga, ako jedna pumpa otkáže druga pumpa preuzima funkciju, a i prilikom bušenja uvodne kolone kada je potrebno povećati protok isplake. Isplačne pumpe su najčešće klipne pumpe koje se pogone pomoću elektromotora ili reduktorima preko dizalice. Sastavne komponente isplačnih pumpi su: elementi usisnog sistema, ventili, košuljice cilindra, cilindri, ublaživači pulsiranja. Najčešće se u procesu bušenja koriste pumpe sa dva klipa (duplex pumpe), ili sa tri klipa (triplex pumpe). Pumpe kod kojih klip potiskuje isplaku i sa gornjom i sa donjom stranom nazivaju se dvoradne, a one pumpe koje potiskuju samo sa gornjom stranom klipa jednoradne. Pri ispiranju bušotine isplakom na bazi vazduha umesto pumpi koriste se kompresori.

Osnovne karakteristike isplačnih pumpi su:

- Snaga,
- Maksimalni pritisak,

- Dužina hoda cilindra,
- Maksimalan unutrašnji prečnik cilindra<sup>11</sup>



Slika 3.7.2- Isplačna pumpa (izvor: Matanović D., 2007 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

Isplaka se pomoću isplačnih pumpi usisava iz bazena, potiskuje kroz čelično crevo koje je fiksirano sa podstruktrom tornja, a zatim u gublivo crevo ojačano čeličnim žicama do isplačne glave. Odavde isplaka ulazi u sistem koji rotira (radna šipka, bušaće šipke, dleto). Na dletu se nalaze mlaznice manjeg prečnika koje dodatno ubrzavaju isplaku, pa samim tim osim osnovne uloge isplake ona dobija ulogu hidrauličkog razrušavanja stena na dnu bušotine, podiže ih i nosi kroz prstenasti prostor. Na površini isplaka odlazi na vibraciona sita i ostale elemente za prečišćavanja isplake (slika

<sup>11</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “



3.7.3) sve do taložnih bazena. Ukoliko isplaka nije adekvatno prečišćena od nabušenih krhotina ona će polako početi da oštećuje elemente kroz koje protiče i gubiti reološka svojstva. Ukoliko se u isplaci detektuje prisustvo gasa, odvajanje se vrši pomoću prečistača za gas. Ako se iz isplake ne odvoji detektovan gas, prilikom njenog potiskivanja u bušotinu, usled smanjene gustine isplake može doći do eksplozije i erupcije koju je veoma teško iskontrolisati. Održavanja svojstva isplačnog fluida predstavlja najvažniji zadatak radnika na postrojenju.



Slika 3.7.3 – Sistem za prečišćavanje isplake (izvor: Matanović D., 2007 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

## 3.8 Sistem za kontrolu ušća bušotine

Sistem za kontrolu bušotine ima zadatak da spreči pojavu nekontrolisanih erupcija i eksplozija. Erupcija može ugroziti živote radnika na postrojenju, može uništiti postrojenje, dovesti do gubitka bušotine kao i do gubitka samog ležišta. Ukoliko ispirni fluid nema dovoljnu gustinu kao i pritisak veći od pritiska same formacije, dolazi do nekontrolisanog utoka slojnih fluida u kanal bušotine, njegovog podizanja ka vrhu, ekspaniranja kada se radi o gasu te neizbežne eksplozije. Ako se na vreme uoči dotok slojnog fluida u kanal bušotine može se sprečiti katastrofa. Pri ovakvom slučaju prvo što treba uraditi jeste pravovremeno zatvaranje preventerskog sklopa na ustima bušotine.

### **Preventeri**

Preventerski sistem (BOP) (slika 3.8.1) sa svojom ostalom opremom koristi se za zatvaranje bušotine prilikom nekontrolisanog dotoka slojnog fluida i sprečavanja pojave erupcije. Preventeri se dele u dve osnovne grupe: prstenasti i čeljusni preventeri. Prstenasti preventeri sadrže gumene prstenaste elemente koji prilikom aktiviranja zatvaraju prstenasti prostor oko garniture bušaćeg alata, ukoliko u bušotini nema nikakvih alatki zatvaraju pun presek kanala bušotine bez obzira na prečnik. Čeljusni preventeri sastoje se od tela i čeljusti koji služe za zatvaranje bušotine. Ovi preventeri se razlikuju na osnovu toga da li zatvaraju pun presek bušotine, pri čemu čeljusti služe i kao sekači garniture bušaćeg alata, ili zatvaraju samo prstenasti prostor oko bušaćeg alata. Na ustima bušotine se postavljaju najčešće dva preventera. Jedan čeljusni koji je postavlja kao donji, drugi prstenasti kao gornji. Ukoliko se buši potpritiskom mogu se na ustima

bušotine postaviti tzv. rotacijski preventeri. Dva preventera se postavljaju iz bezbednosnih razloga da ako jedan zakaže drugi zatvori bušotinu.



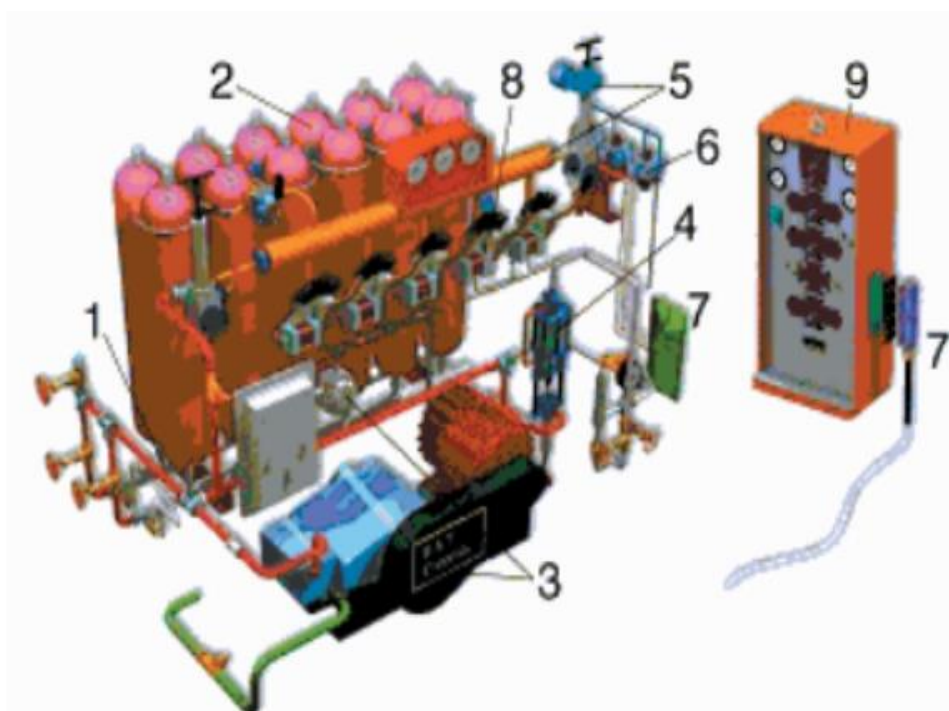
Slika 3.8.1- Preventerski sklop BOP (izvor: Matanović D., 2007 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

### **Koomey uređaj**

Aktiviranje preventera se vrši pomoću hidraulike, ulja pod pritiskom u uređajima koje nazivamo Koomey (slika 3.8.2). Sastoje se od nekoliko rezervoara ulja pod pritiskom koja su međusobno povezani u operativnu jedinicu. Hidraulične pumpe podižu pritisak ulja na željenu vrednost i potiskuju ga do preventerskog sistema kroz cevi visokog pritiska. Pošto je zatvaranje preventera potrebno odraditi u što

kraćem vremenskom periodu, pritisak ulja u sistemu se kreće od  $105 \cdot 10^5$  do  $210 \cdot 10^5$  Pa.

Ovi uređaji se postavljaju odvojeno od postrojenja, na udaljenosti od oko minimum 30 metara, da bi se u slučaju pojave erupcije mogli nesmetano koristiti. Na niskim temperaturama rezervoare sa hidrauličnim uljem potrebno je dobro izolovati ili zagrevati kako ne bi došlo do smrzavanja. Pored ovoga kao mera protiv zamrzavanja hidrauličnog ulja jeste dodavanje antifrizu u samo ulje.



Slika 3.8.2- Koomey uređaj (izvor: Matanović D., 2007 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

1) sigurnosni ventil 2) spremnici 3) elektromotorom pogonjena hidraulična pumpa i automatska sklopka 4) automatska sklopka 5) sabirna cev i regulacioni ventil 6) regulacijski ventil 7) spojne cevi za vazdušne komande 8) ventili 9) pomoćni kontrolni sklop.

Zatvaranje bušotine u slučaju dotoka slojnih fluida preventerima predstavlja samo prvi korak preduzet radi uspostavljanja ravnotežnog stanja. Ukoliko je moguće nastaviti bušenje potrebno je očistiti bušotinu od gasova, izdvojiti gasove iz isplake, utisnuti isplaku odgovaraće gustine kojom će se ostvariti dovoljan pritisak u bušotini.

### 3.9 Postrojenje Land Rig 2000hp National 1320UE karakteristike

Land Rig 2000hp National 1320UE je postrojenje koje se koristi za izradu bušotina za naftu. Karakteristike postrojenja su sledeće:

Visina tornja je 47,85 m, maksimalno dozvoljeno opterećenje na kuku iznosi 453,6 tona za sistem koturača sa 12 strukova. Maksimalnu brzinu vetra koju ovo postrojenje može izdržati kada je u tornju odlagalište popunjeno iznosi 120 km/h. Podište tornja se nalazi na visini od 7,6 m. Maksimalna dubina koje sa može ostvariti pomoću ovakvog postrojenja iznosi 7620 m. Kapacitet dizalice iznosi 426 tona koja je opremljena sa električnom pomoćnom kočnicom Baylor 7838. Pokretanje postrojenja se ostvaruje preko 4 dizel motora snage 1500 KS koji se koriste za pokretanje generatora i proizvodnju struje. Snaga generatora za proizvodnju struje iznosi 1050 KW sa naponom od 600 V. Za pokretanje i cirkulaciju ispirnog fluida prilikom bušenja koriste se dve klipne isplačne pumpe svaka snage po 1600 KS, a pritisak koji ostvaruje svaka pumpa iznosi 345 bar.

Kapacitet rezervoara za isplaku koja se koristi za ispiranje bušotine je 222,6 m<sup>3</sup>. Za kontrolu dotoka neželjenih fluida u bušotinu kao i prigušivanje i zatvaranje bušotine usled erupcije koriste se tri preventera koja se mogu aktivirati sa udaljene lokacije van postrojenja.

Od dodatne opreme na postrojenju se nalazi:

- Dve vazdušne dizalice podizne moći od po 5 tona;
- Niskoprofilna pista sa stalcima za cevi (10 kompleta);
- Ručna klešta sa asortimanom čeljusti;
- 5” elevator za podizanje cevi;
- Dva zavojna kompresora snage 50 KS;
- Električna bušilica za namotavanje.

Na postrojenju se nalazi i objekat za radnike, objekat za odlaganje alata i rezervnih delova, rezervoar za vodu zapremine 63,6 m<sup>3</sup> sa dve pumpe, kao i rezervoar za dizel gorivo zapremine 53000 litara opremljen takođe sa dve pumpe.

Postrojenje je takođe opremljeno pokretnom mišijom rupom, automatskim bušenjem kao i praćenjem otklona bušotine.

## 4. INTEGRISANI SISTEM ZA ROTACIJU BUŠAĆIM ALATOM I CIRKULACIJU

Integrirani sistem za rotaciju i cirkulaciju isplak (Top driving drilling system TDDS) predstavlja veoma važan sistem moderne opreme za bušenje, koji je konstruisan za velika postrojenja za bušenje na kopnu i moru prvi put upotrebljen 1982 godine. Najznačajniji napredak u tehničkom i tehnološkom smislu od kad je u upotrebi rotaciono bušenje predstavlja uvođenje integrisanog sistema za rotaciju i cirkulaciju. Rotacioni sto, radna šipka i klin su izbačeni kod ovog sistema, a rotaciju preuzima TDDS zakačen za kuku pokretne koturače, može biti pogonjen pomoću hidraulike ili elektromotora jednosmerne ili naizmenične struje.

Prednost integrisanog sistema bušenja se ogleda u tome da se bušenje vrši bez primene rotacionog stola i radne šipke, kao i u tome da se može koristiti garnitura alata većih dužina nego kod rotacionog sistema. Integrirani sistem za bušenje ujedno vrši rotaciju garniture alata, obezbeđuje cirkulaciju isplake, kreće se po vodilicama integriranih u samom tornju od dna do vrha tornja u toku procesa bušenja.

Prednosti primene integriranog sistema su:

- Ovim sistemom obezbeđuje se proširivanje ili obrada zidova kanala bušotine tokom vađenja alata, kao i promena smera rotacije alata;
- Bušenje je moguće postići i pasovima bušaćih šipki, najčešće tri šipke u nizu, što dovodi do smanjenja vremena za dodavanje i manevar alatom;

- Obezbeđuje se veći prostor na podištu tornja za rad osoblja usled eliminacije pojedinih alata koji se ne primenjuju prilikom primene integrisanog sistema, kao i smanjenja mogućnosti od povreda zaposlenih radnika;
- Obezbeđuje se rotacija alatom sa veoma velikom preciznošću brzine okretanja i obrtnog momenta, veoma pogodno kod jezgrovanja i instrumentacije zaglavljelog alata, mogućnost rotacije u bilo koju stranu;
- Dotezanje alata kao i kontrola potrebnog momenta dotezanja obavlja se preko elektromotora;
- Ugradnja zaštitnih cevi se može raditi uz istovremenu rotaciju, kao i obezbeđivanje cirkulacije i dopunjavanje u toku cementacije.

## 4.1 Osnovne komponente

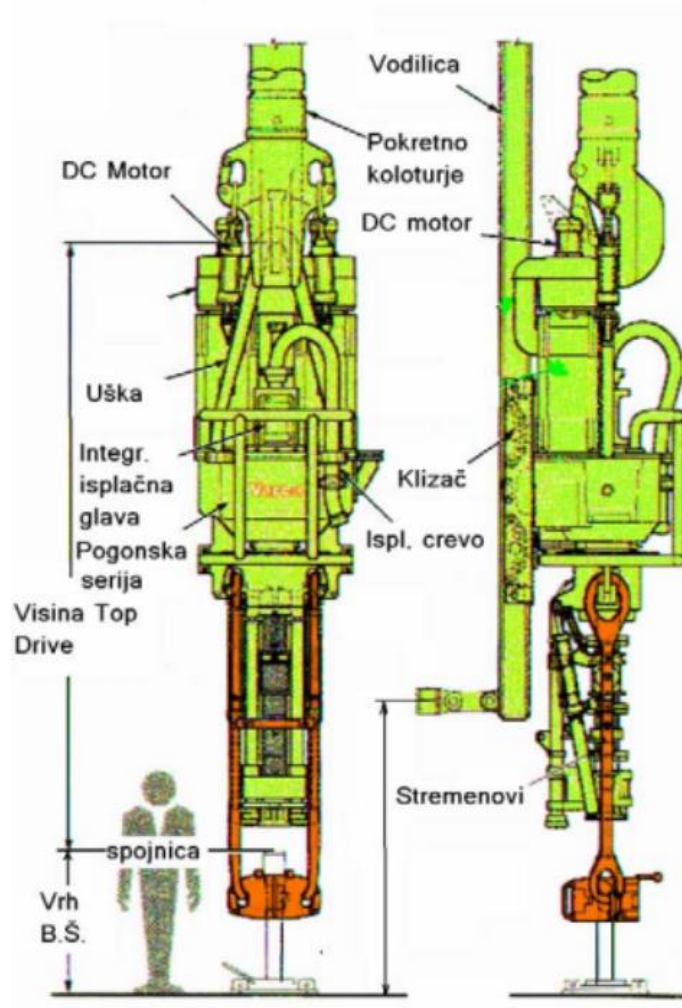
Osnovne komponente (slika 4.1.1) integrisanog sistem bušenja su:

- Pokretački motor,
- Isplačna glava,
- Vodicica,
- Sistem za odvrtnje i zavrtnje,
- Kontrolno upravljački sistem <sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Davor Matanović, „TEHNIKA IZRADE BUŠOTINA PRIRUČNIK S PRIMJERIMA“



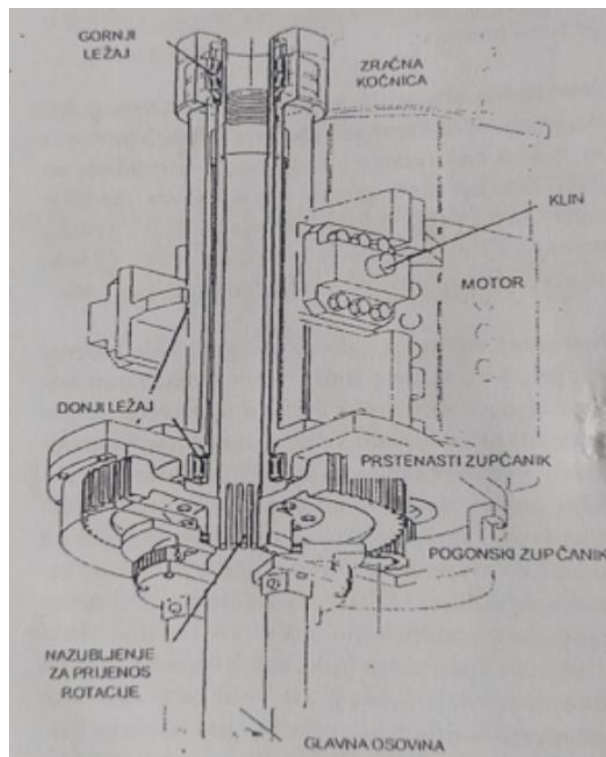


Slika 4.1.1 – Integrisani sistem sa elementima (izvor Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad:)

## 4.2 Pogonski motor i prenos snage

Integrisani sistem dobija pogon od elektromotora jednosmerne struje najčešće snage od 735 kw (slika 4.2.1). Motor karakteriše konstrukcija fiksne osovine na oba kraja. Na gornji deo postavlja se vazдушna kočnica kao i noseći ležaj. Snaga sa elektromotora se prenosi pomoću pogonskog zupčanika koji je u sprezi sa prstenastim zupčanikom. Prstenasti zupčanik je šupalj i ima unutar sebe nazubljeni

deo koji je povezan sa nazubljenim prelazom glavne osovine koja je spojenim sa isplačnom glavom. Ovako konstruisan sistem zupčanika i prenosa omogućuje prenos snage na isplačnu glavu, a ujedno i njeno odvajanje od sistema za pogon. Kućište reduktora je zatvoreno, tako da se unutar njega obezbeđuje podmazivanje zupčanika.

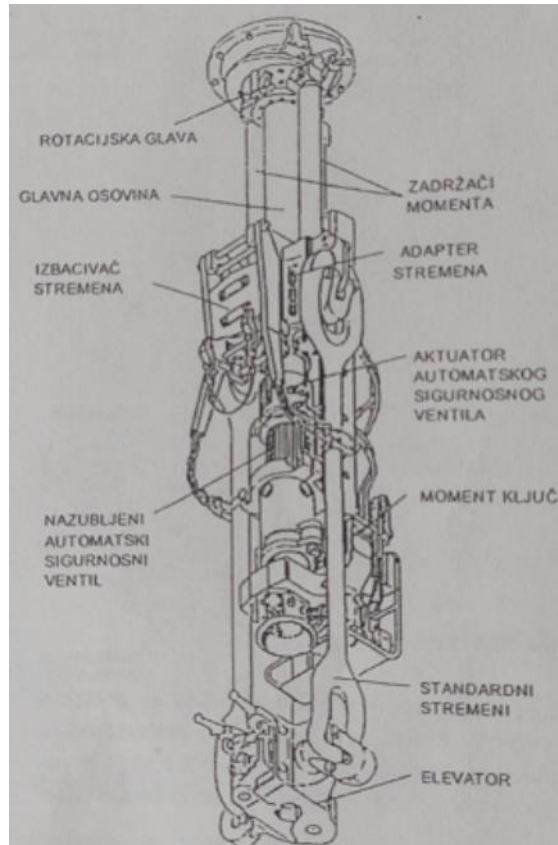


Slika 4.2.1- Pogonski sistem (izvor: Matanović D., 2007 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

Kako bi pogonski motor mogao da neometano radi neophodno je njegovo hlađenje. Hlađenje motora se postiže vazduhom specijalnim ventilatorima koji su pričvršćeni za sam motor a pokreću se asinhronim motorima koji su zaštićeni od eksplozije.

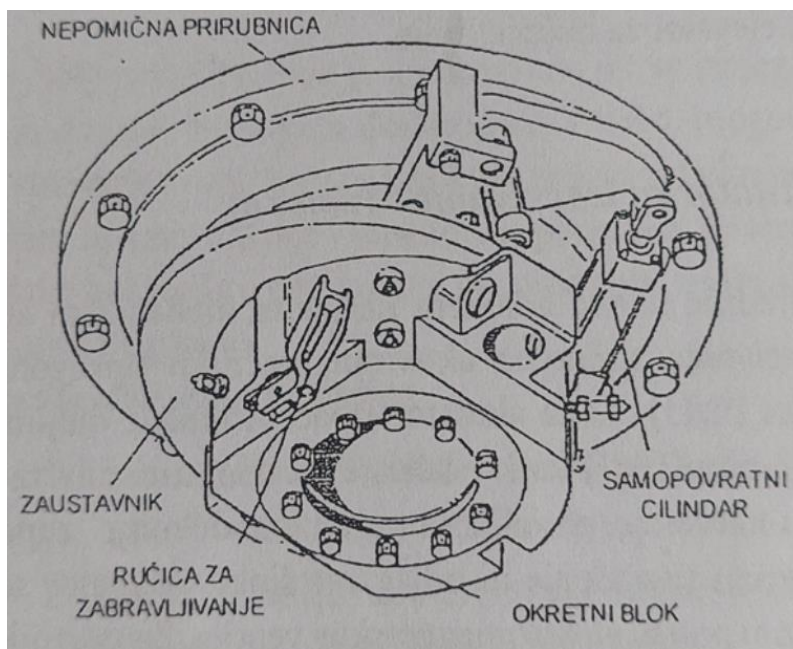
Sistem za pogon kao i isplačna glava montiraju se direktno na kuku. Ovi elementi su na kuku okačeni preko protivtežnog sistema čija je uloga da smanji vibracije i oštećenja navoja na garnituri alata kada se odvrtnje i zavrtnje izvodi pomoću integrisanog sistema. Dva hidraulična diska, dva hidraulična aktuatora kao i hidraulični razvodnik su sastavni delovi ovoga sistema. Hidraulični cilindri su povezani sa rezervoarom sa uljem koji obezbeđuje konstantan potrebni pritisak za funkcionisanje cilindara. Pomoći razvodnika hidraulična snaga se prenosi na sve radne elemente integrisanog sistema, čak i na hidraulični ventil koji pokreće sistem za odvrtnje i zavrtnje, moment ključ.

Sistem za odvrtnje (slika 4.2.2) i zavrtnje služi za prihvat alata, odlaganje alata, kao i odvrtnje i zavrtnje bušaćuh šipki prilikom dodavanja sa povećanjem dubine bušenja. Na ovom sistemu mogu se naći i adapteri za stremenove, hidraulična klešta sa moment ključem, elevatori. Sistem za odvrtnje može da se upotrebi za odvrtnje šipki na bilo kojoj visini u tornju, a maksimalni moment koji obezbeđuje iznosi 81,35 KNm, što obezbeđuje odvrtnje bez ikakavog problema i navoje unutar bušotine koji su se prilikom bušenja dodatno zategli.



Slika 4.2.2 – sistem za odvrtnanje i zavrtnanje (izvor: Matanović D., 2007 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

Kako bi svi sistemi funkcionisali kako treba prilikom rotacije postavlja se rotaciona glava (slika 4.2.3). Rotaciona glava obezbeđuje da svi hidraulični i vazdušni dovodi ostanu povezani kada sistem za odvrtnanje i zavrtnanje rotira garnituru alata.



Slika 4.2.3 – Rotaciona glava (izvor: Matanović D., 2007 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

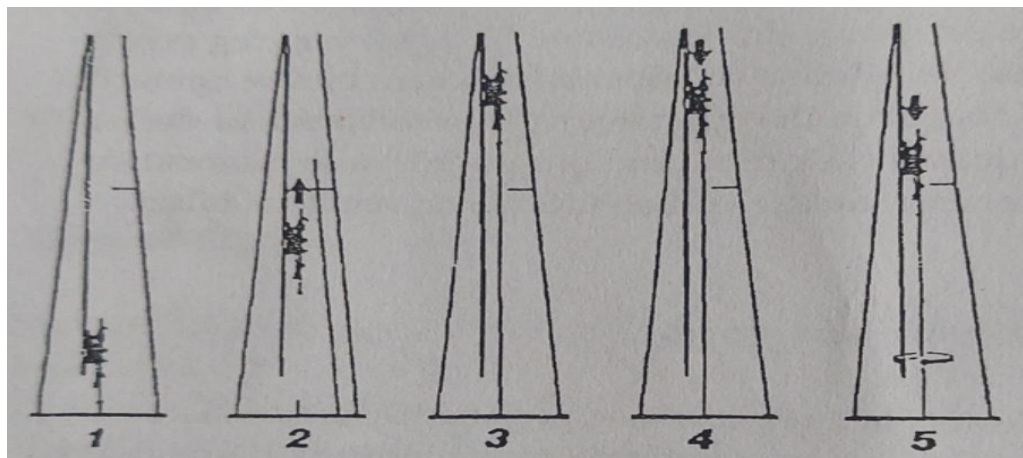
### 4.3 Primena integrisanog sistem bušenja

Integrisani sistem bušenja se može primenjivati u sledećoj izvedbi bušenja:

- Bušenje uz dodavanje šipki u pasevima,
- Bušenje uz dodavanje pojedinačnih bušaćih šipki,
- Bušenje uz dodavanje dve bušaće šipke.

Najčešće primenjivani postupak bušenja jeste sa pasevima (slika 4.3.1). Ako pasevi nisu kompletirani postoje dva načina da se to uradi. Jedan od načina jeste da se prilikom spuštanja određeni broj paseva ostavi u prihvatu, a spuštanje se izvrši pomoću pojedinačnih šipki. Koliko paseva će biti ostavljeno u prihvatu zavisi od procenjenog intervala koliko će dleto napredovati, tj. koliko će se dubina bušotine povećati u toku bušenja. Drugi način jeste da se pasevi bušaćih šipki sklope u “Mišijoj rupi”. Da bi sklapanje bilo jednostavnije bilo bi poželjno da “Mišija rupa”

može biti pokretna, tako da se obezbedi sastavljanje paseva u vertikalnom položaju. Spojevi prilikom sastavljanja paseva bi trebalo da budu samo navrnuti, a dotezanje se kasnije izvodi pomoću integrisanog sistema bušenja.



Slika 4.3.1 – Dodavanje paseva bušaćih šipki (izvor: Matanović D., 2007 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb)

Postupak rada sa pasevima:

1. Pas se zabuši i ubace se klinovi;
2. Pomoću sistema za odvrtnje i zavrtnje otpusti se zaštitni prelaz od niza alata, zatim se spoj odvrne korišćenjem bušaćeg motora;
3. Elevator se otvori kako bi prošle spojnice uklinjenih šipki, a integrisani sistem se podigne;
4. Obuhvati se pas elevatorom i uvede u spojnicu
5. Spusti se integrisani sistem da pas uđe u spojnicu, spoj se zavrne motorom. Mogu se koristiti i viseća klešta. Klinovi se izvade i bušenje se nastavlja<sup>13</sup>.

Bušenje sa dodavanjem jedne bušaće šipke se koristi samo kada se započinje bušenje kada pasevi nisu u prihvatu, a drugi slučaj korišćenja jeste prilikom

<sup>13</sup> Davor Matanović, „TEHNIKA IZRADE BUŠOTINA PRIRUČNIK S PRIMJERIMA“

turbinskog bušenja, kada se posle izbušenog intervala dužine jedne šipke meri ugao otklona od vertikalne ravni.

Ukoliko visina tornja predstavlja prepreku za bušenje u pasevima, može se pristupiti bušenju sa dodavanjem dve šipke. Na ovaj način bušenje sa dve šipke osigurava sve prednosti koje pruža integrisani sistem bušenja. Bušenje sa dve šipke se može ostvariti na dva načina:

- Pasevi od dve šipke su smešteni i odloženi u samom tornju;
- Pasevi su odloženi u Mišiju rupu dvostruko veće dubine.

## 5. BUŠENJE DUBINSKIM MOTOROM

Za izradu kanala bušotine mogu se takođe koristiti dubinski motori, koji se montiraju na donjem kraju garniture bušaćeg alata, neposredno iznad dleta, pri čemu se dleto okreće a garnitura alata miruje. Najčešće u primeni su turbinski motori, vijčani motori i elektrobušilice.

Prilikom izrade bušotine pomoću nekih od ovih dubinskih motora, kao i prilikom projektovanja radova potrebno je preispitati:

- Spoljašnje dimenzije motora,
- Obrtne momente koje motor može postići,
- Energiju koja je potrebna za pokretanje motora.

Problemi koji se javljaju prilikom pogonske energije najčešće se odnosi na turbinske i vijčane motore. Pogonska energija ovih motora najčešće zavisi od cirkulacije ispirnog fluida, odnosno kriterijumima vezanim za čišćenje kanala bušotine, brzinu cirkulacije ispirnog fluida koji dovodi do erozije i abrazije komponenata motora.

Dubinski motor bi trebalo:

- Da ostvari optimalan broj obrtaja u odnosu na izabrano dleto,
- Omogući dovoljan obrtni moment za bušenje stena,
- Omogući pad pritiska u samom dletu,
- Ostvari ukupnu efikasnost od minimum 65 %,
- Da bude postojan na primenu različitih isplaka,
- Omogući rad pri temperaturama od 180 °C<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> Davor Matanović, „TEHNIKA IZRADE BUŠOTINA PRIRUČNIK S PRIMJERIMA“



## 5.1 Vijčani motori

Vijčani motori su konstruisani 1966 godine, a njihova primena je počela dve godine kasnije prvi put u SAD, a kasnije i u celom svetu. Danas se ovi motori koriste za izradu dirigovanih i kosousmerenih bušotina kao i za izradu vertikalnih bušotina. U odnosu na turbinske bušilice ove motore karakteriše veći obrtni moment uz manje brzine rotacije, veći stepen efikasnosti, kao i to da mogu proizvesti veću izlaznu energiju.

Princip rada vijčanih motora zasniva se na pretvaranju hidraulične energije ispirnog fluida u mehaničku uz pomoć helikoidnog rotora i statora. Isplaka se pod pritiskom usmerava kroz prstenasti prostor kojeg čine čelični rotor i stator obložen gumom. Izbačeni delovi na rotoru i statoru čine zube ili krila, koja su u helikoidnom obliku tako da čine neprekidnu zaptivku čime se sprečava prolaz isplaci. Prilikom rada pod dejstvom ispirnog fluida pod pritiskom rotor motora se pokreće čime se obezbeđuje protok isplake. Okretanje se prenosi pomoću spojnice koja je direktno povezana sa dletom, a ostala garnitura iznad motora miruje. U ovom slučaju cirkulacioni tok isplake osim čišćenja nabušenih čestica sa dna kanala bušotine ima i ulogu pokretanja samog motora.

Vijčani motori se definišu:

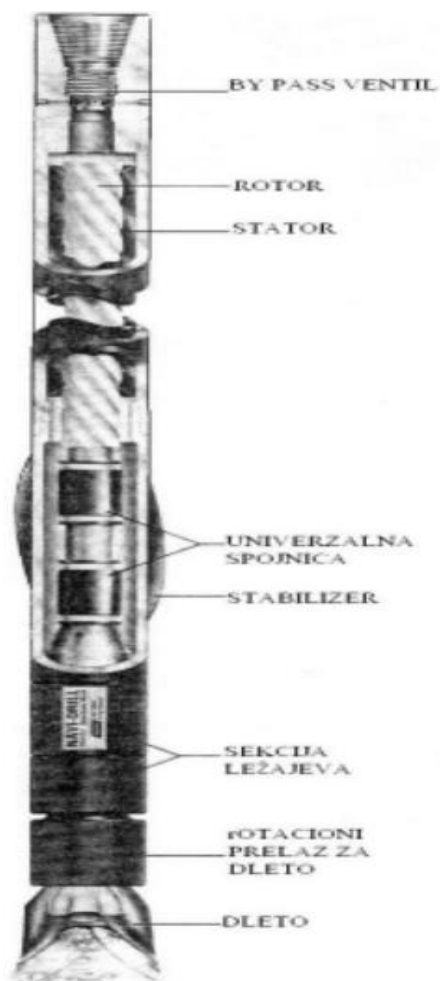
- Spoljašnjim prečnikom,
- Odnosom broja krila ili zuba na rotoru i statoru od 1/2 do 9/10,
- Brojem stepena motora,
- Dužinom i težinom <sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

Vijčani motori (slika 5.1.1) se sastoje od sledećih elemenata:

- Prelivnog ventila,
- Višestepenog motora,
- Univerzalne spojnice,
- Aksijalnih i radijalnih ležajeva,
- Rotacionog prelaza na dleto <sup>16</sup>.

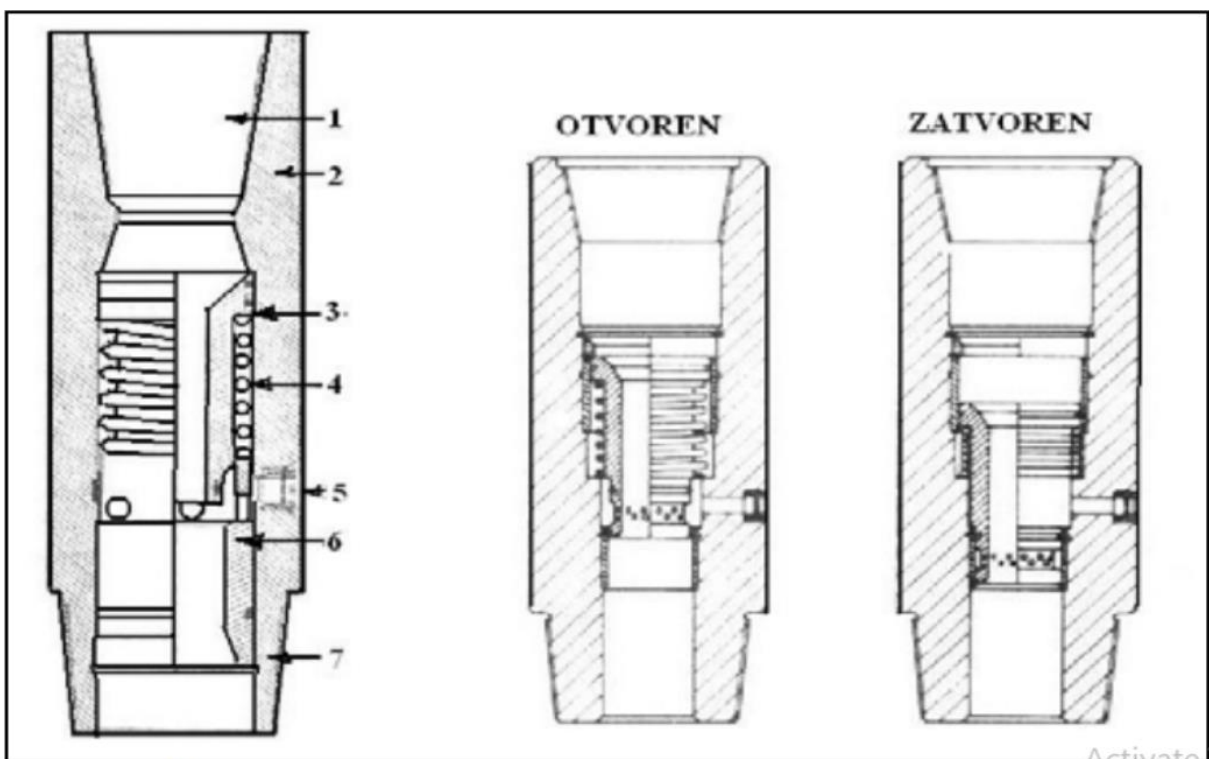


Slika 5.1.1 – Poprečni presek vijčanog motora (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

<sup>16</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

## Prelivni ventil (By-Pass)

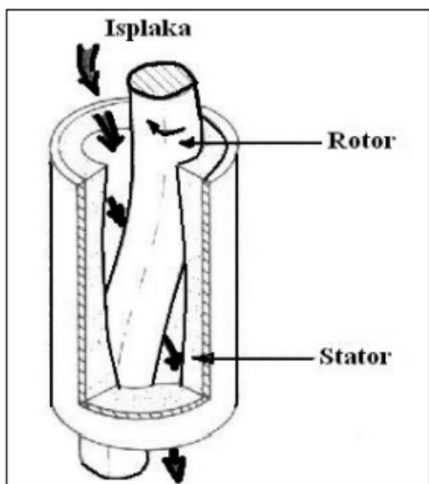
Kroz vijčani motor neće prolaziti isplaka ukoliko na njega ne deluje pritisak celokupnog toka ispirnog fluida, pri čemu prelivni ventil (slika 5.1.2) omogućí da se alatke tokom spuštanja u kanal bušotine pune ispirnim fluidom a tokom vađenja prazne. U toku cirkulacije ispirnog fluida pritisak koji se postiže deluje na klip ventila. Klip naleže na svoje sedište i zatvara sve otvore na telu ventila, čime se isplaka direktno usmerava u vijčani motor koji pri tome kreće sa radom. Kada se pritisak isplake smanji ili kada se prekine cirkulacija klip se vraća u svoj početni položaj pod dejstvom opruge i time prekida dotok isplake u vijačni motor.



Slika 5.1.2 – prelivni ventil sa klipom (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

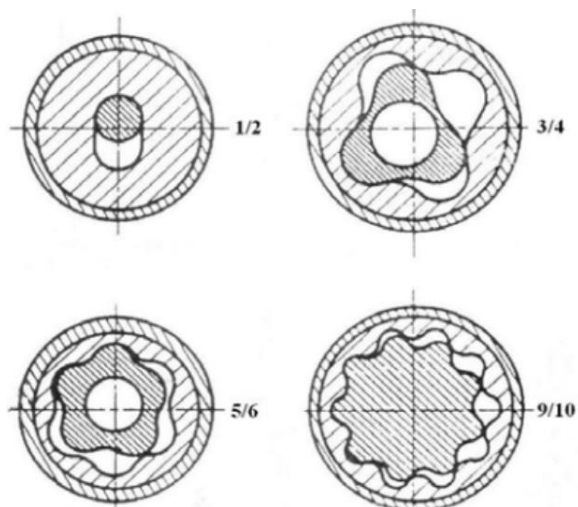
(1) API navoj; (2) Telo; (3) Klip; (4) Opruga; (5) Prozor; (6) Sedište ventila; (7) API navoj

Višestepeni vijčani motori (slika 5.1.3) sastavljeni su od statora i rotora koji ujedno i predstavlja telo vijčanog motora, unutrašnjost statora obložena je gumom u kojoj se čitavom dužinom motora nalaze zavojnice spiralnog oblika. Rotor je izrađen od legure veoma visokog kvaliteta čelika, presvučen i obrađen tvrdim hromom, helikoidnog je oblika a krajevi su mu ekscentrični. Izbočeni delovi rotora i gumeni žljebovi na statoru stvaraju neprekidno zaptivanje. Usled ekscentričnosti rotora u statoru isplaka prilikom svoje cirkulacije izaziva torziono opterećenje na rotor prilikom čega rotor počinje da se okreće a isplaka prolazi iz jedne komore u drugu.



Slika 5.1.3 – poprečni presek vijčanog motora

(izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

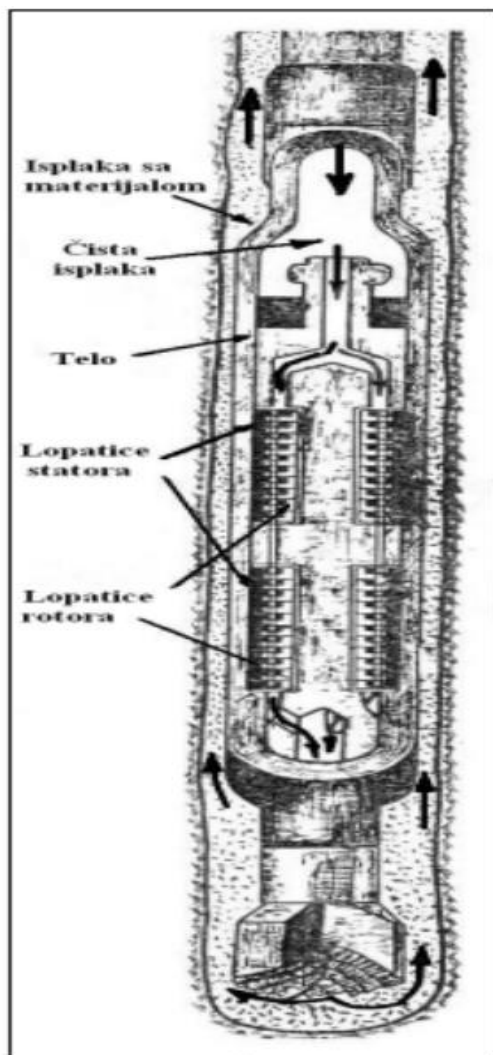


Slika 5.1.4 – odnos spirala i žljebova rotora i statora

## 5.2 Turbinske bušilice

Turbinske bušilice (slika 5.2.1) su hidraulični motori smešteni iznad dleta tako da garnitura alata iznad njega miruje. Turbinski motori mogu biti pogonjeni

isplakom ili gasom. Prilikom pokretanja turbinskih motora gasom mora se voditi računa da ne dođe do eksplozije pri proticanju gasa kroz motor. Delovi turbinskih motora izrađuju se od livenog čelika pogodni za rad pri visokim pritiscima, vibracijama, kao i to da su otporni na veome prljave fluide kao što je isplaka.



Slika 5.2.1 – Turbinska bušilica (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

Po svojim karakteristikama turbinske bušilice se dele :

- Brzohodne bušilice obične izrade,
- Brzohodne bušilice sa vretenom,

- Sporohodne bušilice sa vretenom,
- Sporohodne bušilice sa promenljivim otporom ,
- Bušilice za jezgrovanje,
- Reaktivni turbinski agregati<sup>17</sup>.

U turbinskim motorima hidraulična energija toka isplake ili gasa pretvara se u mehanički rad osovine za koje je vezano dleto. Turbine se uglavnom sastoje iz dva elementa jednog pokretnog rotora, drugog nepokretnog statora. Stator je izrađen u obliku prstena koji na sebi ima povijene lopatice. Sa druge strane rotor je izrađen takođe prstenastog oblika sa lopaticama istim kao stator, s tim što su kod njega lopatice povijene na suprotnu stranu od lopatica statora. Između statora i rotora postoji određeni zazor koji omogućuje da isplaka prolazi, ali u slučaju da se taj zazor poveća turbina se mora remontovati. Ovi motori se u velikom broju slučajeva sastoje od više stepeni prenosa postavljenih jedan na drugi, uz pomoć kojih se ostvaruje željeni obrtni moment na osovini.

Princip rada turbinskih motora se zasniva na protoku ispirnog fluida određenog pritiska koji pada na prvi stepen. Prilikom dolaska u prvi stepen stator formira pravac kretanja isplake, isplaka menja svoj pravac kretanja i pod određenim uglom se dovodi na lopatice rotora. Prilikom toga isplaka stvara određenu silu na rotoru usled čega dolazi do pokretanja rotora. Daljim tokom isplaka odlazi na drugi stepen turbinskog motra trošeći jedan deo svoje snage za pokretanje rotora drugog stepena. Ovakav tok se u zavisnosti od konstrukcije motora odvija kroz sve stepene, a na kraju isplaka prolazi kroz otvor na osovini rotora zadnjeg stepena

---

<sup>17</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

prema dletu, postavljenom na donjem delu osovine. Na osnovu prolaska isplake kroz svaki stepen proizvode se obrtni momenti koji se sabiraju na osovini bušilice.

Prilikom bušenja turbinskim motorima u formacija koja nisu sklona krivljenju kanala bušotine sastav alata je sledeći:

- Dleto,
- Turbinski motor,
- Gumeni rotirajući stabilizator,
- Teške šipke,
- Bušaće šipke, Reaktivni turbinski agregati<sup>18</sup>.

U formacija koje su sklone krivljenju:

- Dleto,
- Stabilizatori ili rimer,
- Turbinska bušilica,
- Teške šipke, bušaće šipke, Reaktivni turbinski agregati<sup>19</sup>.

Prednosti ovih turbinskih motora su: rad turbine ne zavisi od dubine bušenja, bušaće šipke služe samo za transport isplake i trpe statičko opterećenje, gubitak energije je uglavnom manji nego kod Rotary sistema, ostvaruju se veće brzine bušenja, pogodni za dirigovano i kosousmereno bušenje

Mane ovih motora su: zahtevaju isplačne pumpe veće snage radi postizanja većeg pritiska isplake, isplaka se mora mnogo bolje prečistiti, povećavaju se troškovi

---

<sup>18</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

<sup>19</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

rezervnih delova a samim tim i troškovi bušenja, zahtevaju stručno održavanje sa obučanim osobljem.

### 5.3 Elektrobušilice

Pogon elektrobušilica zasniva se na elektromotoru koji je modifikovan za ove namene. Cirkulacija isplake u ovim slučajevima se odvija oko samog motora a ne kroz njega. Elektromotor je indukovani trofazni motor postavljen u specijalno čelično kućište u kojem se nalazi ulje za podmazivanje ležajeva, a ujedno i za hlađenje i izolovanje motora. Preveliko pregrevanje motora može dovesti do znatnog oštećenja. Električna energija se dovodi do motora specijalno konstruisanim okruglim ili pljosnatim kablom koji je provučen kroz čelični omotač. Elektro motor i kabl su namenjeni da izdrže temperature do 150 °C a u nekim slučajevima i do 205 °C.

Napon koji se dovodi do motora je 1230 V sa jačinom struje od 11 do 30 A, frekvencije 20 do 60 Hz. Promenom frekvencije menja se i broj obrtaja elektromotora koji se kreće od 1200 do 3600 o/min. Za maksimalni broj obrtaja na elektrobušilice moraju se ugraditi specijalni reduktori. Maksimalna snaga motora jeste 60 KW a obrtni momenat koji se ostvaruje je 215 Nm.



## 6. IZBOR BUŠAČEG POSTROJENJA

Prilikom planiranja izrade bušotine veoma velika pažnja se posvećuje pravilnom izboru bušaćeg postrojenja. Izbor postrojenja se zasniva na iskustvima inženjera, zahtevima izvođača radova. Pravilnim izborom postrojenja sve opasnosti koje se mogu javiti prilikom izrade se svode na minimum.

Izbor Rotary bušaćeg postrojenja koje se koristi na kopnu i vodi se svodi na iste principe, osim jedine presudne razlike koja se razmatra kod postrojenja na vodi a to je dubina vode.

Bušaća postrojenja dobijaju nazive najčešće po proizvođaču bušaće dizalice, ali takođe mogu se pored naziva dizalice naći i tehničke karakteristike kao npr. "National 1320 UE 2000"<sup>20</sup>, što se odnosi na postrojenje koje je proizvela firma National, dubine bušenja od 3962-6096 m, snaga dizalice od 2000 KS a pogon je dizel-elektro. Bušaća dizalica služi ujedno i kao reper za izbor ostalih elemenata bušaćeg postrojenja. Toranj, isplačne pumpe kao i ostali elementi se biraju na osnovu karakteristika same dizalice. Toranj mora biti predimenzioniran da može da izdrži veća opterećenja nego što se očekuje na dizalici prilikom bušenja. Isplačne pumpe takođe moraju biti izabrane tako da imaju kapacitet i snagu za dubinu bušenja predviđenu na osnovi kapaciteta dizalice.

---

<sup>20</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

## 6.1 Izbor dizalice za bušenje

Maksimalnu dubinu bušenja nekog postrojenja određuje kapacitet i snaga bušaće dizalice. Bušaća dizalica predstavlja najvažniju komponentu svakog postrojenja i ima veoma važnu ulogu da energiju koju dobija od pogonskih motora transformiše tako da se ona posle koristi za: podizanje i spuštanje garniture alata, odvrtnje i zavrtnje bušaćih šipki, rotaciju pogonskog stola, kao i pogon isplačnih pumpi.

Svaka dizalica na sebi mora sadržati kočnicu za usporavanje i zaustavljanje garniture alata, kao i pomoćni bubanj za klipovanje i druga merenja.

Karakteristike dizalice:

- Maksimalna vučna sila po jednom užetu,
- Maksimalna snaga dizalice,
- Broj brzina na dizalici<sup>21</sup>.

Na osnovu sporohodnih brzina dizalica ostvaruje maksimalnu nosivost garniture alata, kapacitet dizalice može biti određen i na osnovu opterećenja na kuki pokretne koturače. Na slici 6.1.1 u tabeli je dat primer opterećenja koje bušaća dizalica (Continental Emsco C-1-III mechanical) može da ostvari na osnovu sporohodnih i brzohodnih brzina.

---

<sup>21</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

Broj brzina na dizalici		Broj bušaćih užadi u pokretnoj koturači		
bubanj	transmisija	8	10	12
		radno opterećenje (daN)		
sporohodne brzine	1	297.800	322.300	355.600
	2	180.200	217.000	251.000
	3	120.600	145.200	168.100
brzohodne brzine	1	81.100	97.600	113.000
	2	54.800	66.000	76.300
	3	36.700	44.100	51.100

Slika 6.1.1 – tabela proračunatog opterećenja dizalice (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

Prilikom izbora bušaće dizalice projektant i izvođač radova moraju se pridržavati tehničkih karakteristika bušaće dizalice koju daje proizvođač. Takođe maksimalna dubina bušenja se može povećati uz adekvatno obrazloženje i promenu alata za bušenje.

## 6.2 Izbor tornja

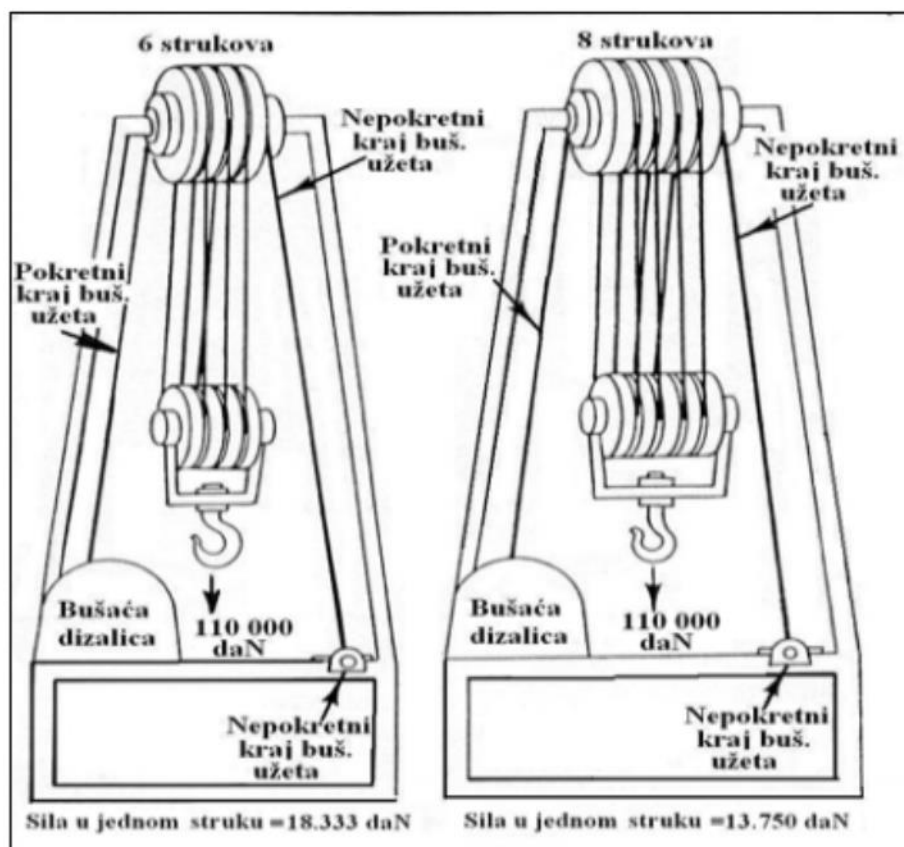
Glavna uloga tornja jeste nošenje tereta bušaćeg alata prilikom bušenja kao i tereta koji nastaje kada je alat odložen u samom tornju. Osim ovih opterećenja toranj trpi i druga dodatna opterećenja kao što su vibracije koje se javljaju usled bušenja, tako i opterećenja usled udara vetra. Zbog ovih svih opterećenja toranj se mora konstruisati po tačno odrođenim pravilima.

Na osnovu proizvođača, toranj je definisan sledećim opterećenjima

- Opterećenje na nepokretnoj koturači,
- Opterećenje na pokretnoj koturači,
- Kapacitetom odlaganja alata u tornju<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

Proizvođač tornjeva daje za svaki toranj posebno maksimalno dozvoljeno opterećenje na nepokretnoj koturači. Sistem koturača omogućuje smanjenje sile na dizalici prilikom podizanja i spuštanja, što ujedno dovodi do činjenice da dizalica može podići veće terete na kuki. Na osnovu smanjenja sile na dizalici proporcionalno se smanjuje i brzina podizanja i spuštanja alata. Opterećenje koje se javlja na kuki zavisi od broja koturova kuke, odnosno od broja užadi koje su provučeni kroz koturaču (slika 6.2.1). Najčešće primenjeni broj užadi u nepokretnoj koturači jeste od 8 do 16. Povećanjem brojeva užadi smanjuje se opterećenje na svakom užetu kao i opterećenje na samoj dizalici.



Slika 6.2.1 – Opterećenje na kuku u zavisnosti od broja užadi (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

Toranj takođe mora imati i predviđeno mesto za odlaganje bušaćeg alata. Maksimalna količina bušaćeg alata koja može biti odložena u tornju definisana je maksimalnom težinom i dužinom alata koji se može odložiti prilikom maksimalnog opterećenja na koturačama. Brzina vetra predstavlja parametar na osnovu kog toranj mora biti izabran. Ovaj parametar se određuje kada je odlagalište na tornju puno odloženog alata, jer alat stoji pod određenim uglom i prilikom vetra dolazi do pojave dodatnih sila koje utiču na stabilnost tornja. Ovakvim delovanjem vetra znatno se smanjuje maksimalna težina koja može biti okačena na toranj. Proizvođač tornjeva daje specifikaciju koja je maksimalna dozvoljena brzina vetra koju toran nesmetano može da podnese, a kreće se u granicama od 120-160 km/h.

Dubina bušenja koja je propisana za neko postrojenje zasniva se na osnovu broja užadi pokretne koturače. Ukoliko se želi postići veća dubina povećava se broj užadi. Proizvođači određuju maksimalnu dubinu bušenja na osnovu parametara i karakteristika bušaće dizalice za osam strukova bušaćeg užeta pokretne koturače.

### 6.3 Izbor pumpi za isplaku

Sledeći veoma važan parametar prilikom izbora bušaćeg postrojenja jeste adakvatan izbor pumpi za isplaku. Izbor isplačnih pumpi se zasniva na osnovu željene dubine bušenja kao i karakteristikama bušaće dizalice. Najčešće su u upotrebi jednoradne brzohodne pumpe i dvoradne sporohodne, broj klipova pumpe kreće se od dva do tri.

Isplačne pumpe se označavaju:

- Tipom čiju oznaku daje proizviđač,
- Maksimalnom mehaničkom ili hidrauličnom snagom,
- Maksimalnim prečnikom cilindra,
- Hodom klipa<sup>23</sup>.

Na osnovu projekta o izradi kanala bušotine razmatraju se podaci o kapacitetu ispiranja bušotine, očekivanih pritisaka koje treba pumpa da ostvari kao i o potrebnoj hidrauličnoj i mehaničkoj snagi pumpe. Na osnovu projekta i raspoloživih podataka razmatraju se tehničke karakteristike raspoloživih isplačnih pump.

Tehničke karakteristike isplačnih pumpi često ne mogu zadovoljiti potrebni kapacitet isplake kod početnog bušenja velikim prečnikom. Ovaj problem je rešiv zahvaljujući tome što svako postrojenje mora imati najmanje dve isplačne pumpe u slučaju kvara jedne, pa prilikom početnog bušenja koriste se obe isplačne pumpe odjednom. Ukoliko postrojenje može omogućiti produbljivanje kanala bušotine, a ograničavajući faktor predstavljaju isplačne pumpe, na postrojenje se može dopremiti i treća isplačna pumpa kao zasebni sistem rada. Na većim dubinama dolazi do smanjenja prečnika, a samim tim i smanjenja kapaciteta protoka ispirnog fluida sa povećavanjem željenog pritiska fluida. Ako isplačna pumpa ne može da ostvari željene parametre sa napretkom dubine stavljaju se cilindri i klipovi manjeg prečnika.

---

<sup>23</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “

## 6.4 Izbor ostale opreme postrojenja

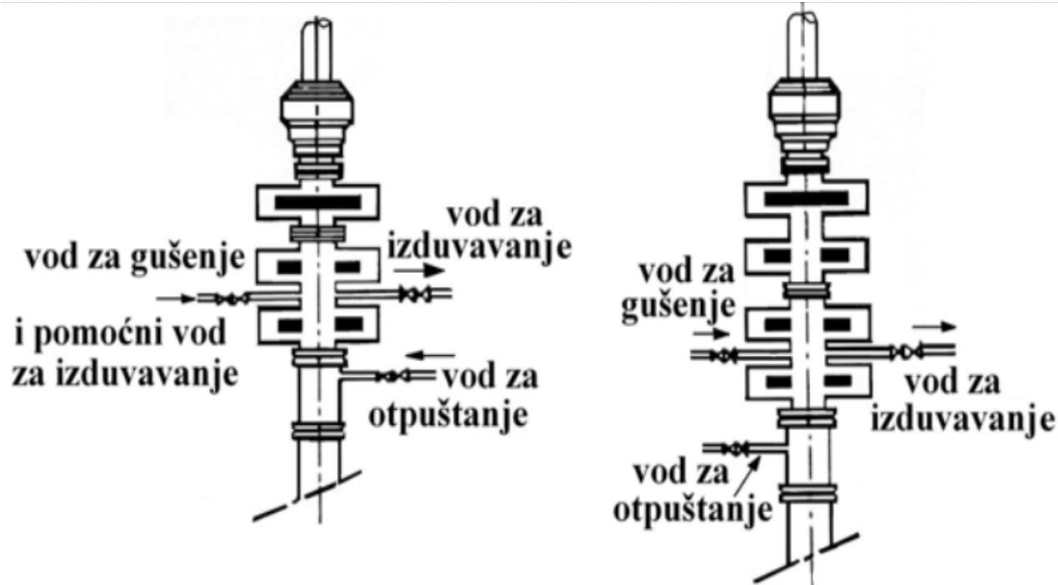
Osim izbora bušaće dizalice, tornjeva i isplačnih pumpi bira se i sva ostala prateća oprema koja se može nalaziti na postrojenju. Izbor prateće opreme se takođe bazira na projektovanoj dubini bušenja, a u slučaju da je dubina povećana sa navedenim izmena ova oprema može biti i neadekvatna. Iz ovih razloga pri izboru postrojenja treba proveriti:

- Visinu postolja bušaćeg tornja,
- Broj, veličinu i zapreminu isplačnih bazena,
- Nadmorsku visinu i temperaturu na lokacijama za bušenje<sup>24</sup>.

Ukoliko se prema projektu za izradu kanala bušotine predviđa korišćenje sigurnosne opreme od više preventera, ili korišćenje preventera većih pritisaka koji su većih gabarita (slika 6.4.1), može dovesti do toga da visina podišta tornja nije adekvatna za primenu ovih sistema sigurnosti. Ovo je najčešće posledica starijih bušaćih postrojenja. Rešavanje ovog problema postiže se izradom šahte koji za posledice ima povećanje troškova izrade kao i poteškoćama kontrole slojnih fluida koje se mogu javiti prilikom dotoka slojnih fluida u kanal bušotine.

---

<sup>24</sup> Dr Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem “



Slika 6.4.1 – Različiti preventivni sklopovi (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

Najčešće u primeni su isplačni bazeni zapremine 20-40 m<sup>3</sup>, korisnosti od oko 70 %. Propisana zapremina isplačnih bazena mora biti dovoljna da u njih može da stane najmanje jedna cela zapremina isplake koja se nalazi u kanalu bušotine. Manja raspoloživa zapremina isplačnih bazena uglavnom ne predstavlja veći problem, jer se uvek može doterati dodatni bazen na postrojenja. Prilikom izbora postrojenja bez obzira što manji broj ne predstavlja problem, mora se razmatrati broj i zapremina bazena za to postrojenje.

Izrada bušotine na lokacijama sa većim nadmorskim visinama i većim spoljnim temperaturama nosi sa sobom i određene probleme. Prilikom izbora postrojenja za ovakve lokacije mora se uzeti u obzir da povećanjem nadmorske visine i povećanje



temperature utiče na rad motora sa unutrašnjim sagorevanjem, dolazi do pada nominalne snage. (slika 6.4.2).

Zbog nadmorske visine		Zbog spoljašnje temperature		
nadmorska visina (m)	% od snage	spoljašnja temperatura (°C)	% od snage	
			benzin	dizel
nivo mora	100	16	100	100
500	94	25	98	100
1.000	89	30	97	100
1.500	84	35	96,5	99
2.000	79	40	96	97,5
2.500	74	45	95	95
3.000	69	50	93	90

Slika 6.4.2 – Smanjenje nominalne snage usled nadmorske visine i temperature (izvor: Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad)

## 6.5 Analiza i predviđanje troškova bušenja

Cilj svakog projekta jeste uspešan završetak izrade kanala bušotine, jeftini troškovi i bezbednost. Razmatranjem ovih parametara zavisi da li će se pristupiti izradi kanala bušotine ili ne. Procena troškova predstavlja završni parametar za razmatranje prilikom projektovanja koji zavisi od tehničkih parametara, a najčešće od efikasnosti rada dleta. Dva osnovna parametra na osnovu kojih se vrši procena i predviđanje troškova jeste lokacija na kojoj će biti postavljeno postrojenja za bušenje, kao i dubina bušenja do koje će se ići. Ako se pristupa određivanju preciznih troškova bušenja, proučava se detaljni plan bušotine.

Lokacija na kojoj se planira izrada kanala bušotine iziskuje troškove koji su vezani za pripremanje lokacije, transport postrojenja, montažu, kao i dnevne troškove koje se odnose na troškove svih operacija na samom postrojenju.

Dnevni troškovi za sve operacije na bušačem postrojenju mogu se proceniti na osnovu analize troškova za iznajmljivanje bušačkog postrojenja, troškove transporta, troškove nadzora postrojenja i ostalo. Vreme potrebno za bušenje i opremanje bušotine procenjuje se na osnovu vremena montaže bušačkog postrojenja, vremena bušenja, vremena manevrisanja alatom, vremena spuštanja zaštitnih cevi, procene formacija tj. vremena potrebnog za K-merenja, vremena opremanja i vremena trajanja problema u kanalu bušotine.

Često na pojedinim bušačim postrojenjima može doći i do pojave neočekivanih dodatnih troškova, koji su najčešće povezani sa problemima i poteškoćama koja se mogu pojaviti u toku samog bušenja. Ovo se najčešće odnosi na zagađenje ispirnog fluida, gubitak cirkulacije, lom garniture alata za bušenje, pukotine zaštitnih cevi itd. Pojava ovakvih troškova se najčešće uopšte ne može predviđeti sa velikom tačnošću, a u nekim slučajevima se uopšte i ne razmatraju u samom projektu.

## 7. ZAKLJUČAK

Zakoni fizike, mehanike i hemije su osnovna polazišta u praksi rudarstva. Poštovanjem i tačnom primenom ovih nauka moguće je postići mnoge tehničke rezultate kao što su i bušotine dubine do 10000 metara. Međutim, da bi se izveo jedan takav poduhvat potrebno je znanje i iskustvo o međusobnim uticajima velikog broja faktora koji utiču na jedan takav projekat. Svaki projekat sadrži određene tehničke uslove koje treba poštovati i pridržavati se istih. Veličina i kompleksnost projektovanja bušaćih postrojenja se ogleda u optimizaciji bušenja, koja se definiše kao matematički postupak izbora odgovarajućih parametara tako da se ostvaruju minimalni troškovi bušenja. Iskustvo iz prethodnih projekata i njihova optimizacija pri odabiru je suština primene optimalne tehnologije na budućim bušotinama. Na taj način se dobijaju informacije o problemima bušenja, povećava se mehanička brzina bušenja i lakše rešavaju mogući problemi ako se pojave. Takve bušotine zahtevaju posebne garniture za bušenje, koje mogu nosivošću tornja, visinom, snagom dizalice da omoguće dostizanje velikih dubina u što kraćem vremenskom roku. Pri izradi dubokih bušotina kompozicija alata je najvažniji segment u toku bušenja. Težina bušaćeg niza i kolona zaštitinih cevi povećava se sa dubinom bušotine. Kolona bušaćeg alata je bitan faktor pri izradi bušotine i predstavlja spoj između bušaćeg postrojenja i dleta za bušenje. Zbog toga pravilno izvođenje izrade bušotine, kao i pravilan rad svih sklopova sistema jednog postrojenja zavisi isključivo od pravilnog izbora postrojenja za određenu lokaciju. Svaka greška koja se može napraviti u samom izboru bušaćeg postrojenja kao posledicu može nositi da određeni sklopovi postrojenja ne funkcionišu na pravilan način i ne obezbeđuju željenu efikasnost koja ih karakteriše. Kod izbora bušaćeg postrojenja najvažniji parametar koji treba ispuniti jeste sigurnost i bezbednost radnika na postrojenju. Bušaća dizalica se bira na osnovu potrebne

snage i dubine bušenje, a toranj mora biti tako odabran da može da podnese svo previđeno opterećenje u toku bušenja. Za pravilan rad postrojenja neophodno je i pravilno izabrati isplačne pumpe, kako bi se bušenje odvijalo nesmetano sa efikasnom cirkulacijom i ispiranjem kanala bušotine. Pored ovih glavnih komponenti mora se adekvatno odabrati i sigurnosna oprema na ustima bušotine, radi sprečavanja nepoželjnog dotoka u kanal, kao i da se spreče eventualne erupcije. Da bi sve funkcionisalo na način koji je prihvatljiv za izvođenje bušenja razmatra se i cena koštanja takvog postrojenja, odnosno da li je ona ekonomski prihvatljiva za takvo postrojenje u odnosu na raspoložive rezerve. Iz priloženog se dolazi do zaključka da se za određenu lokaciju izrade kanala bušotine mora odabrati najbolje adekvatno postrojenje kako bi se svi rizici po živote ljudi sveli na minimum, i kako bi bušenje napredovalo po predviđenom planu sa minimalnim i bez dodatnih troškova.

## LITERATURA

1. 2000 HP National 1320-UE Diesel Electric Drilling Rig Specification, URL: <http://www.rigmanufacturing.com/wp-content/uploads/2013/02/2000HP-1320UERig.pdf>
2. Batalović V., 2001. „Mašine i uređaji u rudarstvu nafte i gasa“, Novi Sad.
3. Bizjak R., 2004. „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“, Novi Sad.
4. Ina-Naftaplin, 1972., „Priručnik za duboko bušenje I deo“, Zagreb
5. Matanović D., 2007 „Tehnika izrade bušotine priručnik s primjerima“, Zagreb
6. Rigzone, URL: <https://www.rigzone.com>
7. Varco BJ., 1998 „Top Driving Drilling system, Technical Bulletine“, Houston

## ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Милан Тошић

Број индекса P144/15

### Изјављујем

да је завршни рад под насловом

Избор бушател пројекција за израду бушотине

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 17.06.2022

Потпис студента



**ИЗЈАВА**  
**О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ**  
**ЗАВРШНОГ РАДА**

Име (име родитеља) и презиме студента Милан (Владан) Пешић  
Број индекса Р144/15  
Студијски програм Инженерство нафте и гаса  
Наслов рада Избор бушотес постројења за израду бушотине  
  
Ментор проф. др Бранко Лековић

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, 17.06.2022

Потпис студента



### ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

Избор бумбасте конструкције за израду бумбастине

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је (заокружити једну од две опције):

I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;

II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делили под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делили под истим условима (CC BY-SA)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)

У Београду, 17.06.2022

Потпис ментора

\_\_\_\_\_

Потпис студента

\_\_\_\_\_