



UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
RUDARSKI FAKULTET PRIJEDOR



Izbor sigurnosne opreme u panonskom basenu
MASTER RAD

Profesor:
Prof. Dr. Vladimir Malbašić

Student:
Filip Latinović 38/22

Prijedor, 2024.



UNIVERSITY IN BANJOJ LUCI
FACULTY OF MINING PRIJEDOR



Selection of safety equipment in the Pannonian basin
MASTERS DISSERTATION

Professor:
Prof. Dr. Vladimir Malbašić

Student:
Filip Latinović 38/22

Prijedor, 2024.

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI

PODACI O AUTORU ODBRANJENOG MASTER RADA

Ime i prezime autora master rada: Filip Latinović

Datum, mesto i država rođenja autora: 16.08.1995. Zrenjanin, Srbija

Naziv završenog fakulteta autora i godina diplomiranja: Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, Univerzitet u Novom Sadu, 2018.

Akademsko zvanje koje je autor stekao odbranom master rada: Master rudarstva

Naziv fakulteta na kojem je master rad odbranjen: Rudarski fakultet, Prijedor

Naslov master rada i datum odbrane: Izbor sigurnosne opreme u panonskom basenu

Datum odbrane: 25.10.2024.

Naučna oblast master/magistarskog rada prema CERIF šifrariki: T340
Rudarstvo

Imena mentora i članova komisije za odbranu master rada:

1. Doc. dr Miroslav Crnogorac, predsednik komisije;
2. Prof. dr Vladimir Malbašić, mentor;
3. Doc. dr Jelena Trivan, član komisije.

U Prijedoru, dana: _____

Dekan:

Informacije o mentoru i master radu

Mentor: Prof. dr Vladimir Malbašić, doktor rudarstva, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu.

Naslov master rada: Izbor sigurnosne opreme u panonskom basenu

REZIME

Ovaj master rad bavi se izborom sigurnosne opreme za bušotinu TT-01/H u jugoistočnom delu Panonskog basena. U radu su detaljno obrađene ključne komponente sigurnosne opreme, koje su neophodne za obezbeđivanje sigurne i efikasne operacije bušenja na ovom području.

Prvo, opisani su osnovni elementi sigurnosne opreme, uključujući njihovu funkciju i značaj u kontekstu zaštite opreme i radnika. Proučeni su proračuni potencijalnog pritiska koji se može javiti na ušću bušotine, kako bi se osiguralo da oprema može da izdrži te pritiske bez rizika od nesreća ili oštećenja.

Nakon analize i proračuna, rad detaljno objašnjava proces montaže sigurnosne opreme. Opisani su koraci montaže, kao i specifični izazovi koji su se pojavili tokom instalacije. Ovaj deo uključuje i testiranje opreme, kako u terenskim uslovima, tako i u radionici, kako bi se proverila njena funkcionalnost i pouzdanost.

Posebna pažnja posvećena je konstrukciji izduvnih linija i akumulatorskih baterija, sa ciljem da se osigura da svi sistemi funkcionišu u skladu sa standardima i bezbednosnim normama. Takođe, rad razmatra izbor odgovarajućih postrojenja i mere zaštite na radu, koje su ključne za sprečavanje nesreća i osiguranje dugoročne bezbednosti operacija.

Zaključno, rad pruža sveobuhvatan pregled procesa izbora, instalacije i testiranja sigurnosne opreme, sa posebnim fokusom na specifičnosti Panonskog basena i izazove koje ovaj region nameće u kontekstu bušenja nafte i gasa.

Ključne reči: Bušotina, sigurnosna oprema, barijera, Panonski basen, bušenje, bušaće postorjenje, HSE.

Naučna oblast: Rudarstvo

Naučno polje: Eksploatacija nafte i gasa, bušenje

Sadržaj:

1. Uvod.....	6
2. Pregled ranijih istraživanja, istorija i ekonomska geologija Panonskog basena	4
3. Metode istraživanja	8
3.1 Cilj istraživanja	8
3.2 Zadaci istraživanja	8
3.3 Glavna hipoteza	8
3.4 Pomoćne hipoteze	8
3.4.1 Pomoćna Hipoteza 1.....	8
3.4.2 Pomoćna Hipoteza 2.....	9
3.4.3 Pomoćna Hipoteza 3.....	9
3.4.4 Pomoćna Hipoteza 4.....	9
3.4.5 Pomoćna Hipoteza 5.....	9
Mesto i vreme istraživanja	9
Metode, tehnike i instrumenti istraživanja	9
Metode istraživanja	9
Tehnike istraživanja	10
4. Osnovne komponente sigurnosne opreme.....	11
Bušotinska glava	11
Uvodna prirubnica (Casing head)	12
Međuprirubnica (Drilling spool).....	14
Klinovi za vešanje niza zaštitnih cevi	14
Elementi za zaptivanje međuprostora između dveju kolona (primarno i sekundarno pakovanje)....	15
Zaptivni prstenovi	16
Preventerski sklop.....	17
Čeljusni preventer	18
Preventeri sa gumenim prstenom (Anularni preventer)	20
Rotacioni preventer.....	22
Ostala oprema na bušotini za sprečavanje dotoka i erupcije.....	23
Hidraulični sistem za kontrolu i upravljanje sigurnosnom opremom (Kookey uređaj)	24
Prigušna i ugušna linija (choke i kill line)	26
5. Diverter sistem	29
6. Sistem za manipulaciju i rukovanje BOP opremom	33
7. Odabir odgovarajuće sigurnosne opreme	38

7.1. Osnovni principi odabira sigurnosne opreme	38
Uslovi koje treba da ispunjava sigurnosna oprema.....	39
8. Ispitivanje sigurnosne opreme na bušotini	41
Ispitivanje na pritisak.....	42
Cup tester	43
9. Odabir sigurnosne opreme na bušotinI TT-01/H	44
Odabir sigurnosne opreme za III fazu bušenja.....	45
Odabir sigurnosne opreme za IV fazu bušenja	48
9.1 Montaža sigurnosne opreme na ušću bušotine TT-01/H.....	50
9.2 Testiranje sigurnosne opreme na ušću bušotine TT-01/H.....	53
10. Konstrukcija akumulatorske jedinice za upravljanje preventerskim sklopom.....	57
11. Zahtevi API standarda za konstruktivne karakteristike pojedinih elemenata jedinice za upravljanje preventerski sklopom	59
Zahtevi za pumpe visokog pritiska	59
Zahtevi za ventile, spojeve, fiteinge i razvodne linije jedinice za zatvaranje.....	60
12. Izbor postrojenja za bušenje	61
13. Efekti upotrebljene opreme zaštite na radu	62
13.1. Zaštita od opasnih gasova	63
10.2. Zaštita od požara, eksplozije, vanredne situacije	64
14. Rezultati i komentari	67
Rezultati	67
Komentar.....	67
15. Zaključak.....	68
16. Reference.....	70

1. UVOD

Bezbednost u bušotinskim operacijama je od presudne važnosti za obezbeđivanje neprekidnog toka rada i minimiziranje rizika od nezgoda i ekoloških incidenata. Izazov leži u izboru sigurnosne opreme koja može adekvatno reagovati na dinamične uslove u bušotini tokom različitih faza bušenja i testiranja. Zato, odabir sigurnosne opreme zahteva detaljnu analizu slojnih pritisaka, geoloških karakteristika i hidrauličkih uslova bušotine, kako bi se osiguralo da ista može pružiti stabilnost i pouzdanost potrebnu za bezbedne i efikasne operacije.

Dosadašnje iskustvo i prakse u industriji ističu potrebu za sveobuhvatnim pristupom u izboru i testiranju sigurnosne opreme na ušću bušotine. Potrebno je uzeti u obzir ne samo tehničke specifikacije i standarde već i specifične uslove na terenu, kao što su dubina bušenja, različite vrednosti slojnih pritisaka i karakteristike fluida. Cilj ovog istraživanja je da kroz sistematičnu analizu i primenu preporučenih industrijskih metoda izbora i testiranja opreme, doprinese boljem razumevanju i unapređenju procedura koje osiguravaju optimalnu zaštitu u bušotinskim operacijama. Poseban akcenat je stavljen na procenu efikasnosti sigurnosne opreme u različitim fazama bušenja i testiranja, kako bi se identifikovali potencijalni problemi i unapredili postupci za kontrolu rizika i sigurnost radova [1].

Sigurnosna oprema na ušću bušotine (*B.O.P.*) određuje se projektnim zadatkom izrade kanala bušotine, i zavisi od mnogih faktora koji utiču na tehniku i tehnologiju bušenja. Stoga predmet izrade ovog rada jeste izbor sigurnosne opreme koja predstavlja jednu od osnovnih barijera kontrole dotoka fluida tokom izrade bušotine.

Kontrola dotoka je tehnologija fokusirana na održavanju pritiska u otvorenom kanalu bušotine kako bi se sprečio dotok fluida u bušotinu. Takođe su to operacijske procedure za sigurno zaustavljenje dotoka. Kontrola dotoka se postiže pomoću tri barijere:

Primarna barijera – Predstavlja održavanje dovoljnog hidrostatskog pritiska u bušotini kako bi se sprečio dotok ležišnih fluida, koji se nalaze pod slojnim pritiskom (P_{sl}), u kanalu bušotine. Treba napomenuti kako je održavanje bušotine u balansu teoretski minimalni zahtev za održavanje primarne kontrole pritiska. U praksi se održava hidrostatski pritisak nešto većim od slojnog pritiska. Taj nadpritisak se može nazvati „overbalance“ ili „trip margin“.

Sekundarna barijera – Jeste popravljanje situacije koja je nastala ako smo izgubili primarnu barijeru odnosno dobili dotok slojnog fluida u kanal bušotine. U tom slučaju prelazi se na upotrebu sigurnosne opreme odnosno preventera (*BOP*), a sprovodi se metodama gušenja nakon kojih opet uspostavljamo primarnu barijeru.

Tercijarna barijera – Sprovodi se u slučaju kvarova opreme za kontrolu pritiska u bušotinu. Glavni cilj tercijarne metode je izolacija otvorenog dela kanala bušotine, što u konačnom dovodi do delimičnog ili potpunog napuštanja bušotine ili izolovanog dela bušotine [2].

Sigurnosna oprema na ušću bušotine obuhvata veliki broj sklopova uređaja koji su izrađeni od visokokvalitetnih materijala i sa tačno utvrđenom tehnikom i tehnologijom njihove izrade i finalne obrade, odnosno sigurnosni elementi i oprema moraju da ispunjavaju tačno utvrđene i propisane standarde koji su predviđeni *API* specifikacijom. *API* specifikacija definiše tehničke uslove Američkog naftnog instituta za proizvode koji se dobijaju od nafte i za opremu koja se primenjuje u naftnoj industriji. Na (Slika 1.) prikazani su crvenom bojom delovi sigurnosne opreme na podištu tornja, a dalje u radu će biti detaljnije opisani delovi ove opreme [3].



Slika 1. Bušaće postrojenje sa sigurnosnom opremom-crvena boja (Izvor: <https://commons.wikimedia.org>)

Cilj ovog istraživanja je da detaljno analizira izbor sigurnosne opreme za ulaz u bušotinu TT-01/H u Panonskom basenu, kao i uslove koje ta oprema mora ispuniti. Proučiće se metode i testovi za odabir opreme, razviti plan testiranja specifičan za ovu bušotinu i pružiti bolji uvid u kako se efikasnije i sigurnije biraju i testiraju sigurnosni uređaji.

Zadaci istraživanja obuhvataju: analizu očekivanih slojnih pritisaka u bušotini; identifikaciju odgovarajuće opreme za različite faze bušenja; pregled metoda za izbor opreme prema standardima; analizu procedura testiranja za osiguranje pouzdanosti; proveru hermetičnosti opreme; ocenjivanje performansi tokom testiranja; i pripremu izveštaja sa relevantnim dijagramima i analizom rezultata.

Glavna hipoteza je da efikasan izbor i testiranje sigurnosne opreme, prilagođeni karakteristikama bušotina u Panonskom basenu, poboljšavaju zaštitu i smanjuju rizik od incidenata. Pomoćne hipoteze pretpostavljaju da veća gustina isplake smanjuje mogućnost propuštanja fluida, da dvostruki čeljusni preventeri smanjuju rizik pri visokim pritiscima, da redovno testiranje poboljšava operativnu spremnost, da odgovarajuća oprema omogućava bolju kontrolu pritiska i dotoka, i da test plugovi sprečavaju oštećenja zaštitnih cevi.

Istraživanje je sprovedeno na bušotini NIS u Panonskom basenu tokom pet dana, fokusirajući se na analizu pritiska, testiranje sigurnosnih sistema i efikasnost metoda kontrole fluida. Korišćene su metode analize tehničke dokumentacije, terenska ispitivanja, računske metode za pritiske, i softverske simulacije. Tehnike su uključivale simulacije dotoka fluida, testiranje prema API standardima, i funkcionalne testove opreme.

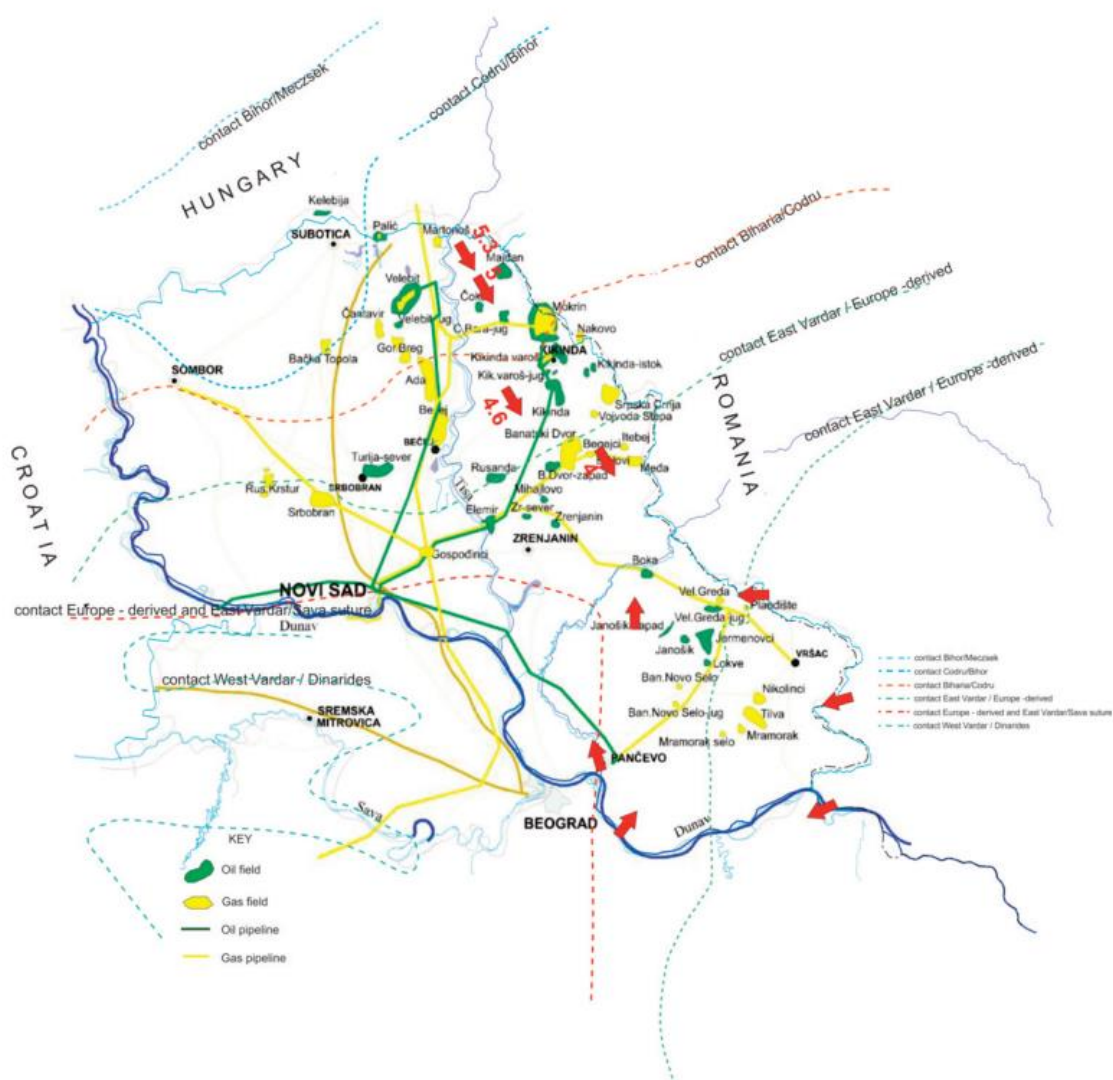
2. PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA, ISTORIJA I EKONOMSKA GEOLOGIJA PANONSKOG BASENA

Prve količine nafte na prostoru južnog Panona dobijene su iz bunara i potkopa kod Paklenice u Međumurju, polovinom 18-og veka. Uprkos činjenici da su dobijene simbolične količine, godine 1885. izvedena su prva bušenja, što označava početak savremenog istraživanja nafte i gasa na prostorima južnog Panona. Istraživanja sa većim ili manjim intenzitetom traju do današnjih dana, da bi posle II svetskog rata postala ne samo intenzivnija, već zahvataju velike površine Panonskog basena. Ukupna dosadašnja proizvodnja nafte i gasa na teritoriji Srbije već skoro četiri i po decenije potiče sa terena Banata i Bačke. Prvo ležište pronađeno na teritoriji Srbije bilo je gasno polje Velika Greda iz 1949. godine, a tri godine kasnije pronađeno je naftno polje kod Jermenovaca. Zaključno sa 1980. godinom, prema podacima sa kojima smo raspolagali, otkriveno je 54 nalazišta nafte i gasa i tri ležišta CO₂ [4].

Formiranje Panonskog basena počinje u ranoj kredi i traje do današnjih dana. Obavljeno je u dve osnovne faze. U prvoj dolazi do formiranja srednjih Alpa, planinskog venca Mađarske i drugih megastrukturnih celina, dok u narednoj fazi geološkog razvoja, u vreme između pirinejske i savske orogeneze, pomenute mega-strukture zauzimaju svoj današnji položaj. U periodu konsolidacije, prostor je zahvaćen radijalnom tektonikom. Na delovima "ploča" različitog porekla, u međuplaninskim zonama, dolazi do formiranja dubokih depresija. Osnovne strukture, ili, kako smo ih nazvali - megastrukturama, predstavljaju kruta tela koja su se tokom evolucije ne samo kretala, već su, usled snažnih naprezanja, često razlamana. Razlomi i razlomne zone duž kojih dolazi do prodora magmata su česti u dugoj konsolidaciji ovog prostora, posebno tokom neogena.

Sedimenti centralnog Paratetisa i njegovih naslednika, jezera Panon, imaju veliki ekonomski značaj, posebno u domenu naftne industrije, geotermalne energije, podzemnih voda i građevinskih materijala. Eksploatacija nafte i gasa nesumnjivo ima najbitniji finansijski uticaj do sada. U Srbiji ovi resursi su u trenutno u podmkloj fazi istraživanja, što zahteva upotrebu savremenih tehnika i koncepta istraživanja. Sva značajnija otkrića polja u Vojvodini povezana su s kontaktom između tektonskih jedinica i glavnih pravaca progradacije (Slika 2.). Posle privatizovanja Naftne Industrije Srbije (NIS), i početnog povećanja proizvodnje (dostigavši 1.694 miliona tona u 2012. godini) zahvaljujući tehnikama hidrauličkog frakturiranja, ugradnjama ESP (Elektro potapajuća pumpa) pumpi, horizontalnog bušenja i otvaranja novih novih intervala u postojećim bušotinama, došlo je do pada proizvodnje preko 30% u narednih deset godina (proizvodnja dostigla 1.2 miliona tona).

Naftni sistem je uglavnom povezan sa Miocenskim sedimentima. Najznačajniji izvor stena odnosi se na rane Panonske škriljce i srednje Miocene sedimente, koji zbog uzvišenog položaja astenosfere, brzo sazrevaju i stvaraju ugljovodonike[5].



Slika 2. Mapa glavnih polja ugljovodonika, tektonskih jedinica i pravaca progradacije (Izvor: I. Vuković „Petroleum geology of Panonian Basin Province according to USGS“)

Kao što je i navedeno prvo ležište pronađeno na ovom području bilo je gasno polje Velika Greda 1949. godine nakon toga je pronađeno naftno polje kod Jermenovaca. Značajna proizvodnja sirove nafte iz ovog polja beleži se 1956. godine, a 21. Oktobra 1952. počelo je bušenje bušotine Je-001, koja je dovela do otkrića ovog naftnog polja. Većina bušotina u to vreme je radilo eruptivno (oko 60 bušotina), da bi značajan događaj bio 1960. montiranje i puštanje u rad prve kačaljke nabavljene iz Rumunije, koja je montirana pod nadzorom rumunskih stručnjaka na bušotini Je-17. Godine 1959. pušteno je u proizvodnju naftno polje Boka, a 1960. godine počinje proizvodnja iz 18 bušotina.

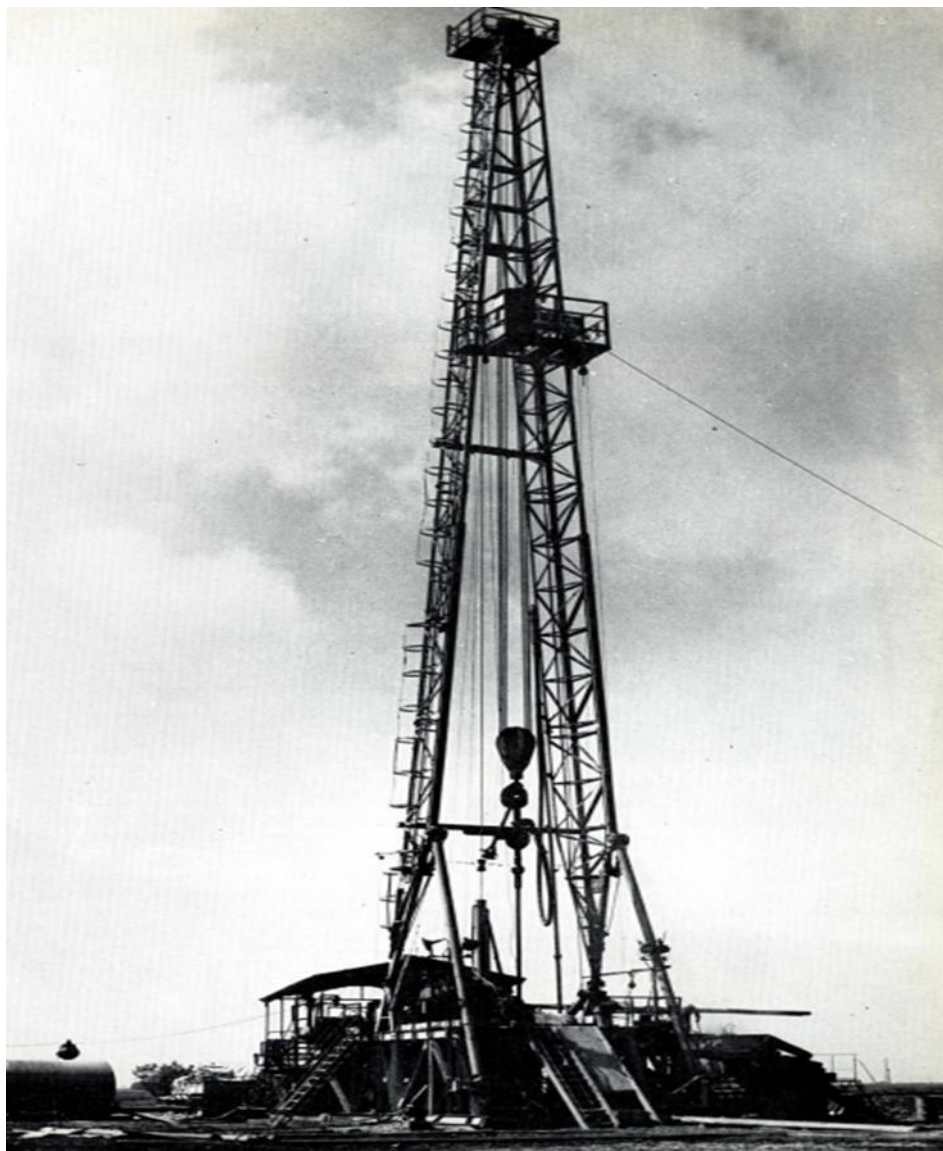
Početak istražnog bušenja sa određenim pozitivnim rezultatima, pronalaženjem prvih gasnih i naftnih polja, ono se do 1952. godine odvija veoma sporo. Mali je broj bušotina, a samo jedne godine ukupna dubina jedva prelazi 6.000 metara. Do izvesnog povećanja dolazi 1953. godine, a nagliji skok istražnog bušenja postiže se tek 1957. godine kada je izbušeno nešto preko 29.000 metara. Već sledeće godine, kada su otpočeli radovi u

istočnoj Srbiji, izbušeno je 29 bušotina sa preko 36.000 metara. U 1961. godini postignut je maksimalni obim sa 33 istražne i konturno-istražne bušotine i nešto preko 50.000 metara, dok se nadalje beleži nagli pad ove aktivnosti. U 1968. godini izbušeno je blizu 39.000 metara uključujući tu i Makedoniju.

Posebna pažnja poklanjana je radu na terenu, jer su radnici remonta i servisa radili na remontu proizvodnih bušotina i održavanju proizvodnje, opremanju i ispitivanju novoizbušenih bušotina, stimulativnim zahvatima na slojevima, karotažnim merenjima formacija i perforacijama slojeva, cementaciji zaštitnih cevi i testiranju slojeva i hidrodinamičkim merenjima proizvodnih bušotina. To je bilo vreme kada su se za izvođenje ovih operacija koristila samohodna remontna postrojenja strane i domaće proizvodnje, kao i specijalna postrojenja sa odgovarajućim alatima i priborom za rad, visokih tehničkih karakteristina. Novoformirana specijalizovana alatna služba pružala je kompletne usluge pripreme i održavanja nadzemne i podzemne opreme. Pored ostalih poslova, velika pažnja je poklanjana nabavci moderne opreme pošto se za izvođenje ovih radova koristila moderna kiselinska baza, pumpni agregati, mešalice i druga nadzemna i podzemna bušotinska oprema. Za karotažna merenja koristile su se aparature koje omogućavaju različite metode ispitivanja, električne, akustične i radioaktivne u zacevljenim i nezacevljenim bušotinama u standardnim uslovima i uslovima veoma visokih temperatura. Za specijalna merenja koristila se i specijalna oprema. Obrazovanju inženjerskog i tehničkog kadra poklanjala se izuzetna pažnja. Tehnički potencijali u ovoj oblasti zasnivani su se na inostranoj opremi. Sama ta činjenica uticala je na razvoj inovatorstva i svaki prihvaćeni rad rezultirao je njegovom primenom u praksi. Kasnije je ostvaren niz tehničkih unapređenja i poboljšanja, uštedeći pri tom kolektivu dragocene devize. Za izvršenje ovih poslova trebalo je blagovremeno edukovati kadrove, posebno za rad sa inostranom opremom [4,6].



Slika 3. Prva bušotina u Srbiji na naftnom polju Jermenovci Je-001 (Izvor: <https://bizlife.rs/>)



Slika 4. Bušaće postrojenje Ideco VI (Izvor:dipl. inž. Đorđe Korov "RO Naftagas"OOUR „Bušenje“)

3. METODE ISTRAŽIVANJA

3.1 Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja je da detaljno analizira načine odabira sigurnosne opreme na ušću bušotine, kao i uslove koje ta oprema treba da ispuni. Takođe, cilj je pronaći praktična rešenja i testove potrebne za odabir sigurnosne opreme, kao i predložiti plan testiranja za bušotinu na području panonskog basena. Ovo istraživanje pomaže da bolje razumemo kako se biraju i testiraju sigurnosni uređaji da bi se bušenje moglo obavljati sigurnije i efikasnije.

3.2 Zadaci istraživanja

1. Analiziranje očekivanih slojnih pritisaka u bušotini TT-01/H na osnovu dostupnih podataka i geoloških karakteristika.
2. Identifikacija odgovarajuće sigurnosne opreme za svaku fazu bušenja, uzimajući u obzir radne pritiske i specifične zahteve bušotine.
3. Pregledavanje metoda za odabir sigurnosne opreme na temelju preporučenih procedura i standarda, uzimajući u obzir različite scenarije bušenja.
4. Analiza procedura testiranja sigurnosne opreme prema preporukama i industrijskoj praksi kako bi se osigurala pouzdana zaštita tokom operacija bušenja.
5. Provera efikasnosti testiranja sigurnosne opreme na hermetičnost radi potvrde da li su zadovoljeni postavljeni standardi, identifikacija eventualnih nedostataka i unapređenje procedura ispitivanja.
6. Ocenjivanje performansi sigurnosne opreme u različitim fazama testiranja, uzimajući u obzir rezultate testova pod različitim pritiscima i scenarijima.
7. Priprema izveštaja o ispitivanju sigurnosne opreme koji uključuje relevantne dijagrame i analizu rezultata kako bi se osigurala transparentnost i dokumentacija procesa testiranja.

Ovi zadaci omogućavaju sistematičan pristup analizi sigurnosne opreme na ušću bušotine TT-01/H i služe kao osnova za efikasno upravljanje rizicima tokom operacija bušenja.

3.3 Glavna hipoteza

H: Efikasan izbor i testiranje sigurnosne opreme na ušću bušotine, prilagođeno specifičnim karakteristikama bušotina na području Panonskog basena, obezbeđuje pouzdanu zaštitu i smanjuje rizik od incidenata tokom operacija bušenja.

3.4 Pomoćne hipoteze

3.4.1 Pomoćna Hipoteza 1

Veća gustina isplake u bušotini povećava otpornost na propuštanje fluida u kanal bušotine, što smanjuje maksimalni očekivani pritisak na ušću bušotine.

3.4.2 Pomoćna Hipoteza 2

Postavljanje dvostrukih čeljusnih preventera na bušotinskoj glavi smanjuje rizik od prekida bušenja i incidenta prilikom rada sa visokim radnim pritiscima.

3.4.3 Pomoćna Hipoteza 3

Redovno testiranje preventerskog sklopa na pritisak i funkcionalnost, prema propisanim procedurama, obezbeđuje operativnu spremnost sigurnosne opreme i smanjuje mogućnost kvara.

3.4.4 Pomoćna Hipoteza 4

Primena odgovarajuće montirane sigurnosne opreme omogućava kontrolisanje pritiska i dotoka fluida u bušotinu, čime se održava stabilnost bušotinskog kanala i sprečava nekontrolisani dotok fluida.

3.4.5 Pomoćna Hipoteza 5

Korišćenje test plugova i cup testera za izolaciju određenih elemenata tokom testiranja na pritisak efikasno sprečava oštećenja zaštitnih cevi i omogućava bezbedno izvođenje testiranja pri visokim pritiscima.

Mesto i vreme istraživanja

Istraživanje je sprovedeno na bušotini koja pripada Naftnoj Industriji Srbije (NIS), lociranoj u Panonskom basenu. Prikupljanje podataka i terenska ispitivanja obavljena su tokom petodnevnog perioda. Tokom ovog vremenskog okvira, posebna pažnja je posvećena analizi pritiska, ispitivanjem sigurnosnih sistema na hermetičnost i efikasnosti metoda korišćenih za kontrolu fluida u bušotini. Sve aktivnosti su sprovedene u skladu sa planiranim metodološkim pristupom, s namerom da se obezbede precizni i pouzdani podaci za ocenu bezbednosti i operativne efikasnosti opreme bušotine u uslovima visokog pritiska.

Metode, tehnike i instrumenti istraživanja

Pri istraživanju na bušotini TT-01/H u sklopu kompanije Naftna Industrija Srbije (NIS), koristile su se određene metode, tehnike i instrumenti kako bi se prikupili relevantni podaci o sigurnosti i funkcionalnosti opreme bušotine.

Metode istraživanja

Izvršena je analiza tehničke dokumentacije koja obuhvata pregled tehničkih specifikacija i projektnih dokumenata vezanih za bušotinu, uključujući podatke slojnih pritisaka, projektne planove za ugradnju sigurnosne opreme i podatke o geološkim uslovima. Takođe, sprovedene su terenske studije kako bi proverili performanse sigurnosne opreme, uključujući testiranje preventerskih sklopova i povezane opreme pod različitim pritiscima. Zatim su primenjene računске metode za izračunavanje maksimalnih očekivanih pritisaka na površini bušotine, koristeći specifične formule koje uzimaju u obzir slojni pritisak, geometriju bušotinskog kanala i karakteristike dotoka fluida, kao i testiranje sigurnosne opreme na hermetičnost preko softvera za simulaciju.

Tehnike istraživanja

Tehnike istraživanja su obuhvatale simulacije uslova dotoka fluida radi procene maksimalnog pritiska na površini, uključujući nepovoljne scenarije poput punjenja bušotinskog kanala gasnim fluidom i dotoka fluida u 80% kanala. Takođe, sprovedeno je testiranje na pritisak u skladu sa API standardima, obuhvatajući nisko i visokopritisno testiranje sigurnosne opreme, kao i redovno testiranje na maksimalni očekivani pritisak. Funkcionalni testovi su uključivali redovno testiranje operativnosti ventila, preventera i drugih komponenti bušotinske opreme, što je obuhvatalo i testiranje brzine zatvaranja preventera i vremena punjenja hidrauličkih akumulatora.

4. OSNOVNE KOMPONENTE SIGURNOSNE OPREME

Sistem za sprečavanje erupcije (BOP – Blowout preventer), odnosno sigurnosna oprema, obavlja više osnovnih funkcija tokom bušenja, uključujući zadržavanje fluida iz bušotine, regulisanje zapremina fluida i zatvaranje bušotine radi održavanja sigurnosti i integriteta bušotine. Komponente kao što su anulirani ili čeljusni preventer koriste hidrauličnu snagu za zaptivanje bušotine, naglašavajući važnost zaptivki. Spojnice povezuju sigurnosnu opremu sa ušćem bušotine dok sistem za “gušenje” i izduvavanje bušotine sigurno upravlja prenosom fluida. Od svog nastanka, sigurnosna oprema je ključan za sigurnost bušenja, ali se zabrinutost povećava kako se bušenje odvija u težim uslovima. Kvarovi sigurnosne opreme, neadekvatan proračun maksimalnog očekivanog pritiska, nepravilno ispitivanje sigurnosne opreme na hermetičnost, mogu imati ozbiljne posledice [7,8].

Pod pojmom sigurnosne opreme ušća bušotine obuhvaćen je veliki broj elemenata, koji su obuhvaćeni sledećim konstrukcijskim celinama:

- Bušotinska glava;
- Preventerski sklop;
- Prigušna i ugušna linija (kill i choke line);
- Hidraulični sistem za kontrolu i upravljanje sigurnosnom opremom

Bušotinska glava

Prilikom izrade bušotina namena bušotinske glave je sledeća:

- Služi kao podloga za postavljanje sigurnosne opreme;
- Omogućava vešanje niza zaštitnih cevi pre ili nakon cementacije;
- Zaptivanje prostora između ugrađenih kolona.

Bušotinska glava se sastoji od sledećih elemenata:

- Uvodna prirubnica (Casing head);
- Međuprirubnica (Drilling spool);
- Klinova za vešanje – Uklinjenje kolone zaštitnih cevi;
- Elementi za zaptivanje međuprostora između dveju kolona (primarno i sekundarno pakovanje);
- Zaptivnih prstenova [9];

Uvodna prirubnica (Casing head)

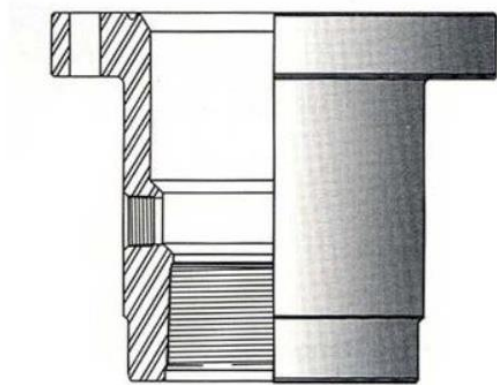
Uvodna prirubnica (Casing head) predstavlja veoma važan i neophodan element montaže sigurnosne opreme. Kontroliše pritisak na ustima bušotine, povezuje se na vrhu površinske kolone preko navoja ili zavarivanjem čime postaje deo sistema bušotinske glave, dok se na gornjem delu preko prirubnice spaja sa drugim prirubnicama ili preventerima. Uvodna prirubnica služi za postavljanje u klinove naredne zaštitne kolone, i za zaptivanje međuprostora između dve kolone pomoću pakovanja (primarnog i sekundarnog).

Sa strane prirubnice nalaze se bočni otvori sa LP (line pipe) navojem, u koje mogu da se navrnu zasuni za kontrolu pritiska u međuprostoru između dve kolone. Sve konstruktivne i tehničke karakteristike uvodnih prirubnica određene su API standardom [9].

Takođe u savremenoj naftnoj i gasnoj industriji počela je proizvodnja „sliplock“ sistem spajanja uvodne prirubnice sa vrhom površinske kolone. predstavlja alternativu konvencionalnom tipu bušotinskih glava koje se spajaju zavarivanjem ili navojnim spojem sa površinskom kolonom. Dizajn dokazan na terenu uključuje upotrebu klinova za vešanje opterećenih određenom torzijom, obezbeđujući brzu i pouzdanu vezu između uvodne prirubnice i kolone. Dvostruki zaptivni prsten u uvodnoj prirubnici omogućuje ispitivanje između zaptivki.

Jedna od osnovnih prednosti upotrebe „sliplock“ sistema je mogućnost uštede vremena koje se ostvaruje eliminacijom postupka spajanja spojeva zavarivanjem ili navijanjem uvodne prirubnice na kolonu zaštitnih cevi.

Konstrukcija „sliplock“ je uvodne prirubnice je slična kao i kod standardnih uvodnih prirubnica, razlika jeste u tome što se u telu „sliplock“ prirubnice nalaze klinovi za vešanje kolone i zaptivno pakovanje površinske kolone. „Sliplock“ uvodna prirubnica se postavlja na postolje (Base plate) koje se oslanja na uvodnu kolonu. Na gornjem delu se nalaze osigurači primarnog pakovanja koji se sastoje od kirnera i štopiksni, što čini još jednu razliku u odnosu na konvencionalne tipove uvodnih prirubnica, i koje pružaju dodatnu sigurnost nakon postavljanja primarnog pakovanja u ležište uvodne prirubnice.



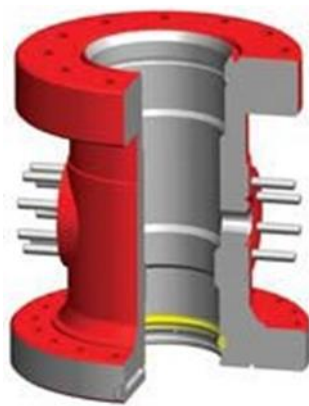
Slika 5. Uvodna prirubnica (Casing head) (Izvor: Dr. Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“; privatno)



Slika 6. „Sliplock“ uvodna prirubnica (Izvor: <https://www.universalwellhead.com/>)

Međuprirubnica (Drilling spool)

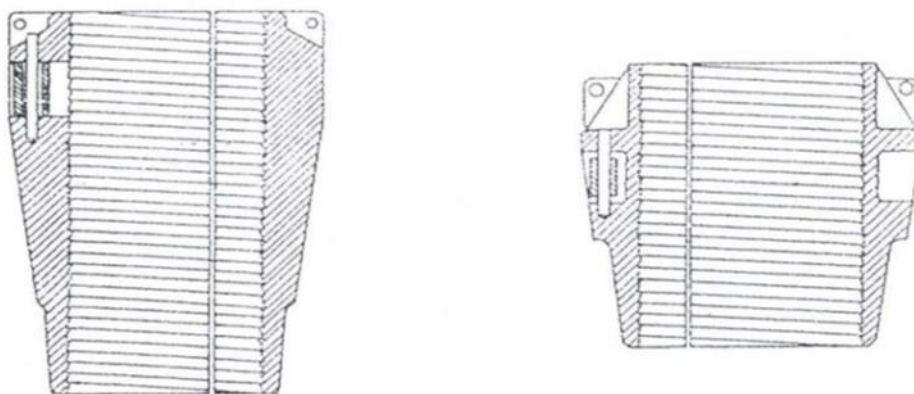
Međuprirubnica sa bočne strane poseduje dva otvora preko kojih se odgovarajućom API prirubnicom priključuju prigušna i ugušna linija. Osim ove uloge međuprirubnica omogućuje položajem svojih otvora da se prigušni i ugušni vodovi nalaze iznad temelja (kele) bušotine. Spaja se na donjem delu sa uvodnom prirubnicom čeličnim zavrtnjima sa šestougaonim navrtkama, i na isti način se na gornjem delu spaja sa preventerom. Mora se obratiti pažnja pri montaži da radni pritisak međuprirubnice bude jednak radnom pritisku preventera [9].



Slika 7. Međuprirubnica (Drilling spool)

Klinovi za vešanje niza zaštitnih cevi

Zaštitne cevi izrađuju se u različitim prečnicima, tako da klinovi za njihovo vešanje dolaze u različitim dimenzijama. Klinovi mogu biti dugi ili kratki, a spajaju se u jednu celinu koristeći zavrtnjeve. Nakon spajanja, ta celina se spušta u konusno kućište. Unutrašnja strana klinova je narezana i oblikovana tako da pokriva veliku površinu cevi, omogućavajući njen viseći položaj. Oblik klinova za vešanje osigurava da kolona ne bude oštećena ili zdrobljena u području prihvata klinova. Pritisak koji deluje na kolonu u predelu zahvata klinova u funkciji je težine kolone (sila natega kolone).



Slika 8. Klinovi za vešanje niza zaštitnih cevi (Izvor: Sretomir Đorđević „Analiza opreme ušća bušotine (BOP) na bušaćim postrojenjima NIS-Naftagas“)

Elementi za zaptivanje međuprostora između dveju kolona (primarno i sekundarno pakovanje)

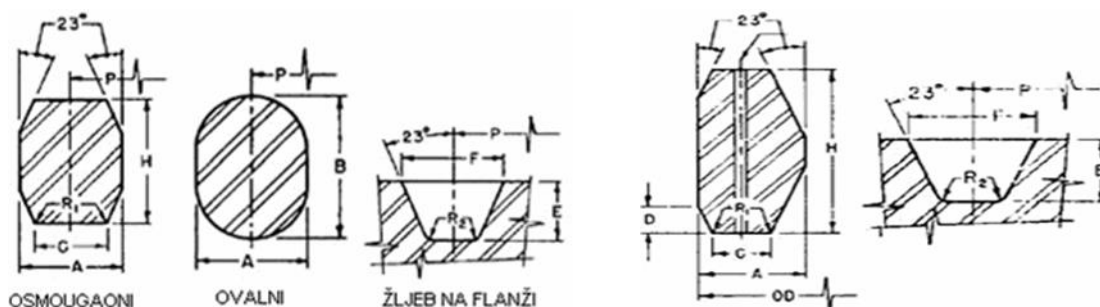
Nakon vešanja kolone zaštitnih cevi potrebno je ostvariti hermetičnost prstenastog prostora između dve kolone zaštitnih cevi. U tu svrhu se primenjuju primarna i sekundarna pakovanja .

Zaptivanje se postiže pritiskom, odnosno početno zaptivanje se ostvaruje laganim pritiskom na koso izrezane usnice gumene zaptivke prilikom umetanja samog zaptivnog uređaja. Sila pritiska se kontinualno i jednosmerno prenosi na čelične prstenove, a preko njih na kućište prirubnice, čime se postiže samopodešavanje zaptivnog uređaja i na taj način se postiže hermetično zatvaranje prstenastog prostora unutar tela prirubnice. Primarni zaptivni element smešten je u gornjem delu prirubnice, neposredno iznad klinova za vešanje zaštitne kolone. Unutrašnji prečnik primarnog zaptivnog elementa određuje spoljni prečnik zaštitne cevi. Spoljni prečnik primarnog zaptivnog uređaja određuje unutrašnja konstrukcija i tehničke karakteristike prirubnice u koju se umeće primarno zaptivno pakovanje.

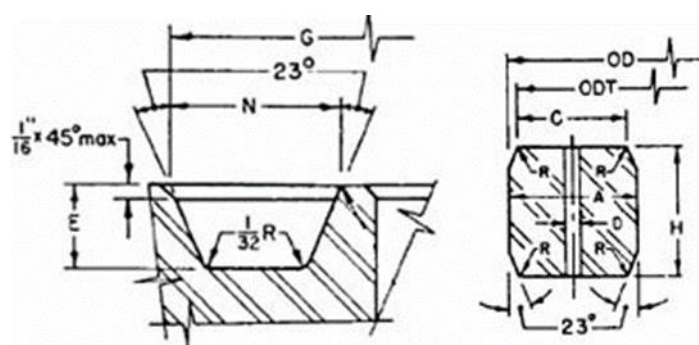
Sekundarni zaptivni element je manjih dimenzija od primarnog zaptivnog elementa, ugrađuje se u donji deo gornje prirubnice, odnosno u prirubnicu koja se montira na postojeću prirubnicu sa primarnim zaptivnim elementom. Sekundarni zaptivni element nam omogućuje ispitivanje bušotinske glave na pritisak prilikom montaže ili u bilo kojem trenutku tokom izrade kanala bušotine [7,9].

Zaptivni prstenovi

Čelični zaptivni prsten osigurava nepropusnost između dve priрубnice. Izrađuje se po API standardu u tri tipa: R, RX, BX.



Slika 9. Zaptivni prstenovi „R“ i „RX“ (Izvor: *Drilling data handbook-Ninth edition*)



Slika 10. Zaptivni prsten „BX“ (Izvor: *Drilling data handbook-Ninth edition*)

Čelični prstenovi se stavljaju u posebne žljebove na krajevima priрубnice (flanže) i primaju celo opterećenje nastalo od stezanja priрубnice, plus težinu preventerskog sklopa. Prstenovi se dovode u stanje elastičnih deformacija i time se postiže elastično-hermetički spoj. Zaptivni prstenovi tipa RX i BX imaju otvor u središtu tela koji služi za izjednačavanje pritiska.

Zaptivni prsten tipa R naleže čelom na dno žljeba i na taj način ostvaruje hermetičnost. Zaptivni prsten tipa RX hermetičnost ostvaruje spoljnom (bočnom) površinom koja je pod uglom od 23° , a zaptivni prsten tipa.

BX ostvaruje hermetičnost svojom unutrašnjom i spoljnom površinom koje su zakošene pod uglom od 23° . Zaptivni prstenovi tipa RX i tipa BX ne dodiruju dno žljeba svojom čeonom površinom prilikom zaptivanja i koriste se kada se očekuju vrlo visoki pritisci u bušotini [3].

Preventerski sklop

Kada usled nedovoljnog hidrostatskog pritiska isplake, dođe do gubljenja prvobitne barijere nad kontrolom bušotine, potrebno je bušotinu zatvoriti, kako bi se sprečio nekontrolisan dotok, ili erupcija formacijskog fluida. Oprema koja zatvara bušotinu naziva se preventer, i predstavlja deo preventerskog sklopa. Pored preventera preventerski sklop se sastoji i od prirubnica i ventila. Najčešće se postavljaju na međuprirubnicu (drilling spool) i spajaju se čeličnim zavrtnjima sa šestaugaonim navrtkama. Preventerski sklop je određen nominalnim (radnim) pritiskom kojeg definišemo kao maksimalni unutrašnji pritisak koji oprema može izdržati. Pošto dotok ili erupcija nastaju neočekivano važno je da se preventer u najkraćem mogućem roku može zatvoriti (manje od 60 sekundi) i da se zatvaranje preventera može vršiti sa udaljenog mesta, najčešće podište tornja [8].

Hidraulični fluid pod pritiskom, koji potiskuje klipove koji otvaraju i zatvaraju čeljusti preventera moraju da ispunjavaju uslove:

- Da se ne smrzava u uslovima niskih temperatura,
- Da ima sposobnost podmazivanja kako bi se umanjilo habanje,
- Da po hemijskom sastavu odgovara elastičnim zaptivkama unutar protočnih kanala i
- Da ima inhibitore za koroziju za metalne površine.

Preventeri se, generalno, mogu podeliti prema:

- Dimenzijama (7 1/16“, 10“, 11“, 13 5/8“, 20“, 30“)
- Radnom pritisku (2K, 3K, 5K, 10K, 15K)
- Načinu zatvaranja.

Preventeri se, prema načinu zatvaranja, mogu podeliti prema:

- Preventeri sa ulošcima za zatvaranje oko bušaćih šipki,
- Preventeri sa čeljustima za zatvaranje punog profila bušotine,
- Anularni preventer, zatvara prstenasti prostor oko cevnog alata bilo kojeg prečnika i oblika,
- Rotacioni preventeri,
- „Inside“ preventer;
- Kelly cock.

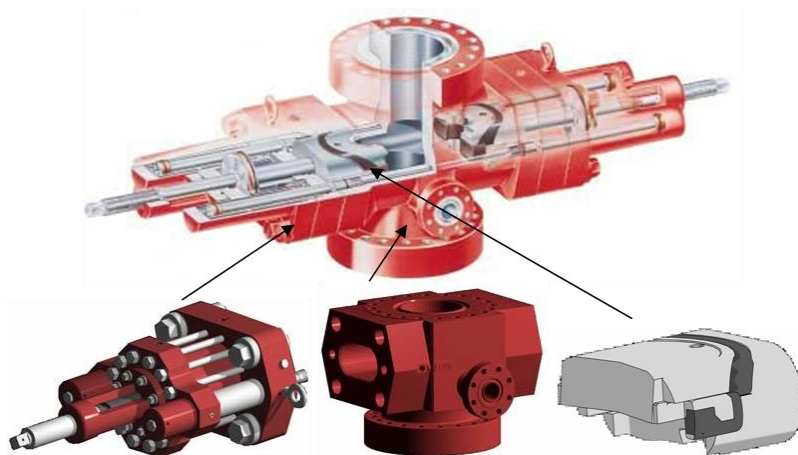
Preventeri se postavljaju na ušću bušotine sledećim redosledom (od ušća bušotine prema vrtaćem stolu):

- Preventer sa čeljustima za zatvaranje punog profila bušotine,
- Preventer sa ulošcima za zatvaranje oko bušaćih šipki,
- Anularni preventer,

Preventeri sa čeljustima za bušaći alat i ravnim čeljustima postavljaju se neposredno na vrh zaštitnih cevi, preko odgovarajućih prirubnica: Ovi tipovi preventera se proizvode kao jednostruki i dvostruki [11].

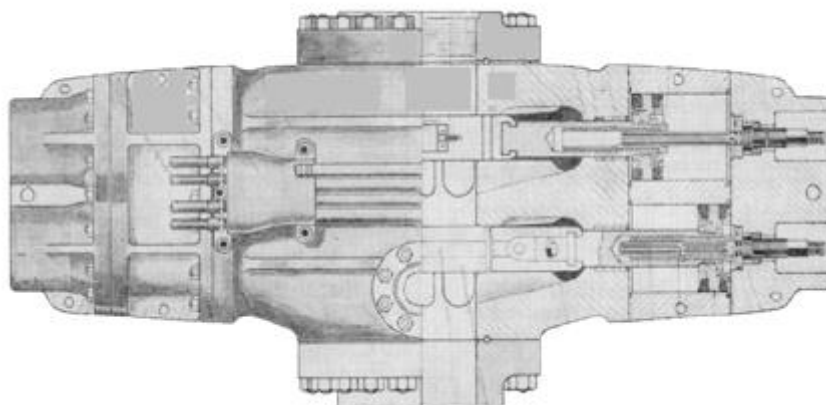
Čeljusni preventer

Preventeri sa čeljustima za bušaći alat i ravnim čeljustima postavljaju se neposredno na vrh zaštitnih cevi, preko odgovarajućih prirubnica. Za pravilno korišćenje preventera potrebno je poznavati njegove karakteristike. Jedna od ovih je smer zaptivanja pod pritiskom. Većina čeljusnih preventera je izrađena na taj način da zadržava pritisak od dole, što znači da preventer neće zatvarati ako se postavi naopako. Kada pritisak fluida iz bušotine deluje na čeljusti potiskujući ih na gore, gumeni prsten naleže na gornji deo kućišta čeljusti i zatvara prolaz tečnosti iza čeljusti. Tela čeljusnih preventera su univerzalna po tome što se u njima mogu montirati kako elementi za pun profil tako i elementi za bušaće šipke. Ovi tipovi preventera se proizvode kao jednostruki i dvostruki [11,9].



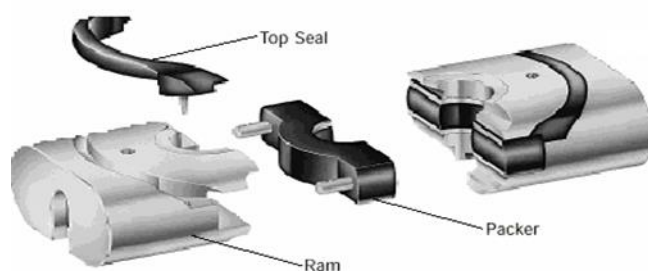
Slika 11. Delovi čeljusnog preventera: poklopac sklopa sa sistemom za zatvaranje (slika levo), telo (slika u sredini), čeljusti (slika desno) (Izvor:

Jednostruki preventeri se sastoje samo od čeljusti za zatvaranje punog profila bušotine, ili samo od čeljusti za zatvaranje oko cevnog alata (uobičajeno bušaćih šipki). Iz praktičnog razloga, kako bi se izbeglo postavljanje dva jednostruka preventera i smanjila ukupna visina sklopa, proizvode se preventeri koji u svom telu imaju ugrađene čeljusti za zatvaranje punog profila bušotine i čeljusti za bušaće šipke. Ovi preventeri su poznati kao dvostruki čeljusni preventeri [12]. (Slika 7.).



Slika 12. Dvostruki čeljusni preventer „Shaffer“

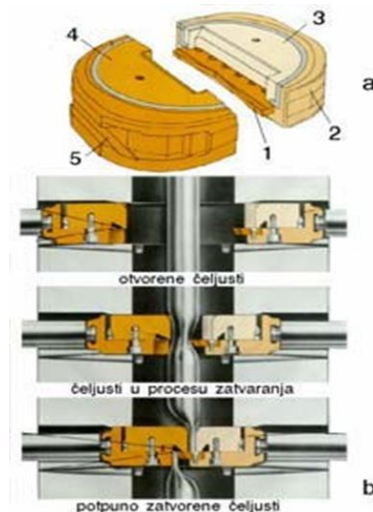
Čeljusti za bušaće šipke su strogo određene za određeni prečnik bušaće šipke, što znači da će čeljusti za bušaću šipku od 127 mm (5“) zaptivati samo oko bušaće šipke ekvivalentnog nazivnog prečnika (Slika 8).



U BOP Pipe Ram

Slika 13. Čeljusti za zatvarnje međuprostora oko bušaćih šipki

Čeljusti za pun profil se koriste za zaptivanje bušotine kada je kompozicija bušaćeg alata van bušotine. Navedeni tip čeljusti ima lice ravne površine koje prijanjaju jedna uz drugu sa gumenim čeljustima, pri čemu se potpuno zatvara bušotina. Ako je alat unutar profila koji treba da se zatvori, čeljusti ravnog profila nisu u funkciji, odnosno neće zaptivati pun profil. Kod preventera sa većim radnim pritiskom, koji se koriste na bušotinama sa velikim slojnim pritiskom, montiraju se i čeljusti za sečenje cevnog alata ("Sheare rams"), koje ujedno imaju funkciju zatvaranja otvora bušotine tj. funkciju ravnih čeljusti, nakon sečenja cevnog alata [7](Slika 9).



Slika 14. Shear rams

Kod izrade bušotina sa različitom kombinacijom bušačeg alata (više različitih dimenzija bušačkih šipki) koriste se i tzv. podesive čeljusti ("Multi rams") pomoću kojih se mogu zatvoriti više dimenzija bušačkih šipki, u intervalu od 88,9 mm (3 ½") do 127 mm (5").



Slika 15. Podesive čeljusti „Multi rams“

Preventeri sa gumenim prstenom (Anularni preventer)

Anularni preventer (Slika 11) se postavlja iznad duplog čeljusnog preventera i povezuje se s njim putem priрубnice koja se nalazi na donjoj strani kućišta preventera. Ovaj preventer je dizajniran da zatvara pun profil otvora bušotine kada cevni alat nije u njemu, kao i da obuhvati cevni alat svih dimenzija i oblika, uključujući različite dimenzije šipki i alat na žici. Da bi se zaštitio gumeni prsten koji obezbeđuje zaptivanje, različite dimenzije alata ili pun profil bušotine zatvaraju se različitim pritiscima, što se reguliše pomoću regulatora pritiska na akumulatorskoj bateriji. (Komey uređaju).

Osnovni konstruktivni elementi preventera sa gumenim prstenom su (Slika 11): čelični blok (1) u kome su instalirani specijalni klip (2) ispod koga se unutar cilindra nalazi komora za zatvaranje (3), a iznad klipa komora za otvaranje (4) i gumeni prsten (5). Obe komore su vodovima visokog pritiska povezane sa hidrauličkim sistemom za upravljanje sigurnosnom opremom. Gornji deo preventera predstavlja glava preventera (6), koja se sa čeličnim blokom spaja putem navrtanja [9,11,12].

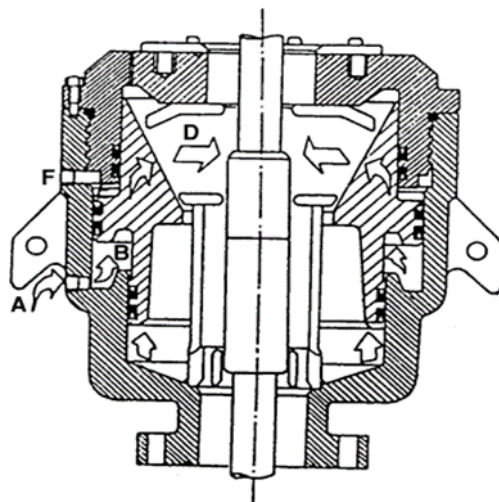


Slika 16. Preventer sa gumenim prstenom firme Hydril

Anularni preventer ima tri osnovne funkcije:

- Zatvara statične bušaće cevi unutar bušotinskog prostora ili zatvara pun profil bušotine,
- Zatvara na zaštitnoj koloni i
- Kroz zatvoreni preventer može se manevrisati alatom.

Princip rada: Pri zatvaranju preventera, ulje se iz “Kooomey” uređaja dovodi, pod visokim pritiskom, kroz otvor (A) u komoru zatvaranja (B) ispod klipa (Slika 3.8). Dejstvom pritiska hidrauličkog ulja klip se kreće na gore pritiskajući gumeni prsten. Pri tome, guma koja se nalazi između pločica širi se u pravcu vertikalne ose preventera, čvrsto steže spoljašnju površinu bušaćih šipki zatvarajući prostor oko bušaćeg pribora, ili zatvara ceo profil kanala bušotine ako je bušaći pribor izvučen iz bušotine. Kada je ostvareno zatvaranje, usled daljeg dotoka slojnog fluida, u bušotini se povećava pritisak koji potiskuje klip prema gore ostvarujući bolju hermetičnost. Otvaranje preventera ostvaruje se dovodenjem hidrauličkog ulja, pod pritiskom, kroz otvor (F) u komoru otvaranja iznad klipa. Pod dejstvom pritiska ulja, klip se kreće na dole, usled čega se prsten vraća u prvobitni položaj i oslobađa bušaći pribor. Pri tome se ulje iz komore (B) vraća u “Kooomey” uređaj [9,11].



Slika 17. Princip rada anularnog preventera

Prilikom zatvaranja anularnog preventera na zaštitnoj koloni, hidraulički pritisak zatvaranja mora se podesiti na onu vrednost koju proizvođač preporučuje. Operacija manevrisanja kroz zatvoreni preventer predstavlja najteže uslove primene za bilo koji anularni preventer. U tom slučaju, zaptivni gumeni element je izložen izuzetno velikom opterećenju dok se bušaća kompozicija alata provlači kroz preventer pod pritiskom. U navedenom slučaju neophodno je primeniti sledeću proceduru radi što manjeg oštećenja gumene zaptivke:

Zatvoriti preventer i malo popustiti pritisak zatvaranja,

- Alat izvlačiti uz blago popuštanje pritiska zatvaranja, kako bi se obezbedilo podmazivanje na dodirnim površinama zaptivne gume i alata i kako bi se sprečio ekstremni porast temperature,
- Ako dolazi do trošenja gume treba povećati pritisak zatvaranja da bi se sprečilo propuštanje fluida. [8]

Rotacioni preventer

U tehnološkom procesu bušenja bušotine za ispiranje bušotine se često koristi aerizovana isplaka, vazduh, pena ili se zbog tehničkih poteškoća primenjuje inverzna cirkulacija, te prstenasti prostor treba zaptiti. Osiguravanje zaptivanja međuprostora se vrši primenom rotacionog preventera a uz to može da se vrši istovremeno okretanje i uzdužno pomeranje bušaćih alatki. Rotacioni preventer se direktno ugrađuje na ušće bušotine, te se pri tome montira na preventere standardne konstrukcije [9,11].

Rotacioni preventer se sastoji iz sledećih glavnih delova:

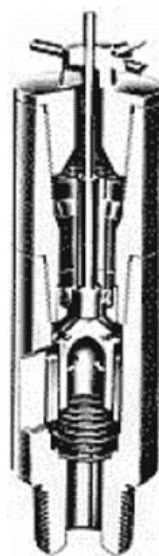
- Telo,
- Glava,
- Pojasni venac

Ostala oprema na bušotini za sprečavanje dotoka i erupcije

Unutrašnji ("Inside") preventer

Unutrašnji preventer (Slika 13) je ventil koji se koristi da zatvori povratni dotok fluida iz bušaćih šipki. Zbog toga se nalazi na podoštu tornja u otvorenom položaju, kako bi se ručno montirao na spojnicu bušaće šipke. Gornji deo unutrašnjeg preventera se sastoji od ventilskog sklopa (T-ručica, vreteno, ventil, vreteno, opruga ventila, sedište ventila), a donji deo čini ženska spojnica u zavisnosti od šipke na koju se navrće (NC 38, NC50). Nedostaci unutrašnjeg preventera su:

- Teško ga je navrnuti na bušaći niz u slučaju prelivanja;
- Nemogućnost prolaza alata na žici;
- Nemogućnost indirektno cirkulacije;
- Nije moguće očitati pritisak na bušaćim šipkama nakon zatvaranje, direktno

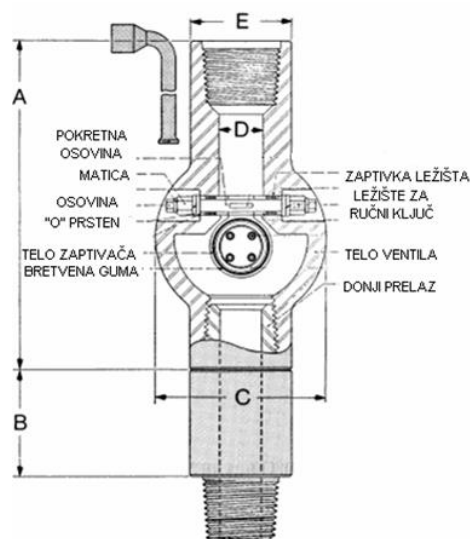


Slika 18 . Inside preventer

Sigurnosni zasun iznad i ispod radne šipke (Kelly cook)

Kao i unutrašnji preventer sigurnosni zasun (kelly cook) se takođe nalazi na podoštu tornja. Primenjuje se ako tokom bušenja koristimo radnu šipku te se montiraju iznad i

ispod radne šipke. Manipulacija sigurnosnim zasunima se vrši pomoću posebnog ključa, Donji sigurnosni zasun se zatvara kako bi se sprečio povratni dotok fluida kroz bušaću šipku, a gornji sigurnosni zasun se zatvara kada dođe do povećanje pritiska u isplačnom crevu i dalje na isplačnim pumpama. Time je u potpunosti uspostavljena kontrola na bušotini. Za razliku od unutrašnjeg preventera lakše ga je navrnuti na bušaći niz, omogućava izvođenje radova na žici, omogućava indirektnu cirkulaciju i pritiska u bušaćim šipkama je moguće direktno očitati nakon zatvaranja [13].



Slika 19. Kelly cook (gornji)

Protiv povratni ventil iznad dleta

Protiv povratni ventil se postavlja neposredno iznad dleta i sprečava povratni dotok fluida tokom dodavanja šipki. Tokom procesa bušenja i cirkulacije isplake štiti mlaznice dleta, i sprečava ulazak gasa tokom bušenja kroz gasne formacije. Može se spuštati u bušotinu u otvorenom položaju. Osnovni nedostaci PP ventila su:

- Nije testirana barijera;
- Ne mogućnost očitavanja statičkog pritiska na bušaćim šipkama;
- Hidraulički udari su povećani;
- Indirektna cirkulacija nije moguća [13];

Hidraulični sistem za kontrolu i upravljanje sigurnosnom opremom (Kooomey uređaj)

Svrha hidrauličkog sistema akumulatora jeste da obezbedi neophodnu energiju hidrauličnom fluidu za zatvaranje svih elemenata preventer konstrukcije kao i da

obezbedi energiju i za manipulaciju automatskog hidrauličnog ventila (HCR) na izduvnoj grani. Preko upotrebe komprimovanog azotnog gasa ovi kontejneri skladište energiju koja se može upotrebiti za brzo zatvaranje preventera. Rad akumulatora je u funkciji hidrauličkog ulja koje se nalazi ispod komprimovanog internog gasa (najčešće azota). Pomoću pumpe visokog pritiska, mala količina hidrauličkog ulja odlazi u rezervoar (bocu) i dolazi do kompresije azota i stvaranja potencijalne energije. Aktiviranjem ventila na jedinici za zatvaranje, oslobađa se ulje pod pritiskom i utiče na otvaranje i zatvaranje preventera. Akumulator se pomoću hidrauličnih pumpi ponovo puni istom količinom fluida, koji je bio potreban za rad preventera. Kod definisanja jednog akumulatorskog sistema važni su sledeći pojmovi:

- Pritisak punjenja akumulatorske boce azota

To je pritisak koji treba ostvariti u gumenoj dijafragmi sa azotom, kada u akumulatorskoj boci nema hidrauličkog ulja. Uobičajna vrednost tog pritiska je 68,65 ili 51,71 bar.

- Akumulatorski pritisak azota

To je pritisak pod kojim se nalazi hidraulični fluid u akumulatorskoj boci. Uobičajna vrednost mu je 206,85 bar.

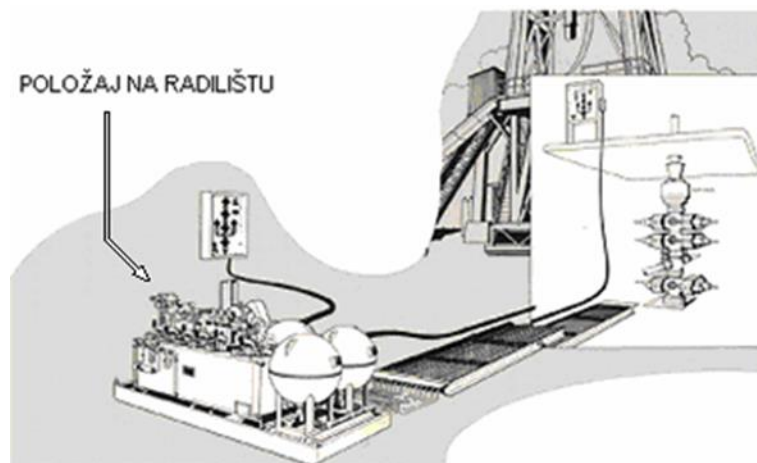
- Zapremina radnog fluida

To je ona količina hidrauličkog ulja koji se dobije iz akumulatorske boce, dok akumulatorski radni pritisak ne padne na vrednost od 82,74 bar.

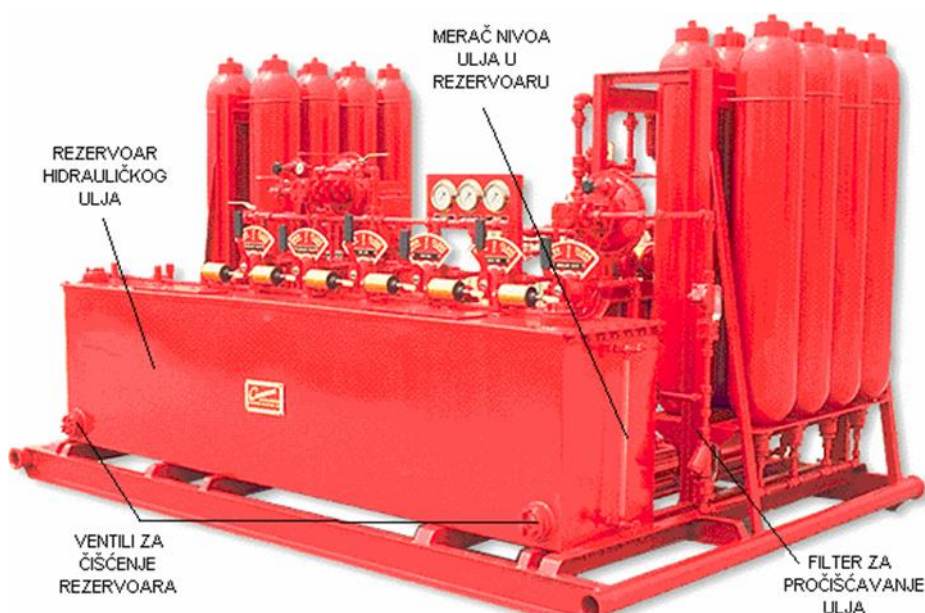
Postavlja se na sigurnoj udaljenosti od usta bušotine. Sastoji se iz sledećih elemenata:

- Akumulatora energije koji se puni azotom;
- Regulatora pritiska;
- Komandne table na radnom podištu tornja;
- Ventila sa ručicama za otvaranje i zatvaranje preventera;
- Rezervoara sa uljem koje potiskuje klipove za otvaranje i zatvaranje preventera;
- Tripleks pumpe na električni pogon;
- Motor na vazdušni pogon, za slučaj prekida električne energije;
- Vodova za otvaranje i zatvaranje preventera.

Pokretanje i stavljanje pod pritisak "Koomey" uređaja obavlja se koristeći tripleks pumpu s vazdušnim motorom ili elektromotorom. Regulacija pritiska u sistemu vrši se putem ventila. Zatvaranje i otvaranje preventera kontroliše se pomoću ručice na ventilu "Koomey" uređaja, i može da se obavlja sa podišta tornja pomeranjem odgovarajuće ručice na kontrolnoj tabli vođe smene. Zatvaranje i otvaranje preventera se vrši tako što pritisak ulja deluje kroz vodove i dolazi do preventere. Regulisanje pritiska anularnih preventara i čeljusnih preventera obavlja se pomoću ventila [7].



Slika 20. Položaj „Kookey uređaja“ na postrojenju



Slika 21. Prikaz hidrauličke jedinice za upravljanje preventerskim sklopom, rezervoar za hidrauličko ulje.

Prigušna i ugušna linija (choke i kill line)

Prilikom ugušivanja bušotine, obično je potrebno cirkulisati fluid niz bušaću šipku, uz anular, do izlaznog otvora na površini. Linija koja je jednim krajem priključena za bušotinsku glavu ili preventer, a na drugom kraju za cevni razvodnik naziva se prigušna i ugušna linija (kill i choke line). Ugušna linija (kill line) se spaja sa cevnim razvodnikom

(Stand pipe) a prigušna linija (choke line) se spaja sa cevnom razvodnikom za ugušenje tzv. čokom – (Choke manifold) koji za razliku od „stande pipe-a“ ima ventile sa diznama. Poželjno je da prigušna i ugušna linija nema oštra kolena.

Cevni razvodnici sastoje se od serije ventila, dok su ispred svakog ventila postavljeni manometri za očitavanje pritiska u međuprostoru zaštitnih cevi (anularu) i unutar bušaćih šipki. Ventili na cevnom razvodnicima moraju biti lako dostupni za ručnu manipulaciju. U slučajevima dubljih bušotina, jedan od ventila na čoku mora imati daljinsku komandu za kontrolu otvaranja i zatvaranja dizne. Na spojašnjoj strani čoka, iza ventila sa diznama, nalaze se otvori za povezivanje sa vodovima koji vode ka isplavnim bazenima, separatoru, baklji za spaljivanje gasa i otpadnoj jami.

Konstrukcija prigušne linije

Konstruktivno rešenje prigušne linije, treba da izdrži izloženost zahtevanim pritiscima i da je primenljiv za sve vrste fluida (isplaka, nafta, voda ili vazduh) čiji se protok očekuje duž provodnog sistema. Prigušna linija treba da vrši kontrolu pritiska preko jedne od svojih ventila sa diznom (prigušnica), zatim da omogući protok fluida iz bušotine preko cevnom razvodnika u jednoj od svojih nekoliko protočnih grana do isplavnih bazena ili otpadne jame (šlangraba).

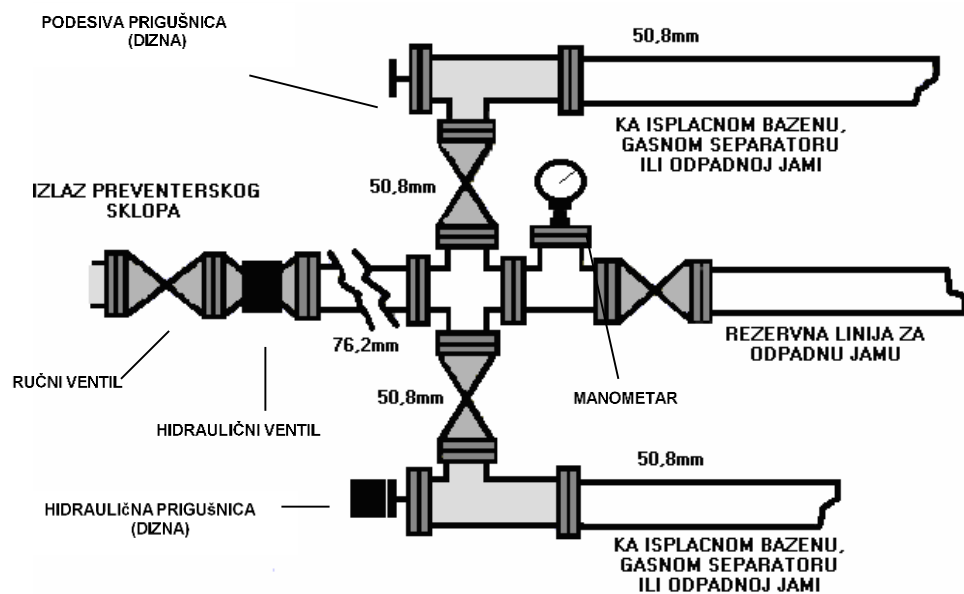
Sve razvodne linije, radni pritisci prigušnica i ventila, na prigušnoj liniji moraju biti jednaki radnim pritiscima preventerskog sklopa, osim linije za odvođenje fluida do cirkulacionog sistema i otpadne jame koja ne mora da ispunjava taj uslov. Kod radnih pritisaka 689,5 bara (10000PSI) i 1035 bara (15000PSI), preporučuje se instaliranje duplih ventila na preventerskom sklopu i prigušnoj liniji. Minimalni preporučeni prečnik ventilske linije za razvođenje fluida je 50,8 mm (2").

Ventil bliži preventerskom sklopu (ručni ventil) koristi se samo u slučaju opasnosti (rezervni), dok sledeći spoljni ventil (preporučuje se hidraulični ventil) upotrebljava se kao radni ventil.

Za pritiske veće od 344,75 bara (5000PSI), treba montirati jednu pomoćnu prigušnicu, koja će imati upotrebu u slučaju kvara glavne odvodne prigušnice.

Modifikovana rešenja, kao što su dodatni hidraulični ventili, merni instrumenti, zatim ventilske linije i spoljni sistem za odvod fluida mogu se izabrati posebno za svaku bušotinu u zavisnosti od projektovanog sistema zaštite [3,7,8,11].

Primer prigušna linija prikazan je na Slici 22.



Slika 22. Prigušna linija za radne pritiske od 345 bar (5000 psi)

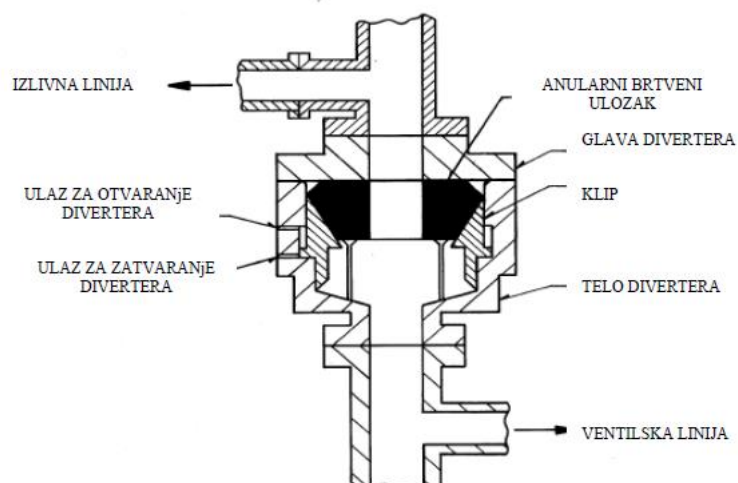
5. DIVERTER SISTEM

Diverter sistem se može primeniti kao način kontrole bušotine, za vreme bušenja vezanog za dotok. Sistem obezbeđuje stepen primarne zaštite, do ugradnje kolone na kojoj će biti montiran preventerski sklop. Sistem je izgrđen da zaptiva oko radne šipke, bušaće šipke ili kolone, prilikom dotoka na ušću bušotine. Diverter nije alat koji zatvara ili vrši prigušivanje bušotine, već da dozvoljava odvođenje dotoka na sigurnu razdaljinu od usta bušotine. Diverter sistem se postavlja na uvodnu kolonu. Sastoji se od divertera malog radnog pritiska odnosno anularnog preventera, dovoljnog unutrašnjeg prečnika da prođe dleto. Ventilske linije adekvatnog prečnika se vezuju za izlazne linije ispod divertera i postavljaju se duž lokacije, na dovoljnu razdaljinu od bušotine, da omoguće sigurno odvođenje fluida od bušotine [14,11].

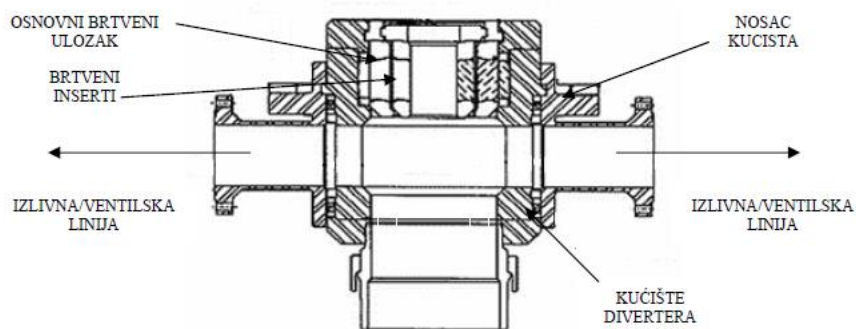
Diverter sistem, može biti dizajniran u različitim konstrukcionim tehničko - tehnološkim rešenjima, odnosno sastavni prateći elementi diverter sistema su:

Anularni brtveni uređaj (*Annular Sealing Device*), kao osnovni zaptivajući element koji se izrađuje u nekoliko dizajna (Slika 23.). Paker element ili brtveni ulozak (*Annular Packing Element*) zajedno sa mehanizmom za aktiviranje, ostvaruje zaptivanje slično principu na kojem radi anularni preventer. Sistem se aktivira hidrauličkim mehanizmom, a efikasno se zaptiva prostor oko bilo kojeg prečnika bušaće šipke, radne šipke i zaptiva pun profil u slučaju da alat nije prisutan u bušotinskom kanalu.

Diverter sistem, sa umetcima za ostvarivanje hermetičnosti (*Insert-type Packing Element*) predstavlja sistem sačinjen od grupe umetaka tj. inserta (Slika 24.). Umetci se prostorno raspoređuju jedan unutar drugog, odnosno umetak manjeg prečnika se umeće u umetak većeg prečnika, i svaki insert unutar grupe je namenjen da hermetički zatvori prostor oko odgovarajućeg prečnika šipki. Umetci za zaptivanje, aktiviraju se mehaničkim ili hidrauličkim putem. Nedostatak diverter sistema sa umetcima za ostvarivanje hermetičnosti oko bušaćeg alata, ogleda se u nemogućnosti da sistem zaptiva pun profil unutar sistema, i nemogućnost umetaka da zaptivaju različite prečnike alata, odnosno umetci se moraju montirati ili demontirati iz sistema ako se prečnik bušaćeg alata menja [9,14].

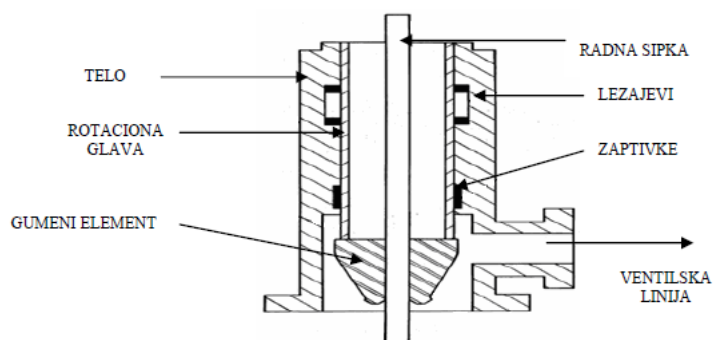


Slika 23. Diverter sistem sa paker elementom za zaptivanje (Izvor: Boško Lalović „Ibor sigurnosne opreme na ušću bušotine Mexd-1“ stručni rad)



Slika 24. Diverter sistem sa paker umetcima za zaptivanje (Izvor: Boško Lalović „Ibor sigurnosne opreme na ušću bušotine Mexd-1“ stručni rad)

Rotaciona glava (*Rotating Head*), može biti montirana u konstrukciji diverter sistema kao dopuna preventerskog sklopa (Slika 25.). Primarna funkcija rotacione glave je da obezbedi zaptivanje prostora oko bušačkog alata, i preusmeri eventualni dotok fluida iz sloja na odvodnu liniju diverter sistema. Zaptivanje se ostvaruje gumenim zaptivnim elementom, koji može da zaptiva različite prečnike bušačkog alata i omogućava njegovo kretanje i kada je gumeni element rotacione glave aktiviran.



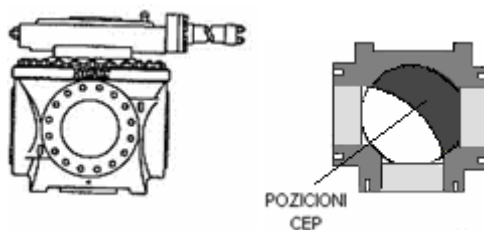
Slika 25. Diverter sa rotacionom glavom (Boško Lalović „Izbor sigurnosne opreme na ušću bušotine Mexd-1“ stručni rad)

Izlazni ventil (*Vent Outlet*) diverter sistema, lociran je ispod anularnog zaptivnog elementa. Diverter sistem može imati jedan ili više izlaznih ventila, koji mogu biti sastavni deo celine kućišta i na koji se montira ventilska linija, ili može biti zasebni ventil sa flanžama koji se navrtkama spaja na izlazni ventil bušaće međuprirubnice.

Bušaća međuprirubnica, može biti deo konstrukcije diverter sistema i najčešće je to u slučaju kada se kao konstrukciono rešenje diverter sistema montira gumeni paker sistem za brtvljenje anularnog prostora (*Annular Packing Element*), odnosno bušaća prirubnica ima funkciju oslonca za montažu kućišta divertera. Radni pritisak bušaće prirubnice mora biti jednak ili veći od radnog pritiska brtvenog elementa divertera.

Ventili (*Valves*), čine sastavni deo razvodnih grana. Postoje integralni ventili koji su deo kućišta diverter sistema i montažni ventili koji se spajaju preko flanži pomoću zavrtnja. Funkcija ventila je da se kontroliše željeni smer protoka fluida iz bušotine i izrađuju se u različitim konstrukcionim i tehničkim rešenjima, ventil sa zasunom (*Gate Valve*), loptasti ventil (*Ball Valve*), igličasti ventil (*Knife Valve*), trokraki ventili (*Three- Way Targeted Valve*). Radni pritisak ventila mora biti jednak ili veći od radnog pritiska divertera. Svi ventili koji se montiraju u razvodni sistem mogu biti pneumatski, hidraulični i ručni ventili. Ventili moraju imati takva tehnološka rešenja da su otporni na agresivne korozivne elemente.

Na *Slici 26* prikazan je **trokraki ventil**, osnovne namene da se manipuliše protokom fluida iz bušotine u željenom pravcu kroz provodni sistem na razvodnoj diverterskoj grani. Pozicioni čep ima ulogu blokatora protoka i željenim pozicioniranjem čepa uspostavlja se protok ka željenoj razvodnoj grani u sistemu. Svi ventili koji se montiraju u razvodni sistem mogu biti pneumatski, hidraulični i ručni ventili. Ventili moraju imati takva tehnološka rešenja da su otporni na agresivne korozivne elemente



• Slika 26. Trokraki ventil (Boško Lalović „Izbor sigurnosne opreme na ušću bušotine Mexd-1“ stručni rad)

6. SISTEM ZA MANIPULACIJU I RUKOVANJE BOP OPREMOM

Ovaj izum se uglavnom odnosi na sisteme i metode rukovanja preventerskim sklopovima (BOP). Na konkretnom prikazu, ovaj izum obuhvata sistem za prenošenje i rukovanje preventerskim sklopom tokom instalacije i demontaže na ustima bušotine.

Proces montaže kopnenog bušačkog postrojenja na engleskom jeziku poznat je i pod izrazom „rig up“. Tokom montaže, razni delovi bušačkog postrojenja se sastavljaju i testiraju pre početka operacije bušenja. Ovaj postupak montaže može trajati od par dana do više od nedelju dana, u zavisnosti od tipa postrojenja koje se montira i potencijalnih problema koji iskrnu tokom montaže. Obzirom da bušotina ne može da se buši dok se ne završi proces montaže bušaće garniture, vreme montaže treba skratiti koliko je to moguće.

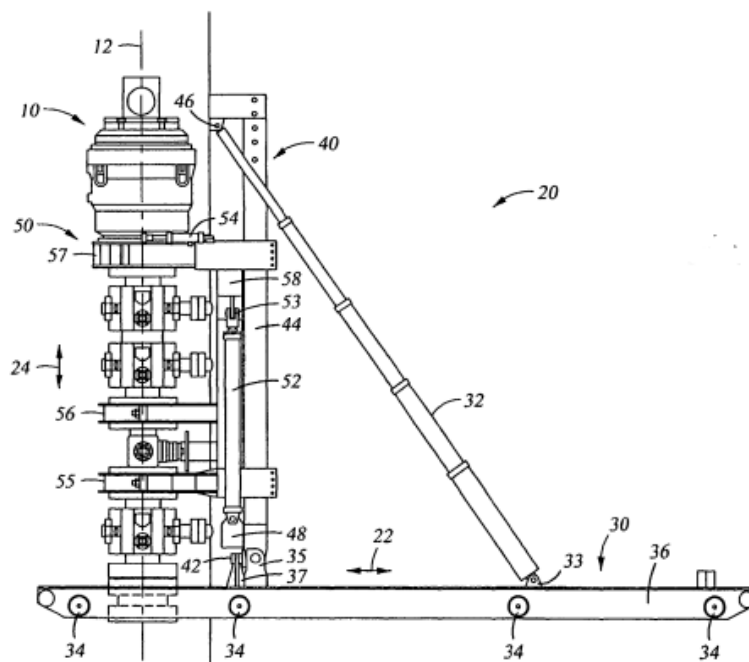
Kompletan proces montaže bušaće garniture vrši se obrnutim redosledom prilikom demontaže garniture („rig down“) radi transporta na drugu lokaciju. Postupak demontaže predstavlja dodatni zastoje u radu bušačkog postrojenja od završetka bušenja jedne do početka bušenja druge bušotine. Vreme zastoja između dve operacije bušenja na različitim bušotinama obično je ograničeno ugovorom o radu bušačkog postrojenja, u smislu da strana koja iznajmljuje bušaće postrojenje nema obavezu da plati to vreme preko određene definisane granice. Iz tog razloga, dobro su došli bilo koja oprema ili postupci koji mogu skratiti vreme potrebno za aktivnosti montaže i demontaže.

Tipični sklopovi su visoki desetine metara i teže desetine hiljada kilograma. Na većini kopnenih postrojenja, preventerski sklop se barem delimično demontira tokom transporta, jer bušaća garnitura praktično nema način da transportuje kompletno montiran preventerski sklop. Priključci za teške uslove rada između zasebnih BOP uređaja u sklopu često zahtevaju sate za navrtanje i odvrtnje, dodatno povećavajući vreme montaže ili demontaže bušačkog postrojenja.

Po završetku montaže BOP uređaja, isti se postavi ispod radne platforme postrojenja, iznad usta bušotine. Obično je ovo osetljiva, dugotrajna operacija, obzirom da treba veliki, težak BOP pomeriti ispod već montiranog postrojenja. BOP treba da se centrira na osu bušotine, koja se proteže od vrtačkog stola na platformi postrojenja do usta bušotine, stoga može potencijalno zahtevati podešavanje položaja u dva pravca na horizontalnoj ravni. Preventerski sklop takođe treba da ima mogućnost podešavanja vertikalno, kako bi se nadomestile razlike u koti usta bušotine. Pored toga, imajući u vidu da se preventerski sklop obično pričvršćuje na usta bušotine prirubnicom koja poseduje šemu vijaka koja mora da se poklapa sa šemom vijaka na BOP, BOP mora imati mogućnost rotiranja oko svoje vertikalne ose dok ne dođe do podudaranja sa ustima bušotine. Većina sistema i metoda za rukovanje BOP trenutno u upotrebi uključuju prenos preventerskog uređaja od jednog dela opreme do drugog, recimo od sanki do sistema za podizanje visećeg tereta. Većina sistema za podizanje visećeg tereta, kao što su kranovi ili sajle, podrazumevaju

podizanje i spuštanje BOPa, koje, kao i podizanje bilo kog velikog tereta, zahteva značajno vreme i resurse da bi se izvelo na bezbedan način. Prema tome, javlja se potreba da ovi sistemi imaju mogućnost efikasnijeg i/ili bezbednijeg rukovanja preventerskim sklopom tokom postupaka montaže i demontaže.

Prvi pogled na ovoj izum nam govori da je to sistem za rukovanje preventerskim sklopom, a sistem rukovanja se sastoji od: kolica; nagibni ram osovinski pričvršćen za kolica; i podizni ram koji klizi po nagibnom ramu, sa podiznim ramom koji se povezuje na BOP.



Slika 27. Grafički prikaz BOP kolica (BOP cart) (Izvor: National-oilwell, L.P., Houston „BOP handling system and method“)

Poželjni sistem rukovanja predstavlja jedinstveni unifikovani sistem koji čini potporu preventerskom sklopu tokom njegovog transporta u vertikalnom položaju. Tokom instalacije, sistem rukovanja pomera sklop u vertikalni položaj i omogućava vertikalno podešavanje položaja preventera, u dva horizontalna pravca, kao rotaciono oko centralne ose preventera. Hidraulični cilindri obezbeđuju sile neophodne za podešavanje položaja preventera. Tokom rukovanja i instalacije, za potporu sklopa nikad se ne koriste dizalice za viseći teret, niti se oni prebacuju sa jednog uređaja za rukovanje na drugi. Izvedba obuhvata kolica ili sanke, koja čine osnovnu platformu, nagibni ram i podizni ram. Sklop je pričvršćen na podizni ram, koji klizi po potpornom nagibnom ramu, koji se okreće u odnosu na kolica. Kolica omogućavaju podešavanje položaja sklopa u prvom horizontalnom pravcu, dok je podešavanje položaja u drugom, okomitom horizontalnom pravcu omogućeno mehanizmom za bočno podešavanje, koji spaja nagibni ram i kolica. Podizni ram se može pomerati vertikalno u odnosu na kolica i takođe omogućava rotaciono podešavanje sklopa oko centralne ose.

Kod određenih izvedbi, kolica imaju točkove prilagođene za šine. Tokom transporta, kolica se osiguraju na transportnim sankama sa integrisanom šinom. Transportne sanke se istovaraju i postavljaju na šine koje su ugrađene ispod bušaće garniture. Potom se kolica guraju od transportnih sanki na šinama dok ne budu ispod bušaće garniture i u liniji sa ustima bušotine. Sklop se podiže u vertikalni položaj pomoću nagibnog rama, a potom se može podesiti i povezati na usta bušotine.

Kod drugih izvedbi, kolica imaju ravne sanke. Čim se kolica istovare, guraju se pod postrojenje i poravnavaju sa ustima bušotine. Nisu potrebne šine za pomeranje kolica ispod bušaće garniture. Sklop se potom može podići u vertikalni položaj i ugraditi na usta bušotine. Drugi aspekt ovog izuma je obezbeđena metoda rukovanja preventerskim sklopom uz pomoć sistema rukovanja, kao što je prethodno opisano. Treći aspekt ovog izuma jeste obezbeđena metoda rukovanja preventerskim sklopom, pri čemu ona obuhvata: postavljanje sklopa u sistem za rukovanje; transport sklopa u horizontalnom položaju u sistemu za rukovanje; pomeranje sklopa u sistemu za rukovanje u inicijalni položaj iznad usta bušotine; okretanje sklopa u vertikalni položaj pomoću sistema za rukovanje; i poravnanje sklopa sa ustima bušotine pomoću sistema za rukovanje.

Prema tome, ovaj izum predstavlja kombinaciju karakteristika i prednosti koje, u određenim izvedbama, omogućava unifikovani sistem rukovanja sa mogućnošću prevoza preventerskog sklopa, bezbednog i efikasnog rukovanja i instalacije pomoću samo jednog komada opreme [15].



Slika 28. BOP kolica „BOP cart“ na postrojenju pre montaže opreme (Izvor:privatno)



Slika 29. Montaža BOP kolica „BOP cart“ na postrojenju (Izvor: privatno)

7. ODABIR ODGOVARAJUĆE SIGURNOSNE OPREME

Odabir sigurnosne opreme za ulaz u bušotinu (BOP) zavisi od procenjenog površinskog pritiska koji može nastati usled dotoka fluida iz sloja. Ovaj pritisak se definiše kao maksimalni pritisak koji može delovati na sigurnosnu opremu i zaštitne cevi.

Za određivanje tog pritiska, koji se javlja zbog dotoka fluida u bušotinski kanal, koriste se različite metode zasnovane na iskustvu i praksi. Maksimalni površinski pritisak zavisi od geometrije bušotinskog kanala, tipa fluida koji dolazi iz sloja, intenziteta dotoka, pritiska frakturiranja formacije, temperature duž kanala, kao i odabrane metode za kontrolu dotoka [1].

7.1. Osnovni principi odabira sigurnosne opreme

Osnovni principi, koji se primenjuju za izračunavanje maksimalno očekivanog površinskog pritiska, uključuju sledeće uslove u bušotini:

- Da je bušotina puna gasnim fluidom
- Gasni fluid je popunio 80% zapremine bušotinskog kanala.

Kompletno ispunjenje bušotine gasnim fluidom predstavlja ekstremno nepovoljnu situaciju koja se može javiti tokom bušenja, a uključuje sledeće uslove:

- Sva isplaka je izbačen iz bušotine, pa je kanal bušotine sada potpuno ispunjen gasnim fluidom;
- Područje ispod poslednje ugrađene zaštitne cevi, gde se nalaze propusne formacije, predstavlja najslabiju tačku, odnosno mesto koje je najizloženije frakturiranju.

Najveći pritisak koji se očekuje na površini bušotine, predstavlja srednju izračunatu vrednost od sledećih jednačina:

$$p_{us\ max} = p_{sl} - 0,0981 \cdot Z_s \cdot \rho_{fg} \dots \dots \dots (1)$$

$$p_{us\ max} = 0,0981 \cdot H_k (G_{fk} - \rho_{fg}) \dots \dots \dots (2)$$

Gasni fluid je popunio 80% zapremine bušotinskog kanala je metoda koja je povoljnija od prethodne i pretpostavlja da je gornjih 20% dužine kanala bušotine ispunjeno isplakom, dok gasni fluid zauzima preostali deo bušotine.

$$p_{us\ max} = 0,0981 \cdot [G_{fk} \cdot H_k - (X \cdot \rho_t + Y \cdot \rho_{fg})] \dots \dots \dots (3)$$

$$X = Z \cdot 0,20 \dots \dots \dots (4)$$

$$Y = H_k - X \dots \dots \dots (5)$$

gde su:

p_{sl} - slojni, porni (maksimalni) pritisak u bušotini (bar),

$p_{us\ max}$ - maksimalno očekivani pritisak na ustima bušotine (bar),

Z_s - dubina zaleganja sloja sa maksimalnim slojnim pritiskom (m),

Z - konačna dubina bušotine (m),

G_{fk} - gradijent frakturiranja formacije neposredno ispod pete poslednjih ugrađenih zaštitnih cevi (kg/dm^3),

H_k - dubina ugradnje zaštitnih cevi (m),

ρ - gustina isplake za bušenje (kg/dm^3),

ρ - prosečna gustina slojnog gasnog fluida doteklog u bušotinu (kg/dm^3), vrednosti su navedene u Tabeli 1,

Y - dužina stuba gasnog fluida u koloni zaštitnih cevi (m),

X - dužina stuba isplake u bušotini (m).

Tabela 1. Prosečne vrednosti gustine gasovitih fluida dotekli u kanal bušotine u odnosu na porne pritiske

GUSTINA GASNOG FLUIDA (ρ_{fg}) (kg/dm^3)	ZA PORNI PRITISAK (bar)
0,10	100
0,20	230
0,25	300
0,30	400
0,35	750

Uslovi koje treba da ispunjava sigurnosna oprema

Razmeštaj raznih delova sigurnosne opreme na vrhu bušotine treba da obezbedi nekoliko ključnih opcija:

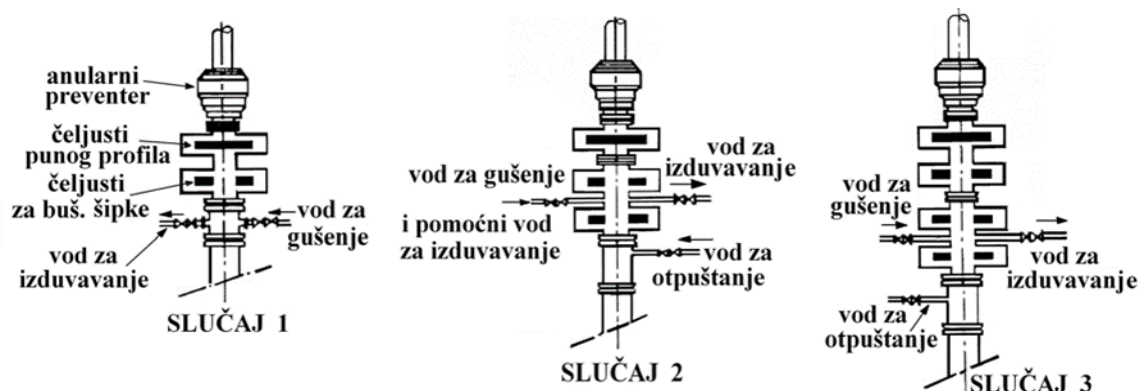
1. Zatvaranje bušotine: Treba osigurati mogućnost zatvaranja bušotine sa ili bez bušaće kolone. U slučaju očekivanog pritiska većeg od 345 bara na vrhu bušotine, treba dodatno osigurati zatvaranje oko bušaće šipke pomoću dodatnih čeljusti. Kada se koristi kombinovani alat, ove čeljusti se dupliraju samo za prečnik šipke u najvišem delu alata;

2. Veliki prečnik preventera: Preventer mora imati otvor većeg prečnika od alata koji se koristi u bušotini;

3. Kontrola fluida: Oprema mora omogućiti kontrolu i cirkulaciju dotoka fluida u bušotinu

4. Posebni uslovi: U situacijama sa neobično visokim pritiscima, preporučuje se upotreba sečnih čeljusti zajedno sa čeljustima punog profila za dodatnu sigurnost.

Sigurnosna oprema na vrhu bušotine može imati različite konfiguracije kako bi ispunila ove zahteve, a preporučuju se odgovarajući rasporedi prema prikazu na slici 18:



Slika 30. Različiti sastavi preventerskog sklopa (Izvor: Dr. Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“)

SLUČAJ 1 – U prvom scenariju, kada je radni pritisak (RP) manji ili jednak 345 bara, preporučuju se sledeće vrste preventerskih sistema gledano od vrha prema dnu bušotine:

- Anularni preventer sa gumenim prstenom i
- Dvostruki čeljusni preventer koji uključuje čeljusti punog profila i čeljusti za bušaće šipke.

SLUČAJ 2 – U drugom scenariju, kada je radni pritisak (RP) 690 bara ili na eksploatacionoj gasnoj bušotini sa RP od 207 bara, ili u slučaju kombinovanog sastava bušaćeg alata sa RP manjim ili jednakim 345 bara, preporučuju se sledeći preventerski sistemi:

- Preventer sa gumenim prstenom,
- Jednostruki preventer sa čeljustima punog profila, specifičan za sečenje i
- Dvostruki čeljusni preventer koji uključuje čeljusti za bušaće šipke

SLUČAJ 3 – U trećem scenariju, kada je radni pritisak (RP) veći ili jednak 690 bara (10.000 psi), uz upotrebu kombinovanog sastava alata, preporučuju se sledeći preventerski sistemi:

- Preventer sa gumenim prstenom,
- Dvostruki čeljusni preventer koji uključuje čeljusti punog profila i čeljusti za bušaće šipke i
- Još jedan dvostruki čeljusni preventer sa čeljustima za bušaće šipke [9]

Oznake sigurnosne opreme

Oznake komponenti preventerskog sklopa i sigurnosne opreme na bušotinskoj glavi su:

A - anularni preventer

G - rotacioni preventer

R - čeljusni preventer sa jednim čeljustima (čeljusti za bušaću šipku ili čeljusti za pun profil)

Rd - čeljusni preventer sa duplim čeljustima

S - tehnička međuprirubnica sa bočnim spoljnim linijama za prigušne i izduvne linije

K - 68.95 bara (1000 psi-a) radnog pritiska

Redosled obeležavanja komponenti preventerskog sklopa, sa navedenim oznakama, vrši se od najniže tačke bušotinske glave prema najvišem delu. Preventerski sklop potpuno se definiše sledećim oznakama:

5K 346.08 – SRR

Navedeni primer obeležavanja sigurnosne opreme na ušću bušotine definiše radni pritisak preventera od 344.75 bara (5000 psi), svetli otvor preventera u prečniku od 346.08 mm (13 $\frac{5}{8}$ ") i da u konstrukciji ima tehničku međuprirubnicu i dva jednostruka čeljusna preventera (sa čeljustima za bušaću šipku i sa čeljustima za pun profil) [13].

8. ISPITIVANJE SIGURNOSNE OPREME NA BUŠOTINI

Nakon montaže konstrukcije preventerskog sklopa, mora se sprovesti njegovo ispitivanje. Vrše se dva tipa ispitivanja preventerskog sklopa:

- Funkcionalni test;
- Ispitivanje na pritisak

Funkcionalni test

Uspešno testiranje sigurnosne opreme mora da potvrdi da sve funkcije odrađuju ispravno. Preventerski sklop se ispituje barem jednom u 7 dana ili nakon zamene vodova prema BOP-u. Anularni i čeljusni preventer ne smeju se zatvarati kada je alat izvađen iz bušotine. Ventile na sigurnosnoj opremi je potrebno u pogledu funkcionalnosti ispitati takođe barem jednom u 7 dana. „Kookey uređaj treba ispitati svake nedelje i pri tom proveriti:

- Neophodno vreme za zatvaranje preventera i ventila sa daljinskim upravljanjem;

- Neophodno vreme za punjenje akumulatorke jedinice;
- Zapreminu istisnutog fluida.

Na početku izrade svake bušotine, ako ne i češće, treba ispitati pritisak u bocama s azotom. Pritisak ne sme biti manji od 10% od nominalnog pritiska.

Ispitivanje na pritisak

Ispitivanje na pritisak se izvodi pre isteka 21. dana od prvog testiranja BOP opreme nakon montaže ili ako je došlo do popravke ili zamene dela BOP opreme koji je izložen pod pritiskom. Procedura ispitivanja na pritisak je da se prvo vrši ispitivanje na niži pritisak (15-21 bar), a potom na viši pritisak i to:

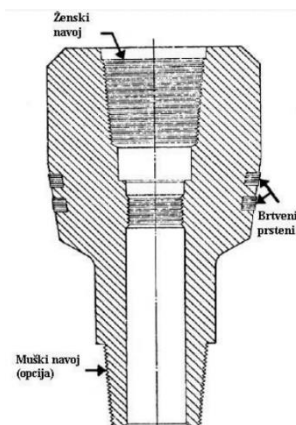
- Inicijalno ispitivanje – Predstavlja ispitivanje sigurnosne opreme na nazivni radni pritisak iste, dok se prstenasti preventer ispituje na 70% od njegovog nazivnog radnog pritiska ili BOP-a zavisno koji je manji
- Redovno ispitivanje – Sprovodi se na maksimalno očekivani pritisak na površini bušotine osim anularnog preventera koji se ispituje na 70% njegovog nazivnog radnog pritiska ili na maksimalno očekivani pritisak, zavisno od toga koji je od njih manji [13].

Da bi se preventerski sklop ispitao na radni pritisak, on se mora odvojiti od niza zaštitnih cevi koje ne mogu izdržati ostvareni pritisak ispitivanja. Da bi se izvelo željeno izolovanje elemenata ugrađuju se određeni tipovi čepova. Najčešće se upotrebljavaju:

- Test plug,
- Cup tester.

Test plug

Test plug se spušta u odgovarajuće sedište unutar bušotinske glave sa bušačom šipkom, u kojoj se nalazi čep koji je navijen u ženskom navoju test plug-a, radi ispitivanja čeljusti preventera za bušaču šipku i radi ispitivanja anularnog preventera. Kada se šipka ukloni, čep ostaje u test plug-u radi ispitivanja čeljusti za zatvaranje punog profila bušotine [11].

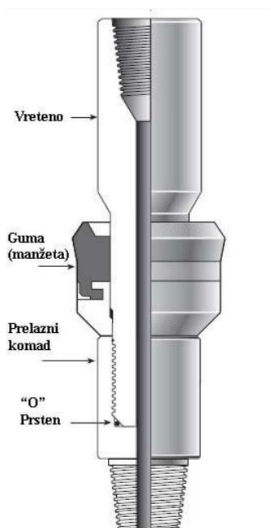


Slika 31. Test plug (Dr. Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“)

Cup tester

Za ispitivanje područja ušća bušotine od donjeg dela kolone zaštitnih cevi do zaptivnih guma anularnog preventera. Spušta se u bušotinu preko bušaćih šipki tako da zaptivna guma cup tester uđe unutar zaštitnih cevi, pri čemu zaptivni element izoluje donji deo zaštitnih cevi od gornjeg dela, i prima na sebe pritisak ispitivanja, pri čemu se bušaće šipke opterećuju na istezanje i spoljni pritisak.

Kada se preventerski sklop ispituje uz upotrebu *Cup tester-a*, vreme ispitivanja je 15 minuta. Dozvoljeni pad pritiska od 10% ne podrazumeva propuštnje opreme, zaptivki ili zaštitnih cevi, već toleranciju zbog eventualnog zaostalog vazduha u sistemu ili neujednačene konzistencije isplake [11].



Slika 32. Cup tester (Izvor: Dr. Renato Bizjak „Tehnologija bušenja sa projektovanjem“)

9. ODABIR SIGURNOSNE OPREME NA BUŠOTINI TT-01/H

Lokacija bušotine TT-01/H nalazi se oko 580 m severoistočno od najbliže izbušene bušotine TT-01. Koordinate bušotine su:

$$\begin{aligned} Y &= 5\,076\,577,00 \\ X &= 7\,455\,504,00 \\ Z &= 79,20 \end{aligned}$$

OČEKIVANI SLOJNI PRITISCI

Na osnovu PDGI istraznog prostora “TT”, kao i na osnovu podataka dobijenih bušenjem konturno-istražne bušotine TT-04 i istražnih bušotina TT-02, TT-03 i TT-05, na istražnoj bušotini TT-01/H može se očekivati sledeći razvoj slojnih pritisaka:

- Od 0m do 1425m slojni pritisci u nivou hidrostatskih i
- Od 1425m do 1931m slojni pritisci 20% iznad hidrostatskih.

Ulazni podaci bušotine:

- Konačna dubina bušotine: 1931m
- Gustina dotoka fluida (površinska kolona): $0,23 \frac{kg}{dm^3}$

POVRŠINSKA KOLONA

- Dubina ugradnje kolone: 1133m
- Gradijent frakturiranja na dubini kolone: $1,75 \frac{kg}{dm^3}$
- Gustina isplake: $1,16 \frac{kg}{dm^3}$

EKSPLOATACIONA KOLONA

- Dubina ugradnje kolone: 1884m
- Gradijent frakturiranja na dubini kolone: $1,8 \frac{kg}{dm^3}$
- Gustina isplake: $1,16 \frac{kg}{dm^3}$

„LINER“ KOLONA

- Dubina ugradnje kolone: 1931m
- Gradijent frakturiranja na dubini kolone: $1,802 \frac{kg}{dm^3}$
- Gustina isplake: $1,16 \frac{kg}{dm^3}$

Odabir sigurnosne opreme za III fazu bušenja

Za treću fazu bušenja podaci su sledeći:

Dubina zaleganja sloja sa maksimalnim slojnim pritiskom: $Z_s=1890\text{m}$

Konačna dubina bušotine: $Z=1931\text{m}$

Dubina ugradnje poslednje kolone: $H_k=1884\text{m}$

Maksimalni slojni, porni pritisak na dubini 1884m: $p_{sl}=190\text{bar}$

Prosečna gustina gasnog slojnig fluida: $\rho_{fg}=0,10\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

Gradijent frakturiranja formacije na peti kolone: $G_{fk}=1,80\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

Gustina isplake za nastavak bušenja: $\rho_{is}=1,16\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

Pomoću ovih informacija možemo koristiti formule (1) i (2) za izračunavanje maksimalnog pritiska koji se očekuje kada je bušotina potpuno ispunjena gasom:

$$P_{us\ max} = 190 - 0,0981 * 1890 * 0,10 = 172\text{bar}$$

$$P_{us\ max} = 0,0981 * 1884 * (1,80 - 0,10) = 315\text{bar}$$

Radni pritisak sigurnosne opreme na ustima bušotine (bušotinska glava, ventili i prirubnice) moraju biti većeg radnog pritiska od 172 i 315 bara, a to je sigurnosna oprema 5K(345 bar).

U situaciji kada je bušotina ispunjena gasom do 80%, maksimalni pritisak se izračunava koristeći formulu (3). Da bi se izračunao maksimalni pritisak prvo moramo izračunati dužinu stuba isplake u bušotini prema formuli (4):

$$X = 1931 * 0,20 = 386,2\text{m}$$

Zatim dužinu stuba gasnog fluida u koloni zaštitnih cevi prema formuli (5):

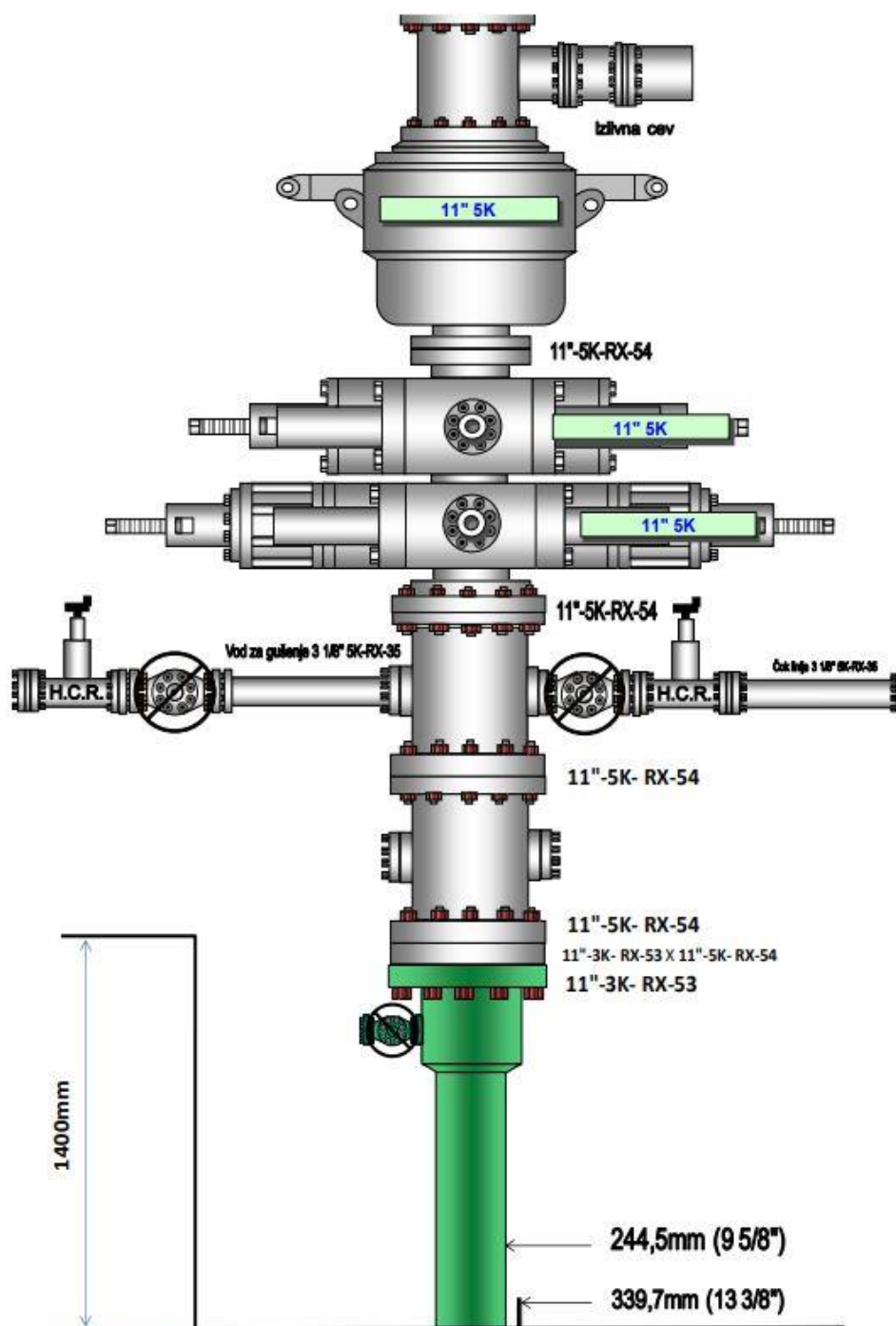
$$Y = 1884 - 386,2 = 1497,8\text{m}$$

Da bi se na kraju izračunao maksimalni očekivani pritisak:

$$P_{us\ max} = 0,0981 * [1,80 * 1884 - (386,2 * 1,16 + 1497,8 * 0,10)] = 274\text{bar}$$

Sigurnosna oprema na vrhu bušotine, kao što su bušotinska glava, ventili i API prirubnice, mora imati radni pritisak veći od 274 bara. Što opet znači da i u ovoj situaciji, treba da se koristi sigurnosna oprema sa klasifikacijom 5K (345 bar).

Tehnički crtež sigurnosne opreme za III fazu bušenja prikazan je na slici 33.



Slika 33. Šematski prikaz ušća bušotine sa montiranom sigurnosnom opremom za III fazu (Izvor: D. Radaković „Uprošćeni rudarski projekat za izradu bušotine Kv-106/H“)

Odabir sigurnosne opreme za IV fazu bušenja

Dubina zaleganja sloja sa maksimalnim slojnim pritiskom: $Z_s=1931m$

Konačna dubina bušotine: $Z=1931m$

Maksimalni slojni, porni pritisak na dubini 1931m: $p_{sl}=197bar$

Dubina ugradnje poslednje kolone: $H_k=1931m$

Prosečna gustina gasnog slojnig fluida: $\rho_{fg}=0,20\frac{kg}{dm^3}$

Gradijent frakturiranja formacije na peti kolone: $G_{fk}=1,802\frac{kg}{dm^3}$

Gustina isplake za nastavak bušenja: $\rho_{is}=1,16\frac{kg}{dm^3}$

Pomoću ovih informacija možemo koristiti formule (1) i (2) za izračunavanje maksimalnog pritiska koji se očekuje kada je bušotina potpuno ispunjena gasom:

$$P_{us\ max} = 197 - 0,0981 * 1931 * 0,20 = 160bar$$

$$P_{us\ max} = 0,0981 * 1931 * (1,802 - 0,20) = 304bar$$

Radni pritisak sigurnosne opreme na ustima bušotine (bušotinska glava, ventili i prirubnice) moraju biti većeg radnog pritiska od 160 bara 304 bara, iz tog razloga primenjujemo sigurnosno opremu prema konfiguracijama 5K(345 bar).

U situaciji kada je bušotina ispunjena gasom do 80%, maksimalni pritisak se izračunava koristeći formulu (3). Da bi se izračunao maksimalni pritisak prvo moramo izračunati dužinu stuba isplake u bušotini prema formuli (4):

$$X = 1931 * 0,20 = 386,2m$$

Zatim dužinu stuba gasnog fluida u koloni zaštitnih cevi prema formuli (5):

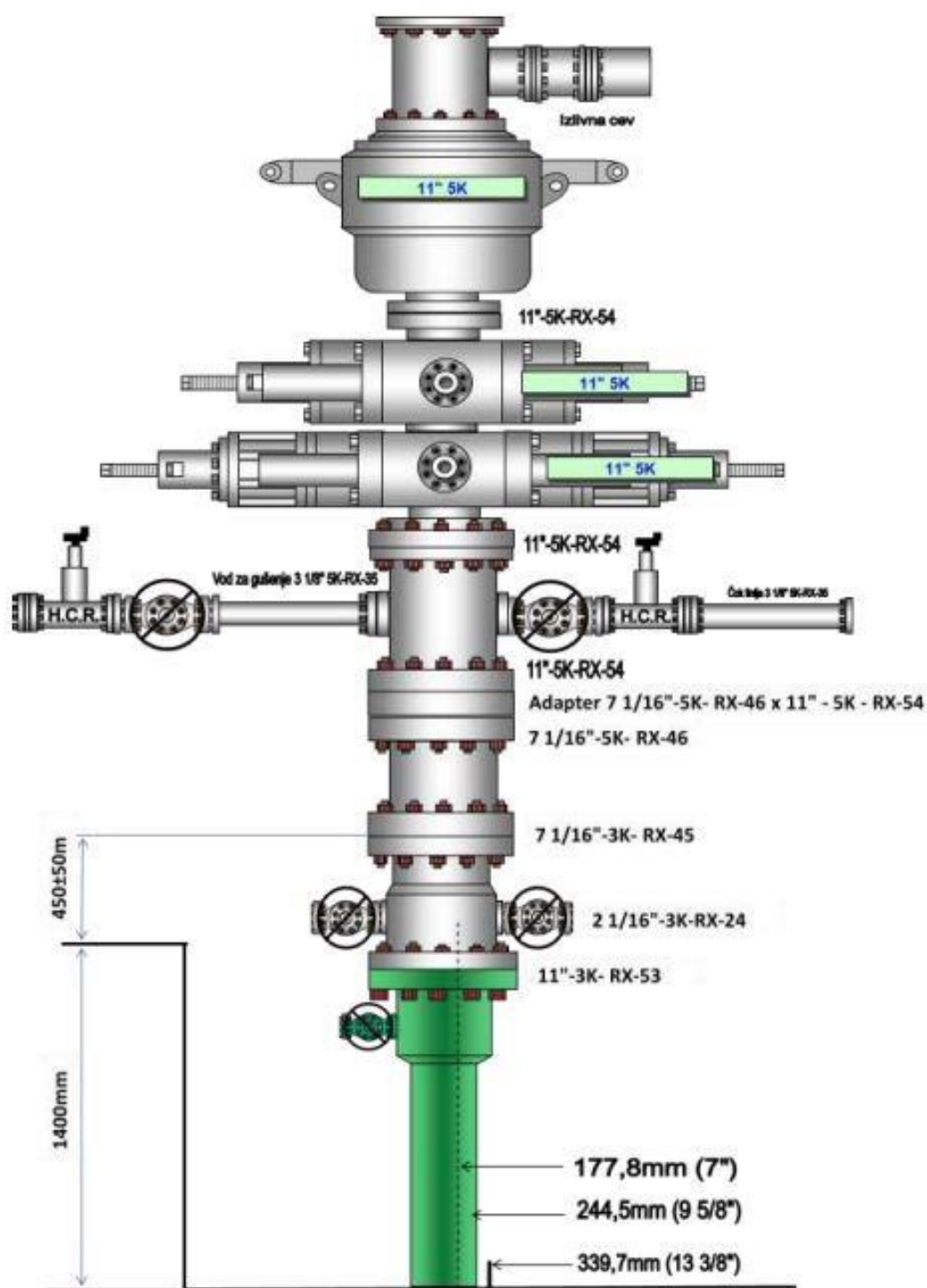
$$Y = 1931 - 386,2 = 1544,8m$$

Da bi se na kraju izračunao maksimalni očekivani pritisak:

$$P_{us\ max} = 0,0981 * [1,802 * 1931 - (386,2 * 1,16 + 1544,8 * 0,20)] = 279bar$$

Sigurnosna oprema na vrhu bušotine, kao što su bušotinska glava, ventili i API prirubnice, mora imati radni pritisak veći od 279 bara. Što opet znači da i u ovoj situaciji, treba da se koristi oprema sa klasifikacijom 5K (345 bar).

Tehnički crtež sigurnosne opreme za IV fazu bušenja prikazan je na slici 34.



Slika 34. Šematski prikaz ušća bušotine sa montiranom sigurnosnom opremom za IV fazu (Izvor: D. Radaković „Uprošćeni rudarski projekat za izradu bušotine Kv-106/H“)

Radni pritisak sigurnosne opreme na ustima bušotine (bušotinska glava, ventili i prirubnice) moraju biti većeg radnog pritiska od 200 bar, a to je sigurnosna oprema 5K(345 bar).

Naziv zaštitne kolone	Naziv opreme ušća bušotine	Pritisak ispitivanja hermetičnosti sigurnosne opreme nakon montaže, bar	Oznaka	Standard	Količina, kom.	Dozvoljeni radni pritisak, bar
1	2	3	4	5	6	7
Površinska	Uvodna prirubnica	105	9 5/8" x 11" 3M RX-53	API	1	207
	Adapter brezonski	105	11" 3M RX-53 x 11" 5M RX-54	API	1	207
	BOP oprema	105	Bušaća prirubnica 11"-5M RX-54	API	2	345
		105	Čeljusni preventer 11"-5M RX-54	API	2	345
		105	Sferični preventer 11"-5M RX-54	API	1	345
		105	Kruti vod za gušenje 2" 5M	API	1	345
		105	manuelni ventili 3 1/8" -5M RX-35	API	2	345
		105	HCR ventil 3 1/8" -5M RX-35	API	2	345
Eksploataciona		105	Vod za izdizavanje 3" 5M	API	1	345
	Uvodna prirubnica	150	9 5/8" x 11" 3M RX-53	API	1	207
	Casing prirubnica	150	11" 3M RX-53 x 7 1/6" 3M RX-45	API	1	207
	Adapter prirubnički	150	7 1/16" 3M RX-45 x 7 1/16" 5M RX-46	API	1	207
	Adapter brezonski	150	7 1/16" 5M RX-46 x 11" 5M RX-54	API	1	345
	BOP oprema	150	Bušaća prirubnica 11"-5M RX-54	API	1	345
		150	Čeljusni preventer 11"-5M RX-54	API	2	345
		150	Sferični preventer 11"-5M RX-54	API	1	345
		150	Kruti vod za gušenje 2" 5M	API	2	345
		150	manuelni ventili 3 1/8" -5M RX-35	API	2	345
		150	HCR ventil 3 1/8" -5M RX-35	API	2	345
Eksploataciona Lajner kolona		150	Vod za izdizavanje 3" 5M	API	1	345
	Uvodna prirubnica	150	9 5/8" x 11" 3M RX-53	API	1	207
	Casing prirubnica EU	150	11" 3M RX-53 x 7 1/6" 3M RX-45	API	1	207
			7 1/16" x 3M RX-45	API	1	207

Slika 35. Tabelarni prikaz ušća bušotine sa montiranom sigurnosnom opremom za obe faze (Izvor: D. Radaković „Uprošćeni rudarski projekat za izradu bušotine Kv-106/H“)

9.1 Montaža sigurnosne opreme na ušću bušotine TT-01/H

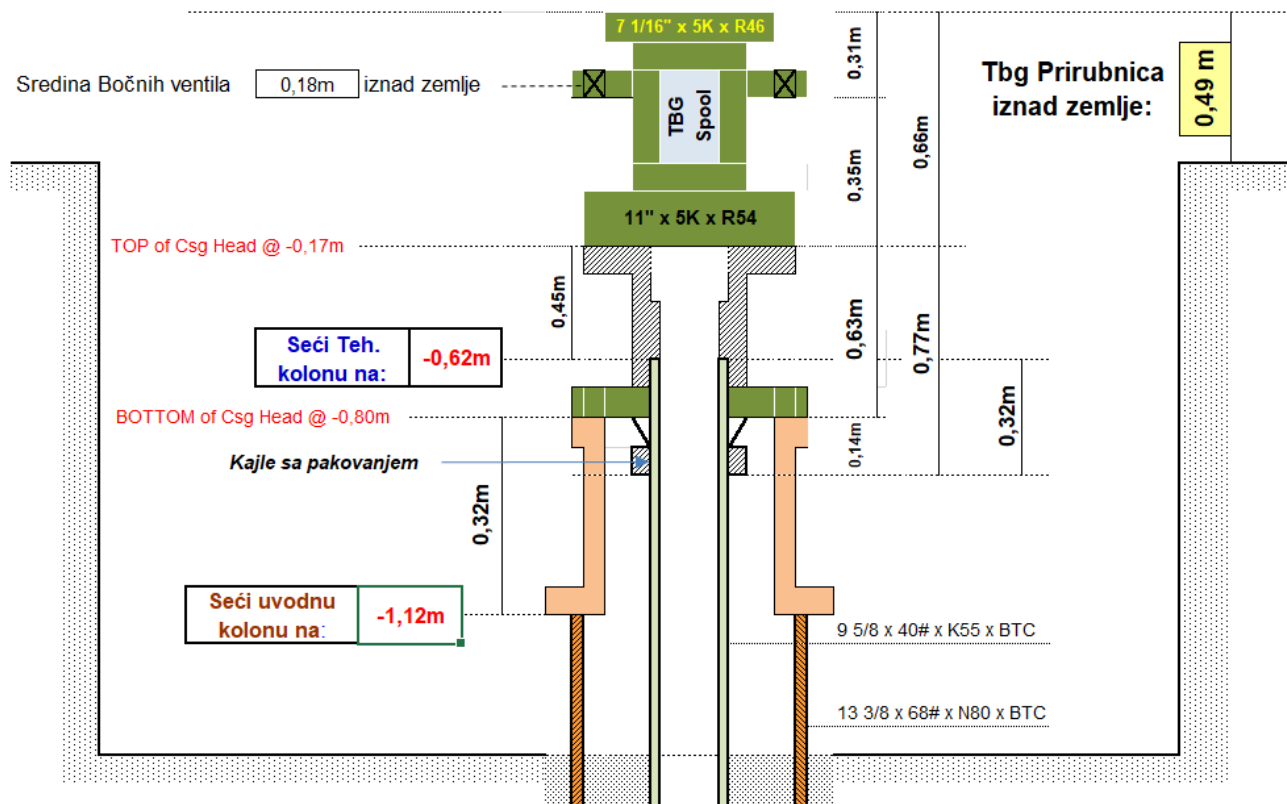
Nakon završetka bušenja II faze, u bušotinu spuštamo površinsku kolonu na dubini od 1133m. U toku pripreme bušotine za ugradnju kolone neophodno je:

- Izvršiti kontrolu kompletne opreme i materijala (peta, kolčak, centralizeri, lepilo za navoje) za opremanje kolone u cilju ispravnosti i potvrde da je kompletna i odgovarajuća oprema izvezena na radilište.
- Kompletirati žurnal za ugradnju zaštitnih cevi.
- Izvršiti kontrolu kompletne opreme neophodne za ugradnju kolone u cilju potvrde da je kompletna i odgovarajuća oprema izvezena na radilište.

Tokom spuštanja kolone izvršiti cirkulaciju na 400m i 800m sa kapacitetom od 2400 l/min. Nastaviti spuštanje do konačne dubine 1133m MD. Kada je kolona spuštena istu je neophodno cementirati po programu službe za cementaciju.

Nakon isteka vremena stvrdnjavanja cementa na ušće bušotine montiraće se „sliplock“ uvodna prirubnica po sledećoj proceduri:

- Izvršiti demontažu izlivne cevi (ablaufa) kako bi se izvršilo sečenje uvedne kolone 13 3/8“;
- Odseći uvednu kolonu 1120 mm od dna kele, nakon sečenja obraditi ivice kolone kako ne bi došlo do oštećenja postolja (Base plate);
- Nakon sečenja uvedne kolone izvršiti sečenje površinske kolone u visini 500 mm od mesta sečenja uvedne kolone i obraditi ivice kolone kako ne bi došlo do oštećenja pakovanja;
- Izvršiti spuštanje postolja (Base plate) na uvednu kolonu, obratiti pažnju prilikom spuštanja da ne dođe do oštećenja uvedne i površinske kolone.
- Nakon spuštanja postolja uvednu prirubnicu montirati na postolje, pre spuštanja uvedne prirubnice potrebno je podmazati vrh površinske kolone uljem HV-32 kako ne bi došlo do oštećenja pakovanja i kako bi se prirubnica lakše spustila do postolja;
- Kada uvedna prirubnica nasadne na postolje potrebno je dotegnuti „inbus“ ključem pakovanje uvedne prirubnice.
- Nakon montaže uvedne prirubnice pristupa se uklinjenju površinske kolone u klinove za prihvatanje kolone, tako što se eksploataciona kolona nategne do određene granice. Površinska kolona se za nateg pripremi tako što se rak ubaci i uklini na kolonu i na taj način se ostvari mogućnost za nateg kolone.
- Sila natega ne sme da prelazi maksimalno dozvoljenu silu od jedne težine eksploatacione kolone po metru, plus još 1/3 težine, necementiranog dela eksploatacione kolone, čime se sprečava stvaranje udubljenja na koloni ili pucanje kolone. U ovom slučaju potreban nateg površinske kolone je 5t.
- Kada je izvršen nateg i klinovi usednu u kolonu neophodno je izvršiti dotezanje klinova za prihvatanje kolone. Klinove drže 12 vijaka sa maticom.
- Nakon montaže uvedne prirubnice na „BOP cart“ sistem montirati: Adapter 11“ 5K x 11“ 5K, Međuprirubnicu 11“ 5K x 11“ 5K, Dupli čeljusni preventer 11“ 5K i anularni preventer;
- Navedenu opremu uz pomoć „BOP carta“ montirati na uvednu prirubnicu i dotegnuti spoj između adaptera i uvedne prirubnice
- Na slici 36 prikazan je šematski prikaz montaže uvedne prirubnice



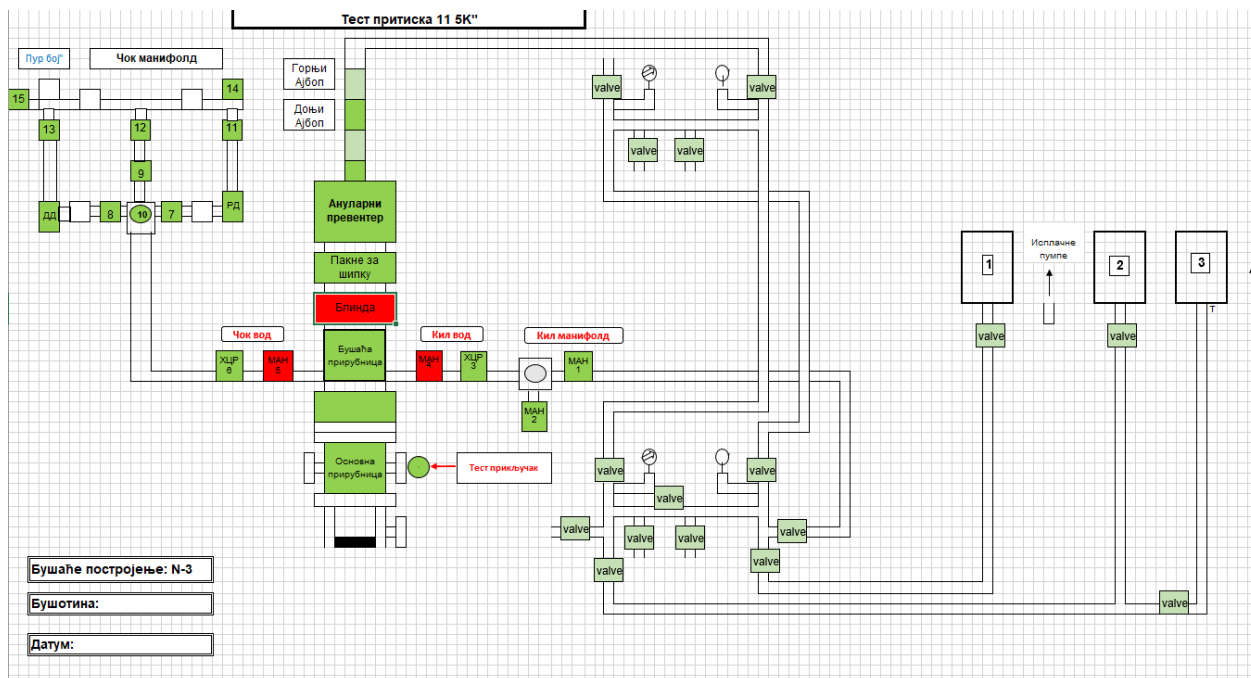
Slika 36. Šematski prikaz montaže uvodne prirubnice (Izvor: privatno)

9.2 Testiranje sigurnosne opreme na ušću bušotine TT-01/H

Testiranje BOP opreme će se vršiti u 5 faza. Fluid za ispitivanje biće voda. Pritisci ispitivanja prema URP biće 20 bar niski pritisak i 105 bar visoki pritisak. Oprema kojom se testira bušotina je cementacioni agregat.

Prvo testiranje BOP opreme:

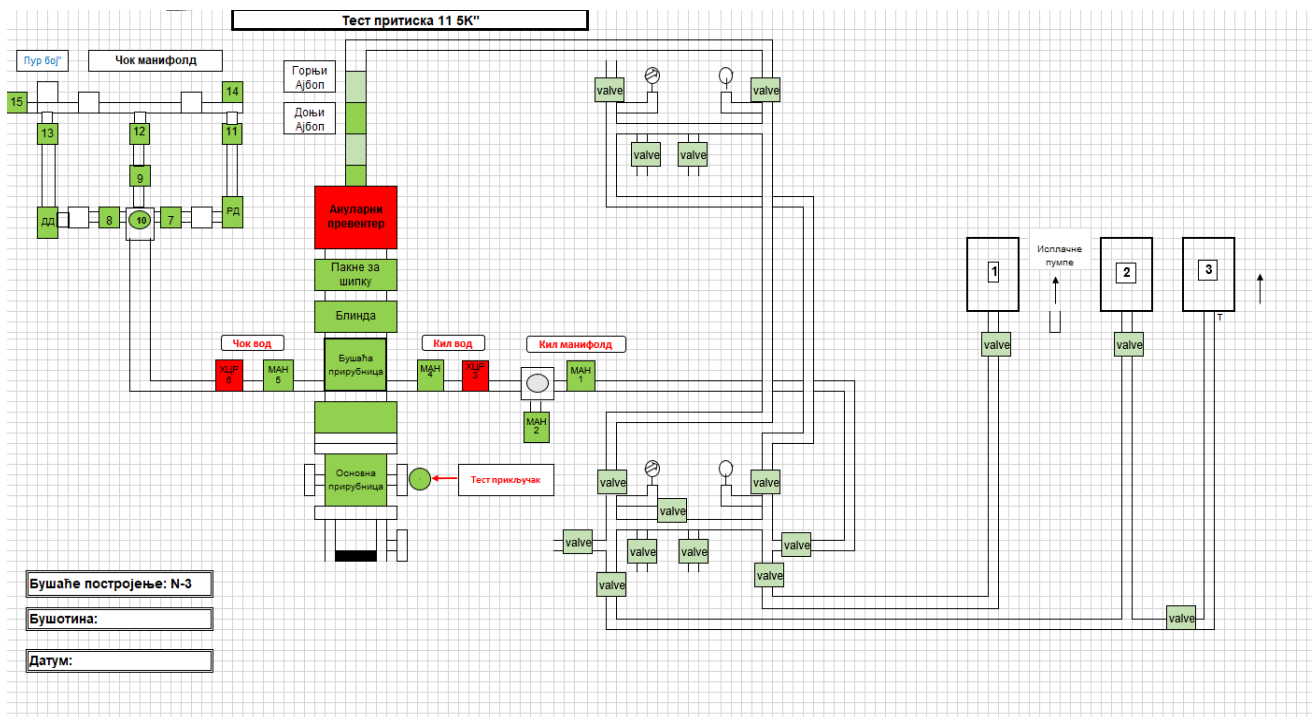
- Nakon isteka vremena stvrdnjavanja cementa na ušće bušotine montirati sigurnosnu opremu (preventerski sklop) prema instrukcijama iz poglavlja 9.1,
- Proveriti spojeve na BOP opremi i vodovima za Kil i Čok vod, konekciju akumulatorske baterije sa BOP opremom, položaje ventila na Kil vodu, Čok vodu i Čok manifoldu,
- Spojiti cementacioni agregat za ispitivanje, sa osnovnom (uvodnom) prirubnicom preko flanže ventila na samoj prirubnici,
- Dopuniti prostor ispitivanja vodom i zatvoriti čeljusti punig profila,
- Zatvoriti manuelne ventile na kill i choke liniji,
- Započeti ispitivanje pod niskim pritiskom 20 bar u trajanju 3 minuta i visokim pritiskom od 105 bar za vreme trajanja od 30 min, čime smo testirali blinde, kolonu do pete, spojeve prirubnica i 2 manuelna ventila na kill i choke liniji,
- Dozvoljeni pad pritiska može iznositi najviše 10% bez tendencije daljeg pada. Procedura prvog ispitivanja prikazana je na slici 37.



Слика 37. Прво testiranje BOP opreme на ушћу бушотине (Извор: приватно)

Друго тестирање BOP опреме:

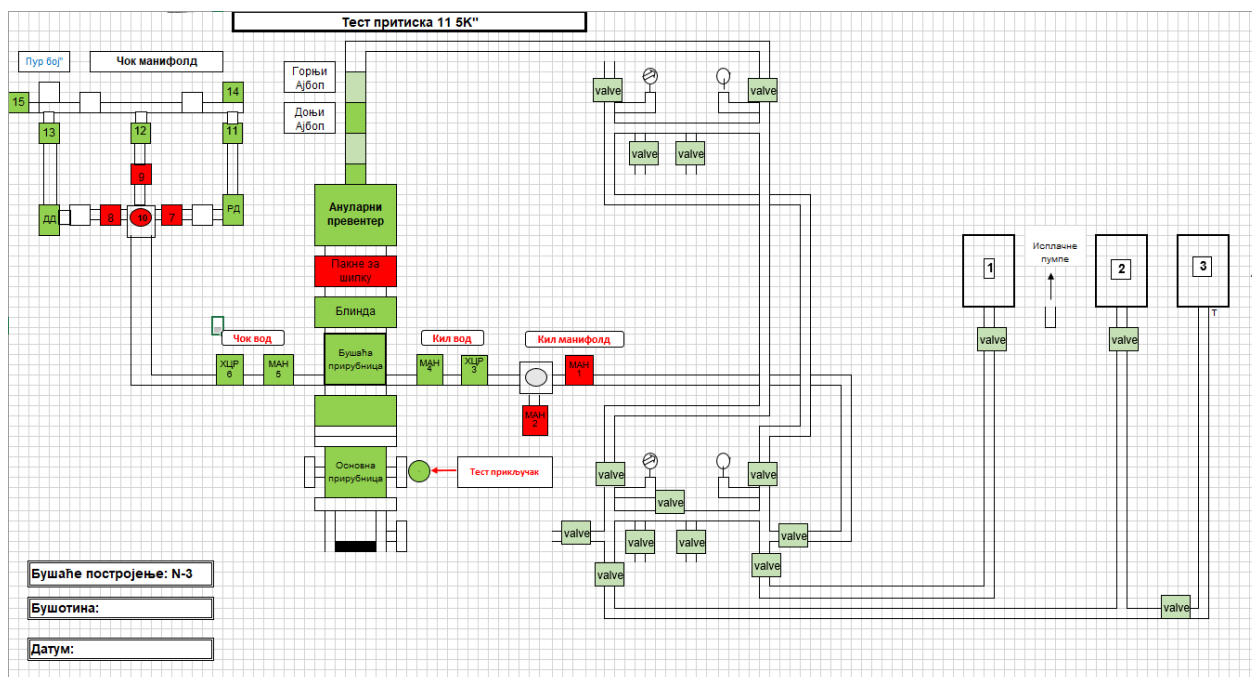
- Испустити притиске на 0 bar, отворити блинде, навртнути на бушаћу шипку „Cup tester“ и спустити у колону;
- Отворити manualne ventile на kill i choke линији и затворити HCR ventile на kill i choke линији;
- Затворити anularni preventer, i dopunitи простор испитивања водом;
- Запоčetи испитивање под niskим притиском 20 bar u трајању 3 минута i visokим притиском од 105 bar за време трајања од 30 min, čime smo testirali anularni preventer, i 2 HCR ventila на kill i choke линији;
- Dozvoljeni пад притиска може износити највише 10% без тенденције даљег пада. Procedura другог испитивања приказана је на слици 38



Слика 38. Друго тестирање BOP опреме на ушћу бушотине (Извор: приватно)

Треће тестирање BOP опреме:

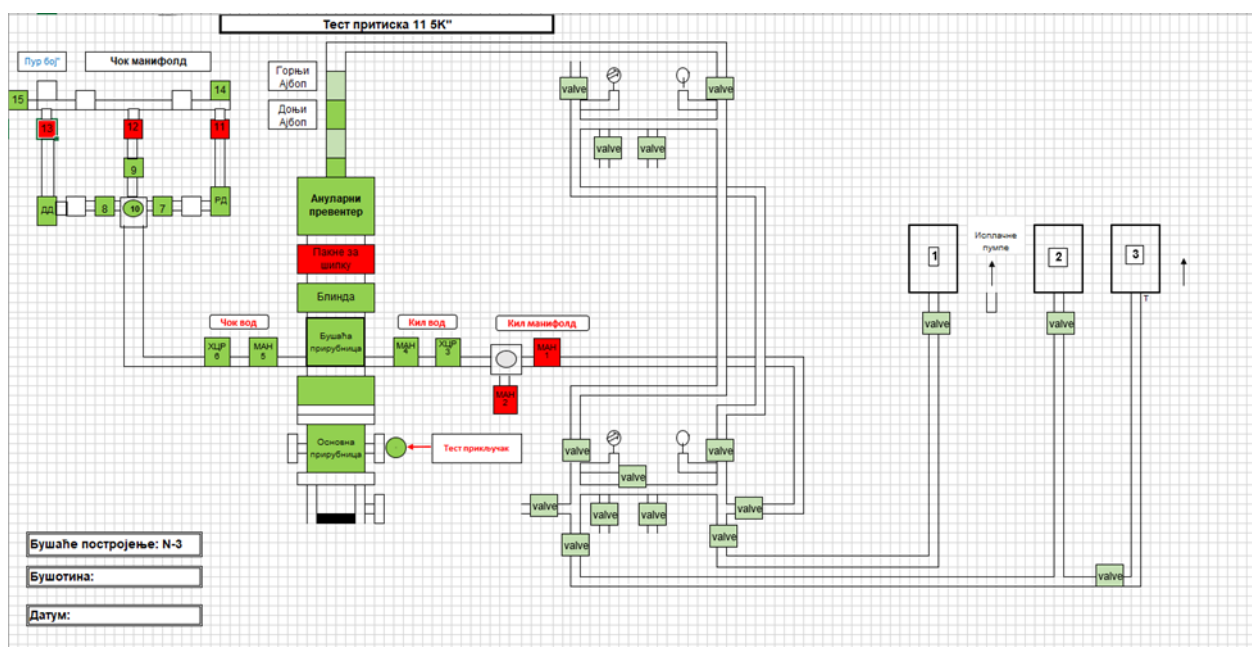
- Испустити притиске на 0 bar, отворити HCR ventile на kill i choke линији
- Затворити ventile на kill manifoldu i прва три на choke manifoldu;
- Dopunitи простор испитивања vodo, започети испитивање под niskим притиском 20 bar u трајању 3 минута i visokим притиском од 105 bar за време трајања од 30 min, čime smo testirali kill manifold, i 3 ventila на choke manifoldu;
- Dozvoljeni пад притиска може износити највише 10% без тенденције даљег пада. Procedura трећег испитивања приказана је на слици 39



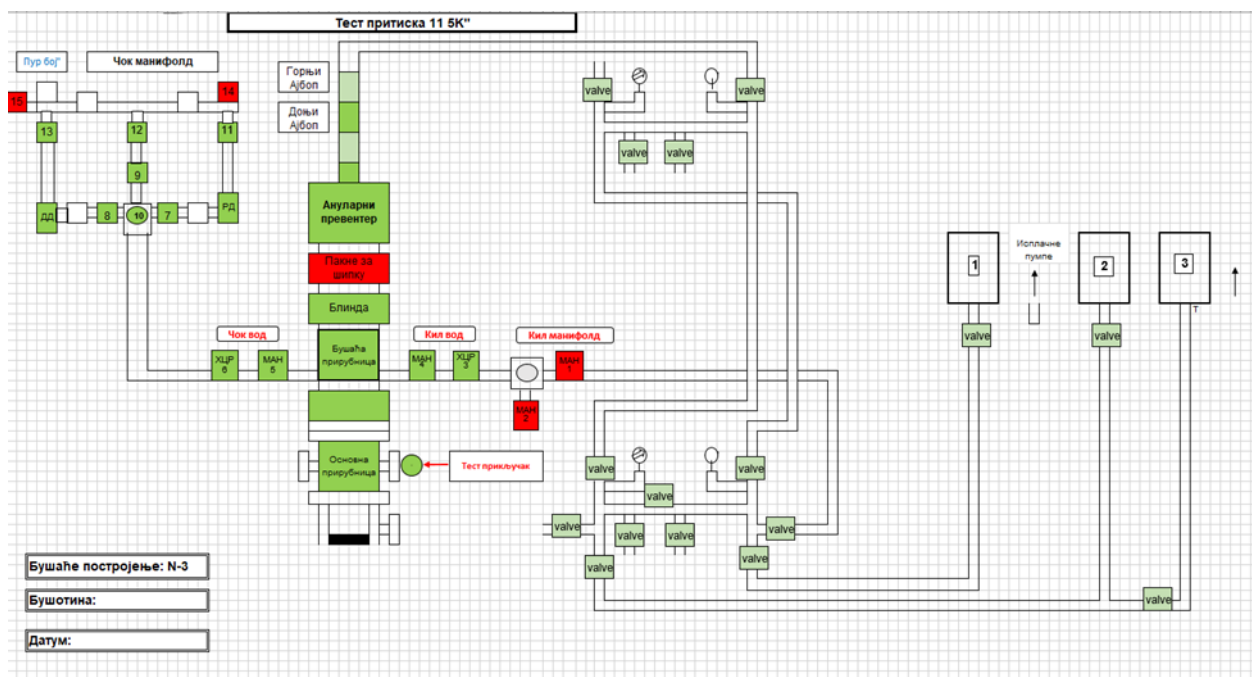
Слика 39. Треће тестирање BOP опреме на ушћу бушотине (Извор: приватно)

Четврто и пето тестирање BOP опреме:

- Повторити исту процедуру као и за треће тестирање, док се не испитају сви вентили на чоке манифолду.
- Процедура је приказана на сликама 40 и 41.



Слика 40. Четврто тестирање BOP опреме на ушћу бушотине (Извор: приватно)



Slika 41. Peto testiranje BOP opreme na ušću bušotine (Izvor: privatno)

Nakon završetka ispitivanja potrebno je ispustiti pritiske, izvaditi „Cup tester iz bušotine. Sačiniti izveštaj o ispitivanju i sigurnosne opreme sa dijagramom ispitivanja.

Kada su potpisani izveštaju izvršiti bušenje cementnog čepa u zaštitnim cevima 9 5/8“ potrebno je izbušiti do 1005m TVD gde se očekuju propusne formacije i uraditi test integriteta formacije (FIT). Nakon čega se može nastaviti bušenje IV faze.

10. KONSTRUKCIJA AKUMULATORSKE JEDINICE ZA UPRAVLJANJE PREVENTERSKIM SKLOPOM

Najmanji zahtev prema API standardu za količinu radnog fluida akumulatorskih boca je da je moguće zatvoriti anularni preventer, jedan par čeljusti oko šipke, i da se zatvore HCR (hidraulični) ventili na čok i kill liniji. Smatra se da je ova API preporuka nedovoljna i da bi količina radnog fluida trebala da zatvori sve komponente u preventerskom sklopu, bez dodatnog punjenja akumulatorskih boca. Ta količina radnog fluida množi se sa sigurnosnim faktorom, koji se najčešće uzima sa vrednošću 1, 2 ili 5. Da bi se odredila potrebna ukupna zapremina akumulatorskog sistema, konačni radni pritisak hidrauličnog fluida u akumulatorskoj boci treba da bude minimalno 103 bara tj. 1500 psi. To je minimalni pritisak hidrauličkog fluida, koji koji drži čeljusti preventera zatvorenim [2,3].

U sledećem primeru biće prikazan proračun određivanja ukupne zapremine akumulatorskih boca za jedan preventerski sklop, koji se koristi na predmetnoj bušotini. Uzimajući u obzir da se koristi preventerski sklop radnog pritiska od 5000 psi sa svetlim otvorom 346,08 mm, odredićemo minimalne zahteve za ukupnu zapreminu akumulatorskih boca.

Tabela 2. Prikaz preventerskog sklopa sa tipovima preventera i količinama fluida za otvaranje i zatvaranje

Preventerski sklop			
Element	Tip preventera	Količina fluida za otvaranje i zatvaranje (l)	
Anularni	Hydrill GK	53,60	68,06
Čeljusti za šipke	Cameron U	20,52	20,97
Čeljusti za pun profil	Cameron U	24,08	25,67
	Ukupna zapremina:	98,20	114,70

Ukupna potrebna zapremina hidrauličkog fluida za zatvaranje svih elemenata preventerskog sklopa iznosi 114,70 l. Ako odaberemo faktor sigurnosti 2 ova zapremina će biti 229,40 l.

Po bojlovom zakonu $p_1V_1 = p_2V_2 = p_3V_3$

$$V_r = p_3V_3 / p_2 - p_3V_3 / p_1$$

$$V_r = V_3 (p_3 / p_2 - p_3 / p_1)$$

$$V_3 = V_r / p_3 / p_2 - p_3 / p_1$$

Gde je:

V_1 – Zapremina gumene dijafragme sa azotom kad se napuni boca;

V_2 – Zapremina gumene dijafragme sa azotom kad izađe određena količina radnog fluida;

V_3 – Ukupna zapremina akumulatorske boce;

p_1 – Pritisak punjenja akumulatorske boce hidrauličnim fluidom (206 bar);

p_2 – Pritisak posle izlaska radne zapremine fluida (ovaj pritisak treba da iznosi 82,74 bara)

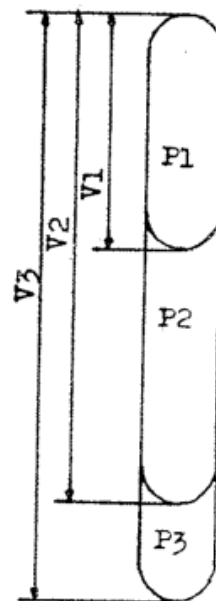
p_3 – Pritisak azota u dijafragmi, koja u ovom slučaju zauzima celu zapreminu akumulatorske boce (za većinu akumulatorskih boca ovaj pritisak iznosi 68,95 bar)

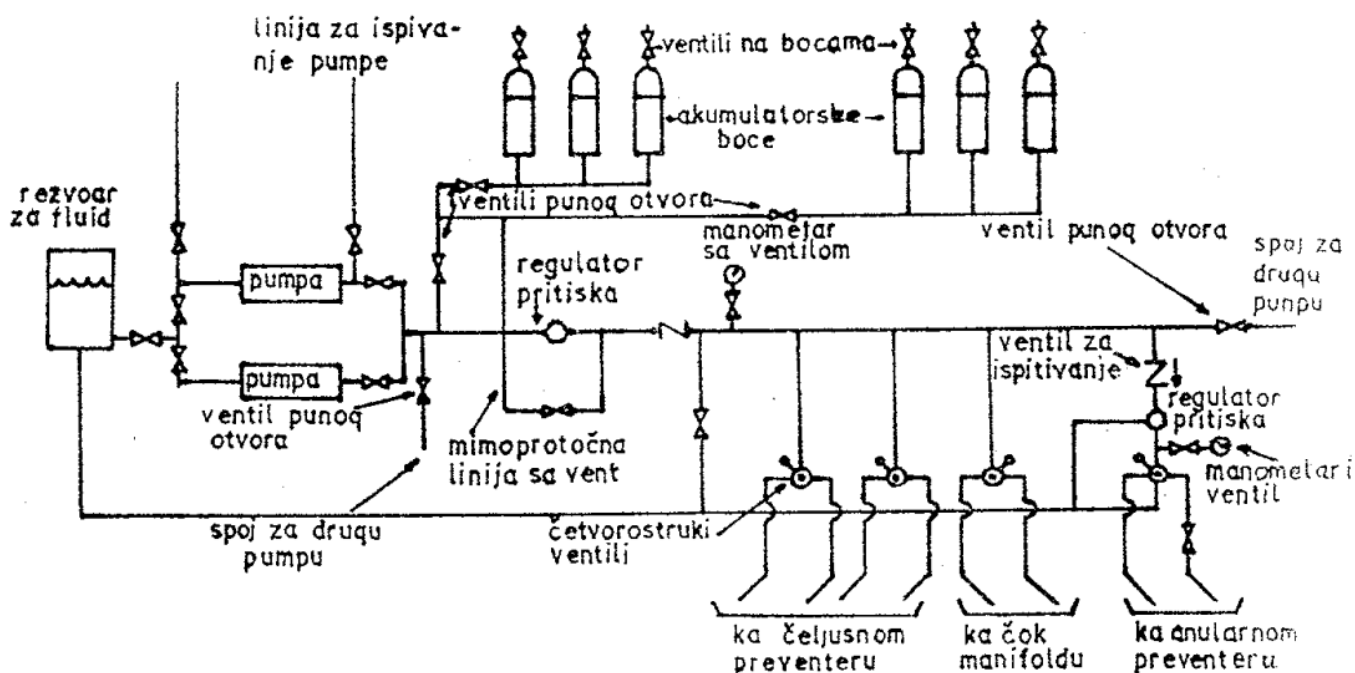
$$V_3 = 229,4 / 68,95 / 82,74 - 68,95 / 206,85 = 229,4 / 0,5 = 458,40$$

$$V_3 = 458,40 \text{ l}$$

Obzirom da akumulatorske boce koje koristimo na ovoj bušotini imaju zapreminu od 41,63l. U ovom slučaju trebamo uzeti 12 akumulatorskih boca spojenih u jednu bateriju.

Na slici br. 42 dat je šematski prikaz jedinice za upravljanje preventerskim sklopom za bušotinu TT-01/H.





Slika 42. Šematski prikaz jedinice za upravljanje preventerskim sklopom (Izvor: Sretomir Đorđević „Analiza opreme ušća bušotine (BOP) na bušačim postrojenjima NIS-Naftagas)

11. ZAHTEVI API STANDARDA ZA KONSTRUKTIVNE KARAKTERISTIKE POJEDINIH ELEMENATA JEDINICE ZA UPRAVLJANJE PREVENTERSKI SKLOPOM

Zahtevi za pumpe visokog pritiska

Pumpe treba da su sposobne da u roku od dva minuta, bez uticaja akumulatorskih boca, zatvore anularni preventer, jedan par čeljusti za bušaće šipke, da otvore hidraulični ventil na čok liniji i da proizvedu 82,74 bar pritisak na razvodno-upravljачkom sistemu. Na osnovu ovog zahteva API standarda potrebno je izabrati odgovarajuće pumpe visokog pritiska za dati preventerski sklop.

Pumpe se moraju automatski uključivati, kada pritisak na razvodno-upravljачkom sistemu opadne na 90% radnog pritiska akumulatora.

Dva ili tri nezavisna izvora snage treba da budu instalirani za pogon pumpi jedinice za upravljanje. Preporučuje se da dupli izvor snage bude u vidu jednog električnog i jednog vazdušnog izvora snage, ali mogu se koristiti i druge kombinacije:

- Dupli vazdušno-električni sistem, može se sastojati od vazdušnog sistema na bušotini (načinjenog od najmanje jednog kompresora, koji se nezavisno pokreće od sistema na bušotini) i električnog izvora snage, na bušotini.
- Dupli električni sistem, može se sastojati od normalnog generatora na bušotini i jednog nezavisnog od sistema na bušotini.

Zahtevi za ventile, spojeve, fitinge i razvodne linije jedinice za zatvaranje

Svi ventili, spojevi, fitinzi, razvodne linije i linije za zatvaranje preventerskog sklopa, treba da budu sposobne da izdrže pritisak jedinice za zatvaranje.

Svaki upravljački sistem – manifold, na jedinici za upravljanje, treba da ima ventile punog otovora na koje se lako mogu priključiti posebne radne pumpe visokog pritiska.

Svaka jedinica za upravljanje treba da ima regulacioni ventil pritiska, koji omogućuje ručnu kontrolu pritiska zatvaranja, anularnog preventera.

Svaka jedinica za upravljanje treba da ima regulacioni ventil kojim se kontroliše pritisak zatvaranja čeljusnog preventera i treba da ima „by-pass“ liniju i ventil koji omogućava da se celokupni akumulatorski pritisak sprovede na manifold za zatvaranje, ukoliko je to potrebno.

Ventili jedinice za upravljanje moraju se jasno označiti da pokazuju:

- Koji ventil kontroliše koju liniju preventera ili liniju čoka,
- Položaj ventila tj. otvoren-neutralan-zatvoren.

Svi ventili treba da stoje u otvorenom položaju, a ne u neutralnom položaju. Hidraulični ventil na choke i kill liniji treba da su u zatvorenom položaju za vreme normalnih operacija tokom bušenja. Kontrolni ventil koji deluje na čeljusti za pun profil treba da bude jasno uočljiv.

Svaka jedinica za zatvaranje treba da ima odgovarajuće manometre pritiska, koji pokazuju pritisak jedinice manifolda i pritisak prema, ili od, regulacionog ventila anularnog preventera.

Svaka jedinica za zatvaranje treba da ima rezervoar za fluid, kapaciteta jednakog najmanje dvostrukoj zapremini hidrauličkog fluida akumulatorskog sistema.

12. IZBOR POSTROJENJA ZA BUŠENJE

Bušenje na ovoj lokaciji će biti izvedeno bušačim postrojenjem ZJ40 DBST-AC. Shodno čl.: 67 Pravilnika o sadržini rudarskih projekata (Sl. glasnik R. Srbije 27/97) i čl.: 15, tačka 7, Zakona o bezbednosti i zdravlju na radu (Sl. glasnik R. Srbije 101/05), Pravilnika o postupku pregleda i ispitivanja opreme za rad i ispitivanja uslova radne okoline (Sl. glasnik RS br.94/06) i na osnovu Uverenja o daljoj upotrebi br.: 016-61/8-K1-1/22, od juna 2022. god, daju se sledeće osnovne tehničke karakteristike postrojenja za bušenje ZJ40 DBST- AC.

Tabela 3. Naziv i tip postrojenja: "ZJ40 DBST "

Dispozicija	Tip	Nosivost (t)
Bušači toranj	Telescoped	250,0t
Nepokretno koloturje	PSL 1 5x6	225,0
Pokretno koloturje	YG 225	225,0
TDS	DQ 40 BZ-AC	250,0
Isplačna glava	SL 225	225,0
Vrtači sto	ZP 225 27 ½"	450,0
Bušača dizalica	JC 40 DB-AC	1000 kW

Dozvoljena statička nosivost na kuki: 2250,0 (10xkN)

Prečnik bušačeg užeta: 32 mm

Tabela 4. Isplačne pumpe

Tip	Max radni pritisak (bar)	Max kapacitet (l/min)	Komada
HHF-1000	345	2640	2

13. EFEKTI UPOTREBLJENE OPREME ZAŠTITE NA RADU

Pre početka visokorizičnih radnih aktivnosti izdate su radne dozvole prema zahtevima UP-09.01.14-010. Korišćenje opreme za zaštitu od pada sa visine je obavezno, a oprema za ličnu zaštitu i spasavanje mora biti dostupna na radilištu.

Brzina kretanja transportnih sredstava nije prelazila 10 km/h, a zaštitna mreža je postavljena na izduvnu cev motora u zonama opasnosti od eksplozije.

Pre utovara/istovara, vozila su osigurana i motor van pogona, a teret pravilno smešten i osiguran. Manevar unazad treba obavljati uz pomoć signaliste, a pri mehanizovanom utovaru/istovaru signalista je bio prisutan.

Prilikom ulaska u kanal-rov koji je bio dublji od 1m primenjene su dodatne mere zaštite od obrušavanja prema zakonodavstvu.

Dizaličar je izvršio proveru ispravnosti auto-dizalice (komandni uređaji, kočnice, užad, signalni uređaji). Pošto nije mogao u potpunosti da prati kretanje tereta, postavljen je signalista i dogovoreni su znakove za komunikaciju. Pre rada, dizaličar je proverio ispravnost dizalice i osigurao da rad ne ugrožava druge zaposlene.

Kuka ima atest proizvođača i oznaku maksimalne nosivosti. Koristila su se čelična užad koja su ispunjavala tehničke standarde i imale atest proizvođača. Dotrajala užad se nisu zamenjivali užadima manjih dimenzija. Čelična užad su pričvršćivana tako da se izbegne oštećenje, koristeći odgovarajuće stezače sa atestom.

Pre dizanja, dizaličar je malo podizao teret kako bi se uverio da je dobro vezan i prostor slobodan, a zatim je nastavljeno sa dizanjem. Po završetku rada, dizalica je rasterećena, i kuka podignuta do najvišeg nivoa i isključene su komande.

Prilikom rada sa auto-dizalicom potrebno je zadovoljeni su sledeći zahtevi:

- U prostoru gde se kretala dizalica nije bilo prepreka niti neovlašćenih lica. Prostor je jasno označen HSE oznakama.
- Manipulacioni prostor je bio slobodan od prepreka kao što su objekti, podovi i ograde.
- Teret mora je bio vezan na krajevima užadima tokom istovara i slaganja. Radnici koji su držali užad bili su van radnog prostora dizalice. Težinu tereta utvrđena pre podizanja, a dizalica mora imala vidljive podatke o nosivosti.
- Dizaličar je upravljao prema signalima signalista ili lica koja su vezala teret.
- Radnici na pakovanju i vezivanju tereta bili su obučeni za rad i upoznati sa signalima.
- Grupu radnika koja je manipulirala teretom, samo jedan radnik je davao signale za dizanje i spuštanje.
- Delove dizalice su postavljeni tako da ne dodiruju električne vodove i posebno je paženo na krak (strelu) dizalice.

Takođe tokom rada sa auto-dizalicom važno je:

- Ne napuštati kabinu dizalice dok teret visi.
- Ne opterećivati dizalicu teretom većim od dozvoljene nosivosti.
- Ne koristiti sigurnosne uređaje kao radne uređaje.
- Ne koristiti noseće uže za vezivanje tereta.
- Ne podizati teret sa koso postavljenim užetom ili ljuljati teret van granica manipulativnog prostora dizalice.
- Ne prenositi zaposlene na teretu.
- Ne ostavljati teret da bespotrebno visi na kuki i užetu.
- Ne obavljati više radnih operacija istovremeno sa opterećenom dizalicom.
- Ne podizati teret koji nije slobodan.
- Ne zaustavljati pokret stavljanjem komandi u suprotan pravac.
- Ne koristiti čelične užadi sa prelomima, proširenim strukovima ili oštećenjima.
- Ne koristiti nepropisna sredstva za vezivanje tereta.
- Ne prenositi teret preko zaposlenih.
- Ne manipulirati dizalicom bez signaliste ako dizaličar ne može u potpunosti pratiti kretanje tereta.
- Ne manipulirati teretom ako znakove daje više lica [16,17].

13.1. Zaštita od opasnih gasova

Od treće faze bušenja pojavilo se prisustvo metana (CH_4). Stalno je praćena koncentraciju gasa (geološka laboratorija) i vođena evidenciju izmerenih vrednosti. Na radilištu se nalazi ručni prenosni detektor gasa koji je redovno kalibrisan od strane ovlašćenog preduzeća. Takođe, definisana su dva alternativna pravca za evakuaciju i dva mesta za okupljanje, pri čemu se odabrano mesto koristilo u zavisnosti od smeranja vazduha. Mesta okupljanja su jasno označena tablama. Za praćenje smera strujanja vazduha na radilištu treba obezbeđena je vetrokazna čarapa[18].

10.2. Zaštita od požara, eksplozije, vanredne situacije

U skladu sa važećim zakonskim i podzakonskim propisima, a u cilju obezbeđenja zaštite zaposlenih, tehnološkog procesa, i sprečavanju nastanka i širenja požara i eksplozije, kao i aktivnosti gašenja, reagovanja, saniranja i ublažavanja posledica, neophodno je obezbediti sprovođenje sledećih propisanih mera:

Mere zaštite od požara: Izvođači radova imali su svoja imenovana lica za obavljanje poslova zaštite od požara. Na osnovu situacije locirane bušotine sa rasporedom postrojenja i uređaja kao i na osnovu karakteristika postrojenja i uređaja na lokaciji bušotine, odgovorno, imenovano lice za zaštitu izradio je, i sa naručiocem posla usaglasio, procenu požarnog rizika sa obaveznim šematskim prikazom zona opasnosti, dispozicijom opreme za zaštitu od požara, označenim zbornim mestima, evakuacionim putevima, protivpožarnim putevima i definisanim ulogama i odgovornostima.

Ručni i prenosni aparati za gašenje početnih požara nalazili su se na vidljivim, obeleženim i pristupačnim mestima, prilaze aparatima za gašenje početnih požara držani uvek slobodnim i nezakrčenim, a isti su se koristili samo u svrhu za koju su i namenjeni.

Ručni i prenosni aparati za gašenje početnih požara izloženi su periodičnom pregledu i ispitivanju o čemu se vodi odgovarajuća evidencija.

Na radilištu je obezbeđen sistem veze koji je u funkciji, kojim bi se u slučaju požara, eksplozije ili havarije na objektu moglo izvršiti alarmiranje i dojava požara.

Vanredne situacije: Odgovorna lica izvođača radova dužna su da o incidentima izveštavaju nadležne organe i predstavnike investitora u skladu sa šemom obaveštavanja. U slučaju opasnosti neophodno je obezbediti odgovarajući uređaj- alarm za obaveštavanje zaposlenih, što u slučaju ove bušotine nije bio slučaj. Uređaji za aktiviranje alarma postavljeni su na odgovarajućim mestima:

Zbog mogućnosti nekontrolisanog erupcije bušotinskog fluida ili mehaničkog oštećenja nadzemnog dela opreme, izvođači radova su pre početka aktivnosti na bušotini izradili i usaglasili Plan likvidacije sa naručiocem radova.

Tokom bušenja može doći do izlivanja ili erupcije ugljovodonika iz bušotine, što može ugroziti ne samo radilište već i širu oblast. Ugljovodonici oslobođeni na ovaj način se uklanjaju:

- mehaničkim sakupljanjem i prebacivanjem na druge lokacije;
- fizičko-hemijskim metodama solidifikacije zbog lakšeg sakupljanja i eliminisanja;
- hemijskom degradacijom i neutralizacijom;
- spaljivanjem;

- procesom biodegradacije.

Tehničko-tehnološka i sigurnosna oprema: Izbor opreme koja odgovara tehnološkom procesu, izvršila se u skladu sa relevantnim zakonskim aktima, standardima i prema utvrđenim radnim uslovima koji predstavljaju osnovnu barijeru požarne bezbednosti ljudstva, opreme i objekata:

- Sva tehnološka oprema je usaglašena sa relevantnim standardima, odgovarajućeg SIL nivoa (Safety integrity level) izgrađena od materijala dokazanog kvaliteta i na odgovarajući način ispitana, kako bi pružila bezbedan rad pri projektovanim i eksploatacionim parametrima.
- Sigurnosna oprema (ventili sigurnosti, manometri, regulatori pritiska, termometri) periodično je pregledana i ispitivana od strane ovlašćenih lica/institucija, o čemu se vodi uredna evidencija na radilištu.
- Sudovi pod pritiskom su odgovarajuće izvedbe, bezbedno postavljeni i instalirani, periodično pregledani i ispitivani od strane ovlašćenih lica/institucija, o čemu se mora vodi uredna evidencija na radilištu.
- Prema tehničkim propisima vršena je stalna kontrola protočnih i merno regulacionih instrumenata i radova.

Opšta pravila: Krug radilišta je održavan urednim i čistim, i obezbediti mesto za odlaganje otpadnog materijala. Zapaljiv otpadni materijal odlagan u odgovarajuće, obeležene metalne posude sa poklopcem:

- U barakama za boravak zaposlenih je redovno održavana higijena prostorija, i nije bilo ugrađenih dodatnih elektro-termičkih uređaja,
- Zabranjena je upotreba mobilnih telefona, otvorenog plamena, alata koji varniči i pušenje u zonama opasnosti od eksplozije.
- Za rad u zonama opasnosti obezbeđen je alat koji ne varniči, a koji poseduje odgovarajuće ateste i sertifikate.
- Topli poslovi vršila su se u skladu sa „Uredbom o merama zaštite od požara pri izvođenju radova zavarivanja, rezanja i lemljenja“ i internim pravilima i kao takvi nisu se mogli vršiti bez odobrenja za izvođenje radova na privremenim mestima, a u kojem su navedeni pripremni radovi, tehnologija varenja, kao i predviđene mere zaštite od požara prema važećim propisima (sistem dozvola za rad).
- Zaposleni koji su vršili zavarivanje mašinskih elemenata i sklopova gde kvalitet samog vara utiče na bezbednost posedovali su odgovarajući atest.
- Radnici koji su obavljali zavarivanje koristeći boce sa acetilenom i kiseonikom pridržavali su se sledećih pravila: - Ventili acetilenske boce su otvarani polako i potpuno; - Pri postavljanju reduktora pritiska na bocu sa kiseonikom, osigurano je pravilno zaptivanje i navoj; - Boce zaštićene od sunčeve svetlosti; - Boce se nisu zagrevale iznad 35°C; - Boce nisu kotrljane

niti skladištene u horizontalnom položaju; - Boce zaštićene od pada koristeći obujmice ili lance.

- Pristupni put do lokacije služio je za transport i snabdevanje postrojenja za bušenje bez zastoja kao i za pristup u slučaju vanredne situacije. U slučaju da je bušotina negativna i nakon napuštanja lokacije, pristupni putevi, ukoliko nisu potrebni za nešto drugo, vraćaju u prvobitno stanje.
- Na lokaciji je definisano i označene su zone kretanja vozila i pešaka[18].

U ovom slučaju, efekti ovih mera mogu se sagledati kroz nekoliko ključnih aspekata:

Povećana bezbednost radnika: Uvođenje radnih dozvola i korišćenje opreme za zaštitu od pada znatno smanjuje rizik od povreda. Obavezna prisutnost signalista i obučavanje radnika za rad sa dizalicama dodatno doprinosi bezbednosti.

Smanjenje rizika od eksplozija: Postavljanje zaštitne mreže na izduvnu cev i korišćenje prenosnog detektora gasa omogućava pravovremeno otkrivanje opasnosti od metana, vodonik-sulfida što može sprečiti potencijalne eksplozije.

Efikasnije upravljanje teretom: Precizna pravila za podizanje tereta i obaveza dizaličara da proveriti teret pre podizanja omogućava sigurnije rukovanje teretom, smanjujući mogućnost nesreća tokom rada.

Planiranje u slučaju vanrednih situacija: Definisanje evakuacionih pravaca i mesta okupljanja, kao i sistem za obaveštavanje o opasnostima, povećava šanse za brzu reakciju u slučaju incidenta.

Prevenција požara i ekoloških incidenata: Uspostavljanje mera zaštite od požara i pravilno upravljanje opasnim materijama smanjuje rizik od požara i ekoloških katastrofa tokom bušenja.

Održavanje čistog radnog prostora: Održavanje urednog radilišta smanjuje rizik od nesreća i olakšava efikasno upravljanje resursima.

Sve ove mere doprinele su stvaranju sigurnijeg radnog okruženja, stoga tokom izrade predmetne bušotine nije došlo do HSE događaja, nesreća i povreda, što je doprinelo efikasnosti i produktivnosti radnog procesa.

14. REZULTATI I KOMENTARI

Rezultati

U ovom istraživanju analiziran je izbor sigurnosne opreme za bušotine u Panonskom basenu, uzimajući u obzir specifične uslove rada. Temeljno istraživanje je započelo procenom operativnih uslova bušotine, da je bušotina puna gasnim fluidom i da je gani fluid zauzeo 80% zapremine kanala bušotine. Ova konfiguracija je omogućila preciznu procenu maksimalnog očekivanog pritiska, koji iznosi 274 bara.

Na osnovu ove procene, izabrana je sigurnosna oprema sa standardom 5K, koja je adekvatna za tako visoke pritiske. Nakon određivanja odgovarajuće sigurnosne opreme, izvršeno je i određivanje konstrukcije akumulatorke jedinice, koja je ključna za pravilno funkcionisanje celokupnog sistema i kontrolu pritiska. Ova jedinica je projektovana da izdrži identifikovani maksimalni pritisak i da obezbedi dodatnu sigurnost tokom bušenja.

Proces izbora i testiranja opreme obuhvatao je sledeće korake:

- Testiranje u radionici opreme: Sigurnosna oprema i akumulatorska jedinica su prvo testirani u kontrolisanim radioničkim uslovima kako bi se osigurala njihova funkcionalnost i usklađenost sa tehničkim specifikacijama.
- Manipulacija na postrojenju uz pomoć "BOP cart" sistema: Oprema je montirana na postrojenje koristeći specijalizovani "BOP cart" sistem, što je omogućilo precizno i sigurno postavljanje sigurnosne opreme.
- Montaža nakon završetka II faze bušenja: Nakon što je II faza bušenja završena, sigurnosna oprema i akumulatorska jedinica su montirani na način koji osigurava maksimalnu funkcionalnost i bezbednost.
- Testiranje na postrojenju: Izvršena su dodatna testiranja na postrojenju kako bi se potvrdila hermetičnost i efikasnost opreme pod stvarnim uslovima rada.

Nakon što je utvrđeno da oprema i akumulatorska jedinica zadovoljavaju sve potrebne standarde i da su hermetični i ispravni svi delovi, omogućeno je bezbedno nastavak bušenja tokom III i IV faze bušotine. Tokom celog procesa, poštovane su sve HSE (Health, Safety, Environment) mere kako bi se osigurala sigurnost svih radnika i očuvala zaštita životne sredine.

Komentar

Analizom i primenom odabrane sigurnosne opreme sa standardom 5K, kao i pravilnim određivanjem konstrukcije akumulatorke jedinice, istraživanje je uspešno pokazalo kako

ove komponente mogu da izdrže visoke pritiske i zadovolje sve bezbednosne zahteve tokom bušenja u kompleksnim uslovima Panonskog basena. Testiranje i montiranje opreme uz pomoć modernih tehnologija, kao što je "BOP cart" sistem, pokazali su se kao efikasni u obezbeđivanju tačne i sigurne instalacije.

Korišćenje detaljne procene maksimalnog očekivanog pritiska, pravilna primena HSE mera i adekvatna konstrukcija akumulatorke jedinice doprinose ne samo operativnoj sigurnosti već i dugoročnoj efikasnosti procesa bušenja. Ovaj pristup omogućava optimizaciju procesa i smanjuje rizik od potencijalnih nesreća, što je od ključne važnosti za uspešno i sigurno obavljanje bušenja u budućnosti.

15. ZAKLJUČAK

Izbor sigurnosne opreme na ušću bušotine TT-01/H, sprovedeno na teritoriji Vojvodine, rezultiralo je detaljnim analizama i testiranjima koja potvrđuju efikasnost odabrane sigurnosne opreme i predložene metodologije. U skladu s definisanim ciljevima, zadacima i metodama istraživanja, otkriveno je da je odabrana sigurnosna oprema odgovarajuća za predviđene radne uslove. Analiza dostupnih podataka i geoloških karakteristika omogućila je precizno određivanje očekivanih slojnih pritisaka, što je olakšalo izbor sigurnosne opreme koja može izdržati ove pritiske.

Detaljan pristup izboru sigurnosne opreme, uzimajući u obzir određene zahteve bušotine, omogućio je odabir preventivnih sklopova i drugih kritičnih komponenti koje zadovoljavaju predviđene radne pritiske. Primena dvostrukih čeljusnih preventera pokazala je povećanu otpornost na prekide i incidente, što potvrđuje uspeh ove opreme u kontroli različitih situacija tokom bušenja. Šema nepovoljnih uslova, uključujući dotok fluida u kanal bušotine i punjenje kanala gasom, potvrdile su da su odabrane metode odgovarajuće za obezbeđivanje stabilnosti i sigurnosti bušotine.

Procedura testiranja sigurnosne opreme, koja je uključivala niskopritisna i visokopritisna testiranja sigurnosne opreme prema API standardima, kao i funkcionalne testove redovno izvođene tokom svih 5 dana potvrdila je operativnu spremnost opreme. Redovno testiranje na maksimalne očekivane pritiske obezbedilo je visok nivo pouzdanosti sistema. Produktivnost testiranja sigurnosne opreme, uz korišćenje čepova za testiranje i cup testera, omogućila je identifikaciju potencijalnih tačaka neuspeha i unapređenje postupaka ispitivanja, čime su postavljeni standardi i procedure zadovoljeni.

Analiza performansi sigurnosne opreme u različitim fazama testiranja ukazala je na postojanu kontrolu pritiska i dotoka fluida, omogućavajući održavanje stabilnosti bušotinskog kanala. Delotvornost sigurnosne opreme omogućila je kontrolu pritiska i prevenciju nekontrolisanog dotoka fluida, što je bilo od suštinskog značaja za uspeh operacija bušenja. Tokom simulacija i testiranja, veća gustina isplake smanjila je maksimalni očekivani pritisak na ušću bušotine, čime se osigurava otpornost na propuštanje gasnih fluida i smanjuje rizik od nekontrolisanog izlivanja.

Tokom testiranja cementacionim agregatom, uočeni su manji problemi sa spojnicama na kill i choke linijama. Dodatne mere zaptivanja poboljšale su integritet sistema, što je važan korak ka optimizaciji održavanja. Ovi problemi su uspešno rešeni, čime je dodatno osigurana pouzdanost sistema za kontrolu fluida u bušotini.

Rezultati istraživanja potvrđuju glavnu hipotezu da efikasna selekcija i testiranje sigurnosne opreme na ušću bušotine TT-01/H omogućava pouzdanu zaštitu i minimizaciju rizika tokom operacija bušenja. Sve pomoćne hipoteze takođe su dokazane kroz analizu i terenska testiranja, pokazujući da odgovarajuća i redovno testirana sigurnosna oprema značajno doprinosi sigurnosti i efikasnosti procesa bušenja. Kroz detaljno testiranje, procenu efikasnosti i simulacije nepovoljnih scenarija, istraživanje je pružilo ključne uvide u važnost pravilnog izbora i održavanja sigurnosne opreme, što predstavlja značajan doprinos boljem razumevanju procesa izbora i testiranja sigurnosne opreme na bušotinama.

Na osnovu rezultata ovog istraživanja, preporučuje se dalji razvoj strategija za unapređenje postupaka održavanja i optimizaciju sigurnosne opreme. Dodatna istraživanja mogu se fokusirati na inovativne metode otkrivanja potencijalnih kvarova i na sjedinjavanje naprednih tehnologija za simulaciju i praćenje uslova u bušotini. Nastavak istraživanja na ovu temu može doprineti daljoj sigurnosti i efikasnosti bušenja, smanjenju operativnih rizika i boljoj zaštiti od nekontrolisanog protoka fluida.

16. REFERENCE

- [1] D.L. Mason, W. Tharp . Surface BOP: Testing and completing deepwater wells drilled with a surface BOP rig (SPE, Power Well Services), 54.
- [2] IADC Well control accreditation program (2005). Stack of surface, 22-23.
- [3] American Petroleum institute (1978). Blowout preventer equipment, 6-8.
- [4] Naftna industrija „Naftagas“ Novi Sad (1965). 20 godina Naftagasa, 6-14.
- [5] Vuković I. (2007). Petroleum geology of Panonian basin province according to USGS (DIT, NIS-Naftagas) 75-79.
- [6] Dipl. Inž. Korov Đ. (1988). RO „Naftagas“-OOUR „Bušenje“, 17-21.
- [7] Đorđević S. (1992). Pripravnički rad „Analiza opreme ušća bušotine (BOP) na bušaćim postrojenjima NIS-Naftagas“, 11-16, 24-28.
- [8] Bizijak R. (2004). Tehnologija bušenja sa projektovanjem. Novi Sad: DIT NIS-Naftagas, 1, 249-255.
- [9] Dimitrijević A. (2007). Sigurnosna oprema na ušću bušotine, 31-33.
- [10] Radaković D. (2022). Uprošćeni rudarski projekat za bušenje razradne, horizontalne bušotine Kv-106/H.
- [11] Hrković, K., & Bizijak, R. (2002). Teorijski aspekti i primena istražno-eksploatacionog bušenja: Tehnika i tehnologija. Novi Sad: DIT NIS-Naftagas, 76-78.
- [12] Blaauw, M. (2019). Critical reliability review of the BOP system (Master's thesis, University of Stavanger, Norway), 2, 17.
- [13] Posavac I. (2023). Priručnik za polaganje „well control-a“ (Apave well control, Zagreb), 52-55.
- [14] Lalović B. (2009). Izbor sigurnosne opreme na ušću bušotine Mexd-1 (stručni rad), 28-31.
- [15] Baldwin Z. (2004). BOP handling system and methods (National-oilwell, L.P.), 1-3.
- [16] Sl. glasnik RS", br. 15/2023 (2023). Pravilnik o postupku pregleda i provere opreme za rad i ispitivanja uslova radne okoline
- [17] Sl. list SFRJ, br. 17/66 (1966). Pravilnik o postupku pregleda i provere opreme za rad i ispitivanja uslova radne okoline
- [18] Sl. glasnik RS", br. 53/93, 67/93, 48/94, 101/2005 - dr. zakon i 54/2015 - dr. zakon (2005,2015). Zakon o eksplozivnim materijama, zapaljivim tečnostima i gasovima

IZJAVA O AUTORSTVU

Izjavljujem da je master/magistarski rad

Naslov rada Izbor sigurnosne opreme u panonskom basenu

Наслов рада на енглеском језику Selection of safety equipment in the Pannonian basin

- ☐ rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- ☐ da master/magistarski rad, u celini ili u djelovima, nije bio predložen, nije bio predložen za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova ,
- ☐ da su rezultati korektno navedeni i
- ☐ da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

U Banjoj Luci _____

Potpis kandidata

Izjava 2

Izjava kojom se ovlašćuje Rudarski fakultet/ Akademija umjetnosti Univerziteta u Banjoj Luci da master/magistarski rad učini javno dostupnim

Ovlašćujem Rudarski fakultet/ Akademiju umjetnosti Univerziteta u Banjoj Luci da moj master/magistarski rad, pod naslovom

Izbor sigurnosne opreme u panonskom basenu

koji je moje autorsko djelo, učini javno dostupnim.

Master/magistarski rad sa svim prilogima predao/la sam u elektronskom formatu, pogodnom za trajno arhiviranje.

Moj master/magistarski rad, pohranjen u d i g i t a l n i r e p o z i t o r i j u m Univerziteta u Banjoj Luci, mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons), za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. Autorstvo - nekomercijalno - bez prerađe
- ④ 4. Autorstvo - nekomercijalno - dijeliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerađe
6. Autorstvo – dijeliti pod istim uslovima

U Banjoj Luci _____

Potpis kandidata

Izjava 3

Izjava o identičnosti štampane i elektronske verzije master/magistarskog rada

Ime i prezime autora Filip Latinović

Naslov rada Izbor sigurnosne opreme u panonskom basenu

Mentor Prof. dr. Vladimir Malbašić

Izjavljujem da je štampana verzija mog master/magistarskog rada identična elektronskoj verziji koju sam predao/la za digitalni repozitorijum Univerziteta u Banjoj Luci.

U Banjoj Luci _____

Potpis kandidata

ИЗВЈЕШТАЈ КОМИСИЈЕ О ОЦЈЕНИ УРАЂЕНОГ МАСТЕР (ЗАВРШНОГ) РАДА

ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

Научно-наставно вијеће Рударског факултета је на 129. сједници донијело Одлуку број 21/3.762/24 од 25.09.2024. године којом је именована Комисија за преглед и оцјену урађеног мастер рада кандидата Латиновић Филипа, у саставу:

1. др Мирослав Црногорац, доцент, ужа научна област Инжењерство нафте и гаса, Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет, предсједник
2. др Владимир Малбашић, редовни професор, ужа научна област Површинска експлоатација минералних сировина, Универзитет у Бањој Луци – Рударски факултет, ментор
3. др Јелена Триван, доцент, ужа научна област Подземна експлоатација минералних сировина, Универзитет у Бањој Луци – Рударски факултет Приједор, члан

УВОДНИ ДИО ОЦЈЕНЕ МАСТЕР РАДА

- Рад се састоји од 70 страна, од тога 4 табеле и 42 слике.
- 18 литературних извора.
- Рад се састоји из 16 дијелова: 1. Увод, 2. Преглед ранијих истраживања, историја и економска геологија Панонског басена, 3. Методе истраживања, 4. Основне компоненте сигурносне опреме, 5. Дивертер систем, 6. Систем за манипулацију и руковање БОП опремом, 7. Одабир одговарајуће сигурносне опреме 8. Испитивање сигурносне опреме на бушотини, 9. Одабир сигурносне опреме на бушотини ТТ-01/Х, 10. Конструкција акумулаторске јединице за управљање превентерским склопом, 11. Захтеви АПИ стандарда за конструктивне карактеристике појединих елемената јединице за управљање превентерски склопом, 12. Избор постројења за бушење, 13. Ефекти употребљене опреме заштите на раду, 14. Резултати и коментари, 15. Закључак, 16. Референце.

УВОД И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ (ТЕОРИЈСКИ ДИО)

- Предмет истраживања овог рада обухвата теоријске аспекте, начине, технике и технологије избора сигурносне опреме на бушотини, с фокусом на бушотину у Панонском басену. Кроз анализу различитих типова сигурносне опреме, рад истражује процесе планирања, пројектовања и монтирање сигурносне опреме. Провјером темељних принципа, као што су очекивани

притисци на устима бушотине када је бушотина пуна гасним флуидом, када је гасни флуид испунио 80% канала бушотине, рад се бави кључним елементима који утичу на успјешност избора сигурносне опреме. Кроз синтезу теоријских података изнјетих у раду, истичу се значај разумјевања и примјене ових техника у пракси, доприносећи тако ефикаснијем и одрживијем начину експлоатације нафтних и гасних ресурса.

- Истраживање теоријских аспеката технике избора сигурносне опреме пружа дубок увид у примјену напредних метода и технологија у индустрији нафте и гаса. Ово обухвата различите аспекте, укључујући развој с сигурносне опреме, развој унапређених система за контролу, као и примјену вјештачке интелигенције и аналитичких алгоритама за оптимизацију процеса. Осим тога, развој нових метода и технологија може промјенити начин на који се процес избора сигурносне опреме развија у будућности. Проширивање теоријских и практичних истраживања у овим областима може представљати важан корак ка остварењу безбједније и ефикасније експлоатације нафтних и гасних ресурса.
- Преглед литературе:
 1. D.L. Mason, W. Tharp . Surface BOP: Testing and completing deepwater wells drilled with a surface BOP rig (SPE, Power Well Services), 54.
 2. IADC Well control accreditation program (2005). Stack of surface, 22-23.
 3. American Petroleum institute (1978). Blowout preventer equipment, 6-8.
 4. Naftna industrija „Naftagas“ Novi Sad (1965). 20 godina Naftagasa, 6-14.
 5. Vuković I. (2007). Petroleum geology of Panonian basin province according to USGS (DIT, NIS-Naftagas) 75-79.
 6. Dipl. Inž. Korov Đ. (1988). RO „Naftagas“-OOUR „Bušenje“, 17-21.
 7. Đorđević S. (1992). Pripravnički rad „Analiza opreme ušća bušotine (BOP) na bušaćim postrojenjima NIS-Naftagas“, 11-16, 24-28.
 8. Bizijak R. (2004). Tehnologija bušenja sa projektovanjem. Novi Sad: DIT NIS-Naftagas, 1, 249-255.
 9. Dimitrijević A. (2007). Sigurnosna oprema na ušću bušotine, 31-33.
 10. Radaković D. (2022). Uprošćeni rudarski projekat za bušenje razradne, horizontalne bušotine Kv-106/H.
 11. Hrković, K., & Bizijak, R. (2002). Teorijski aspekti i primena istražno-eksploatacionog bušenja: Tehnika i tehnologija. Novi Sad: DIT NIS-Naftagas, 76-78.
 12. Blaauw, M. (2019). Critical reliability review of the BOP system (Master's thesis, University of Stavanger, Norway), 2, 17.
 13. Posavac I. (2023). Priručnik za polaganje „well control-a“ (Apave well control, Zagreb), 52-55.
 14. Lalović B. (2009). Izbor sigurnosne opreme na ušću bušotine Mexd-1 (stručni rad), 28-31.
 15. Baldwin Z. (2004). BOP handling system and methods (National-oilwell, L.P.), 1-3.

16. Sl. glasnik RS", br. 15/2023 (2023). Pravilnik o postupku pregleda i provere opreme za rad i ispitivanja uslova radne okoline
17. Sl. list SFRJ, br. 17/66 (1966). Pravilnik o postupku pregleda i provere opreme za rad i ispitivanja uslova radne okoline
18. Sl. glasnik RS", br. 53/93, 67/93, 48/94, 101/2005 - dr. zakon i 54/2015 - dr. zakon (2005,2015). Zakon o eksplozivnim materijama, zapaljivim tečnostima i gasovima

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

- Примјена метода систематичног прегледа литературе како би се идентификовали и анализирали релевантни стручни извори који су од значаја за тему рада;
- Критичка анализа постојећих метода бушења у циљу утврђивања њихових предности, мана и примјенљивости у конкретним условима рада;
- Сагледавање различитих техника и технологија избора сигурносне опреме кроз призму специфичних захтијева и услова у индустрији нафте и гаса како би се изабрале најподобније за истраживани проблем.
- Употреба савремених база података и електронских ресурса за приступ широком спектру литературе и научних радова у области експлоатације нафте и гаса.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

- У складу с дефинисаним циљевима, задацима и методама истраживања, откривено је да је одабрана сигурносна опрема одговарајућа за предвиђене радне услове. Анализа доступних података и геолошких карактеристика омогућила је прецизно одређивање очекиваних слојних притисака, што је олакшало избор сигурносне опреме која може издржати ове притиске. Детаљан приступ избору сигурносне опреме, узимајући у обзир одређене захтеве бушотине, омогућио је одабир превентивних склопова и других критичних компоненти које задовољавају предвиђене радне притиске. Ово истраживање има за циљ да допринесе унапређењу рада у нафтној индустрији кроз боље разумјевање и примјену најновијих технолошких развоја у области експлоатације нафте и гаса, омогућујући постизање веће ефикасности и безбједности у процесу израде бушотина. Ово се постиже прегледом и анализом садржаја рада који обухвата различите аспекте избора сигурносне опреме од разматрања избора превентерских склопова, пригушне, угушне линије, акумулаторске јединице до тестирања саме сигурносне опреме. Кроз све ове анализе и проучавања, истраживање ће допринијети ширем разумјевању избора сигурносне опреме на бушотинама, чиме ће се унаприједити ефикасност и безбједност приликом израде бушотина у индустрији нафте и гаса..

ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

- Урађени завршни рад II циклуса студија студента Латиновић Филипа, дипломираног инжењера рударства, под називом: ИЗБОР СИГУРНОСНЕ ОПРЕМЕ У ПАНОНСКОМ БАСЕНУ, одговара прихваћеној теми и завршни рад је урађен у складу са образложењем које је дато у пријави рада.
- Напријед предочена анализа рада кандидата Латиновић Филипа, дипломираног инжењера рударства, потврђује да су сви захтјевани критеријуми испуњени.
- Комисија је мишљења да кандидат влада тематиком и проблематиком рада као и методологијом научно- истраживачког рада што је и доказао систематичном и свеобухватном анализом проблема приликом израде завршног рада.
На основу наведеног Комисија сматра да урађени завршни рад представља значајан допринос у стручно - научној анализи избора сигурносне опреме у Панонском басену.
- Комисија једногласно предлаже Научно- наставном вијећу Рударског факултета Приједор, Универзитета у Бањој Луци да прихвати овај извјештај и кандидату одобри усмену одбрану завршног рада II циклуса студија.

Приједор, 04.10.2024. године

КОМИСИЈА:

1.) _____
Доц. др Мирослав Црногорац - предсједник

2.) _____
Доц. др Мирослав Црногорац - ментор

3.) _____
Доц. др Јелана Триван - члан

ИЗДВОЈЕНО МИШЉЕЊЕ

- Члан Комисије који не жели да потпише Извјештај дужан је да наведе разлоге свог неслагања.