

Bušenje uz primjenu hidrauličkog remontnog postrojenja

Stanić, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:010213>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-26**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij naftnog rudarstva

**BUŠENJE UZ PRIMJENU HIDRAULIČKOG REMONTNOG
POSTROJENJA**

Završni rad

Tomislav Stanić
N4352

Zagreb, 2021.

BUŠENJE UZ PRIMJENU HIDRAULIČKOG REMONTNOG POSTROJENJA

TOMISLAV STANIĆ

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za naftno-plinsko inženjerstvo i energetiku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Bušaće postrojenje integrirani je sustav sastavljen od više komponenti čija je uloga izrada bušotina za različite namjene, kao što je pridobivanje ugljikovodika ili geotermalne vode te utiskivanje različitih fluida i sl. S obzirom na specifične uvjete u podzemlju i planirane aktivnosti za izradu bušotina mogu se koristiti različita bušaća postrojenja, pa između ostalog i hidraulička remontna postrojenja. Ona za svoj rad koriste energiju dobivenu djelovanjem tlaka fluida na klip. U određenim situacijama zbog svojih brojnih prednosti mogu zamijeniti takozvana klasična bušaća postrojenja. Troše manje energije, manja je emisija stakleničkih plinova (CO_2 , CH_4 , N_2O i CO) te su lako prilagodljiva teško dostupnim terenima. U radu je opisano kako radi hidrauličko remontno postrojenje te usporedba sa klasičnim bušačim postrojenjem. U završnom dijelu rada dani su terenski primjeri upotrebe hidrauličkog remontnog postrojenja za bušenje te smjer daljnjeg razvoja ovakvih postrojenja.

Ključne riječi: bušaće postrojenje, hidrauličko, remontno

Završni rad sadrži: 27 stranica, 1 tablicu, 25 slika i 17 referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: dr. sc. Borivoje Pašić, izvanredni profesor RGNF-a

Ocjenjivači: dr. sc. Borivoje Pašić, izvanredni profesor RGNF-a

dr. sc. Vladislav Brkić, izvanredni profesor RGNF-a

dr. sc. Lidia Hrnčević, izvanredna profesorica RGNF-a

Datum obrane: 17.09.2021., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

SADRŽAJ

POPIS SLIKA.....	I
POPIS TABLICA	II
POPIS KORIŠTENIH SKRAĆENICA.....	III
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I ODGOVARAJUĆIH SI JEDINICA	IV
1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O BUŠAĆIM POSTROJENJIMA.....	2
2.1. Inicijalna provjera bušotine	6
3. HIDRAULIČKO REMONTNO POSTROJENJE	7
3.1. Dijelovi hidrauličkog remontnog postrojenja koji su potrebni kako bi se njime izvršile operacije bušenja.....	14
4. PRIMJERI UPOTREBE HIDRAULIČKOG REMONTNOG POSTROJENJA ZA OPERACIJE BUŠENJA.....	18
4.1. Uporaba hidrauličkog remontnog postrojenja u operacijama bušenja u državi Gabon.....	18
4.2. Uporaba hidrauličkog remontnog postrojenja u operacijama bušenja kroz plitka plinska ležišta u podmorju	20
5. RASPRAVA	23
6. ZAKLJUČAK	25
7. LITERATURA.....	26

POPIS SLIKA

Slika 2-1.	Shematski prikaz bušačeg postrojenja.....	2
Slika 2-2.	Podjela bušačih postrojenja na temelju lokacije bušenja.....	3
Slika 2-3.	Pokretno kopneno bušaće postrojenje sa preklopnim tornjem	4
Slika 2-4.	Pokretno kopneno bušaće postrojenje sa teleskopskim tornjem.....	4
Slika 2-5.	Shematski prikaz triju bitnih parametara rotacijske mehaničke metode bušenja	5
Slika 3-1.	Postrojenje kratkog koraka	8
Slika 3-2.	Postrojenje dugog koraka	8
Slika 3-3.	Shematski prikaz dijelova hidrauličke dizalice na hidrauličkom remontnom postrojenju	9
Slika 3-4.	Shematski prikaz pretvorbe tlaka tekućine u silu	10
Slika 3-5.	Prikaz dizelske pogonske jedinice	11
Slika 3-6.	Striper	12
Slika 3-7.	Prstenasti preventer.....	12
Slika 3-8.	Čeljusni preventer.....	12
Slika 3-9.	Preventerski sklop.....	13
Slika 3-10.	Prikaz radnog postrojenja	14
Slika 3-11.	Prikaz rasporeda dijelova hidrauličkog bušačeg postrojenja tijekom izvođenja operacije bušenja	14
Slika 3-12.	Prikaz hidrauličkog vrtaćeg stola.....	15
Slika 3-13.	Prikaz isplaćne glave koja se koristi na hidrauličkom bušačem postrojenju....	16
Slika 3-14.	Prikaz isplaćne glave koja ima ulogu hidrauličkog motora.....	17
Slika 3-15.	Prikaz isplaćne glave i stojke na hidrauličkom remontnom postrojenju	17
Slika 4-1.	Prikaz hidrauličkog remontnog postrojenja na naftnom polju u Gabonu.....	19
Slika 4-2.	Prikaz trajektorije jedne bušotine	19
Slika 4-3.	Prikaz hidrauličkog remontnog postrojenja tijekom bušenja s proizvodne platforme u odobalju.....	20
Slika 4-4.	Prikaz trajektorije bušotine	21
Slika 4-5.	Isplaćni spremnik.....	21

POPIS TABLICA

Tablica 3-1. Karakteristike hidrauličkog remontnog postrojenja.....	7
--	---

POPIS KORIŠTENIH SKRAĆENICA

CO₂ - ugljikov (IV) oksid

CH₄ - metan

N₂O - dušikov (I) oksid

CO - ugljikov (II) oksid

o/min - okretaji u minuti

bbls - barel

m - metar

m³ - metar kubni

Nm - njutnmetar

cm - centimetar

N - njutn

Pa - paskal

min - minuta

kW - kilowat

m² - metar kvadratni

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I ODGOVARAJUĆIH SI JEDINICA

p - tlak tekućine u cilindru [Pa]

A - površina poprečnog presjeka cilindra [m^2]

F - sila koja se dobije djelovanjem tlaka tekućine u cilindru [N]

F_p - protok hidraulične pumpe [m^3/min]

Sc - brzina kretanja cilindra [m/min]

V_c - površina cilindra [m^2]

1. UVOD

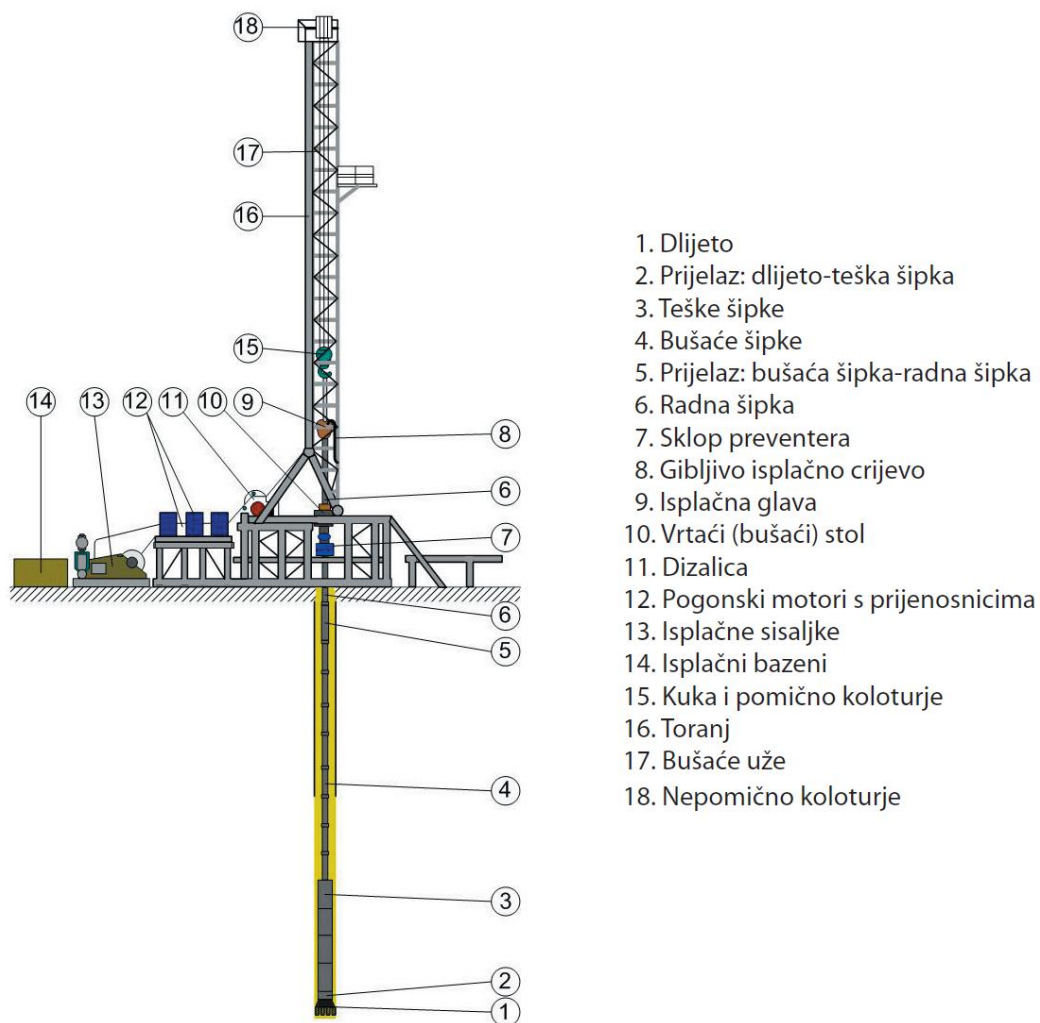
Ljudska vrsta od davnina nastoji pronaći tvari koje bi iskoristila za dobivanje energije i drugih stvari potrebnih za život. Neki od njih su nafta, voda i zemni plin. Međutim, oni se nalaze duboko pod zemljom te je stoga bilo nužno razviti tehnike i postupke kojima će se doći do njih. Bušenje je jedini tehnološki postupak kojim je moguće doći do podzemnih geoloških struktura u kojima se nalaze te sirovine. Bušenje ima za cilj izradu bušotine. Sam proces izrade bušotine je kompleksan i započinje spajanjem bušačkih alatki i dlijeta. Nadalje, slijedi nizanje bušačkih alatki i spuštanje dlijeta do dna bušotine. Bušenje se odvija djelovanjem dlijeta (ili rjeđe krune) postavljene na dnu niza bušačkih alatki, uz istovremeno iznošenje krhotina razrušenih stijena. Također, kako dlijeto napreduje u dubinu, potrebno je dodavati nove, bušaće alatke u niz bušačkih alatki.

Sve do izuma motora s unutrašnjim izgaranjem, glavni izvor energije za bušenje bila je mišićna snaga čovjeka ili životinje. S tehnološkim napretkom ljude i životinje zamijenilo je takozvano bušaće postrojenje. To je integrirani sustav kojeg pokreću dizelski i električni pogonski motori, a čija je primarna uloga razrušavanje stijena i izrada bušotine. Prva metoda u kojoj se bušaće postrojenje koristilo je metoda udarnog bušenja. Ona podrazumijeva udaranje svrdla težinom opreme za bušenje u stijenu pri čemu dolazi do odlamanja komada stijene. Nakon svakog udarca, dlijeto se zaokreće i postupak udaranja se ponavlja. Ovakvo postrojenje pokretao je parni stroj. Od 1844. godine u uporabu je uvedena nova metoda bušenja – rotacijska metoda (<http://www.sjvgeology.org>, 2014). Karakterizirana je rotacijom dlijeta i bušačkih alatki čime se postiže znatno efikasnije razrušavanje stijene nego udarnom metodom bušenja. Međutim, kako se razvija tehnologija, tako se i dalje kontinuirano razvijaju i usavršavaju metode bušenja.

Tema ovog završnog rada je bušenje hidrauličkim remontnim postrojenjem čijom primjenom se efikasnost procesa bušenja i sigurnost rada na bušačem postrojenju povećava. U prvom dijelu rada dan je kratki pregled općenite podjele bušačkih postrojenja te njihove značajke. Nadalje, detaljno je opisana konstrukcija, način rada i uloga hidrauličkog remontnog postrojenja. Zatim je prikazana usporedba bušenja hidrauličkim remontnim postrojenjem i konvencionalnim bušačim postrojenjima. Na samom kraju rada opisana je upotreba hidrauličkog remontnog postrojenja za bušenja kroz analizu dva primjera iz prakse.

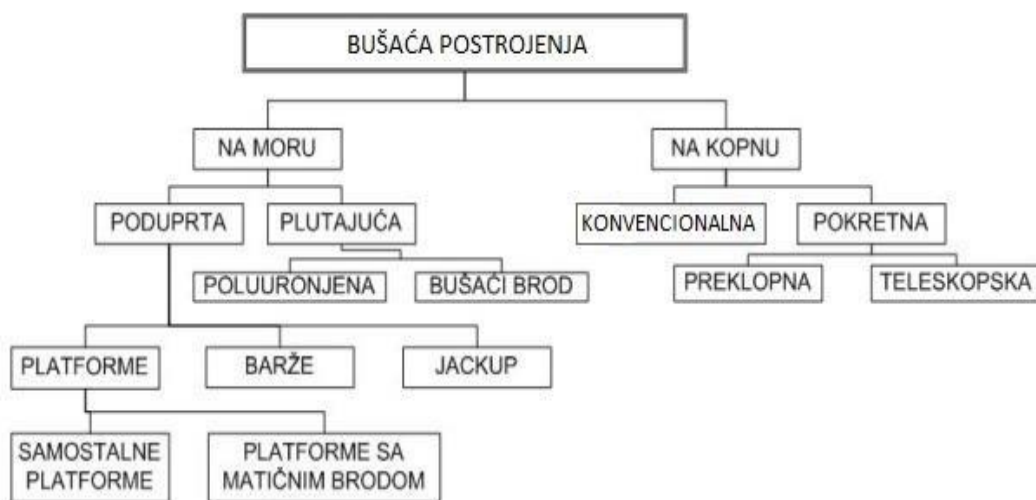
2. OPĆENITO O BUŠAĆIM POSTROJENJIMA

Bušaće postrojenje integrirani je sustav čija je uloga izrada bušotina s namjerom dobivanja plina, nafte, vode i čvrstih metalnih sirovina. Za dolazak do tih sirovina direktno je zaduženo dlijeto i niz bušaćih alatki, ali indirektno i ostale komponente bušaćeg postrojenja. Sve osnovne komponente bušaćeg postrojenja su detaljno prikazane na slici 2-1.



Slika 2-1. Shematski prikaz bušaćeg postrojenja (Matanović, 2006)

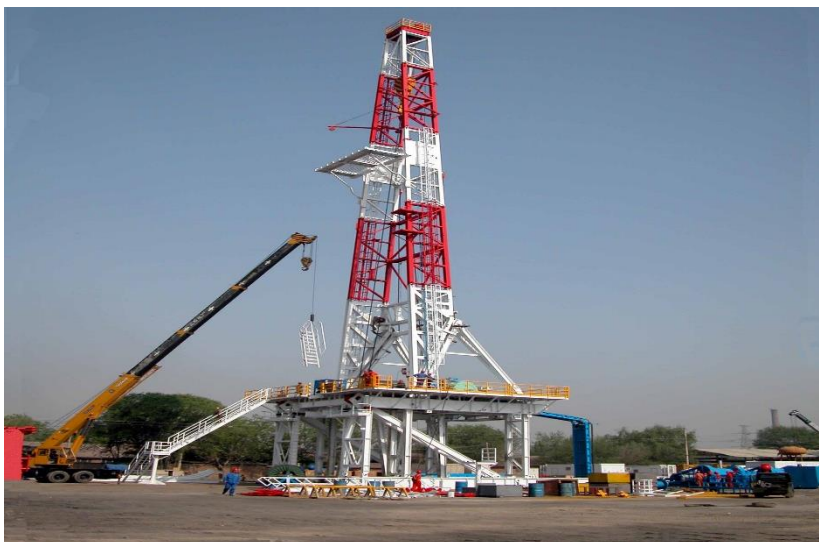
S obzirom na kojoj lokaciji bušaća postrojenja moraju djelovati, odnosno bušiti, dijele se na odobalna i kopnena postrojenja kao što je prikazano na slici 2-2.



Slika 2-2. Podjela bušaćih postrojenja na temelju lokacije bušenja
(<http://petoil.blogspot.com>, 2012)

Kopnena postrojenja dijele se ovisno o vrsti tornja i mobilnosti na konvencionalna i pokretna. Konvencionalna bušaća postrojenja sastoje se od segmenata u uspravnom položaju te se danas kao takva ne primjenjuju u praksi.

S druge strane, pokretna bušaća postrojenja su mobilna. To znači da je takvo postrojenje moguće rastaviti na komponente i prenijeti na novo mjesto bušenja te ponovno sklopiti (Matanović, 2006). Nadalje, pokretna bušaća postrojenja mogu sadržavati preklopni toranj (engl. *jack-knife*) ili teleskopski toranj (engl. *portable mast*). Bušaće postrojenja s preklopnim tornjem sastavlja se na tlu te se pomoću hidrauličkog sklopa ili dizalice podiže u vertikalni položaj (slika 2-3.). Bušaća postrojenja sa teleskopskim tornjem nalaze se na kamionima i prikolicama zajedno s motorom i sustavom za podizanje tornja u uspravan položaj pomoću hidrauličkih klipova (slika 2-4.). Ovaj tip bušaćeg postrojenja koristi se za pliće bušotine.



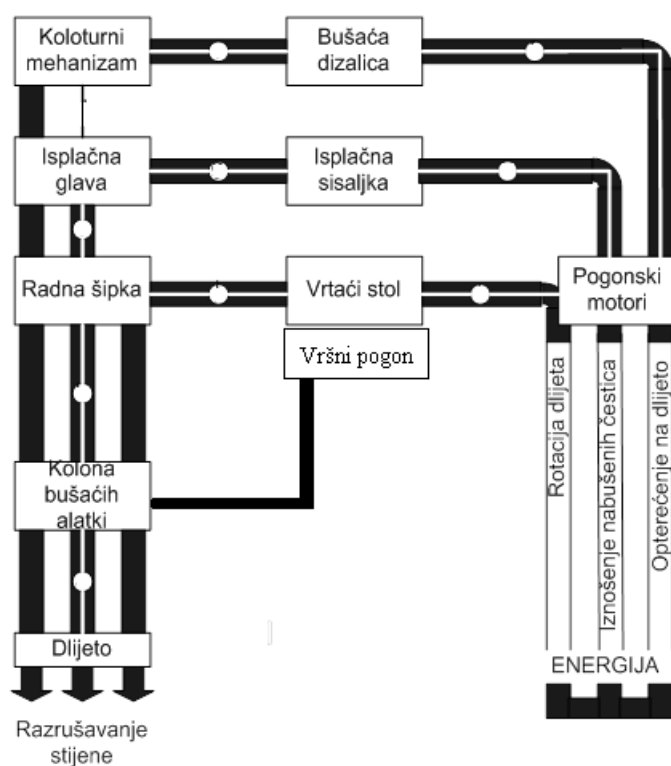
Slika 2-3. Pokretno kopneno bušaće postrojenje sa preklopnim tornjem (Pašić, 2018)



Slika 2-4. Pokretno kopneno bušaće postrojenje sa teleskopskim tornjem (<https://www.jereh-e.com>, 2020)

Međutim, danas je praktičnije koristiti drugu podjelu na temelju lakoće prijenosa postrojenja s jedne lokaciju na drugu, odnosno na teška i laka bušaća postrojenja (Matanović, 2006). Teška bušaća postrojenja dopremaju se na željenu lokaciju u dijelovima te se onda tamo sastavljaju. S druge strane, laka bušaća postrojenja mogu se na željenu lokaciju dopremiti na posebnom vozilu te se njime prevesti na sljedeću lokaciju bušenja.

S obzirom na to kakvo je djelovanje na stijensku masu, bušaća postrojenja mogu raditi dvjema metodama - mehaničkim bušenjem i fizičkim bušenjem (Matanović, 2006). Mehaničko bušenje je metoda koja se koristi češće, a temelji se na razaranju, rezanju i drobljenju stijene. S obzirom na to kako dlijeto radi, mehaničko bušenje dijeli se na tri vrste – udarno, rotacijsko te udarno-rotacijsko. Udarno bušenje rijetko se koristi i to uglavnom samo na plicim ležištima vode. S druge strane, rotacijsko bušenje danas je najraširenija metoda bušenja. Da bi ona bila efikasna potrebno je održavati u optimalnim uvjetima 3 bitna parametra. To su rotacija dlijeta, ispiranje i iznošenje nabušenih krhotina te ostvarenje opterećenja na dlijeto. Ti parametri shematski su prikazani na slici 2-5.



Slika 2-5. Shematski prikaz triju bitnih parametara rotacijske mehaničke metode bušenja (Matanović, 2006)

Nasuprot mehaničkim metodama, fizičke metode bušenja još su u fazi razvoja i ne upotrebljavaju se u komercijalne svrhe. Karakteristično je da prilikom bušenja alatke nisu u kontaktu sa stijenama. To je omogućeno termičkim, elektrofizičkim i ultrazvučnim djelovanjem te uporabom plazme.

2.1. Inicijalna provjera bušotine

Bušaće operacije izvedene hidrauličkim remontnim postrojenjima većinom se izvode na već postojećim („starim bušotinama“). Prije izvođenja bušačkih operacija hidrauličkim remontnim postrojenjima, kao što su produbljivanje, skretanje bušotine, zaobilaženje oštećenih dijelova bušotine itd., jako je bitno provjeriti sam integritet bušotine.

Stabilnost i integritet bušotine moraju biti održani tijekom bušenja radi održavanja sigurnih radnih uvjeta sa minimalnim rizicima. Ako se to ne održava može doći do skupih propusta i velikih rizika za ljude, okoliš, opremu i samu bušotinu. Stoga dobro planiranje predradnje može ukloniti opasnosti i učiniti bušenje uspješnim. Tako se, primjerice, prije spuštanja opreme u bušotinu mora istražiti nekoliko parametara poput tlaka na površini, povijesti bušotine i neočekivanih uvjeta.

Tlak na površini dobra je indikacija loše cementacije ili propuštanja fluida u kanal bušotine uzrokovan narušavanjem hidrauličkog ili mehaničkog integriteta kanala bušotine. Upotrebom protupovratnih ventila kod hidrauličkih remontnih postrojenja omogućena je provjera tlaka na površini. Povijesni podaci, ili bolje reći zapisi sa bušotine ukazuju na stanje bušotine i daju širu sliku o stanju same bušotine kod razmatranja daljnjih radova na njoj. Neočekivani uvjeti mogu dovesti do erupcije što predstavlja veliku opasnost za radnike. U povijesti mnoge erupcije događale su se zbog bušenja u područje pod visokim tlakom, a to je također prevenirano upotrebom hidrauličkog remontnog postrojenja koje upotrebljava protupovratne ventile u nizu alatki i aktivnu kontrolu tlaka na ušću bušotine.

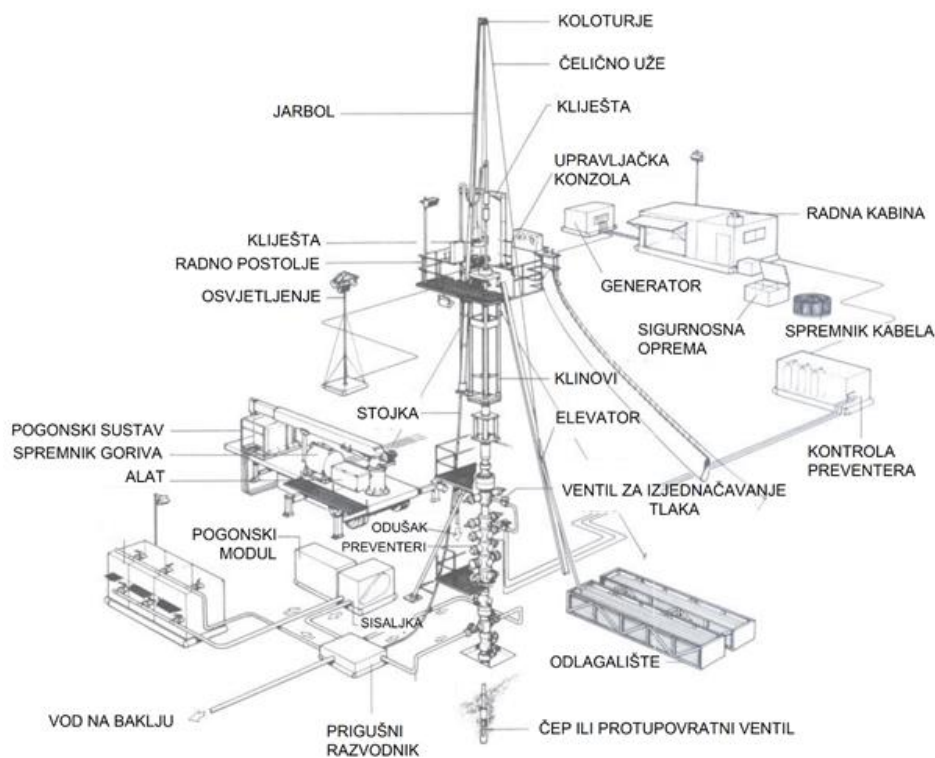
3. HIDRAULIČKO REMONTNO POSTROJENJE

Hidrauličko remontno postrojenje je postrojenje koje se koristi za remontne operacije, a u određenim situacijama i za bušaće operacije. Neke od njegovih karakteristika prikazane su u tablici 3-1. Ono primjenom čepova ili protupovratnih ventila omogućuje manipulaciju s klasičnim nizom tubinga u bušotini koja je pod tlakom. Ovakva postrojenja omogućuju ostvarivanje određene sile pri potiskivanju alatki u bušotinu koja može biti veća i od same težine ugrađenih alatki. Jedna od bitnih karakteristika ovog postrojenja je njegova mobilnost. Cijelo postrojenje može se transportirati na vozilu opremljenom kranskom dizalicom. Postavlja se na ušće bušotine bez potrebe za dodatnom podstrukturom ili tornjem za manipulaciju alatkama.

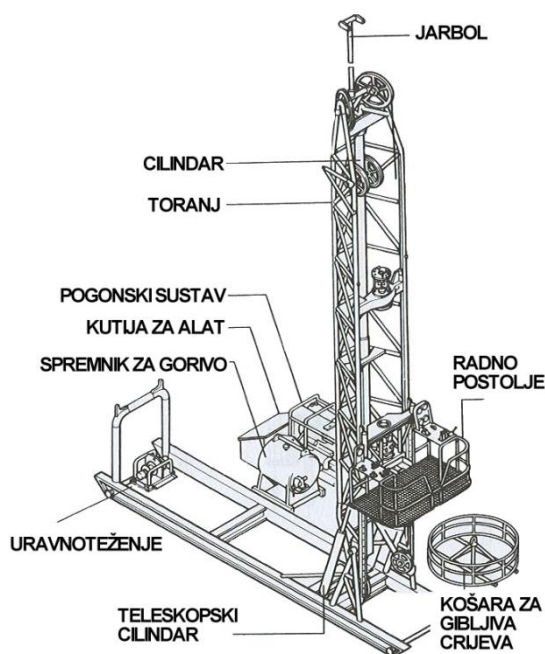
Tablica 3-1. Karakteristike hidrauličkog remontnog postrojenja (Skinner, 2019)

	Model HRS 150K	Model HRS 225K	Model HRS 340K	Model HRS 460K	Model HRS 600K
Maksimalno moguće opterećenje pri izvlačenju alatki [N]	667233	10000849	1512395	2046181	2668932
Maksimalno moguće opterećenje pri spuštanju alatki [N]	293582	533786	836265	978608	1156537
Snaga postrojenja (kW)	260	298	335	335	447
Vanjski promjer proizvodnog niza [cm]	2,54-7,3	2,54-13,97	2,54-19,367	2,54-21,9	2,54-21,9
Zakretni moment [Nm]	6779,09	6779,09	13558,18	13558,18	27116,36
Duljina hoda [m]	3,048	3,048	3,048	3,048	4,2672

Hidrauličko remontno postrojenje može se podijeliti na postrojenje kratkog i dugog koraka, što je prikazano na slikama 3-1. i 3-2. Također, na slikama su vidljivi dijelovi tih postrojenja.



Slika 3-1. Postrojenje kratkog koraka (Matanović i Moslavac, 2011)

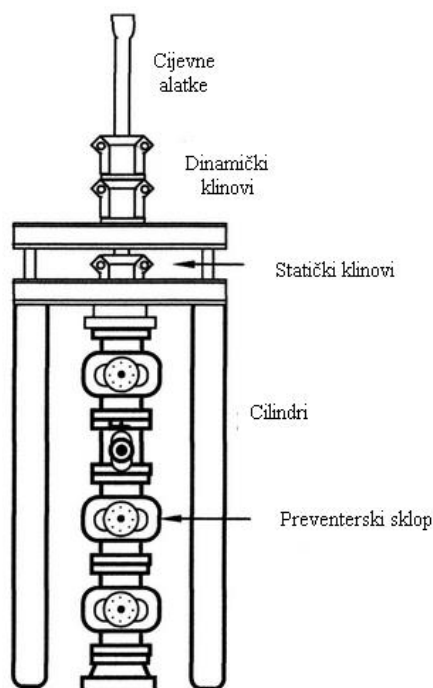


Slika 3-2. Postrojenje dugog koraka (Matanović i Moslavac, 2011)

Postrojenje kratkog koraka postavlja se na ušće bušotine te za to nije potrebna noseća struktura. Pri tome nije potrebno bušotinu ugušiti. Sadržava sustav za manipulaciju alatima koji se sastoji od 4 hidraulička cilindra raspoređena oko osi bušotine. Korak pri manipulaciji alatima iznosi oko tri metra. S druge strane, kod postrojenja dugog koraka maksimalni vertikalni pomak čeljusti iznosi jedanaest metara. Sadržava hidrauličku dizalicu koja je opremljena kombinacijom hidrauličkog cilindra i sustava kolotura. Sastoji se od tornja s radnim cilindrom, kolotura i radnog užeta na koje je pričvršćena pomična ploča s pomičnim čeljustima/klinovima. Rešetkasti toranj oslanja se na temelje oko ušća bušotine i preuzima dio tereta kojim je opterećena glava bušotine. On sadržava četiri noge koje služe kao vodovi hidrauličke kapljevine za pokretanje radnog cilindra učvršćenog na kruni tornja. Ta kapljevina se kroz vodove protiskuje u razvodnik na vrhu tornja.

U nastavku će biti opisani neki karakteristični i bitni dijelovi za rad hidrauličkog remontnog postrojenja poput hidrauličke dizalice, pogonske jedinice, preventerskog sustava i radnog postolja (Skinner, 2019).

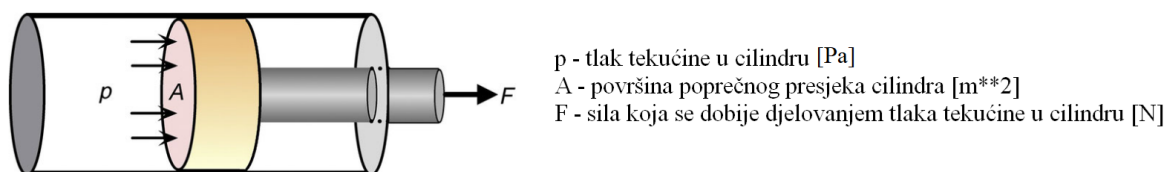
Hidraulička dizalica glavni je pogonski sustav hidrauličkog remontnog postrojenja (slika 3-3.). Vidljivo je da se sastoji od dinamičkih i statičkih klinova, cilindara te preventerskog sustava.



Slika 3-3. Shematski prikaz dijelova hidrauličke dizalice na hidrauličkom remontnom postrojenju (Skinner, 2019)

Hidrauličkom dizalicom pokreću se statički i dinamički klinovi preko kojih se obavlja manevriranje cijevnim alatima. Klinovi dopuštaju da alatke budu spuštene kroz preventer pri visokim tlakovima u bušotini jer stvaraju veliku silu koja se može oduprijeti visokom tlaku u bušotini. Statički klinovi smješteni su na bazi dizalice i zaduženi su za zadržavanje alatki tijekom praznog hoda radne ploče s pomičnim klinovima. Dinamički klinovi funkcioniraju kao elevatori, to jest podižu i spuštaju alatke.

Za razliku od konvencionalne uporabe koloturja, hidraulička dizalica za podizanje koristi hidrauličke cilindre. Baze cilindara čvrsto su pričvršćene na bazu dizalice, to jest baznu ploču. Vrhovi cilindara spojeni su na gornju stacionarnu palubu. Cilindar pretvara tlak, nastao pritiskom tekućine u samom cilindru, u silu koja djeluje na klip i klipnjaču koja služi za izvođenje radova tj. pomicanje radne ploče i dinamičkih klinova. Drugim riječima, ta sila je zapravo energija koja omogućuje dizanje/spuštanje alatki, što je shematski i prikazano na slici 3-4.



Slika 3-4. Shematski prikaz pretvorbe tlaka tekućine u silu (Skinner, 2019)

Također, da bi se mogla ostvariti sila potrebna za manevriranje alatima, mora postojati komponenta postrojenja koja održava tlak hidrauličke tekućine u cilindru konstantnim. Za to je zadužena pogonska jedinica, prikazana na slici 3-5. Motor pogonske jedinice je većinom dizelski ili električni, a pri manjim postrojenjima može se koristiti motor samog kamiona. Motor pogonske jedinice pokreće pumpu koja je zadužena za održavanje konstantnog tlaka tekućine u cilindru. Protok tekućine u pumpi određen je željenom maksimalnom brzinom cilindara, a može se prikazati izrazom (3-1.)

$$F_p = S_c \cdot V_c \quad (3-1.)$$

- gdje su:

F_p - protok hidraulične pumpe [m^3/min]

S_c - brzina kretanja cilindra [m/min], a

V_c - površinu cilindra [m^2].



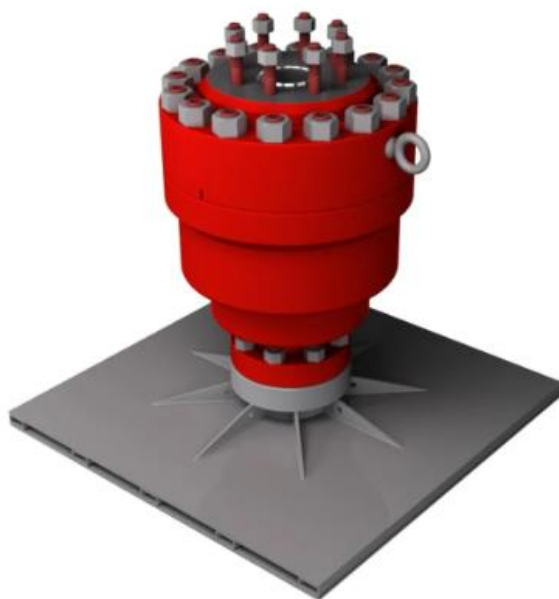
Slika 3-5. Prikaz dizelske pogonske jedinice (Skinner, 2019)

Međutim, kapacitet podizanja cijevnih alatki pomoću hidrauličke dizalice ovisi o ograničavajućim čimbenicima kao što su promjer hidrauličkog cilindra, broj cilindara u radu te tlaku hidrauličkog fluida. U razmatranje je potrebno uzeti i težinu alatki kojom se opterećuje cilindar, te promjere cijevnih alatki kojim će se manevrirati s obzirom na unutarnje promjere pomoćne opreme koja se koristi na postrojenju. Primjerice, alatke za jako duboke bušotine su u pravilu veće mase (težine) te takvo opterećenje hidraulički cilindri ne mogu podnijeti. Stoga su hidraulička remontna postrojenja u dubokim bušotinama zapravo neupotrebljiva.

Preventer je komponenta čija je uloga zatvaranje ušća bušotine i kontrola izbacivanja fluida kako ne bi došlo do erupcije. Na hidrauličkom postrojenju koriste se 3 vrste preventera: striper, prstenasti preventer i čeljusni preventer. Oni su prikazani redom na slici 3-6., 3-7. i 3-8. Kod upotrebe hidrauličkog remontnog postrojenja na ušće bušotine postavljaju se dva preventera, čeljusni kao donji te prstenasti kao gornji.



Slika 3-6. Striper (<http://www.peco-okc.com>, 2019)

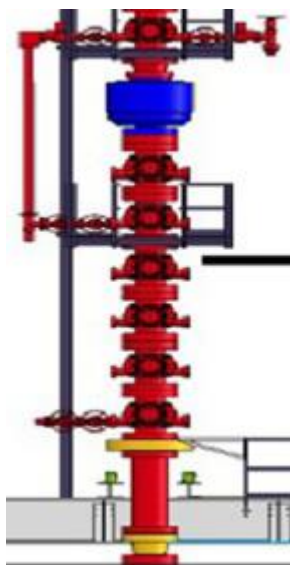


Slika 3-7. Prstenasti preventer (<https://www.nov.com>, 2017)



Slika 3-8. Čeljusni preventer (<https://jielin.en.made-in-china.com>, 2014)

Cijeli jedan preventerski sklop za upotrebu na hidrauličkom remontnom postrojenju prikazan je na slici 3-9.



Slika 3-9. Preventerski sklop (Skinner, 2019)

Striperi zatvaraju ušće s vanjske strane cijevi, to jest alatki. To rade s ciljem održavanja niskog do umjerenog tlaka te kako bi spriječili istjecanje fluida iz bušotine u okoliš. Zatvaranje se odvija pomoću fleksibilnih elastomernih elemenata. Oni se mogu napuhati, zatvoriti ili deformirati oko cijevi, a još uvijek je omogućen normalan nastavak kretanja cijevnih alatki. Prstenasti preventer koristi gumeni brtveći element. Kada se aktivira, zatvara prostor oko cijevne alatke ili zatvara puni presjek kanala bušotine ako nema alatki u njemu. Nadalje, bitno je spomenuti da se tlak zatvaranja elastomernih elemenata postavlja na 70% od maksimalnog očekivanog tlaka koji će nastati u bušotini. Čeljusni preventeri sastavljeni su od tijela i čeljusnih brtvećih elemenata. Mogu zatvoriti puni presjek bušotine ili prstenasti prostor oko cijevi (Matanović, 2006).

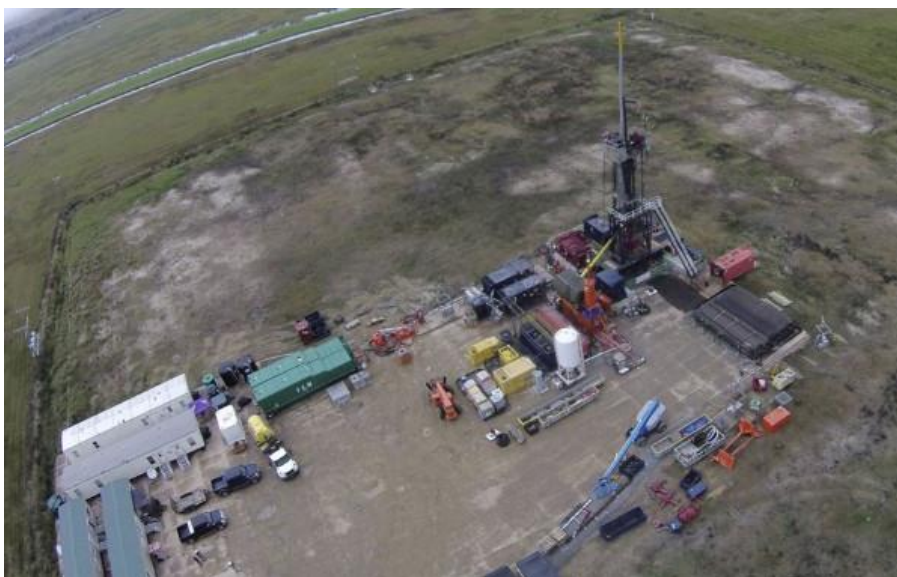
Na vrhu hidrauličke dizalice postavljeno je radno postolje (slika 3-10.). Ono nosi kontrolni panel preko kojeg se upravlja brzinom i smjerom kretanja pomičnih klinova, preventerskim sklopom i ventilima komore za izjednačavanje tlaka.



Slika 3-10. Prikaz radnog postrojenja (Pašić, 2020)

3.1. Dijelovi hidrauličkog remontnog postrojenja koji su potrebni kako bi se njime izvršile operacije bušenja

Kako bi se izvele operacije bušenja hidrauličkim remontnim postrojenjem potrebno je, uz ranije nabrojane dijelove, postrojenje opremiti i dodatnim specifičnim dijelovima opreme (isplačni sustav, hidrauličke pumpe, vrtači stol, isplačna glava i stojka). Slika 3-11. prikazuje tipični raspored dijelova hidrauličkog remontnog tijekom operacije bušenja.



Slika 3-11. Prikaz rasporeda dijelova hidrauličkog remontnog postrojenja tijekom izvođenja operacije bušenja (Skinner, 2019)

Kao što je na slici prikazano, potrebno je hidrauličko remontno postrojenje opremiti s dva isplačna bazena. Oni mogu biti manjeg volumena jer se hidrauličkim postrojenjem buše bušotine malog promjera gdje nije potreban veliki volumen isplake za ispiranje bušotina. Pored rezervoara nalaze se isplačna jama i baklja za spaljivanje plinova. Nadalje, za utiskivanje isplake koriste se pumpe, a na slici su prikazane dvije.

Vrtaći stol hidrauličkog remontnog postrojenja je hidrauličkog tipa i postavlja se na gornju stranu hidrauličke dizalice, točnije na alatke. Pomoću njega rotira se čitav niz alatki te dlijeto (slika 3-12.). Rotaciju dlijeta omogućuje jednonamjenski hidraulički cilindar kojim se može kontrolirati brzina i smjer same rotacije. Prvi hidraulički vrtaći stolovi uključivali su rotirajuću ploču namontiranu na osovinu hidrauličke dizalice ispod dinamičkih klinova. Imao je vanjski rotacijski planetarni reduktor spojen na hidraulični pogonski motor. Današnji hidraulični vrtaći stolovi koriste dva ili četiri motora spojena sa unutarnjim planetarnim reduktorom (prijenosnikom), pri čemu se ostvaruju brzine rotacije od približno 60 okretaja u minuti. Budući da je hidraulički stol masivan, nešto ga mora podržavati. Za to je zadužena glava bušotine koja ga podržava pomoću nosača.



Slika 3-12. Prikaz hidrauličkog vrtaćeg stola (Skinner, 2019)

U dubinski bušaći sklop moguće je postaviti i dubinski uronjeni motor, kojim je moguće ostvariti brzinu rotacije od 300 okretaja po minuti. Korisno je istovremeno koristiti dubinski motor i hidraulički vrtaći stol jer se takvom kombinacijom ostvaruju puno veće brzine nego kod upotrebe samo hidrauličkog vrtaćeg stola.

Isplačna glava klasičnih bušaćih postrojenja dio je cirkulacijskog sustava koji omogućava komunikaciju dijela sustava koji miruje s dijelom sustava koji rotira. Također, istovremeno podnosi vlačna i tlačna opterećenja i izolira sustav s obzirom na povećane tlakove protiskivanja. Tijelo isplačne glave ispunjeno je uljem koje služi za podmazivanje. Da se spriječi istjecanje ulja u donjem dijelu kućišta postavljeno je brtvilo koje brtvi prostor između mirujućeg tijela/kućišta i rotirajućeg vretena. Nadalje, mora postojati mogućnost kontrole nivoa ulja i nadolijevanja, uz otvor za odzračivanje odnosno otplinjavanje zbog zagrijavanja pri radu.

Isplačna glava (slika 3-13.) koja se koristi pri operacijama bušenja primjenom hidrauličkog remontnog postrojenja razlikuje se od one na klasičnim bušaćim postrojenjima jer nije ovješena na kuki već je direktno spojena na bušaći niz. Također, omogućava protok fluida iz statičnog dijela u dio koji rotira. Otporna je na velika osna opterećenja i abrazivne fluide te spojena sa stojkom preko gibljivog crijeva.



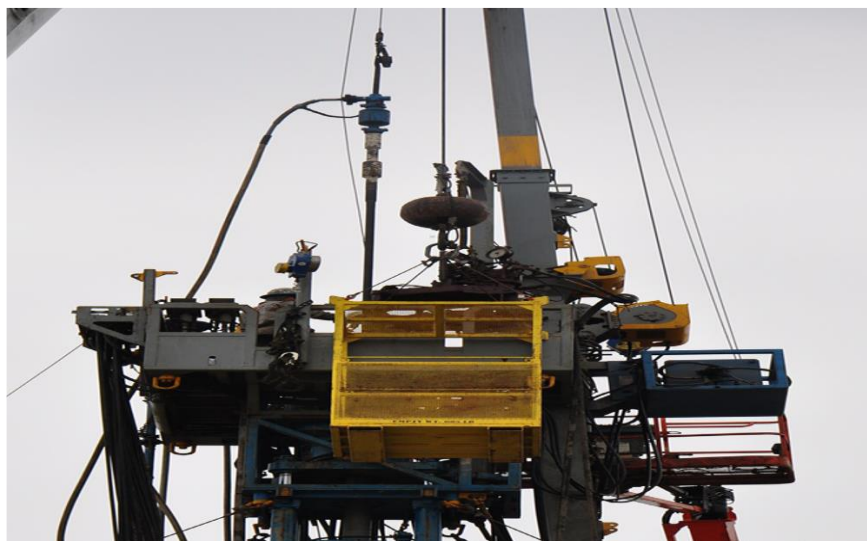
Slika 3-13. Prikaz isplačne glave koja se koristi na hidrauličkom remontnom postrojenju (<https://burovik.biz>, 2018)

Također, može se koristiti i oblik isplačne glave koja nije klasična već ima funkciju hidrauličkog motora te može rotirati niz bušaćih alatki u kombinaciji s vrtačim stolom ili čak i bez njega (slika 3-14.). Može biti pokretana hidrauličnom ili električnom energijom.



Slika 3-14. Prikaz isplačne glave koja ima ulogu hidrauličkog motora
(<https://venturetechnet.com>, 2018)

Produljenje tlačnog voda koji se proteže od sisaljke, uz strukturu tornja do potrebne visine zove se stojka. Stojka (slika 3-15.) je učvršćena uz strukturu postrojenja kako bi se poništilo djelovanje pulsirajućeg fluida u njoj. Jedan kraj gibljivog crijeva navrnut je na spojnicu stojke, a drugi na isplačnu glavu. Gibljivo tlačno crijevo omogućava svojom savitljivošću protiskivanje fluida potrebnog za rad. Ono mora biti savitljivo i nepropusno pri visokim tlakovima. Ona omogućava spuštanje ili podizanje alatki te u isto vrijeme cirkulaciju bušačkog fluida od pumpi i tlačnog voda u fleksibilno bušaće crijevo pa sve do bušaće kolone.



Slika 3-15. Prikaz isplačne glave i stojke na hidrauličkom remontnom postrojenju
(Skinner, 2019)

4. PRIMJERI UPOTREBE HIDRAULIČKOG REMONTNOG POSTROJENJA ZA OPERACIJE BUŠENJA

Sada će biti opisani konkretni primjeri u kojima se hidrauličko remontno postrojenje koristilo za izvođenje operacija bušenja.

4.1. Uporaba hidrauličkog remontnog postrojenja u operacijama bušenja u državi Gabon

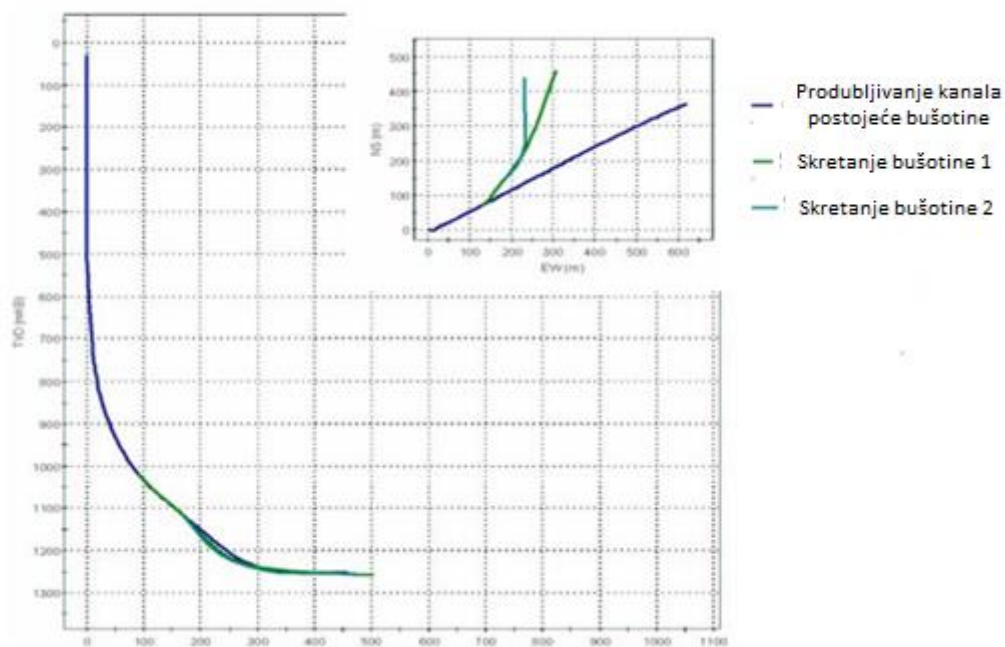
Prvi primjer primjene hidrauličkog bušačkog postrojenja za bušenje vezan je uz produbljivanje kanala postojećih naftnih bušotina u državi Gabon (Yunus et al., 2005). Naftna kompanija Total Gabon suočavala se s manjkom novaca i lošom isplativošću izvođenja operacija bušenja u postojećim poprilično plitkim kanalima (800 - 2500 metara) s klasičnim bušačim postrojenjem. Bušotine su bile jako udaljene jedna od druge što je nametalo samo po sebi zahtjev primjenom mobilnih bušačkih postrojenja. Zbog navedenih razloga te na temelju dugotrajnih razmatranja odlučeno je da je najisplativija metoda koristiti hidrauličko remontno postrojenje (slika 4-1.) u ovom slučaju za bušaće operacije.

Kako bi hidrauličko remontno postrojenje moglo odraditi ovakve poslove na njega su morale biti dodane dodatne komponente: adekvatan isplačni sustav, isplačna glava, vrtači stol te jači i veći hidraulični pogonski sustav kako bi se operacije mogle izvoditi 24 sata dnevno umjesto 12 kao što je to inače slučaj na remontnom postrojenju. Korišteno hidrauličko remontno postrojenje bilo je u stanju manipulirati težinom do 1779288 N, alatkama vanjskog promjera do 24,44 cm te ostvariti brzinu rotacije do 79 o/min.

Na šest različitih naftnih polja izvedene su četiri bušaće operacije gdje je ukupno izbušeno 3132 m kanala bušotine. Trajektorija jedne od bušotina koje su produbljivane primjerom hidrauličkog remontnog postrojenja prikazana je na slici 4-2. Nakon početnih neuspjeha hidrauličko remontno postrojenje pokazalo se kao izvrsna zamjena za klasično naročito u plićim bušotinama. Bez obzira na ograničenja hidrauličkih remontnih postrojenja, svojom mobilnošću i jednostavnošću u ovom slučaju pokazala su se kao puno bolji i efikasniji izbor od klasičnog bušačkog postrojenja. Na taj način je tvrtka Total Gabon uštedjela čak 3,5 milijuna dolara.



Slika 4-1. Prikaz hidrauličkog remontnog postrojenja na naftnom polju u Gabonu (Yunus et al., 2005)



Slika 4-2. Prikaz trajektorije jedne bušotine (Yunus et al., 2005)

Generalno, problema s takvim načinom bušenja nije bilo mnogo. Međutim, jedan problem je bio taj da vrtači stol nije mogao ostvariti dovoljan zakretni moment na bušaće alatke, a to je onemogućilo adekvatno skretanje bušotine. Taj problem je riješen dodavanjem dubinskog motora.

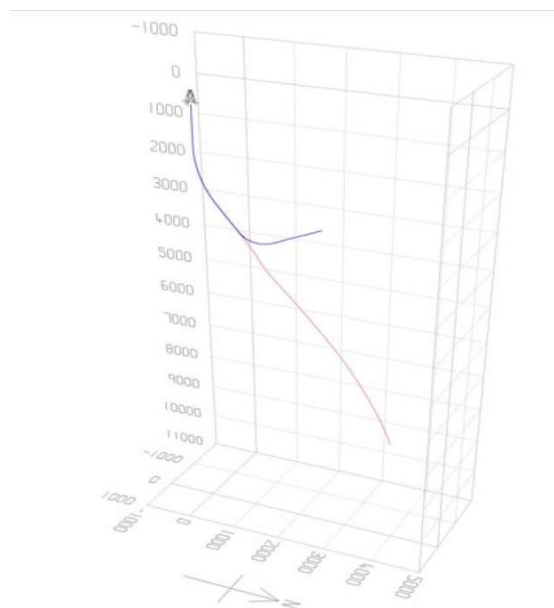
4.2. Uporaba hidrauličkog remontnog postrojenja u operacijama bušenja kroz plitka plinska ležišta u podmorju

Ovaj primjer vezan je za korištenje hidrauličkog remontnog postrojenja za bušenje plitkih ležišta plina u podmorju pokraj Dubaia 2007. godine (slika 4-3.).



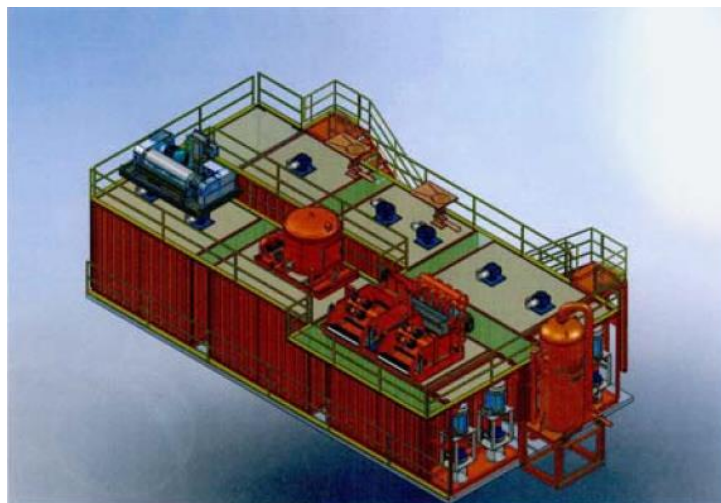
Slika 4-3. Prikaz hidrauličkog remontnog postrojenja tijekom bušenja s proizvodne platforme u odobalju (Huesecken, 2009)

Postojale su tri bušotine vertikalne dubine 3000 metara (Huesecken, 2009). Međutim, kako bi ostvarili dodatnu proizvodnju plina, na svakoj bušotini izbušen je po jedan bočni kanal. Ti bočni kanali napravljeni su na dubini od oko 1000 m. Ukupna duljina svih bočnih kanala iznosi 1300 metara. Na slici 4-4. prikazana je trajektorija jedne od tih kosih bušotina.



Slika 4-4. Prikaz trajektorije bušotine (Huesecken, 2009)

Postrojenje je moglo podnijeti vlačna opterećenja do 1512395 N. Na remontno postrojenje, kako bi moglo izvoditi bušaću operaciju, nadodana je isplačna glava, vrtači stol te isplačni sustav koji je sadržavao isplačni spremnik volumena 95,4 m³ (600 bbls) posebno razvijen za ovakve bušaće operacije na odobalnim postrojenjima (slika 4-5.).



Slika 4-5. Sustav za pripremu i pročišćavanje isplake (Huesecken, 2009)

Iako je bilo problema s nosivošću podstrukture, manjkom radnog prostora za sve dodatne dijelove potrebne za bušenje te da je bilo potrebno dvostruko više vremena za obavljanje operacija nego s klasičnim bušaćim postrojenjima, zaključeno je da je ova operacija ipak uspješnija i značajno jeftinija nego da se izvodila s klasičnim bušaćim postrojenjem. S obzirom na ovo iskustvo zaključeno je da bi za ikakve buduće operacije bušenja hidrauličkim remontnim postrojenjem bio potreban puno napredniji i veći isplačni sustav, od barem 159 m³ (1000 bbls). Također, zaključeno je da se u budućnosti za ovakve operacije koriste takozvani samopodizni brodovi (engl. *lift boats*) kako bi se dobilo više radnog prostora i kako bi se smanjilo vrijeme bušenja.

Također, operater se suočio s nedovoljnim zakretnim momentom vrtaćeg stola (8135 Nm) za pravilno rotiranje bušaćih alatki i dostizanje dovoljne brzine bušenja. Taj problem riješen je dodavanjem dubinskog motora. Nadalje, premali volumen isplačnog sustava nije mogao nadomjestiti konstantne i velike gubitke isplake prilikom bušenja kroz slojeve soli.

Cementiranje zaštitnih cijevi promjera 17,78 cm odvijalo se bez problema, no prilikom rastavljanja cementacijske glave došlo je do otpuštanja dijela koji ju je držao na mjestu. To je skoro uzrokovalo prevrtanje radne košare i direktno ugrozilo radnike.

5. RASPRAVA

U ovom dijelu prikazane su prednosti i mane bušenja hidrauličkim remontnim postrojenjem usporedno sa klasičnim bušaćim postrojenjem. Uspoređivana je nosivost, dubina i promjer bušotine, potrošnja energije i emisija stakleničkih plinova (CO_2 , CH_4 , N_2O i CO), mogućnost naknadnog pridobivanja nafte, sustav koji se koristi za spuštanje alatki u bušotinu, cijena postrojenja te radnici i njihova sigurnost (Pawlus et al., 2016).

Prije svega potrebno je obratiti pažnju na težinu alatki koje se spuštaju u bušotinu. Primjerice, alatke za jako duboke bušotine imaju veću masu te sustav za manipulaciju alatkama na hidrauličkom remontnom opterećenju ne može podnijeti takva opterećenja. Uglavnom može podnijeti teret do 2224111 N.

Stoga su hidraulička remontna postrojenja u dubokim bušotinama zapravo neupotrebljiva. Zbog toga pri bušenju dubokih bušotina prednost imaju klasična bušaća postrojenja budući da koloturni sustav može podnijeti veće opterećenje težinom niza cijevnih alatki. Hidraulička remontna postrojenja mogu se koristiti kod bušenja na manjim dubinama.

Hidraulička postrojenja mnogo su manja od klasičnih bušaćih postrojenja stoga vrlo lako mogu raditi na teško dostupnim područjima. Također, budući da su manja mogu se lakše transportirati do mjesta bušenja. Čak se na nedostupna mjesta mogu prenijeti helikopterom. Nadalje, hidrauličko postrojenje može izbušiti bušotinu znatno manjeg promjera. S jedne strane to je dobro jer je potrebno potrošiti manje energije za pokretanje pumpi, isplachnog sustava i pogonskog motora te su zbog toga manja emisija stakleničkih plinova i potrošnja goriva. S druge strane, manji promjer bušotine ima i manu. Za manji promjer potrebna je i manja proizvodna oprema, što rezultira smanjenim protokom i proizvodnjom. Klasična bušaća postrojenja mogu izbušiti bušotinu većeg promjera pa stoga koriste znatno više energije i imaju veću emisiju. Međutim, u bušotinu stanu znatno veće cijevi kroz koje je moguće pridobivati veću količinu nafte u manjem vremenu.

Klasična bušaća postrojenja koriste sustav kolotura koji ovisi o gravitaciji, dok hidraulička remontna postrojenja koriste cilindre s tekućinom pod tlakom kako bi podizali ili spuštali opremu u bušotinu. Zbog toga se za bušotine pod visokim tlakovima koriste hidraulička remontna postrojenja jer mogu potisnuti cijevi u bušotinu pod tlakom. S druge

strane, klasična postrojenja nisu pogodna za to jer bi za manipulaciju cijevima bilo potrebno na duže vrijeme ugušiti bušotinu

Još jedna vrlo bitna razlika, danas čak i najbitnija, je cijena postrojenja. Pri izradi bušotine bilo bi povoljnije koristiti hidrauličko bušaće postrojenje nego klasično.

Hidrauličko remontno postrojenje je isplativije jer zahtjeva manje radnika odnosno četiri člana posade i jednog nadređenog. Dva člana upravljaju bušaćim alatkama, a dvojica cementacijskom „košarom“. Također, danas je sigurnost radnika ugroženija na hidrauličkom remontnom postrojenju. To je zato jer rade u maloj radnoj košari na vrhu tornja pri visokim tlakovima na ušću bušotine. Također, zbog toga hidrauličko remontno postrojenje zahtjeva veću kvalificiranost radnika nego što je slučaj kod klasičnog bušaćeg postrojenja.

6. ZAKLJUČAK

Hidraulička remontna postrojenja i dalje se većinom koriste u obavljanju operacija opremanja i održavanja bušotina. No, u određenim situacijama pokazala su se kao dostojna čak i bolja alternativa od klasičnih bušaćih postrojenja. Zbog manjeg opterećenja koju mogu podnijeti ne mogu se koristiti u dubljim bušotinama i ne mogu se koristiti za bušenje bušotina velikog promjera. Budući da su bušotine malog promjera, proizvodni niz je također malog promjera što rezultira pridobivanjem manjeg volumena nafte u određenom vremenu nego u bušotinama izrađenim radom klasičnog bušačkog postrojenja. S druge strane, znatno su mobilnija i troše manje energije te zahtijevaju manje radnika.

Iz prikazanih primjera može se zaključiti da su se ova postrojenja prilikom operacija bušenja plitkih bočnih bušotina iz postojećeg kanala bušotine ili produbljivanja postojećih kanala (gdje se postavljaju na ušće već postojeće bušotine) pokazala kao mnogo efikasnija i jeftinija u odnosu na klasična bušačka postrojenja.

Samim napretkom automatizacije da se zaključiti kako će upotreba hidrauličkih remontnih postrojenja napredovati sve više te će se primjenjivati sve više u kombinaciji s klasičnim bušaćim postrojenjem ili čak samostalno.

7. LITERATURA

1. HUESECKEN, T., 2009. *Hydraulic Workover Unit is Drilling Shallow Offshore Gas Wells*, prezentirano na SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference & Exhibition held in Manama, 26.-28. listopada 2009.
2. MATANOVIĆ, D, 2006., *Tehnika izrade bušotina: Priručnik s primjerima*, Zagreb: Školska knjiga, str. 2.-4., 258.-264.
3. MATANOVIĆ, D., MOSLAVAC, B., 2011. *Opremanje i održavanje bušotina*, Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu
4. PAŠIĆ, B, 2018. *Tehnika izrade bušotina 1: Bušaća postrojenja*, nastavni materijali ak. godine 2018./2019.
5. PAŠIĆ, B, 2020. *Opremanje i održavanje bušotina 1: Hidrauličko remontno postrojenje*, nastavni materijali ak. godine 2020./2021.
6. PAWLUS, W., CHOUX, M., HANSEN, M. R., 2016. Hydraulic vs. Electric: A Review of Actuation Systems in Offshore Drilling Equipment, Department of Engineering Sciences- University of Agder, PO Box 509, N-4898 Grimstad, Norway
7. SKINNER, L., 2019. *Hydraulic Rig Technology and Operations* - Ujedinjeno Kraljevstvo: Elsevier, str. 61.-101., 384.-433.
8. YUNUS, F., DUFOUR, J., RIPAYRE, A., MERCIER, M., 2005. A Unique Experience of Using Hydraulic Workover Unit (HWU) for Re-entry and Drilling Operation Onshore Gabon, prezentirano na SPE/IADC Middle East Committee Technology Conference & Exhibition u Dubaiju, 12.-14. rujna 2005.

Izvori:

9. BUROVIK, 2018
URL: <https://burovik.biz/swivel-45/> (9.9.2021.)
10. JELIN, 2014
URL: <https://jelin.en.made-in-china.com/product/iqnEVDWLsdrQ/China-Shaffer-Hydril-Double-Single-RAM-Bop-for-Wellhead-with-API-16A-Certificate.html> (12.9.2021.)

11. JEREH, 2020
URL: <https://www.jereh-pe.com/en/products/drilling-and-workover-equipment/truck-mounted-drilling-rig> (3.9.2021.)
12. NOV, 2016
URL: <https://www.nov.com/products/pipe-handling-systems> (4.9.2021.)
13. NOV, 2017
URL: <https://www.nov.com/products/annular-bop> (12.9.2021.)
14. PECO, 2019
URL: <http://www.peco-okc.com/index.php/products/stripping-heads-and-rubbers> (3.9.2021.)
15. PETOIL, 2012.
URL: <http://petoil.blogspot.com/2012/03/types-of-drilling-rigs-1-land-rigs.html> (4.9.2021.)
16. SJVGEOLOGY, 2014,
URL: <http://www.sjvgeology.org/history/> (20.8.2021.)
17. VENTURETECH, 2018
URL: <https://venturetechnet.com/power-swivels/> (10.9.2021.)

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno temeljem znanja stečenog na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu služeći se navedenim referencama.



Tomislav Stanić



KLASA: 602-04/21-01/102
URBROJ: 251-70-12-21-2
U Zagrebu, 15.9.2021.

Tomislav Stanić, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/102, URBROJ: 251-70-12-21-1 od 23.4.2021. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

BUŠENJE UZ PRIMJENU HIDRAULIČKOG REMONTNOG POSTROJENJA

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Izv.prof.dr.sc. Borivoje Pašić nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Voditelj:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje Pašić

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Vladislav Brkić

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Dalibor
Kuhinek

(titula, ime i prezime)