

# Pomoćna plovila kod odobalnog bušenja

---

**Cindrić, Goran**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:704079>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-30**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij naftnog rudarstva

**POMOĆNA PLOVILA KOD ODOBALNOG BUŠENJA**

Diplomski rad

Goran Cindrić

N - 189

Zagreb, 2017

POMOĆNA PLOVILA KOD ODOBALNOG BUŠENJA

GORAN CINDRIĆ

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

Sažetak

Kako se odobalna grana naftne industrije razvijala, tako je došlo i do povećane potražnje za razvojem odobalnih plovila specifične namjene koja će svojim djelovanjem potpomagati operacije bušenja. Pomoćna plovila kod odobalnog bušenja (*engl. Offshore Support Vessels*) i njihove najpopularnije izvedbe obrađene su u ovom radu.

Glavne riječi: pomoćna plovila, odobalno bušenje, brod, barža, transport, oprema

Diplomski rad sadrži: 33 stranice, 16 slika i 28 referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

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

Voditelj: Dr. sc. Zdenko Krištafor, redoviti profesor RGNF

Ocjenjivači : 1. Dr. sc. Zdenko Krištafor, redoviti profesor RGNF  
2. Dr. sc. Lidia Hrnčević, izvanredna profesorica RGNF  
3. Dr. sc. Vladislav Brkić, docent RGNF

Datum obrane: 23. siječanj 2017., Rudarsko – geološko – naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

## SUPPORT VESSELS IN OFFSHORE DRILLING

GORAN CINDRIĆ

Thesis completed at: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Petroleum Engineering  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

### Abstract

As offshore oil industry evolved, it led to an increased demand in development of specific offshore vessels that would make drilling operations possible. Therefore, offshore support vessels have been designed, and their most popular versions are discussed in this thesis.

Key words: support vessel, offshore drilling, boat, barge, transport, equipment

Thesis contains: 33 pages, 16 figures and 28 references

Original in: Croatian

Thesis deposited at: The Library of the Faculty of Mining, Geology and Petroleum  
Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Full Professor Zdenko Krištafor, PhD

Reviewers: 1. Full Professor Zdenko Krištafor, PhD  
2. Associate Professor Lidia Hrnčević, PhD  
3. Assistant Professor Vladislav Brkić, PhD

Date of defense: January 23<sup>rd</sup>, 2017, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,  
University of Zagreb

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. POMOĆNA PLOVILA KOD ODOBALNOG BUŠENJA .....	2
2.1. PLOVILA ZA POTPORU URONIMA .....	2
2.2. PLOVILA ZA PODRŠKU DALJINSKI UPRAVLJANIM JEDNICAMA .....	3
2.2.1. Klasifikacija ROV jedinica.....	6
2.2.2. Tipovi ROV jedinica .....	7
2.3. POMOĆNA PLOVILA PRI POSTAVLJANJU KONSTRUKCIJA.....	9
2.3.1. Barže .....	12
2.3.2. Barže dizalice .....	13
2.3.3. Poluuronjive barže .....	16
2.3.4. Barže za polaganje cjevovoda .....	17
2.4. PLOVILA ZA OPSKRBU PLATFORMI .....	20
2.5. PLOVILA ZA RUKOVANJE SIDRIMA.....	22
2.6. REMORKERI .....	23
2.7. PLUTAJUĆE POSTROJENJE ZA PROIZVODNJU, SKLADIŠTENJE I ISTOVAR NAFTE I PLINA.....	25
2.8. TENDER PLATFORME .....	27
3. ZAKLJUČAK .....	30
4. LITERATURA .....	32

## POPIS SLIKA

<b>Slika 2-1.</b> Plovilo za potporu uronima .....	3
<b>Slika 2-2.</b> Brod za potporu daljinski upravljanim jedinicama .....	4
<b>Slika 2-3.</b> Daljinski upravljana jedinica .....	6
<b>Slika 2-4.</b> Radni ROV „ <i>Hercules</i> “ .....	8
<b>Slika 2-5.</b> Dizalica rešetkaste konstrukcije s mogućnosti podešavanja nagiba.....	<b>Error! Bookmark not defined</b>
<b>Slika 2-6.</b> Bušaća barža .....	13
<b>Slika 2-7.</b> Barža sa „ <i>sheerleg</i> “ izvedbom dizalice .....	14
<b>Slika 2-8.</b> Barža s rotirajućom dizalicom.....	155
<b>Slika 2-9.</b> Shematski prikaz poluuronjive barže .....	16
<b>Slika 2-10.</b> Vodicica za polaganje cijevi .....	18
<b>Slika 2-11.</b> S-polaganje cjevovoda.....	19
<b>Slika 2-12.</b> Plovilo za opskrbu platformi .....	21
<b>Slika 2-13.</b> Brod za polaganja sidara.....	22
<b>Slika 2-14.</b> Oceanski remorker.....	24
<b>Slika 2-15.</b> Plutajuće postrojenje za proizvodnju, skladištenje i istovar nafte.....	27
<b>Slika 2-16.</b> Tender platforma .....	29

## POPIS KORIŠTENIH POJMOVA

AHTS	Plovila za rukovanje sidrima ( <i>engl. Anchor Handling Tug Supply vessel</i> )
BOP	Protuerupcijski uređaj ( <i>engl. Blow Out Preventer</i> )
DES	Sustav za bušenje ( <i>engl. Drilling Equipment Set</i> )
DSV	Plovilo za potporu uronima ( <i>engl. Dive Support Vessel</i> )
FPSO	Plutajuće postrojenje za proizvodnju, skladištenje i istovar nafte i plina ( <i>engl. Floating Production, Storage and Offloading unit</i> )
IHP	Naznačena snaga motora ( <i>engl. Indicated Horsepower</i> )
OSV	Pomoćno plovilo pri odobalnom bušenju ( <i>engl. Offshore Support Vessel</i> )
PSV	Plovila za opskrbu platformi ( <i>engl. Platform Supply Vessel</i> )
RAO	Statistički proračun teoretskog ponašanja plovila pri radu na moru ( <i>engl. Response Amplitude Operator</i> )
ROV	Daljinski upravljana jedinica ( <i>engl. Remotely Operated Vehicle</i> )
SHP	Osovinska snaga motora ( <i>engl. Shaft Horsepower</i> )
TAD	Bušenje pomoću tender platformi ( <i>engl. Tender Assisted Drilling</i> )
TLP	Platforma s nategom u nogama ( <i>engl. Tension Leg Platform</i> )

## 1. UVOD

Kako se razvoj naftnih i plinskih polja kretao u sve dublja i nepristupačnija područja, dolazilo je do znatnog povećanja potrebe za novim plovilima, opremom i tehnologijom sposobnom za rad u tim okolnostima. Raspon, kompleksnost i inventivnost novih rješenja koja su pratila konstantno napredujuće izazove bušenja u dubokom moru rijetko su viđane u razvoju tehnologija ostalih industrija. Odobalna pomoćna plovila (*engl. Offshore Support Vessel – OSV*) rade u najtežim radnim uvjetima poznatim čovjeku i njihova pouzdanost je od neizmjerne važnosti kako bi se zaštitila posada, okoliš i infrastruktura polja na kojima rade.

Odobalni sektor naftne industrije (*engl. offshore*) zahtjeva od plovila višestruku namjenu u izvršavanju različitih zadataka, s često jedinstvenim sustavima i opremom. Ta plovila mogu imati raspon od specijalnih brodova izgrađenih za jedinstvene zadaće, kao što su to primjerice različiti oblici zarona i podvodnih operacija, do plovila koja se uzastopno prenamjenjuju iz jedne svrhe u drugu kako se priroda posla mijenja. Stoga, primjenjivost višenamjenskih plovila pokriva vrlo širok spektar primjene i vrlo je teško dati konačan uvid u sva dostupna plovila.

Kako god, postoje mnoge standardne značajke, sustavi i operativni postupci koji su primjenjivi širom industrije. Općim pregledom i predstavljanjem plovila specijaliziranih za pružanje potpore za vrijeme raznih operacija plovila koja imaju ulogu prijevoza i opskrbe, plovila namijenjenih različitim oblicima tegljenja, baržama i njihovim specijaliziranim izvedbama i specifičnim plovilima dan je uvid u ovaj dio naftne industrije.

Ovaj rad bit će usmjeren upravo na ta, pomoćna plovila pri bušenju u morskom, odobalnom okruženju s dubinama većim od onih s kojima se industrija susreće pri bušenju na kopnu, koja su jednako bitna kao i sama bušaća postrojenja za uspješno izvođenje zadaća vezanih uz eksploataciju nafte i plina.



## 2. POMOĆNA PLOVILA KOD ODOBALNOG BUŠENJA

Kako bi se mogle opisati glavne karakteristike dizajna koje se mogu očekivati na pomoćnom plovilu pri odobalnom bušenju, bitno je definirati tipove plovila uključene u ovu kategoriju i samim time definirati i zadaće koje ta plovila moraju ispunjavati. Izraz OSV može uključivati mnoge tipove plovila i uobičajeno je da jedno plovilo ispunjava više određenih zadaća. Tako jedno plovilo može obavljati operacije urona, daljinski upravljanih operacija (*engl. Remotely Operated Vehicle - ROV*), nadgledanja i izgradnje.

O budućnosti odobalnog bušenja postignut je konsenzus kako će razvoj i dalje napredovati, s naglaskom na tehnička otkrića u svrhu smanjenja troškova. Industrija je pokazala da se može bušiti i preko 3000 m dubine mora i da su naftno-rudarske aktivnosti izvedive i u najtežim uvjetima, ali po visokoj cijeni koja može prelaziti stotine tisuća dolara po danu. Posebno su česte duboke bušotine koje koštaju i više od 50 milijuna dolara, a u posebnim okolnostima su koštale i više od 100 milijuna dolara. Jako je teško opravdati ovako visoke troškove izrade, ali nije isključno s obzirom na rizike uključene u takve pothvate. Izazov za odobalnu industriju je bušiti sigurno i ekonomično, što znači koristiti i ekonomičnu tehnologiju uzimajući u obzir sigurnosne, ekološke i ljudske faktore ([www.petrowiki.org](http://www.petrowiki.org), 2016).

### 2.1. PLOVILA ZA POTPORU URONIMA

Plovila za potporu uronima (*engl. Dive Support Vessel – DSV*) unutar odobalne industrije mogu imati raspon od prenamijenjenih plovila opremljenih elementarnim sustavima za opskrbu zrakom, do plovila izgrađenih upravo za tu namjenu, opremljenih složenim sustavima za podršku uronima. DSV (prikazan na slici 2-1.) je zapravo brod koji se koristi kao plutajuća baza za profesionalne zarone često izvođene oko naftnih platformi i s njima povezanim radnjama u dubokim morima. Sustavi, kojima su takvi brodovi opremljeni, će se uvelike razlikovati između onih namijenjenih za pliće urone i onih za operacije u dubokom moru, no kako bilo, općeniti principi dizajna za DSV uključivat će one za odobalna plovila opremljena dodatnim sustavima za održavanje života i sustava komora, zvana za zarone, sustava za rukovanje zvonima i sustavima za hitnu evakuaciju.



Slika 2-1. Plovilo za potporu uronima ([www.maritime-connector.com](http://www.maritime-connector.com))

Za bilo koje plovilo s kojeg se obavlja zaron od velike je važnosti velika preciznost u određivanju pozicije i izuzetna sposobnost zadržavanja iste. Stoga su DSV plovila opremljena višestrukim sustavima za dinamičko pozicioniranje, koja u svojoj tehničkoj izvedbi moraju imati nezavisni sustav za rezervu (Ritchie, 2008). Manevriranje i propulzijski sustavi su izuzetno bitni u izvršavanju sigurnih i uspješnih operacija bilo pri kretanju broda malim brzinama ili dok je plovilo statično u zadržavanju pozicije s visokim stupnjem preciznosti. Višestrukost izvedbe sustava za dinamičko pozicioniranje, manevriranje brodom i propulzijski sustav od temeljne su važnosti za sigurnost opreme i ronioca zbog mogućih nesreća ukoliko dođe do gubitka pozicije.

## 2.2. PLOVILA ZA PODRŠKU DALJINSKI UPRAVLJANIM JEDNICAMA

Plovila za podršku daljinski upravljanim jedinicama (slika 2-2.) su posebna vrsta dinamički pozicioniranih plovila s kojih se obavljaju daljinski upravljane operacije. Ova plovila su opremljena računalno kontroliranim, preciznim sustavima za zadržavanje pozicije s dodatnim rezervnim i sigurnosnim svojstvima koja pružaju pričuvna računala, pogoni i koordinatni sustavi za pozicioniranje. Takva plovila imaju dodatne kabine i potreban smještaj za osoblje zaduženo za upravljanje ROV jedinicama ([www.sealionshipping.co.uk](http://www.sealionshipping.co.uk), 2016).

Plovila za podršku daljinski upravljanim jedinicama (*engl. ROV Support Vessel*) imaju nekoliko općenitih značajki. To su (Ritchie, 2008):

- centralno smješten sustav za porinuće ROV jedinica. Središnji dio broda najstabilnije je područje za manipulaciju (dizanje i spuštanje) ROV jedinica.
- tzv. „A-okvir“ – većinom se postavlja samo na plovila izgrađena samo za potporu ROV jedinicama, i postavlja se na krmu takvih brodova za izvlačenje ROV-a;
- pošto operacije nadzora zahtijevaju prikupljanje i obradu velike količine podataka, na ovim plovilima postoje i veliki prostori za urede i procesuiranje takvih informacija;
- kranska dizalica za lakše terete.



Slika 2-2. Brod za potporu daljinski upravljanim jedinicama (*engl. 'ROV Support Vessel'*)  
([www.worldmaritimenews.com](http://www.worldmaritimenews.com))

Upotreba daljinski upravljanih sustava je obično jednostavnija i sigurnija od korištenja ljudske radne snage zbog toga što nema potrebe za opskrbu zrakom i stoga što ROV jedinice imaju sposobnost duljeg boravka pod vodom. Također, ROV se mogu koristiti u situacijama koje su

opasne ili neprikladne za slanje ronioca zbog prepreka ili nepovoljnih vremenskih uvjeta (Ritchie, 2008).

Postoje i nedostaci pri korištenju ROV jedinica umjesto ronioca. Nedostatak izravnog ljudskog nadzora i vizualnog promatranja u određenim situacijama otežava donošenje odluka.

Mnogi se postupci mogu obaviti kombinacijom upotrebe ronioca i ROV jedinica te su stoga mnoga plovila za potporu uronu opremljena ROV jedinicama kao standardnom opremom, ali često se daljinski upravljani način izvršavanja zadaća gleda kao alternativna metoda obavljanja podpovršinskih radnji i kao takva, manja ROV pomoćna plovila su često korištena za isključivo daljinski obavljane zadaće. Takva jedinica prikazana je na slici 2-3.

Aktivnosti koje se obavljaju pomoću daljinski upravljanih jedinica (*engl. ROV*) se razlikuju, a mogu uključivati sljedeće (Ritchie, 2008) :

- nadzor ronioca – ROV jedinice se mogu koristiti za nadzor ronioca ili ronilačkog tima kako bi se osigurala sigurnosti i potrebna pomoć za ronilačke zadaće u kojima su potrebni određeni alati ili robotske ruke;
- instalacija, čišćenje i uklanjanje krhotina – ROV jedinica kod odobalnih postrojenja može izvoditi vizualni nadzor i praćenje stanja korozije, obrastanja te pukotina i strukturalnog integriteta konstrukcije.
- nadzor cjevovoda – ROV jedinice mogu se koristiti za pregledavanje mogućih pukotina, podmorskog razdjelnika i podvodnih cjevovoda u potrazi za mogućim propuštanjima i kontrolu strukture i integriteta cjevovoda;
- promatranje morskog dna – prije postavljanja cjevovoda, kablova i struktura na morskom dnu, provodi se vizualno promatranje dna pomoću ROV jedinica kako bi se uočile moguće prepreke i spriječile nezgode;
- potpora bušenju – ROV jedinica se inače održava na palubi odobalnih bušaćih postrojenja kako bi pomagala prilikom bušaćih operacija tj. točnije kako bi asistirala u slučaju nastanka problema. ROV jedinica se može koristiti za vizualni nadzor i praćenje različitih podvodnih operacija, kao i za popravak podvodnih konstrukcija;
- podvodna instalacija pomoćnih konstrukcija – ROV jedinice se mogu upotrijebiti kao pomoć pri postavljanju i održavanju razdjelnika, podmorskih struktura i platformi;

- podrška pri postavljanju cjevovoda – ROV jedinice se mogu koristiti za pružanje dodatne vizualne podrške prilikom postavljanja cjevovoda ili kablova.



Slika 2-3. Daljinski upravljana jedinica (engl. *Remotely Operated Vehicle – ROV*)  
([www.offshoreenergytoday.com](http://www.offshoreenergytoday.com))

### 2.2.1. Klasifikacija ROV jedinica

#### **Klasa I** - ROV za promatranje

Ovo su relativno mala plovila opremljena samo kamerom, svjetlima i sonarom. Primarno su namijenjena isključivo za promatranje iako mogu imati i još jedan dodatan senzor (kao što je oprema za katodnu zaštitu) ili dodatnu kameru.

#### **Klasa II** - ROV za promatranje s mogućnošću opterećenja

Ova plovila su opremljena dvjema kamerama, koje istovremeno snimaju i sonarom kao standardnom opremom i sposobna su upravljati s nekoliko dodatnih senzora. Također, mogu baratati jednostavnim robotskim funkcijama.

#### **Klasa III** – radna plovila

Ovo su plovila dovoljno velika za nošenje dodatnih senzora i/ili robotskih manipulatora i često imaju sposobnost bežičnog slanja informacija, koje omogućuje dodatnim sensorima i alatima rad bez da su fizički povezana dodatnim kablovima za prijenos podataka. Ova su plovila većih dimenzija i snažnijeg pogona od prethodnih klasa, većih su sposobnosti i dostupna su za razne dubine.

#### **Klasa IV** – tegljena plovila i plovila za kretanje po dnu

Tegljena plovila se tegle kroz vodu pomoću površinskog plovila ili kolotura. Iako nemaju propulzijski pogon svejedno imaju određenu upravljivost. Plovila koja se kreću po dnu koriste kotače ili gusjenice za kretanje morskim dnom, a neka imaju sposobnost i preploviti kraće udaljenosti. Ova su plovila pretežno većih dimenzija i mase te su često dizajnirana za obavljanje specifičnih aktivnosti kao što je primjerice zakapanje kablova.

#### **Klasa V** – prototipovi ili razvojna plovila

Ova skupina plovila uključuje ona koja se još razvijaju i ona koja se smatraju prototipovima. Plovila specijalne namjene, koja ne pripadaju u niti jedan od prethodnih klasa, se također svrstavaju u ovu skupinu.

#### 2.2.2. Tipovi ROV jedinica

Za potrebe aktivnosti u koje su uključena plovila za potporu ROV jedinicama, u standardnoj upotrebi se nalaze radne jedinice i jedinice za promatranje. U čitavoj industriji postoji mnogo tipova ROV jedinica za specifičnu primjenu, ali su najčešća tri oblika. To su „*Hercules*“ i „*Centaurion HD*“ kao radne jedinice (gotovo jednake, s tim da „*Hercules*“ može raditi na većim dubinama), te „*Seaeye Tiger*“ kao jedinica za promatranje (Ritchie, 2008). Kroz opis njihovih značajki bit će prikazan opći uvid tipa jedinica koje se mogu pronaći na takvim plovilima.

Glavna funkcija radnih ROV jedinica je olakšati rad koji se veže uz urone. U situacijama kada, zbog operativnih ograničenja, blizine opasnosti i/ili uvjeta okoliša (morske struje), nije moguće korištenje ronioca, radne ROV jedinice mogu zamijeniti ronioce i mogu biti korištene za razne aktivnosti koristeći jedinice za upravljanje tzv. manipulatore (robotske ruke). Ova vrsta ROV jedinica se može koristiti za rukovanje, podizanje i kontrolu ventila i druge podvodne opreme.

Sažetak glavnih značajki i mogućnosti standardne radne jedinice „*Hercules*“ prikazane na slici 2-4., uključuje (Ritchie, 2008):

- visoku upravljivost ROV jedinice omogućuje osam potisnih propulzijskih pogona, od kojih su četiri vertikalno postavljena, a četiri horizontalno, omogućujući jedinici horizontalno, vertikalno i lateralno kretanje;

- kontrolni sustav ROV jedinice koristi tehnologiju optičkih vlakana za video prikaz i prijenos informacija do operatorske stanice. Ovo svojstvo omogućuje razmjenu informacija između radne opreme i nadzornog sustava s glavnim sustavom;
- robusna, ali relativno laka konstrukcija omogućava dobru zaštitu ROV sustava, senzora i indikatora. Trenutni sustavi na jedinici „*Hercules*“ mogu raditi do 3000 metara dubine;
- ROV jedinica je opremljena žiroskopskim sustavom navođenja (automatsko usmjeravanje) i tlačnim (automatsko podešavanje dubine) kontrolnim sustavima, omogućujući visok stupanj preciznosti u pozicioniranju;
- za obavljanje poslova nadzora i navođenja u kojima se koriste manipulatori omogućeno je postavljanje do 6 kamera;
- najviše 7 manipulatora (robotskih ruku) dostupno je za širok spektar primjene različitih alata i obavljanja raznih zadaća.



Slika 2-4. Radni ROV „*Hercules*“ (www.rovexchange.com)

Moguće je i opremanje ROV jedinice dodatnim poveznim sustavom, koji tada povećava mogućnost udaljavanja ROV jedinice od matičnog plovila. ROV jedinicu je stoga moguće porinuti s plovila koje se nalazi u neugroženom prostoru i pristupiti potrebnoj platformi ili odobalnom postrojenju.

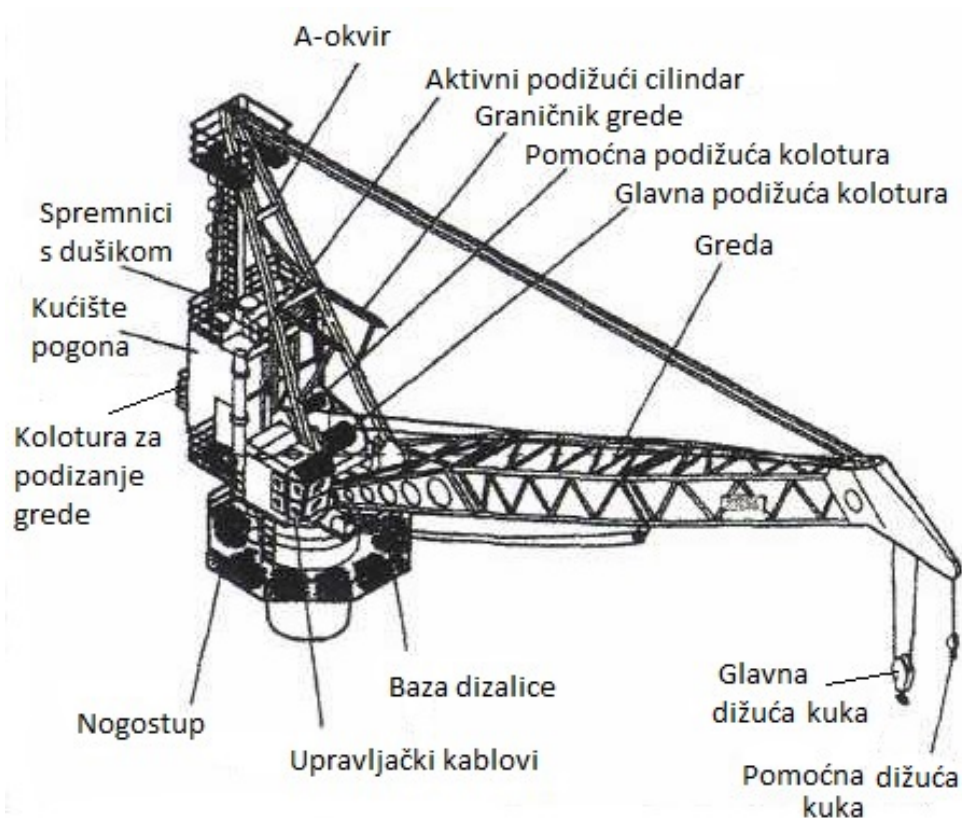
Značajke ROV jedinica za promatranje i nadzor su opisane kroz značajke i mogućnosti ROV jedinice „*Seaeye Tiger*“ kao generalnog predstavnika ove vrste ROV jedinica. Osnovne značajke ROV jedinice „*Seaeye Tiger*“ su (Ritchie, 2008):

- izvrsna upravljivost, koja je omogućena čak i pri jakim strujama pomoću 5 potisnika (*engl. thruster*) koji omogućuju upravljanje jedinicom u horizontalnom, vertikalnom i lateralnom smjeru;
- obavljanje aktivnosti je moguće u vodama do 1000 metara dubine;
- okvir je izrađen od polipropilena te je stoga otporan na koroziju i nema potrebe za njegovim održavanjem. Otvoreni dizajn okvira omogućuje poboljšano djelovanje potisnika;
- automatsko usmjeravanje i reguliranje dubine;
- mogućnost postavljanja manipulatora s jednom funkcijom, kao što je primjerice rezanje;
- moguć je dvostruki povezni sustav što omogućuje povećanje doseg sa 140 metara na 240 metara od ROV pomoćnog plovila. Također je moguća i izvedba bez poveznog sustava;
- za aktivnosti promatranja, ovakva ROV jedinica je standardno opremljena kamerama u boji, crno-bijelim kamerama za slabo osvijetljenje i skenirajućim sonarom. Kamere imaju mogućnost podešavanja nagiba.

### 2.3. POMOĆNA PLOVILA PRI POSTAVLJANJU KONSTRUKCIJA

Osnovna zadaća bilo kojeg plovila za pomoćne operacije pri postavljanju konstrukcija (*engl. construction vessels*) je omogućiti uspješan istovar i postavljanje podmorske strukture ili nadpovršinskog postolja u odobalnom okruženju na kontroliran i siguran način. Takve radnje mogu uključivati i korištenje ronioca ili daljinski upravljanih jedinica, ali većinski dio posla za obavljanje izgradnje i postavljanje struktura obaviti će se pomoću kranske dizalice (slika 2-5.).





Slika 2-5. Dizalica rešetkaste konstrukcije s mogućnosti podešavanja nagiba (Ritchie, 2008)

Općenito će plovilo za pomoć pri izgradnji zajedno sa standardnim OSV sustavima i opremom, imati sljedeća svojstva (Ritchie, 2008):

- glavno svojstvo svakog plovila ovog tipa je sposobnost podizanja, manevriranja i postavljanja podmorskog dijela strukture. Specificiranje prikladne dizalice stoga je najvažnija stvar koju treba uzeti u obzir prilikom dizajniranja ovog plovila i njegovih sustava;
- ovisno o sposobnostima plovila i kapacitetu dizalice, moguća je potreba za postavljanjem sustava za sprječavanje ljuľanja (*engl. roll*) kako bi se zadržala stabilnost i integritet plovila u slučaju rada s velikim teretima;
- dostupnost velike, otvorene i prikladno ojačane palube neophodna je za mogućnost izvršavanja radnji vezanih uz izgradnju. U nekim okolnostima, kao što su postavljanje gornjih dijelova konstrukcija i opreme, oni se mogu dopremiti na lokaciju na baržama. Ipak, za općenite podvodne zadaće, kao što su postavljanje podmorskog razdjelnika i priрубnice, oprema se utovaruje na samo plovilo za instalaciju;
- postavljene sustave za pomoć uronima i ROV jedinicama.

Pozicioniranje dizalice na plovilu, kao glavnog elementa plovila za potporu izgradnji, zahtijeva pomno planiranje i ovisit će o prirodi aktivnosti koje bi plovilo trebalo obavljati. Za plovilo za potporu izgradnji moraju se razmotriti razni operativni i sigurnosni aspekti.

Općenito gledano, pozicioniranje dizalice na glavnoj palubi uvjetovano je sličnim uvjetima kao i postavljanje sustava za potporu uronima ili ROV sustava. Postavljanje kranske dizalice u sredini plovila i po njegovoj centralnoj liniji umanjit će djelovanje pomicanja plovila na samu dizalicu, a time i na teret. Ipak, takvo pozicioniranje može značajno utjecati na operativne mogućnosti dizalice. Dizalica smještena na jednoj strani plovila, imat će veći radijus djelovanja, a time i veće radne sposobnosti, iako samo na toj strani plovila. Ovisno o tome hoće li dizalica po duljini broda biti smještena bliže centru ili krmi određivat će njen doseg po slobodnom dijelu palube. Postavi li se dizalica bliže jednoj od bočnih strana plovila, imat će prednost iskorištavanja veće čvrstoće palubne konstrukcije koja postoji na tim mjestima.

Kod plovila za potporu uronu, dizalica se koristi kao pomoć pri operacijama urona i stoga se njenu poziciju na plovilu treba razmotriti u odnosu na postavljeni sustav urona. Glavna dizalica može također poslužiti za izvlačenje zvona za urone u slučaju zakazivanja glavnog ili sekundarnog sustava za upravljanje zvonom.

Pozicioniranje kranske dizalice, pogotovo one velikih nosivosti, imat će značajan utjecaj na stabilnost plovila tijekom postupaka dizanja i spuštanja. U slučajevima krajnjeg dosega kрана dizalice, prilikom rada s velikim teretima, smještaj same dizalice diktirat će razinu složenosti sustava za sprječavanje ljuljanja kako bi se osigurala maksimalna stabilnost plovila.

Kretanje plovila ima velik utjecaj na karakteristike izvršavanja zadaća i ograničenja korištenja dizalice na plovilu. U svrhu određivanja teoretskog ponašanja plovila pri radu na moru, provodi se statistički proračun (*engl. Response Amplitude Operator – RAO*). Podaci za proračun se dobivaju promatranjem ponašanja modela tog broda u bazenu, zajedno s podacima dobivenim računalnom analizom modela u odgovarajućem programskom sustavu. U praksi, RAO statistika govori kakav će utjecaj na kretanje broda imati specifični morski uvjeti (Ritchie, 2008).

Osnovna svrha kranske dizalice je podizanje strukture s plovila i postavljanje na morsko dno, stoga će najvažniji aspekt dizalice biti njena nosivost i radni radijus kрана koji će biti ključni za određivanje radnih svojstava dizalice, a time i plovila.

Kapacitet dizalice i radni radijus prilikom prijenosa tereta među plovilima moraju biti određeni još u fazi projektiranja dizalice kako bi se dinamički faktor mogao uzeti u obzir u svrhu izračunavanja sigurne težine radnog opterećenja.

Kod rada dizalice u odobalnim uvjetima za određene terete moraju se unaprijed odrediti dopustivi uvjeti na moru i maksimalno dopušteno pomicanje broda. Kod podvodnih radova i rada s teretom, prilikom proračuna nosivosti dizalice potrebno je uzeti u obzir težinu odmotane žice potrebne za rad na određenoj dubini (Ritchie, 2008).

### 2.3.1. Barže

Barža je plovilo ravnog, punog dna, namijenjeno za transport glomaznih tereta, uglavnom bez vlastitog pogona i posade. Više barži može biti međusobno povezano, a pokreću se tako da ih guraju ili vuku brodovi za tegljenje (*engl. tug boats*) (Babic, 2015).

Odobalna barža za postavljanje konstrukcija mora biti dovoljno duga kako bi se pri pozicioniranju minimalno pomicala naprijed-nazad (*engl. surge*) i kako bi imala minimalno posrtanje pramca, odnosno krme (*engl. pitch*) uslijed djelovanja valova pri kojima radi. Mora biti dovoljno široka za osiguranje potrebnog slobodnog palubnog prostora te kako bi se što manje ljuljala oko uzdužne osi (*engl. roll*). Dubina gaza barže mora biti dovoljna kako bi postojala dostatna čvrstoća za opiranje opterećenjima kao što su uzdužno izvijanje trupa prema gore (*engl. hog*) ili dolje (*engl. sagg*) i torzija (*engl. torque*) (Gerwick, 2007).

Tipične odobalne barže su duge od 80 do 160 metara. Širina bi im trebala biti jedna trećina, ili jedna petina duljine, dok je dubina gaza obično od jedne petnaestine duljine na više. Takvi omjeri pokazali su prilično uravnotežena strukturalna svojstva pod djelovanjem opterećenja zbog valova (*engl. wave loading*). Barže koje se koriste na rijekama ili jezerima i koje su podložne minimalnim valnim opterećenjima i radu u plitkim vodama, mogu imati dubinu gaza tek 1/20 duljine (Gerwick, 2007).

Barže se kod odobalnog bušenja koriste za različite namjene. Mogu biti opremljene dizalicama velike nosivosti, protupožarnim sustavom, mogu biti namijenjene polaganju cjevovoda, izradi bušotina ili čak smještaju osoblja ([www.maritime-connector.com](http://www.maritime-connector.com), 2016).

Barže namijenjene bušenju (slika 2-6.) su pokretne bušaće platforme za izradu bušotina u plitkim riječnim deltama, jezerima, lagunama i morskim zaljevima. Vodoravni ponton služi za plutanje i balastiranje platforme te za njeno nalijeganje na riječno ili morsko dno (Krištafor, 2015). Namijenjene su bušenju u plitkim vodama (do dubine od 6 metara). Barža se tegli na lokaciju bušenja te se potopi dok svojim trupom ne nasjedne na morsko dno. Zaravnjeno dno barže svojom velikom površinom sprječava daljnje tonjenje u meko tlo i daje stabilnu bušaću platformu ([www.wiki.aapg.org](http://www.wiki.aapg.org)).



Slika 2-6. Bušaća barža ([www.pennenergy.com](http://www.pennenergy.com))

### 2.3.2. Barže dizalice

Termin barže dizalice (*engl. crane barge*) se koristi za odobalne barže opremljene dizalicom s fiksnim nogama (*engl. sheerleg crane*) ili rotirajućom dizalicom. „*Sheerleg*“ dizalica (slika 2-7.) može podići teret, ali ga ne može rotirati, već se rad s teretom obavlja palubnim motorima, brodovima za tegljenje ili postavljenim vanbrodskim motornim elisama. Ova izvedba dizalice se sastoji od „A-okvira“ načinjenog od dvije čvrste cijevi ili rešetkaste kolone pričvršćene za

pramac barže pomoću čelične užadi. Barža dizalica usmjeri svoju krmu (stranu na kojoj se nalazi A-okvir) na stranu teretne barže, podigne teret, te se pomiče kuda je potrebno kako bi spustila teret na točnu lokaciju. Moderne izvedbe ovih dizalica s posebnim svojstvima (palubni motori s pretvornicima okretnog momenta i promjenjivim nagibima) omogućuju visoku razinu preciznosti, do čak 50 milimetara. Jedna od glavnih prednosti „sheerleg“ dizalice nad rotacijskom dizalicom je ta što se teret uvijek podiže nad krmenim krajem (fiksirana pozicija) čime se sprječava naginjanje uzrokovano njihanjem kрана. Također, barža sa „sheerleg“ izvedbom dizalice je puno jeftinija od potpuno rotirajuće dizalice, kako u proizvodnji tako i u održavanju. Glavni nedostatak ovakve vrste barže je potreba da se cijela barža svaki put pomakne u potreban položaj čime se produljuje vrijeme izvođenja operacija u odnosu na barže s rotirajućim kranom. Kako bi se umanjio utjecaj tereta prilikom podizanja, „sheerleg“ barže imaju mogućnost balastiranja trupa selektivno, samo na pramčanoj strani (Gerwick, 2007).



Slika 2-7. Barža sa „sheerleg“ izvedbom dizalice (www.alibaba.com)

Barže s rotirajućom izvedbom dizalica su pouzdani strojevi korišteni za obavljanje mnogih poslova u odobalnoj industriji (slika 2-8.). Kao i „sheerleg“ barže i one su opremljene palubnim motorima i sustavima za privezivanje, međutim kod njih je naglasak na stabiliziranju barže umjesto visoke mogućnosti pozicioniranja, budući da ova vrsta barži ostaje stacionarna tijekom cijelog procesa obavljanja aktivnosti. Dizalice ove izvedbe imaju manju nosivost od „sheerleg“ dizalica. Barže s rotirajućim dizalicama moraju imati dovoljnu širinu kako bi spriječile ljuljanje uzrokovano kretanjem kрана i kako bi omogućile

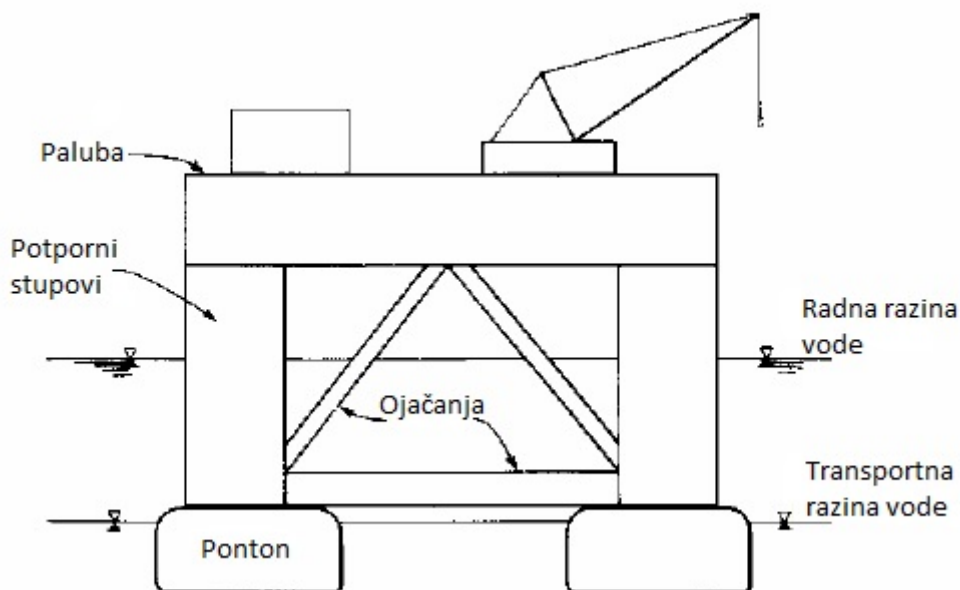
ravnomjernu raspodjelu konstrukcijskog opterećenja. Važna stvar na koju treba obratiti pozornost kod rada ovih dizalica je nagib barže pod punim opterećenjem i bez opterećenja. Protuuteg je obično projektiran za kontrolu nagiba barže pod poluoptyerećenjem, stoga kad nema opterećenja barža se može nagnuti suprotno od kрана. Kako bi se to spriječilo i olakšalo djelovanje te rotiranja dizalice, ove su barže opremljene s dva ili čak tri motora koji ih rotiraju. Prednosti u djelovanju ove dizalice su mnoge; sposobnost uzimanja tereta s barže koja se nalazi bočno od barže dizalice ili čak s vlastite palube, mogućnost dohvaćanja bilo koje točke u prostoru jednim upravljačkim setom, sposobnost praćenja pomicanja broda ili barže naprijed nazad (*engl. surge motion*) s bočne strane kako bi se podigao teret te sposobnost postavljanja barže dizalice u položaj najpovoljniji za umanjivanje kretanja grede dizalice i ljuljanja tereta. Kada se rukuje teretom daleko iza krme, problem koji se pojavljuje je posrtanje (*engl. pitch*), dok prilikom rukovanja teretom na bočnim stranama barže često dolazi do bočnog ljuljanja (*engl. roll*). Kao i kod drugih barža dizalica, za kontrolu ljuljanja tereta koriste se konopci, ali se za razliku od „sheerleg“ dizalica, ovdje položaj tereta u odnosu na baržu stalno mijenja, stoga su konopci za kontrolu ljuljanja tereta povezani s tijelom dizalice i rotiraju zajedno s njom. Kad barže s rotacijskom dizalicom rade pokraj platforme, povezujuća užad (*engl. mooring line*) se postavljaju na način koji omogućava da se barža preorijentira i premjesti kako je potrebno ne bi li dosegla što je moguće više dijelova platforme (Gerwick, 2007).



Slika 2-8. Barža s rotirajućom dizalicom (desno) ([www.shipspotting.com](http://www.shipspotting.com))

### 2.3.3. Poluuronjive barže

Standardne barže namijenjene bilo prijevozu tereta ili opremljene dizalicama ili drugom opremom imaju dobru stabilnost i sposobnost raspodjele opterećenja, ali nažalost i pojačanu osjetljivost na valove uzrokovane vjetrom, što ograničava njihovu upotrebljivost. Koncept poluuronjivih barži prvenstveno je razvijen za odobalna istražna bušenja, ali je od onda primijenjen i na barže dizalice i barže za polaganje cjevovoda. Radi se o jednostavnom konceptu; velika pontonska baza (ili više njih) su potpuno potopljene tijekom aktivnosti, s 4 do 8 podupirućih stupova koji izviru iz vode i podupiru palubu. Time postoji velika potopljena masa, s malom dodirnom površinom između plovila i djelovanja valova što smanjuje nagibne i povratne momente. Prilikom transporta, poluuronjive barže plutaju na baznim pontonima te se tek po dolasku na lokaciju potapaju. Zbog nestabilnosti prilikom spuštanja u radni položaj, dopuštene su samo operacije uranjanja barže sve dok se ne postigne uronjenost pontona od minimalno 2-3 metra. Zbog malog utjecaja valova na njihovu stabilnost, poluuronjive barže mogu biti korištene i kao platforme s nategom u nogama (*engl. Tension Leg Platform - TLP*) tako što se konopima vertikalno privežu na sidrene blokove na morskom dnu. Ostvarenim nategom mogu poslužiti kao privremene TLP platforme, koje precizno zadržavaju svoju vertikalnu poziciju, time omogućavajući izvođenje zadaća osjetljivih na vertikalne pomake (Gerwick, 2007).



Slika 2-9. Shematski prikaz poluuronjive barže (Gerwick, 2007)

#### 2.3.4. Barže za polaganje cjevovoda

Barže za polaganje cjevovoda (*engl. pipe lay barge*) su vrlo složena plovila koja čine ključni element prilikom odobalnog, podmorskog postavljanja cjevovoda. Polaganje cijevi na morsko dno ima mnogo izazova, pogotovo na velikim dubinama. Postoje 3 glavna načina polaganja cijevi pod morem: S-polaganje (*engl. S-lay*), J-polaganje (*engl. J-lay*) i polaganje pomoću tegljenja (*engl. tow-in*). Plovilo za polaganje cjevovoda (bila to barža ili brod) ključan je dio uspješnog postavljanja cjevovoda na morsko dno ([www.rigzone.com](http://www.rigzone.com), 2016).

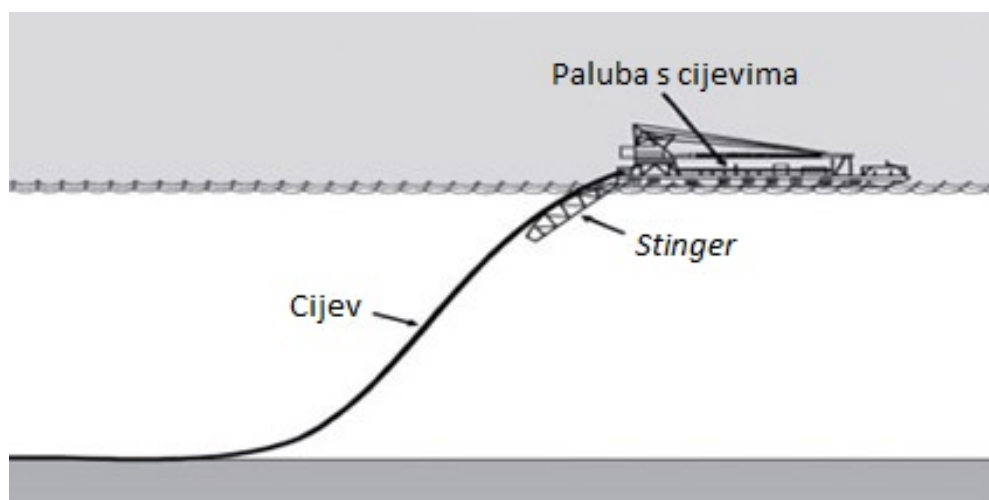
Metoda S-polaganja cjevovoda je tradicionalan način postavljanja cjevovoda s barže namijenjene toj svrsi. Cijevi su utovarene na baržu i operacija postavljanja cjevovoda se obavlja kroz niz radnih postaja na palubi barže. Horizontalno polegnute cijevi se zavaruju jedna za drugu, pregledavaju i oblažu zaštitnim slojem na svakoj od radnih postaja. Zavarena cijev se pod opterećenjem premješta preko palube i podržava pomoću vodilice na kraju barže (*engl. stinger*).





Slika 2-10. Vodilica za polaganje cijevi (*engl. „stinger“*) ([www.rigzone.com](http://www.rigzone.com))

Spomenuta vodilica za polaganje, prikazana na slici 2-10., sprječava pretjerano savijanje cijevi određujući dopuštenu zakrivljenost za vrijeme polaganja cijevi, dok zatezači (*engl. tensioners*) sprječavaju oštećenje cijevi uslijed izvijanja. Veličina vodilice za polaganje je u izravnoj korelaciji s promjerom cijevi, debljinom obloga cijevi i dubinom mora. Kako se niz cijevi spušta, barža se pomiče prema naprijed i postupak se ponavlja. Ovu metodu karakterizira dvostruki pregib cijevi dok se spušta u more, što joj daje oblik slova S (slika 2-11.) (Ritchie, 2008).



Slika 2-11. S-polaganje cjevovoda (www.rigzone.com)

Pomicanje barže prema naprijed zahtijeva velik broj poveznih i sidrenih konopa. Barža je poveznim linijama (*engl. mooring lines*) povezana sa sidrima preko velikih dvobubanjskih i trobubanjskih vitala postavljenih duž stranica barže, koja svojim namatanjem pomiču baržu prema naprijed. Za rukovanje cijevima na barži i njihovo prebacivanje s opskrbnog broda (ili barže) često se koristi velika kranska dizalica koja je sposobna brzo uhvatiti i prebaciti 12-metarske cijevi čak i za vrijeme ljuljanja broda. Nakon što se prebačene cijevi zavare i rendgenski pregleda kvaliteta zavara, prolaze kroz zatezače i preko vodilice se spuštaju u more (Gerwick, 2007).

J-polaganje uključuje vertikalni (ili gotovo vertikalni) toranj s kojeg se cijevi spuštaju na dno, čime se umanjuje nastajanje jednog pregiba i samim time mogućnost oštećenja cijevi, dok se kod polaganja pomoću tegljenja cijevi tegle brodovima na lokaciju plutajući u moru. Dolaskom na lokaciju se potapaju i spajaju na dnu (www.rigzone.com, 2016).

Barža ima funkciju primanja i pohranjivanja cijevi, sastavljanja u nizove i zavarivanja, oblaganja spojeva te polaganja cjevovoda preko krme do morskog dna. Svojstva barže zaslužna za mogućnost obavljanja ovih funkcija su (Gerwick, 2007):

1. pozicioniranje barže;
2. prihvaćanje cijevi s opskrbnog broda ili barže na palubu;
3. poravnavanje i zavarivanje;
4. ultrazvučni pregled cijevi i varova;
5. ostvarivanje opterećenja na cjevovod;

6. oblaganje spojeva;
7. spuštanje cijevi s krme, najčešće pomoću vodilice za polaganje cijevi;
8. pomicanje barže prema naprijed koristeći sidra;
9. konstantno pomicanje sidara unaprijed;
10. precizno bilježenje pozicije postavljenog cjevovoda;
11. radiokomunikacija s brodovima, obalom i zrakoplovima;
12. transport osoblja helikopterom;
13. u slučaju nepovoljnih uvjeta, sigurno napuštanje cjevovoda i polaganje na morsko dno u neoštećenom i nepoplavljenom stanju;
14. povratak napuštenog cjevovoda i nastavak operacija postavljanja;
15. obavljanje urona za nadzor;
16. smještaj osoblja.

#### 2.4. PLOVILA ZA OPSKRBU PLATFORMI

Plovila za opskrbu platformi (*engl. Platform Supply Vessel- PSV*) su vrsta odobalnog plovila koje se većinom koristi za prijevoz osnovne opreme i dodatne ljudske snage za obavljanje poslova na pučini (www.marineinsight.com, 2016).

Svojom izvedbom osiguravaju velik i prostran prostor palube, širok i dug koliko god je moguće, kako bi omogućili prijevoz raznih tereta i alata (slika 2-12.). Otvoreni prostor broda (*engl. the well*) treba biti dovoljno dug kako bi omogućio smještaj cijevi koje, iako nominalne duljine od 12 metara, često mogu biti i dulje za 2 ili više metara. Stoga je duljina otvorenog prostora ovakvog plovila najčešće 15-20 metara. Opskrbni brodovi se konstantno povećavaju svojim volumenom i kapacitetom. Nosivost broda od tisuću tona je bila pojam velikog broda do pojave povećanih potreba na Sjevernom moru uzrokovanim morskim uvjetima i udaljenošću. Sada postoje brodovi od 1500, 2500 i čak 3500 tona nosivosti (Gerrwick, 2007).

Iako su ovi brodovi primarno izrađeni za prijevoz tereta, moraju imati dobre sposobnosti manevriranja kod obavljanja aktivnosti uz bok drugih plovila. Iz istog razloga moraju imati

ojačane najviše oplata trupa i čvrste bokobrane za apsorpiranje i ublažavanje kontakata s drugim plovilima (Gerrwick, 2007).

U širem pogledu, opskrba plovila ne služe samo dostavljanju teških, strukturalnih komponenti već i manje, ali ipak bitne opreme kao što su rastresiti tereti (npr. cementi) i kemijske komponente koje pomažu uspješno podmorsko bušenje, ali i hranu i namirnice za posadu i osoblje koje radi na odobalnim postrojenjima. Izmjena osoblja i prijevoz do najbližih luka također se obavlja ovim brodovima.

Opskrbna plovila mogu se izraditi po posebnoj narudžbi kako bi udovoljila potrebama naručitelja. Stoga, nisu sva plovila ove vrste namijenjena samo transportu opreme potrebne za eksploataciju nafte. Također se koriste i u svrhu ublažavanja posljedica havarija na moru i naftnih izljeva na moru te kao pomoćna plovila za borbu protiv požara (www.marineinsight.com, 2016).



Slika 2-12. Plovilo za opskrbu platformi (www.maritime-connector.com)

## 2.5. PLOVILA ZA RUKOVANJE SIDRIMA

Ova vrsta plovila (slika 2-13.) su zapravo brodovi specijalno izrađeni za obavljanje operacija rukovanja sidrima, povlačenje odobalnih platformi, barži i proizvodnih modula/plovila. Često se koriste i kao pričuvno plovilo za spašavanje kod proizvodnih naftnih polja. Stoga su brodovi za rukovanje sidrima (*engl. Anchor Handling Tug Supply vessel - AHTS*) često opremljeni potrebnom opremom za borbu protiv požara, zadaće spašavanja i sakupljanje izlivena nafte u slučaju nesreće. Koriste se i za općenite potrebe snabdijevanja za različite vrste platformi, prevozeći i suhi i tekući teret zajedno s ostalim palubnim teretom. Posebna pažnja prilikom izrade ovakvih plovila je stavljena na brodsko vitlo za namatanje (*engl. winch*) i sposobnost pogonskog motora, ne bi li se udovoljilo zahtjevima naftne industrije čije se aktivnosti pomiču u sve dublje more. Brodovi za rukovanje sidrima imaju ugrađene jake pogonske motore kako bi mogli vući bušaće jedinice i izvršavati zadaće vezane za polaganje sidara čak i u teškim vremenskim uvjetima. Sve veće dubine eksploatacije nafte uvjetovale su i razvoj sve jačih brodova ([www.globalsecurity.org](http://www.globalsecurity.org), 2016).



Slika 2-13. Brod za polaganja sidara ([www.memim.com](http://www.memim.com))

Dobro dizajniran brod rezultat je suradnje, iskustva, inovacija i ugradnje najbolje opreme. Plovilo je napravljeno u skladu s uvjetima u kojima će raditi. Kako bi se to postiglo, sveukupna ekonomičnost, pouzdanost, sigurnost, i sigurnost za okoliš zahtjevi su koji moraju biti zadovoljeni u proizvodnji profitabilnog plovila za naručitelja.

Izrada vitla za sidra mora zadovoljavati potrebnu dinamičku i statičku čvrstoću za izdržavanje opterećenja nastalog od sidra, sidrene linije i samog plovila tijekom spuštanja ili zadizanja sidara pri najvećoj mogućoj brzini rada vitla. Mehaničke komponente vitla kao glavnog dijela AHTS plovila, moraju biti sposobne izdržati maksimalne sile uzrokovane dizanjem, polaganjem, i kočenjem uključujući i sve dinamičke efekte, bez trajnih deformacija. Radna sposobnost kočenja mora biti najmanje 1,5 puta veća od maksimalnog okretnog momenta koji djeluje na sidrenu liniju. Kočnica mora moći zaustaviti rotaciju bubnja (vitla) i pri njegovoj maksimalnoj brzini (Chen, 2013).

Budući da AHTS plovila služe kao višenamjensko postrojenje, tražena su za široko područje primjene u odobalnoj industriji. Osim što služe za polaganje sidara, mogu poslužiti i za spašavanje drugih plovila kao efektivno oruđe za sprječavanje prevrtanja naftnih platformi i drugih tipova nesreća koji se mogu dogoditi na pučini. Suvremeni razvoj doveo je do povećane eksploatacije nafte iz podmorskih naftnih polja, a time i do povećane potražnje za ovom vrstom plovila. ([www.marineinsight.com](http://www.marineinsight.com), 2016).

## 2.6. REMORKERI

Remorkeri ili tegljači (*engl. towboats*) su brodovi posebne konstrukcije namijenjeni za tegljenje drugih brodova i plovnih objekata. Opremljeni su vrlo snažnim pogonskim (propulzijskim) motorom, s dovoljno velikim gazom za posjedovanje velike snage tegljenja i dobrih manevarskih svojstava (Perić, 2007).

Postoji nekoliko osnovnih tipova remorkera. Veliki morski remorkeri, namijenjeni za prelaženje dugih dionica sposobni su raditi 20-30 dana bez dolijevanja pogonskog goriva. Izrađeni su tako da mogu obaviti potrebno tegljenje u bilo kojem dijelu svijeta. Takva plovila mogu imati 80 ili više metara duljine i posadu od 16 do 20 ljudi. Bez tereta mogu postići

brzine od 25 do 35 kilometara na sat. Lučni i drugi, 'kontinentalni', tegljači su manji i većih manevarskih mogućnosti (Gerwick, 2007).

Morski remorker za vrijeme tegljenja prikazan je na slici 2-14..



Slika 2-14. Oceanski remorker (*engl. offshore towboat*) ([www.landfall.nl](http://www.landfall.nl))

Remorkeri se često uspoređuju snagom motora, kao glavnom značajkom ovih plovila, ali to može biti i varljivo. Naznačena snaga (*engl. Indicated Horsepower- IHP*) mjeri rad obavljen na cilindrima motora. Osovinska snaga (*engl. Shaft Horsepower – SHP*) je rad koji je zapravo prenesen na osovину propelera i može biti i 15-20% manja od naznačene. Morski, dalekometni remorkeri najčešće imaju raspon snage od 3000 do 16400 kW (4000 do 22000 KS). Oni slabiji, od 3000 kW (4000 KS), koriste se za mirnije vode, dok se snažniji, snage 8200 kW (11000 KS), mogu koristiti u svim vremenskim prilikama. Naj snažniji remorkeri, snage 16400 kW (22000 KS) se koriste za tegljenje najvećih naftnih platformi (Gerwick, 2007).

Brodovi namijenjeni za izvršavanje općih zadaća u specifičnim uvjetima Sjevernog mora svojom su duljinom kraći ali i dalje velike snage. Ovi remorkeri imaju jako veliku

upravljivost i često su opremljeni pogonskim propelerima s lopaticama podesivog nagiba (*engl. variable pitch propeller*) što im omogućava rad motora na punoj snazi tijekom kritičnih operacija pozicioniranja. Čest dio opreme su i krmni potisnici koji im omogućuju okretanje u vjetar bez ostvarivanja horizontalnog pomaka (Gerwick, 2007).

Bitvena vučna snaga (*engl. bollard pull*) predstavlja korisniju mjeru. To je sila koju ostvari brod pod punim gasom dok je dugim vezom privezan za stacionarnu bitvu (*engl. bollard*), čime zapravo ne ostvaruje pomak. Postoji korelacijska veza između naznačene snage motora i bitvene snage; 7500 kilovata može povući 100-140 tona. Međutim, postoje dodatni faktori koji utječu na to da porastom brzine kretanja plovila njegova ostvariva bitvena snaga pada. Tako najveći morski remorkeri mogu ostvariti statičnu bitvenu snagu od 300 tona (Gerwick, 2007).

Veliki oceanski remorkeri opremljeni su najmodernijom navigacijskom opremom: GPS-om, radarom, elektronskim pozicioniranjem i sonarom. Pomoću radija mogu komunicirati s bilo kojim dijelom svijeta. Također mogu imati i tegleći motor koji im omogućava ostvarivanje konstantnog natega u užetu za tegalj bez obzira na utjecaj valova na plovila (Gerwick, 2007).

## 2.7. PLUTAJUĆE POSTROJENJE ZA PROIZVODNJU, SKLADIŠTENJE I ISTOVAR NAFTE I PLINA

Plutajuće postrojenje za proizvodnju, skladištenje i istovar (*engl. Floating Production, Storage and Offloading unit – FPSO*) je plovilo koje se u naftnoj industriji koristi za obavljanje odobalnih zadaća, a služi za obradu i skladištenje nafte ili plina. FPSO jedinice su u pravilu plovila u obliku broda koje zadržavaju svoju poziciju pomoću sidrenog sustava (slika 2-15.). Često obavljaju iste funkcije kao i odobalne proizvodne platforme, uključujući separaciju i obradu proizvedenih ugljikovodika, obradu proizvedene slojne vode kako bi se omogućilo njeno ispuštanje u more ili ponovno utiskivanje obrađene morske vode u ležište radi održavanja ležišnog tlaka. Razlika između FPSO jedinica i naftnih platformi je u tome što se nafta proizvedena na platformi šalje u naftovod ili na terminal za istovar, dok se nafta proizvedena na FPSO-u skladišti u spremnike koji se nalaze unutar trupa i povremeno istovaruje izravno u tanker (Sučić, 2011).

FPSO jedinica može biti izrađena preuređenjem tankera ili izgrađena posebno za tu namjenu. Bez obzira na način izrade, projektiranje ovih postrojenja određeno je mnogobrojnim



tehničkim čimbenicima kao što su zapremnina spremnika, kapacitet proizvodnje i isporuke te uvjeti okoline i brojnost posade (Le Cotty i Selhorst, 2003).

Postoji više različitih sustava pozicioniranja FPSO-a, međutim sidrenje u jednoj točki je najčešće korišten način. Takav način omogućava plovilu rotiranje oko vertikalne osi tako da je uvijek okrenuto u smjeru djelovanja vjetera i valova. Bez tog svojstva, trup broda bio bi izložen žestokim gibanjima uslijed kretanja mora.

Sidreni sustav može imati sljedeće komponente (Sučić, 2011):

- strukturu koja povezuje trup i sustav sidrenja u jednoj točki;
- rotirajuću spojnicu koja omogućava plovilu rotaciju i postavljanje u smjeru vjetera i valova;
- tijelo sustava sidrenja u jednoj točki;
- jednu ili više sidrenih nogu za povezivanje tijela s morskim dnom;
- postolje sustava.

Budući da se FPSO mogu odvojiti od svojih sidrišta, ova odobalna proizvodna plovila su optimalna za područja u kojima djeluju teški vremenski uvjeti kao što su cikloni i uragani. Zbog toga što su pokretni, ekonomičnije su rješenje za udaljenija, marginalna polja utoliko što se plovilo može premjestiti na drugu lokaciju jednom kada se ležište iscrpi. Kada se prednosti gledaju s ekonomskog aspekta, mogućnost preuređenja tankera u FPSO je povoljno rješenje. Ovakva su postrojenja također optimalan izbor i za razvoj ležišta kod kojih nema postojećeg cjevovoda ili infrastrukture za transport proizvedenih fluida do obale (www.rigzone.com, 2016).

Što se tiče ekološkog aspekta, naftni izljevi se obično ne događaju s FPSO, iako se davne 1990. godine, uslijed ljudske greške, s *Texaco Captain* FPSO izlilo približno 620 000 litara nafte. Osim tog incidenta, sa svih FPSO postrojenja zajedno izliveno je manje od 60 000 litara nafte (www.rigzone.com, 2016).



Slika 2-15. Plutajuće postrojenje za proizvodnju, skladištenje i istovar nafte (www.sofec.com)

## 2.8. TENDER PLATFORME

Iako tender platforme nisu plovila valja ih spomenuti budući da se radi o bitnim pomoćnim strukturama u odobalnoj naftnoj industriji. Najveću primjenu imaju u bušenju udaljenih naftnih polja kao skladišne, pomoćne platforme mostom spojene s glavnom platformom (slika 2-16.). Često se koriste u bušenju zajedno sa tzv. spar platformama, gdje smanjuju težinu tereta na samoj platformi te malim platformama s nategom u nogama, tzv. mini TLP.

Povijesno gledano, bušenje pomoću tender platformi (*engl. Tender Assisted Drilling – TAD*) bio je prvi način izrađivanja bušotina na moru na velikim udaljenostima od kopna. Prednost TAD platformi je u njihovom sustavu za bušenje (*engl. Drilling Equipment Set – DES*) koji je relativno lagan, četiri do pet puta lakši i do tri puta manji od standardnog bušačkog tornja (www.petrowiki.org, 2016).

DES se u suštini sastoji od bušačeg tornja, opreme za dizanje, protuerupcijskog uređaja (*engl. Blowout Preventer - BOP*) i opreme za čišćenje isplake, što smanjuje težinu na fiksnoj platformi. Ostatak garniture nalazi se na palubi tendera privezanog na fiksnu platformu, a uključuje ([www.petrowiki.org](http://www.petrowiki.org), 2016):

- isplačne bazene,
- isplačne pumpe,
- generatore,
- spremište za cijevi,
- glavninu skladišnog prostora,
- smještajne kapacitete,
- pogonsko gorivo,
- isplaku.

Ovaj se pristup pokazao vrlo isplativim načinom za bušenje s malih platformi. Nažalost, po umjerenom i izrazitom nevremenu, sidrene linije su znale zakazati, a tenderi se odvezati i otplutati. Danas se tenderi većinom koriste u mirnim morima Dalekog Istoga i Zapadne Afrike ([www.petrowiki.org](http://www.petrowiki.org), 2016).

Većina TAD sustava ima samopodižući DES na palubi te stoga nisu potrebni dodatni radni brodovi ili barže. Nije neuobičajeno da platforma s vremenom propada te više ne može podnositi standardnu garnituru za bušenje kada se želi naknadno izbušiti dodatne bušotine. U toj situaciji također se primjenjuje bušenje uz pomoć tender platformi. TAD ima naročitu primjenu za rad u dubinama većim od onih u kojima mogu raditi samopodižuće (*engl. jack up*) platforme, gdje su prostor i/ili nosivost palube ograničavajući faktor. Obično bušenje uz pomoć tender plovila košta više od konvencionalnog bušenja s platforme, ali u nekim situacijama je to vrlo prihvatljivo rješenje ([petrowiki.org](http://petrowiki.org), 2016).



Slika 2-16. Tender platforma (lijevo) povezana s bušaćom platformom  
([www.drillingformulas.com](http://www.drillingformulas.com))

### 3. ZAKLJUČAK

O budućnosti odobalnog bušenja postignut je konsenzus kako će razvoj i dalje napredovati, s naglaskom na tehnička otkrića u svrhu smanjenja troškova. Industrija je pokazala da se može bušiti i na velikim dubinama te da su naftno-rudarske aktivnosti izvedive i u najtežim uvjetima, ali po visokoj cijeni koja može prelaziti stotine tisuća dolara po danu. Izrada dubokih bušotina popraćena je i vrlo visokim troškovima koje je teško opravdati, ali nije isključno. Izazov za odobalnu industriju je bušiti sigurno i ekonomično, što znači koristiti i ekonomičnu tehnologiju uzimajući u obzir sigurnosne, ekološke i ljudske faktore.

Pomoćna plovila kod odobalnog bušenja bitan su faktor u uspješnom izvođenju operacija bušenja ležišta ugljikovodika pod morem. Budući da ova plovila rade u uvjetima daleko od obale često ispunjavaju i više od jedne zadaće.

Plovila za potporu uronima koriste se kao plutajuća baza za profesionalne zarone često izvođene oko naftnih platformi i s njima povezanim radnjama u dubokim morima. U situacijama kada ljudska snaga nije primjenjiva za izvršavanje podmorskih zadataka, primjenjuju se daljinski upravljane jedinice smještene na plovilima sa sustavima za podršku.

Za obavljanje pomicanja tereta, premještanja opreme između plovila i platformi i ostale potrebne radnje prilikom raznih konstrukcija koriste se brodovi ili barže s različitim izvedbama dizalica, dok se za prijevoz potrebne opreme i ljudstva koriste opskrbeni brodovi.

Iako su plovila bez vlastitog pogona, barže u različitim izvedbama također imaju svoju primjenu u izradi i održavanju odobalnih platformi. Na lokaciju se dopremaju tegljenjem drugim brodovima, a mogu poslužiti kao spremišta, dizalice, smještaj za osoblje ili kao bušaće postrojenje.

Plovila za polaganje sidara i remorkeri su srodna plovila koja se odlikuju jakim pogonskim motorima kako bi mogli izvršavati potrebne operacije tegljenja.

FPSO jedinice često obavljaju iste funkcije kao i odobalne proizvodne platforme s glavnom razlikom što se nafta proizvedena na platformi šalje u naftovod ili na terminal za istovar, dok se nafta proizvedena na FPSO skladišti u spremnike koji se nalaze unutar trupa.

Tender platforme imaju najstariju primjenu u izradi bušotina pod morem, te se i danas primjenjuju za izrađivanje bušotina najčešće u mirnim morima Dalekog Istoka i Zapadne Afrike.

Bez obzira na razvoj naftne industrije, pomoćna plovila će uvijek imati neizostavnu ulogu u obavljanju odobalnih aktivnosti.

#### 4. LITERATURA

1. BABICZ J., 2015. *Wärtsilä encyclopedia of ship technology*. Drugo izdanje. Helsinki: Wärtsilä Corporation
2. CHEN W., 2013. *Design and Operation of Anchor Handling Tug Supply Vessels (AHTS)*. Diplomski rad. Peking: University of Stavanger, Faculty of Science and Technology
3. GERWICK B.C. Jr., 2007. *Construction of marine and offshore structures*. Treće izdanje. Sjedinjene Američke Države: Taylor&Francis Group
4. KRIŠTAFOR Z., 2015. *Predavanja iz kolegija Aktivnosti u akvatoriju*,
5. LE COTTY A., SELHORST M., 2003. *New Build Generic Large FPSO*. U: Offshore Technology Conference, Houston, Texas, U.S.A, 05.-08.05.2013. Houston: Offshore Technology Conference, 2003, str. 1.  
London,England: The Nautical Institute
6. PERIĆ M., 2007. *Englesko-hrvatski enciklopedijski rječnik istraživanja i proizvodnje nafte i plina*, Zagreb
7. RITCHIE G., 2008. *Offshore support vessels: a practical guide*.  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb
8. SUČIĆ M., 2011. *Plutajuća postrojenja za proizvodnju, skladištenje i istovar nafte i plina*. Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet

#### MREŽNI IZVORI:

1. AAPG WIKI,  
URL:[http://wiki.aapg.org/Offshore\\_rigs](http://wiki.aapg.org/Offshore_rigs) (02.11.2016)
2. DRILLING FORMULAS, *Definitions of Various Offshore Drilling Rig Types and Generations*,  
URL: <http://www.drillingformulas.com/definitions-of-various-offshore-drilling-rig-types-and-generations/> (25.11.2016)
3. GLOBAL SECURITY, *Anchor Handling / Tug / Supply / Service Vessel*.  
URL: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/offshore-aht.htm> (18.11.2016)
4. MARINE INSIGHT, *What are Anchor Handling Tug Supply Vessels (AHTS)?*,  
URL: <http://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-anchor-handling-tug-vessels-aths/> (22.11.2016)

5. MARINE INSIGHT, *What are Platform Supply Vessels (PSVs)?*,  
URL: <http://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-platform-supply-vessels-psvs/> (18.11.2016)
6. MARITIME CONNECTOR,  
URL: <http://maritime-connector.com/wiki/offshore-ships/> (25.10.2016)
7. OFFSHORE ENERGY TODAY, *Saab Seaeye Panther Wins Over Persian Gulf Clients*.  
URL: <http://www.offshoreenergytoday.com/saab-seaeye-panther-wins-over-persian-gulf-clients/> (28.10.2016)
8. PETROWIKI, *History of offshore drilling units*,  
URL: [http://petrowiki.org/History\\_of\\_offshore\\_drilling\\_units#The\\_tender\\_assist\\_drilling\\_.28TAD.29\\_unit](http://petrowiki.org/History_of_offshore_drilling_units#The_tender_assist_drilling_.28TAD.29_unit) (24.11.2016)
9. PETROWIKI, *Tender assist drilling (TAD) units*,  
URL: [http://petrowiki.org/Tender\\_assist\\_drilling\\_\(TAD\)\\_units](http://petrowiki.org/Tender_assist_drilling_(TAD)_units) (24.11.2016)
10. RIGZONE, *How Do FPSOs Work?*,  
URL: [http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight\\_id=299](http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=299)
11. RIGZONE, *How Does Offshore Pipeline Installation Work?*,  
URL: [http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight\\_id=311](http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=311) (16.11.2016)
12. SEALION SHIPPING LTD.  
URL: <http://www.sealionshipping.co.uk/OurFleet/ROVs/> (28.10.2016)
13. URL: <http://memim.com/image/anchor-handling-tug-supply-vessel-04.html>
14. URL: <http://www.landfall.nl/vessel/meander/> (22.11.2016)
15. URL:  
[http://www.pennenergy.com/content/dam/etc/medialib/offshore/2009/november/18556.res/\\_jcr\\_content/renditions/pennwell.web.400.337.jpg](http://www.pennenergy.com/content/dam/etc/medialib/offshore/2009/november/18556.res/_jcr_content/renditions/pennwell.web.400.337.jpg) (03.11.2016)
16. URL: [http://www.rovexchange.com/rov\\_review\\_subsea7\\_hercules.php](http://www.rovexchange.com/rov_review_subsea7_hercules.php) (02.11.2016)
17. URL: <http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=1080308> (15.11.16)
18. URL: <http://www.sofec.com/subCatPhoto/external-turret.jpg> (24.11.2016)
19. URL: [https://www.alibaba.com/product-detail/cheap-1000t-ton-new-floating-crane\\_112911014/showimage.html](https://www.alibaba.com/product-detail/cheap-1000t-ton-new-floating-crane_112911014/showimage.html) (03.11.2016)
20. WORLD MARITIME NEWS, 18.12.2013. *Seascope Takes Delivery of New ROV Support Vessel*,  
URL: <http://worldmaritimeneeds.com/archives/100267/seascope-takes-delivery-of-new-rov-support-vessel/> (27.10.2016)



**Izjava**

*Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno na temelju znanja stečenih na Rudarsko – geološko – naftnom fakultetu služeći se navedenom literaturom.*

---

Goran Cindrić