

Analiza postupaka razgradnje nepomičnih pučinskih proizvodnih platformi

Fatović, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:108076>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ivan Fatović

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Doc. dr. sc. Neven Hadžić, mag. ing.

Student:

Ivan Fatović

Zagreb, 2016.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svojem mentoru Doc.dr.sc. Nevenu Hadžiću, mag.ing. i tematskom voditelju izrade diplomskog rada Dr.sc. Marku Tomiću dipl.ing. na velikoj pomoći i vođenju prilikom proučavanja tematike vezane za izradu diplomskog rada.

Ivan Fatović



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija brodogradnje



| | |
|--|--------|
| Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje | |
| Datum | Prilog |
| Klasa: | |
| Ur.broj: | |

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Ivan Fatović** Mat. br.: 0035152454

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **ANALIZA POSTUPKA RAZGRADNJE NEPOMIČNIH PUČINSKIH PROIZVODNIH PLATFORMI**

Naslov rada na engleskom jeziku: **ANALYSIS OF DECOMMISSIONING OF FIXED OFFSHORE PLATFORMS**

Opis zadatka:

Razgradnja proizvodnog objekta morske tehnike dio je cjeloživotnog ciklusa te je nužno racionalno definirati i riješiti sve tehničke i tehnološke probleme koji se pojavljuju tijekom tog vrlo složenog postupka. Izazov suvremenih postupaka razgradnje proizvodnih objekata morske tehnike smanjenje je cijene i trajanja postupka, osiguranje zadovoljavajućih standarda sigurnosti ljudi, opreme i konstrukcije te ispunjenje strogih kriterija zaštite okoliša. Racionalan tehnički i tehnološki projekt razgradnje temelj je konkurentnosti naftne industrije te je već u procesu definiranja postupka nužno primijeniti suvremene inženjerske metode, uključujući odgovarajuću tehno-ekonomsku analizu, odabir privremenih organizacijskih struktura, metoda planiranja i upravljanja. S obzirom da se proizvodnja iz nepomičnih proizvodnih plinskih platformi u području Jadranskog mora bliži kraju u radu je potrebno razmotriti tehnologiju i ekonomiku njihove razgradnje.

U okviru diplomskog zadatka je potrebno:

1. Analizirati međunarodne i nacionalne zakonske okvire i preporuke koje se odnose na postupke razgradnje u naftnoj industriji.
2. Na temelju dostupne dokumentacije analizirati izvedene postupke razgradnje (pregled tehnoloških operacija na moru, kriteriji odabira objekata morske tehnike te alata, strojeva i naprava potrebnih u postupku razgradnje).
3. Navesti pregled tehničkog i tehnološkog projektiranja postupka razgradnje te odgovarajuće organizacijske strukture i metode planiranja i vođenja projekta.
4. Na temelju analize suvremenih postupaka razgradnje predložiti tehnologiju razgradnje nepomičnih proizvodnih platformi u sjevernom Jadranu te izraditi odgovarajuću tehno-ekonomsku analizu.

U zadatku koristiti dostupnu projektnu dokumentaciju proizvodnih plinskih platformi u sjevernom Jadranu.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

5. svibnja 2016.

7. srpnja 2016.

13., 14. i 15. srpnja 2016.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:

Doc. dr. sc. Neven Hadžić

Prof. dr. sc. Nastia Degiuli

SADRŽAJ

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | UVOD | 1 |
| 1.1 | Brent Spar..... | 4 |
| 1.2 | Ekonomске značajke razgradnje | 6 |
| 2 | MEĐUNARODNI I NACIONALNI ZAKONODAVNI OKVIR | 10 |
| 2.1 | Međunarodni propisi i preporuke | 10 |
| 2.1.1 | Konvencija Ujedinjenih naroda o pravu mora (UNCLOS I) | 10 |
| 2.1.2 | Konvencija Ujedinjenih naroda o pravu mora (UNCLOS II) | 11 |
| 2.1.3 | Konvencija Ujedinjenih naroda o pravu mora (UNCLOS III)..... | 11 |
| 2.1.4 | IMO smjernice i standardi 1989. | 12 |
| 2.1.5 | OSPAR konvencija | 13 |
| 2.1.6 | London Dumping Convention | 13 |
| 2.2 | Nacionalni propisi i preporuke | 13 |
| 3 | EKSPLOATACIJA UGLJIKOVODIKA U JADRANU | 15 |
| 3.1 | Povijest istraživanja ugljikovodika u Jadranu | 15 |
| 3.2 | Eksploatacijska polja u Jadranu..... | 16 |
| 3.2.1 | Eksploatacijsko polje Marica..... | 17 |
| 3.2.2 | Eksploatacijsko polje Sjeverni Jadran..... | 19 |
| 3.2.3 | Eksploatacijsko polje Izabela | 31 |
| 4 | TEHNIČKI I TEHNOLOŠKI PREGLED PROCESA RAZGRADNJE | 33 |
| 4.1 | Pripreme za uklanjanje nadgrađa..... | 33 |
| 4.1.1 | Sigurnosne operacije | 33 |
| 4.1.2 | Postavljanje podiznih uški..... | 35 |
| 4.2 | Proces uklanjanja nadgrađa | 36 |
| 4.3 | Pripreme za uklanjanje podvodnog dijela | 37 |
| 4.4 | Proces uklanjanja podvodnog dijela | 37 |
| 4.5 | Proces rezanja | 38 |
| 4.5.1 | Eksplozivno rezanje | 39 |
| 4.5.2 | Rezanje abrazivnim vodenim mlazom | 41 |
| 4.5.3 | Rezanje dijamantnom žicom | 42 |
| 4.6 | Proces podizanja | 43 |

| | | |
|-----|--|----|
| 4.7 | Proces transporta..... | 56 |
| 5 | PREGLED PLOVILA U PROCESU RAZGRADNJE..... | 61 |
| 6 | TROŠKOVI I EKONOMSKA ANALIZA PROCESA RAZGRADNJE..... | 69 |
| 7 | ZAKLJUČAK..... | 76 |

POPIS SLIKA

| | | |
|-----------|---|----|
| Slika 1. | Pioneering Spirit tijekom procesa razgradnje [1] | 3 |
| Slika 2. | Pioneering Spirit u fazi opremanja, siječanj 2015. [1] | 3 |
| Slika 3. | Brent Spar (shell.co.uk) | 6 |
| Slika 4. | Broj ugašenih proizvodnih polja u Sjevernom moru [2] | 7 |
| Slika 5. | Procjene troškova razgradnje proizvodnih polja u Sjevernom moru do 2020. godine [2] | 8 |
| Slika 6. | Pregled proizvodnih platformi u Hrvatskoj i Italiji (azu.hr) | 15 |
| Slika 7. | Eksploatacijska polja u hrvatskom Jadranu(azu.hr) | 16 |
| Slika 8. | Platforma Marica [3] | 17 |
| Slika 9. | Platforma Katarina [3] | 18 |
| Slika 10. | Platforma Ivana A [3] | 20 |
| Slika 11. | Platforma Ivana B, E [3] | 21 |
| Slika 12. | Platforma Ivana D [3] | 22 |
| Slika 13. | Platforma Ida A i Ida B [3] | 24 |
| Slika 14. | Platforma Ida C [3] | 25 |
| Slika 15. | Platforma Ika A [3] | 26 |
| Slika 16. | Platforma Ika B [3] | 27 |
| Slika 17. | Platforma Ika JZ [3] | 28 |
| Slika 18. | Platforma Annamaria A [18] | 29 |
| Slika 19. | Platforma Irina, Ana i Vesna [3] | 30 |
| Slika 20. | Platforma Izabela jug [15] | 31 |
| Slika 21. | Potrebni koraci za osiguranje puteva i prolaza [8] | 34 |
| Slika 22. | Proces provjere i uklanjanja ugljikovodika iz cijevi na platformi [8] | 35 |
| Slika 23. | Podizni izdanci na platformi Izabela [15] | 36 |
| Slika 24. | Postavljanje eksploziva s vanjske i unutarnje strane <i>jacketa</i> [9] | 39 |
| Slika 25. | Uređaj za rezanje dijamantnom žicom (miragesubsea.com) | 42 |
| Slika 26. | Postavljanje procesnog modula na FPSO primjenom triju transportnih greda, [10] | 44 |
| Slika 27. | Klasično ovješeno tereta u 4 ovjesišta [11] | 48 |
| Slika 28. | Ovješeno tereta primjenom transportnih greda i okvira [11] | 49 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Slika 29. | Dijagram toka proračuna dizanja tereta na moru, [11]..... | 50 |
| Slika 30. | Sidreni poligon plovne dizalice TEG-31, [14]..... | 51 |
| Slika 31. | Potrebne provjere prilikom podizanja tereta [8] | 56 |
| Slika 32. | Nadgrađe Izabele jug vezano morskim vezom na barži [15] | 57 |
| Slika 33. | Uklanjanje morskog veza nadgrađa [15]..... | 58 |
| Slika 34. | Transport nadgrađa i <i>jacketa</i> na barži [15]..... | 59 |
| Slika 35. | Proces transporta platforme do obale [8]..... | 59 |
| Slika 36. | Pregled procesa razgradnje [8]..... | 60 |
| Slika 37. | Thialf kod podizanja <i>jacketa</i> (heerema.com/fleet)..... | 62 |
| Slika 38. | Brod Pioneering Spirit [1] | 63 |
| Slika 39. | Radna barža Micoperi 30 [16] | 64 |
| Slika 40. | Nosivost dizalice Micoperi 30 u odnosu na operativni radijus grane [16]..... | 65 |
| Slika 41. | Oleg Strashnov (heavyliftspecialist.com)..... | 66 |
| Slika 42. | Princip podizanja nadgrađa s Versatrussom [8]..... | 67 |
| Slika 43. | Uzgonski elementi na <i>jacketu</i> [8]..... | 68 |
| Slika 44. | Radna barža Mariner (marinetraffic.com) | 68 |
| Slika 45. | Prikaz kretanja cijena sirove nafte na svjetskom tržištu u \$ od 1986-2016. godine (eia.gov)..... | 69 |
| Slika 46. | Očekivani troškovi razgradnje po pojedinoj platformi u mil. \$ [7] | 71 |
| Slika 47. | Udio troškova po proizvodnim poljima prilikom razgradnje | 71 |
| Slika 48. | Udio troškova u razgradnji | 73 |
| Slika 49. | Kalendarski gantogram za operacije razgradnje polja Izabela [6] | 75 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Popis platformi na hrvatskom dijelu Jadrana [7] | 32 |
| Tablica 2. Mase nadgrađa koje će se uklanjati podizanjem s plovnom dizalicom [7] | 37 |
| Tablica 3. Metode rezanja nadgrađa [8] | 38 |
| Tablica 4. Eksplozivi koji se koriste u svrhu rezanja sa svojim karakteristikama [9]..... | 40 |
| Tablica 5. Metode rezanja <i>jacketa</i> [8] | 43 |
| Tablica 6. Karakteristike poluuronjve plovne dizalice Thialf [8] | 61 |
| Tablica 7. Karakteristike broda Pioneering Spirit [1]..... | 62 |
| Tablica 8. Karakteristike radne barže Miroperi 30 [16] | 64 |
| Tablica 9. Karakteristike broda Oleg Strashnov [8]..... | 66 |
| Tablica 10. Predviđeni troškovi razgradnje za Sjeverni Jadran, Marica (INAgip) [7]..... | 70 |
| Tablica 11. Predviđeni troškovi za eksploatacijsko polje Izabela (EdINA) [7]..... | 71 |
| Tablica 12. Troškovi razgradnje u fazi 1 [6]..... | 73 |
| Tablica 13. Troškovi razgradnje u fazi 2 [6]..... | 73 |
| Tablica 14. Utrošeni radni sati na morskim poslovima prilikom razgradnje [6] | 74 |

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|------------------------|----------|--|
| g | m/s^2 | Gravitacijska konstanta |
| k | rad/m | Valni broj |
| ζ_a | m | Valna amplituda |
| ζ | m | Elevacija slobodne površine |
| ω | rad/s | Kružna valna frekvencija |
| h_s | m | Značajna valna visina |
| γ | | Faktor privjetrišta |
| ω_m | rad/s | Modalna kružna valna frekvencija |
| $S(\omega)$ | m^2s | Matrica retardacijske (memorijske) funkcije |
| \mathbf{A}^{inf} | | Matrica dodane mase za beskonačnu frekvenciju |
| \mathbf{B} | | Matrica viskoznog prigušenja |
| \mathbf{K} | | Matrica retardacijske (memorijske) funkcije |
| \mathbf{F} | | Vektor generalizirane uzbudne sile |
| \mathbf{F}_{lift} | | Vektor generalizirane uzbudne sile od ovješnog tereta |
| $\mathbf{F}_{mooring}$ | | Vektor generalizirane uzbudne sile od sidrenog sustava |
| \mathbf{h} | | Vektor odziva njihanja |
| M_L | kg | Masa ovješnog tereta |
| l | m | Duljina elastičnog užeta |
| l_e | m | Efektivna duljina elastičnog užeta |
| x_G, y_G, z_G | m | Položaj težišta |
| x_P, y_P, z_P | m | Položaj ovjesišta na grani dizalice |
| t, τ | s | Vrijeme |

SAŽETAK

Razgradnja (dekomisija) pučinskih proizvodnih platformi završni je dio životnog ciklusa jedne složene industrijske strukture. Iako relativno nova grana industrije, u posljednjem desetljeću doživljava snažan rast sa značajnim udjelom troškova u životnom vijeku proizvodne platforme. Razgradnja je u suštini obrnuti proces od izgradnje i kao takav obavezan je nakon završetka eksploatacije platforme. Suvremeni međunarodni standardi i državni zakoni obvezuju operatera polja na potpuno uklanjanje strukture i dovođenje prostora iznad bušotine u prvobitno stanje. Problemi koji se javljaju u ovom procesu su tehničke, tehnološke i financijske prirode. S tehničke i tehnološke strane potrebno je pronaći moguća rješenja za razgradnju i izabrati najpovoljnije koje će biti dovoljno sigurno za radnike, strukturu i okoliš. U financijskom smislu potrebno je prije puštanja platforme u pogon napraviti analizu troškova razgradnje te računati na znatne troškove koji će uslijediti nakon prestanka proizvodnje i zarađivanja na eksploatacijskom polju. U ovom radu obuhvaćen je pregled međunarodnih i nacionalnih propisa i preporuka koji obvezuju operatera na razgradnju, opisane su suvremene metode razgradnje te je navedena metoda razgradnje koja bi se mogla primijeniti prilikom razgradnje plinskih proizvodnih platformi na Jadranu, uz pregled mogućih plovila koji bi se upotrebljavali za podizanje strukture. Napravljena je okvirna analiza troškova za neke karakteristične plinske platforme u Jadranu.

Ključne riječi: razgradnja, dekomisija, zakonodavni okvir, plinske platforme

SUMMARY

Offshore decommissioning is a final step in life cycle of such complex industrial structure. Although a relatively new industry, it has been growing steadily in the last decade, accounting for a large share of production costs towards the end of offshore platform life cycle. Essentially, decommissioning is often a reverse installation and it is mandatory after the end of production. Modern international standards and national laws commit field operator to full removal of offshore structure in order to return the production site to its original state. Field operators face serious technological and economic issues during the decommissioning phase. As for the technological part, it is necessary to find rational and safe solutions and methods for workers, structure itself and the environment. As for the financial part, a cost analysis has to be done before the start of production in order to ensure enough funds for decommissioning after the end of production. Both international and national recommendations and regulations, necessary for decommissioning, are reviewed, some modern methods potentially to be used for decommissioning in the Adriatic Sea, are outlined, along with some heavy lifting vessels. Financial analysis for typical offshore platform in Adriatic Sea is given, as well.

Key words: decommissioning, rules and regulations, offshore lifts, gas offshore platforms

1 UVOD

U ovom će radu biti obrađene metode i procesi razgradnje nepomičnih proizvodnih pučinskih platformi s posebnim naglaskom na plinske proizvodne platforme. Rad će se oslanjati na metode i okvirne troškove razgradnje plinskih platformi na hrvatskom dijelu Jadrana. Razgradnja platforme predstavlja proces prikupljanja potrebne dokumentacije te postupak pripreme i uklanjanja platforme sa svog područja rada te zbrinjavanje konstrukcije i opreme. Osim uklanjanja platforme, proces razgradnje (dekomisije) uključuje i operacije sigurnog začepijavanja eksploatacijskih bušotina na morskom dnu.

Razgradnja platformi je grana u naftnoj pomorskoj industriji koja se brzo i konstantno razvija zbog velikih rizika i odgovornosti koje preuzima na sebe. Razgradnja predstavlja veliku odgovornost za državu, operatere polja, potpisnike koncesijskih ugovora i javnost te joj treba pristupiti vrlo ozbiljno i odgovorno, no opet inženjerski racionalno i posljedično financijski ekonomično. Pogreške koje bi nastale tijekom razgradnje mogle bi dovesti do ozbiljnih havarija ili ekološkog onečišćenja, a to dovodi do vrlo skupih odšteta ili nepopravljivih prirodnih onečišćenja.

Zavisno od izvora, proces razgradnje obuhvaća sljedeće operacije:

1. Upravljanje projektom
2. Tehničko tehnološka analiza
3. Planiranje
4. Pribavljanje dozvola
5. Cementiranje i napuštanje bušotina
6. Uklanjanje podmorskog podizača
7. Mobilizacija/demobilizacija plovne dizalice i transportne barže
8. Uklanjanje platforme (nadgrađa s procesnom opremom i nosive podkonstrukcije)
9. Uklanjanje cjevovoda
10. Zbrinjavanje i recikliranje/oporaba materijala i opreme
11. Čišćenje terena

Danas je u svijetu aktivno preko 9000 pučinskih platformi različitih namjena, oblika i masa, s tendencijom povećanja tog broja. Također, s razvitkom tehnologije pučinske platforme postale su efikasnije, ali i većih dimenzija i veće mase te se postavljaju u sve većim

dubinama mora. Današnje su platforme smještene na dubinama od 3-1500 metara s masom nadgrađa od 5-50000 tona. Sve to dovodi i do razvitka razgradnje kao jedne od obveznih i nužnih radnji u industriji nafte i plina. Razvijaju se tehnologije, ali i alati te potrebna plovila za obavljanje te djelatnosti.

Godine 2016. u službu je ušao brod "Pioneering Spirit" (u vlasništvu jedne od najvećih svjetskih kompanija za pučinsko polaganje cjevovoda, Allseas), najveći izgrađen brod na svijetu s primarnom namjenom razgradnje i izgradnje pučinskih platformi. "Pioneering Spirit" je dinamički pozicioniran (12 porivnika) dvotrupac sljedećih značajki:

- duljina preko svega (uklj. "stinger") 477 m,
- duljina preko svega (bez "stingera") 382 m,
- duljina između okomica 370 m,
- širina 124 m,
- visina do glavne palube 30 m,
- operativni gaz 27 m,
- istisnina, max. 932000 t,
- istisnina, tranzit 365000 t,
- najveća brzina 14 čv,
- nosivost nadgrađa mase do 48000 t,
- nosivost "jacketa" mase do 25000 t,
- ukupna instalirana snaga 95000 kW,
- palubne dizalice 5000 t / 600t / 3x50 t,
- smještajni kapacitet 571 osoba.

Trup broda "Pioneering Spirit" izgrađen je 2014. godine u brodogradilištu DSME (Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering) u Južnoj Koreji (izgradnja je započela 2010. godine), nakon čega je započeo intenzivan dvogodišnji proces opremanja. Osim što je najveći plovni objekt za razgradnju fiksnih pučinskih platformi (tehnološka oprema za podizanje *jacketa* nalazi se na krmi broda, dok se oprema za podizanje nadgrađa nalazi na pramcu), "Pioneering Spirit" je ujedno i najveći brod na svijetu za pučinsko polaganje cjevovoda ("stinger" za polaganje cjevovoda nalazi se na pramcu). Prema nekim procjenama ukupan trošak izgradnje tog tehnološkog giganta iznosit će oko 3 milijarde USD. [1]



Slika 1. Pioneer Spirit tijekom procesa razgradnje [1]



Slika 2. Pioneer Spirit u fazi opremanja, siječanj 2015. [1]

Zbrinjavanje platformi nametnuto je od države i međunarodnih organizacija kao neizostavna radnja nakon gašenja proizvodnje te se već prilikom projektiranja pučinskih

platformi u razmatranje treba uzeti i odgovarajuća metoda razgradnje, ali i s financijske strane treba računati na značajan trošak koji će uslijediti nakon gašenja proizvodnje.

Razvitak razgradnje slijedi i sve strože zahtjeve međunarodnih organizacija, i mišljenja javnosti koje ne gleda blagonaklono na ostavljanje bilo kakvih tragova proizvodnje ugljikovodika iz podmorja. Najpoznatiji primjer značajnog utjecaja javnosti je afera vezana uz razgradnju pučinske platforme "Brent Spar".

Od slučaja "Brent Spar" koristi se izraz razgradnja (*decommissioning*) umjesto dotadašnjeg izraza napuštanje (*abandonment*), jer je izraz napuštanje u pravnim regulativama u doslovnom prijevodu označavao napuštanje pučinske platforme od strane tehničkog osoblja, a ne proces zbrinjavanja platforme koja je prestala s radom.

1.1 Brent Spar

Platforma "Brent Spar" bila je skladišna i prekrajna pučinska naftna platforma u Sjevernom moru. Izgrađena je 1976. godine u vlasništvu Shella i Essca. To je bila monopodna plutajuća platforma visine 147 m i 29 m u promjeru s istisninom od 66000 t. Skladišni tank imao je kapacitet za skladištenje 300000 barela sirove nafte, a bio je izgrađen od čeličnih limova debljine 20 mm. Navodno je skladišni tank prilikom izgradnje bio oštećen te se postavljalo pitanje da li je cijela struktura u mogućnosti podnijeti opterećenja transporta u horizontalnom položaju. Tijekom eksploatacije došlo je do blagog radioaktivnog onečišćenja, zbog radioaktivnih stijena iz kojih se crpila nafta te je iz tog razloga platforma proglašena radioaktivno onečišćena niskim rizikom.

Za vrijeme traženja odgovarajućeg rješenja za razgradnju platforme Shell, koji je bio korisnik objekta, dao je dva prijedloga:

1. Razgradnja će se obaviti *na kopnu*. U ovoj opciji plan je bio da se platforma dotegli do obale i da se izvrši razgradnja u plitkoj vodi. Procjene su govorele da bi to koštalo oko 41 milijuna funti, ali s velikom opasnošću od mogućeg zagađenja mora prilikom procesa razgradnje.
2. Odlaganje platforme *na dnu mora*. Ova opcija predviđala je da se platforma dotegli u duboki dio Sjevernog Atlantika te da se eksplozivom ošteti struktura platforme koja bi dovela do potapanja na dno oceana. Za ovu opciju predviđeno je da bi koštala između 17 i 20 milijuna funti i bila bi daleko sigurnija za radnike koji bi izvodili razgradnju.

Shell se odlučio za metodu potapanja te je od britanske vlade dobio suglasnost za izvođenje radova i potapanje "Brent Spara" na dubinu od 2500 m.

Međutim, za te radove doznao je i "Greenpeace". Greenpeace je ekološka neovisna globalna organizacija koja se bori za očuvanje okoliša i promicanje mira. Greenpeace je smatrao da se platforma može sigurno razgraditi na kopnu bez značajnih opasnosti za ljudstvo koje bi radilo, da nisu poznati detalji oko toga na koji način će potapanje platforme utjecati na biljni i životinjski svijet na tim dubinama te da će potapanje platforme potaknuti i druge kompanije na ovakvu praksu napuštanja postrojenja. Iz tih razloga 1995. Greenpeace je pokrenuo snažnu kampanju protiv ovog projekta te je u nekoliko navrata okupirao samu platformu u cilju sprječavanja potapanja i pronalaska novih dokaza koji bi dokazali veću štetnost na okoliš od one koju je prikazivao Shell. Navodno su aktivisti Greenpeaca pronašli 5500 t napuštene sirove nafte na platformi (što je bilo značajno više od Shellovih procjena koje su iznosile oko 50 t). Osim Greenpeacovih akcija i pojedini europski političari pozivali su na bojkot Shellovih benzinskih crpki što je dovelo do značajnih financijskih gubitaka za kompaniju. Nakon svih tih, čak i nasilnih događaja, Shell je popustio pod pritiskom javnosti te je konačno odustao od razgradnje metodom potapanja. Novom odlukom platforma je odtegljena u Norvešku te je tamo i izrezana. Podvodna struktura očišćena je, izrezana u prstene te je položena na obalu, zalivena betonom i pretvorena u mol.

Shell je prema nekim procjenama na razgradnju Brent Spara i neposrednim gubicima od bojkota Shellovih benzinskih crpki izgubio između 60-100 milijuna funti.

Kasnijim nezavisnim analizama potvrđene su Shellove tvrdnje da je na platformi bilo oko 50 t zaostale sirove nafte (umjesto tvrdnji ekoloških aktivista od 5500 t), no financijska šteta je već bila učinjena. Na temelju ovih događaja 1998. godine OSPAR konvencija donijela je zaključak da će potpisnice ove konvencije biti obvezne razgradnju dovršiti na kopnu, a ne potapanjem, *osim u izuzetnim slučajevima koji će se zasebno razmatrati.*

Ovim primjerom pokazan je značajan utjecaj javnosti na odluke oko razgradnje i odabira odgovarajuće metode razgradnje. Pouka slučaja "Brent Spara" je da unatoč jeftinijim metodama razgradnje pučinskih platformi (koje imaju prihvatljive procjene utjecaja na okoliš), ponekad pod pritiskom zainteresirane javnosti treba odabrati skuplji model razgradnje. Također, treba naglasiti i potrebu za boljim informiranjem javnosti u vezi s procesima razgradnje platformi čime bi se izbjegle ovakve afere, zbog neznanja i lažnih podataka. Razgradnja, iako je vrlo složen posao koji nosi veliku odgovornost, može uz kvalitetno planiranje biti siguran proces kako za ljudstvo tako i za okoliš, a da pri tome ne stvara prevelike troškove za operatere pučinskih platformi.

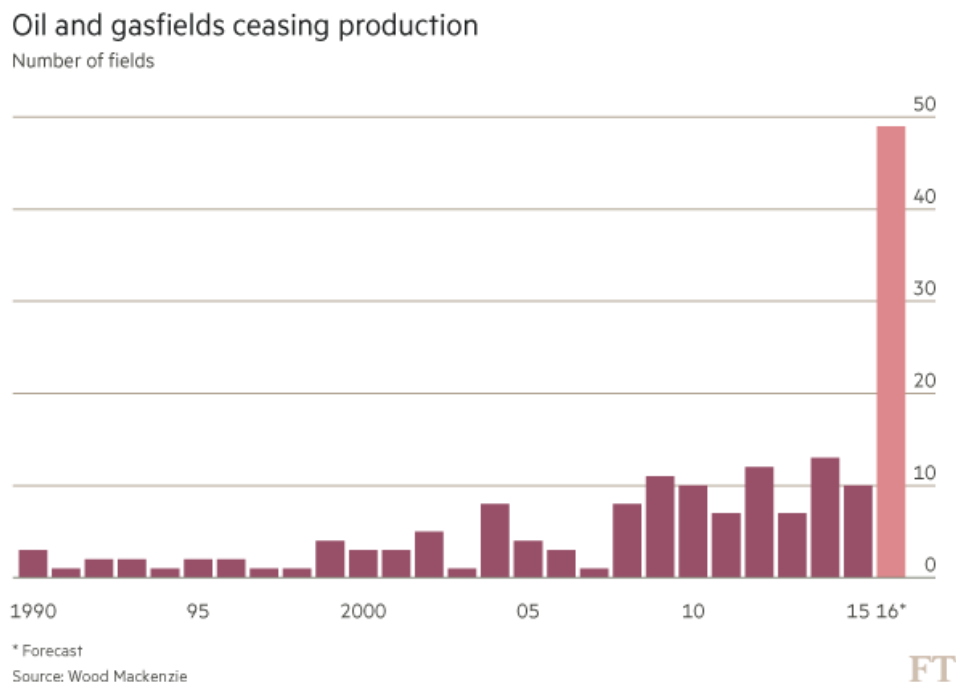


Slika 3. Brent Spar (shell.co.uk)

1.2 Ekonomske značajke razgradnje

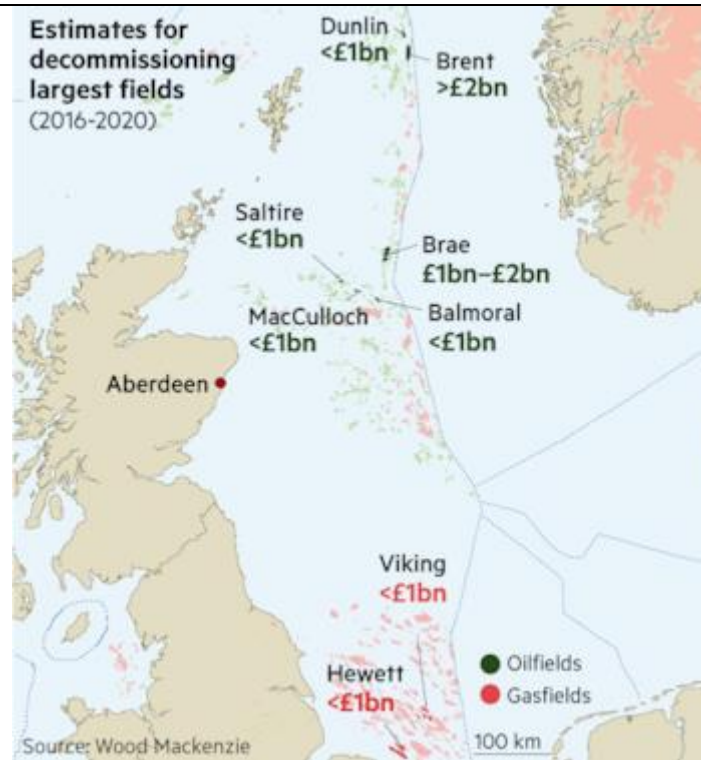
Razgradnja pučinskih platformi jedna je od najbrže rastućih industrija, pogotovo u ovim vremenima kada je cijena barela nafte pala ispod 50\$. U proteklih 20 godina u cijelom svijetu dogodila se velika ekspanzija naftnih i plinskih polja (s velikim broj različitih proizvodnih platformi), jer je cijena barela nafte bila iznimno visoka te se isplatilo bušiti u dubokim morima i postavljati pučinske platforme vrijedne nekoliko desetaka do nekoliko stotina milijuna dolara. Velika ekspanzija dogodila se posebno u Sjevernom moru gdje se unatoč izuzetno teškim uvjetima na moru isplatilo postavljati neke od najvećih i najtežih platformi ikada sagrađenih. Platforme su na tim poljima trebale eksploatirati ugljikovodike u razdoblju sve do 2050. godine, međutim sa slomom cijena nafte mnoge od njih uklanjat će se puno ranije nego što je to prvotno bilo predviđeno.

Činjenicu kako je razgradnja financijski isplativ posao, koji se vrlo brzo širi, pokazuje Slika 4.



Slika 4. Broj ugašenih proizvodnih polja u Sjevernom moru [2]

Slika 4 prikazuje trend povećanja broja polja koje će se razgraditi. U 2016. godini predviđena je razgradnja čak 48 polja. Do 2050. godine predviđa se da će se izvršiti razgradnja 470 platformi, 5000 bušotina i preko 10000 km cjevovoda za naftu i plin. Nigdje u svijetu nije zabilježen ovakav trend odnosno uklanjanje tolikog broja industrijskih postrojenja u tako kratkom vremenskom periodu. Troškovi napuštanja pojedine platforme procjenjuju se na oko 10 milijuna funti dok se troškovi za potpuno uklanjanje platforme penju na značajno više iznose. U idućih 10 godina iz Sjevernog mora potrebno ukloniti gotovo 80 polja sa svojim popratnim postrojenjima i za to predviđen trošak iznosi oko 17 milijardi funti. Do 2050. godine kada bi se trebale ukloniti i posljednje platforme, potrošit će se između 30 i 60 milijardi funti. [2]



Slika 5. Procjene troškova razgradnje proizvodnih polja u Sjevernom moru do 2020. godine [2]

S ovakvim iznimno visokim troškovima razgradnje pučinskih platformi proizvođači goriva nisu računali, barem ne u ovako kratkom periodu. Operateri polja nalaze se pred neodumicom da li odmah krenuti u razgradnju proizvodnih platformi ili nastaviti proizvodnju s gubicima i čekati bolje dane kada će cijena nafte (možda) opet biti na isplativim razinama. U ovom trenutku Sjeverno more je područje s najvećim troškovima proizvodnje ugljikovodika te je činjenica da mnogi operatori polja proizvode ugljikovodike s gubicima. Međutim, neki operatori polja smatraju da će se cijene vratiti na nekadašnje iznose te još uvijek ne odustaju od proizvodnje iz tih polja. Ovoj neodumici doprinosi i činjenica da je razgradnja izuzetno skupi proces te operateri odugovlače s početkom razgradnje odnosno produljuju eksploataciju čak i kada se radi s gubitkom. Neminovno je da je iz Sjevernog mora do sada iscrpljeno više od dvije trećine potvrđenih zaliha ugljikovodika te da će se, bez obzira na cijene nafte, razgradnja morati dogoditi prije ili kasnije.

Unatoč trenutnom smanjenju broja platformi i velikom broju otpuštenih radnika, Vlada Ujedinjenog Kraljevstva upravo u procesima razgradnje vidi mogućnost značajnog zaposlenja radnika. S druge strane pesimistična razmišljanja kažu da će se razgradnjom okoristiti samo lokalna zajednica dok će država zapravo imati gubitke. Neki idu tako daleko da tvrde da će

polovicu iznosa razgradnje na ovaj ili onaj način plaćati porezni obveznici, odnosno da će se na razgradnju potrošiti ista suma novaca koja je primjerice predviđena za obnovu cjelokupne flote nuklearnih podmornica Ujedinjenog Kraljevstva. [2]

U cilju smanjenja troškova, kompanije koje se bave eksploatacijom ugljikovodika financiraju razna istraživanja s ciljem pronalaska jeftinijeg načina razgradnje od dosadašnjih. U tu svrhu projektirano je i već spomenuto najveće plovilo na svijetu "Pioneering Spirit" koje ima zadaću podizanja najvećih platformi u Sjevernom moru. U 2016. godini ova plovna dizalica podići će nadgrađe platforme "Brent Delta" teško 24000 t po vrlo teškim vremenskim uvjetima koji vladaju Sjevernim morem. Neki istraživački radovi kreću se u smjeru kako "rastopiti" čelik konstrukcije i odložiti ga u samu bušotinu, neki razvijaju lasere za rezanje čelične konstrukcije, dok drugi razvijaju podvodne automatizirane robote koji bi daljinski obavljali razgradnju.

Osim zadaće podizanja i uklanjanja ovako teških i glomaznih komada platformi, operateri moraju smisliti alternativne načine zbrinjavanja podvodnih *betonskih* struktura koje nose nadgrađe. Primjerice Shellova platforma "Brent C" ima nadgrađe od 36000 t, a betonske noge teške su oko 320000 t što ih čini gotovo nemogućim za podizanje. Propisi za Sjeverno more zahtijevaju da se ne smiju ostavljati nikakvi tragovi proizvodnje, odnosno da je potrebno s eksploatacijskog polja ukloniti čitavu konstrukciju i tehnološku opremu. Neke iznimke su ipak moguće te će vjerojatno neke od najvećih gravitacijskih betonskih platformi dobiti dozvolu da se (osim nadgrađa) noge podvodne konstrukcije ipak ostave u moru.

U slučaju nepotpune razgradnje proizvodnih pučinskih platformi javljaju se problemi koji su povezani s raznim nevladinim udrugama i organizacijama poput Greenpeacea koji se zalažu za potpuno uklanjanje svih instalacija i platformi *bez iznimaka*. Njihov pritisak i retorika idu toliko daleko da bez obzira na opasnosti i cijenu mogućeg troška uklanjanja ovakvih industrijskih divova ne odustaju te odlučno tvrde "svi trebamo riješiti svoj otpad, zašto bi Sjeverno more bilo izuzetak". Povijest je pokazala da su mišljenja ovakvih organizacija i javnosti bitna i da ih ne treba olako uzimati zdravo za gotovo. Iz svega navedenog može se zaključiti da je veliki posao pred inženjerima u pronalasku novih i što boljih i jeftinijih rješenja u zbrinjavanju ugašenih platformi i razgradnji kao najčešćoj opciji trajnog zbrinjavanja proizvodnih pučinskih platformi.

2 MEĐUNARODNI I NACIONALNI ZAKONODAVNI OKVIR

2.1 Međunarodni propisi i preporuke

Po međunarodnom pomorskom pravu svaka pomorska država, odnosno ona koja ima izlaz na more, dužna je usuglasiti svoje zakone s međunarodnima u pogledu prava korištenja i obveza prema eksploataciji mora. To znači da je država koja je prekršila neke odredbe međunarodnih zakona odgovorna prema onome koji trpi štetu.

U vezi s razgradnjom platformi, u tekstu koji slijedi bit će nabrojani samo najbitniji međunarodni propisi i preporuke.

2.1.1 *Konvencija Ujedinjenih naroda o pravu mora (UNCLOS I)*

Do 1958. godine nisu postojali nikakvi međunarodni propisi koji bi se odnosili na razgradnju pučinskih platformi. Postojali su samo neki lokalni propisi no na globalnoj razini nije zabilježen niti jedan propis koji bi obvezao države na stvaranje *zakonodavnog okvira* u pogledu razgradnje platformi.

1958. godine u Ženevi je održana prva konferencija s temeljnim zadatkom razmatranja, definicije teksta i usvajanja dokumenata kojima bi se ustanovilo međunarodno pravo mora. Cilj prve konferencije u Ženevi bilo je multidisciplinarno razmatranje te definicija prava mora s pravne, tehničke, biološke, gospodarske i političke strane. Na konferenciji su usvojene četiri konvencije koje se zajednički nazivaju Konvencijom Ujedinjenih Naroda o pravu mora:

- Konvencija o teritorijalnom moru i vanjskom pojasu (u primjeni od 1964.),
- Konvencija o otvorenom moru (u primjeni od 1962.),
- Konvencija o epikontinentalnom pojasu (u primjeni od 1964.),
- Konvencija o ribarenju i zaštiti živih resursa otvorenog mora (u primjeni od 1966.).

Skraćenica engleskog naziva "The United Nations Convention on Law of the Sea" je UNCLOS. Ženevskom konvencijom, koja je započela s definiranjem pojmova i pravnom regulacijom u odobalnim radovima, dano je pravo na iskorištavanje i istraživanje epikontinentalnog pojasa i gospodarskog pojasa pomorskim državama u pogledu prirodnih dobara. Konvencija iz 1958. navodi da istraživanje epikontinentalnog pojasa i eksploatacija njenih prirodnih resursa, ne smiju na neopravdan način ometati plovidbu, ribolov i očuvanje životinjskih i biljnih bogatstava. Također se traži da sve pučinske platforme budu adekvatno

označene i održavane, a one koja su napuštene ili se ne koriste moraju biti *u potpunosti* uklonjene. To se izričito traži u članku ART.5(5). Državama je dano na slobodnu volju zbrinjavanje cjevovoda (uklanjanje cjevovoda između platformi i prema kopnu ostavlja na izbor državi koja ima pravo na epikontinentalni pojas).

2.1.2 Konvencija Ujedinjenih naroda o pravu mora (UNCLOS II)

Druga konferencija UN-a održana je 1960. godine u Ženevi i trajala je šest tjedana. Osnovna tema konferencije bila je odrediti granice teritorijalnog mora (razgradnja proizvodnih platformi nije bila razmatrana). Iako je konferencija rezultirala s dvije nove rezolucije, nije dogovoren niti jedan novi međunarodni sporazum.

2.1.3 Konvencija Ujedinjenih naroda o pravu mora (UNCLOS III)

Treća konferencija UN-a održana je u New Yorku u razdoblju 1973.-1982. te je donijela neke bitne promjene koje su i dalje tražile potpuno uklanjanje pučinskih proizvodnih platformi no postojale su iznimke gdje se omogućuje *ostavljanje dijela* platforme:

"Instalacije i strukture koje su napuštene ili se ne koriste trebaju biti uklonjene kako bi se osigurala sigurna navigacija, uzimajući u obzir opće prihvaćene međunarodne standarde koji su usvojeni od nadležnih međunarodnih organizacija. Uklanjanje treba uzeti u obzir ribolov, zaštitu podmorskog okoliša ali i prava i obveze drugih država. Javnost treba biti informirana o dubini, poziciji i dimenzijama bilo koje instalacije ili strukture koja nije u potpunosti uklonjena."

Iz citata Art.60(3) može se zaključiti da je i dalje prihvatljiv standard potpuno uklanjanje no da su ipak moguće iznimke u slučajevima kada se struktura ne može ukloniti. Konvencija je stupila na snagu 1994. godine, a Republika Hrvatska ju je prihvatila sporazumom o primjeni konvencije 1995. godine.

Konvencije UNCLOS 1982 i IMO *ne obvezuju* državu na potpuno uklanjanje. UNCLOS 1982. spominje djelomično uklanjanje kao opciju. Navodi se da se napuštene platforme moraju označiti i osigurati na način da ne utječu na buduću plovidbu. Time je promijenjena dosadašnja praksa potpunog uklanjanja i uz određene restrikcije, dozvoljeno je parcijalno uklanjanje platformi. To je učinjeno ponajprije zbog tehnički vrlo zahtjevnog ako ne i

nemogućeg uklanjanja velikih platformi u Sjevernom moru čiji podvodni betonski *jacket* doseže od 1-3.25 milijuna tona mase. Svejedno nije svim platformama dozvoljeno da se djelomično napuste. Tako je propisano da se platforme izgrađene do 1998. godine čija je masa *jacketa* bez nadgrađa ispod 4000 t i koje su na dubini do 70 m moraju potpuno ukloniti. Za platforme izgrađene nakon 1998. godine pravila su još stroža te to vrijedi za platforme koje su do 100 m dubine.

Također, nova pravila koja vrijede od 1998. nalažu da se smiju graditi u epikontinentalnom pojasu i gospodarskom pojasu samo one platforme koje su projektirane za potpuno uklanjanje. Ostavljati se mogu samo one platforme koje su položene na dubinama većim od zadanog minimuma i to na način da se ukloni podvodni dio na minimalno 55 m od površine mora te je potrebno izraditi analizu kojom se dokazuje da takva napuštena struktura doprinosi povećanju morske flore i faune i štetno ne utječe na prirodu, plovidbu i ribolov. Bitno je spomenuti da brojne države nisu potpisale ili ratificirale konvenciju, a među njima su Sjedinjene Američke Države, Venezuela, Azerbajdžan, Libija, Ujedinjeni Arapski Emirati, Kazahstan, Turska i Kolumbija.

2.1.4 IMO smjernice i standardi 1989.

IMO smjernice i standardi za razliku od UNCLOS-a nisu pravno obvezujući za države, nego su to preporuke koje bi trebalo uzeti u obzir prilikom donošenja zakona koji se tiču tog područja interesa. Smjernice su zamišljene kao minimalni standardi kako bi države mogle usvojiti stroge zahtjeve u vezi razgradnje.

Smjernice predviđaju da je na mjestima gdje će cijela platforma ili samo dio nje ostati na mjestu potrebno voditi računa o brojnim faktorima od utjecaja na okoliš, utjecaja na plovidbu, troškovima, tehnološkim mogućnostima te tehničkoj izvedbi, ali i riziku na ljudstvo koje će sudjelovati u razgradnji ili će se platforma prenamijeniti u neku drugu funkciju.

IMO standardi također propisuju da se u potpunosti uklone sve platforme koje su na dubini manjoj od 75 m, a teže manje od 4000 t. Potpuno se moraju ukloniti i one platforme koje se nalaze na područjima koja su važna za plovidbu bez iznimaka. *Platforme izgrađene nakon 1998. godine ne smiju se postavljati ako nisu projektirane na način da se kasnije mogu ukloniti.*

2.1.5 OSPAR konvencija

Konvencija za zaštitu morskog okoliša sjeveroistočnog Atlantika ili skraćeno OSPAR konvencija kombinira dvije konvencije. Onu iz Osla 1972. godine i onu iz Pariza 1974. godine, a odnosi se na odlaganje otpada u moru. Konvencija je stupila na snagu 1998.

2.1.6 London Dumping Convention

Londonska konvencija o bacanju otpada pokriva područja koja nisu definirana prethodnim međunarodnim konvencijama posebice u pogledu odlaganja i uporabe proizvodne platforme transportirane na kopno.

Bitno je definirati prije izgradnje platforme tko će biti vlasnik i tko je odgovoran za koje dijelove nakon zatvaranja i razgradnje platforme. Primjerice vlasnik same platforme ostaje tko je i bio (uglavnom kompanija koja je vršila eksploataciju), no ostaje pitanje tko ostaje vlasnik i čija će biti odgovornost za cjevovode koji ostaju na dnu mora i kućišta koja začepljuju bušotine. Na primjer, u Velikoj Britaniji ti dijelovi postaju vlasništvo države.

2.2 Nacionalni propisi i preporuke

U Republici Hrvatskoj na žalost ne postoje propisi koji se namjenski odnose na razgradnju pučinskih proizvodnih platformi. Unatoč tome Republiku Hrvatsku i posljedično operatere polja obvezuju svi međunarodni propisi kojih je potpisnica te određeni parcijalni propisi i preporuke koji se nalaze u odgovarajućim državnim propisima i zakonima. Za potrebe razgradnje proizvodnih platformi koriste sljedeće međunarodne i državne odredbe i zakoni:

- odluke UNCLOS 1982.
- IMO smjernice i standardi iz 1989.
- Pomorski zakonik
- Zakon o rudarstvu
- Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika
- Zakon o sigurnosti pri odobalnom istraživanju i eksploataciji ugljikovodika
- Glavni rudarski projekt odobren od Ministarstva gospodarstva.

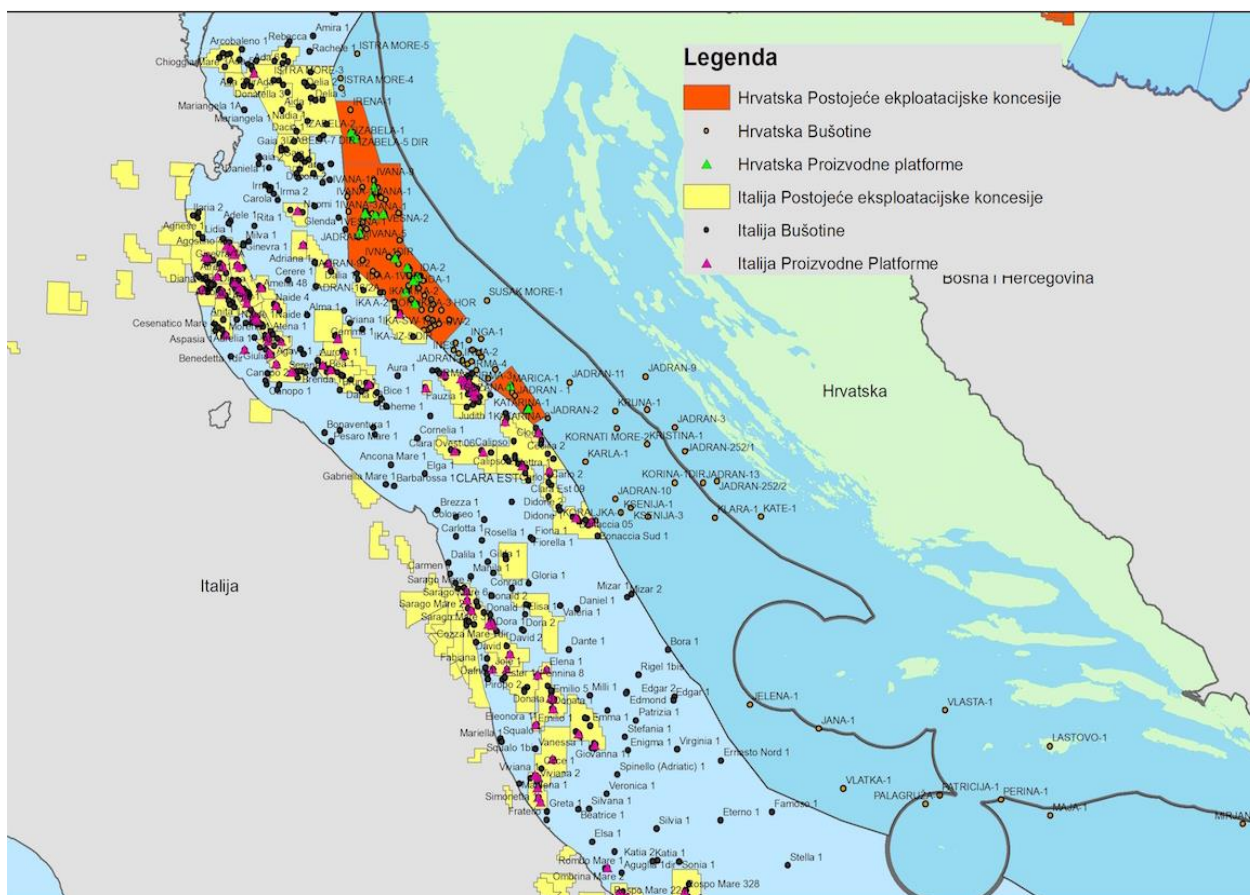
Ministarstvo gospodarstva RH 2014. godine donijelo je odluku o osnivanju javne ustanove Agencije za ugljikovodike (AZU), koja između ostalih obavlja djelatnost definiranja istražnih radnji, određivanja pravila i uvjeta prilikom istraživanja i eksploatacije ugljikovodika kao i pružanje stručne pomoći. Osim nabrojanog, provode praćenje izvršenje ugovornih obveza odabranih investitora kao i nadzor po pitanju aktivnosti istraživanja i eksploatacije ugljikovodika. U trenutku pisanja ovog rada, Agencija za ugljikovodike nije donijela preporuke i obveze za razgradnju pučinskih proizvodnih platformi.

3 EKSPLOATACIJA UGLJIKOVODIKA U JADRANU

3.1 Povijest istraživanja ugljikovodika u Jadranu

Republika Hrvatska započela je istraživanje Jadranskog mora prije više od 40 godina s ciljem pronalaska potencijalno isplativih nalazišta nafte i plina. Prvo nalazište plina bila je bušotina "Jadran" na 58 km od Pule, a kasnije su otkrivena i druga nalazišta. Do danas je izrađeno 128 istražnih bušotina i 51 proizvodna bušotina koji godišnje proizvode 1,2 milijarde m³ plina. Proizvodne bušotine povezane su s 19 nepomičnih proizvodnih platformi i s jednom kompresorskom platformom.

Susjedna Republika Italija ima 808 istražnih i 645 proizvodnih bušotina, a aktivno ih je trenutno 600 koje su spojene sa 107 plinskih proizvodnih platformi i 7 naftnih platformi. Talijanski kapaciteti su oko 5 milijardi m³ plina i 1.8 milijardi barela nafte.



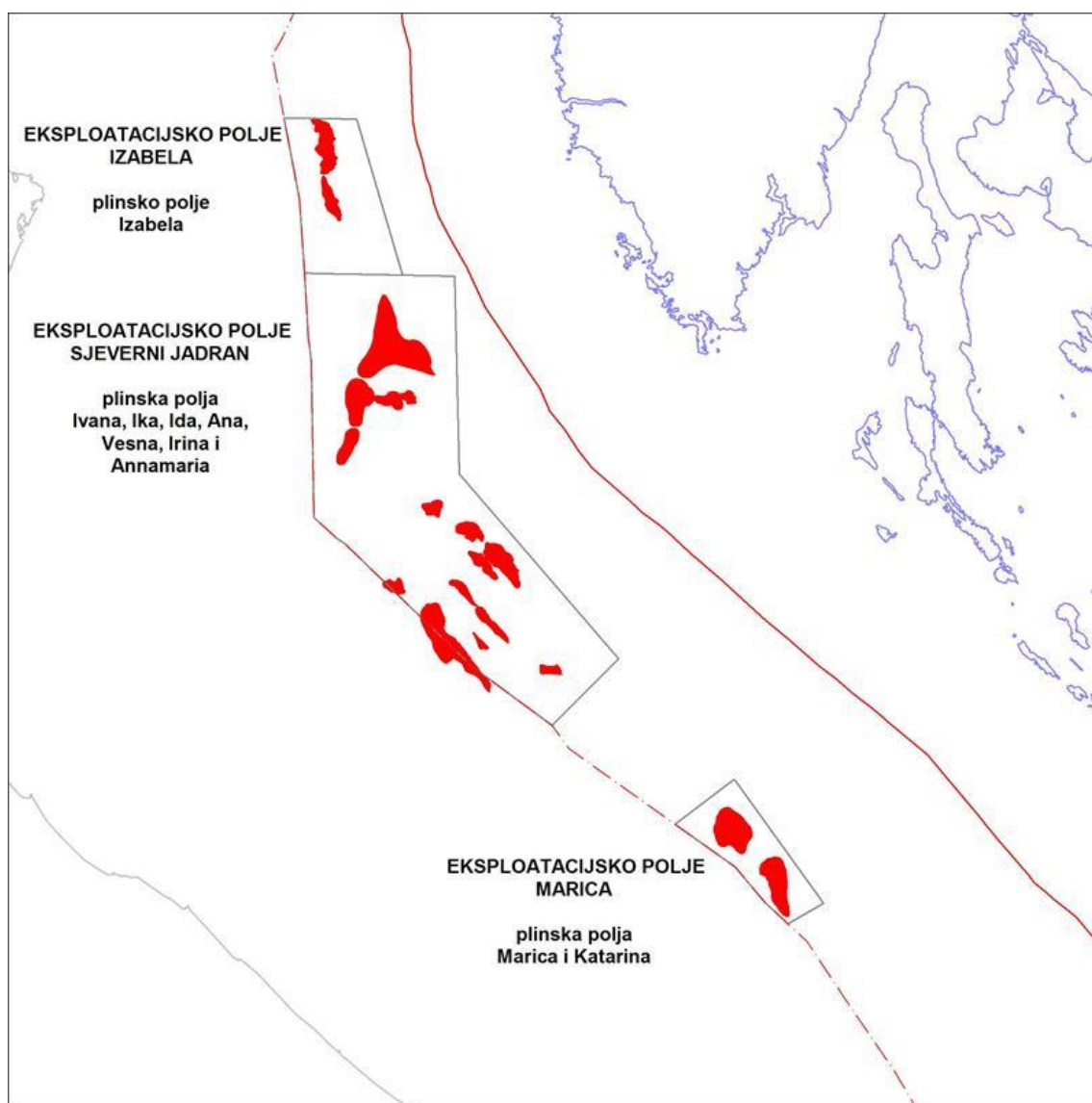
Slika 6. Pregled proizvodnih platformi u Hrvatskoj i Italiji (azu.hr)

3.2 Eksploatacijska polja u Jadranu

U teritorijalnim vodama Republike Hrvatske trenutno postoje 3 eksploatacijska polja koja se eksploatiraju te se godišnje iz njih dobije 1,2 milijarde m³ plina.

Eksploatacijsko polje definirano je kao prostor na kojem je utvrđeno komercijalno otkriće nafte i plina te postoje rezerve i dozvoljena je eksploatacija.

Eksploatacijska polja su polja za koja država daje koncesiju za eksploataciju ugljikovodika, a koja su zatim podijeljena na proizvodna polja na kojima se nalaze nepomične proizvodne platforme i proizvodne bušotine.



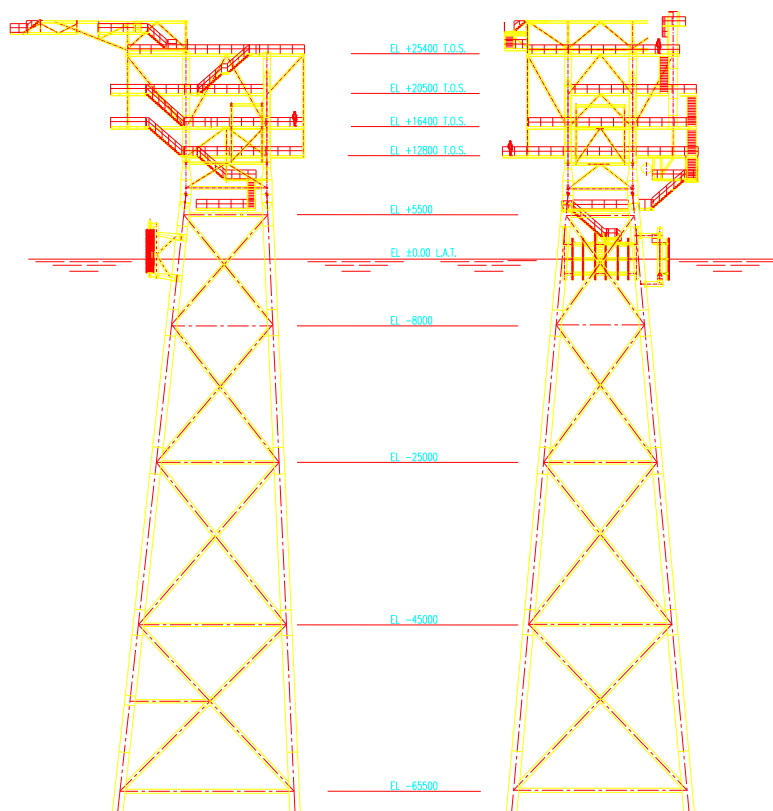
Slika 7. Eksploatacijska polja u hrvatskom Jadranu(azu.hr)

3.2.1 Eksploatacijsko polje Marica

Plinsko polje Marica/Katarina otvoreno je 2005. godine i na njemu se nalaze platforme Marica i platforma Katarina. U koncesiji je operativne kompanije INAgip. Prosječna dubina na proizvodnom polju Marica iznosi 69 m.

Platforma "Marica" plinska je proizvodna platforma na 4 čelične noge i 5 paluba. Okvir podvodne strukture nogu na dnu platforme iznosi 22m x 22m i nalazi se na dubini od 68m dok je nadvodni dio strukture noga smješten 8m iznad površine mora i iznosi 10m x 8m. Nadgrađe platforme sastoji se od:

- Donje palube dimenzija 18m x 14.5m na visini od 12.8m
- Prazne palube dimenzija 18m x 21.7m na visini od 16.4m
- Međupalube dimenzija 18m x 17.2m na visini od 20.5m
- Gornje palube dimenzija 18m x 23.2m na visini od 25.4m
- Helikopterske palube dimenzija 29.4m x 18m na visini od 29.4m

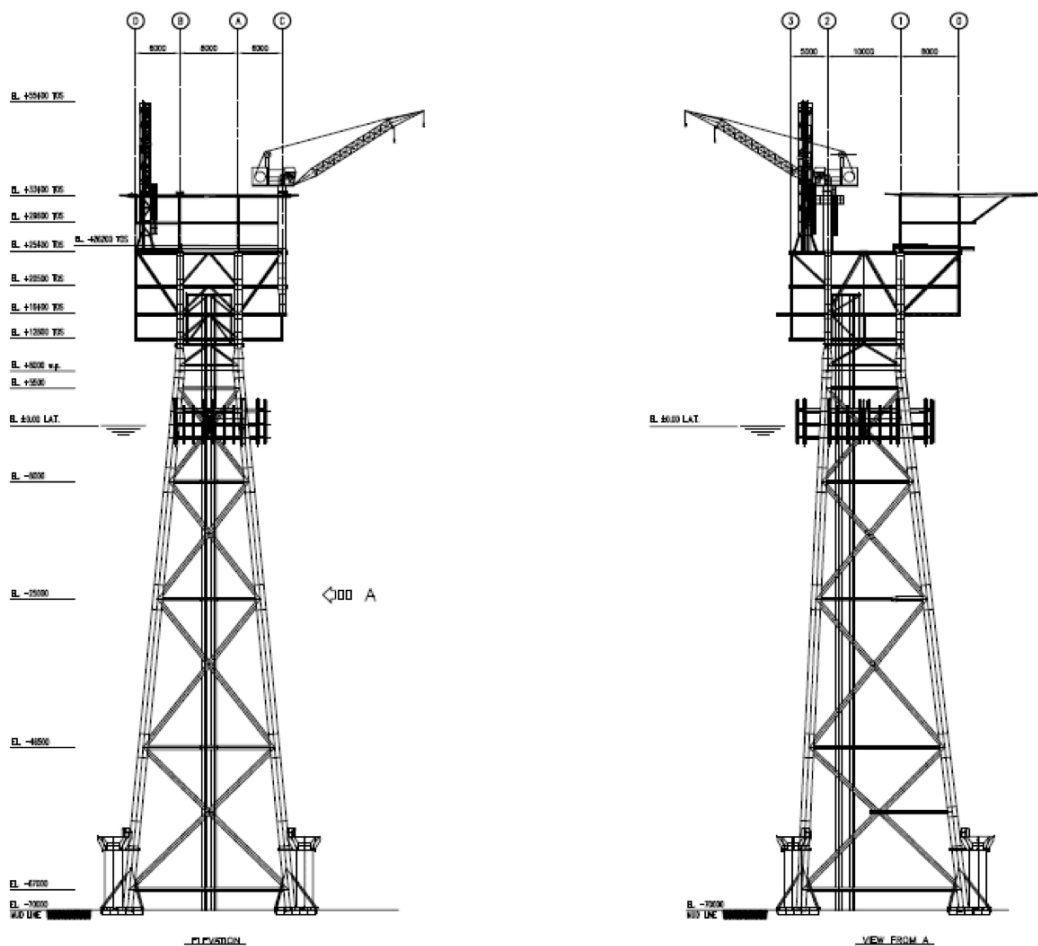


Slika 8. Platforma Marica [3]

Platforma "Katarina" je proizvodna plinska platforma na 4 čelične noge koje imaju okvir na dnu mora dimenzija 22.4m x 22.4m na dubini od 71m, a gornji okvir nogu je dimenzija 10m x 8m na visini od 8m iznad razine mora. Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube dimenzija 15m x 20m na visini od 12.8m
- Prazne palube dimenzija 23m x 20m na visini od 16.4m
- Međupalube dimenzija 23m x 20m na visini od 20.5m
- Gornje palube dimenzija 23m x 20m na visini od 25.4m

Katarina na gornjoj palubi ima i smještajnu jedinicu za 13 osoba sa sletištem za helikopter na visini od 33m od površine mora.



Slika 9. Platforma Katarina [3]

3.2.2 Eksploatacijsko polje Sjeverni Jadran

Eksploatacijsko polje Sjeverni Jadran dano je u koncesiju operativnoj kompaniji INAgip na 25 godina od početka proizvodnje i podijeljeno je na plinska polja: Ivana, Ida, Ika, Ika JZ, Annamaria, Irina, Vesna, Ana. S eksploatacijskog polja Sjeverni Jadran dobije se većina ukupne hrvatske proizvodnje plina.

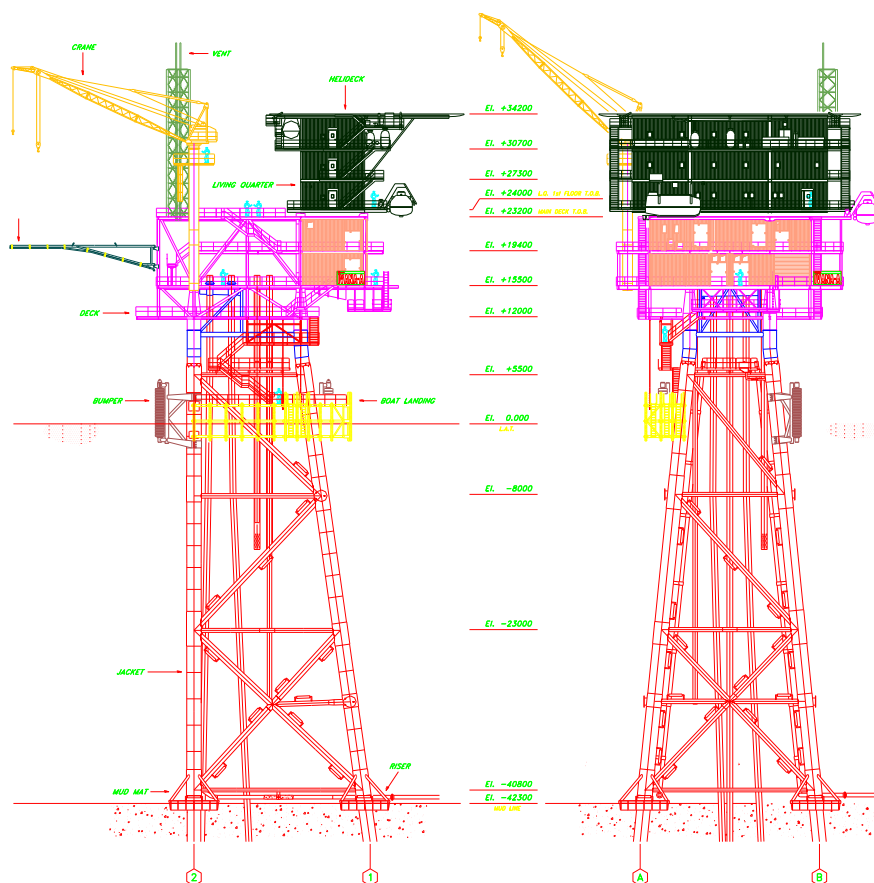
Plinsko polje Ivana otkriveno je 1973. godine, a u proizvodnju je pušteno 1999. godine s platformom Ivana A. Kasnije su još dodane platforme Ivana B, C, D, E i K.

Platforma "Ivana A" je po funkciji centralna sabirna platforma oslonjena na 4 čelične noge. Nalazi se na dubini od 43m te je spojena mostom s kompresorskom platformom Ivana K. Platforma ima stambeni dio sa stalnom posadom. [4]

Dimenzije okvira *jacketa* na dnu mora iznose 19m x 19m, a na vrhu 12.4m x 9.6m koji se nalazi na 5.5m iznad mora.

Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube dimenzija 18m x 26m na visini od 10m
- Prazne palube dimenzija 25m x 27m na visini od 15m
- Međupalube dimenzija 25.2m x 25m na visini od 18.9m
- Gornje palube dimenzija 18m x 23.2m na visini od 22.7m
- Stambenog prostora dimenzija 27m x 11.4m x 7.2m sa sletištem za helikopter.

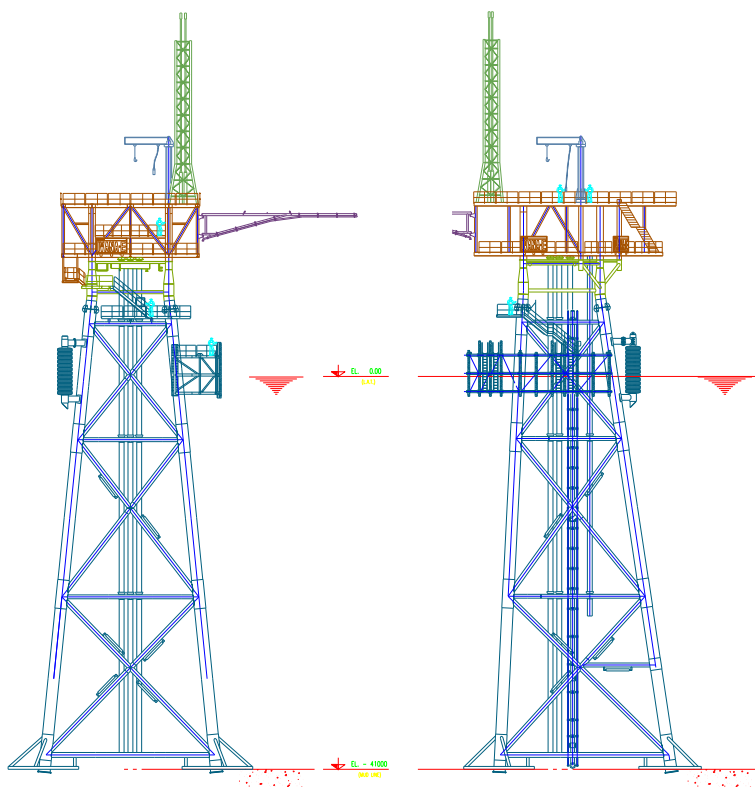


Slika 10. Platforma Ivana A [3]

Platforma "Ivana B" je proizvodna platforma oslonjena na 3 čelične noge na dubini od 43m. To je satelitska platforma povezana s platformom Ivana A, bez posade s namjenom proizvodnje plina iz dvije bušotine, prihvatom plina s platforme Ivana C, separacijom plina i vode te transportiranjem plina do platforme Ivana A. Dimenzije okvira *jacketa* na dnu mora iznose 17.6m x 17.6m a na vrhu 8.5m x 8.5m koji se nalazi na 5.5m iznad mora.

Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube dimenzija 14m x 14m na visini od 12m
- Prazne palube dimenzija 14m x 14m na visini od 14.7m
- Glavne palube dimenzija 14m x 14m na visini od 18m



Slika 11. Platforma Ivana B, E [3]

Platforma "Ivana C" je satelitska proizvodna monopod platforma, povezana plinovodom s platformom Ivana B. Puštena je u pogon 2006. godine i nema posadu ni stambeni dio. Zadaća joj je proizvodnja plina iz jedne bušotine, separacija plina i vode te transport plina i procesne vode do platforme Ivana B.

Monopodna platforma oslanja se na cilindarsku čeličnu strukturu promjera 1.8m.

Nadgrađe se sastoji od:

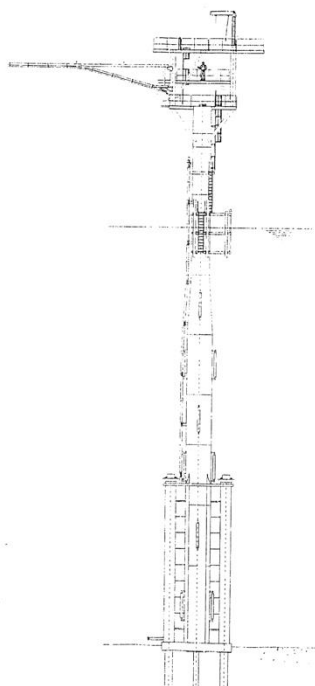
- Međupalube dimenzija 6m x 6m na visini od 14.5m
- Glavne palube dimenzija 10m x 11m na visini od 17.5m

Platforma "Ivana D" je proizvodna satelitska platforma povezana plinovodom s platformom Ivana A. Monopodne je strukture bez stambenog dijela i posade. Puštena je u pogon 2001. godine, a zadaća joj je proizvodnja plina iz jedne bušotine, separacija plina i vode te transport plina i procesne vode do platforme Ivana A.

Ova monopodna platforma oslanja se na čeličnu cilindarsku strukturu promjenjivog promjera. Na dnu mora je promjera 2.5m, dok je na vrhu 8.3m iznad mora promjera 1.8m.

Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube dimenzija 6m x 8m na visini od 12m
- Prazne palube dimenzija 6m x 8m na visini od 14.5m
- Glavne palube dimenzija 11m x 11m na visini od 18m



Slika 12. Platforma Ivana D [3]

Platforma "Ivana E" je proizvodna platforma povezana plinovodom s platformom Ivana A. Puštena je u pogon 2000. godine i nema stambeni dio ni posadu. Ima zadaću proizvodnje plina iz 3 bušotine, separaciju plina i vode te transport plina i slojne vode prema platformi Ivana A. Dimenzije okvira jacketa na dnu mora iznose 17.6m x 17.6m, a na vrhu 8.5m x 8.5m koji se nalazi na 5.5m iznad mora.

Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube dimenzija 14m x 14m na visini od 12m
- Prazne palube dimenzija 14m x 14m na visini od 14.7m
- Glavne palube dimenzija 14m x 14m na visini od 17.5m

Platforma "Ivana K" je kompresorska platforma čija je funkcija prihvat plina s plinskih polja Ivana, Ida, Ika, Annamaria i Izabela te dehidracija i kompresija za transport prema Hrvatskoj i Italiji. Platforma iako nema stambeni dio ni posadu, preko 50 metarskog mosta je povezana s platformom Ivana A. Platforma se oslanja na 4 noge koje na dnu 42.3m od površine tvore okvir dimenzija 24m x 24m, a na vrhu koji je na 9m od mora okvir 14m x 24m.

Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube dimenzija 30.2m x 41.2m na visini od 15.5m
- Glavne palube dimenzija 30.2m x 41.2m na visini od 21m
- Gornje palube dimenzija 12m x 19m na visini od 23.5m

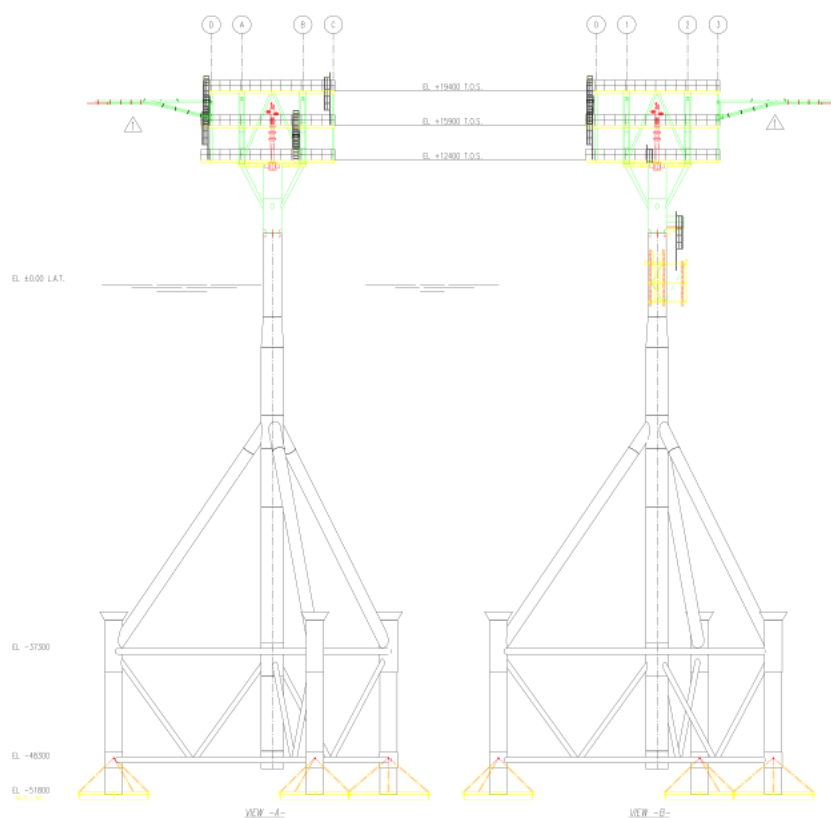
Plinsko polje "Ida" počelo se istraživati 1980. godine te su utvrđena nalazišta plina. Puštene su u rad 2006. godine tri proizvodne platforme IDA A, IDA B i IDA C koje vade plin iz 6 bušotina.

Platforma "Ida A" je proizvodna platforma monopodne strukture smještena na 46m dubine. Bez posade je i ima zadaću crpljenja plina iz jedne bušotine, separaciju plina od kapljevine te transport plina i separirane vode prema platformi Ida C. Podvodna konstrukcija je monopodne izvedbe od čeličnog cilindra promjenjivog presjeka od 1.8m na površini mora do 2.2m pri dnu koja se na dnu grana na tripod tvoreći stabilnu konstrukciju.

Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube dimenzija 10m x 10m na visini od 14.5m
- Gornje palube dimenzija 10m x 10m na visini od 19m

Platforma "Ida B" je proizvodna platforma monopodne strukture smještena na dubini od 53m. Ima istu namjenu i dimenzije kao i platforma Ida A.

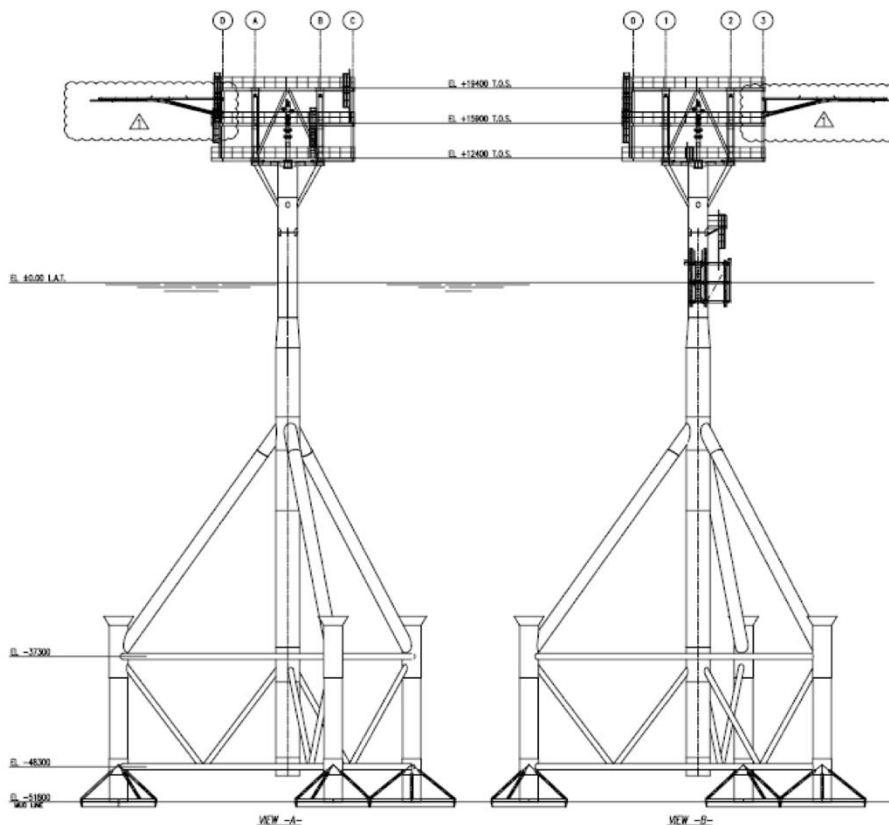


Slika 13. Platforma Ida A i Ida B [3]

Platforma "Ida C" je proizvodna platforma monopodne strukture. Položena je na dubini od 51m i crpi plin iz tri bušotine. Bez posade je i ima zadaću crpljenja plina iz tri bušotine, separiranja plina od kapljevine, prihvata plina sa platformi Ida A, Ida B i Ika A te transport plina prema platformi Ivana K. Osim navedenog ova platforma prihvaća i pročišćuje zauljene vode s platformi Ida A i Ida B. Podvodna konstrukcija je monopodne izvedbe od čeličnog cilindra promjenjivog presjeka od 1.8m na površini mora do 2.2m pri dnu koja se na dnu grana na tripod tvoreći stabilnu konstrukciju.

Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube dimenzija 10m x 10m na visini od 12.4m
- Prazne palube dimenzija 10m x 10m na visini od 15.9m
- Gornje palube dimenzija 10m x 10m na visini od 19.4m



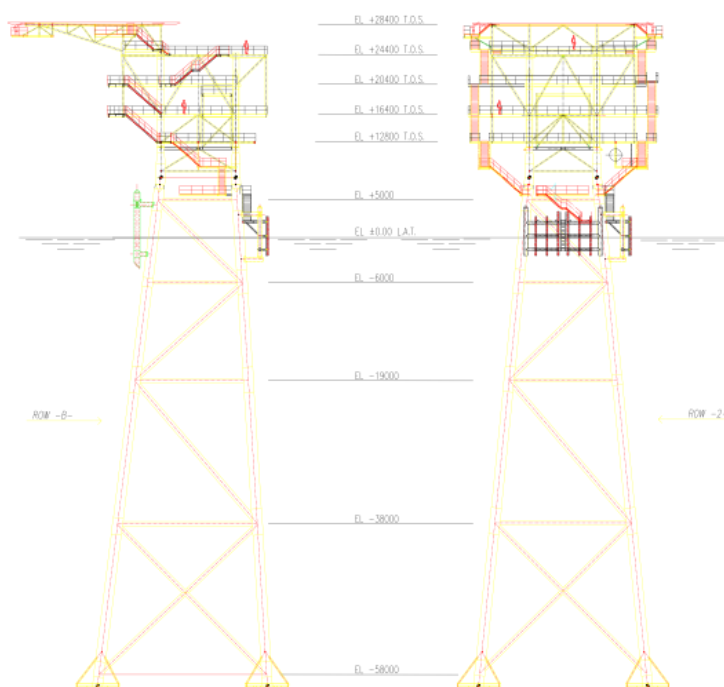
Slika 14. Platforma Ida C [3]

Plinsko polje "Ika" započelo se istraživati 1969. godine, a prve platforme postavljene su 2006. godine. Danas na tom polju proizvode plin dvije platforme Ika A i Ika B. Predviđene rezerve plina su 4237 milijuna m³ plina.

Platforma Ika A je središnja platforma plinskih polja Ida i Ika na 4 noge položene na 60m dubine. Bez posade je i crpi plin iz tri proizvodne bušotine. Zadaća joj je crpljenje plina, prihvatanje plina s platforme Ika B te transport plina preko Ida C do Ivana K, odvajanje plina i slojne vode te obrada voda s ostalih platformi. Platforma iako posjeduje smještajnu jedinicu, nema posadu. Podvodna konstrukcija je cilindrične strukture na 4 noge koje čine na dubini od 60m okvir 23m x 23m a na vrhu na 8m od morske površine okvir od 10m x 9m.

Nadgrađe se sastoji od:

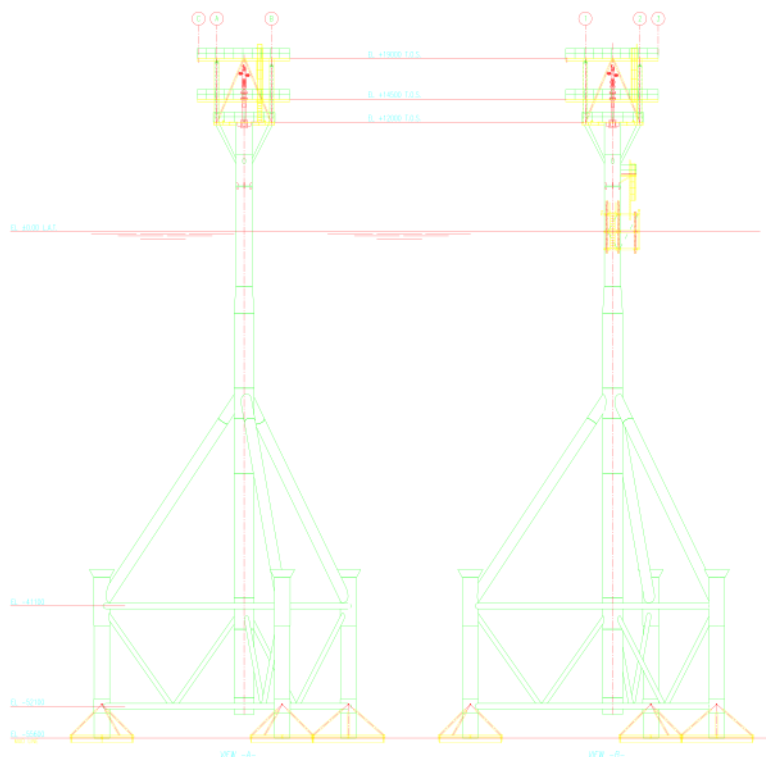
- Prazne palube dimenzija 19m x 19m na visini od 16.4m
- Međupalube dimenzija 19m x 19m na visini od 20.4m
- Gornje palube dimenzija 19m x 19m na visini od 24.4m
- Helikopterske palube dimenzija 22m x 18.5m



Slika 15. Platforma Ika A [3]

Platforma Ika B je proizvodna plinska monopod platforma instalirana na 55m dubine. Nema posadu i crpi plin iz dvije bušotine. Ima zadatak crpiti plin iz jedne proizvodne bušotine, odvajati plin od kapljevine te transport plina i vode prema platformi Ika A. Podvodni dio je monopodne konstrukcije dimenzija 2.2m na morskome dnu i 1.8m na vrhu. Nadgrađe se sastoji od:

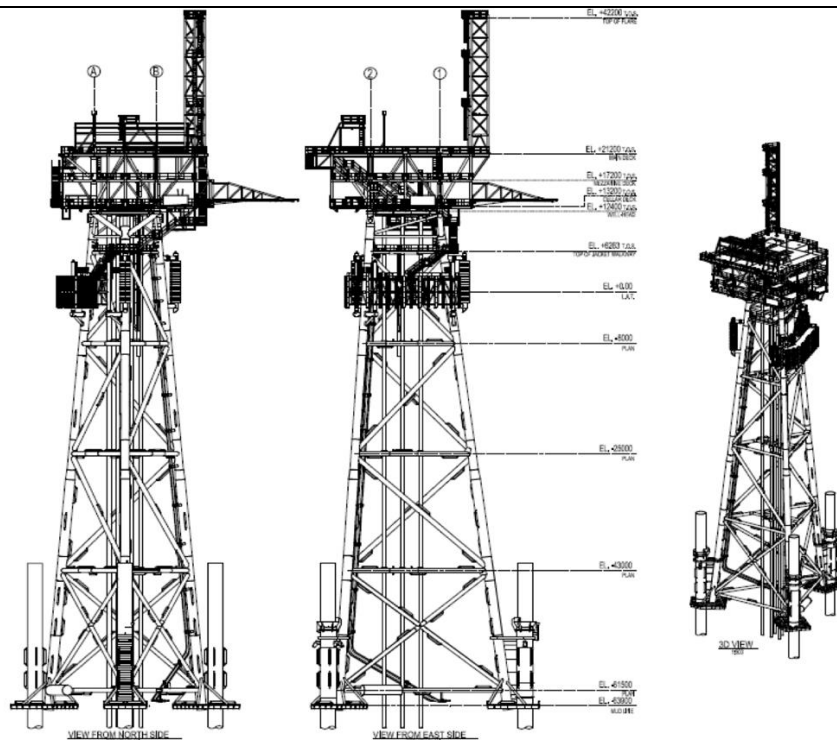
- Prazne palube dimenzija 10m x 10m na visini od 14.5m
- Gornje palube dimenzija 10m x 10m na visini od 19m



Slika 16. Platforma Ika B [3]

Plinsko polje Ika JZ nalazi se u Eksploatacijskom polju Sjeverni Jadran s prosječnom dubinom mora između 58 i 65m. Trenutno se u njemu nalazi jedna platforma koja crpi plin iz 5 bušotina. Procjene su da to polje leži na 3257 milijuna m^3 plina. [5]

Platforma Ika JZ je proizvodna plinska platforma na tri noge na dubini od 64m. Bez posade je i upravljana je s platforme Annamaria A. U proizvodnju je puštena 2014. godine, a zadaća joj je crpljenje plina iz 5 bušotina, obrada i prihvaćanje plina te transport slojne vode i plina prema platformi Ika A. [17]



Slika 17. Platforma Ika JZ [3]

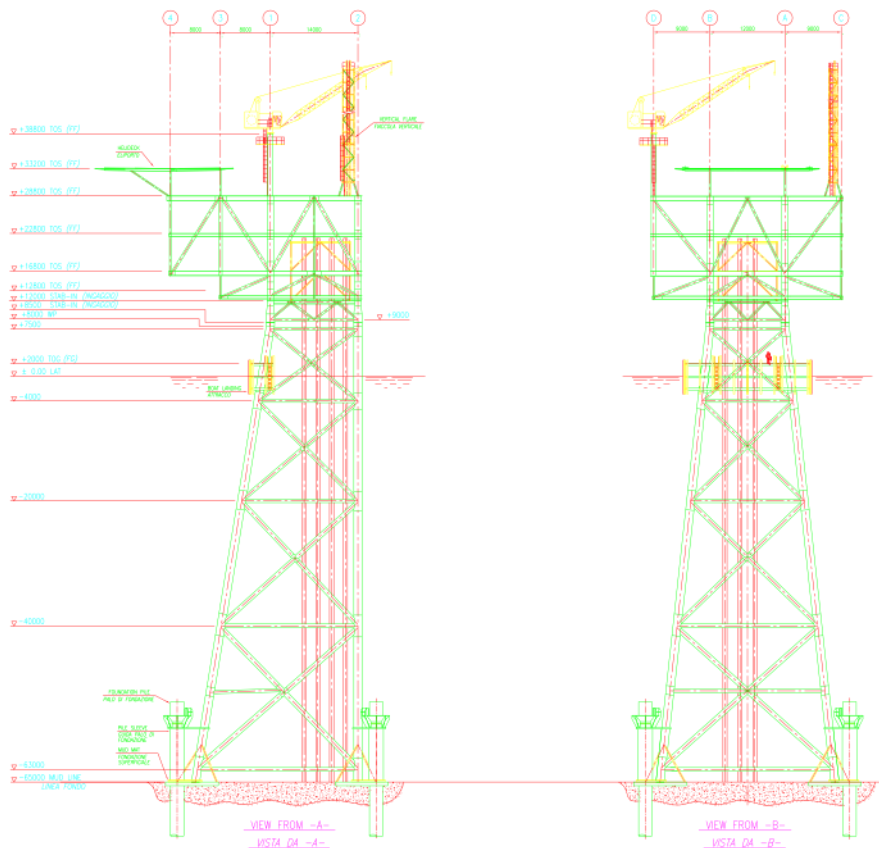
Plinsko polje "Annamaria" nalazi se na liniji razgraničenja s Italijom te je zajedničko polje s Italijom. Prosječna dubina mora na tom polju je oko 57m. Proizvodnja se vrši s dviju platformi "Annamaria A" i "Annamaria B". Na hrvatskoj strani polja nalazi se samo platforma Annamaria A koja je plinovodom povezana s platformom Ika A i s platformom Annamaria B. Tako se plin može transportirati prema hrvatskoj strani, ali i talijanskoj.

Platforma "Annamaria A" je proizvodna plinska platforma oslonjena na 4 čelične noge. U proizvodnju je puštena 2009. godine i zadaća joj je prihvata plina iz 6 bušotina, separacija plina i transport plina do platforme Ika A, a po potrebi do Annamaria B, zbrinjavanje otpadne vode, priprema komprimiranog zraka za rad instrumenata, nadzor procesa i zaštita od eksplozije. Ima stambeni dio za smještaj 19 osoba, dva pristana za brodove i sletišta za helikopter. Konstrukcija nogu sastoji se od čeličnih cilindara koji na morskom dnu čine okvir dimenzija 23m x 22m, a na vrhu na visini od 10m iznad vodne linje 12m x 14m.

Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube dimenzija 22m x 30m na visini od 15.2m
- Prazne palube dimenzija 30m x 30m na visini od 19.2m

- Međupalube dimenzije 30m x 30m na visini od 25.2m
- Gornje palube dimenzija 30m x 30m na visini od 21.2m
- Stambenog prostora na gornjoj palubi sa sletištem za helikopter



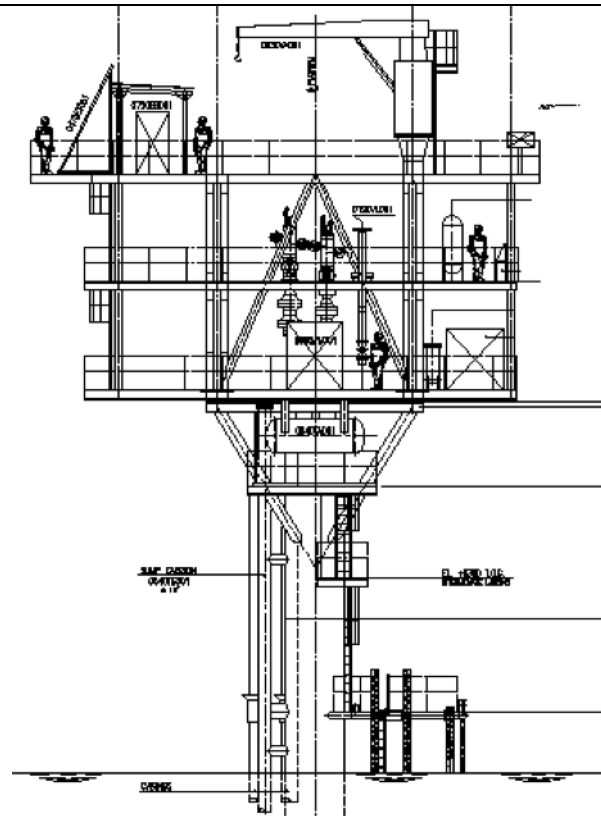
Slika 18. Platforma Annamaria A [18]

Plinsko polje "Irina" započelo je s eksploatacijom 2009. godine puštanjem u rad svoje jedine platforme "Irina" Prosječna dubina mora na polju iznosi 48m.

Platforma "Irina" je proizvodna monopod platforma. Nema stalnu posadu i crpi plin s jedne bušotine. Zadaća joj je prihvati plina iz bušotine, separacija plina, obrada zauljenih voda i transport plina i voda prema platformi Ida A. Konstrukciju monopoda čini cilindarski element promjera 2m.

Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube dimenzija 12m x 12m na visini od 17.3m
- Gornje palube dimenzija 15m x 12m na visini od 22.9m



Slika 19. Platforma Irina, Ana i Vesna [3]

Plinsko polje "Ana" i "Vesna" ima prosječnu dubinu od 44m i na njima se nalaze dvije platforme koje crpe plin s tri bušotine. Plin s ovih polja transportira se plinovodom prema platformi Ivana B. [19]

Platforma "Ana" je monopodna proizvodna platforma i bez stalne posade. Puštena je u proizvodnju 2008. godine i zadaća joj je prihvati plina sa 2 bušotine, separacija plina, obrada zauljenih voda i transport plina i vode do platforme Ivana B. Monopod noga je promjera 2m na dnu mora i na površini. Monopod se na dnu grana na tri noge.

Nadgrađe oslonjeno na monopod se sastoji od:

- Donje palube dimenzija 12m x 12m na visini od 17.3m
- Gornje palube dimenzija 15m x 12m na visini od 22.9m

Platforma "Vesna" je proizvodna plinska platforma oslonjena na monopod. Jednaka je dimenzija kao i platforma "Ana" i "Irina". Puštena je u proizvodnju 2009. godine sa zadacima prihvata plina s jedne bušotine, separacijom plina, obradom zauljenih voda i transportom plina te vode prema platformi Ivana B.

3.2.3 Eksploatacijsko polje Izabela

Proizvodno Polje "Izabela" je pod koncesijom operativne kompanije EDINA (hrvatska INA i talijanski Edison) od 2010. godine. U tom polju nalaze se dvije platforme "Izabela sjever" i "Izabela jug" koje crpe plin sa šest bušotina na prosječnoj dubini mora od 37m.

Platforma "Izabela Sjever" je satelitska proizvodna plinska platforma puštena u proizvodnju 2014. godine. Bez posade i stambenog dijela te crpi plin s 3 proizvodne bušotine te ga transportira prema platformi Izabela Jug. Konstrukcija jacketa je tripod sastavljen od cijevnih elemenata koji na dnu na 37m ispod razine mora tvori okvir dimenzija 24m x 24m dok je na vrhu na 8m iznad mora okvir 6.5m x 6.5m.

Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube na visini od 13m
- Prazne palube na visini od 17m
- Gornje palube na visini od 22m

Platforma "Izabela Jug" je glavna plinska proizvodna platforma plinskog polja Izabela. Zadaća joj je crpljenje plina s 2 proizvodne bušotine, prihvatanje plina s Izabele Sjever te priprema i transport plina prema platformama Ivana A i Ivana K [6]. Podvodnu konstrukciju tvore 4 noge koje na dnu tvore okvir 20.4m x 20.4m, a na vrhu na 8m iznad mora 9m x 9m.

Nadgrađe se sastoji od:

- Donje palube na visini od 13m
- Prazne palube na visini od 17m
- Međupalube dimenzije na visini od 21m
- Gornje palube dimenzija na visini od 25m



Slika 20. Platforma Izabela jug [15]

Tablica 1. Popis platformi na hrvatskom dijelu Jadrana [7]

| Ime platforme | Plinsko polje | Godina početka proizvodnje | Broj bušotina | Tip platforme | Opis |
|----------------|-------------------------|----------------------------|---------------|--|---|
| Izabela Jug | Plinsko polje Izabela | 2014. | 3 | Proizvodna platforma | Na 4 noge, i 4 palube, na 37m dubine |
| Izabela Sjever | Plinsko polje Izabela | 2014. | 3 | Proizvodna platforma | Na 3 noge i 3 palube na 35m dubine |
| Ivana A | Plinsko polje Ivana | 1999. | 5 | Centralna sabirna proizvodna platforma | Na 4 noge i 3 palube sa stalnom posadom i radno-stambenim prostorom za 37 ljudi |
| Ivana K | Plinsko polje Ivana | 1999 | | Kompresorska platforma | Na 4 noge, 3 procesne palube, povezana mostom sa Ivana A, bez posade na 42m dubine |
| Ivana B | Plinsko polje Ivana | 2001. | 2 | Satelitska proizvodna platforma | Tripod, na 43m dubine mora, bez posade i stambenog dijela, bez stabilne proizvodnje el.energije |
| Ivana C | Plinsko polje Ivana | 2006. | 1 | Satelitska proizvodna platforma povezana sa Ivanom B | Monopod sa palubom na 3 etaže i pristan za brodove |
| Ivana D | Plinsko polje Ivana | 2001. | 1 | Satelitska platforma povezana sa Ivanom A | Monopod sa palubom na 3 etaže i pristan za brodove |
| Ivana E | Plinsko polje Ivana | 2000. | 3 | Satelitska proizvodna platforma | Tripod sa sa palubom na 3 etaže i pristan za brodove, bez posade i bez stabilne proizvodnje el.energije |
| Ika A | Plinsko polje Ika | 2006. | 3 | Centralna proizvodna platforma polja Ida i Ika | Na 4 noge sa 3 palube, na 59m dubine, bez posade i potpuno automatizirana |
| Ika B | Plinsko polje Ika | 2006. | 3 | Proizvodna platforma | Monopod sa 3 radne palube i pristanom za brodove, bez posade na 55m dubine |
| Ika JZ | Plinsko polje Ika JZ | 2014. | 5 | Proizvodna platforma | Tripod sa 3 palube, bez posade, potpuno automatizirana |
| Ida A | Plinsko polje Ida | 2006. | 1 | Proizvodna platforma | Monopod, sa procesnom palubom i pristanom za brodove, bez posade, na 46m dubine |
| Ida B | Plinsko polje Ida | 2006. | 2 | Proizvodna platforma | Monopod sa 3 radne palube i pristanom za brodove, bez posade na 52m dubine |
| Ida C | Plinsko polje Ida | 2006. | 3 | Proizvodna platforma | Monopod sa 3 radne palube i pristanom za brodove, bez posade na 51m dubine |
| Annamaria A | Plinsko polje Annamaria | 2009. | 6 | Proizvodna platforma | Na 4 noge, sa procesnim palubama na 5 etaža i stambenim dijelom za 19 ljudi. Pristan za brodove i heliodrom |
| Irina | Plinsko polje Irina | 2009. | 1 | Proizvodna platforma | Monopod, bez posade |
| Ana | Plinsko polje Ana | 2008. | 2 | Proizvodna platforma | Monopod, bez posade |
| Vesna | Plinsko polje Vesna | 2009. | 1 | Proizvodna platforma | Monopod, bez posade |
| Marica | Plinsko polje Marica | 2004. | 3 | Proizvodna platforma | Centrala platforma na 4 noge |
| Katarina | Plinsko polje Katarina | 2006. | 3 | Proizvodna platforma | Na 4 noge |

4 TEHNIČKI I TEHNOLOŠKI PREGLED PROCESA RAZGRADNJE

U ovom poglavlju opisane su tehnološke aktivnosti razgradnje pučinskih proizvodnih platformi s naglaskom na razgradnju plinskih platformi eksploatacijskim poljima "Sjeverni Jadran" i "Izabela".

Prilikom razgradnje u "Sjevernom Jadranu" predviđen je sljedeći niz aktivnost:

1. odgovarajuće začepljivanje (3-4 cementna čepa) i napuštanje bušotine
2. uklanjanje (na mjestu bušotine) i transport nadgrađa do kopna
3. rastavljanje nadgrađa s palubama na kopnu
4. ispiranje cjevovoda i ostavljanje na dnu mora (kao umjetni greben)
5. uklanjanje (na mjestu bušotine) i transport čelične nosive konstrukcije do kopna
6. rastavljanje čelične nosive konstrukcije (podvodno dio) na kopnu.

Sve platforme na istom plinskom polju uklanjati će se zajedno u jednoj tehnološkoj kampanji. U pravilu primjenjivat će se metoda obrnuta od izgradnje platformi.

4.1 Pripreme za uklanjanje nadgrađa

Prije početka rastavljanja platforme, potrebno je obaviti pripremne radove kojima se osigurava siguran rad te odgovarajuća tehnološka priprema za rezanje nogu platformi i podizanje nadgrađa. U ovoj fazi još se ne izvode glavni rezovi na nogama platforme, no mogu se obaviti ostali manje kritični rezovi poput odvajanja raznih kablova i cijevi.

4.1.1 Sigurnosne operacije

Sigurnosne operacije u pripremnim radovima trebaju podići sigurnost za ljude, ali i strukturu prilikom rastavljanja platforme.

Potrebno je:

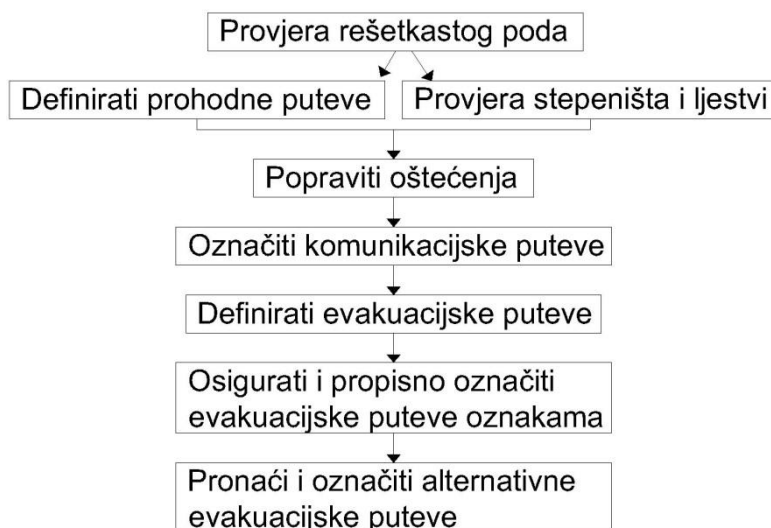
- definirati i označiti sigurne prilaze za ljude koji će raditi na razgradnji
- montirati privremenu opremu koja će se upotrebljavati prilikom razgradnje
- napraviti kontrolu nadgrađa i podvodnog dijela u pogledu eventualnih oštećenja

- pronaći štetne materijale poput azbesta i zaostalih ugljikovodika te ih adekvatno zbrinuti ili zaštititi od daljnjeg rasipanja u okolinu.

Podvodni pregled nogu platforme obavlja ronionac na manjim dubinama ili daljinski upravljana ronilica bez posade (ROV) te se definira i označava mjesto gdje će se obaviti rez. U tu svrhu potrebna je mobilizacija broda za podršku ronioncima ili daljinski upravljanoj ronilici.

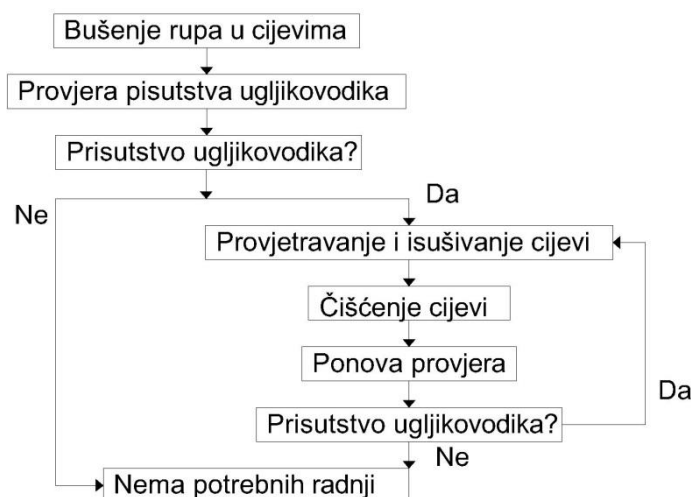
Definiranje sigurnih prolaza vrlo je važna aktivnost zbog sigurnosti radnika. Naime, proces rastavljanja konstrukcije platforme i procesne opreme obavljat će radnici koji u pravilu nisu radili na izradi i instalaciji te platforme i ne znaju u kakvom su stanju prolazi, stepenište, rešetkaste palube te da li je bilo nekih promjena od izvornog stanja platforme poput zatvaranja nekih puteva. Isto tako moguće je da je prođe i nekoliko godina od gašenja proizvodnje na platformi do početka razgradnje te je upitna pouzdanost postojećih prolaza i puteva zbog utjecaja nepovoljnog okruženja (morska sol i agresivne tekućine).

Također, trebaju se definirati putevi i točke s kojih će se uklanjati oprema unutar platforme, definirati pristupne i odlazne puteve, ali i evakuacijske puteve. Osim glavnih evakuacijskih puteva moraju se definirati i označiti alternativni putevi radi povećanja sigurnosti radnika. Slika 21 prikazuje korake u provjeri i definiranju sigurnosnih puteva na platformi.



Slika 21. Potrebni koraci za osiguranje puteva i prolaza [8]

Osim osiguranja komunikacijskih puteva, već je navedeno da je potrebno osigurati platformu od štetnih materijala i kemikalija. Mnoge kemikalije mogu biti vrlo opasne za zdravlje radnika, okoliš ili su lako zapaljive. Najčešće će se radnici na platformi susretati sa zaostalim ugljikovodicima u cijevima koji bi se vrlo lako mogli zapaliti i izazvati eksploziju prilikom rezanja. U tu svrhu cijevi je potrebno isušiti te očistiti cijevi i spremišta prije nego li se započne s rezanjem (poput plinskog rezanja).



Slika 22. Proces provjere i uklanjanja ugljikovodika iz cijevi na platformi [8]

Osim cijevi i ostalu procesnu opremu potrebno je kontrolirati na prisutstvo ugljikovodika. Zaostali ugljikovodici u opremi mogu se ukloniti na kopnu (što je jeftinije) ili prije početka razgradnje (što je preporučljivo iz sigurnosnih razloga prilikom transporta nadgrađa). Oprema i cijevi koje se nisu počistile na platformi, nego je predviđeno to obaviti na kopnu, potrebno je začeptiti kako ne bi došlo do istjecanja tekućine prilikom transporta.

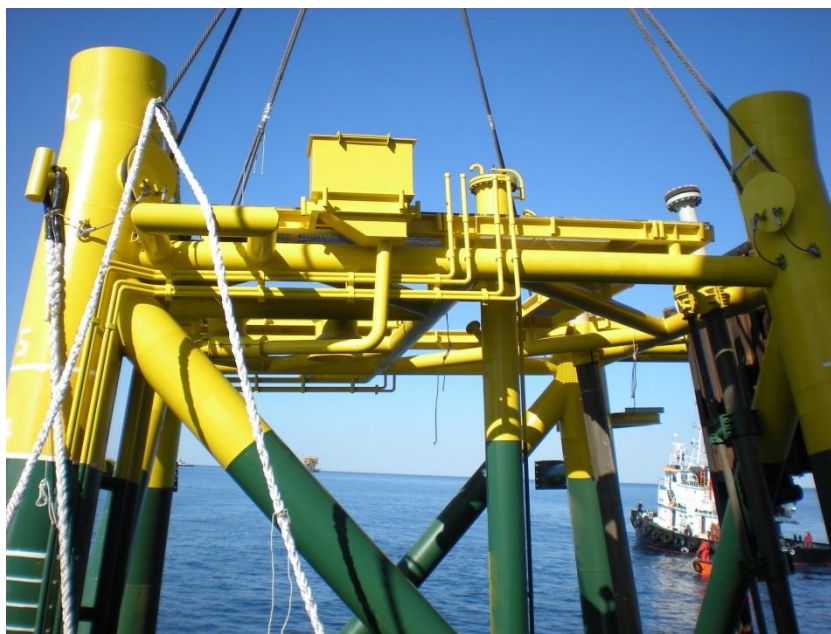
Azbest je također prisutan na platformama i njega je potrebno ukloniti samo na mjestima na kojima će se vršiti rezanje kako ne bi došlo do mrvljenja i raspršivanja azbestne prašine (ostatak je predviđen za zbrinjavanje na kopnu).

4.1.2 Postavljanje podiznih uški

Ukoliko se radi o starijim platformama potrebno je definirati i osigurati podizne točke odnosno uške preko kojih će se obaviti podizanje nadgrađa. Novije platforme su projektirane tako da je već unaprijed osmišljen način rastavljanja pa se za rastavljanje koriste iste uške

koje su se koristile i za sastavljanje. Međutim, ponekad ako su uške bile uklonjene nakon sastavljanja, nove moraju biti zavarene na potrebna mjesta.

Osim uški koje služe kao točke za podizanje, ponekad se postavljaju i dodatna ojačanja u vidu okova, podmetača ili podiznih okvira koji će pojačati strukturu ne samo za vrijeme procesa podizanja već i za vrijeme transporta i osiguranja morskim vezom na teretnoj barži.



Slika 23. Podizni izdanci na platformi Izabela [15]

4.2 Proces uklanjanja nadgrađa

Uklanjanje nadgrađa obavlja se podizanjem nadgrađa i premještanjem na transportnu baržu pomoću plovne dizalice. To je ustvari obrnuti proces od sastavljanja platforme. Kod malih platformi, uklanjanje nadgrađa može se obaviti odjednom, za razliku od većih platformi gdje se nadgrađe uklanja modularno. Pri tome treba paziti da se uklanjanjem jednog modula ne dovede platformu u nestabilan položaj zbog promjene težišta.

Modularno uklanjanje nadgrađa možda naizgled zvuči kao prednost zbog mogućnosti angažiranja plovnih dizalica manje nosivosti, no treba uzeti u obzir da će se istom dizalicom zbog smanjenja troškova podizati i podvodni dio platforme koji je teži. Iz tog razloga najčešće će se nadgrađe uklanjati u jednom komadu za srednje i manje platforme. Tablica 2 daje neke primjere nadgrađa platformi u Jadranu te se može vidjeti kako mase i dimenzije nadgrađa nisu veliki te se može primijeniti uklanjanje nadgrađa u jednom komadu.

Tablica 2. Mase nadgrađa koje će se uklanjati podizanjem s plovnom dizalicom [7]

| Nadgrađe za podizanje | Masa u (t) | Dimenzije L(m) x B(m) x H(m) |
|-----------------------|------------|------------------------------|
| Ivana A | 1150 | 25 x 25 x 29 |
| Ika A | 705 | 19 x 19 x 16 |
| Ivana C | 75 | 10 x 11 x 8 |
| Ida C | 192 | 10 x 10 x 10 |

4.3 Pripreme za uklanjanje podvodnog dijela

Kao i za nadgrađe, tako je i za podvodni dio potrebno obaviti pripremne radove. Nepričvršćene dijelove potrebno je učvrstiti ili ukloniti, a po potrebi će se montirati i radna platforma. Naime nakon uklanjanja nadgrađa radnici koji će raditi na podizanju podvodnog dijela moraju imati čvrstu i sigurnu radnu površinu te će se ona po potrebi pričvrstiti za *jacket*. Obično je pomoćna radna platforma napravljena od skele i tako daje podršku prilikom operacije rezanja. Rezni alat je potrebno u ovoj fazi instalirati na noge *jacket* no još se neće obavljati glavno rezanje nogu, ali se mogu obavljati rezovi manje bitnih dijelova. Glavno rezanje nogu obaviti će se prilikom uklanjanja nadgrađa.

4.4 Proces uklanjanja podvodnog dijela

Masa nogu platformi iznosi 1538 t za četveronožnu platformu Ivana A ili 678 t za monopodnu platformu Ida C. Unatoč poznatoj masi *jacket*, prije polaganja u more, prilikom uklanjanja potrebno je pretpostaviti nešto veću masu zbog obraštanja morskom vegetacijom. Ona se ne može točno odrediti, no vizualnim pregledom se može približno odrediti dodana masa. Prije početka rezanja ronionci će morati ukloniti morsku vegetaciju s mjesta na kojima će se izvršiti rez. Čišćenje se obavlja vodenim mlazom kojim se površina očisti gotovo do metala. Zbog ekonomski neisplativog čišćenja cijelih nogu, one će se očistiti samo lokalno na mjestu budućeg reza. Poznavanje mase je izuzetno bitno zbog odabira adekvatne plovne dizalice i barže koja će odvesti *jacket* na obalu.

Uklanjanje podvodnog dijela obaviti će se u drugoj fazi razgradnje platforme. U prvoj fazi uklonit će se nadgrađe, a u drugoj podvodni dio. Podvodni dio će se na primjeru platformi u Jadranu uklanjati u jednom komadu zbog relativno male veličine i mase. Kod većih platformi primjerice u Sjevernom moru, *jacket* će se uklanjati u dva ili više komada jer se radi o puno

većim platformama u dubljem moru. Kod takvih operacija potrebno je računati na puno veći opseg rezanja na nadgrađu i na *jacketu*.

4.5 Proces rezanja

Proces rezanja predstavlja jednu od važnijih operacija u rastavljanju platformi (metode gdje se uklanja odvojeno nadgrađe od podvodnog dijela). Iako se jedan dio rezanja već obavio u pripremnom dijelu, glavnina rezanja obaviti će se tik prije podizanja. Postoji više mogućnosti rezanja, a neke od metoda i alternativne metode prikazuje Tablica 5.

Za razliku od podvodnog rezanja, prilikom rezanja nadvodnog dijela postoji veći izbor tehnologije rezanja. Bilo da se radi o hladnom ili toplinskom rezanju, potrebno je odabrati primjerenu metodu za svako mjesto posebno. Najzastupljenije su metode hladnog rezanja, jer se smanjuje mogućnost izazivanja požara. Naime, iako su cijevi već u prethodnim operacijama isušene i isprane, neki materijali mogli bi se pri većem dovođenju topline zapaliti. Iz tog razloga najčešće će se koristiti rezanje dijamantnom žicom ili nekim pneumatskim alatom (klijesta). Rezanje dijamantnom žicom pokazalo se kao vrlo efikasna metoda kod nadvodnog rezanja a može se s daljinski upravljanom ronilicom koristiti i pod vodom.

Tablica 3. Metode rezanja nadgrađa [8]

| Toplinsko rezanje | Hladno rezanje | |
|----------------------|-------------------|----------------------------|
| Metoda | Metoda | Primjer |
| Plinsko rezanje | Abrazivno rezanje | Brusilica, dijamantna žica |
| Elektrolučno rezanje | Pneumatski alati | Pila, klijesta |

Osim rezanja *jacketa* s ciljem odvajanja od nadgrađa koje se vrši iznad površine mora, najčešće postoje i podvodna rezanja kojima se odvaja *jacket* od temelja ili rezanja *jacketa* u svrhu smanjenja dimenzija podvodnog dijela radi lakšeg podizanja.

Rez *jacketa* prilikom odvajanja od temelja izvršava se 0,5-1 m ispod površine dna (*mud line*).

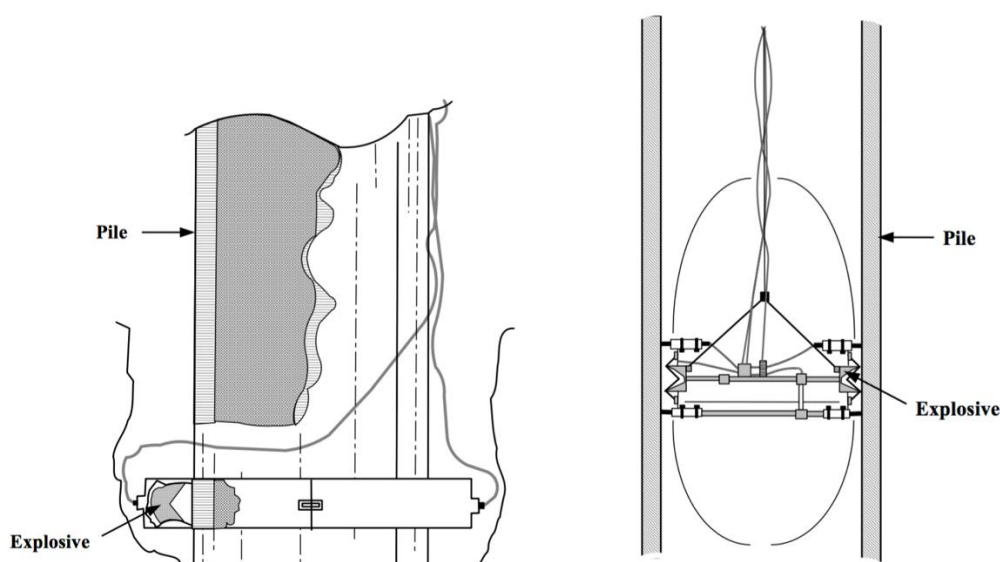
Rez ispod površine dna izvodi se:

- Eksplozivom

- Vodom s abrazivima pod pritiskom
- Plinskim rezanjem
- Kružnom pilom
- Rezanje dijamantnom žicom

4.5.1 Eksplozivno rezanje

Kontrolirana upotreba eksplozivnog rezanja u otvorenom akvatoriju pokazala se kao vrlo efikasna metoda, pogotovo za rezove ispod površine morskog dna, uz minimalan utjecaj na okolni morski život. Veličina eksplozivnog reza zavisi o promjeru *jacketa* i debljini slojeva *jacketa* koji treba prerezati te se u skladu s time i upotrebljava odgovarajući eksplozivni naboj. Najčešći naboj za ovakvu upotrebu je cilindarskog oblika koji se spušta niz cilindarski *jacket* na željenu dubinu gdje se daljinski detonira. Udarni val eksplozije širi se horizontalno na površinu dna odnosno okomito na unutarnju površinu *jacketa* te uzrokuje dovoljnu energiju koja reže čelični cilindar *jacketa*. Ova metoda prilično je sigurna s obzirom da do eksplozije ne može doći prije nego se postavi detonator koji pokreće eksploziju, a on se priključuje za detonatorsku žicu tek kada je eksploziv postavljen na svoje mjesto [7]. U prilogu je prikazana tablica s karakteristikama različitih eksploziva koji se mogu upotrebljavati u podvodnom rezanju s eksplozivom.



Slika 24. Postavljanje eksploziva s vanjske i unutarnje strane *jacketa* [9]

Tablica 4. Eksplozivi koji se koriste u svrhu rezanja sa svojim karakteristikama [9]

| Explosive | Principal Use(s) | Velocity | | Density | Shattering Effect (TNT = 1.0) | Water Resistance | Specific Energy (watts/kg) | Weight Strength % |
|--------------------------------------|--|----------|--------|---------|-------------------------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| | | m/sec | ft/sec | | | | | |
| <i>Black Powder</i> | | | | | | | | |
| Black Powder | Propellant | 400 | 1,320 | 1.6 | 0.1 | Poor | - | - |
| <i>Primary Initiating Explosives</i> | | | | | | | | |
| Lead Azide | Detonator Primer | 5,300 | 17,400 | 5 | 0.39 | Fair | 466 | 39 |
| Diazodini – trophenol (DDNP) | Detonator Primer | 6,600 | 21,700 | 1.63 | 0.92 | Fair | | 76 |
| Lead Styphnate | Detonator Primer | 5,200 | 17,000 | 2.9 | 0.4 | Fair | 470 | 40 |
| <i>Secondary High Explosives</i> | | | | | | | | |
| Pentaerythritol tetranitrate (PETN) | Shape Charges Detonating Cord Metal Severance | 8,400 | 27,600 | 1.7 | 1.73 | Good | 675 | 96 |
| Cyclonite (RDX) | Demolition Charge Shape Charges Detonating Cord Metal Severance | 8,750 | 28,700 | 1.76 | 1.57 | Good | 675 | 93 |
| Homocyclonite (HMX) | Demolition Charge Shape Charges Metal Severance | 9,100 | 29,800 | 1.91 | 1.45 | Good | 664 | 93 |
| Trinitrotoluene (TNT) | Demolition Charge Shape Charges Cratering and Rock Removal Detonating Cord Metal Severance | 6,900 | 22,600 | 1.65 | 1 | Good | 488 | 74 |

| Explosive | Principal Use(s) | Velocity | | Density | Shattering Effect (TNT = 1.0) | Water Resistance | Specific Energy (watts/kg) | Weight Strength % |
|------------------------------------|--|----------|--------|---------|-------------------------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| | | m/sec | ft/sec | | | | | |
| Ammonium Picrate (Explosive D) | Demolition Charge Shape Charges Metal Severance | 7,150 | 23,500 | 1.6 | 1.25 | Poor | 321 | 70 |
| Nitroglycerin (NG) | Demolition Charge Cratering and Rock Removal Propellant Metal Severance | 7,600 | 25,000 | 1.81 | 1.81 | Fair | 720 | 96 |
| Nitroglycol (NGC) | Demolition Charge Cratering and Rock Removal Propellant Metal Severance | 7,300 | 24,000 | 1.48 | 2.06 | Fair | 780 | 105 |
| Nitromethane (NM) | Demolition Charge Propellant Metal Severance | 6,290 | 20,700 | 1.14 | 1.33 | Fair | 533 | 86 |
| <i>Tertiary High Explosives</i> | | | | | | | | |
| Ammonium Nitrate | Cratering and Rock Removal | 2,800 | 9,200 | 1.13 | 0.6 | Poor | 280 | 52 |
| <i>High Explosive Compositions</i> | | | | | | | | |
| Composition B | Demolition Charge Shape Charge Metal Severance | 7,840 | 25,700 | 1.68 | 1.3 | Good | - | - |
| Composition C-4 | Demolition Charge Shape Charge Metal Severance | 8,040 | 26,400 | 1.59 | 1.32 | Good | - | - |

| Explosive | Principal Use(s) | Velocity | | Density | Shattering Effect (TNT = 1.0) | Water Resistance | Specific Energy (watts/kg) | Weight Strength % |
|-------------------------------|--|----------|--------|---------|-------------------------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| | | m/sec | ft/sec | | | | | |
| Cyclotol 70/30 | Demolition Charge Shape Charge Metal Severance | 8,060 | 26,450 | 1.73 | 1.31 | Good | - | - |
| Octol 75/25 | Demolition Charge Shape Charge Metal Severance | 8,643 | 28,350 | 1.81 | 1.16 | Good | 503 | - |
| Plastic Bonded (PBX9404) | Demolition Charge Shape Charge Metal Severance | 8,800 | 28,900 | 1.86 | 1.37 | Good | - | - |
| Pentolite 50/50 | Demolition Charge Shape Charge Metal Severance | 7,465 | 24,500 | 1.66 | 1.22 | Good | 588 | - |
| Detasheet | Demolition Charge Metal Severance | 7,300 | 24,000 | 1.62 | 1.12 | Good | 495 | - |
| Torpex (Aluminized Explosive) | Demolition Charge Shape Charge Metal Severance | 7,500 | 24,600 | 1.81 | 1.64 | Good | 867 | - |
| Blasting Gelatin | Demolition Charge Shape Charge Metal Severance | 7,300 | 24,000 | 1.5 | 1.91 | Fair | 740 | 100 |
| HTA-3 Aluminized Explosive | Demolition Charge Shape Charge Metal Severance | 7,870 | 25,800 | 1.9 | 1.19 | Good | 573 | - |
| <i>Commercial Dynamites</i> | | | | | | | | |
| 40% NG Dynamite | Cratering and Rock Removal | - | - | - | - | Fair | - | 40 |

| Explosive | Principal Use(s) | Velocity | | Density | Shattering Effect (TNT = 1.0) | Water Resistance | Specific Energy (watts/kg) | Weight Strength % |
|--------------------------|--|----------|--------|---------|-------------------------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| | | m/sec | ft/sec | | | | | |
| 50% NG Dynamite | Cratering and Rock Removal | - | - | - | - | Fair | - | 50 |
| 60% NG Dynamite | Cratering and Rock Removal | - | - | - | - | Fair | - | 60 |
| <i>Binary Explosives</i> | | | | | | | | |
| Binex 42P | Demolition Charge Cratering and Rock Removal | 4,000 | 13,125 | 1.5 | - | Good | - | - |
| PLX (Liquid, Liquid) | Demolition Charge Shape Charge Cratering and Rock Removal Metal Severance | 6,200 | 20,340 | 1.14 | 1.27 | Good | 535 | 85 |
| Kinepak (Solid, Liquid) | Demolition Charge Cratering and Rock Removal Metal Severance | 6,100 | 20,010 | 1.15 | - | Good | - | 80 |

4.5.2 Rezanje abrazivnim vodenim mlazom

Ovaj oblik rezanja temelji se na propuštanju vrlo jakog mlaza vode s abrazivnim česticama kroz sapnicu koji mehanizmom erozije djeluju na površinu metala, odnoseći dijelove površine. Rezanje vodom ostavlja vrlo fini rez na materijalu, a može se obavljati s unutarnje i s vanjske strane *jacketa*. Osim rezanjem vodom, abrazivne čestice mogu se umjesto vodom miješati s komprimiranim zrakom, no ta metoda može se upotrebljavati samo u plitkim vodama. Najčešće se koristi abraziv s vodom i taj sistem se može koristiti do 180m dubine. Za abraziv se najčešće koristi mineral granat i bakrena šljaka. Prednosti ove metode rezanja leže u vrlo malim dimenzijama sapnice što je pogodno za unutarnje rezove cijevi i

jacketa, ali i mogućnost pričvršćenja sapnice za daljinski upravljaju ronilicu ako je potrebno rez izvršiti s vanjske strane.

4.5.3 Rezanje dijamantnom žicom

Rezanje ovim načinom predstavlja vrlo pouzdanu metodu gdje za razliku od ostalih metoda unutar *jacketa* može ostati cement koji će se uspješno rezati zajedno s čelikom. Uređaj za rezanje je prilično jednostavne konstrukcije a sastoji se od kliješta kojima se uređaj čvrsto prihvati za *jacketa*, dijamantne žice te pokretanih koloturnika koji svojom rotacijom provlače žicu kroz *jacketa* i ostvaruju rez. Uređaj nema veliku masu pa je pogodan za upotrebu s daljinski upravljanih ronilica.



Slika 25. Uređaj za rezanje dijamantnom žicom (miragesubsea.com)

Tablica 5. Metode rezanja *jacketa* [8]

| Mjesto rezanja | Glavna metoda rezanja | | Alternativna metoda rezanja |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--|
| Noge postolja (<i>jacket</i>) | Primarni rez | Sekundarni rez | Vanjsko rezanje vodenim mlazom |
| | Unutarnje rezanje vodenim mlazom | Vanjsko rezanje vodenim mlazom | Rezanje dijamantnom žicom |
| | | | |
| Temelji nogu postolja (<i>jacketa</i>) | Dijamantno rezanje | | Dijamantno rezanje donjih sekcija + unutarnje rezanje vodenim mlazom |
| | | | Eksplozivno rezanje |
| Braces | Vanjsko rezanje vodenim mlazom | | Dijamantno rezanje |
| Podvodni podizač (raiser) | Vanjsko rezanje vodenim mlazom | | - |
| | Rezanje dijamantnom žicom | | |
| Pomoćni rezovi | Vodeni mlaz | | - |
| | Dijamantna žica | | |
| | Hidraulička kliješta | | |

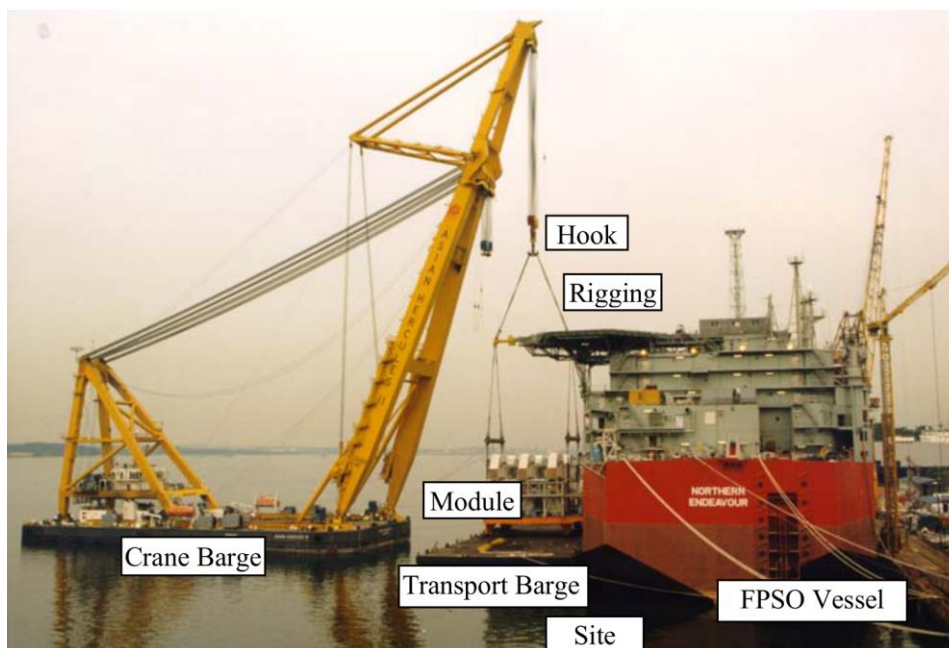
4.6 Proces podizanja

Podizanje teških tereta na valovitome moru, upotrebom teretnog uređaja plovne dizalice, složen je i nelinearan problem spregnute dinamike dvostrukog njihala (jednim njihalom može se opisati gibanje plovne dizalice, a drugim se opisuje gibanje ovješeno tereta). U brodograđevnoj praksi uobičajena je pretpostavka malih pomaka njihala, što omogućava linearizaciju problema njihala i rješenje u frekvencijskoj domeni. U suvremenoj brodograđevnoj praksi metodologija proračuna operacije dizanje tereta plovnim dizalicama temelji se vrlo često na sljedećim uputama i preporukama:

- DNV GL 0027/ND „Guidelines for Marine Lifting and Lowering Operations“,
- DNV-RP-H103 „Modelling and Analysis of Marine Operations“,
- DNV-RP-H201 „Lifting Appliances Used in Subsea Operations“,

- DNV-OS-H205 „Lifting Operations“,
- DNV-OS-H206 „Loadout, Transport and Installation of Subsea Objects“,
- ASME B30.8 „Floating Cranes and Floating Derricks“,
- ASME B30.20 „Below-the-Hook Lifting Devices“,
- ASME BTH-1 „Design of Below-the-Hook Lifting Devices“,

prema primjerice i ostala klasifikacijska društva imaju slične upute i preporuke.



Slika 26. Postavljanje procesnog modula na FPSO primjenom triju transportnih greda, [10]

Prema [11], u svrhu dobivanja odgovarajućeg *certifikata za podizanje tereta na moru* (eng. *Certificate of Approval*) u pravilu je potrebno analizirati (uz izradu odgovarajuće tehničke i tehnološke dokumentacije):

- čvrstoću strukture koja se podiže (uključujući čvrstoću ovjesišta tereta),
- nosivost plovne dizalice, uzimajući u obzir radijus na kojem će se izvoditi operacija podizanja tereta,
- odabranu opremu za prihvat i podizanje tereta (kuke, čelična užad, škopci, transportne grede i okviri), uključujući provjeru odgovarajućih certifikata te iste opreme,
- stabilitet plovne dizalice tijekom operacije podizanja tereta s naglaskom na odziv u slučaju otkaza neke od funkcija balastnog sustava,
- odabir i geometriju sidrenog poligona plovne dizalice,
- sustav i procedure dinamičkog pozicioniranja plovne dizalice (uključujući eng. *FMEA – Failure Mode and Effects Analysis*),
- granično projektno stanje vjetra i valova (i morske struje) te dinamiku plovne dizalice i transportne barže pri tom projektnom stanju,
- prihvat i sidrenje transportne barže,

-
- morski vez (uključujući uklanjanje istog),
 - odgovarajuću (privremenu) organizacijsku shemu i vođenje projekta,
 - karakteristike daljinski upravljanih ronilica (eng. *ROV - Remotely Operated Vehicle*) koje će biti korištene,
 - odgovarajuće rizike (uključivši sve dionike procesa),
 - rizike i procedure mogućih istovremenih pomorskih operacija (eng. *SIMOPS – Simultaneous Marine Operations*),
 - tehnološku pripremu mjesta odabranog za odlaganje strukture.

S obzirom da je DNV GL jedno od vodećih (ujedno i najveće) klasifikacijskih društava (DNV- Det Norske Veritas utemeljen je u Oslu 1864. godine; GL – Germanischer Lloyd utemeljen je u Hamburgu 1867. godine; DNV i GL udružili su se u jedinstveno klasifikacijsko društvo 2013. godine) te činjenicu da je Noble Denton (2009. godine ND udružio se s GL-om; danas je u vlasništvu DNV GL-a) jedna od dugogodišnjih vodeći konzultantskih organizacija u području projektiranja, analize i korištenja raznovrsnih objekata morske tehnike, racionalno je opseg izrade potrebne dokumentacije te opseg tehnoloških operacija definirati na temelju upravo njihovih preporuka sadržanim u zahtjevima za dobivanje Uvjerenja, [11].

Sigurnost operacije podizanja tereta na valovitom moru u značajnoj mjeri ovisi o trenutnom stanju valova, vjetra i morske struje te je potrebno odrediti *granično projektno stanje* vjetra, valova i morske struje, [11], uzimajući u obzir:

- pouzdanost i učestalost vremenske prognoze za odgovarajuće zemljopisno područje,
- trajanje operacije podizanja tereta (uzimajući u obzir odgovarajuću nepredvidivost trajanja),
- izloženost područja operacije podizanja tereta djelovanju valova, vjetra i morske struje,
- vrijeme potrebno za pomoćne pomorske operacije prije same operacije podizanja tereta (npr. dolazak i pozicioniranje plovne dizalice i transportne barže),
- utjecaj morske struje na plovnu dizalicu i transportnu baržu te na podizanje tereta pod vodom i kroz zonu utjecaja valova.

U svrhu definiranja spektralne gustoće energije valova u Jadranskom moru (more ograničene duljine privjetrišta) moguće je koristiti Tabainov spektar valova, [12]:

$$S(\omega) = \frac{0.862 \cdot 0.0135 \cdot g^2}{\omega^5} \exp\left(-\frac{5.186}{h_s^2 \omega^4}\right) \gamma^{p(\omega)} \quad (1)$$

, gdje je

$$\gamma = 1.63; \quad p = \exp\left(-\frac{(\omega - \omega_m)^2}{2\sigma^2 \omega_m^2}\right); \quad \sigma = \begin{cases} 0.08, & \omega \leq \omega_m \\ 0.10, & \omega > \omega_m \end{cases}; \quad \omega_m = 0.32 + \frac{1.8}{h_s + 0.6} \quad (2)$$

Jednadžba gibanja plutajućeg tijela u vremenskoj domeni:

$$(\mathbf{M} + \mathbf{A}^{\text{inf}}) \ddot{\boldsymbol{\eta}} + \int_0^t \mathbf{K}(t-\tau) \dot{\boldsymbol{\eta}} d\tau + \mathbf{B} \dot{\boldsymbol{\eta}} + \mathbf{C} \boldsymbol{\eta} = \mathbf{F}(t) + \mathbf{F}_{\text{lift}}(\ddot{\boldsymbol{\eta}}, \dot{\boldsymbol{\eta}}, \boldsymbol{\eta}, t) + \mathbf{F}_{\text{mooring}}(\ddot{\boldsymbol{\eta}}, \dot{\boldsymbol{\eta}}, \boldsymbol{\eta}, t) \quad (3)$$

, gdje je \mathbf{M} matrica mase, \mathbf{A}^{inf} matrica dodatne mase za beskonačnu frekvenciju, \mathbf{K} matrica retardacijske funkcije, \mathbf{B} matrica viskoznog prigušenja, \mathbf{C} matrica hidrostatske krutosti, \mathbf{F} vektor općenitog vanjskog opterećenja, \mathbf{F}_{lift} vektor opterećenja od ovješnog tereta, $\mathbf{F}_{\text{mooring}}$ vektor opterećenja od sidrenog sustava i $\boldsymbol{\eta}$ vektor odziva. S obzirom da se kod podizanja tereta pojavljuje sprega dvaju njihala (kojima je opisan sustav plovna dizalica – teret) sustav se od uobičajenih 6 stupnjeva slobode proširuje s dodatna dva (dva kuta zakreta njihala) ili tri nova stupnja slobode gibanja (dva kuta zakreta + produljenje njihala) kojima se opisuje gibanje tereta na njihalu, tako da je je sustav plovna dizalica - teret opisan s osam ili devet stupnjeva slobode gibanja.

U slučaju tereta koji je nalazi ovješeno na njihalu u zraku taj se dio opterećenja (s obzirom na spregu s gibanjem plovne dizalice) prebacuje na lijevu stranu jednadžbe gibanja te proširene matrice masa i dodatna matrica krutosti iznose [13]:

$$[\mathbf{M}] = \begin{bmatrix} M & 0 & 0 & 0 & M z_G & -M y_G & -M_L & 0 & 0 \\ & M & 0 & -M z_G & 0 & M x_G & 0 & -M_L & 0 \\ & & M & M y_G & -M x_G & 0 & 0 & 0 & -M_L \\ & & & M_{44} & -M_{45} & -M_{46} & 0 & M_L z_P & -M_L y_P \\ & & & & M_{55} & -M_{56} & -M_L z_P & 0 & M_L x_P \\ & & & & & M_{66} & M_L y_P & -M_L x_P & 0 \\ & & & & & & M_L & 0 & 0 \\ & & & & & & & M_L & 0 \\ & & & & & & & & M_L \end{bmatrix} \quad (4)$$

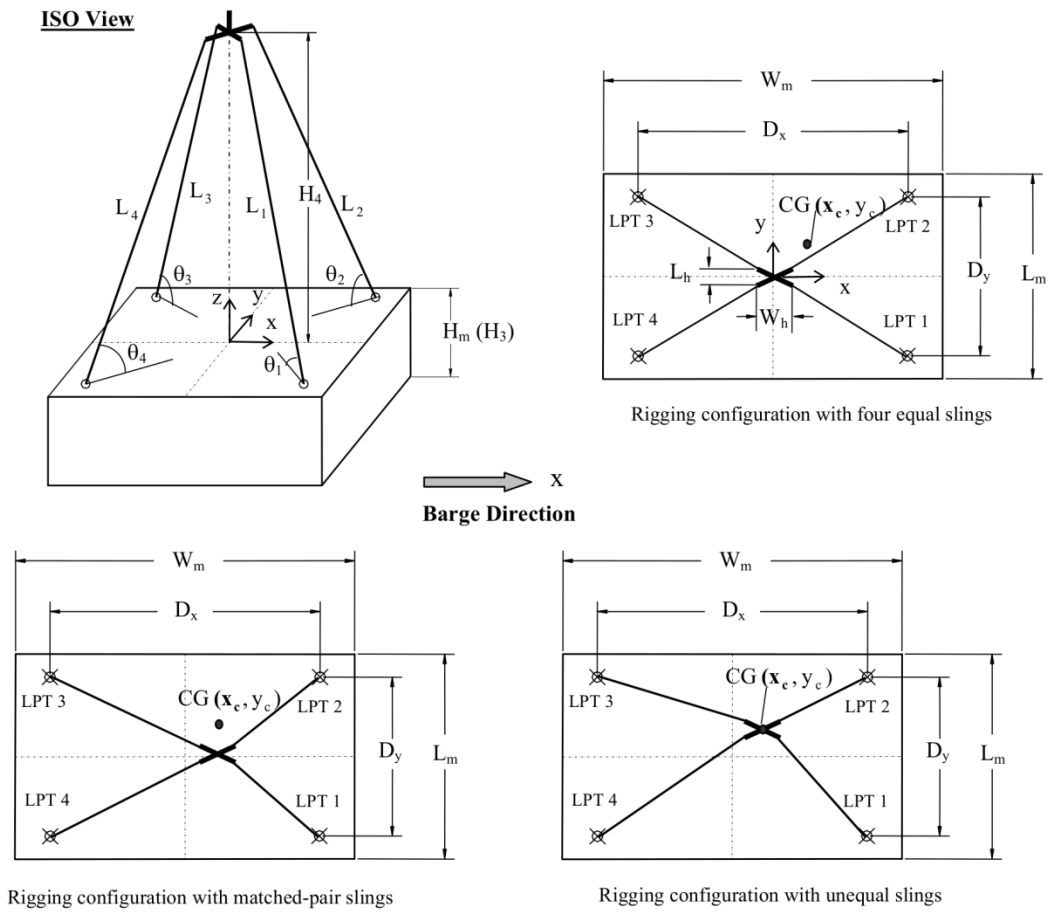
$$[C]_{\text{lift}} = \begin{bmatrix} \frac{q}{l} & 0 & 0 & 0 & \frac{q}{l} z_P & -\frac{q}{l} y_P & -\frac{q}{l} & 0 & 0 \\ \frac{q}{l} & 0 & -\frac{q}{l} z_P & 0 & 0 & \frac{q}{l} x_P & 0 & -\frac{q}{l} & 0 \\ \frac{AE}{l_e} & \frac{AE}{l_e} y_P & -\frac{AE}{l_e} x_P & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{AE}{l_e} \\ \frac{q}{l} z_P^2 + \frac{AE}{l_e} y_P^2 & -\frac{AE}{l_e} x_P y_P & -\frac{q}{l} z_P x_P & 0 & \frac{q}{l} z_P & -\frac{AE}{l_e} y_P & & & \\ \frac{q}{l} z_P^2 + \frac{AE}{l_e} x_P^2 & -\frac{q}{l} z_P y_P & -\frac{q}{l} z_P & 0 & \frac{q}{l} (x_P^2 + y_P^2) & \frac{q}{l} y_P & -\frac{q}{l} x_P & 0 & \\ \text{sim.} & & & & \frac{q}{l} & 0 & 0 & 0 & \\ & & & & & \frac{q}{l} & 0 & 0 & \\ & & & & & & \frac{q}{l} & 0 & \\ & & & & & & & \frac{AE}{l_e} & \end{bmatrix}$$

(5)

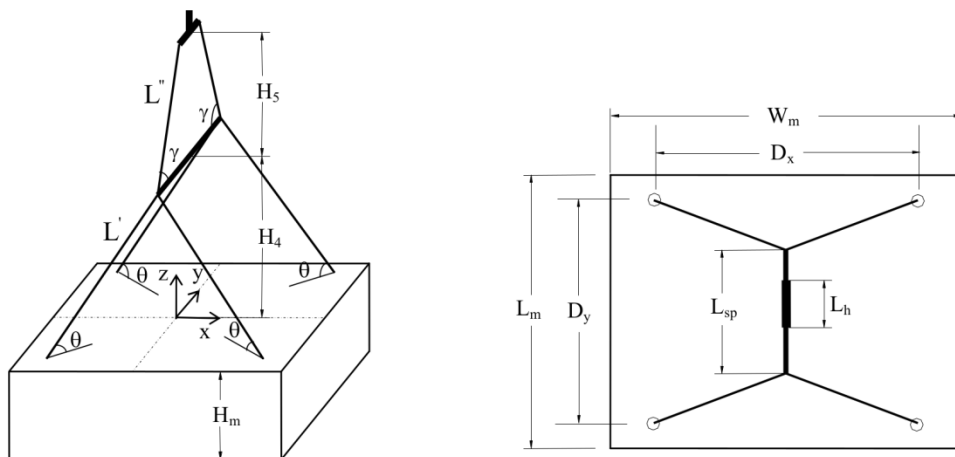
, gdje je M_L masa ovješeno tereta, $q = g M_L$, l i l_e duljina, odnosno efektivna duljina elastičnog užeta, (x_G, y_G, z_G) težište plovne dizalice a (x_P, y_P, z_P) položaj ovjesišta na grani dizalice.

Dijagram toka proračuna podizanja tereta prikazan je sa Slika 29. Proračunom je potrebno definirati i provjeriti sva ovjesišta na teretu, sustav vezivanja tereta (uključujući transportne grede i okvire ukoliko su predviđeni tijekom podizanja tereta) te plovnu dizalicu.

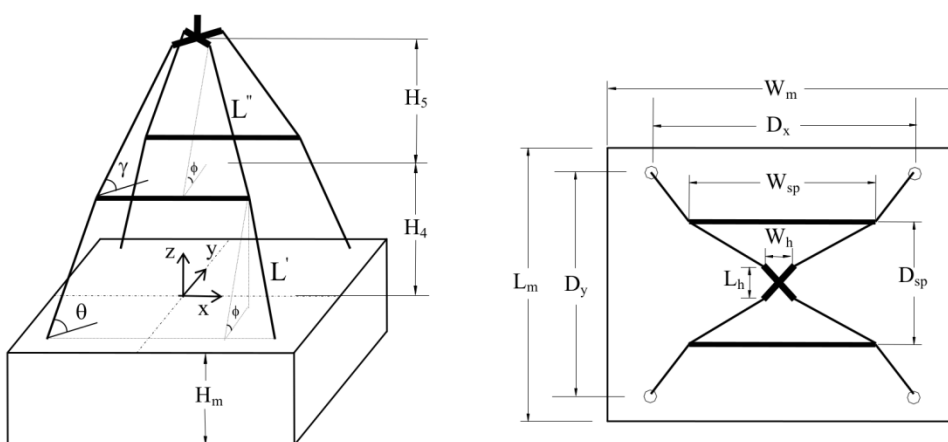
Na temelju definiranog projektnog stanja vjetrovalne klime (kao graničnog stanja za operaciju podizanja tereta) potrebno je analizirati sidrenje te definirati sidreni poligon plovne dizalice i transportne barže. Definirani sidreni poligon dio je tehničke dokumentacije potrebne za odobrenje operacije podizanja tereta, [11]. U slučaju (očekivanog) pogoršanja vremenskih uvjeta potrebno je odrediti procedure udaljavanja plovne dizalice i transportne barže na odgovarajuću (sigurnu) udaljenost od podizanog objekta do smirivanja vremena za nastavak operacije podizanja tereta.



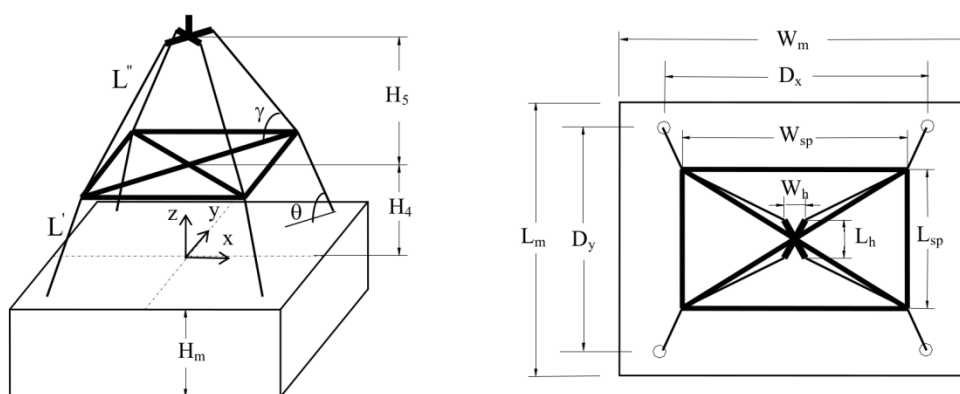
Slika 27. Klasično ovješeno tereta u 4 ovjesišta [11]



Rigging configuration with one transverse spreader bar

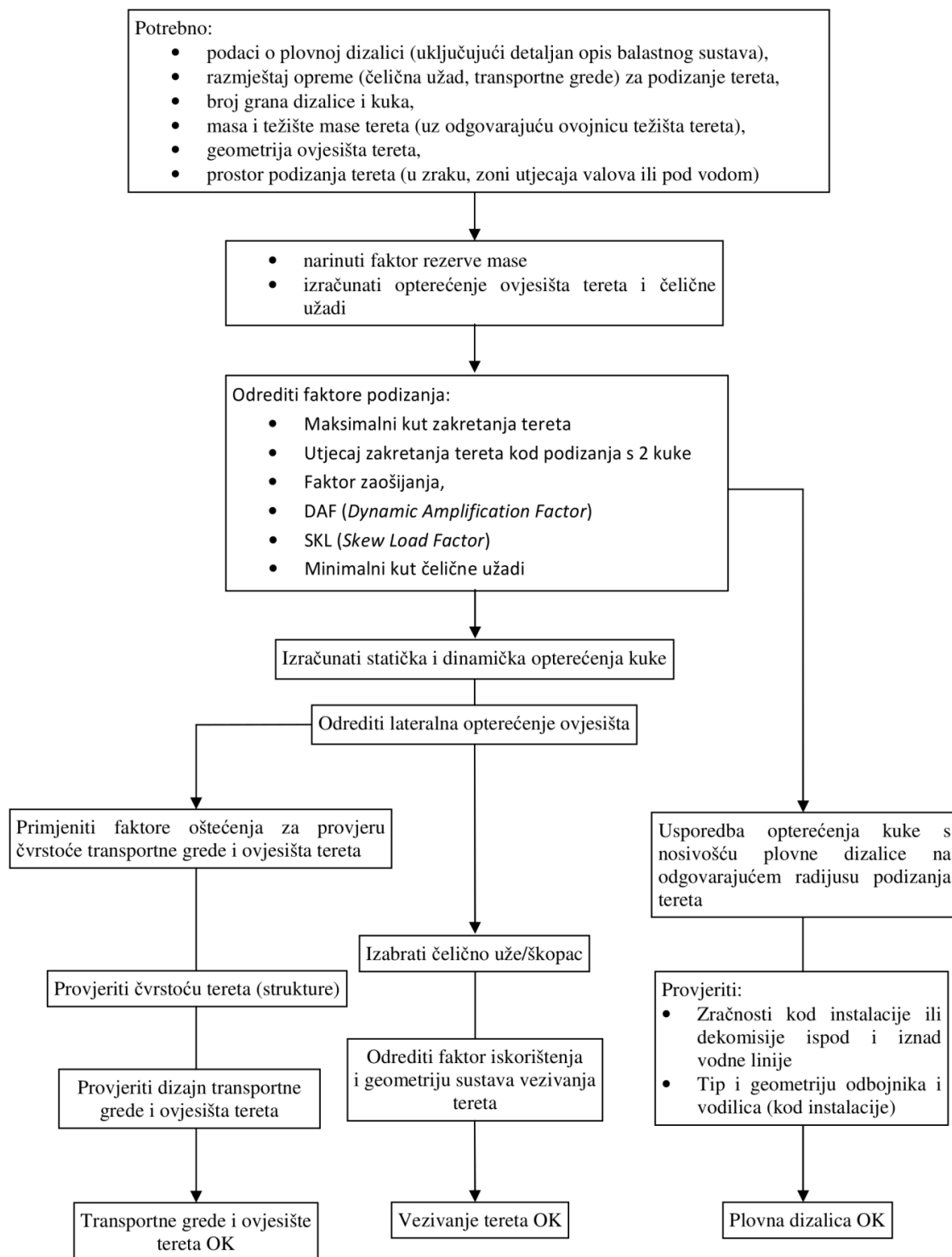


Rigging configuration with two parallel spreader bars

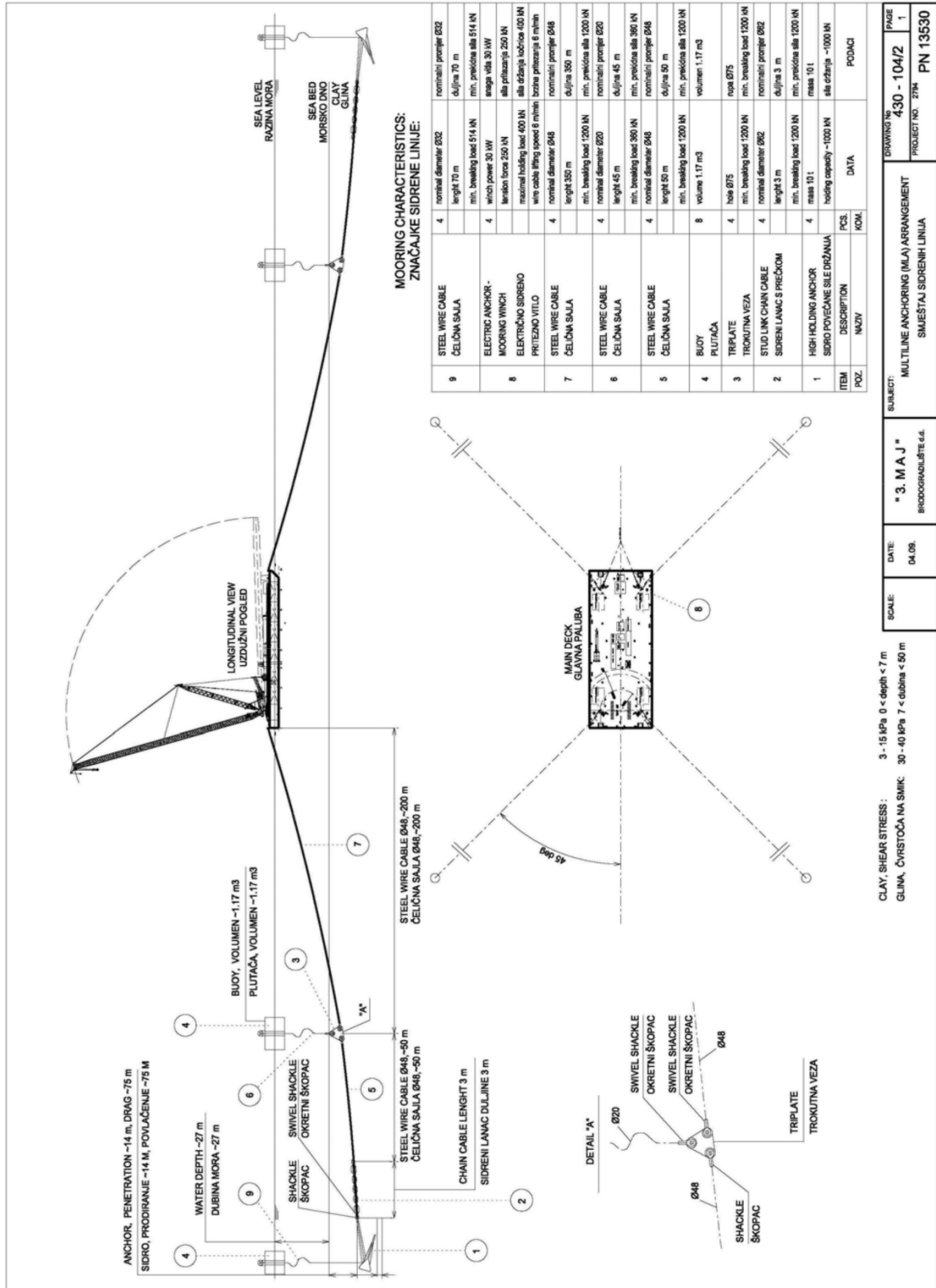


Rigging configuration with a spreader frame

Slika 28. Ovješanje tereta primjenom transportnih greda i okvira [11]



Slika 29. Dijagram toka proračuna dizanja tereta na moru, [11]



Slika 30. Sidreni poligon plovne dizalice TEG-31, [14]

Prema [11], Operativne upute (eng. *Operating Manuals*) sadržavat će:

- naznačene organizacijske sheme te podjelu uloga i odgovornosti među dionicima procesa podizanja tereta,
- metodologiju praćenja procesa te izrade izvještaja,
- potrebnu tehničku dokumentaciju (nacrti, proračuni, specifikacije),
- vremenik (gantogram) pojedinih operacija te kriterije za odgovarajuću vjetrovalnu klimu (eng. *weather windows*),
- zahtjevane uvjete na objekt koji se podiže (da bi se započelo s operacijom podizanja),
- popis brodova i ostalih plovnih objekata koji sudjeluju u operaciji,
- sve sustave i raspored opreme kojom se operacija izvodi te odgovarajuće operativne procedure,
- planove ispitivanja i uvođenja u upotrebu strojeva, alata, uređaja i objekata koje je potrebno izvršiti prije početka operacije podizanja,
- ograničavajuće projektne i operativne kriterije na okolišne uvjete i relativno gibanje objekata,
- ograničenja na brzinu podizanja tereta i/ili teretnog uređaja te bilo koja druga operativna ograničenja (s odgovarajućim tolerancijama),
- Sve zahtjeve na procedure praćenja operacije podizanja,
- operativne procedure uključujući prognoziranje vremenskih uvjeta, kontrolu, upravljivost i sidrenje barži (ili drugih plovnih objekata) koji će se tijekom operacije podizanja nalaziti uz plovnu dizalicu,
- zahtjeve na balastiranje barži tijekom operacije podizanja tereta (uz sva moguća ograničenja gaza, nagiba i trima),
- detaljna uputa koraka u operaciji podizanja tereta (uz jasno naznačavanje koraka nakon kojih se operacija neodgodivo mora dovršiti),
- procedure za nepredviđene situacije te planove u slučaju opasnosti.

U svrhu dobivanja Certifikata prema [11] navdeni su potrebni dokumenti:

1. Opće informacije
 - i. izvještaj o kontroli težine objekta ili postupku mjerenja težine (u svrhu racionalne procjene težine i položaja težišta),
 - ii. analiza čvrstoće podizanog objekta (uključujući ovjesišta tereta i moguće transportne grede),
 - iii. sustav vezivanja tereta (geometrija čelične užadi, izračunata naprezanja čelične užadi, zahtjevana prekidna čvrstoća, prikaz odabrane čelične užadi i škopaca, odobrenja za proizvođače užadi i škopaca, koje dodjeljuje neka pravna osoba odobrena od strane IACS-a), detalji plovne dizalice i teretnog uređaja, uključujući dijagram nosivosti plovne dizalice (u ovisnosti o operativnom

-
- radijusu) s oznagom položaja podizanja tereta i odgovarajućim horizontalnim i vertikalnim zračnostima,
- iv. analiza sidrenja i geometrija sidrenog poligona, uključujući procedure postavljanja sidara,
 - v. organizacijske sheme operacije podizanja,
 - vi. procedure odgovarajućih pomorskih operacija,
 - vii. Izvještaj analize mjesta podizanja te samog objekta koji se podiže.

2. Objekt koji se podiže

- i. proračuni čvrstoće podizanog objekta kojima se utvrđuje zaliha čvrstoće podizanog objekta te se osigurava da ne dođe do pojave kritičnih naprezanja uslijed operacije podizanja,
- ii. minimalan opseg proračuna čvrstoće mora sadržavati:
 - tehničku dokumentaciju kojom su definirani nosivi elementi konstrukcije
 - model konstrukcije (uključujući ovjesišta),
 - težinu i težište objekta,
 - značajke konstrukcijskog materijala,
 - narinuta opterećenja,
 - korištene propise i pravila,
 - sve konstrukcijske elemente koji ne zadovoljavaju odgovarajuću razinu kriterija čvrstoće s prijedlogom konstrukcijskih izmjena,
 - uvjerenja o prikladnosti odabrane čelične užadi.

Proračun čvrstoće mora se provesti za sva ovjesišta (kako bi se utvrdila prikladnost odabranih ovjesišta te njihove veze na okolnu strukturu), transportne grede i okvire.

3. Vezivanje tereta

- i. geometrija vezivanja tereta uz prikaz osnovnih dimenzija tereta, težišta tereta, ovjesišta, kuke dizalice, duljine i nagiba čelične užadi, dimenzija škopca,
- ii. proračun naprezanja čelične užadi i škopaca (uz zahtijevanu prekidnu čvrstoću),
- iii. Tablica odabrane čelične užadi i škopaca koja sadrži:
 - oznaku čeličnog užeta/škopca,
 - duljina i promjer čeličnog užeta,
 - prikaz faktora iskorištenja sustava vezivanja tereta,
 - prekidnu čvrstoću čelične užadi,
 - radno naprezanje škopaca,
 - način izrade,
 - smjer postavljanja,
 - vrstu čeličnog užeta,

- odgovarajuća odobrenja za sve elemente sustava vezivanja tereta.

4. Plovna dizalica

- opći plan i osnovne dimenzije plovnog objekta,
- podaci o klasi i klasifikacijskom društvu,
- sidreni sustav (uključujući sidra),
- procedure održavanja položaja plovnog objekta,
- procedure dinamičkog pozicioniranja te analize održavanja položaja,
- analiza mogućeg ispada sustava dinamičkog pozicioniranja te odgovarajućih posljedica,
- operativni gaz te gaz kod preživljavanja,
- značajke teretnog uređaja s krivuljama nosivosti,
- detaljni prikaz procesa balastiranja tijekom podizanja tereta.

5. Operativna razmatranja

- u ranoj fazi izrade operativnih procedura postupka podizanja tereta potrebno je izraditi studiju procjene rizika (eng. *Risk Assessment*) te HAZOP (eng. *Hazards and Operability*) / HAZID (eng. *Hazard Identification*) studije,
- upute za operaciju podizanja tereta moraju biti izrađene i usuglašene između svih dionika prije početka same operacije podizanja,
- ograničenja bilo kojeg dijela operacije podizanja tereta moraju biti jasno naznačena u odgovarajućoj tehničkoj i tehnološkoj dokumentaciji,
- upute za operaciju podizanja tereta u pravilu sadržavaju sva potreba uvjerenja, rezultate mehaničkih (i drugih) ispitivanja, upute i klasifikacijsku dokumentaciju opreme, teretnog uređaja i svih plovila koja sudjeluju u operaciji podizanja,
- ukoliko otkazivanje nekog dijela sustava podizanja tereta ne uzrokuje gubitak tereta, potrebno je za taj slučaj definirati i odgovarajuće operativne procedure i planove (u svrhu zaštite podizanog tereta i sustava podizanja),
- varijable koje je potrebno pratiti (vizualno ili nekim od mjernih instrumenata) tijekom operacije podizanja tereta:
 - opterećenja na kuki,
 - operativni radijus dizalice,
 - zakret grane dizalice u horizontalnoj ravnini,
 - nagib grane dizalice u vertikalnoj ravnini,
 - visinu kuke,
 - okolišne uvjete,
 - nagib podizanog tereta,
 - relativna gibanja podizanog tereta,
 - zemljopisni položaj i orijentaciju,
 - zračnosti,
 - brzinu podizanja/spuštanja.

Za primjer podizanja u Jadranu koristiti će se neka dizalica za srednje teške terete poput "Micoperi 30". Micoperi 30 je radna barža sa dizalicom kapaciteta 1270 t. Ona je bila angažirana na izgradnji "Izabela sjever" i "Izabela jug" te se pokazala kao adekvatna za obavljanje ovog posla.

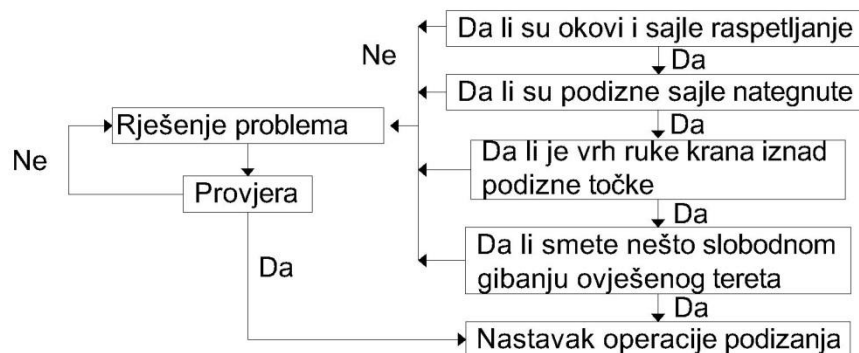
Nakon dolaska na poziciju za podizanje platforme, potrebno je usidriti plovnu dizalicu. Za sidrenje plovne dizalice moraju biti angažirani brodovi za sidrenje (*anchor handling vessels*) ili ako se radi o plovnim dizalicama koje imaju mogućnost dinamičkog pozicioniranja onda je moguće izbjeći sidrenje. Sidrenje u blizini platformi se ponekad izbjegava ako su cijevi naftovoda i plinovoda na morskom dnu postavljeni tako da postoji mogućnost oštećivanja istih. Sidrenje se kao i podizanje obavlja u prihvatljivim vremenskim uvjetima, a kada se vjetar popne na 6 stupnjeva Bouforta tada se podižu sidra radi sigurnosti. [8]

Osim sidrenja plovne dizalice, između plovne dizalice i platforme postaviti će se i privremeni most za komunikaciju radnika.

Sidrenje dizalice obaviti će se po povoljnim vremenskim uvjetima, a mirno more potrebno je i za operacije podizanja platforme. Uslijed nepovoljnih vremenskih uvjeta, pomoćni most mora se ukloniti, a sidra dizalice podići. Nakon pozicioniranja sidrenja i utvrđivanja povoljnih vremenskih uvjeta, može se započeti sa operacijama za podizanje.

Operacije su podijeljene na :

- Predoperativne radnje – provjera sigurnosne i alarmne opreme
- Operativne radnje – prilikom operacije podizanja potrebno je nadgledati podizanje i otkloniti eventualne probleme prije nego li se teret podigne. Podizne sajle moraju biti nategnute i ne smiju biti zapletene. Vrh ruke dizalice mora se nalaziti točno iznad podizanog tereta prije samog podizanja kako se teret ne bi zanjihao kada se podigne. U suprotnome bi se teret nekontrolirano zanjihao i mogao oštetiti ostalu opremu i dizalicu. Potrebno je osigurati i dovoljno slobodnog prostora oko tereta ako bi došlo do neplaniranog njihanja uslijed vjetera ili valova. [7]



Slika 31. Potrebne provjere prilikom podizanja tereta [8]

Okovi za podizanje imaju propisano dopušteno opterećenje koje se ne smije prekoračiti. Stoga je bitno da okovi i lanci nisu isprepleteni jer bi u tom slučaju unatoč dozvoljenoj masi tereta moglo doći do popuštanja i havarije.

Za vrijeme dok je teret podignut, postoje radnje koje se moraju obaviti. Osim nadziranja vremenskih uvjeta, potrebno je pratiti i trim dizalice ali i pratiti da je radijus za rad dizalice slobodan od prepreka kao i paluba za spuštanje tereta. Sajle dizalice moraju biti čitave, neoštećene i ne isprepletene, a radnici moraju biti na sigurnim mjestima tijekom podizanja.

Spuštanje tereta mora se izvršiti što prije na palubu teretne barže.

4.7 Proces transporta

Transport sekcija platforme može se obaviti na više načina. Neke plutajuće dizalice poput "Micoperi 30" imaju svoju radnu palubu koja se može iskoristiti za transport tereta. Osim plovnih dizalica, transport je moguće obaviti i s baržama, transportnim brodovima ili pak uzgonskim elementima koji drže sekcije platforme na površini mora (tegljačima se odvuku do obale).

Iako plovna dizalica vrlo često ima mogućnost transporta tereta, ekonomičnije je teret odvesti na obalu s baržom, s obzirom da je dnevni najam plovne dizalice reda veličine 70000 €, a barže s tegljenjem oko 15000 €. Kod razgradnji velikih platformi u Sjevernom moru, transport će se obavljati s plovnim dizalicama te će tu značajnu ulogu osim nosivosti dizalice imati i brzina doplova nakrcane plovne dizalice. Prosječan transport većih objekata u Sjevernome moru od platforme do kopna može iznositi i dva dana.

Teret koji će se položiti na radnu palubu barže, potrebno je odmah osigurati od prevrtanja i klizanja morskim vezom kako bi se osigurali uvjeti za transport. Ponekad, ako to vremenski uvjeti na moru dozvoljavaju, moguće je odmah nakon spuštanja tereta na baržu primijeniti privremeni vez, a cjelokupni morski vez se osigura tokom plovidbe. Isto vrijedi i za teretne brodove. Ako vremenski uvjeti ugrožavaju brod i teret od pomicanja tada je potrebno odmah pričvrstiti morski vez. Morski vez je obvezno primijeniti i kod teretnih barži bez posade. Morski se vez sastoji od čeličnih zavareni profila i vodilica na palubi teretne barže sa ciljem osiguranja tereta od pomicanja prilikom plovidbe, ali i kao pomoć prilikom ukrcaja tereta na baržu kada služe kao vodilice da se teret smjesti na točno predviđenu poziciju.



Slika 32. Nadgrađe Izabele jug vezano morskim vezom na barži [15]

Kao alternativa klasičnom transportu uz pomoć barže ili broda *jacket* platforme moguće je transportirati i s uzgonskim elementima koji se montiraju na svaki *jacket* te mu to daje uzgon i mogućnost tegljenja prema obali. Prilikom upotrebe uzgonskih elemenata koji

osiguravaju plutanje sekcije platforme, potrebno je pričvrstiti odgovarajući broj elemenata na takvim pozicijama da sekcija nastavi plutati čak i u uvjetima kada je jedan element probušen ili se oslobodio.

Prilikom transporta u procesu razgradnje platformi na eksploatacijskom polju Sjeverni Jadran primjenjivat će se sljedeće radnje:

- Nabaviti i pripremiti palubu teretne barže za prihvata nadgrađa i *jacketa* u obližnjem brodogradilištu
- Tegljenje pripremljene teretne barže na lokaciju platforme
- Fino pozicioniranje barže kraj dizalice radi prihvata tereta te podešavanje trima barže i prihvata tereta
- Operacije pričvršćivanja morskog veza između nadgrađa i *jacketa* te palube barže
- Tegljenje nakrcane teretne barže prema kopnu gdje će se odložiti teret
- Vraćanje barže na novu lokaciju na pučini radi prihvata novih platformi
- Tegljenje barže do brodogradilišta radi uklanjanja konstrukcije morskog veza
- Demobilizacija barže

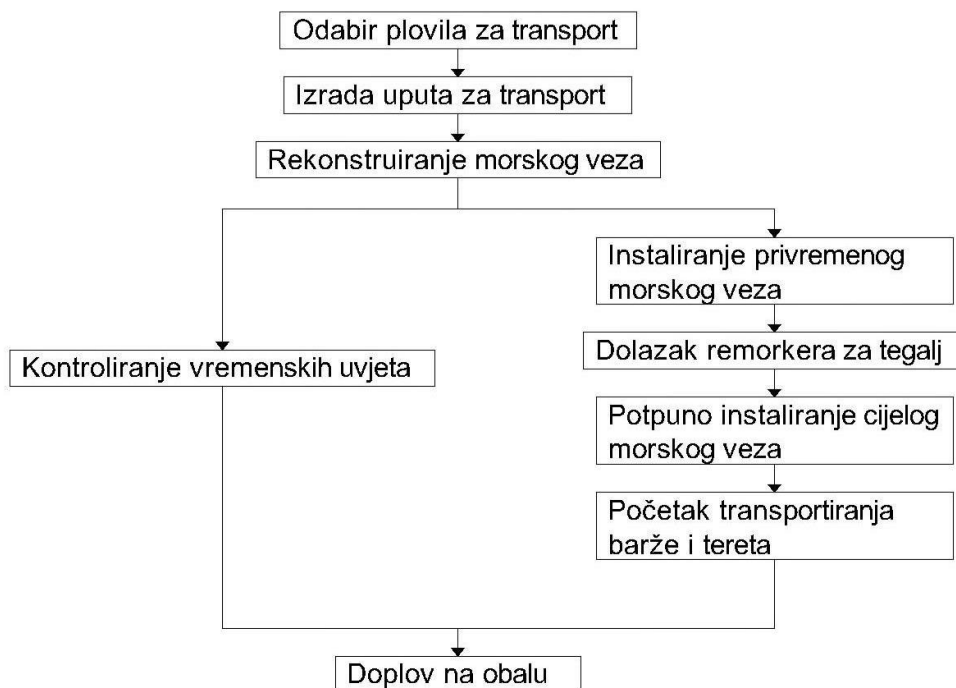


Slika 33. Uklanjanje morskog veza nadgrađa [15]

Za potrebe platformi u Hrvatskoj zbog relativno malih dimenzija i masa u odnosu na oceanske platforme, moguće je da se na jednu baržu smjesi i dva ili više elementa platforme. Time bi se optimizirali troškovi s obzirom da će se pri svakom projektu razgradnje uklanjati više od jedne platforme.



Slika 34. Transport nadgrađa i *jacketa* na barži [15]



Slika 35. Proces transporta platforme do obale [8]



Slika 36. Pregled procesa razgradnje [8]

5 PREGLED PLOVILA U PROCESU RAZGRADNJE

Za potrebe razgradnje platformi danas su konstruirana različita plovila od kojih su neka napravljena sa točno određenom zadaćom u procesu razgradnje dok su druga univerzalna plovila koja se često koriste i u druge svrhe prilikom pomorskih radova.

Koja će se plovila upotrebljavati ponajprije zavisi o veličini i težini podizane sekcije platforme ali i o metodi kojom će se izvoditi razgradnja. Potrebno je definirati da li će se podizati struktura u jednom komadu ili će se podijeliti na manje sekcije platforme. Današnje plovne dizalice za teške terete mogu podići do 14000 t tereta, no potrebno je uzeti u obzir i poziciju na moru i raspoloživost postojeće jedinice jer troškovi doplova ovakvih plovila mogu biti izrazito visoki.

Thialf

Thialf je poluuronjiva plovna dizalica namijenjena podizanju sekcija do 14200 t što ju čini najvećom plovnom dizalicom na svijetu. Koristi se za različite operacije od izgradnje i razgradnje platformi do uklanjanja podvodnih cjevovoda. Posjeduje dva kрана koja zajedno podižu 14200 t do 32m ispod površine mora. Ima vlastiti propulzijski sustav i mogućnost dinamičkog pozicioniranja sa šest azipodnih propulzora sa 5500 kW. Zbog svoje velike vodne linije ima veliku stabilnost. Osim podizanja terete ima mogućnost i prevoženja tereta na radnoj palubi, no nosivost radne palube je manja od nosivosti dizalice. Prosječan najam ove dizalice je oko 720000 \$. U tablici su prikazani osnovni podaci i karakteristike:

Tablica 6. Karakteristike poluuronjive plovne dizalice Thialf [8]

| | |
|--|---------------------------------|
| Ime plovila | Thialf |
| Vrsta plovila | Poluuronjiva plutajuća dizalica |
| Duljina | 206,6 m |
| Širina | 83,4 m |
| Gaz | 31,6 m max / 12,5 m u plovidbi |
| Smještaj ljudi | 685 |
| Nosivost radne palube | 12000 t, 15 t/m ² |
| Glavni kran | 2 x 7100 t |
| Pomoćni kran | 907 t |
| max. dubina izvlačenja glavnog kрана | 31,2 m |
| max. dubina izvlačenja pomoćnog kрана | 79,2 m |
| max. Visina podizanja iznad radne palube | 95 m |



Slika 37. Thialf kod podizanja *jacketa* (heerema.com/fleet)

Pioneering Spirit

"Pioneering Spirit" je najveća ploveća struktura ikada sagrađena. Namjena mu je postavljanje i podizanje najvećih struktura platformi i polaganje cjevovoda. Izgrađen je 2013. godine pod imenom Pieter Schelte koje je kasnije zbog političkih razloga preimenovano u današnji Pioneering Spirit. Ovaj novi koncept plovila je po definiciji katamaran, odnosno tvore ga dva trupa broda koja su povezana s podiznim mjestom između trupova. Istisnina od 900000 t omogućuje mu podizanje nadgrađa teških do 48000 t i podvodne strukture do 25000 t. Ograničenje za platforme je 51m odnosno tolika je međusobna udaljenost trupova. Brod će smjestiti platformu između trupova te ju podići s 8 horizontalnih greda. Brod je pokretan s osam 20-cilindarskih motora snage 11200 kW i jednim 9-cilindarskim motorom od 5000 kW. Ukupna instalirana snaga na ovom brodu iznosi 94.6 MW. Navodno je izgradnja i opremanje Pioneering Spiritu koštala vrtoglavih 2.4 milijarde €.

Tablica 7. Karakteristike broda Pioneering Spirit [1]

| | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ime plovila | Pioneering Spirit /Pieter Schelte |
| Vrsta plovila | Katamaran dizalica |
| Duljina | 382 m |
| Širina | 124 m |
| Gaz | 25 m |
| Smještaj ljudi | 571 |
| Nosivost radne palube | 48000 t /25000 t |
| Glavni kran | 5000 t |
| Pomoćni kran | 600 t + 3 x 50 t |



Slika 38. Brod Pioneering Spirit [1]

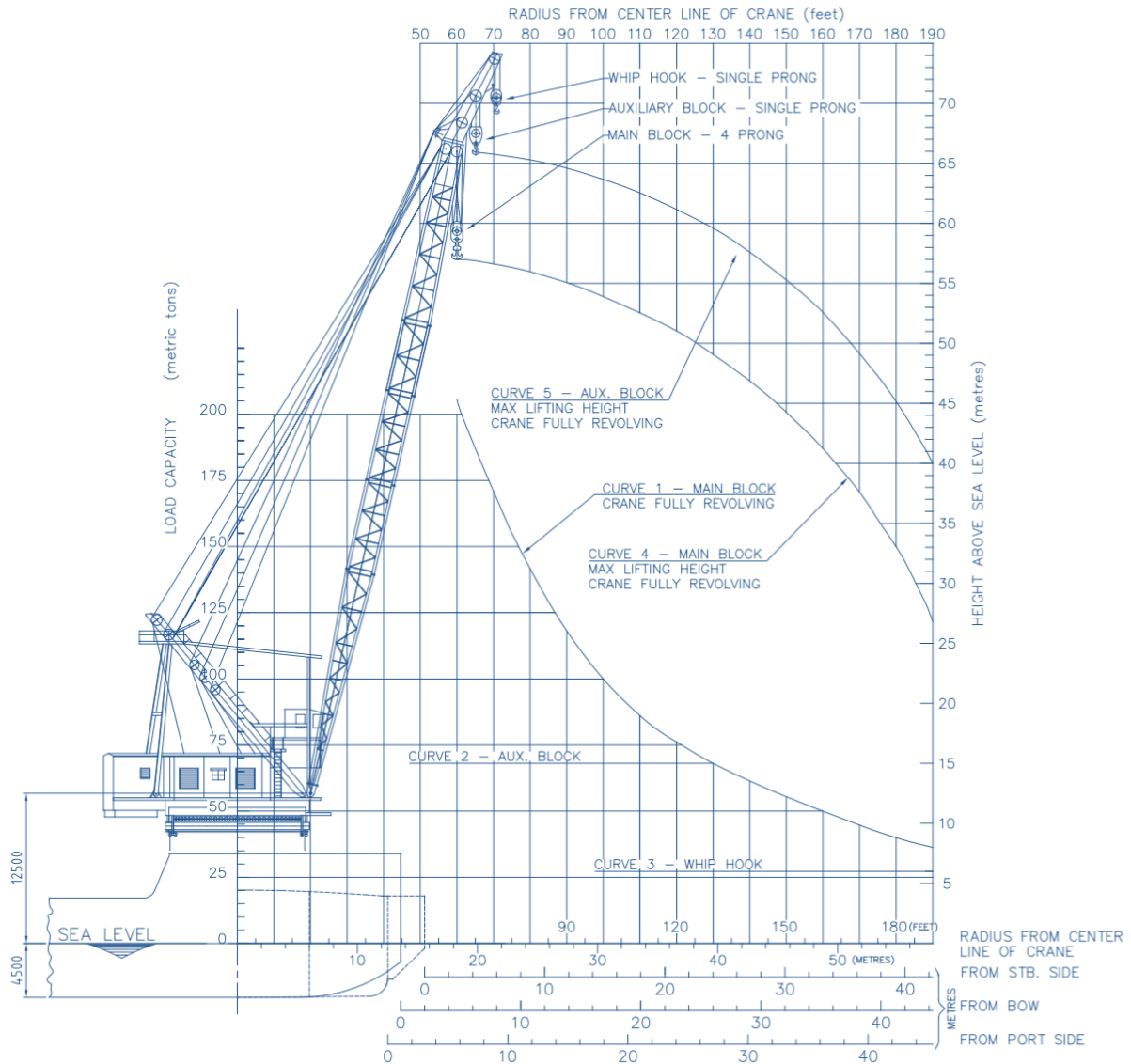
DLB Micoperi 30

Micoperi 30 (derrick lay barge) je višenamjenska radna barža s kranom za podizanje 1270 t tereta. Plovi pod talijanskom zastavom te će se vrlo vjerojatno kao najprihvatljivije plovilo koristiti za razgradnju platformi u Jadranu. Koristila se već prilikom izgradnje te se dokazala kao sposoban stroj za ovakvu vrstu zadaće. Trošak angažiranja Micoperi 30 iznosi oko 70000 €/dan te se u trošak angažiranja naplaćuje i vrijeme doplova na radnu poziciju. Zbog optimiziranja troškova, već dovedeno plovilo iskoristit će se za podizanje dvije ili više platformi u jednoj kampanji.

Tablica 8. Karakteristike radne barže Mioperi 30 [16]

| | |
|-----------------------|--|
| Ime plovila | Micoperi 30 |
| Vrsta plovila | Radna barža sa dizalicom |
| Duljina | 121,96 m |
| Širina | 27,54 m |
| Gaz | 5,15 m |
| Smještaj ljudi | 188 |
| Nosivost radne palube | 10 t/m ² 1300m ² |
| Glavni kran | 1270 t |
| Pomoćni kran | 2 x 375 t |
| max. Visina podizanja | 44 m (glavna dizalica) |

**Slika 39. Radna barža Mioperi 30 [16]**



Slika 40. Nosivost dizalice Micoperi 30 u odnosu na operativni radijus grane [16]

Oleg Strashnov

Oleg Strashnov je brod za podizanje teških tereta, jednotrupne je izvedbe, no zbog svoje specifične strukture sposoban je podizati terete i u plitkom moru. Osim podizanja tereta do 5000 t, uspješno zadovoljava i brzinu plovidbe od 14 čv što je vrlo brzo za ovakav tip brodova. Isti je do 2010. bio najveći brod za teške terete u jednom trupu koji objedinjuje vrlo dobru brzinu i nosivost kрана

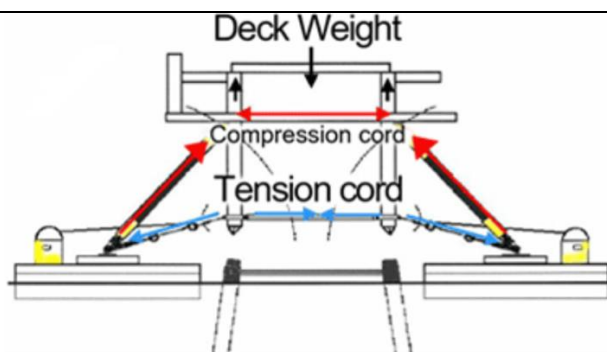
Tablica 9. Karakteristike broda Oleg Strashnov [8]

| | |
|--|-------------------------------|
| Ime plovila | Oleg Strashnov |
| Vrsta plovila | Brod dizalica |
| Duljina | 183 m |
| Širina | 47 m |
| Gaz | 8,5 m max / 13,5 m u plovidbi |
| Smještaj ljudi | 220 |
| Nosivost radne palube | 8500 t |
| Glavni kran | 5000 t |
| Pomoćni kran | 800 t + 200 t |
| max. Visina podizanja iznad radne palube | 102 m |

**Slika 41. Oleg Strashnov (heavyliftspecialist.com)**

Versatruss Americas

Ovakav koncept podizanja i transporta sastoji se od dva pontona povezana s nosačima u katamaran. Podupirači i vinčevi nalaze se na nosačima, a plovilo se smješta iznad i oko nadgrađa. Kada se nadgrađe nalazi između trupova barži, a ispod nosača započinje privlačenje trupova sa sajlama i kako se trupovi približavaju, podizači podižu nadgrađe.



Slika 42. Princip podizanja nadgrađa s Versatrussom [8]

Ovaj princip iako nema vlastitu propulziju pokazao se kao vrlo jeftino rješenje. Cijena najma ove konstrukcije iznosi oko 6000 \$/dan što ju čini najjeftinijom metodom podizanja nadgrađa. Nisku cijenu omogućuje upotreba klasičnih barži kao trupove i standardnih elemenata za nosače. Zavisno o veličini moguće je podizati elemente nadgrađa i *jacketa* do 25000 t.

Uzgonski tankovi

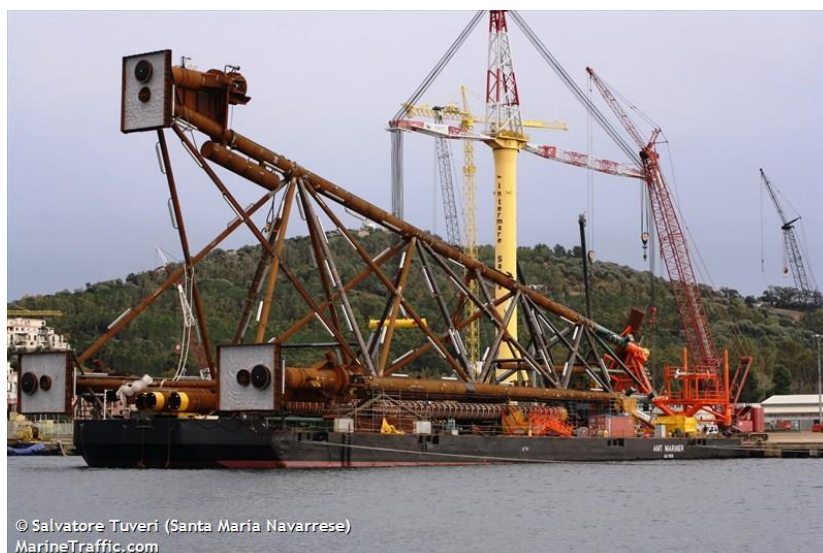
Kao alternativa klasičnim podizanjima i transportu s brodovima i baržama pojavili su se uzgonski elementi koji se pričvršćuju za *jacket* platforme kojeg podignu i omogućuju mu tegljenje do obale. Uspješno su upotrijebljeni prilikom razgradnje Frigg polja u Sjevernom moru 2008. godine. Podignut je i odvučen *jacket* od 11000 t, a po potrebi je moguće podići i teže jedinice. Ograničenje je samo veličina uzgonskih elemenata koji se zakače za *jacket*.



Slika 43. Uzgonski elementi na *jacketu* [8]

Radna barža AMT Mariner

AMT Mariner je radna barža istisnine 10220 t. Dužine je 91.46m i širine 27.43m što ju čini prihvatljivim izborom za transport hrvatskih platformi. Nema vlastitu propulziju stoga je potrebno angažirati i brodove za tegljenje i pozicioniranje barže kraj platforme. Procijenjeni troškovi angažiranja ovakve barže sa popratnim brodovima iznosi oko 15000 €/dan.

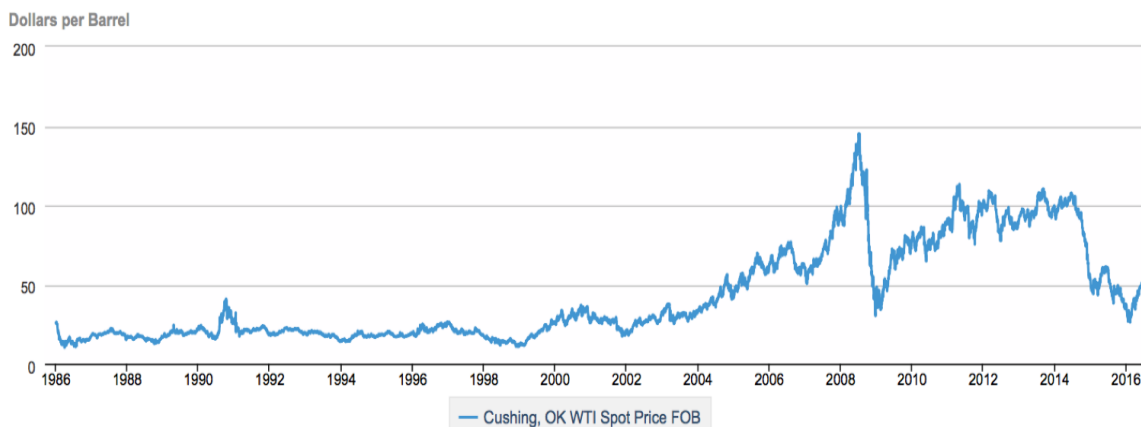


Slika 44. Radna barža Mariner (marinetraffic.com)

6 TROŠKOVI I EKONOMSKA ANALIZA PROCESA RAZGRADNJE

Troškovi razgradnje platformi bitan su čimbenik u odlučivanju kada i na koji način će se privesti kraju životni vijek proizvodnih platformi. Gašenje proizvodnog procesa crpljenja ugljikovodika zavisi o procijenjenoj količini ugljikovodika na zadanom eksploatacijskom polju. Nakon istražnih bušenja i radnji, dobivaju se procijene o mogućim količinama ugljikovodika te se na temelju tih podataka radi ekonomska analiza o isplativosti crpljenja te se projektira i definira način crpljenja i vrsta proizvodne platforme. Također se definira i vremenski period u kojem će se crpiti nafta i plin te se na temelju toga dobivaju koncesijske dozvole za crpljenje. Unatoč procjenama količine nafte i plina, često se događa da se tijekom višegodišnjeg crpljenja produljuje eksploatacija jer novi podaci potvrđuju količine veće od predviđenih. S godinama se razvijaju nove i točnije metode procjena te se prvotne procjene s istražnih radnji od prije desetak godina ne moraju slagati s novim podacima.

Osim novih saznanja o količinama, na životni vijek platforme utječe i cijena nafte i plina na svjetskom tržištu. Do 2000. godine prosječna cijena nafte na svjetskom tržištu iznosila je između 20 i 30 \$, a nakon 2000. cijene su strelovito narasle na čak 140 \$ po barelu u 2008. godini. Do 2014. godine prosjek se kretao oko 90\$ po barelu da bi danas u 2016. bio zabilježen pad na 48\$ po barelu. O samoj cijeni nafte i plina također zavisi isplativost eksploatacije te će se današnji pad cijena zasigurno odraziti na vrijeme eksploatacije a samim time i na početak razgradnje.



Slika 45. Prikaz kretanja cijena sirove nafte na svjetskom tržištu u \$ od 1986-2016. godine (eia.gov)

Troškovi razgradnje predstavljaju značajan trošak za kompanije koje su obvezne obaviti razgradnju. Naime, tijekom eksploatacije ugljikovodika, osim tekućih troškova pogona i radnika, kompanije s platformom ostvaruju zaradu. Međutim, nakon gašenja proizvodnje i prestanka ostvarivanja profita, potrebno je osigurati znatna sredstva za razgradnju platforme i vraćanje eksploatacijskog mjesta u što je više moguće prvobitno stanje. Sredstva koja su za to potrebna iznose u projektu oko desetak milijuna američkih dolara zavisno o veličini i poziciji platforme.

Kroz slijedeće poglavlje biti će navedeni okvirni očekivani troškovi razgradnje platformi u Jadranu.

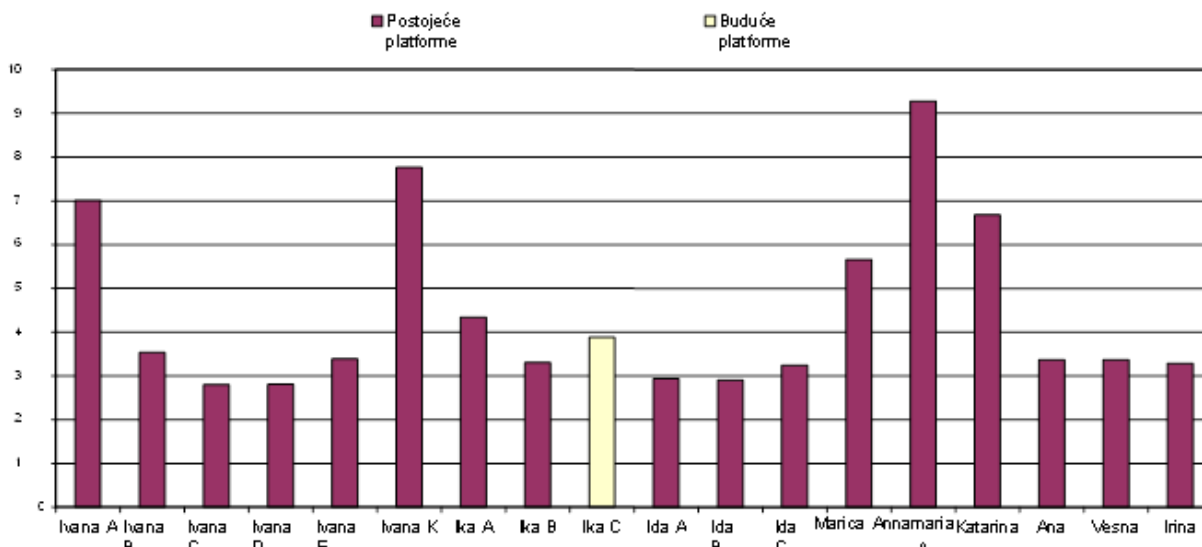
Predviđeni troškovi za razgradnju svih 20 postojećih platformi i 3 koje će se tek izgraditi iznosi 99 milijuna dolara. Tablica 10 i Tablica 11 prikazuju cijene razgradnje proizvodnih polja u Jadranu, odnosno iznose koje treba osigurati nakon gašenja proizvodnje na pojedinom proizvodnom polju. Kako eksploatacija u Jadranu nije u nadležnosti samo jedne kompanije već su osnovane *joint venture* kompanije INAgip i EdINA s podijeljenim udjelom od 50% svaka, tako će i troškovi razgradnje biti podijeljeni između Hrvatske i Italije.

Tablica 10. Predviđeni troškovi razgradnje za Sjeverni Jadran, Marica (INAgip) [7]

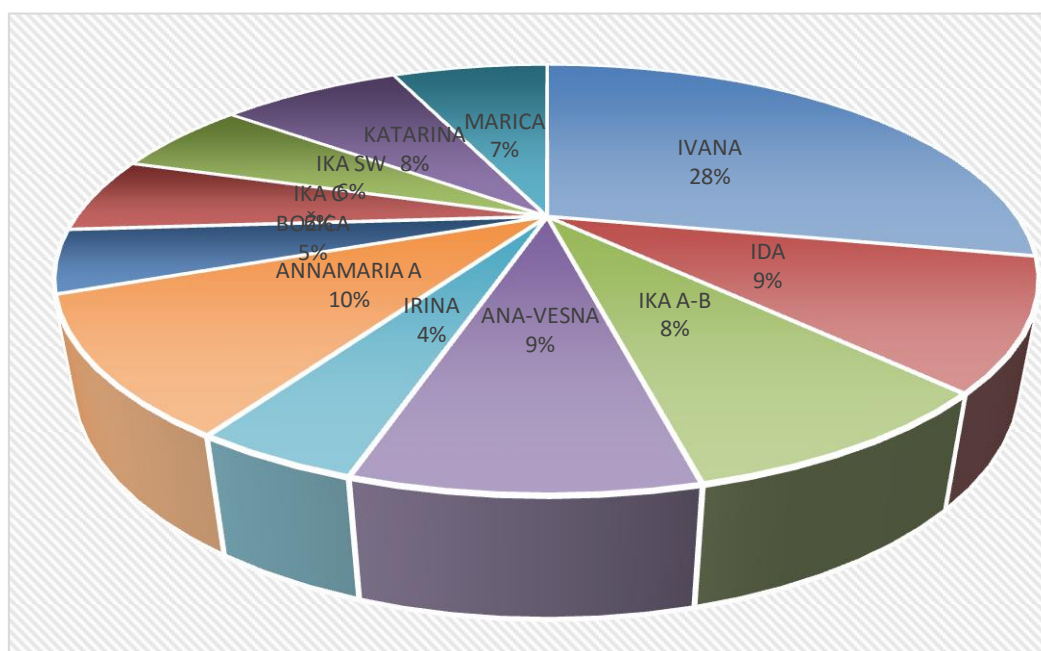
| Proizvodno polje | Troškovi razgradnje platforme (M\$) |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| IVANA u funkciji | 27,8 |
| IDA u funkciji | 9,5 |
| IKA A-B u funkciji | 8,5 |
| ANA-VESNA u funkciji | 8,6 |
| IRINA u funkciji | 4,2 |
| ANNAMARIA A u funkciji | 10 |
| BOŽICA ne izgrađeni objekti | 4,7 |
| IKA C ne izgrađeni objekti | 5,7 |
| IKA SW u funkciji | 5,7 |
| KATARINA u funkciji | 7,7 |
| MARICA u funkciji | 6,7 |
| | Ukupno = 99 |

Tablica 11. Predviđeni troškovi za eksploatacijsko polje Izabela (EdINA) [7]

| Proizvodno polje | Troškovi razgradnje platforme (M\$) |
|--------------------|--|
| IZABELA u funkciji | 11,8 |



Slika 46. Očekivani troškovi razgradnje po pojedinoj platformi u mil. \$ [7]



Slika 47. Udio troškova po proizvodnim poljima prilikom razgradnje

Iz prikazanih troškova može se zaključiti da će najviše novaca biti potrošeno na dekomisiju proizvodnog polja Ivana na kojem je potrebno ukloniti šest platformi sveukupne mase oko 9744 t. Međutim kako će se s istog polja uklanjati više platformi nego s drugih polja prosječna cijena po podignutoj toni je manja nego na poljima gdje se podiže jedna ili dvije platforme. Primjerice platforma Annamaria A biti će najskuplja platforma koja će se uklanjati, a razlog tomu je znatno veća masa platforme sa više procesne opreme. Prema tome može se zaključiti da na trošak razgradnje najviše utječe masa i dimenzije platforme, broj bušotina koje treba začepiti nakon prestanka proizvodnje, udaljenost od kopna te mogućnost da se angažirana plovna dizalica, koja je značajan trošak u cijeni razgradnje, angažira za podizanje više platformi.

Predviđa se uklanjanje svih platformi odjednom s pojedinog proizvodnog polja. Iz tog razloga prikazani su troškovi po polju, a ne po pojedinom objektu zasebno.

Zbog angažiranja skupe opreme i organizacije bilo bi neisplativo uklanjati svaku platformu zasebno, stoga je odlučeno grupno uklanjanje dvije ili više platformi za svaki projekt. Najveća stavka je najam plovne dizalice. Za potrebe razgradnje platformi Izabela, biti će dovoljno angažirati srednje veliku plovnu dizalicu kao što je Micoperi 30, a najam takve dizalice je oko 70000 € po danu.

Za potrebe nekih drugih platformi moći će se koristiti i manje plovne dizalice ili brodovi, a one najveće platforme morati će angažirati najveće plovne dizalice poput Pioneering Spirit (Pieter Schelte), Thialf ili Saipem 7000 koji košta između 150-600 tisuća dolara po danu.

U sljedećoj tablici bit će prikazani troškovi razgradnje platformi Izabela Sjever i Izabela Jug. To su predviđeni troškovi za uklanjanje platformi s proizvodnog polja Izabela dok će se cjevovodi po morskom dnu očistiti iznutra i ostaviti kao umjetni greben za obraštanje morskoj flori i fauni.

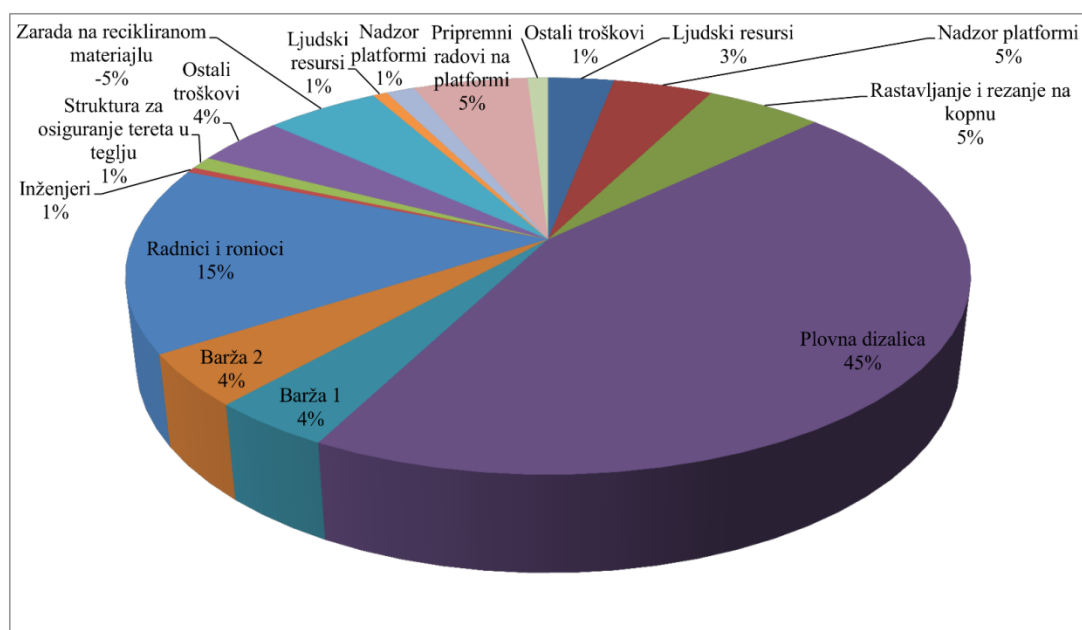
Troškovi su podijeljeni u dvije faze. U prvoj fazi nalazi se trošak pripremnih radova, nadzora prije operacije razgradnje te osiguranja kod osiguravajuće kuće. U drugu fazu troškova svrstani su ljudski resursi, troškovi angažiranja plovne dizalice, barže, radnika, ronioca, inženjera, pričvršćivanja tereta na barži, razna osiguranja i nepredviđeni troškovi. Tu je također uračunata i vrijednost recikliranog materijala od strukture koja ide na rezanje. Kako se radi o nekoliko stotina tona čelika koji će se reciklirati, isplativo je računati i na tu zaradu koja će pokriti neke troškove razgradnje.

Tablica 12. Troškovi razgradnje u fazi 1 [6]

| Faza 1 | Trošak u eurima € |
|--------------------------|-------------------|
| Ljudski resursi | 86000 |
| Nadzor platformi | 171000 |
| Pripremni radovi na | 690000 |
| Ostali troškovi | 123000 |
| Ukupni trošak u € | 1070000 |

Tablica 13. Troškovi razgradnje u fazi 2 [6]

| Faza 2 | Trošak u eurima € |
|---------------------------|-------------------|
| Ljudski resursi | 396000 |
| Nadzor platformi | 598000 |
| Rastavljanje i rezanje na | 701000 |
| Plovna dizalica | 5880000 |
| Barža 1 | 525000 |
| Barža 2 | 561000 |
| Radnici i ronioci | 2000000 |
| Inženjeri | 58000 |
| Struktura za osiguranje | 135000 |
| Ostali troškovi | 533000 |
| Zarada na recikliranom | -685000 |
| Ukupni trošak u € | 10702000 |

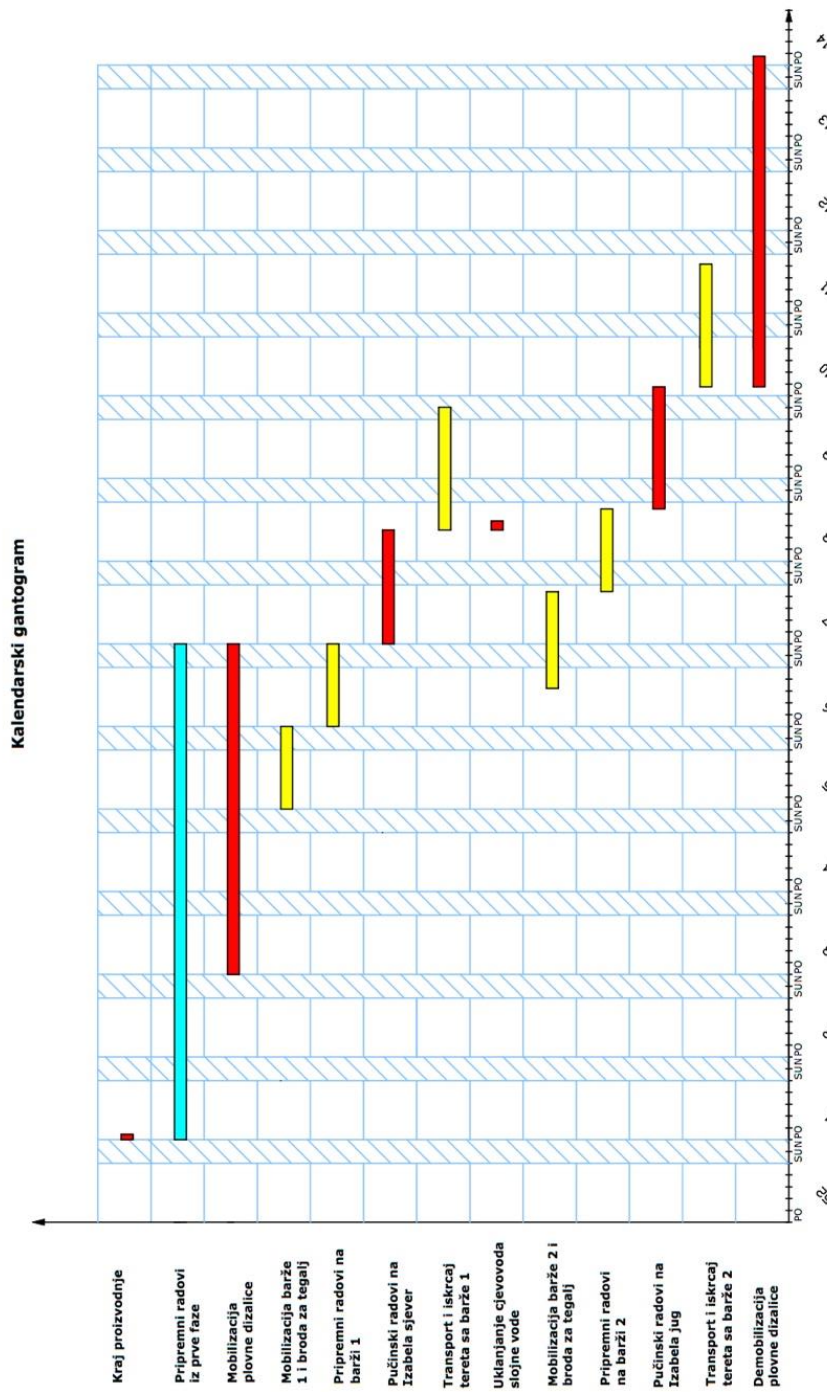
**Slika 48. Udio troškova u razgradnji**

U kalendarskom gantogramu prikazana je organizacija vremena prilikom razgradnje plinskog polja Izabela. Predviđeni radovi odvijati će se tijekom 14 tjedana unutar kojih će se izvršiti razgradnja dvije platforme sveukupne mase 2959 t i uklanjanje cjevovoda slojne vode.

U tablici su prikazani predviđeni radni sati koji će se utrošiti na morskim radovima prilikom razgradnje platformi:

Tablica 14. Utrošeni radni sati na morskim poslovima prilikom razgradnje [6]

| Nadgrađe | Izabela sjever | Izabela jug |
|-----------------------------|----------------|-------------|
| Rezanje cjevovoda | 24 sata | 36 sata |
| Pripreme za podizanje | 8 sati | 8 sati |
| Rezanje jacketa od nadgrađa | 24 sata | 32 sata |
| Podizanje nadgrađa | 12 sati | 12 sati |
| Morski vez | 48 sati | 48 sati |
| Jacket | | |
| | 8 sati | 8 sati |
| Rezanje od temelja | 48 sati | 64 sata |
| Podizanje jacketa | 12 sati | 12 sati |
| Morski vez | 48 sati | 48 sati |
| suma | 232 sata | 268 sata |
| | 9,7 dana | 11,2 dana |



Slika 49. Kalendarski gantogram za operacije razgradnje polja Izabela [6]

7 ZAKLJUČAK

Diplomskim radom analizirana je složena tehno-ekonomsko-sociološka problematika razgradnje (dekomisije) nepomičnih proizvodnih platformi. U uvodnim poglavljima prikazana su suvremena tehnička i tehnološka rješenja procesa razgradnje i razlozi zbog kojih bi bilo nužno ukloniti cjelokupnu strukturu i opremu s ugašenih naftnih i plinskih polja te su navedeni zakonodavni okviri i preporuke kao i nužnost uvažavanja strogih zahtjeva za očuvanjem okoliša tijekom procesa razgradnje. Osim tehno-ekonomskih kriterija kojima mora udovoljavati odabrani proces razgradnje pučinskih proizvodnih platformi u radu je naglašena i potreba za uvažavanjem mišljenja zainteresirane javnosti, koja može utjecati na odabir tehnologije i opseg poslova a samim time i cijenu razgradnje. Analizom nacionalnih zakona i propisa utvrđeno je da u Republici Hrvatskoj postoji ograničen broj propisa i zakona kojima se tek načelno spominje obveza operatera polja za razgradnjom proizvodnih platformi po završetku proizvodnje. Jedan od razloga leži u činjenici da se ovaj posao još nije obavljao na moru u Hrvatskoj te postoji manjak iskustva i znanja u tom području. Osim toga, u Republici Hrvatskoj ne postoji jedinstvena pravna osoba koja bi propisala, odobrila i nadzirala procese razgradnje. Zbog postojećih, ali i budućih pučinskih platformi koje su postavljene ili će se postavljati u Jadranu, potrebno je detaljnije razraditi zakonodavnu problematiku vezanu uz razgradnju pučinskih platformi i napuštanje bušotina. Korisno bi bilo pokrenuti dijalog između pravnih osoba, s javnim ovlastima na području istraživanja i proizvodnje ugljikovodika u Jadranu, kako bi se izradile odgovarajuće preporuke zakonodavcima i operaterima polja.

Približavanjem skorog završetka proizvodnje iz plinskih polja u Jadranu očekuje se skori početak procesa razgradnje pučinskih proizvodnih platformi (koje će se vjerojatno uklanjati grupno s pojedinih proizvodnih polja). U diplomskom radu su opisane plinske proizvodne platforme koje će se uklanjati po proizvodnim poljima, s prijedlogom odgovarajućih tehničkih i tehnoloških rješenja procesa razgradnje te odgovarajućom ekonomskom analizom prema podacima dobivenim od operatera plinskih polja. Osim troškova razgradnje analizirano je i potrebno vrijeme za pojedine procese u svrhu optimalnog iskorištenja strojeva i opreme potrebnih za razgradnju. Navedeni su neki plovni objekti koji se koriste za podizanje i transport nadgrađa i *jacketa* te je pokazano je da je trošak plovnih dizalica najveći u ukupnom trošku razgradnje te je potrebno optimalno odabrati i iskoristiti plovne dizalice.

LITERATURA

- [1] Allseas (2016). "Pioneering Spirit" <http://allseas.com/equipment/pioneering-spirit/>
- [2] North sea oil the £30bn break up, Financial times 08/06/2016.
- [3] Tehnička dokumentacija Inagip
- [4] Glavni rudarski projekt plinskog polja Ivana; INA d.d.1997
- [5] Glavni rudarski projekt eksploatacije prirodnog plina na eksploatacijskom polju Sjeverni Jadran – Plinska polja Ika i Ida i platforma Ivana K; INA d.d. 2003.
- [6] Izabela field facilities decommissioning study, Edina d.o.o., 2015.
- [7] Croatia offshore facilities decommissioning cost study 2010, Inagip d.o.o., 2010.
- [8] Breidablikk L.S.; Heavy lift methods in decommissioning of installations, Trondheim, 2010.
- [9] Explosive removal of offshore structures; U.S.Department of interior minerals management service, New Orleans, 2004.
- [10] Y.S.Choo: Rigging Selection and Lift Point Design for Heavy Lift, Invited paper for World Maritime Technology Conference, San Francisco, USA, 2003
- [11] DNV GL 0027/ND „Guidelines for Marine Lifting and Lowering Operations“, 2015.
- [12] T. Tabain: Standard Wind Wave Spectrum for Adriatic Sea Revisited (1977 – 1997), Brodogradnja, 45(4), 1997, 303-313.
- [13] V. Čorić, I. Čatipović, V. Slapničar, Floating Crane Response in Sea Waves, Brodogradnja, 65(2), 2014, 111-122.
- [14] Projekt za specijalne radove, Vijadukt, Zagreb
- [15] Fotodokumentacija Edina
- [16] Micoperi (2016). "Micoperi 30" <http://www.micoperi.com/en/fleet/dlb-micoperi-30>
- [17] Rudarski projekt eksploatacije ugljikovodika na eksploatacijskom polju Sjeverni Jadran – plinsko polje Ika JZ; INA d.d.
- [18] Dopunski rudarski projekt eksploatacije prirodnog plina na eksploatacijskom polju Sjeverni Jadran – plinsko polje Annamaria; INA d.d.
- [19] Ana-Vesna field development project, Ana platform. Operating manual; INA d.d. 2009.

PRILOZI

- I. CD-R disc