

*Većeslav Čorić, Zoran Mravak, Ivan Čatipović, Marin Reljić, Vedran Slapničar,
Tomislav Uroda, FSB, I. Lučića 5, Zagreb
Marijan Topić, STSI – Integrirani tehnički servisi d.o.o. član – INA grupe
Paul Jurišić, Mladena Ban, CROSCO – NAFTNI SERVISI, d.o.o., Zagreb*

PREGRADNJA SAMOPODIZNE PLATFORME TIPA LEVINGSTON 111C ZA NOVE TRŽIŠNE UVJETE

Sažetak

Slijedeći zahtjeve suvremenog tržišta, vlasnik samopodizne platforme Labin, koja je tipa Levingston 111 C (izgrađena 1985 godine) bio je suočen s potrebom njene pregradnje. Pregradnja je uključila: produljenje nogu s 122,08 m na 136,56 m, ugradnju nove donje potkonstrukcije bušačeg tornja, povećanje kapaciteta samopodiznih uređaja na krmenim nogama, produljenje krme, ugradnju bočnih blistera i kompletnu obnovu stambenog nadgrađa u cilju smještaja 98 ljudi prema suvremenom standardu (2 krevetne kabine s odvojenim sanitarnim čvorom). Članak opisuje projektni postupak unutar nametnutih ograničenja uslijed karakteristika postojeće platforme, kao što su: nosivost samopodiznog uređaja, nosivost papuča, čvrstoća trupa i nogu, moment prevrtanja platforme u radnom položaju te hidrostatičke i hidrodinamičke značajke platforme u plutajućem stanju.

Ključne riječi: Samopodizna platforme, rekonstrukcija, osnivanje i projektiranje

UPGRADING OF SELF ELEVATED DRILLING UNIT TYPE LEVINGSTON 111 C FOR CONTEMPORARY MARKET

Summary

Following the market requirements the owner of SEDU Labin, which is Levingston 111 C type jack-up platform (built 1985), was faced with the necessity to upgrade the platform. The upgrading includes: leg extension from 122,08 m to 136,56 m, construction of the new lower derrick substructure, increasing of the jacking capacity at the stern legs, stern structure extension, building two side blisters and complete accommodation space refurbishing to accommodate 98 people according to required standard (2 beds cabin with toilette and bathroom). The paper describes the engineering undertaken to estimate and to define the utmost possible extension of the platform capability to reach the mentioned goal under the present constrains: jacking capacity, spud can bearing, the hull and the leg structural capacity, overturning moment in jacked position and hydrostatic and hydrodynamic characteristics of the platform in flotation.

Key words: Jack-up platform, upgrading, design and construction

1. Uvod

Samopodizna platforma Labin tipa je Levingston 111 C. Izgrađena je 1985. godine u suradnji hrvatskih brodogradilišta i ostale industrije. Spada u grupu najpopularnijih samopodiznih platforma građenih 70-tih i 80-tih godina. Danas je u svijetu operativno još oko 75 platforma tog tipa. Trup platforme je trokutnog oblika. Sustav uzdužnih i poprečnih pregrada dijeli trupa na strojarnicu, tankove predopterećenja i tankove tekućeg tereta. Gorivo je smješteno u tankovima dvodna u strojarnici. Značajni dio platforme je pomična potkonstrukcija bušačkog tornja koja se sastoji od donjeg (konzole) i gornjeg dijela. Pomicanjem tih dijelova os bušačkog tornja može se pozicionirati u uzdužnom i poprečnom smjeru. Konzola se sastoji od para visokih I-nosača (vidi Sl. 3), spojenih na vrhu palubom za smještaj bušačkih cijevi i poprečnih rešetkastih nosača na kojima se nalazi sama platforma bušačkog tornja. Konzola je smještena na kliznim ležištima i pomoću hidrauličkog uređaja moguće ju je pomicati u uzdužnom smjeru tako da se os bušačkog tornja nađe na potrebnoj udaljenosti od krmenog zrcala (35' kod originalne izvedbe). Bušači toranj, vitlo, vrtači stol i ostali uređaji potrebni za bušenje nalaze se na gornjoj potkonstrukciji smještenoj na dvije jake rešetkaste sponje koje omogućuje klizanje cijelog sklopa u poprečnom smjeru za (10' kod originalne izvedbe).



Slika 1. Samopodizna platforma Labin (Levingston 111C)

Fig 1. SEDU Labin (Levingston 111C)

Platforma ima 3 noge pomične u vertikalnom smjeru. Uređaj za podizanje i spuštanje trupa po visini (samopodizni uređaj) smješten je u posebnim palubnim kućicama na palubi. Noge su načinjene u obliku rešetkaste vitke konstrukcije. Rešetka je pravokutnog presjeka širine 6,706 m. Osnovni noseći dio sačinjavaju 4 jaka vertikalna cijevna nosača (*chord*) ukrućena u poprečnom smjeru horizontalnim cijevnim okvirima i cijevnim dijagonalama. Po jedan par kontinuiranih zupčastih letva smješten ja na svaka dva suprotna vertikalna cijevna nosača. Zupčaste letve prolaze kroz sustav zupčanika u palubnim kućicama (3 x 2 oko svake zupčaste letve) pokretanih električnim motorima preko reduktora velikog odnosa. Duljina nogu bez samih papuča (2,440 m) je 123,909 m.

Svaka noga završava na dnu okruglom stopom promjera 14,63 m i visine 1,830 m. Papuče su opremljene cjevovodom za balastiranje i debalastiranje, te sustavom za ispranje blata prilikom čupanja nogu iz morskog dna. Na pramčanom dijelu trupa nalazi se nadgrađe s 3 palube za smještaj 75 članova posade i helikopterska paluba (originalna konstrukcija). Glavne značajke platforme navedene su u Tablici 1, s naznakom svih bitnih elemenata koji su bili izloženi promijeni u tijeku pregradnje (drugi stupac sadrži promijenjene parametre objekta).

2. Projektni pristup

Slijedeći zahtjeve tržišta, vlasnik platforme Labin, tvrtka CROSCO d.o.o., odlučio je pristupiti pregradnji platforme u skladu sa suvremenim zahtjevima. Pregradnja je pretpostavila slijedeće promjene glavnih značajki:

1. Produljenje nogu s 122,08 m na to 136,56 m (448'),
2. Zamjenu postojeće donje potkonstrukcije bušačeg tornja (konzole), radnog kapaciteta od 10,67 m x 3,05 m (35' x 10') s novom konzolom radnog kapaciteta 16,76 m x 3,66 m (55' x 12'),
3. Ugradnju krmenog nastavka trupa od 3,11 m koji povećava udaljenost između oboda papuče i krmenog zrcala na 7,0 m,
4. Potpunu rekonstrukciju stambenog prostora:
 - 4.1. - u cilju povećanja smještajnog kapaciteta s 75 to 98 ljudi,
 - 4.2. - povećanje životnog standarda (2 krevetne kabine sa zasebnom kupaonicom i sanitarnim čvorom).
5. Dogradnju 3. isplačne sisaljke,
6. Dogradnju 3. palubne dizalice.

S druge strane pregradnja platforme ograničena je slijedećim kriterijima koje je trebalo poštivati u projektu:

A - U podignutom položaju trupa:

1. - Prekretni moment vjetra, valova i morske struje kojeg platforma može podnijeti
 - 1.1. za vrijeme rada,
 - 1.2. u opstanku,
2. - Dozvoljeni tlak na papučama,
3. - Nosivi kapacitet kritičnih elemenata, prvenstveno nogu, u odnosu na granicu plastičnosti kao i stabilnost na izvijanje.
4. - Maksimalnu nosivost samopodiznog uređaja:
 - 4.1. tijekom podizanja platforme,
 - 4.2. za vrijeme rada (s izbačenom konzolom)
 - 4.3. u opstanku.

B - Za vrijeme teglja:

1. - Istisnina na maksimalnom dozvoljenom gazu,
2. - Početni stabilitet u mirnom moru (pozitivna metacentarska visina)
3. - Stabilitet u neoštećenom i oštećenom stanju,
4. - Dinamičke značajke platforme na valovima (dovoljno dugi prirodni period ljuljanja i posrtanja zbog izbjegavanja pretjeranih inercijski opterećenja podignutih nogu).

Modifikacije konstrukcije i ugradnje dodatne opreme, uz očite tehničko-ekonomske kriterije, morala je biti usklađena je s ekstremnim opterećenjima sila

Tabela 1 Samopodizna platforma Labin: Glavne dimenzije i značajke**Table 1** SEDU Labin: Main Particulars

Glavne dimenzije	Postojeća konstrukcija	Pregrađena konstrukcija
Masa platforme	7525 t	8986 t
Širina na glavnoj palubi	56.69 (186')	66,87 m (219.4')
Duljina na glavnoj palubi	60.96 (200')	64,07 m (210.2')
Visina do glavne palube	6.99 (22.93')	6.99 (22.93')
Udaljenost između osi nogu - uzdužno	38.10 m (125')	38.10 m (125')
Udaljenost između osi nogu - poprečno	24.38 m (80')	24.38 m (80')
Visna kućice samopodiznog uređaja.	14.62 m (47.95)	14.62 m (47.95)
Visina palube bušačeg tornja iznad snovice.	15.24 m (50')	16,125 m (53')
Broj nogu	3	3
Oblik noge	Četvrtasti, rešetka	Četvrtasti, rešetka
Visina noge – rešetkasti dio	122.08 m	136,56 m
Maksimalna visina noge (s papučama)	123.93 m	138,32 m
Iskoristiva visina noge ispod trupa	105.76 m	120,15 m
Samopodizni uređaj		
Broj zubaca po nozi	12	16/12
Kapacitet dizanja po nozi	2640t - (220t po zupcu)	3520 t / 2640 t
Kapacitet držanja po nori	3000t - (250t po zupcu)	4000 t / 3000 t
Brzina dizanja	0.34 m/min (1.1 ft/min)	0.34 m/min (1.1 ft/min)
Brzina spuštanja	0.34 m/min (1.1 ft/min)	0.34 m/min (1.1 ft/min)
Uređaj za pozicioniranje bušačeg tornja		
Maksimalni uzdužni pomak	10.67 m (35')	16,76 m (55')
Maksimalni poprečni pomak	3.05 m (10')	3,66 m (12')
Maksimalna količina bušačkih cijevi na onzoli za vrijeme pozicioniranja tornja	4236.0 m (13900')	4236.0 m (13900')
Maksimalna količina uvodnih kolona na onzoli za vrijeme pozicioniranja tornja	229 m (750')	229 m (750')

okoliša: vjetar, valovi i morske struje. Postupak je zahtijevao redefiniciju dijagrama dozvoljenog radnog opterećenja tornja (*Load Chart Diagram*) kao i ostalih graničnih uvjeta platforme u odnosu na projektnu:

- 1- dubinu mora,
- 2- brzinu vjetra,
- 3- visinu i duljinu vala,
- 4- brzinu morske struje.

Cijeli pristup rekonstrukciji platforme podijeljen je na slijedećih pet potprojekata, koji su u konačnici, integrirani u jedinstveni sklop, trebali zadovoljiti navedene kriterije.

Donja potkonstrukcija

Nova donja potkonstrukcija (konzola), Sl. 3., kao i modifikacija kritičnih dijelova trupa, Sl. 6. i 7. (krmeni i pramčani nosači konzole), dimenzionirani su prema poznatom američkom kodu za kriterij dozvoljenog naprezanja čeličnih konstrukcija. U cilju olakšanja nove konzole, elementi primarne čvrstoće optimizirani su u odnosu na kriterij minimalne težine. Uz novu donju potkonstrukciju bušačeg tornja, na krmenom dijelu trupa ugrađen je nastavak koji omogućuje remont i na najvećim proizvodnim platformama. Ukupna duljina donje potkonstrukcije iznosi 32,025 m a krmenog nastavka 3,11 m.

Produljenje i pojačanje noga

Bitan zahtjev u pregradnji platforme Labin bio je produljenje nogu za 14,48 m, s 122,08 m na 136,56 m, čime se omogućuje rad platforme na moru dubine preko 100 m. Isti je zahtjev implicirao i dodatno pojačanje dijagonalnih elemenata na gornjoj trećine visine noga, i to prvenstveno zbog kriterija izvijanja koje se događa u ekstremnom radnom položaju konzole i istovremenog velikog lateralnog opterećenja (vjetar, valovi, morska struja).

Ugradnja dodatnog samopodiznog uređaja

Zamjena konzole bušačeg tornja te ugradnja novih težina u konstrukciju trupa kao i dodatna oprema premašili su raspoloživu rezervu nosivosti samopodiznog uređaja. Dodatnu poteškuću stvorila je promjena propisa iz 2001 godine koji predviđaju pretpostvaku nefunkcioniranja 1 od samopodiznih uređaja u svakoj od kritičnih faza: podizanje, rad ili opstanak platforme. Taj je problem riješen ugradnjom po 2 para dodatnih uređaja tipa Nacional NS 400 na krmenim nogama (ukupno 8 uređaja). Na krovu postojećih kućica samopodiznih uređaja ugrađena je posebna konstrukcija koja je omogućila njihov smještaj, Sl. 5.

Ugradnja bočnih blistera

Strogi zahtjev u pogledu stabiliteta u neoštećenom i oštećenom stanju platforme nametnuo je ugradnju bočnih blistera odgovarajućeg kapaciteta. Dodatni poboljšanje stabilnosti postignuto je boljim razmještajem i izvedbom palubnih odušnika. Pregrađena platforma morala je u teglju zadovoljiti kriterij stabiliteta u neoštećenom stanju, kod brzine vjetra od 100 čv, i u oštećenom stanju, kod brzine vjetra od 50 čv. Strogi zahtjevi stabiliteta provjereni su na prostornom modelu, Sl. 9, pomoću metode iz lit. [13].

Rekonstrukcija nadgrađa

U cilju poboljšanja uvjeta rada i boravka na platformi, pristupilo se je potpunoj rekonstrukciji stambenih prostora u nadgrađu. Uz poštivanje suvremenih standarda u pogledu kvalitete smještaja posade – dvokrevetne kabine sa vlastitim sanitarnim čvorom, povećan je smještajni kapacitet od 75 na 98 ljudi. Povećan je broj zajedničkih prostora predviđenih rekreaciji i ostalim oblicima boravka na platformi, vidi Sl. 12.

3. Metode analize u projektu

Nova donja potkonstrukcija (konzola), Sl. 3.b, kao i modifikacija kritičnih dijelova trupa (krmeni i pramčani nosači konzole) dimenzionirani su prema poznatom američkom kodu za kriterij dozvoljenog naprezanja čeličnih konstrukcija (Allowable Stress Design Specification and Codes - AISC 9th Edition), Lit. [4]. U cilju olakšanja nove konzole, elementi primarne čvrstoće optimizirani su u odnosu na kriterij minimalne težine. Nelinearni optimizacijski model riješen je pomoću koda baziranog na metodi najstrmijeg gradijenta (generalized reduced gradient – GRG2 code, Report (1)).

Tri detaljna modela konačnih elementa razvijena su u cilju analize svih relevantnih problema čvrstoće i stabilnosti konstrukcije u odnosu na postavljena ograničenja:

- MKE model papuča za provjeru njihove maksimalne nosivosti,
- MKE model nove potkonstrukcije bušačeg tornja u cilju potvrđivanja radnog dijagrama, Sl. 3,
- Integralni MKE model cijele konstrukcije u cilju analize kritičnih točaka koncentracije naprezanja i analize granične nosivosti nogu, Sl. 2.

Integralni MKE model, Sl. 2., i njegova modifikacija, Sl. 11., upotrebljeni su za proračun čvrstoće te hidrodinamičkog i aerodinamičkog opterećenja uslijed sila okoliša: vjetar, valovi i morska struja. Analiza je izvedena u skladu s ABS propisima 2001 za premjesteve objekte morske tehnike (ABS MODU Rules 2001), Lit. [2]. Metode proračuna kao i dobiveni rezultati odobreni su od strane ABS Offshore Engineering Department, Houston (vidi priloženu listu Izvještaja).

Analizirana su dva ekstremna položaja platforme:

Radni položaj: Ekstremni radni položaj platforme pretpostavljao je os bušačeg tornja u simetriji platforme ali na 55° iza krmenog zrcala. Opterećenje uslijed težine konstrukcije, opreme, radne sile od 4 450 kN na kuki dizalice tornja, te sila vjetra prenijete su u obliku koncentriranih sila na integralni model konstrukcije (vidi Tabelu 2). Maksimalna brzina vjetra od 70 čv i brzina morske struje 1 čv na slobodnoj površini narinuti su u uzdužnom smjeru platforme, od pramca prema krmi (180°). Granični uvjeti platforme u radnom položaju definirani su maksimalnom valnom visinom koju platforma može podnijeti obzirom na kriterij dozvoljene reakcije papuča i samopodiznog uređaja, odnosno graničnog faktora iskoristivosti kritičnih strukturnih elemenata (noge) u odnosu na jedan od oblika kolapsa. Analiza čvrstoće pregrađene platforme izvedena je za nekoliko dubina mora i nekoliko valnih visina. Kriterij stabilnosti protiv izvijanja redovito je bio ključni u određivanju graničnog stanja pregrađene platforme a odgovarajući faktor iskoristivosti određen je za kritične elemente prema *API RP 2A-WSD 3.3.1* kodu, Lit. [2]:

$$Usf_{TOR} = \frac{C_m}{\left(1 - \frac{f_a}{F_e}\right)} \frac{\sqrt{f_{b_y}^2 + f_{b_z}^2}}{F_b} + \frac{f_a}{F_a} \leq 1 \quad Usf_{TOR} = \frac{\sqrt{f_{b_y}^2 + f_{b_z}^2}}{F_b} + \frac{f_a}{0.6 \cdot 1.33 F_y} \leq 1 \quad \frac{f_a}{F_a} = Usf A_x$$

gdje su f_a , f_{b_y} , f_{b_z} naprezanje uslijed normalne sile i savijanja elementa noge, F_y granica tečenja, a F_a , F_b , su dozvoljeno naprezanje uslijed uzdužne sile i savijanja prema AISC kodu.

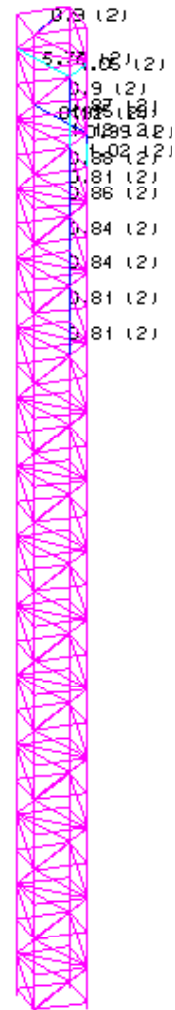
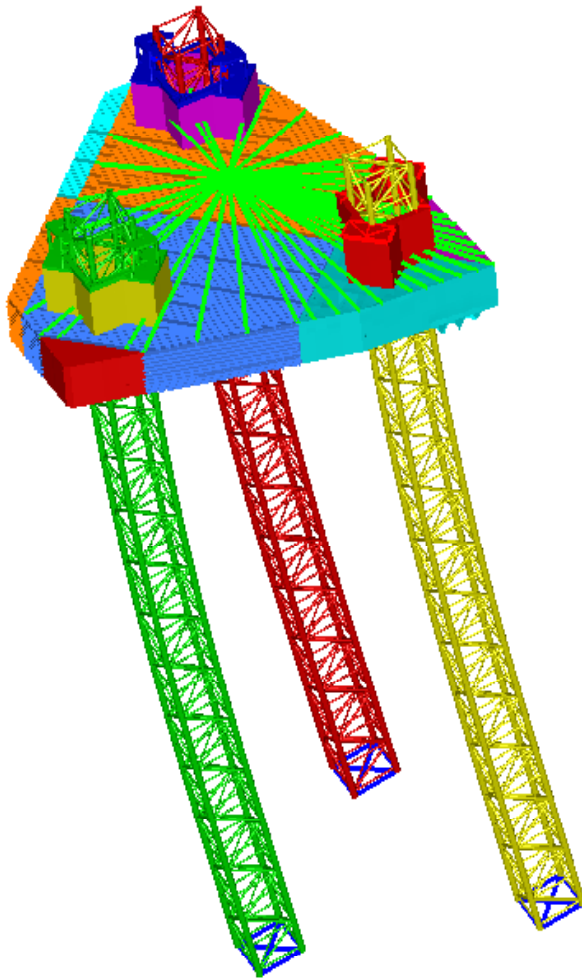
Opstanak platforme: Integritet konstrukcije pregrađene platforme provjeren je u oba njena karakteristična položaja: u podignutom položaju i u teglju. U oba slučaja potkonstrukcija bušačeg tornja bila je uvučena u krajnji položaj, Sl. 8. Čvrstoća kritičnih elemenata u podignutom položaju provjerena je za tri karakteristična smjera djelovanja vjetra, valova i morske struje: 0°, 120° i 240° u odnosu na uzdužnu os. U teglju – premještanje s pozicije i oceanski tegalj, granične mogućnosti opstanka određene su u odnosu na kriterij stabilnosti i pomorstvenosti. Granični kriterij stabilnosti određen je maksimalnim dozvoljenim vertikalnim položajem težišta za neoštećenu platformu (brzina vjetra 100 čv) i platformu u oštećenom stanju (brzina vjetra 50 čv). Pomorstvene karakteristike platforme određene su prijenosnim funkcijama proračunatim na kombiniranom modelu koji je uključio Morisonov model za vitke konstruktivne elemente (noge) i model radijacije/difrakcije vala za trup i papuče, vidi Sl. 13:

$$F_{transf_j}(\omega) = \left| \frac{\xi_j(i\omega)}{\zeta_a(i\omega)} \right| \quad j = 1, \dots, 6$$

gdje je ζ_a amplituda vala a ξ_j $j = 1, \dots, 6$ su amplitude odziva njihanja platforme pri valnoj frekvenciji ω . Vrh prijenosnih funkcija odziva ljuljanja i posrtanja odredio je prirodni period prema kojem određeno inercijsko opterećenje uzdignutih nogu u teglju:

Premještaj $\theta_{a_mx} = 6^\circ$ (0.105 rad) kod prirodnog period ljuljanja/posrtanja $T = (T_j)_{\min}$,

Oceanski tegalj: $\theta_{a_mx} = 15^\circ$ (0.262 rad) kod period ljuljanja/posrtanja $T = T_{ABS} = 10$ s.

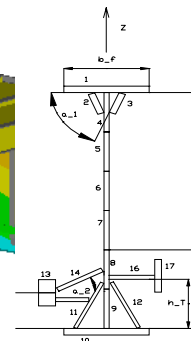
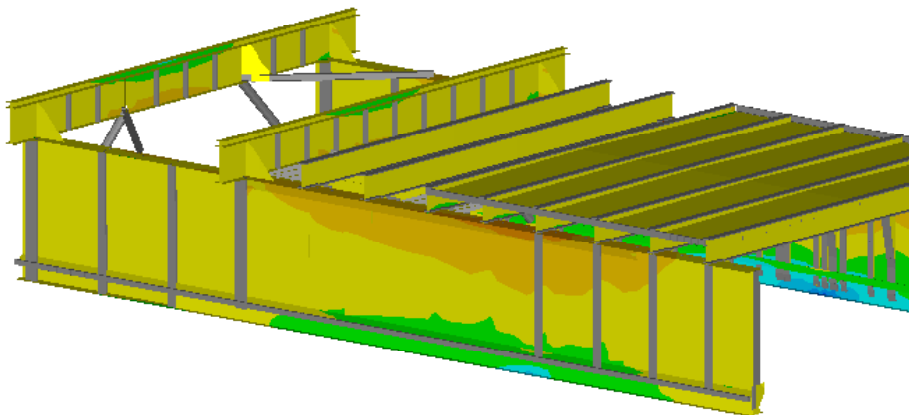


a) - Integralni model konstrukcije: pomaci
maksimalni pomak 2,14 m

b) – Faktor iskoristivosti USF:
kriterij - stabilnost na izvijanje

Slika. 2 MKE model: opstanak, dubina mora 105 m, val: h= 17 m, $\mu = 240^0$

Fig. 2 FEM model: surviving, sea depth 105 m, wave: h =17 m, $\mu = 240^0$



a) – Membranska naprezanja σ_x

b) – Model I-nosača konzole

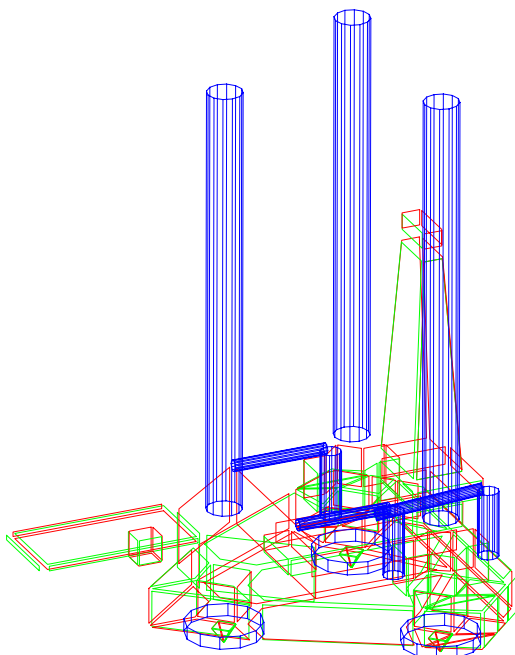
Slika. 3 MKE model konzole (ekstremni položaj $\Delta x = 55^{\circ}$, $\Delta y = 12^{\circ}$)

Fig. 3 FEM model of the lower derrick substructure (extreme position $\Delta x = 55^{\circ}$, $\Delta y = 12^{\circ}$)

Tabela 2 – Raspored masa i reakcije (radni uvjeti uvjeti)

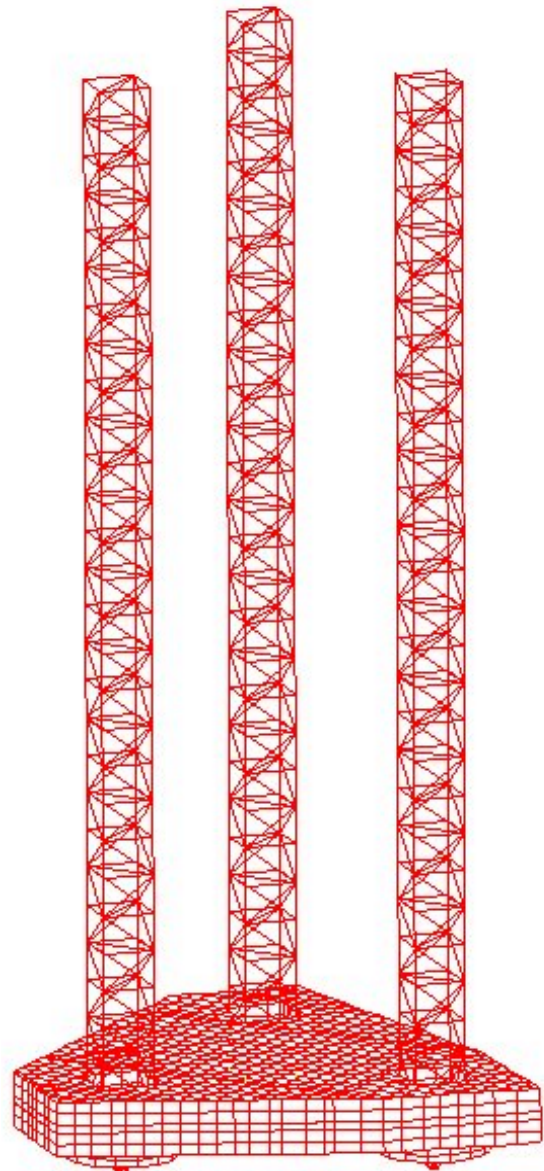
Table 2 – Mass distribution and reactions forces (Operating condition)

Masa		Pregrađeni Labin	
Trup, težina čelika i opreme		3886.6 t	
Teret na palubi		875.8 t	
Skladište buš. Cijevi na palubi		180 t	
Dodana težina nadgrađa		170 t	
Kremni produžetak		250 t	
Balat u tanku br.1		370 t	
Ukupna podignuta masa bez konzolne potkonstrukcije)		5732.4 t	
Konzola ukupne (ile)	Lijeva strana	Pramčani ležaj	11 000 kN
		Krmeni ležaj	-18 166.1 kN
	Desna strana	Pramčani ležaj	10 116.3 kN
		Krmeni ležaj	-16 843.7 kN



Slika 9. Model konstrukcije u proračunu hidrostatičkih značajki i stabiliteta, lit. [13].

Fig. 9 Platform model in the hydrostatic and stability calculation, Ref. [13].

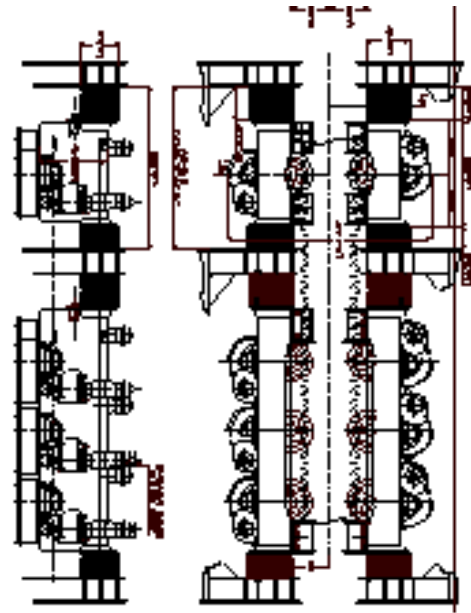
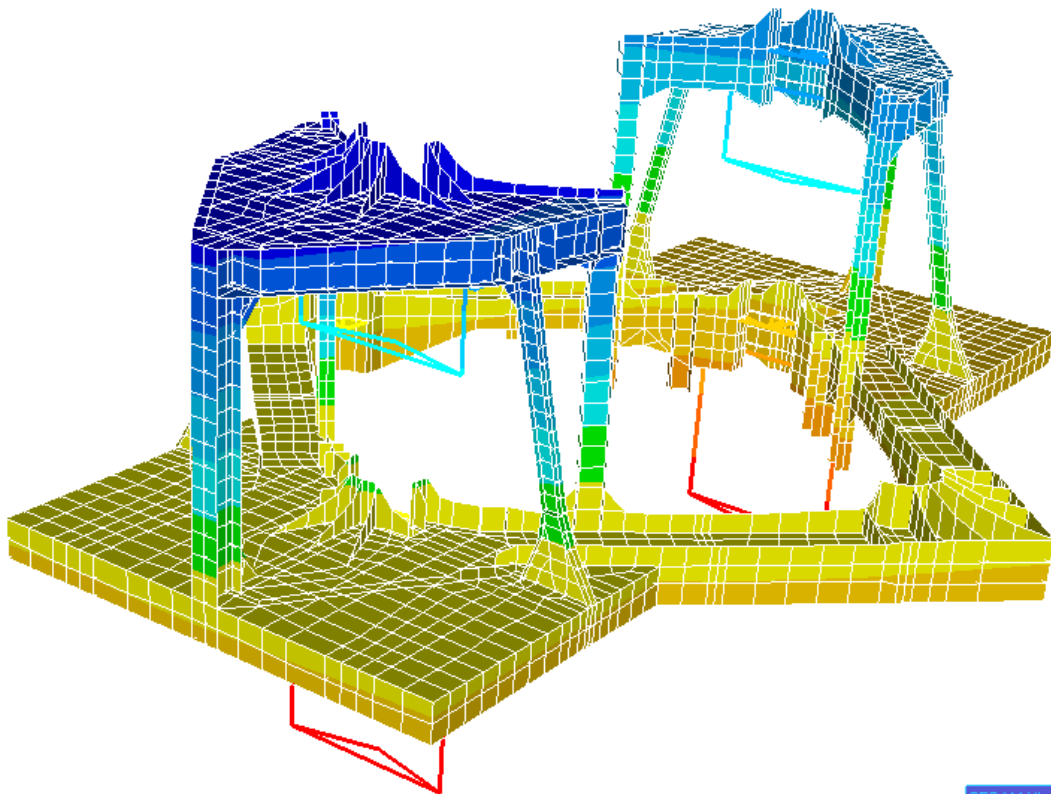


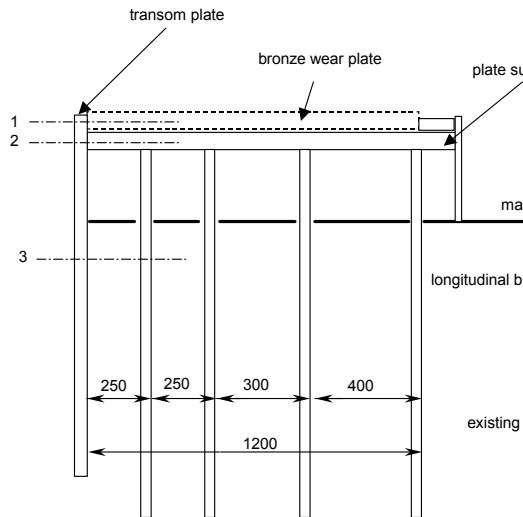
Slika 8. Samopodizna platforma Labin: Hidrodinamički i aerodinamički model

Fig. 8 SEDU Labin: Hydrodynamic and aerodynamic model

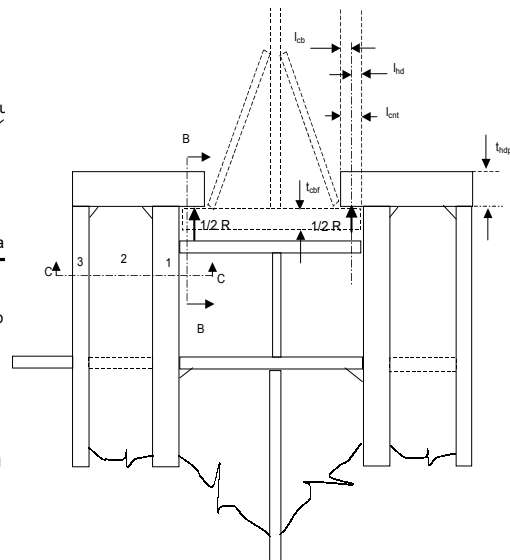
Tabela 3 Nadgradnja samopodiznog uređaja na platformi Labin**Table 3** Upgrading of the jacking system on SEDU Labin

Djelovanje	Po zupcu kN	Po uređaju (8 z.) kN	Po nozi (simetrično opterećenje)	
			Pramac (12 z.) kN	Krma (16 z.) kN
Dizanje	1958	11748	23495	31326
Držanje	2225	13350	26699	35598
Maks. držanje	4450	26717	53433	71243

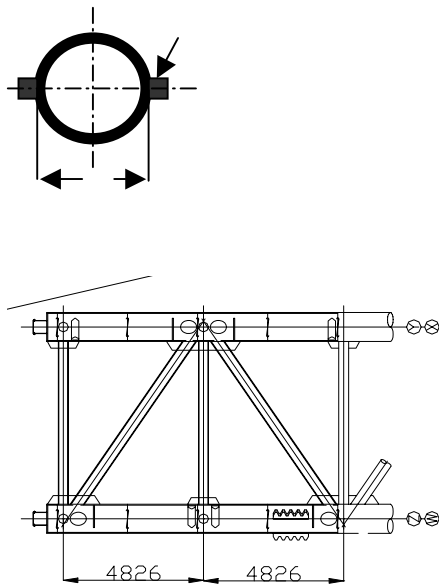
**Slika 4.** Samopodizni uređaj National NS 400**Fig. 4** Jacking unit National NS 400**Slika 5.** Nadgradnja kućice samopodiznog uređaja, MKE model**Fig. 5** Upgrading of the jacking house, FEM model



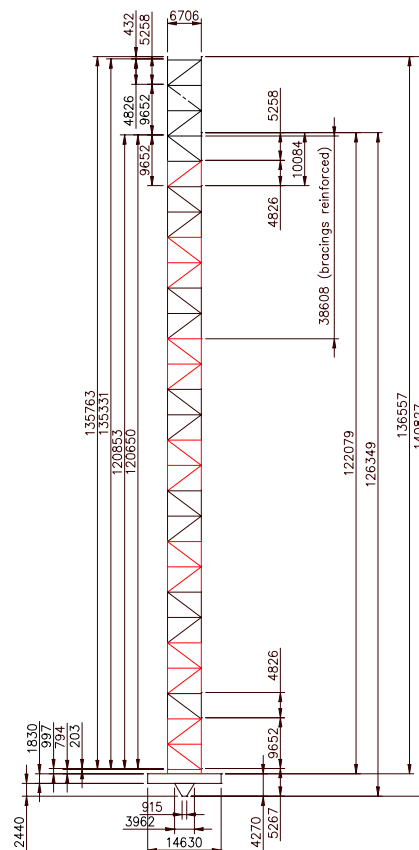
Slika 6. Krmeni ležaj konzole
Fig. 6 Push-up device



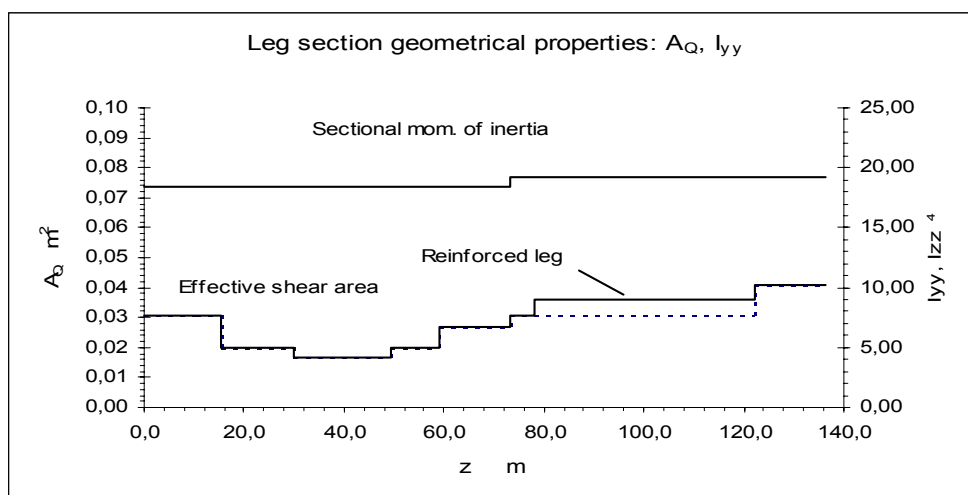
Slika 7. Pramčani ležaj konzole
Fig. 7 Hold-down device



Slika 8. Pojačanje dijagonalnih elemenata noge
Fig. 8 – Diagonal bracings reinforcement



Slika 9. Produljenje noge
Fig. 9 The leg lengthening



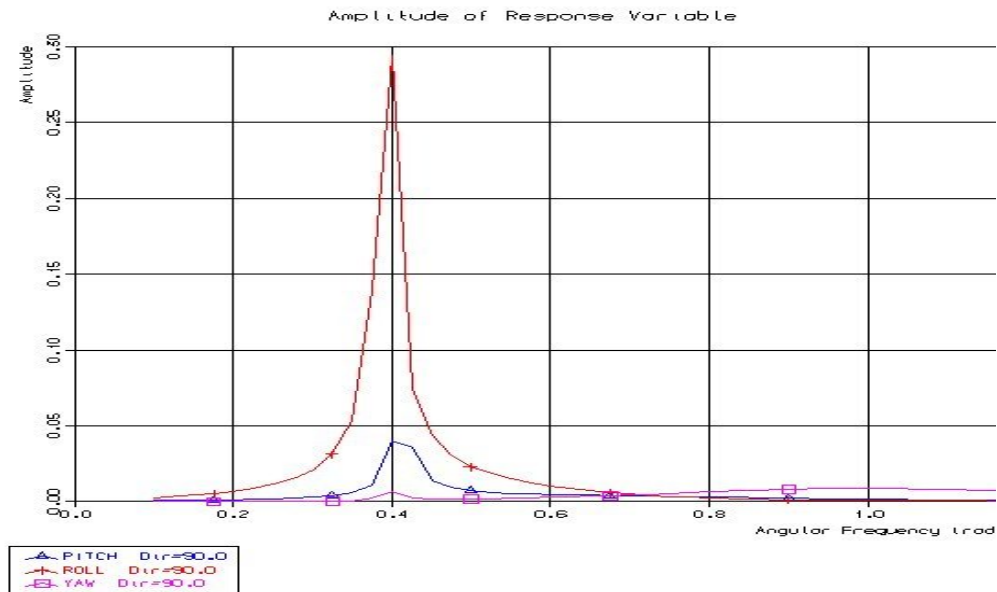
Slika 10. Geometrijske karakteristike rešetkaste konstrukcije noga: krutost na savijanje i smična krutost

Fig. 10 Geometrical properties of the leg frame structure: bending stiffness and effective shear area

Tablica 4 Tipovi materijala primijenjeni u pregradnji platforme Labin

Table 4 Material types used in the SEDU Labin upgrading

TIP	KONSTRUKTIVNI DIO			
	POTKONSTRUKCIJA - OPLATA			
1	ABS grade A (or equal)			
2	ABS grade B (or equal)			
3	ABS grade E (or equal)			
4	ABS grade D (or equal)			
5	350 N/mm ² (50 ksi) YIELD, (-30 dgr C), see NOTE 2.			
6	490 N/mm ² (70 ksi) YIELD, (-40 dgr F), (A514, A852), vidi Primjedba 1., Primjedba2.			
7	N-20 - ABS EQ51: 490 N/mm ² (70 ksi) YIELD, (-40 dgr F), vidi Primjedba 2.			
	POTKONSTRUKCIJA - PROFILI			
8	ASTM A-36 (or equal)			
9	350 N/mm ² (50 ksi) YIELD, (-30 dgr C), vidi Primjedba2.			
10	700 N/mm ² (100 ksi) YIELD, (-40 dgr F), (A514, A852), vidi Primjedba 2.			
	POTKONSTRUKCIJA - CIJEVI			
11	ASTM A-53 Cr B (or equal), (-30 dgr C), see NOTE 2.			
12	ASTM A-106 Cr B (or equal)			
13	ASTM A-120 (or equal)			
	NOGE			
14	A 514 $\sigma_v = 690 \cdot 10^6$ N/m ² $\sigma_B = 690-895 \cdot 10^6$ N/m ²			
15	A 517 $\sigma_v = 690 \cdot 10^6$ N/m ² $\sigma_B = 795-930 \cdot 10^6$ N/m ²			
16	API 5LU U-100 $\sigma_v = 690 \cdot 10^6$ N/m ²			
	KLIZNA POVRŠINA			
17	Aluminium bronzes ASTM B169 450 N/mm ² (65 ksi) min. tensile			
Primjedba 1.:				
Testing:	ASTM A578 and ASME A770, (A678 grade D, A710 grade A class 3, A514)			
Primjedba 2.:				
Charpy:	CHARPY V-NOTCH kNm (25 ft.lbs)			



Slika 13. Dinamičke značajke platforme na valovima: ljuljanje, posrtanje, zaušijanje

Fig. 13 Transfer function of the platform on waves: rolling, pitching, yawing

4. Tehnološki zahtjevi

Uz zahtjevan pristup u osnivanju rješenja pregradnje i iscrpnim numeričkim analizama kojima su predložena rješenja elaborirana, izvedba same pregradnje samopodizne platforme Labin zahtijevala je primjenu suvremene tehnologije zbog kvalitete čelika i efikasnu organizaciju rada zbog nametnutih rokova. Sve strukturne modifikacije i pojačanja kritičnih elemenata izvedena su od čelika povišene čvrstoće, što je zahtijevalo garanciju prvorazredne kvalitete kao u izradi trako i u kontroli.

Čelici povišene čvrstoće klase ABS AH36, Dh36 i EH36 primijenjeni su do debljine od 100 mm (4"). Za izradu strukturnih elemenata većih debljina, kao što su pramčani i krmni ležajevi konzolne potkonstrukcije, korišteni su specijalni čelici, vidi Tabelu 4. Zavarivački radovi, koji su sačinjavali najveći dio ukupnih radova, izvođeni su u skladu sa zahtjevima ABS MODU 2001 Rules. Posebna pažnja posvećena je pripremi, predgrijavanju, redosljedu zavarivanja i kontroliranom hlađenju svih spojeva od primarne važnosti za strukturni integritet platforme. U kontroli zavarenih spojeva korištene su ultrazvučne i ostale metode bez razaranja. Prilikom pregradnje platforme ugrađeno je ukupno oko 1200 t čelika povišene i visoke čvrstoće.

5. Zaključak

Projekt pregradnje samopodizne platforme Labin, koji je dijelom realiziran unutar Vladinog programa HITRA - projekt *Podmorsko bušenje u velikim morskim dubinama*, dao je nekoliko značajnih doprinosa u području suvremene podmorske tehnologije. Temeljen isključivo na domaćem znanju, omogućio je opstanak jednog kapitalnog objekta morske tehnike u uvjetima suvremenog tržišta. Po prvi puta je primijenjena ideja *restrukturirane* brodogradnje kojom je na efikasan i ekonomičan način omogućena realizacija kompleksnog industrijskog poduhvata izvan rigidnih i skupih brodograđevnih sustava. Povezivanjem centara znanja (Sveučilište) i industrije (CROSCO, Đ. Đaković, Brodosplit, ...) unutar programa HITRA, izbjegnuta je potreba angažiranja inozemnih institucija specijaliziranih za prisutnu problematiku. Nakon što je elaboriranim idejnim projektom definiran odgovor na trenutačni zahtjev svjetskog tržišta, realizaciji projekta pristupilo se je kroz fleksibilnu poslovnu organizaciju nezavisnih sudionika, odabranih kriterijem najkvalitetnijeg ponuđača (najbrži,

najstručniji, najjeftiniji). Kako je potreba za rekonstrukcijom takvog tipa platforma u svijetu velika, postignuta referenca daje

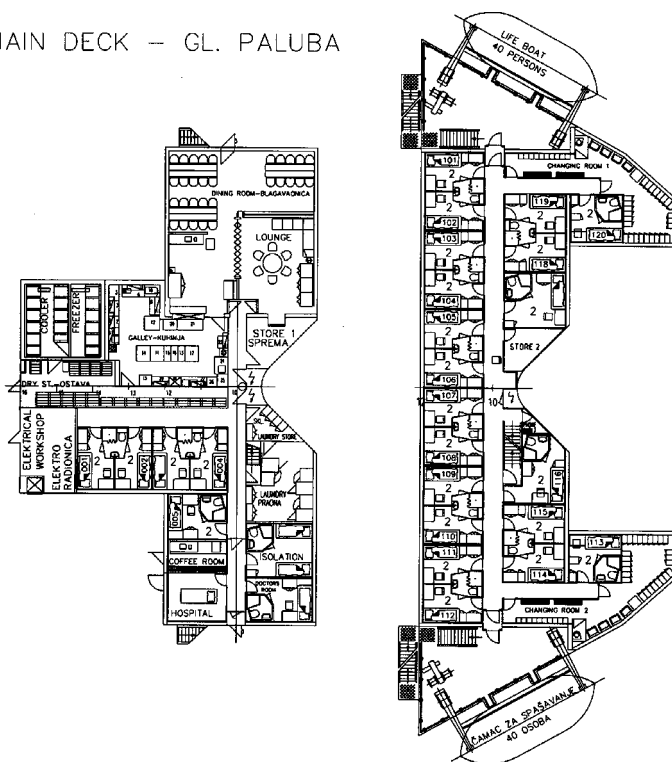
značajnu prednost sudionicima projekta u takmičenju sa konkurentskim grupama u razvijenim zemljama. Naime zbog svoje višestruko veće jedinične vrijednosti proizvoda (12 - 20 u odnosu na 2 - 4 USD/kg u klasičnoj brodogradnji), ta je djelatnost još uvijek u monopolskom okruženju razvijenih industrijskih zemalja.

Tablica 5 Samopodizna platforma Labin: Usporedba značajki prije i nakon pregradnje

Table 5 SEDU Labin: Before and after upgrading - performance comparison

	Prije pregradnje	Indeks	Nakon pregradnje	Pojeđi - načno	Indeks			
					Radni volumen		Radni volumen x nosivost	
					Konzola	Ukupno		
Radna dubina mora	91,5 m	1,0	100,6 m	1,10	1,10	2,07	2,41	
zbačaj konzole-uzdužni smjer	35 ft (10,668 m)	1,0	55 ft (16,764 m)	1,57	1,89			
zbačaj konzole-poprečni smjer	10 ft (3,048 m)	1,0	12 ft (3,658 m)	1,20	1,20			
Korisna nosivost na palubi	1200 t	1,0	1400 t	1,17	-	-		

MAIN DECK – GL. PALUBA



Slika 12. Obnovljeni smještaj

Fig. 12. Accommodation space refurbishing

POPIS IZVJEŠTAJA I ELABORATA: Projekt TP- 01/120- 07 – Podmorsko bušenje u velikim morskim dubinama

- (1) SEDU Labin (Up-grading): SUMMARY REPORT; Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 0; *Department of Naval Architecture and Offshore Engineering – FAMENA University of Zagreb 2003*
- (2) SEDU Labin (Up-grading): CANTILEVER BEAM DESIGN AND ANALYSIS; Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 1; *Dept of Nav Arche and Offshore Eng – FAMENA University of Zagreb 2003*
- (3) SEDU Labin (Up-grading): STRENGTH ANALYSIS OF THE LOWER DERRICK SUBSTRUCTURE; Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 2; *Department of Naval Architecture and Offshore Engineering – FAMENA University of Zagreb 2003*
- (4) SEDU Labin: SPUD CAN ANALYSIS, Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 3; *Department of Naval Architecture and Offshore Engineering – FAMENA University of Zagreb 2003*
- (3a) SEDU Labin (Up-grading): SPUD CAN ANALYSIS – Jacking condition in Shipyard, Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 3a; *Department of Naval Architecture and Offshore Engineering – FAMENA University of Zagreb 2003*
- (5) SEDU Labin (Up-grading): OPERATING CONDITION; Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 4; *Department of Naval Architecture and Offshore Engineering – FAMENA University of Zagreb 2003*
- (5) SEDU Labin (Up-grading): SURVIVING CONDITION; Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 5; *Department of Naval Architecture and Offshore Engineering – FAMENA University of Zagreb 2003*
- (6) SEDU Labin (Up-grading): ACCOMODATION SPACE; Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 6; *Department of Naval Architecture and Offshore Engineering – FAMENA University of Zagreb 2003*
- (7) SEDU Labin (Up-grading): STABILITY ANALYSIS; Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 7; *Department of Naval Architecture and Offshore Engineering – FAMENA University of Zagreb 2003*
- (8) SEDU Labin (Up-grading): SEAKEEPING ANALYSIS ; Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 8; *Department of Naval Architecture and Offshore Engineering – FAMENA University of Zagreb 2003*
- (9) SEDU Labin (Up-grading): LEG STRENGTH ANALYSIS IN TOWING CONDITION ; Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 9; *Department of Naval Architecture and Offshore Engineering – FAMENA University of Zagreb 2003*
- (10) SEDU Labin (Up-grading): JACKING HOUS STRUCTURE ANALYSIS ; Rep. No. 06205-280800-1 / Text – 10; *Department of Naval Architecture and Offshore Engineering – FAMENA University of Zagreb 2004*

LITERATURA

- [1] Matešić, B.; Marinković, I.: Instruction Book for Levingston Class 111-c Jack-up Drilling Rig – Hull 354; Brodoprojekt, Rijeka (1986)
- [2] ABS: Rules for Building and Classing–Mobile Offshore Drilling Units; ABS of Shipping; NY2001
- [3] Recommended Practice for Planning, Design and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design; American Petroleum Institute; (1993) API
- [4] Manual of Steel Construction – Allowable Stress Design; American Institute of Steel Construction, Inc.; Chicago (1995)
- [5] SESAM User Manual: PREFEM – Preprocessor for Generation of Finite Element Models; Ver. 7.1; DnV; March 2001
- [6] SESAM User Manual: SESTRAS–Superelement Structural Analysis; Ver. 7.6-01; DnV; Sep. 2002
- [7] SESAM User Manual: POSTFEM – General FEM Graphic Postprocessor; BV Sesam Sys; 1989
- [8] Environmental conditions and environmental loads; Cls Notes No. 30.5; DnV; Høvik; March 2000
- [9] Offshore Standard OS-E301: Position Mooring (Draft); DnV; Høvik; 2000
- [10] Smirčić, A.; Leder, N.; Vilibić, I.: Characteristics of surface waves elements of the developed sea states in the northern Adriatic Sea area; SORTA - The 15th Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding; Trogir 2002
- [11] Senjanović, I.; Čorić, V.; Parunov, J.; Ljulj, A.; Mravak, Z.: Strength analysis of lower derrick substructure; Jack-up platform Labin; Fac Mech Eng and Naval Architecture Unv. of Zagreb; 1995
- [12] CROSCO Panon Cantilever Jack-up Rig; Storm criteria Study; Zentech, Inc.; Houston 1988
- [13] Buckling Strength analysis of Mobile Offshore Units; Classification Notes No. 30.1; Det norske Veritas; Høvik 1984
- [14] StabCAD – User's Manual; Computer Software for Floating Stability Analysis (Ver. 4.20); Zentech Inc.; Houston