

OPRAVDANOST UGRADNJE SVJETLOVODNOG KABELA U TERETNI BROD M/B GOLDSTAR

JUSTIFICATION OF THE INSTALLATION OF FIBEROPTICAL CABLE ON THE CARGO VESSEL M/V GOLDSTAR

UDK 621.396.65+681.323]:679.76:629.123.4"GOLDSTAR"

Stručni rad
Professional paper

Sažetak

Uporaba kabela za prijenosni medij u povezivanju pojedinih računalnih podsustava broda, odnosno plovnog objekta, te njihovo povezivanje s brodom radijskom postajom radi daljnjeg prijenosa podataka, temelj je funkcioniranja integriranog komunikacijskog sustava broda. Na temelju dobivenih testova svjetlovodni kabel može pouzdano osigurati povezivanje pojedinih računalnih podsustava broda, odnosno plovnog objekta u jedinstveni integrirani informacijski sustav. Njegove prednosti u odnosu na klasične kabele su neosjetljivost na smetnje, temperaturne promjene, kemijske otopine, elektromagnetske pojave, mogućnost uporabe u opasnim zonama broda, te uporabe zajedničkih kabelaških trasa s energetskim kablama.

Ključne riječi: brod, informacijski sustav broda, plovni objekt, svjetlovodni kabel.

Summary

The use of cable as a transmission medium in connecting vessel's computer subsystems aboard ship, separate computer subsystems, as well as their connection to the vessel's radio station for further data broadcasting is the basis for operation of the vessel's integrated communication system. Fiberoptical cable, as the test results show can reliably secure the connection of the separate computer subsystems of vessel on board ship into an integrated information system. Its advantages if compared to the ordinary cable are: insensitivity to disturbances, temperature changes, chemical solutions, electromagnetic disturbances. It enables use in dangerous zones, as well as the use of joint cable runs with the power cables.

Key words: vessel, integrated information system aboard ship, fiberoptical cable.

1. Uvod Introduction

Optimalno upravljanje brodom glede sigurnosti, učinkovitosti i ekonomičnosti ostvaruje se povezivanjem dobro poznatih podsustava broda u jedan jedinstveni integrirani sustav. Integrirani sustav broda čine:

- integrirani navigacijski sustav;
 - integrirani sustav alarma, praćenja i upravljanja strojem;
 - integrirani sustav praćenja i upravljanja teretom;
 - sustav upravljanja propulzijom,
- tj. jedinstveni brodski informacijski sustav.

Osnovni zahtjevi koji se postavljaju na integrirani sustav broda, odnosno plovnog objekta su: visoka brzina prijenosa informacija preko zajedničkog prijenosnog medija velikog kapaciteta; mala učestalost pogrešaka u prijenosu informacija i dobra pouzdanost; kompatibilnost, tj. mogućnost povezivanja opreme različitih proizvođača u mrežu; jednak pristup svih korisnika prijenosnom mediju i relativno niska cijena.

U ovom radu analizirat će se cijena izgradnje magistralnih trasa bakrenog i svjetlovodnog kabelaškog sustava brodske lokalne mreže na m/b GOLDSTAR (bez pretvarača E/O i O/E), koji je izgrađen u Brodograđevnoj industriji "Split", novogradnja broj 378, te opravdanost uvođenja svjetlovodnog kabela na magistralnim kabelaškim trasama. Te trase povezuju krajnje uređaje na pojedinim platformama strojarne s pultom u kontrolnoj sobi strojarne, odnosno računalom kao i pult u kontrolnoj sobi strojarne s pultom u zapovjedničkom mostu, odnosno računalo te pult u zapovjedničkom mostu s pojedinim palubama nadgrađa i brodom radijskom postajom.

Topologija brodske lokalne mreže (LAN - Local Area Network) treba biti takva da prilikom pojave greške između čvorova ili u jednom čvoru, sustav na mreži nastavi rad, te da se nastavi prijenos podataka.

* mr. sci. Mirko Bilić
Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split

2. Primjena svjetlovodnog kabela na plovnom objektu

The use of fiberoptical cable aboard ship

Danas se konvencionalni simetrični i nesimetrični kabelski vodovi brodskog tipa sve više zamjenjuju svjetlovodnim kabelima zbog njihovih brojnih prednosti.

Karakteristike brodskih svjetlovodnih kabela (OFCC - *Optical Fiber Cable Component*) temelje se na rezultatima mnogobrojnih svjetlovodnih, mehaničkih i kemijskih testova, kao i testova radi procjene utjecaja brodskog okoliša.

Opća i svjetlovodna obilježja jednožilnih (1-OFCC), četverožilnih (4-OFCC) i osmožilnih (8-OFCC) svjetlovodnih kabela prikazana su u tablici 1.

Tablica 1. Opća i svjetlovodna obilježja brodskih kabela
Table 1. General and fiberoptical features of vessel's cable

PARAMETRI	PODACI O KABELU
Konstrukcija kabela	1-OFCC, 4-OFCC, 8-OFCC
Tipovi kabela	62.5 / 25 višemodni i jednomodni, otporni na radijaciju
Specifikacija	MIL- C0085045D (NAVY)
Materijal omotača	termoplastični
Primarna radna valna duljina	1300 mm za višemodno vlakno 1310 mm za jednomodno vlakno
Maksimalno prigušenje	2.0 dB/km za višemodno vlakno 1.0 dB/km za jednomodno vlakno

Kemijski testovi uključuju provjere otpornosti na vatru i razvijanje dima, stvaranje kiselih plinova, otpornost na sol i provjeru indeksa toksičnosti. Zahtjevi koji moraju biti zadovoljeni pri provođenju kemijskih testova i rezultati kemijskih testova dani su u tablici 2.

Tablica 2. Kemijska svojstva brodskih svjetlovodnih kabela
Table 2. Chemical features of vessel's fiberoptical cables

TEST	ZAHTJEV	IZVEDBA KABELA		
		1-OFCC-MM i 1-OFCC-SM	4-OFCC-MM i 4-OFCC-SM	8-OFCC-MM i 8-OFCC-SM
Stvaranje kiselih plinova	MIL-C-0085045D (NAVY) $\leq 0.2\%$	0.02%	0.19%	0.16%
Sadržaj soli	MIL-C-0085045D (NAVY) $\leq 0.2\%$	0.01%	0.04%	0.03%
Indeks toksičnosti	NES 713 ≤ 5.0	3.36	3.02	2.16
Otpornost na gljivice	MIL-STD-810 Metoda 508 stupanj 1	stupanj 1	stupanj 1	stupanj 1

Rezultati *kemijskih testova* pokazuju da jednožilni, četverožilni i osmožilni kabeli OFCC (jednomodni-MM i višemodni-SM) zadovoljavaju zahtjeve u pogledu indeksa toksičnosti, te otpornosti na kisele plinove, djelovanje soli i gljivice.

Pokazatelji otpornosti brodskih svjetlovodnih kabela (1-OFCC, 4-OFCC i 8-OFCC) na vatru i stvaranje dima dani su u tablici 3.

Tablica 3. Otpornost brodskih svjetlovodnih kabela na vatru i stvaranje dima
Table 3. Resistance of fiberoptic cables to fire and smoke emission

TEST	ZAHTJEV	IZVEDBA KABELA		
		1-OFCC-MM i 1-OFCC-SM	4-OFCC-MM i 4-OFCC-SM	8-OFCC-MM i 8-OFCC-SM
Širenje vatre i stvaranje dima	IEEE - 383 širenje vatre ≤ 2.4 m (nije zahtjev)	2.2 m	1.3 m	1.3 m
	UL 910 prosječna opt. gustoća ≤ 0.15	0.02*	0.11	0.19
	maksimalna opt. gustoća ≤ 0.5	0.25*	0.5	0.44
	širenje vatre - vremenski produkt za prvih 10 minuta ≤ 27.5 m-min	40.5 m-min*	12.8 m-min	10.9 m-min
Specifična optička gustoća tijekom izgaranja	ASTM-E-662 $D_m \leq 225$	56	50	170

* Ne zahtjeva se za 1-OFCC-MM ili 1-OFCC-SM kabele

Za procjenu utjecaja brodskog okoliša najvažniji su testovi: *termički šok*, *temperaturni ciklus pri visokoj vlažnosti i ubrzano starenje optičkog kabela*. Spomenuti kabeli bili su podvrgnuti svakom od ta tri testa. Rezultati *termičkih šok* testova dani su u tablici 4. Nakon termičkih šok testova uzorci kabela podvrgnuti su testu radi procjene utjecaja temperature i vlažnosti. Rezultati testa za četverožilne kabele prikazani su na slici 2.1. Ta slika prikazuje rezultate testiranja za višemodni i jednomodni kabel. Nakon toga uzorci kabela podvrgnuti su testu ubrzanog starenja. Tijekom testa ubrzanog starenja kabeli su podvrgnuti djelovanju konstantne temperature od 100 °C u trajanju od 240 sati. Rezultati testa prikazani su grafički na slici 2.2.

Tablica 4. Rezultati termičkih šok-testova obavljenih na brodskim svjetlovodnim kabelima
Table 4. Results of termic shock tests carried out on vessel's fiberoptic cables

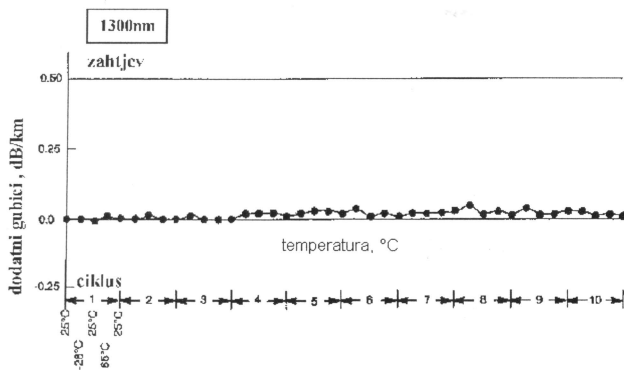
TEST	ZAHTJEV	IZVEDBA KABELA					
		1-OFCC-MM	1-OFCC-SM	4-OFCC-MM	4-OFCC-SM	8-OFCC-MM	8-OFCC-SM
Termički šok	EIA-455-160 dodatni gub. ≤ 0.5 dB/km za višemodno ≤ 0.3 dB/km	0.00 dB/km	0.02 dB/km	0.15 dB/km	0.16 dB/km	0.25 dB/km	0.03 dB/km

MM- višemodno vlakno

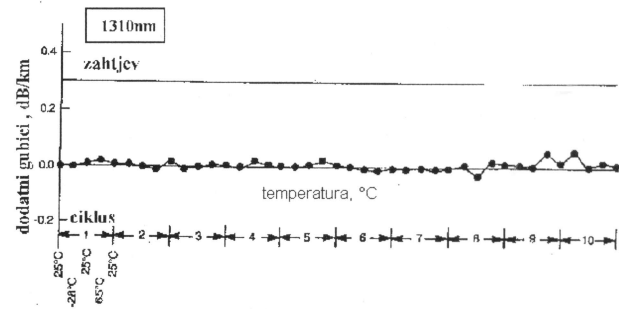
SM- jednomodno vlakno

Slika 2.1. Rezultati testova temperatura-vlažnost za 4-OFCC kabele, tj. funkcijske ovisnosti dodatnih gubitaka o promjeni temperature: a) kabel s višemodnim vlaknom; b) kabel s jednomodnim vlaknom

Figure 2.1. Results of the tests temperature - humidity for 4-OFCC cables i.e. functional dependence of additional changes in temperature: a) cable with composite fibre; b) cable with simple fibre

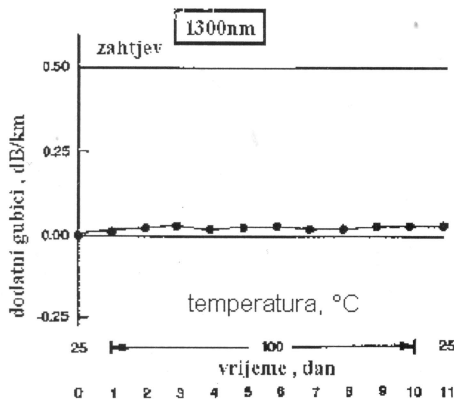


a) kabel 4-OFCC MM

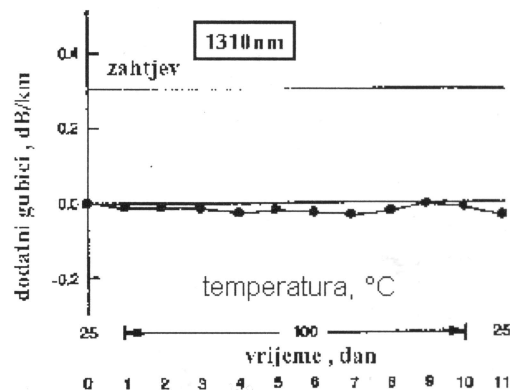


b) kabel 4-OFCC SM

Slika 2.2. Rezultati testova ubrzanog starenja za 4-OFCC kabel: a) kabel s višemodnim vlaknom; b) kabel s jednomodnim vlaknom
Figure 2.2. The results of the test of increased wearing for 4-OFCC cable: a) cable with composite fibre; b) cable with simple fibre



a) kabel 4-OFCC MM



b) kabel 4-OFCC SM

Rezultat testa prema slici 2.2 pokazuje da kabel 4-OFCC ima izvrsna svojstva koja se očituju u minimalnim dodatnim gubicima zbog ubrzanog starenja.

Mehanički testovi uključuju: provjeru naprežanja zbog opterećenja, dinamičkog savijanja, torzije, savitljivosti, rastezljivosti, gnječivosti, radijalne kompresije, savitljivosti pri krajevima, vlažnosti i hidrostatskog tlaka. Također se provjerava čvrstoća kabela izolacije, otpornost kabela na trenje, skupljanje kabela, mogućnost prenosivosti kabelaških elemenata i trajnost identifikacijskih oznaka. Test na hidrostatski tlak obavlja se pri kvalificiranju kabela za podmorničku uporabu.

3. Kratki opis m/b Goldstar Brief descripton of m/v Goldstar

Brod Goldstar namijenjen je za prijevoz suhog rasutog tereta (bulk carrier) ukupne nosivosti 46.881 dwt u pet skladišta. Opremljen je sa četiri dizalice nosivosti od po 300 kN. Tom brodu dodijeljena je dvostruka klasa: Hrvatskog registra brodova (HRB) i Lloydovog registra brodova (Lloyd's Register of Shipping). Za te klase brod zadovoljava uvjete koji predviđaju rad strojarne bez nadzora i bez stalne službe na središnjem dijelu upravljanja strojem. To znači da je osigurano upravljanje i nadzor strojarne sa zapovjedničkog mosta uporabom integriranog informacijskog sustava broda. Brod koji zadovoljava te uvjete ima oznaku AUT1 prema Hrvatskom registru brodova, a prema

Lloydovom registru brodova UMS (Unattendant Machinery Space - strojarnica bez stalne službe).

Glavne dimenzije m/b Goldstar su:

- duljina preko svega 192,00m
- duljina između okomica 183,00m
- širina na glavnom rebru 16,70m
- gaz na glavnom rebru 10,70m
- pokusna brzina s gazom 10,70m 15,8čv
- snaga porivnog stroja tip MAN..... 9180 kW

3.1. Automatizacija i elektronička oprema broda

Automatization and electronic equipment

3.1.1. Automatizacija

Automatization

Automatizacija i daljinsko upravljanje brodom odnose se na postrojenja: porivni stroj; vijak sa zakretljivim krilima; postrojenje za proizvodnju električne energije; pomoćne strojeve; sustav kaljuže i balasta; kompresor zraka; pumpe tereta i balasta; evaporatore i sustave za destilaciju; sustave za otkrivanje i dojavu požara; spaljivače; generatore i sustave inertnog plina; sustav goriva (tankovi, sustav za pretakanje, prečistači i uređaji za grijanje); separatori zauljenih voda; sustav za indicaciju položaja ventila; upravljačke pultove i ostale razne sustave (alarmi, upravljanje i sigurnost), te daljinsko upravljanje sa zapovjedničkog mosta.

3.1.2. Elektronička oprema

Electronic equipment

Radionavigacijska oprema broda uključuje: dva radara (X i S područje); radiogoniometar; satelitsku navigaciju (GPS - Global Position System); žiro i magnetski kompas; električno kormilarenje; žiro-pilot; dubinomjer i brzinomjer.

Radiooprema broda uključuje: brodsku radijsku postaju s udvostručenom opremom za područje plovidbe A3 i A4 prema Konvenciji SOLAS (Poglavlje IV-Radiokomunikacije str. 377 do 396, IMO, London 1992.).

Ostala oprema uključuje: automatsku telefonsku centralu s 30 brojeva, javni razglas, TV i radio prijam-nike i razglas zapovjednički most-pramac-krma.

4. Poredbena analiza cijena izgradnje magistralnih trasa bakrenog i svjetlovodnog kablenskog sustava

Comparing analysis of the installation prices of primary cooper and fiberoptic cable system

Ukupna cijena izgradnje magistralnih trasa kablenskog sustava za automatizaciju i elektroničku opremu m/b Goldstar ovisi o:

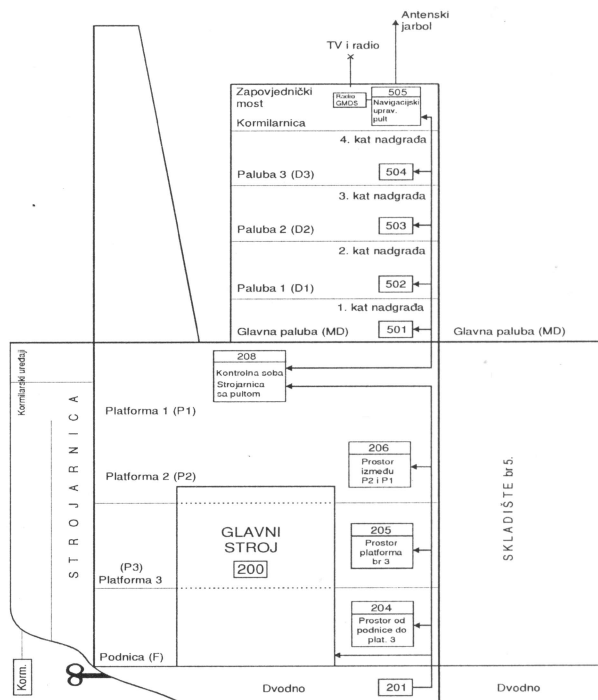
- vrsti elektroničke opreme, stupnju automatizacije i o stupnju integriranog sustava;

- nabavnoj cijeni kabela ;
- cijeni instaliranja kabela ;
- cijeni dodatne opreme ;
- cijeni ispitivanja kablenske trase ;

Na slici 4.1 označene su magistralne kablenske trase na m/b Goldstar.

Slika 4.1. Magistralne kablenske trase na m/b Goldstar

Figure 4.1. Main cable route aboard m/v Goldstar



U tablici 5. dani su parametri (vanjski promjer, masa i cijena) za različite tipove bakrenog kabela ugrađenih u m/b Goldstar.

Tablica 5. Parametri pojedinih tipova bakrenih kabela ugrađenih u m/b Goldstar
Table 5. Features of special types of cooper cables installed aboard m/v Goldstar

TIP KABELA	VANJSKI PROMJER [mm]	MASA [kg/km]	CIJENA [DEM/m]
FMGCG-E 2 x 2 x 0,5	11,50	195	3,40
FMGCG-E 4 x 2 x 0,5	14,00	300	5,80
FMGCG-E 7 x 2 x 0,5	17,00	410	7,80
FMGCG-E 10 x 2 x 0,5	20,50	520	9,80

Na temelju podataka iz tablice 5. i podataka o dužini pojedinih kablenskih magistralnih trasa izračunate su ukupne mase i cijene bakrenog kabela na pojedinim dijelovima i čitavom brodu. Rezultati proračuna dani su u tablicama 6., 7. i 8.

Tablica 6. Ukupne duljine, mase i cijene bakrenih kabela ugrađenih u strojarnici m/b Goldstar
Table 6. Total length, weight and price of cooper cables installed in the engine room of m/v Goldstar

DIONICA IZMEĐU PLATFORMA	UKUPNA DULJINA PREMA TIPU KABELA [m]	TIP KABELA	UKUPNA DULJINA [m]	UKUPNA MASA [kg]	UKUPNA CIJENA [DEM]
200-208	458	FMGCG-E 2x2x0,5	634,00	146,00	2.666,00
	132	FMGCG-E 4x2x0,5			
	44	FMGCG-E 7x2x0,5			
201-208	45	FMGCG-E 2x2x0,5	45,00	8,78	153,00
204-208	98	FMGCG-E 2x2x0,5	432,00	176,95	3.318,00
	72	FMGCG-E 4x2x0,5			
	262	FMGCG-E 10x2x0,5			
205-208	120	FMGCG-E 4x2x0,5	290,00	124,40	2.362,00
	170	FMGCG-E 10x2x0,5			
206-208	205	FMGCG-E 2x2x0,5	936,00	319,00	6.032,00
	457	FMGCG-E 4x2x0,5			
	274	FMGCG-E 10x2x0,5			
UKUPNO:			2.337,00	775,65	14.153,00

U tablici 6. dani su iznosi duljina, masa i cijena bakrenih kabela ugrađenih između pulta u kontrolnoj sobi strojarnice i pulta u zapovjedničkom mostu; zatim između pojedinih paluba nadgrađa i pulta u kontrolnoj sobi strojarnice, te između pojedinih paluba nadgrađa i pulta u zapovjedničkom mostu.

U tablici 7. dane su ukupne duljine, mase i cijene bakrenog kabela ugrađenog u strojarnicu i nadgrađe m/b Goldstar.

Tablica 7. Ukupne duljine, mase i cijene bakrenih kabela ugrađenih u nadgrađe m/b Goldstar
Table 7. Total length, weight and price of cooper cable on the superstructure of m/v Goldstar

DIONICA IZMEĐU PALUBA	UKUPNA DULJINA PREMA TIPU KABELA [m]	TIP KABELA	UKUPNA DULJINA [m]	UKUPNA MASA [kg]	UKUPNA CIJENA [DEM]
208-501	140	FMGCG-E 4x2x0,5	219,00	79,34	1.518,20
	34	FMGCG-E 7x2x0,5			
	45	FMGCG-E 10x2x0,5			
208-504	36	FMGCG-E 2x2x0,5	183,50	51,12	975,00
	147	FMGCG-E 4x2x0,5			
208-505	346	FMGCG-E 2x2x0,5	849,50	246,53	4.605,80
	375	FMGCG-E 4x2x0,5			
	128	FMGCG-E 10x2x0,5			
208-512	102	FMGCG-E 4x2x0,5	102,50	30,60	591,60
502-504	124	FMGCG-E 2x2x0,5	124,00	24,18	421,60
503-504	234	FMGCG-E 2x2x0,5	234,00	45,66	795,60
504-505	62	FMGCG-E 2x2x0,5	62,00	12,09	210,80
501-505	128	FMGCG-E 2x2x0,5	168,00	41,36	747,20
	40	FMGCG-E 7x2x0,5			
UKUPNO:			1.942,50	530,88	9.865,80

Tablica 8. Ukupne duljine, mase i cijene bakrenih kabela ugrađenih u strojarnicu i nadgrađe m/b Goldstar

Table 8. Total length, weight and price of cooper cable installed in the engine room and on the superstructure of m/v Goldstar

PROSTOR	UKUPNA DULJINA [m]	UKUPNA MASA [kg]	UKUPNA CIJENA [DEM]
strojarnica	2.337,00	775,69	14.531,00
nadgrađe	1.942,50	530,88	9.865,80
UKUPNO:	4.275,50	1.306,57	24.396,80

Bakreni kabele na svim dijelovima u strojarnici i nadgrađu mogu se zamijeniti višemodnim svjetlovodnim kablom QFCI s četiri vlakna (proizvođača ABB Norsk Kabel), jer omogućuje spoj elemenata integriranog informacijskog sustava i za vrijeme trajanja požara. Kabel je vatrootporan i malodiman, pri rojenju ne ispušta halogenske elemente, a zadovoljava norme IEC-331; IEC-332-3C i BF-236.

Duljine, mase i cijene svjetlovodnog kabela za izgradnju lokalne brodske mreže (LAN) sa svjetlovodnim kablom QFCI dane su u tablici 9., a u tablici 10. dani su opći podaci svjetlovodnog kabela QFCI.

Podaci u tablicama 8. i 9. pokazuju da bi uporaba svjetlovodnog kabela na m/b Goldstar omogućila uštedu od 4.160,50 m kabela, odnosno smanjenje mase za 1.287,02 kg i uštedu u iznosu od 22.096,80 DEM.

Utrošak radnih sati (na temelju cjenika brodogradilišta) za polaganje, učvršćivanje i spajanje kabela (bakrenog i svjetlovodnog), te ukupna cijena ugradnje (uključujući i cijenu ispitivanja) dani su u tablici 11. Podaci iz tablice 11. upućuju na zaključak

Tablica 9. Ukupne duljine, mase i cijene svjetlovodnog kabela potrebnog za izgradnju kablenskog sustava u strojarnici i nadgrađu
Table 9. Total length, weight and price of fiberoptic cable required for installation of cable system in the engine room and on superstructure

PROSTOR	TIP KABELA	UKUPNA DULJINA [m]	UKUPNA MASA [kg]	UKUPNA CIJENA [DEM]
strojarnica	QFCI s četiri niti	60	10,20	1.200,00
	QFCI s četiri niti	55	9,35	1.100,00
UKUPNO:		115	19,55	2.300,00

Tablica 10. Podaci svjetlovodnog kabela QFCI
Table 10. The data on fiberoptic cable QFCI

BROJ VLAKNA	BROJ CIJEVI	BROJ VLAKNA U CIJEVI	PROMJER CIJEVI [mm]	VANJSKI PROMJER [mm]	TEŽINA [kg/km]	CIJENA MASE [DEM/m]
2	4	1	1,6	10,70	170	19
4	4	1	1,6	10,70	170	20
6	6	1	1,6	11,80	210	21