

# OPTIMIZACIJA STRUKTURE MORSKIH VEZOVA U NAUČIČKOJ MARINI NA VIRU

Ljerka Cerović<sup>1</sup> & Hrvoje Bašić<sup>2</sup>

UDK/UDC: 725.87(497.5 Vir)

JEL klasifikacija / JEL classification: R53, L83

Prethodno priopćenje / Preliminary communication

Primljeno / Received: 29. ožujka 2010. / March 29, 2010

Prihvaćeno za tisak / Accepted for publishing: 29. svibnja 2012. / May 29, 2012

## Sažetak

*Predmet istraživanja u ovome radu jest dati odgovor na pitanja koje morske vezove i koliki broj pojedinih vezova projektirati s namjerom maksimizacije prihoda od njihova iznajmljivanja, kao osnovnog prihoda poslovanja nautičke marine na Viru. Problem istraživanja jest ukazati na manjkavost postojećeg projekta „Idejno maritimno rješenje izgradnje nautičke marine na otoku Viru,“ donesenog unutar Prostornog plana uređenja Općine Vir. U tom smislu, temeljna hipoteza rada jest dokazati da bi se optimizacijom morskih vezova promijenila struktura vezova i povećao godišnji prihod nautičke marine na Viru. Predviđanje broja i strukture morskih vezova temelji se na izračunu funkcije trenda za svaku pojedinu skupinu vezova, isprva na razini potreba Republike Hrvatske, nakon čega se, na temelju relativne strukture vezova u Republici Hrvatskoj, Simplex metodom određuje optimalni program vezova u nautičkoj marini na Viru. Konačno, dobiveno rješenje funkcije cilja provjerava se i potvrđuje pomoću Solvera (Rješavača), alata Microsoft Office Excela za rješavanje jednadžbi i optimizaciju modela.*

**Ključne riječi:** ponuda/potražnja, nautička marina, morski vezovi, optimizacija modela, Simplex metoda, Solver.

---

<sup>1</sup> Dr. sc. Ljerka. Cerović, docent, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet Rijeka; E-mail: cerovic@efri.hr

<sup>2</sup> Hrvoje Bašić, dipl. ing., magistrant Ekonomskog fakulteta u Rijeci; direktor tvrtke „Vodovod-Vir“ d.o.o., Vir; E-mail: basic\_hrvoje@yahoo.com

## 1. UVOD

Godine 2007. osnovano je trgovačko društvo „Turizam Vir“ d.o.o., Vir u svrhu izgradnje i upravljanja nautičkom marinom na otoku Viru. Početak pružanja usluga marine planira se za ljeto 2010. godine. Donesena je odluka da se marina izgradi u središtu naselja Vir, na otoku Viru, koja odluka implicira određena ograničenja pri projektiranju marine, i za projektanta i za menadžment.

Osnovno ograničenje u izgradnji nautičke marine na Viru vezano je za raspoloživi prostor na kojemu se planira izgradnja marine. Naime, prostor predviđen za izgradnju marine ograničen je ostalim objektima koji se nalaze u neposrednoj blizini, pa je raspoloživ prostor za izgradnju marine ukupne površine 40 000 m<sup>2</sup>. Od ukupne površine prostora, 36 000 m<sup>2</sup> odnosi se na morski dio namijenjen za vez plovila, a 4 000 m<sup>2</sup> na kopneni dio na kojemu će se nuditi ostali popratni sadržaji. S obzirom na ograničavajući čimbenik prostora, donesena je odluka o izgradnji marine II. kategorije s maksimalno 200 vezova.

Prema mišljenju autora, postojeći projekt „Idejno maritimno rješenje izgradnje nautičke marine na otoku Viru,“ ne odražava maksimalnu uspješnost budućega poslovanja nautičke marine na Viru s osnove iznajmljivanja morskih vezova, već samo njezinu relativnu uspješnost, a što je predmet ovog istraživanja.

Postavlja se hipoteza da je optimizacijom morskih vezova moguće promijeniti strukturu morskih vezova i povećati, odnosno maksimizirati godišnji prihod marine na Viru.

U tom smislu, između brojnih pitanja vezanih za projektiranje i izgradnju nautičke marine na Viru, postavlja se ključno pitanje definiranja optimalnog broja i strukture morskih vezova, uvažavajući pritom dana ograničenja.

Od ostalih pitanja vezanih za problem prostornog definiranja marine na Viru, posebna pozornost usmjerena je na dio marine namijenjen plovilima na vezu. Stoga se analizira ne samo površina morskog prostora zauzetog plovilima na vezu, već i površina samih plovila, kao takvih.

U definiranju ponude morskih vezova, polazi se, općenito, od pretpostavke da ona predstavlja „odgovor“ na prethodno iskazanu potražnju. Stoga se smatra opravdanim na temelju kretanja ponude morskih vezova u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 1996. do 2005., predvidjeti njihovu ponudu u 2010. godini, kada se planira i završetak izgradnje marine na Viru, odnosno njezino stavljanje u funkciju.

Procjenjivanje potražnje kroz kategoriju ponude može se smatrati određenim ograničenjem modela, no kako takav stav proizlazi iz pretpostavke tržišne ravnoteže, ono je prihvaćeno kao korektno polazište modela.

## 2. PLANIRANA STRUKTURA MORSKIH VEZOVA I OČEKIVANI GODIŠNJI PRIHOD OD NJIHOVOG IZNAJMLJIVANJA U MARINI NA VIRU

U tablici 1. prikazana je planirana struktura morskih vezova u marini na Viru prema idejnom projektu donesenom unutar Prostornog plana uređenja Općine Vir.

**Tablica 1:** Struktura morskih vezova u marini na Viru prema idejnom projektu

Dužina veza	Planirani broj vezova	Udio u ukupnom broju vezova (%)
6-8 m	60	30
8-10 m	84	42
10-12 m	32	16
12-15 m	18	9
> 15 m	6	3
Ukupno	200	100

Izvor: Projekt „Idejno maritimno rješenje izgradnje nautičke marine na otoku Viru“; investitor: Općina Vir, Vir; projektant: Obala d.o.o., Split

Slijedi prikaz očekivanog godišnjeg prihoda s osnove iznajmljivanja morskih vezova prema istome idejnome projektu ( tablica 2.).

**Tablica 2:** Godišnji prihod od iznajmljivanja morskih vezova u marini na Viru prema idejnom projektu

Skupina plovila	Prosječna godišnja cijena (€)	Planirani godišnji prihod (€)
6-8 m	3 050	183 000
8-10 m	3 600	302 400
10-12 m	4 100	131 200
12-15 m	4 620	83 160
> 15 m	6 500	39 000
Ukupno	-	738 760

Napomena: Obrada autora

Može se uočiti da bi ovakvo predviđanje broja i strukture morskih vezova u nautičkoj marini na Viru rezultiralo godišnjim prihodom s osnove najma morskih vezova u visini od 738 760 €.

### 3. TREND RAZVOJA MORSKIH VEZOVA U LUKAMA NAUTIČKOG TURIZMA I MARINAMA REPUBLIKE HRVATSKE

U nastavku rada najprije se predstavlja trend razvoja nautičkih luka i marina u Republici Hrvatskoj, kao i morskih vezova u njima, koje varijable su, u osnovi, u pozitivnom odnosu, budući da rast jedne, implicira rast druge, i obrnuto.

U tablici 3. prikazan je razvoj broja luka nautičkog turizma i marina u Hrvatskoj, u razdoblju od 1996. do 2005. te broj i struktura vezova u njima.

**Tablica 3:** Broj nautičkih luka i marina, broj i struktura morskih vezova u RH u razdoblju od 1996. do 2005.

	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.
<b>Broj nautič. luka i marina</b>	84	84	97	104	107	117	123	123	133	134
<b>Dužina veza</b>	<b>Broj morskih vezova</b>									
< 6 m	1390	1458	1525	2005	2010	2034	1831	1885	1876	1094
6-8 m	1914	1910	1986	2004	2111	2450	2213	2318	2450	2154
8-10 m	2480	2533	2628	2741	2697	2865	2967	3314	3540	3387
10-15 m	4293	3908	4934	4769	5088	5198	5502	6260	6519	6870
> 15 m	515	656	784	918	957	1462	1365	953	1022	1553
<b>Ukupno</b>	10592	10465	11860	12437	12863	14009	13878	14730	15407	15088

Izvor: Statistički ljetopis 2006., Državni zavod za statistiku RH, Zagreb, 2007.

Na temelju podataka iz tablice 3., u nastavku se određuje trend razvoja broja vezova u lukama nautičkog turizma i marinama u Hrvatskoj za 2010., za svaku pojedinu skupinu vezova posebno.

Da bi se odredila funkcija trenda pomoću koje će se predvidjeti broj vezova u nautičkim lukama i marinama u Hrvatskoj za 2010., za svaku skupinu vezova posebno, te statistička vrijednost iste funkcije, potrebno je izračunati sljedeće elemente funkcije cilja:  $\beta_0$  = prosječan broj vezova za 1996.;  $\beta_1$  = prosječno godišnje povećanje vezova; ST = ukupna kvadratna odstupanja broja vezova od prosjeka; SP = protumačena kvadratna odstupanja dobivena trend jednadžbom; SR = ne protumačena kvadratna odstupanja dobivena trend jednadžbom;  $R^2$  = koef. determinacije (postotak protumačenih odstupanja trend jednadžbe); F = originalna (empirijska, opažena) vrijednost F-distribucije;  $F_t$  = kritična (teorijska) vrijednost F-distribucije; Se (Y) = standardna pogreška, apsolutni reprezentant dobivene trend jednadžbe

U nastavku rada slijedi predviđanje trenda razvoja vezova u lukama nautičkog turizma i marinama u Hrvatskoj, s obzirom na različite dužine plovila, tj. skupine vezova.

### 3.1. Trend razvoja vezova za plovila manja od 6 m

U tablici 4. prikazan je trend razvoja broja vezova za plovila manja od 6 metara u Hrvatskoj u razdoblju od 1996. do 2005. te ostale varijable potrebne za izračun funkcije trenda i statističke vrijednosti iste funkcije.

**Tablica 4:** Trend razvoja broja vezova za plovila manja od 6 metara u RH u razdoblju od 1996. do 2005. za izračun linearnog trenda

Godina	Godina promatranja ( $X_t$ )	Broj vezova na kraju god. ( $Y_t$ )	$X_t^2$	$X_t Y_t$	$Y_t^2$
1996	0	1.390	0	0	1.932.100
1997	1	1.458	1	1.458	2.125.764
1998	2	1.525	4	3.050	2.325.625
1999	3	2.005	9	6.015	4.020.025
2000	4	2.010	16	8.040	4.040.100
2001	5	2.034	25	10.170	4.137.156
2002	6	1.831	36	10.986	3.352.561
2003	7	1.885	49	13.195	3.553.225
2004	8	1.876	64	15.008	3.519.376
2005	9	1.094	81	9.846	1.196.836
<b>Ukupno</b>	45	17.108	285	77.768	30.202.768

Napomena: Obrada autora

Na temelju podataka iz tablice 4. izračunani su prethodno definirani elementi funkcije cilja, koji služe za prognoziranje broja vezova za plovila manja od 6 metara u 2010. i statističku ocjenu trend funkcije.

*Izračun i statistička ocjena linearne trend funkcije:*

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X$$

$$N = 10$$

$$X = \frac{\sum X_t}{N} = \frac{45}{10} = 4,5$$

$$Y = \frac{\sum Y_t}{N} = \frac{17108}{10} = 1710,8$$

$$\beta_1 = \frac{\sum X_t Y_t - N \cdot Y \cdot X}{\sum X_t^2 - N \cdot X^2} = \frac{77768 - 10 \cdot 1710,8 \cdot 4,5}{285 - 10 \cdot 4,5^2} = 9,47879$$

$$\beta_0 = Y - \beta_1 X = 1710,8 - 9,47879 \cdot 4,5 = 1668,14545$$

$$ST = \sum Y_t^2 - N \cdot Y^2 = 30202768 - 10 \cdot 1710,8^2 = 934401,6$$

$$SP = \beta_0 \cdot \sum Y_t + \beta_1 \cdot \sum X_t Y_t - N \cdot Y^2$$

$$= 1668,14545 \cdot 17108 + 9,47879 \cdot 77768 - 10 \cdot 1710,8^2 = 7412,41212$$

$$SR = ST - SP = 934401 - 7412,41212 = 926989,18788$$

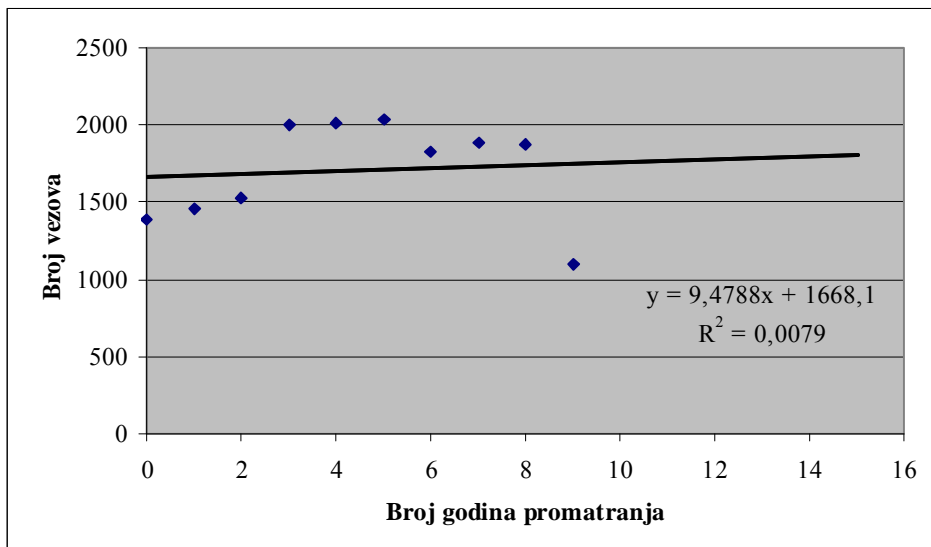
$$R^2 = \frac{SP}{ST} \cdot 100 = \frac{7412,41212}{934401,6} \cdot 100 = 0,79328\%$$

$$F = \frac{SP}{SR} \cdot (N - 2) = \frac{7412,41212}{926989,18788} \cdot (10 - 2) = 0,06397$$

$$Se(Y) = \sqrt{\frac{SR}{N-2}} = \sqrt{\frac{926989,18788}{10-2}} = 340,40219$$

Na grafikonu 1. prikazan je dijagram rasipanja broja vezova za plovila manja od 6 metara, te linearna funkcija trenda od 1996. do 2010.

**Grafikon 1:** Dijagram rasipanja broja vezova za plovila manja od 6 metara te linearna funkcija trenda za razdoblje od 1996. do 2010.



Izvor: Podaci sadržani u Tablici 4.

Na temelju podataka dijagrama rasipanja, funkcije trenda i vrijednosti za testiranje signifikantnosti trend jednadžbe (F), zaključuje se da linearna funkcija oblika:

$$y = 9,4788x + 1668,1$$

nije statistički značajna na razini 5%, jer je  $F = 0,06397 < F_t = 5,32$ . Mogućnost ostvarenja prognoze broja vezova za 2010. na temelju trenda linearne funkcije iznosila bi svega 0,79% ( $R^2$ ).

Nesporno jest da je isto posljedica snažnog pada potražnje u 2005. za plovilima manjima od 6 metara, koji trend ponašanja se očekuje i u budućnosti. Naime, u komercijalnim marinama u Hrvatskoj sve je manje vezova za prihvat plovila manjih od 6 metara, budući da je marinama sve manje isplativo posjedovanje tako malih vezova. Isto tako, na moru je sve manje plovila tako male dužine. Porastom kvalitete života raste i želja pojedinca za posjedovanjem dužih plovila, koja vlasniku pružaju veći užitak i sigurnost u plovidbi.

Zbog opisane pojavnosti, odbacuje se linearna funkcija trenda, a prognoziranje broja vezova za plovila ispod 6 metara temeljit će se na paraboličnoj funkciji trenda.

**Tablica 5:** Trend razvoja broja vezova za plovila manja od 6 metara u RH u razdoblju od 1996. do 2005. za izračun paraboličnog trenda

Godina	Godina promatranja ( $X_t$ )	Broj vezova na kraju god. ( $Y_t$ )	$X_t^2$	$X_t Y_t$	$Y_t^2$	$X_t^3$	$X_t^4$	$X_t^2 Y_t$
1996	0	1.390	0	0	1.932.100	0	0	0
1997	1	1.458	1	1.458	2.125.764	1	1	1.458
1998	2	1.525	4	3.050	2.325.625	8	16	6.100
1999	3	2.005	9	6.015	4.020.025	27	81	18.045
2000	4	2.010	16	8.040	4.040.100	64	256	32.160
2001	5	2.034	25	10.170	4.137.156	125	625	50.850
2002	6	1.831	36	10.986	3.352.561	216	1.296	65.916
2003	7	1.885	49	13.195	3.553.225	343	2.401	92.365
2004	8	1.876	64	15.008	3.519.376	512	4.096	120.064
2005	9	1.094	81	9.846	1.196.836	729	6.561	88.614
<b>Ukupno</b>	<b>45</b>	<b>17.108</b>	<b>285</b>	<b>77.768</b>	<b>30.202.768</b>	<b>2.025</b>	<b>15.333</b>	<b>475.572</b>

Napomena: Obrada autora

Da bi se definirao parabolični trend, potrebno je riješiti polinom drugog stupnja rješavanjem sustava matrica:

$$\begin{Bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} n & \sum X_t & \sum X_t^2 \\ \sum X_t & \sum X_t^2 & \sum X_t^3 \\ \sum X_t^2 & \sum X_t^3 & \sum X_t^4 \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} \sum Y_t \\ \sum X_t Y_t \\ \sum X_t^2 Y_t \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 10 & 45 & 285 \\ 45 & 285 & 2025 \\ 285 & 2025 & 15333 \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} 17108 \\ 77768 \\ 475572 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1235,327 \\ 334,092 \\ -36,068 \end{Bmatrix}$$

Rješavanjem sustava matrica, dobiveni su koeficijenti  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ , koji su potrebni za definiranje i ocjenu statističke vrijednosti parabolične funkcije oblika:

$$y = -36,068x^2 + 334,09x + 1235,3$$

*Izračun i statistička ocjena parabolične trend funkcije:*

$$ST = \sum Y_t^2 - n \cdot Y = 30202768 - 10 \cdot 1710,8^2 = 934.401,6$$

$$SP = \beta_0 \cdot \sum Y_t + \beta_1 \cdot \sum X_t Y_t + \beta_2 \cdot \sum X_t^2 Y_t - n \cdot Y^2 \\ = 1235,3 \cdot 17108 + 334,09 \cdot 77768 + (-36,068 \cdot 475572) - 10 \cdot 17108^2 = 7.412,41$$

$$SR = ST - SP = 934401,6 - 7412,41 = 926.989,189$$

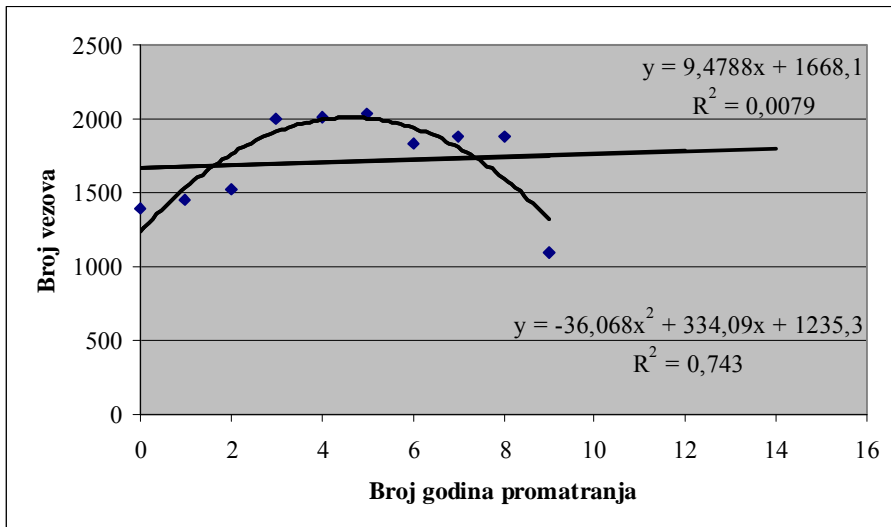
$$R^2 = \frac{SP}{ST} \cdot 100 = 74,3\%$$

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-k-1}{k} = \frac{0,74^2}{1-0,74} \cdot \frac{10-2-1}{2} = 10,123$$

$$Se(Y) = \sqrt{\frac{SR_2}{n-k-1}} = \sqrt{\frac{926989,189}{10-2-1}} = 185,186$$

Na grafikonu 2. prikazan je dijagram rasipanja broja vezova za plovila manja od 6 metara te usporedba parabolične i linearne funkcije trenda od 1996. do 2010.

**Grafikon 2:** Usporedba parabolične i linearne funkcije trenda razvoja broja vezova za plovila manja od 6 metara za razdoblje od 1996. do 2010.



Izvor: Podaci sadržani u Tablici 5.



Na temelju podataka dijagrama rasipanja, funkcije trenda i vrijednosti za testiranje signifikantnosti trend jednadžbe (F), zaključuje se da je parabolična funkcija oblika:

$$y = -36,068x^2 + 334,09x + 1235,3$$

statistički značajna na razini 5%, jer je  $F = 10,123 > F_t = 4,74$ . Mogućnost ostvarenja prognoze broja vezova za 2010. na temelju trenda parabolične funkcije iznosi 74,3% ( $R^2$ ).

Uvrštavanjem broja godina promatranog razdoblja (14 godina) u paraboličnu funkciju oblika:

$$y = -36,068x^2 + 334,09x + 1235,3$$

dobiva se predviđeni broj vezova za plovila manja od 6 metara u 2010. Predviđeni broj vezova za plovila manje od 6 metara u 2010. je 1157 vezova.

### 3.2. Trend razvoja vezova za plovila od 6 do 8 m

U tablici 6. prikazan je trend razvoja broja vezova za plovila od 6 do 8 metara u Hrvatskoj u razdoblju od 1996. do 2005. te ostale varijable potrebne za izračun linearne funkcije trenda i statističke vrijednosti iste funkcije.

**Tablica 6:** Trend razvoja broja vezova za plovila od 6 do 8 metara u RH u razdoblju od 1996. do 2005. za izračun linearnog trenda

Godina	Godina promatranja ( $X_t$ )	Broj vezova na kraju god. ( $Y_t$ )	$X_t^2$	$X_t Y_t$	$Y_t^2$
1996	0	1.914	0	0	3.663.396
1997	1	1.910	1	1.910	3.648.100
1998	2	1.986	4	3.972	3.944.196
1999	3	2.004	9	6.012	4.016.016
2000	4	2.111	16	8.444	4.456.321
2001	5	2.450	25	12.250	6.002.500
2002	6	2.213	36	13.278	4.897.369
2003	7	2.318	49	16.226	5.373.124
2004	8	2.450	64	19.600	6.002.500
2005	9	2.154	81	19.386	4.639.716
<b>Ukupno</b>	45	21.510	285	101.078	46.643.238

Napomena: Obrada autora

Na temelju podataka tablice 6. izračunani su već definirani elementi funkcije cilja, koji služe za prognozirane broja vezova za plovila od 6 do 8 metara u 2010. i statističku ocjenu trend funkcije.

*Izračun i statistička ocjena linearne trend funkcije:*

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X$$

$$N = 10$$

$$X = \frac{\sum X_t}{N} = \frac{45}{10} = 4,5$$

$$Y = \frac{\sum Y_t}{N} = \frac{21510}{10} = 2151$$

$$\beta_1 = \frac{\sum X_t Y_t - N \cdot Y \cdot X}{\sum X_t^2 - N \cdot X^2} = \frac{101078 - 10 \cdot 2151 \cdot 4,5}{285 - 10 \cdot 4,5^2} = 51,91515$$

$$\beta_0 = Y - \beta_1 X = 2151 - 51,91515 \cdot 4,5 = 1917,38182$$

$$ST = \sum Y_t^2 - N \cdot Y^2 = 46643238 - 10 \cdot 2151^2 = 375228$$

$$SP = \beta_0 \cdot \sum Y_t + \beta_1 \cdot \sum X_t Y_t - N \cdot Y^2 \\ = 1917,38182 \cdot 21510 + 1917,38182 \cdot 101078 - 10 \cdot 2151^2 = 222352,59394$$

$$SR = ST - SP = 375228 - 222352,59394 = 152875,40606$$

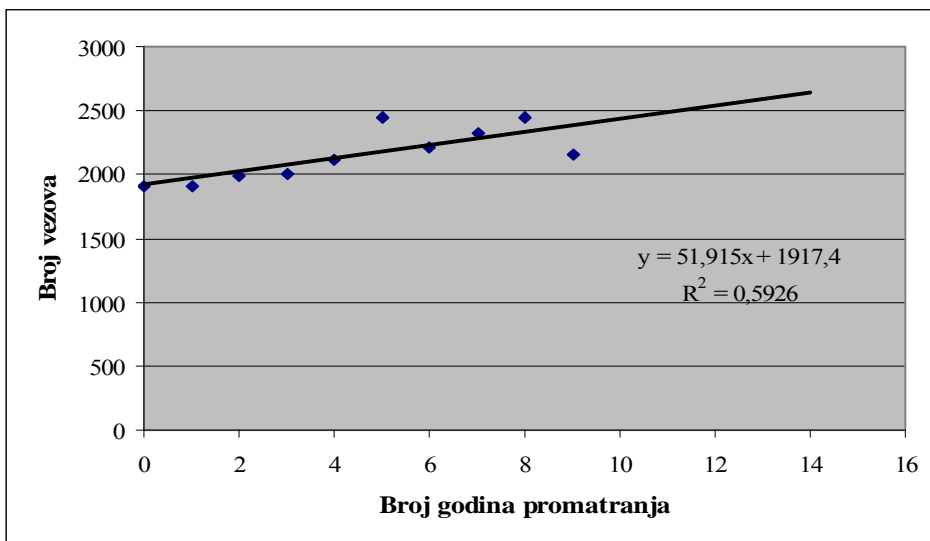
$$R^2 = \frac{SP}{ST} \cdot 100 = \frac{222352,59394}{375228} \cdot 100 = 59,258$$

$$F = \frac{SP}{SR} \cdot (N - 2) = \frac{222352,59394}{152875,40606} \cdot (10 - 2) = 11,63575$$

$$Se(Y) = \sqrt{\frac{SR}{N-2}} = \sqrt{\frac{152875,40606}{10-2}} = 138,23685$$

Na grafikonu 3. prikazan je dijagram rasipanja broja vezova za plovila od 6 do 8 metara te linearna funkcija trenda od 1996. do 2010.

**Grafikon 3:** Dijagram rasipanja broja vezova za plovila od 6 do 8 metara te linearna funkcija trenda za razdoblje od 1996. do 2010.



Izvor: Podaci sadržani u Tablici 6.

Na temelju podataka dijagrama rasipanja, funkcije trenda i vrijednosti za testiranje signifikantnosti trend jednadžbe (F), zaključuje se da je linearna funkcija oblika:

$$y = 51,915x + 1917,4$$

statistički značajna na razini 5%, jer je  $F = 11,64 > F_t = 5,32$ . Mogućnost ostvarenja prognoze broja vezova za 2010. na temelju trenda linearne funkcije iznosi 59,26% ( $R^2$ ).

Uvrštavanjem broja godina promatranog razdoblja (14 godina) u linearnu funkciju oblika:

$$y = 51,915x + 1917,4$$

dobiva se predviđeni broj vezova za plovila od 6 do 8 metara u 2010. Predviđeni broj vezova za plovila od 6 do 8 metara u 2010. je 2644 vezova.

### 3.3. Trend razvoja vezova za plovila od 8 do 10 m

U tablici 7. prikazan je trend razvoja broja vezova za plovila od 8 do 10 metara u Hrvatskoj u razdoblju od 1996. do 2005. te ostale varijable potrebne za izračun linearne funkcije trenda i statističke vrijednosti iste funkcije.

**Tablica 7:** Trend razvoja broja vezova za plovila od 8 do 10 metara u RH u razdoblju od 1996. do 2005. za izračun linearnog trenda

Godina	Godina promatranja ( $X_t$ )	Broj vezova na kraju god. ( $Y_t$ )	$X_t^2$	$X_t Y_t$	$Y_t^2$
1996	0	2.480	0	0	6.150.400
1997	1	2.533	1	2.533	6.416.089
1998	2	2.628	4	5.256	6.906.384
1999	3	2.741	9	8.223	7.513.081
2000	4	2.697	16	10.788	7.273.809
2001	5	2.865	25	14.325	8.208.225
2002	6	2.967	36	17.802	8.803.089
2003	7	3.314	49	23.198	10.982.596
2004	8	3.540	64	28.320	12.531.600
2005	9	3.387	81	30.483	11.471.769
<b>Ukupno</b>	45	29.152	285	140.928	86.257.042

Napomena: Obrada autora

Na temelju podataka iz tablice 7. izračunani su prethodno definirani elementi funkcije cilja, koji služe za prognoziranje broja vezova za plovila od 8 do 10 metara u 2010. i statističku ocjenu trend funkcije.

*Izračun i statistička ocjena linearne trend funkcije:*

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X$$

$$N = 10$$

$$X = \frac{\sum X_t}{N} = \frac{45}{10} = 4,5$$

$$Y = \frac{\sum Y_t}{N} = \frac{29152}{10} = 2915,2$$

$$\beta_1 = \frac{\sum X_t Y_t - N \cdot Y \cdot X}{\sum X_t^2 - N \cdot X^2} = \frac{140928 - 10 \cdot 2915,2 \cdot 4,5}{285 - 10 \cdot 4,5^2} = 118,10909$$

$$\beta_0 = Y - \beta_1 X = 2915,2 - 118,10909 \cdot 4,5 = 2383,70909$$

$$ST = \sum Y_t^2 - N \cdot Y^2 = 86257042 - 10 \cdot 2915,2^2 = 1273131,6$$

$$SP = \beta_0 \cdot \sum Y_t + \beta_1 \cdot \sum X_t Y_t - N \cdot Y^2$$

$$= 2383,70909 \cdot 29152 + 118,10909 \cdot 140928 - 10 \cdot 2915,2^2 = 1150854,98182$$

$$SR = ST - SP = 1273131,6 - 1150854,98182 = 122276,61818$$

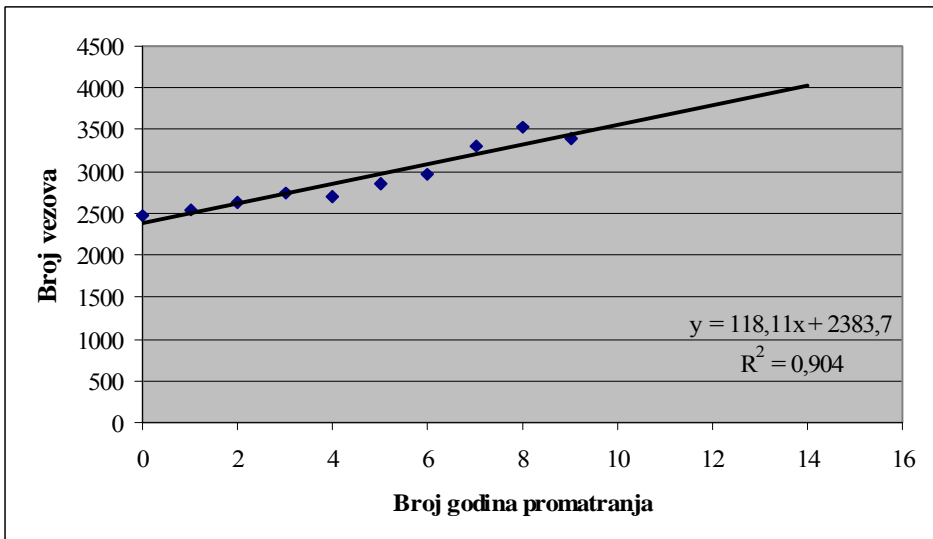
$$R^2 = \frac{SP}{ST} \cdot 100 = \frac{1150854,98182}{1273131,6} \cdot 100 = 90,3956$$

$$F = \frac{SP}{SR} \cdot (N - 2) = \frac{1150854,98182}{122276,61818} \cdot (10 - 2) = 75,29518$$

$$Se(Y) = \sqrt{\frac{SR}{N-2}} = \sqrt{\frac{122276,61818}{10-2}} = 123,63081$$

Na grafikonu 4. prikazan je dijagram rasipanja broja vezova za plovila od 8 do 10 metara te linearna funkcija trenda od 1996. do 2010.

**Grafikon 4:** Dijagram rasipanja broja vezova za plovila od 8 do 10 metara te linearna funkcija trenda za razdoblje od 1996. do 2010.



Izvor: Podaci sadržani u tablici Tablica 7.

Na temelju podataka dijagrama rasipanja, funkcije trenda i vrijednosti za testiranje signifikantnosti trend jednadžbe (F), zaključuje se da je linearna funkcija oblika:

$$y = 118,11x + 2383,7$$

statistički značajna na razini 5% jer je  $F = 75,29518 > F_t = 5,32$ . Mogućnost ostvarenja prognoze broja vezova od 8 do 10 metara za 2010. na temelju trenda linearne funkcije iznosi 90,4% ( $R^2$ ).

Uvrštavanjem broja godina promatranog razdoblja (14 godina) u linearnu funkciju oblika:

$$y = 118,11x + 2383,7$$

dobiva se predviđeni broj vezova za plovila od 8 do 10 metara u 2010. Predviđeni broj vezova za plovila od 8 do 10 metara u 2010. je 4037 vezova.

#### 3.4. Trend razvoja vezova za plovila od 10 do 15 m

U tablici 8. prikazan je trend razvoja broja vezova za plovila od 10 do 15 metara u Hrvatskoj u razdoblju od 1996. do 2005. te ostale varijable potrebne za izračun linearne funkcije trenda i statističke vrijednosti iste funkcije.

**Tablica 8:** Trend razvoja broja vezova za plovila od 10 do 15 metara u RH u razdoblju od 1996. do 2005. za izračun linearnog trenda

Godina	Godina promatranja ( $X_t$ )	Broj vezova na kraju god. ( $Y_t$ )	$X_t^2$	$X_t Y_t$	$Y_t^2$
1996	0	4.293	0	0	18.429.849
1997	1	3.908	1	3.908	15.272.464
1998	2	4.934	4	9.868	24.344.356
1999	3	4.769	9	14.307	22.743.361
2000	4	5.088	16	20.352	25.887.744
2001	5	5.198	25	25.990	27.019.204
2002	6	5.502	36	33.012	30.272.004
2003	7	6.260	49	43.820	39.187.600
2004	8	6.519	64	52.152	42.497.361
2005	9	6.870	81	61.830	47.196.900
<b>Ukupno</b>	45	53.341	285	265.239	292.850.843

Napomena: Obrada autora

Na temelju podataka iz tablice 8. izračunani su prethodno definirani elementi funkcije cilja, koji služe za prognoziranje broja vezova za plovila od 10 do 15 metara u 2010. i statističku ocjenu trend funkcije.

*Izračun i statistička ocjena linearne trend funkcije:*

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X$$

$$N = 10$$

$$X = \frac{\sum X_t}{N} = \frac{45}{10} = 4,5$$

$$Y = \frac{\sum Y_t}{N} = \frac{53341}{10} = 5334,1$$

$$\beta_1 = \frac{\sum X_t Y_t - N \cdot Y \cdot X}{\sum X_t^2 - N \cdot X^2} = \frac{265239 - 10 \cdot 5334,1 \cdot 4,5}{285 - 10 \cdot 4,5^2} = 305,50909$$

$$\beta_0 = Y - \beta_1 X = 5334,1 - 305,50909 \cdot 4,5 = 3959,30909$$

$$ST = \sum Y_t^2 - N \cdot Y^2 = 292850843 - 10 \cdot 5334,1^2 = 8324614,9$$

$$SP = \beta_0 \cdot \sum Y_t + \beta_1 \cdot \sum X_t Y_t - N \cdot Y^2 \\ = 3959,30909 \cdot 53341 + 305,50909 \cdot 265239 - 10 \cdot 5334,1^2 = 7700203,88182$$

$$SR = ST - SP = 8324614,9 - 7700203,88182 = 62441101818$$

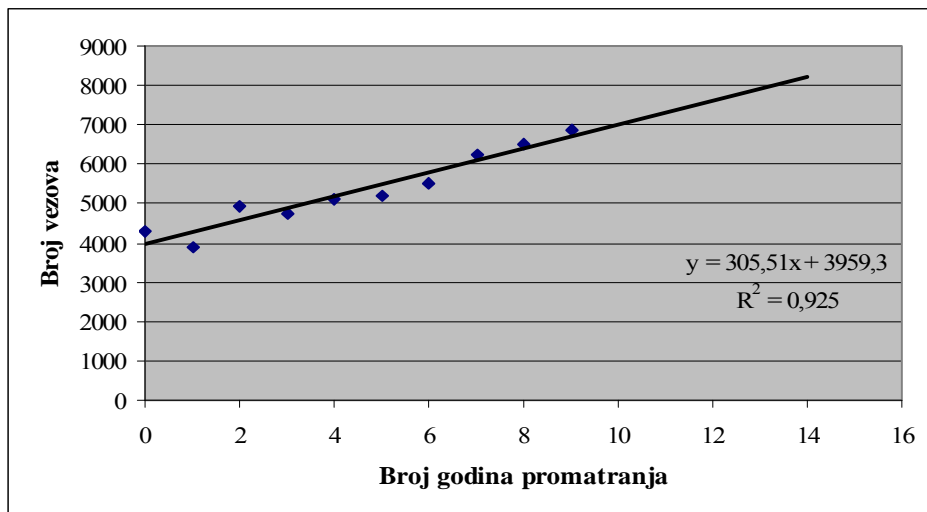
$$R^2 = \frac{SP}{ST} \cdot 100 = \frac{7700203,88182}{8324614,9} \cdot 100 = 92,499$$

$$F = \frac{SP}{SR} \cdot (N - 2) = \frac{7700203,88182}{62441101818} \cdot (10 - 2) = 98,65558$$

$$Se(Y) = \sqrt{\frac{SR}{N-2}} = \sqrt{\frac{62441101818}{10-2}} = 279,37677$$

Na grafikonu 5. prikazan je dijagram rasipanja broja vezova za plovila od 10 do 15 metara te linearna funkcija trenda od 1996. do 2010.

**Grafikon 5:** Dijagram rasipanja broja vezova za plovila od 10 do 15 metara te linearna funkcija trenda za razdoblje od 1996. do 2010.



Izvor: Podaci sadržani u Tablici 8.

Na temelju podataka dijagrama rasipanja, funkcije trenda i vrijednosti za testiranje signifikantnosti trend jednadžbe ( $F$ ), zaključuje se da je linearna funkcija oblika:

$$y = 305,51x + 3959,3$$

statistički značajna na razini 5% jer je  $F = 98,65558 > F_t = 5,32$ . Mogućnost ostvarenja prognoze broja vezova od 10 do 15 metara za 2010. na temelju trenda linearne funkcije iznosi 92,5% ( $R^2$ ).

Uvrštavanjem broja godina promatranog razdoblja (14 godina) u linearnu funkciju oblika:

$$y = 305,51x + 3959,3$$

dobiva se predviđeni broj vezova za plovila od 10 do 15 metara u 2010. Predviđeni broj vezova za plovila od 10 do 15 metara u 2010. je 8236 vezova.

### 3.5. Trend razvoja vezova za plovila veća od 15 m

U tablici 9. prikazan je trend razvoja broja vezova za plovila veća od 15 metara u Hrvatskoj u razdoblju od 1996. do 2005. te ostale varijable potrebne za izračun linearne funkcije trenda i statističke vrijednosti iste funkcije.



**Tablica 9:** Trend razvoja broja vezova za plovila veća od 15 metara u RH u razdoblju od 1996. do 2005. za izračun linearnog trenda

Godina	Godina promatranja ( $X_t$ )	Broj vezova na kraju god. ( $Y_t$ )	$X_t^2$	$X_t Y_t$	$Y_t^2$
1996	0	515	0	0	265.225
1997	1	656	1	656	430.336
1998	2	784	4	1.568	614.656
1999	3	918	9	2.754	842.724
2000	4	957	16	3.828	915.849
2001	5	1.462	25	7.310	2.137.444
2002	6	1.365	36	8.190	1.863.225
2003	7	953	49	6.671	908.209
2004	8	1.022	64	8.176	1.044.484
2005	9	1.553	81	13.977	2.411.809
<b>Ukupno</b>	45	10.185	285	53.130	11.433.961

Napomena: Obrada autora

Na temelju podataka iz tablice 9. izračunani su prethodno definirani elementi funkcije cilja, koji služe za prognoziranje broja vezova za plovila veća od 15 metara u 2010. i statističku ocjenu trend funkcije.

*Izračun i statistička ocjena linearne trend funkcije:*

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X$$

$$N = 10$$

$$X = \frac{\sum X_t}{N} = \frac{45}{10} = 4,5$$

$$Y = \frac{\sum Y_t}{N} = \frac{10185}{10} = 1018,5$$

$$\beta_1 = \frac{\sum X_t Y_t - N \cdot Y \cdot X}{\sum X_t^2 - N \cdot X^2} = \frac{53130 - 10 \cdot 1018,5 \cdot 4,5}{285 - 10 \cdot 4,5^2} = 88,45455$$

$$\beta_0 = Y - \beta_1 X = 1018,5 - 88,45455 \cdot 4,5 = 620,45455$$

$$ST = \sum Y_t^2 - N \cdot Y^2 = 11433961 - 10 \cdot 1018,5^2 = 1060538,5$$

$$SP = \beta_0 \cdot \sum Y_t + \beta_1 \cdot \sum X_t Y_t - N \cdot Y^2 = 620,45455 \cdot 10185 + 88,45455 \cdot 53130 - 10 \cdot 1018,5^2 = 645497,04545$$

$$SR = ST - SP = 1060538,5 - 645497,04545 = 415041,45455$$

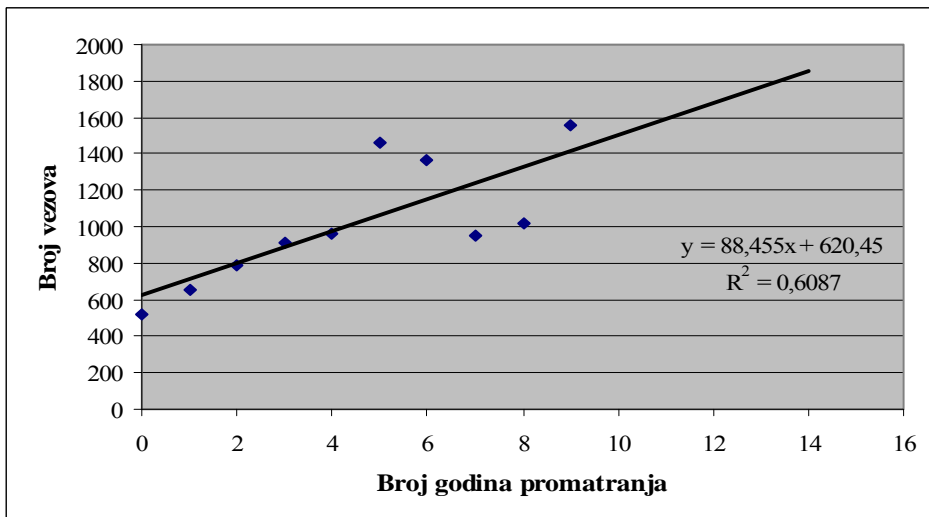
$$R^2 = \frac{SP}{ST} \cdot 100 = \frac{645497,04545}{1060538,5} \cdot 100 = 60,86503$$

$$F = \frac{SP}{SR} \cdot (N - 2) = \frac{645497,04545}{415041,45455} \cdot (10 - 2) = 12,44207$$

$$Se(Y) = \sqrt{\frac{SR}{N-2}} = \sqrt{\frac{415041,45455}{10-2}} = 227,227721$$

Na grafikonu 6. prikazan je dijagram rasipanja broja vezova za plovila veća od 15 metara te linearna funkcija trenda od 1996. do 2010.

**Grafikon 6:** Dijagram rasipanja broja vezova za plovila veća od 15 metara, te linearna funkcija trenda za razdoblje od 1996. do 2010.



Izvor: Podaci sadržani u Tablica 9.

Na temelju podataka dijagrama rasipanja, funkcije trenda i vrijednosti za testiranje signifikantnosti trend jednadžbe (F), zaključuje se da je linearna funkcija oblika:

$$y = 88,455x + 620,45$$

statistički značajna na razini 5% jer je  $F = 12,44207 > F_t = 5,32$ . Mogućnost ostvarenja prognoze broja vezova većih od 15 metara za 2010. na temelju trenda linearne funkcije iznosi 60,87% ( $R^2$ ).

Uvrštavanjem broja godina promatranog razdoblja (14 godina) u linearnu funkciju oblika:

$$y = 88,455x + 620,45$$

dobiva se predviđeni broj vezova za plovila veća od 15 metara u 2010. Predviđeni broj vezova za plovila veća od 15 metara u 2010. je 1859 vezova.

#### 4. PLANIRANI BROJ I STRUKTURA MORSKIH VEZOVA ZA 2010. GODINU U REPUBLICI HRVATSKOJ

U tablici 10. prikazani su planirani brojevi vezova za svaku pojedinu skupinu plovila u 2010., dobiveni pomoću funkcije trenda.

U nastavku dijela rada, skupina vezova, namijenjenih za prihvat plovila manjih od 6 metara, neće se razmatrati. Razlog ovome nalazi se u činjenici da se vezovi za prihvat plovila manjih od 6 metara nalaze u manjoj obližnjoj lučici pa se, stoga, u novoj marini na otoku Viru ne predviđa njihova izgradnja. Dodatni razlog nalazi se u činjenici da je u marinama u RH procijenjena potražnja za vezovima manjim od 6 metara za 2010. vrlo mala (udio od tek 6,45%)<sup>3</sup>, što je moguće uočiti i iz tablice 10.

**Tablica 10:** Planirani broj morskih vezova po skupinama za 2010. u RH

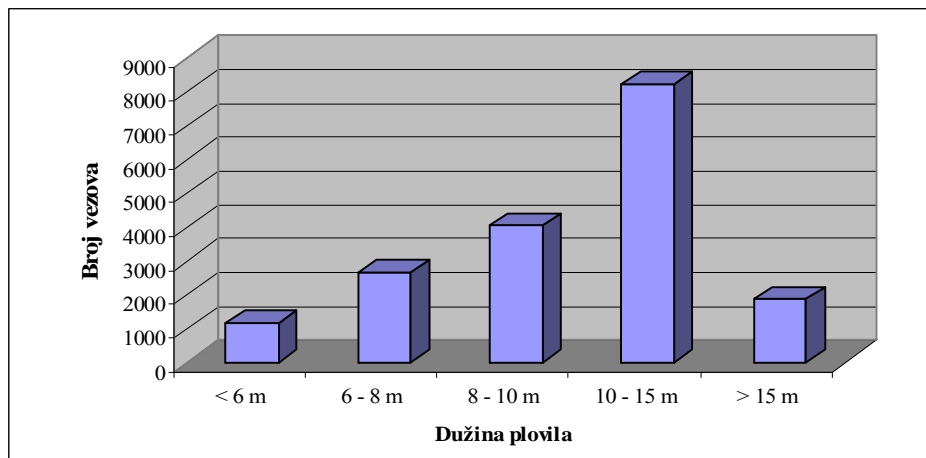
Dužina veza	Planirani broj vezova	Udio u ukupnom broju vezova (%)
< 6 m	1.157	6,45
6-8 m	2.644	14,74
8-10 m	4.037	22,51
10-15 m	8.236	45,93
> 15 m	1.859	10,37
<b>Ukupno</b>	<b>17.933</b>	<b>100,00</b>

Napomena: Obrada autora

<sup>3</sup> Napomena: Iako je granica značajnosti uobičajeno određena pragom od 5% (<http://www.sec.gov/interps/account/sab99.htm>; <http://www.aicpa.org/pubs/jofa/sep2000/grant.htm>, ...; 1. 2. 2010.), kako se očekuje daljnji pad udjela vezova manjih od 6 metara u ukupnom broju vezova (točka 2.1.), smatra se da je odabrani kriterij meritoran i znanstveno utemeljen.

Slijedi grafički prikaz broja vezova po skupinama za 2010. u Republici Hrvatskoj.

**Grafikon 7:** Broj planiranih vezova po skupinama za 2010. u RH



Izvor: Podaci sadržani u Tablici 10.

Može se uočiti da se najveći broj planiranih vezova (udio od gotovo 46%) nalazi u skupini od 10 do 15 metara, što ukazuje na najveću potražnju upravo za tom skupinom vezova. S namjerom detaljnije analize ove skupine vezova, ključne s motrišta maksimizacije prihoda od iznajmljivanja vezova, skupina vezova od 10 do 15 metara dijeli se dalje na dvije podskupine, prvu: 10 - 12 metara, i drugu: 12 - 15 metara.

U tablici 11. prikazan je planirani broj vezova po skupinama za 2010. nakon podjele skupine vezova od 10 do 15 metara na dvije podskupine.

**Tablica 11:** Planirani broj morskih vezova po skupinama za 2010. u RH nakon podjele skupine vezova od 10 do 15 metara

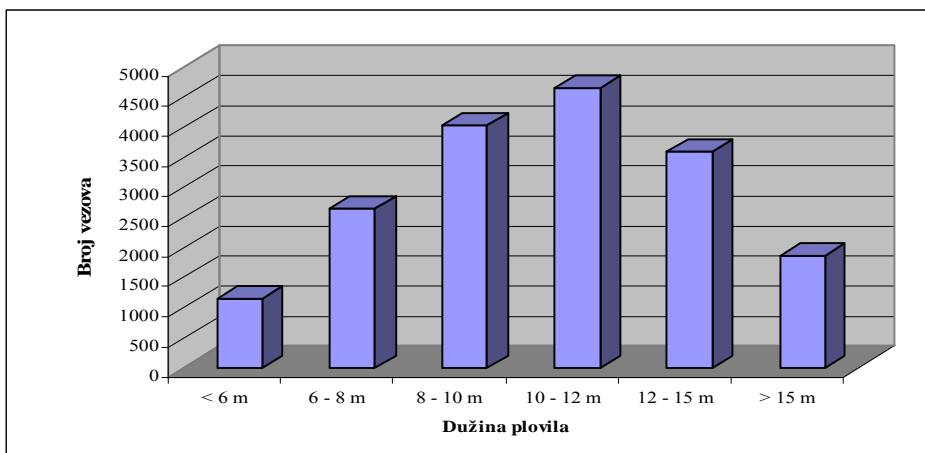
Dužina veza	Planirani broj vezova	Udio u ukupnom broju vezova (%)
< 6 m	1.157	6,45
6-8 m	2.644	14,74
8-10 m	4.037	22,51
10-12 m	4.649	25,92
12-15 m	3.587	20,00
> 15 m	1.859	10,37
<b>Ukupno</b>	<b>17.933</b>	<b>100,00</b>

Napomena: Obrada autora

Prva podskupina, od 10 do 12 metara, čini 25,92% od ukupnog broja vezova, a druga podskupina, od 12 do 15 metara, 20% od ukupnog broja planiranih vezova u 2010. Podjela se temelji na krivulji normalne distribucije ostalih skupina vezova.

Na grafikonu 8. dan je prikaz broja vezova po skupinama za 2010. u RH nakon podjele skupine od 10 do 15 metara na dvije podskupine.

**Grafikon 8:** Broj planiranih vezova po skupinama za 2010. u RH nakon podjele skupine vezova od 10 do 15 metara



Izvor: Podaci sadržani u Tablici 11.

U tablici 12. prikazan je planirani broj vezova po skupinama za 2010. godinu u RH, bez skupine vezova za plovila manja od 6 metara, koja skupina je izuzeta jer se ne planira njihova izgradnja u marini na otoku Viru.

**Tablica 12:** Planirani broj morskih vezova i njihovi udjeli u ukupnom broju vezova za 2010. u RH bez skupine vezova za plovila manja od 6 metara

Dužina veza	Planirani broj vezova	Udio u ukupnom broju vezova (%)
6-8 m	2.644	15,76
8-10 m	4.037	24,06
10-12 m	4.649	27,71
12-15 m	3.587	21,38
> 15 m	1.859	11,08
<b>Ukupno</b>	<b>16.776</b>	<b>100,00</b>

Napomena: Obrada autora

Na temelju udjela pojedine skupine u ukupnom broju planiranih vezova u 2010. u RH, kada se planira i završetak izgradnje marine na otoku Viru, određena su ograničenja glede broja plovila po skupinama koja će se nalaziti u marini na otoku Viru.

U tablici 13. prikazana je planirana struktura vezova u nautičkoj marini na otoku Viru s obzirom na predviđenu strukturu vezova za 2010. u RH.

**Tablica 13:** Planirana struktura vezova za 2010. u marini na Viru

Dužina veza	Planirani broj vezova	Udio u ukupnom broju vezova (%)
6-8 m	32	16,00
8-10 m	48	24,00
10-12 m	55	27,50
12-15 m	43	21,50
> 15 m	22	11,00
<b>Ukupno</b>	<b>200</b>	<b>100,00</b>

Napomena: Obrada autora

Planirana struktura vezova za 2010. u marini na otoku Viru predstavljat će, nadalje, ograničenje funkcije cilja, odnosno ograničenje u maksimizaciji prihoda od iznajmljivanja vezova u istoj marini.

## 5. ODREĐIVANJE OPTIMALNOG PROGRAMA MORSKIH VEZOVA U NAUTIČKOJ MARINI NA OTOKU VIRU

Uz poznate pretpostavke, u nastavku rada utvrđuje se optimalna struktura morskih vezova u nautičkoj marini na otoku Viru.

### 5.1. Površina morskog prostora namijenjenog izgradnji nautičke marine na otoku Viru

Osim već istaknutog ograničenja funkcije cilja, planiranog broja i strukture vezova za 2010. u marini na otoku Viru, određene na temelju relativne strukture vezova za 2010. u RH, sljedeći ograničavajući čimbenik u projektiranju i izgradnji marine na Viru je površina morskog prostora na kojemu će se graditi marina te, unutar nje, površina morskog prostora koji će se koristiti za plovila dok se ona nalaze na vezu.

Analizirajući odnos između ukupne morske površine marine i morske površine zauzete plovilima na vezu u marinama u RH, uočena je pojavnost odnosa morske površine zauzete plovilima i ukupne morske površine marine na razini oko 30%. Budući da ukupna morska površina planirane marine na otoku Viru iznosi 36.000 m<sup>2</sup>,

uvažavajući opisani odnos, moguće je predvidjeti da će morska površina, koju će zauzimati plovila na vezu, iznositi oko 10.800 m<sup>2</sup>.

U tablici 14. dane su informacije o dimenzijama (širini, dužini) i površini prostora koji zauzima svaka pojedina skupina plovila, analizirana u nastavku rada.

**Tablica 14:** Dimenzije i površine različitih skupina plovila

Skupina plovila	Dužina (m)	Širina (m)	Površina (m <sup>2</sup> )*
Plovila od 6 - 8 m	8,00	2,70	21,60
Plovila od 8 - 10 m	10,00	3,59	35,90
Plovila od 10 - 12 m	12,00	4,10	49,20
Plovila od 12 - 15 m	15,00	5,00	75,00
Plovila od 15 - 21 m**	21,00	6,20	130,20

Izvor: Obrada autora (na temelju prospekata tehničkih karakteristika plovila Bavaria, Jeanneau, Elan, Beneteau, Dufour, koji su najčešće na vezu u marinama u RH)

*Napomena: \* Površine pojedinih skupina plovila dobivene su umnoškom dužine i širine najvećeg plovila pojedine skupine plovila; \*\*Plovilo dužine 21m jest najduže plovilo za čiji se prihvat u marinama u RH naplaćuje standardizirana cijena; za duža plovila, cijena se dogovara na upit.*

Osim „čiste“ površine plovila, za određivanje ukupne površine potrebne za prihvat plovila, kao još jednog ograničenja funkcije cilja, potrebno je uzeti u obzir i prostor potreban za manevar pri vezu i odvezu plovila. Stoga su sve „čiste“ površine plovila uvećane za 10%, a dobivene vrijednosti zaokružene na prvi veći cijeli broj (tablica 15.) te će se kao takve koristiti u analizi koja slijedi. Navedeni kriterij uvećanja predstavlja uobičajenu praksu u procjeni površine potrebne za manevriranje plovila.

**Tablica 15:** Površine po skupinama potrebne za prihvat i manevriranje plovila

Skupina plovila	Površina potrebna za prihvat i manevriranje plovila (m <sup>2</sup> )
Plovila od 6 - 8 m	24,00
Plovila od 8 - 10 m	40,00
Plovila od 10 - 12 m	54,00
Plovila od 12 - 15 m	83,00
Plovila od 15 - 21 m	143,00

Napomena: Obrada autora

Opisana ograničenja, determinirana prostornom komponentom, izravno će utjecati na definiranje optimalne strukture vezova s namjerom maksimizacije prihoda od iznajmljivanja vezova u marini na otoku Viru.

## 5.2. Cjenik morskih vezova u nautičkoj marini na otoku Viru

U tablici 16. prikazuje se cjenik morskih vezova buduće marine na otoku Viru, za svaki dužni metar plovila.

**Tablica 16:** Cjenik morskih vezova u marini na otoku Viru po dužnom metru plovila

Dužina (m)	Širina (m)	Cijena (€)		
		Godišnja	Mjesečna	Dnevna
<6	2,09	2.500,00	100,00	30
6-6,99	2,39	2.900,00	170,00	33
7-7,99	2,69	3.200,00	250,00	36
8-8,99	2,89	3.500,00	340,00	39
9-9,99	3,29	3.700,00	420,00	42
10-10,99	3,59	4.000,00	500,00	45
11-11,99	3,89	4.200,00	600,00	47
12-12,99	4,19	4.400,00	700,00	50
13-13,99	4,49	4.700,00	800,00	53
14-14,99	4,79	4.760,00	900,00	56
15-15,99	5,09	5.000,00	1.000,00	60
16-16,99	5,39	5.600,00	1.100,00	65
17-17,99	5,59	6.300,00	1.200,00	71
18-18,99	5,79	6.800,00	1.350,00	75
19-19,99	5,99	7.300,00	1.500,00	80
20-20,99	6,79	8.000,00	1.850,00	100
>21	-	na upit	na upit	na upit

Izvor: Obrada autora (na temelju cjenika izabranih marina u RH, sličnih marini na Viru)

U nastavku rada, u razmatranje se uzimaju samo godišnje cijene vezova. Na temelju godišnjeg cjenika vezova (tablica 16.), za svaku pojedinu skupinu plovila određen je prosječan cjenik vezova (tablica 17.).

**Tablica 17:** Prosječne godišnje cijene morskih vezova za svaku pojedinu skupinu plovila

Skupina plovila	Prosječna godišnja cijena (€)
Plovila od 6 - 8 m	3.050,00
Plovila od 8 - 10 m	3.600,00
Plovila od 10 - 12 m	4.100,00
Plovila od 12 - 15 m	4.620,00
Plovila od 15 - 21 m	6.500,00

Izvor: Podaci sadržani u Tablici 16.

U nastavku istraživanja i definiranja optimalnog programa morskih vezova u marini na otoku Viru, koristit će se prosječne godišnje cijene vezova.



### 5.3. Određivanje optimalne strukture morskih vezova u nautičkoj marini na otoku Viru

Nakon definiranja prosječne godišnje cijene morskih vezova za svaku skupinu plovila, prostora potrebnog za prihvat i manevar plovila u marini te ukupne morske površine namijenjene izgradnji marine na otoku Viru, određuje se optimalan broj i struktura vezova za 2010., uz pretpostavku maksimizacije funkcije cilja.

Uvažavajući opisana ograničenja funkcije cilja, optimizacija broja i strukture vezova s namjerom maksimizacije prihoda od njihova iznajmljivanja odredit će se Simplex metodom, a rezultati će se provjeriti pomoću Solvera (Rješavača) u Microsoft Excelu.

*Postavljanje problema:*

- $X_1$  = vezovi za plovila duljine: 6 - 8 metara
- $X_2$  = vezovi za plovila duljine: 8 - 10 metara
- $X_3$  = vezovi za plovila duljine: 10 - 12 metara
- $X_4$  = vezovi za plovila duljine: 12 - 15 metara
- $X_5$  = vezovi za plovila duljine: 15 - 21 metara

*Maksimizacija funkcije cilja:*

$$\max (3050X_1 + 3600X_2 + 4100X_3 + 4620X_4 + 6500X_5)$$

*Ograničenja funkcije cilja:*

$$\begin{aligned} 24X_1 + 40X_2 + 54X_3 + 83X_4 + 143X_5 &\leq 10800 \\ X_1 &\leq 32 \\ X_2 &\leq 48 \\ X_3 &\leq 55 \\ X_4 &\leq 43 \\ X_5 &\leq 22 \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 &\geq 0 \end{aligned}$$

*Postavljanje problema u kanonski oblik:<sup>4</sup>*

$$\begin{aligned} 24X_1 + 40X_2 + 54X_3 + 83X_4 + 143X_5 + U_0 &= 10800 \\ X_1 + U_1 &= 32 \\ X_2 + U_2 &= 48 \\ X_3 + U_3 &= 55 \\ X_4 + U_4 &= 43 \\ X_5 + U_5 &= 22 \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 &\geq 0 \\ U_0, U_1, U_2, U_3, U_4, U_5 &\geq 0 \end{aligned}$$

Nakon definiranja funkcije cilja i funkcijskih ograničenja te postavljanja problema u kanonski oblik, prikazuje se optimizacija strukture vezova (tablica 18).

<sup>4</sup> „U“ - dopunska varijabla modela, bez utjecaja na konačan rezultat; služi za pretvaranje standardnog problema, izraženog sustavom nejednadžbi, u kanonski oblik, izražen sustavom jednadžbi.

**Tablica 18:** Optimizacija strukture morskih vezova - maksimiziranje ukupnog prihoda pomoću Simplex metode

Cj	3050	3600	4100	4620	6500	0	0	0	0	0	0	0	A0
Cj Baza	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	U <sub>0</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>4</sub>	U <sub>5</sub>		
0	U <sub>0</sub>	24	40	54	83	143	1	0	0	0	0	0	10800
0	U <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	32
0	U <sub>2</sub>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	48
0	U <sub>3</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	55
0	U <sub>4</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	43
0	U <sub>5</sub>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	22
Zj - Cj	-3050	-3600	-4100	-4620	-6500 ↑	0	0	0	0	0	0	0	0
0	U <sub>0</sub>	24	40	54	83	0	1	0	0	0	0	0	7654
0	U <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	32
0	U <sub>2</sub>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	48
0	U <sub>3</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	55
0	U <sub>4</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	43
6500	X <sub>5</sub>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	22
Zj - Cj	-3050	-3600	-4100	-4620 ↑	0	0	0	0	0	0	0	+	143000
0	U <sub>0</sub>	24	40	54	0	0	1	0	0	0	-83	-143	4085
0	U <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	32
0	U <sub>2</sub>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	48
0	U <sub>3</sub>	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	55
4620	X <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	43
6500	X <sub>5</sub>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	22
Zj - Cj	-3050	-3600	-4100 ↑	0	0	0	0	0	0	+	+	+	341660
0	U <sub>0</sub>	24	40	0	0	0	1	0	0	0	-54	-83	1115
0	U <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	32
0	U <sub>2</sub>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	48
4100	X <sub>3</sub>	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	55

Nastavak tablice 18.

Cj Cj Baza	3050 X <sub>1</sub>	3600 X <sub>2</sub>	4100 X <sub>3</sub>	4620 X <sub>4</sub>	6500 X <sub>5</sub>	0 U <sub>0</sub>	0 U <sub>1</sub>	0 U <sub>2</sub>	0 U <sub>3</sub>	0 U <sub>4</sub>	0 U <sub>5</sub>	A0
4620 X <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	43
6500 X <sub>5</sub>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	22
Zj - Cj	-3050	-3600†	0	0	0	0	0	0	+	+	+	567160
3600 X <sub>2</sub>	24/40	1	0	0	0	1/40	0	0	-54/40	-83/40	-143/140	1115/40
0 U <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	32
0 U <sub>2</sub>	-24/40	0	0	0	0	-1/40	0	1	54/40	83/40	143/40	805/40
4100 X <sub>3</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	55
4620 X <sub>4</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	43
6500 X <sub>5</sub>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	22
Zj - Cj	-890	0	0	0	0	+	0	0	-760	-2850	-6370†	667510
3600 X <sub>2</sub>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	48
0 U <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	32
0 U <sub>5</sub>	-24/143	0	0	0	0	-1/143	0	40/143	54/143	83/143	1	805/143
4100 X <sub>3</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	55
4620 X <sub>4</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	43
6500 X <sub>5</sub>	24/143	0	0	0	1	1/143	0	-40/143	-54/143	-83/143	0	2341/143
Zj - Cj	-1959†	0	0	0	0	+	0	+	+	+	0	703369,1
3600 X <sub>2</sub>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	48
3050 X <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	32
0 U <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	-1/143	24/143	40/143	54/143	83/143	1	11
4100 X <sub>3</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	55
4620 X <sub>4</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	43
6500 X <sub>5</sub>	0	0	0	0	1	1/143	-24/143	-40/143	-54/143	-83/143	0	11
Zj - Cj	0	0	0	0	0	+	+	+	+	+	0	766060

Napomena: Obrada autora

### **Interpretacija rezultata dobivenih Simplex metodom:**

Nakon optimizacije broja i strukture plovila te ukupnog prihoda ostvarenog od iznajmljivanja vezova u nautičkoj marini na otoku Viru, interpretacija rezultata dobivenih uz pomoć Simplex metode upućuje na sljedeće zaključke:

1. Optimalna struktura vezova podrazumijeva izgradnju marine s 32 veza za plovila dužine 6 - 8 metara, 48 vezova za plovila dužine 8 - 10 metara, 55 vezova za plovila dužine 10 - 12 metara, 43 veza za plovila dužine 12 - 15 metara te 11 vezova za plovila dužine 15 - 21 metar.
2. Optimalan broj morskih vezova u marini podrazumijeva 189 vezova ukupno.
3. Maksimalan godišnji prihod od iznajmljivanja morskih vezova u marini iznosi 766 060 €.

Rezultati dobiveni pomoću Simplex metode provjereni su pomoću Solvera (Rješavača) u Microsoft Excelu te prikazani u tablici 19.

**Tablica 19:** Optimizacija strukture morskih vezova - maksimiziranje ukupnog prihoda pomoću Solvera (Rješavača) u Microsoft Excelu

Dužina plovila (m)			6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 15	15 - 21
	Max. broj vezova	Optim. br. vezova	32	48	55	43	11
6 - 8	32	32	1	0	0	0	0
8 - 10	48	48	0	1	0	0	0
10 - 12	55	55	0	0	1	0	0
12 - 15	43	43	0	0	0	1	0
15 - 21	22	11	0	0	0	0	1
Površina (m <sup>2</sup> )	Marine za prihvata vezova		Plovila				
	10800	10800	24	40	54	83	143
Godišnja cijena po vezu (€)			3050	3600	4100	4620	6500
Maksimizacija funkcije cilja (€)			766060,00				

Napomena: Obrada autora

Može se uočiti da je pomoću Solvera (tablica 19.) potvrđeno prethodno rješenje funkcije cilja definirano Simplex metodom (tablica 18.).

## **6. ZAKLJUČAK**

Budući da se, u skladu s pretpostavkom održanja tržišne ravnoteže, ponuda morskih vezova u RH u razdoblju od 1996. do 2005. temeljila na njihovoj potražnji, smatra se razboritim kriterijem na osnovi ponude prošlog razdoblja predvidjeti buduću ponudu morskih vezova u lukama nautičkog turizma i marinama u RH te, kasnije, i onu nove marine na otoku Viru.

Rabeći funkciju trenda, analiza problema započinje predviđanjem broja i strukture morskih vezova u RH za 2010. Na temelju relativne strukture, odnosno udjela pojedine skupine vezova u ukupnom broju planiranih vezova u 2010. u RH, kada se planira i završetak izgradnje marine na otoku Viru, definira se i struktura morskih vezova po skupinama u marini na otoku Viru, određena unutar zadanog ograničenja - odluke o izgradnji marine II. kategorije s maksimalno 200 vezova.

Budući da se nautička marina na otoku Viru planira graditi na ograničenom prostoru (površini), pri definiranju optimalnog programa morskih vezova nužno je uvažiti i ostale ograničavajuće čimbenike ukupne morske površine marine namijenjene prihvatu i manevru plovila te površine plovila, kao takvog.

Problem određivanja optimalnog broja i strukture morskih vezova u nautičkoj marini na Viru, u uvjetima danih ograničenja funkcije cilja, riješen je pomoću Simplex metode, a dobiveno rješenje provjereno je pomoću Solvera (Rješavača) u Microsoft Excelu.

U određivanju maksimizacije funkcije cilja, uvažavajući ograničavajuće čimbenike površine i očekivane potražnje na temelju koje se procjenjuje i buduća ponuda, valja zaključiti da optimalni program morskih vezova u nautičkoj marini na Viru pretpostavlja ukupno 189 vezova, sljedeće strukture:

- za plovila od 6 do 8 metara - 32 veza,
- za plovila od 8 do 10 metara - 48 vezova,
- za plovila od 10 do 12 metara - 55 vezova,
- za plovila od 12 do 15 metara - 43 veza,
- za plovila od 15 do 21 metar - 11 vezova.

Ovako definiran optimalni program morskih vezova buduće marine na otoku Viru rezultat će maksimalnim godišnjim prihodom od iznajmljivanja morskih vezova u iznosu od 766 060 €.

Zaključno, optimizacijom morskih vezova povećao bi se godišnji prihod marine za čak 27 300 €, u odnosu na 738 760 €, koji proizlaze iz projekta „Idejno maritimno rješenje izgradnje nautičke marine na otoku Viru“.

Prema mišljenju autora, postojeći projekt „Idejno maritimno rješenje izgradnje nautičke marine na otoku Viru,“ ne odražava maksimalnu uspješnost budućega poslovanja nautičke marine na Viru s osnove iznajmljivanja morskih vezova, već samo njezinu relativnu uspješnost - *problem istraživanja*.

## LITERATURA:

1. Projekt „Idejno maritimno rješenje izgradnje nautičke marine na otoku Viru“; investitor: Općina Vir, Vir; projektant: Obala d.o.o., Split
2. Statistički ljetopis 2006., Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb, 2007.

## OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE OF SEA BERTHS IN THE NAUTICAL MARINA AT VIR

*Ljerka Cerović<sup>5</sup> & Hrvoje Bašić<sup>6</sup>*

### **Summary**

*Subject of research in this paper is to answer the questions, which sea berths and how many individual berths to plan in order to maximize the revenue from their renting, as the basic revenue of business activity of the nautical marina at Vir. The problem of research is to indicate on the incompleteness of existing project "Preliminary maritime solution of the construction of nautical marina on the island of Vir", brought as the part of Spatial Plan of regulation of the Municipality Vir. In this sense, the basic hypothesis of work is to prove that optimization of marine berths would change the structure of berths and increase the annual revenue of nautical marina at Vir. Predicting the number and structure of sea berths is based on the calculation of trend function for each group of berths, at first at level of needs of the Republic of Croatia, after which, based on the relative structure of berths in the Republic of Croatia, the Simplex method determines the optimal program of berths in the nautical marina at Vir. Finally, the obtained solution of objective function is checked and confirmed by Solver, Microsoft Office Excel tool for solving equations and for model optimization.*

**Key words:** *supply/demand, nautical marina, sea berths, model optimization, Simplex method, Solver.*

**JEL classification:** *R53, L83*

---

<sup>5</sup> Ljerka. Cerović, Ph.D., Assistant Professor at Faculty of Economics, Rijeka; E-mail: cerovic@efri.hr

<sup>6</sup> Hrvoje. Bašić, graduated engineer & MBA student at Faculty of Economics, Rijeka; executive officer of „Vodovod-Vir“ Ltd., Vir; E-mail: basic\_hrvoje@yahoo.com