

MODEL RAZVITKA PUTNIČKE PRIJEVOZNE POTRAŽNJE U HRVATSKOMU POMORSKOM PROMETNOM SUSTAVU

Model of Development of Passengers Transport Demand in Croatian Maritime Traffic System

UDK 656.61:338.2](497.5)

Prethodno priopćenje
Preliminary communication

Sažetak

Predmet je ovoga rada istraživanje dinamike i mogućnosti modeliranja razvitka putničke prijevozne potražnje u pomorskom prometnom sustavu Republike Hrvatske. Promatrana prometna veličina po svojem je obilježju kvantitativni pokazatelj prijevozne potražnje u javnom putničkom prometu, koja se iskazuje brojem prevezenih putnika u javnom putničkom prometu. Odgovarajućom matematičko-statističkom analizom putničke prijevozne potražnje na razini prometnog sustava, utvrđeno je postojeće stanje, pa je potom oblikovan matematički prognostički trend-model dinamike razvitka te prometne veličine. Model prometne veličine predstavljen je odgovarajućom jednadžbom, uz izračun pripadajućeg koeficijenta determinacije kao mjerom kvalitete koja utvrđuje razinu statističke signifikantnosti u opisu zadanih podataka s pomoću jednadžbe modela. Jednadžbom modela opisuju se zakonitosti razvitka promatrane prometne veličine tijekom određenoga vremenskog razdoblja. Pri istraživanju i formuliranju rezultata posebice su upotrijebljene znanstvene metode matematičke statistike, metode modeliranja i računalni program «Microsoft Excel».

Ključne riječi: model, razvitak, putnička prijevozna potražnja, pomorski prometni sustav, dinamika.

Summary

The subject of this study is the research of the dynamics and the possibility of modelling the development of the passenger's transport demands in

* dr. sc. Marijan Rajsman, Gradski ured za prostorno uređenje, zaštitu okoliša, izgradnju grada, graditeljstvo, komunalne poslove i promet, Zagreb

** mr. sc. Ivo Beroš, Visoka škola za ekonomiju poduzetništva s pravom javnosti, Zagreb

the maritime traffic system in the Republic of Croatia. The studied traffic variable in its characteristic, is a quantitative index of the transport demands in the public passengers transport, which is shown by the number of passengers transported in public traffic. The current situation in the transport system is determined in terms of the corresponding mathematical and statistical analysis of the passengers transport demands and the mathematical prognostic trend model of the dynamics and the development of the traffic variable. The model of traffic variable is represented by the corresponding equation as well as with the calculated coefficient of determination which are used as a quality standard which establishes the level of statistical significance of the set data by the equation model. The equation model describes the development pattern of the studied traffic variable during the observation period. The scientific methods, especially mathematical statistics, and the methods of modelling, that is, computer programme Microsoft excel have been used in the research and in the formulating of the results.

Key words: model, development, passenger transport demand, maritime traffic system, dynamic.

1. Uvod

Introduction

Proučavanje razvitka prometnog sustava značajan je predmet znanstvenoistraživačkog interesa i rada. Tako primjerice Padjen konstatira da prijevozna potražnja ima presudno značenje za utvrđivanje i vođenje prometne politike jer određuje razvijenost prometnog sustava i stupanj iskorištenja prije svega njegova tehničkog stratuma, to jest prometne infrastrukture i prijevoznih sredstava.¹

¹ J. Padjen, „Prijevozna potražnja i oblik hrvatskoga državnog prostora –

Postavljeni problem u ovom istraživanju sastoji se u istraživanju dinamike i mogućnosti oblikovanja matematičkoga prognostičkog modela za putničku prijevoznu potražnju pomorskoga prometnog sustava kao podsustava nacionalnoga prometnog sustava.

Cilj se istraživanju očituje u ustanovljavanju eventualnih zakonitosti po kojima putnička prijevozna potražnja poprima svoje vrijednosti u funkciji vremena.

Temeljem problema definiran je predmet istraživanja:

- treba istražiti prijevoznu potražnju u pomorskom prometnom sustavu Republike Hrvatske kako bi se oblikovao matematički prognostički trend-model prijevozne potražnje u putničkom prometu.

Postavljena je temeljna znanstvena hipoteza:

- na osnovi provedenog istraživanja moguće je znanstveno utemeljeno utvrditi zakonitost prometne veličine u pomorskom prometnom sustavu Republike Hrvatske, te oblikovati matematički prognostički trend-model potražnje za prijevoznim uslugama u javnom putničkom prometu.

Potreba za postavljanjem te hipoteze proizlazi iz definicije prometnog sustava kao složenoga dinamičkog sustava koji podliježe zakonitostima i aksiomima prema općoj teoriji upravljanja sustavom, pri čemu je za upravljanje prometnim sustavom i njegovim podstavima nužna implementacija matematičke teorije za dizajniranje matematičkih modela konkretnih problema iz područja tehnologije prometa i transporta.² Prometna je potražnja stohastičkog karaktera, pa se u matematičkom modeliranju treba koristiti metodama matematičke statistike i teorije vjerojatnosti, uz ustanovljavanje trenda razvitka prometne veličine. Trend predstavlja tendenciju razvoja prometne veličine u vremenu i predstavlja se funkcijom vremena.

Primjena rezultata ovoga rada ogleda se u sljedećem:

- rezultati istraživanja donositeljima odluka o daljnjem razvitku prometnog sustava na proučavanom prostoru daju znanstveno utemeljene informacije o proteklim procesima po kojima prometne veličine poprimaju svoje vrijednosti,

- primjenjiva vrijednost ovoga istraživanja sastoji se i u tome da se na temelju rezultata istraživanja o prometnoj veličini oblikuje teorijski model za razvitak prometne potražnje, to jest formulira funkcionalni zakon kojim se definira tendencija promjene i usmjerenost procesa razvitka prometnih veličina unutar prometnoga sustava,

- rezultati istraživanja o proučavanim veličinama i ustanovljenim zakonitostima te oblikovani matematički modeli jesu sredstvo i pomoć da se donesu odluke o razvitku i upravljanju procesom razvitka prometnog sustava.

Pašagić definira matematički model kao matematički izraz u kojemu varijable predstavljaju elemente procesa ili sustava što se istražuje, veze između elemenata ili procesa, a zakonitosti se opisuju matematičkim

relacijama i operatorima. Matematički modeli i metode optimiranja u prometnom sustavu predstavljaju primjenu kvantitativnih metoda u rješavanju kompleksnih problema u prometnom sustavu.³

S obzirom na primijenjenu metodu može se konstatirati da je u radu izvršeno analitičko modeliranje putničke prijevozne potražnje kod kojega su modeli u analitičkom obliku (npr. sustavi jednadžba), pa su i rješenja u analitičkom obliku. Isto tako riječ je o stohastičkim modelima (ponašanje im se ne može unaprijed predvidjeti), pa se određuju vjerojatnosti promjena stanja sustava (vrijednost koeficijenta determinacije).

Transportno modeliranje ima značajnu ulogu u svim složenijim procesima donošenja odluka, a posebice kad je u pitanju modeliranje prometnoga razvitka. S obzirom na dinamičnost promjena u gospodarskom i prometnom sustavu, za prometne su analize poželjnije analitičke metode; one detektiraju promjene u kraćem vremenskom razdoblju, tako da su predmet i rezultati istraživanja i modeliranja bolje usmjereni.⁴

Razmatrajući modeliranje u prometu, posebice oblikovanje i primjenu modela prijevozne potražnje, Jovanović, konstatirajući relevantne prometne veličine u putničkom prometu, navodi i broj prevezenih putnika.⁵

2. Dinamika putničke prijevozne potražnje u hrvatskom pomorskom prometnom sustavu

Dynamic of Passengers Transport Demand in Croatian Maritime Traffic System

Kad se analizira duže vremensko razdoblje, primjerice od 1992. do 2002. godine, moguće je dobiti saznanja o dugoročnijem trendu dinamike putničke prijevozne potražnje u hrvatskom prometnom sustavu i njegovu pomorskom podsustavu. U nastavku rada daje se prikaz dinamike putničke prijevozne potražnje od 1992. do 2002. godine, s presjecima za 1995. i 1998. godinu.

važne determinante prometne politike Hrvatske", Ceste i mostovi, br. 3-4, Zagreb, 2002, str. 71-80.

² Ž. Radačić, Upravljanje složenim sustavima s posebnim osvrtom na prometni sustav, Poslijediplomski znanstveni studij, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2000.

³ H. Pašagić, Matematički modeli i metode optimiranja u prometu, Poslijediplomski znanstveni magistarski studij «Tehničko tehnološki sustavi u prometu i transportu», Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2001.

⁴ D. A. Hensher, K. Button, *Handbook of transport systems and traffic control*, University of Sydney, George Mason University, Elsevier Science Ltd, Oxford, 2001, p. 47-107.

⁵ N. Jovanović, *Planiranje saobraćaja*, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 1990.

Tablica 1. Dinamika razvitka putničke prijevozne potražnje u pomorskom podsustavu i prometnom sustavu Republike Hrvatske u vremenskom razdoblju 1992.-2002.

Table 1. Dynamic of Passenger Transport Demand in Croatian Maritime Traffic Sub-System and System in the Period of 1992-2002

GODINA	POMORSKI PODSUSTAV	PROMETNI SUSTAV
1992.	6.244	104.537
1995.	5.591	107.377
1998.	6.923	113.908
2002.	9.721	112.898

Napomena: Broj prevezenih putnika u tisućama

Izvor: Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Statistička izvješća 1029/1996. i 1197/2003., Zagreb

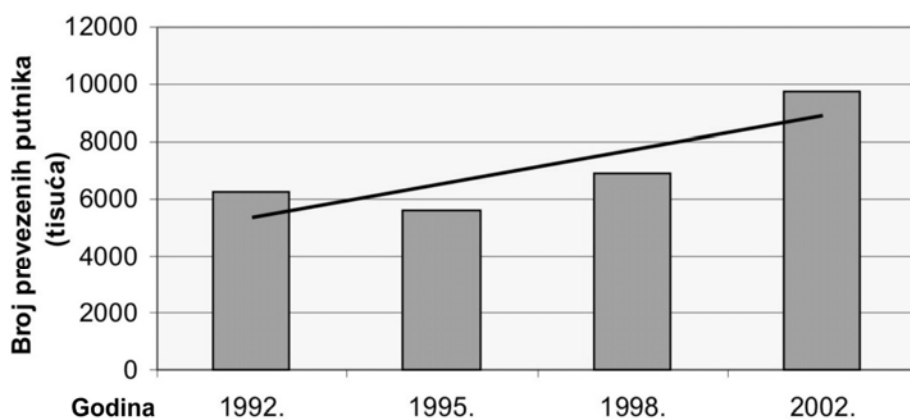
Tablica 2. Dinamika promjene strukture putničke prijevozne potražnje u hrvatskom prometnom sustavu s obzirom na stanje u 1992. i 2002. godini

Table 2. Dynamic Structure Changes of Passenger Transport Demand in Croatian Traffic System Considering the Situation in 1992 and 2002

GODINA	1992.		2002.	
POMORSKI PODSUSTAV	6.244	5,97%	9.721	8,61%
PROMETNI SUSTAV	104.537	100,00%	112.898	100,00%

Izvor: Statistička izvješća 1029/1996. i 1197/2003., Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb

Tijekom promatranoga vremenskog razdoblja evidentne su značajne promjene glede udjela pomorskog podsustava u strukturi ukupne putničke prijevozne potražnje hrvatskoga prometnog sustava, tako da pomorski sustav u tom desetogodišnjem razdoblju povećava svoj relativni udjel za 43%.



$$y = 1176,3x + 4179$$

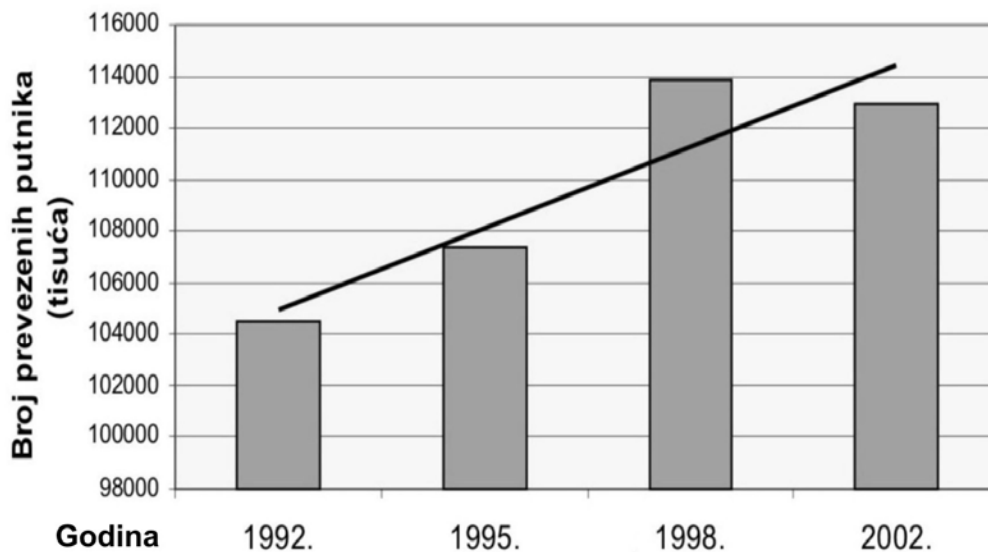
$$R^2 = 0,6982$$

(1)

Grafikon 1. Dinamika putničke prijevozne potražnje u pomorskom prometnom sustavu Republike Hrvatske u razdoblju 1992.-2002.

Graph 1. Dynamic of Passenger Transport Demand in Croatian Maritime Traffic System in the Period of 1992-2002

Izvor: Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Statistička izvješća 1029/1996. i 1197/2003., Zagreb



$$y = 3161,4x + 101777$$

$$R^2 = 0,8331$$

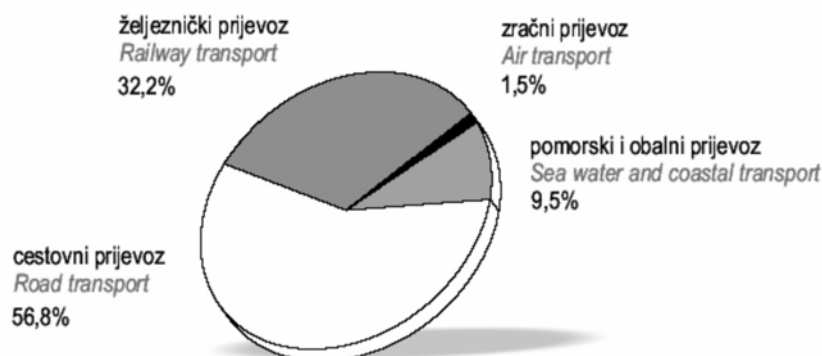
(2)

Grafikon 2. Dinamika putničke prijevozne potražnje u prometnom sustavu Republike Hrvatske u razdoblju 1992.-2002.

Graph 2. Dynamic of Passenger Transport Demand in Croatian System in the Period of 1992-2002

STRUKTURA PRIJEVOZA PUTNIKA PO VRSTAMA PRIJEVOZA U 2004. GODINI

STRUCTURE OF TRANSPORT OF PASSENGERS, BY MODE OF TRANSPORT, 2004



Slika 1. Grafički prikaz udjela pomorskog prometnog sustava u zadovoljenju putničke prijevozne potražnje na razini hrvatskoga prometnog sustava

Graph 1. Graphical Illustration of Maritime Transport System in Satisfying the Passenger Transport Demands at the Level of Croatian Maritime Traffic System

Izvor: Statističke informacije 2005., Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb, 2005.

Matematička obrada podataka o dinamici stanja putničke prijevozne potražnje u prometnom sustavu Republike Hrvatske i pomorskom podsustavu u razdoblju 1992.-2002. pokazuje sljedeće:

- porast putničke prijevozne potražnje s prosječnom godišnjom pozitivnom stopom promjene od 4,53% u pomorskom sustavu (povećanje broja prevezenih putnika

u 2002. godini u odnosu prema 1992. godini za 56%),

- porast putničke prijevozne potražnje (broja prevezenih putnika) s prosječnom godišnjom pozitivnom stopom promjene od 0,77% u prometnom sustavu Republike Hrvatske (porast broja prevezenih putnika u 2002. godini u odnosu prema 1992. godini za cca 8%).

3. Prognoistički trend-model putničke prijevozne potražnje u pomorskom prometnom sustavu

Prognostic Trend Model of Passengers Transport Demand in Maritime Traffic System

U nastavku rada daje se grafički prikaz i provodi matematičko-statistička analiza vrijednosti prometnih veličina iz tablice 3. tijekom promatranoga petogodišnjeg vremenskog razdoblja, od 1998. do 2002. godine.

Prognoistički trend-model dinamike razvitka pojedinih prometnih veličina dobiven je uz pomoć računalnog programa «Microsoft Excel» i određen je jednadžbom linearnoga trenda i koeficijentom determinacije (R^2), a njegov je graf prikazan na grafikonu. Koeficijentom determinacije (R^2) mjeri se veličina povezanosti promatrane varijable u matematičkom modelu i vremena.

Ako je veza funkcionalna, tad je vrijednost koeficijenta determinacije $R^2 = 1$, a što je R^2 bliže toj vrijednosti, povezanost je jača.⁶ Kad je vrijednost koeficijenta determinacije R^2 veća od 0,77, slijedi zaključak da je utvrđeni matematički model prognoističkoga trenda promatrane varijable statistički signifikantan.⁷

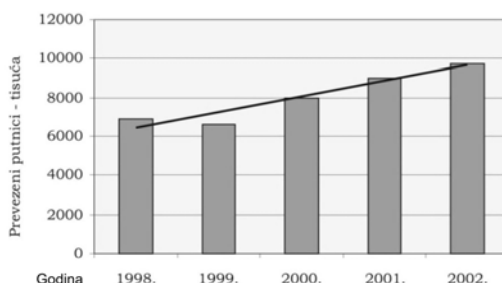
Zanimljivo je napomenuti da je model napravljen na temelju podataka iz razdoblja 1998.-2002. Tako, predviđeni broj putnika u pomorskom prometu u 2003. godini iznosi 10.449.000 putnika, a stvarni je prevezeni broj u 2003. iznosio 10.429.000, iz čega slijedi da je pogreška predviđanja manja od 0,2%. Za 2004. i 2005. pogreška je veća (za 2004. iznosi 3,09%, a za 2005. 5,25%), ali je i dalje u skladu s očekivanim.

Tablica 3. Dinamika razvitka putničke prijevozne potražnje u pomorskom prometnom sustavu Republike Hrvatske za vremensko razdoblje 1998.-2002.

Table 3. Development Dynamic of Passenger Transport Demand in Croatian Maritime Traffic System in the Period of 1998-2002

POMORSKI PROMETNI SUSTAV	PREVEZENI PUTNICI (u tisućama)				
	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.
Putnička prijevozna potražnja	6.923	6.647	8.009	9.009	9.721
Relativni udjel pomorskoga sustava u zadovoljenju ukupne putničke potražnje u nacionalnomu prometnom sustavu	6,1%	6,5%	7,2%	7,9%	8,6%

Izvor: Statistička izvješća 1197 za 2002. godinu, Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb, 2003.



$$y = 795,8x + 5674,4 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,911$$

Grafikon 3. Dinamika putničke prijevozne potražnje u pomorskom prometnom sustavu Republike Hrvatske za vremensko razdoblje 1998.-2002.

Graph 3. Dynamic of Passenger Transport Demand in Croatian Maritime Traffic System in the Period of 1992-2002

Napomena: Prognoistički trend-model dinamike razvitka putničke prijevozne potražnje u pomorskom prometnom podsustavu Republike Hrvatske izražen je jednadžbom (3) i njegov je graf prikazan na grafikonu.

Izvor: Tablica 1.

Sukladno izvršenim matematičko statističkim analizama veličina iz tablice 1. u vremenskom razdoblju 1998.-2002., utvrđen je statistički signifikantan ($p < 0,05$)

trend-model za pomorski podsustav prometnoga sustava Republike Hrvatske.⁸

⁶ V. Serdar, I. Šošić, *Uvod u statistiku*, Školska knjiga, Zagreb, 1998., 125-131.

⁷ Ibidem, 406-407.

⁸ V. Serdar, I. Šošić, *Uvod u statistiku*, Školska knjiga, Zagreb, 1988, 406-407.

4. Oscilacije putničke prijevozne potražnje u pomorskom prometnom sustavu

Changes of Passengers Transport Demand in Maritime Traffic System

S obzirom na dostupne podatke o putničkoj prijevoznj potražnji prema statističkim informacijama Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske, moguće je prikazati njezine oscilacija tijekom godine.

Prema podacima iz tablice 4. razvidno je da se tijekom trećeg kvartala (srpanj, kolovoz i rujna) podmiruje oko 52% javne putničke prijevozne potražnje u hrvatskom pomorskom sustavu, dok se tijekom drugoga kvartala prosječno podmiri oko 24% ukupne putničke prijevozne potražnje, a što zajedno čini oko 76% ukupne putničke potražnje tijekom drugoga i trećeg kvartala. Jasna je povezanost porasta i udjela putničke prijevozne potražnje s hrvatskom turističkom sezonom.

Tablica 4. Kvartalne oscilacije putničke prijevozne potražnje u hrvatskom pomorskom prometnom sustavu

Table 4. Quartely Oscillations of Passsenger Transport Demand in Croatian Maritime Traffic System

Kvartal	2003.		2004.		2005.	
I.-III.	1.040	9,97%	1.145	10,50%	1.322	11,56%
IV.-VI.	2.594	24,87%	2.630	24,11%	2.661	23,26%
VII.-IX.	5.407	51,85%	5.681	52,08%	5.887	51,46%
X.-XII.	1.388	13,31%	1.452	13,31%	1.570	13,72%
UKUPNO	10.429	100,00%	10.908	100,00%	11.440	100,00%

Izvor: Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Priopćenja br. 5.1.4./1,2,3; Zagreb, 2004., br. 5.1.4/1,2; Zagreb, 2005., br. 5.1.5/3, Zagreb, 2005., br. 5.1.3/1 Zagreb, 2006.

5. Zaključak

Conclusion

Ustanovljeni matematički prognostički trend-model znanstveno je utemeljena osnova za predviđanje putničke prijevozne potražnje u prometnom sustavu Republike Hrvatske za buduće razdoblje. Stanje putničke prijevozne potražnje u hrvatskomu prometnom sustavu u promatranom vremenskom razdoblju karakterizira sljedeće: porast putničke prijevozne potražnje s prosječnom godišnjom pozitivnom stopom promjene od 4,53% u pomorskom sustavu i 0,77% u prometnom sustavu Republike Hrvatske (povećanje broja prevezenih putnika u 2002. godini u odnosu prema 1992. godini za cca 8%).

U zadovoljavanju ukupne putničke prometne potražnje prometnog sustava Republike Hrvatske pomorski podsustav povećao je svoj relativni udjel za 43%. Razvidno je da se tijekom trećeg kvartala (srpanj, kolovoz i rujna) u godini podmiruje oko 52% javne putničke prijevozne potražnje u hrvatskom pomorskom sustavu.

Matematičko-statističkom analizom putničke prijevozne potražnje u vremenskom razdoblju 1998.-2002. utvrđen je statistički signifikantan ($p < 0,05$) trend-model za pomorski podsustav prometnoga sustava Republike Hrvatske.

Literatura

Literature

1. Čičak, M., *Modeliranje železničkog saobraćaja*, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2003.
2. Malić, A., Badanjak D., Stipetić A., „The traffic development of the Republic of Croatia within Europe in the 21 st century“, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Promet, br. 11, Zagreb, 1999.
3. Manucci, M., Brkić, A., Perše, S., *Contributions on the Traffic Development in Croatia*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1996.
4. O'Flaherty, C.A., *Transport Planning and Traffic Engineering*, London, 1997
5. *Promet i veze u 1996.*, Statistička izvješća broj 1029, Državni zavod za statistiku, Zagreb, 1997, ISSN 1331-3495
6. *Prijevoz, skladištenje i veze u 2002.*, Statistička izvješća broj 1197, Državni zavod za statistiku, Zagreb, 2003.
7. Rajsman, M., „Model razvitka prometnog sustava Središnje Hrvatske“, doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2005.
8. Skok, S., *Matematičke i statističke metode. Primjene u prometnom inženjerstvu*, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1985.

Rukopis primljen: 1.6.2006.