

# Primjena automatski vođenih vozila u tehnološkom procesu rada lučkih kontejnerskih terminala

---

Maglić, Livia; Vilke, Siniša; Nikolić, Michael

Source / Izvornik: **KOREMA - Zbornik radova „Automatizacija u prometu 2010”, 2010, 121 - 125**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:187:426115>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-09**

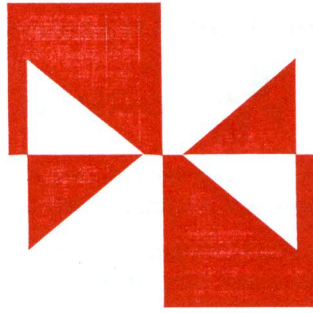


**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)





**KoREMA**

Zbornik radova / Proceedings

Trideseti skup o prometnim sustavima  
s međunarodnim sudjelovanjem

**AUTOMATIZACIJA  
U PROMETU 2010**

30<sup>th</sup> Conference on Transportation Systems  
with International Participation

**AUTOMATION IN  
TRANSPORTATION 2010**

Cestovni promet / Road Transportation

Javni gradsko – prigradski prijevoz / Urban and Suburban Public Transportation

Zračni promet / Air Transportation

Pomorski promet / Maritime Transportation

Osobe s invaliditetom u prometu / Disabled Persons in Traffic

Željeznički promet / Railway Transportation

Studeni / November 09-14, 2010

Zagreb – Croatia / Istanbul – Turkey

## PRIMJENA AUTOMATSKI VOĐENIH VOZILA U TEHNOLOŠKOM PROCESU RADA LUČKIH KONTEJNERSKIH TERMINALA

Livia Šantić, Siniša Vilke, Michael Nikolić  
Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci  
Studentska ulica 2, 51 000 Rijeka

### Sažetak

*Cilj ovog rada je ukazati na to da primjena automatski vođenih vozila ubrzava proces prekrcaja i skladištenja te ga čini sigurnijom i ekonomski prihvatljivijom tehnologijom. Primjenom ovog sustava smanjuju se trošak radne snage, trošak održavanja sustava te trošak energije što se odražava povećanjem efikasnosti terminala.*

*Uvođenje automatski vođenih vozila omogućilo je novi razvojni koncept manipulacije kontejnerima unutar lučkih terminala te označilo novo doba automatizacije na terminalima. Potpuno novi razvojni smjer u tehnologiji rada s kontejnerima uključuje inovativni sustav simulacija i računalnog oponašanja rada kontejnerskih terminala.*

*Dobiveni rezultati upućuju na to da automatski vođena vozila omogućavaju siguran rad, jednostavnu manipulaciju teretom, skraćuju vrijeme početno - završnih manipulacija, minimaliziraju potrošnju goriva te uvelike umanjuju razinu buke prilikom manipulacije kontejnerima.*

## APPLICATION OF AUTOMATIC GUIDED VEHICLES IN SEAPORT CONTAINER TERMINALS

### Abstract

*The aim of this paper is to point out that the use of automatic guided vehicle accelerates cargo handling and storage and makes it safer and economically acceptable technology. Using this system reduces the cost of labor, cost of maintenance and the cost of energy which is reflected by increasing the efficiency of the terminal.*

*The introduction of automatic guided vehicles allow a new development concept within the container handling port terminals, and marked a new era of automation of the terminal.*

*These results indicate that the automatic guided vehicles provide safe operation, ease of cargo handling, shorten the initial-final manipulation, minimize fuel consumption and greatly reduces the noise level when handling containers.*

### 1. UVOD

Prijevoz kontejnera diljem svijeta kontinuirano raste te se tako brojni kontejnerski terminali suočavaju s problemima zagušenja i nedostatka kapaciteta. Zbog fizičkih i gospodarskih ograničenja, mali broj luka unutar pojedinih regija diljem svijeta u mogućnosti je prihvatiti velike kontejnerske brodove te se kontejneri u okolne luke unutar regije razvoze manjim kontejnerskim brodovima.

Zbog utjecaja globalizacije i rasta međunarodne trgovine, brojni svjetski kontejnerski terminali, nastoje unaprijediti razinu i kvalitetu

usluge, a sve kako bi zadržali te u konačnici povećali konkurentnost na tržištu lučkih usluga. Stoga postoji konstantan pritisak na rukovodstvo luka, a sve sa ciljem pronalaska što efikasnijeg načina rukovanja kontejnerima te povećanja ukupnog kapaciteta kontejnerskih terminala.

Najčešća metoda povećanja kapaciteta je proširenje postojećih površina terminala. U većini slučajeva, zbog smještaja luka u urbanim područjima te već od prije maksimalno iskorištenih lučkih površina, daljnje širenje luka nije moguće te se rješenje nalazi u uvođenju automatski vođenih vozila. Dakle, ručno upravljane dizalice zamijenjene su automatiziranim, tako se i AGV sustav koristi mjesto ručno upravljanih vozila.

Ipak, za transport kontejnera između više terminala unutar istog područja još uvijek se koriste konvencionalni kamioni, kao što je u slučaju grada Pusan (J. Koreja).

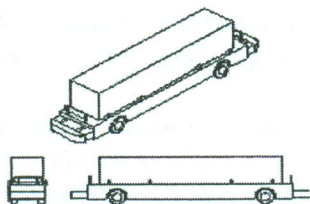
Za prijevoz unutar terminala koristi se AGV. AGV (eng.skr.Automated guided vehicle) predstavlja nedavni razvoj u tehnologiji transporta, no još nedavniji razvoj predstavlja Lift AGV. Lift AGV je tzv. automatski vođeno vozilo sa sposobnošću podizanja i transporta kontejnera duž terminala. Također, važno je spomenuti i automatizirane slagališne dizalice tzv. Automated Stacking Cranes (skr.ASC) koje se koriste za slaganje kontejnera na prostoru slagališta.

Automatski vođena vozila imaju značajnu ulogu u povećanju kapaciteta terminala i reduciranju ukupnih operativnih troškova.

U ovom radu dan je prikaz svih vrsta automatski vođenih vozila koja sudjeluju u tehnološkom procesu transporta kontejnera na automatiziranim kontejnerskim terminalima. Metodom deskripcije prikazan je proces rada svakog od spomenutog automatski vođenog vozila (AGV-a, Lift AGV-a, ASC) te su navedene njihove prednosti, nedostaci i problemi s kojima se susreće prilikom njihove primjene.

## 2. SUSTAV AUTOMATSKI VOĐENIH VOZILA

Osnovni dio sustava transporta kontejnera na kontejnerskim terminalima su automatski vođena vozila (slika 1).



Sl. 1. Prikaz AGV-a iz različitih kutova

Na visoko automatiziranim kontejnerskim terminalima kao što su Delta terminal u Rotterdamu i Altenwerder u Hamburgu, unutar AGV sustava nerijetko se pojavljuju automatizirana vozila s mogućnošću samostalnog podizanja kontejnera (Lift AGV) te automatizirane slagališne dizalice (ASC). Godine 1955. uveden je prvi AGV sustav za horizontalni transport materijala dok se sustav automatski vođenih vozila za kontejnere po prvi puta koristi 1993. godine na Delta terminalu u luci Rotterdam [1,85].

Automatski vođena vozila obavljaju transport kontejnera bez prisustva čovjeka kao vršitelja prijevoza. Prednosti uvođenja sustava AGV-a ogledaju se kroz: poboljšanje produktivnosti, smanjenje operativnih troškova i troškova plaća, povećanje sigurnosti rada, kontinuiran rad neovisan

o vremenskim uvjetima, maksimalno iskorištenje prostora, smanjenje fizičkog rada [2,2]. Nedostaci uvođenja sustava AGV-a su sljedeći: visoka početna ulaganja u flotu AGV-a, ovisnost o električnoj mreži, velika investiranja u implementaciju sustava u prekrcajni sustav terminala, ovisnost rada prekrcajnog sustava terminala o centralnom računalnom sustavu.

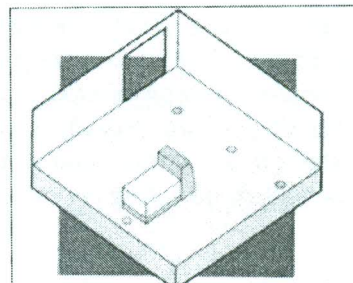
Sustav upravljanja automatski navođenih vozila nalazi se u centralnoj kontrolnoj sobi za upravljanje cjelokupnim radom na terminalu.

### 2.1. Osnovne funkcije i princip kretanja AGV sustava

Osnovne funkcije AGV sustava su [3,16]:

1. Navigacija i vođenje – omogućava vozilu da prati unaprijed definiranu rutu koja je optimizirana za shemu materijalnog toka.
2. Rutiranje – sposobnost vozila da donosi odluke duž putanje u cilju izbora optimalnih ruta ka specifičnim destinacijama.
3. Upravljanje prometom – sposobnost vozila da izbjegne sudare s drugim vozilima uz istovremeno maksimiziranje kretanja vozila.
4. Transport tereta - metoda prihvata i isporuke za AGV sustav koji ima mogućnost integracije sa drugim podsustavima.
5. Upravljanje sustavom – metoda kontrole sustava koji se koristi kako bi se naredile operacije sustava.

Kretanje i autonomnost AGV-a omogućava magnetsko-električna mreža koja se nalazi unutar manevarskog prostora terminala. Takav koncept vođenja zove se induktivno vođenje (slika2.) [4,34].



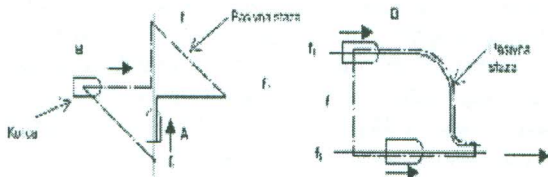
Sl. 2. Ilustracija induktivnog vođenja

Osim induktivnog vođenja, vođenje može biti: mehaničko, optičko, vođenje ultrazvukom, vođenje laserom te vođenje infracrvenim zrakama no preostale vrste vođenja češće se upotrebljavaju u industrijama [3,20].

U tlo terminala ugrađeni su magnetski vodiči, AGV ima upravljački uređaj koji prepoznaje oznake na podu terminala, prolaskom električne struje kroz vodič stvara se magnetsko polje koje u zavojnicama čitača inducira napon na vozilu.

Razlika napona u zavojnicama čitača glavni je parametar za regulaciju smjera kretanja [4,34].

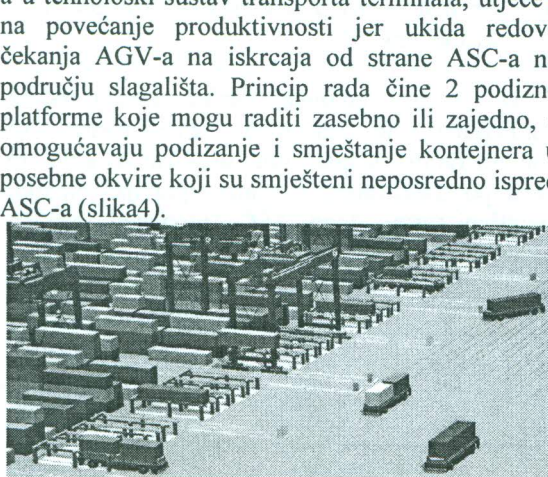
Prednosti staza za induktivno vođenje su sljedeće: omogućavaju visok stupanj fleksibilnosti transportnog sustava, omogućavaju pristup transportnih sredstava radnom mjestu, jednostavno povećanje kapaciteta transportiranja povećanjem broja transportnih jedinica, brzo i jednostavno proširivanje transportnih staza, relativno male investicije za ugradnju transportnih staza. Da bi kretanje automatiziranih vozila bilo sigurno potrebno je osigurati sljedeće: nemogućnost sudara s drugim vozilom, nemogućnost ugrožavanja ljudi i sredstava nekontroliranim skretanjem s predviđene putanje. Slika 3. prikazuje uvođenje pasivnih staza koje služe za osiguranje od sudara u slučaju istovremenog kretanja dva AGV vozila unutar iste transportne staze.



Sl. 3. Osiguranje od sudara AGV-a prilikom spajanja transportnih staza

## 2.2. Značajke AGV-a i Lift AGV-a

Postoje 3 razvojne generacije AGV-a: AGV-ovi pogonjeni diesel-hidrauličkim motorima, E-AGV-ovi pogonjeni diesel-električnim motorima te Lift AGV-ovi sa integriranim podiznim platformama [2,4]. Lift AGV je najinovativnije dostignuće unutar tehnologije transporta kontejnera. Veoma je ekonomičan i praktičniji od svojih predhodnika. Prema istraživanjima provedenim na Delta terminalu u Rotterdamu dokazano je da implementacijom Lift AGV-a potreba za konvencionalnim AGV-ovima umanjena čak za 40% [5,4]. Uvođenje Lift AGV-a u tehnološki sustav transporta terminala, utječe i na povećanje produktivnosti jer ukida redove čekanja AGV-a na iskrcaja od strane ASC-a na području slagališta. Princip rada čine 2 podizne platforme koje mogu raditi zasebno ili zajedno, a omogućavaju podizanje i smještanje kontejnera u posebne okvire koji su smješteni neposredno ispred ASC-a (slika4).



Sl. 4. Računalna simulacija transporta kontejnera Lift AGV-om

Značajke konvencionalnih AGV-a i Lift AGV-a su sljedeće [5,2]:

- sigurnost – siguran rad praćen računalnim sustavom
- jednostavnost – prilikom manipulacije kontejnerom
- ekološki kompatibilno – diesel-električni motori sa automatskim reguliranjem brzine minimaliziraju potrošnju goriva i ispušne plinove
- manja razina buke – tihi rad motora uvelike smanjuje buku na kontejnerskim terminalima smještenim uz naselja
- ušteda prostora – ukupna dužina i širina smanjuje potreban manevarski prostor AGV-a

U tablici 1. prikazani su tehnički podaci AGV-a i Lift AGV-a.

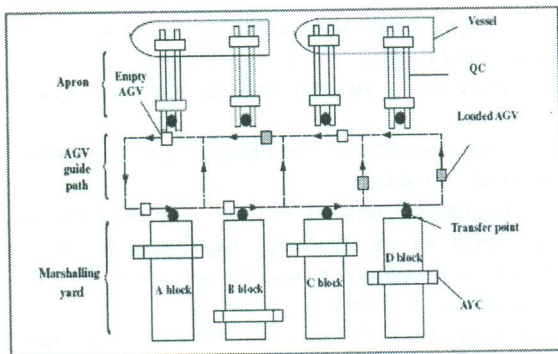
Tab 1. Tehnički podaci AGV-a i Lift AGV-a

<b>TEHNIČKI PODACI</b>	
Točnost pozicioniranja	+/- 25mm
Kapacitet tanka goriva	1400 l
Potrošnja goriva	cca 8 l/h (cca 10 l/h)
<b>VRSTA KONTEJNERA</b>	
1 X 20', 2 X 20', 1 X 40', 1 X 45', 1 X 30' (dogradnja)	
<b>TEŽINA TERETA</b>	
Max. težina 1 kontejnera	40 t
Max. težina 2 x 20' kontejnera	60 t
<b>DIMENZIJE</b>	
Dužina	cca 14,8 m
Širina	cca 3,0 m
Visina ukrajne površine	cca 1,7 m cca 2,2 m
Vlastita težina	cca 25 t cca 34 t
<b>BRZINE</b>	
Max. brzina kretanja naprijed- nazad	6 m/s
Max. brzina u zavojima	3 m/s

## 3. TEHNOLOŠKI PROCES TRANSPORTA KONTEJNERA NA AUTOMATIZIRANIM KONTEJNERSKIM TERMINALIMA

Tipičan automatizirani kontejnerski terminal sastoji se od pristaništa, područja AGV-a i slagališnog prostora (slika 5.). U automatiziranim kontejnerskim terminalima AGV se koristi za unutrašnji transport kontejnera, na relaciji pristanište – slagalište.

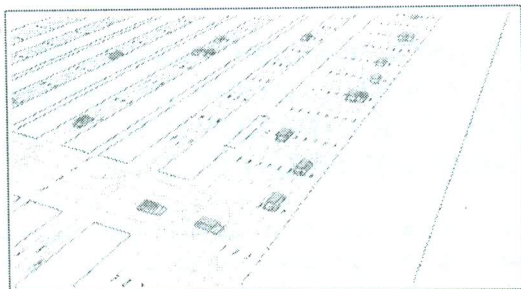
Područje pristana opremljeno je s obalnim kontejnerskim dizalicama za utovar i istovar kontejnera s brodova.



Sl. 5. Grafički prikaz tipičnog automatiziranog kontejnerskog terminala

Prilikom dolaska broda u luku, pozicija veza broda te dizalica koja će ga opsluživati unaprijed su poznate. Jednako tako, unaprijed je poznata i pojedina sekvenca ukrcaja/iskrcanja kontejnera sa svakoga broda. U skladu sa navedenim prekrcajnim sekvencama broda moguće je napraviti detaljan raspored rada i razmještaja pojedinih obalnih dizalica. Obalne dizalice za kontejnere tj. prekrcajni mostovi koriste se za prekrcaj na klasičnim i automatiziranim kontejnerskim terminalima zbog potrebe prisustva čovjeka prilikom točnog pozicioniranja kontejnera na brodu. Automatski vođena vozila sa mogućnošću dvosmjernog kretanja posjeduju napredni sustav navigacije koji ih vodi kroz kompleks mreža omogućavajući učinkoviti prijenos kontejnera iz više ishodišta do više odredišta. Tipični problemi ovakvog sustava ogledaju se kroz operative, planerske i nadzorne probleme: slanje AGV- a do radnih mjesta, usmjeravanje i kontroliranje AGV- a u mreži staza i čvorišta [6,340].

Otpremljeno automatski vođeno vozilo slijedi unaprijed kreiranu računalnu rutu unutar mreže staza te tako dolazi do dodijeljenog mjesta rada. Zbog sigurnosti izvođenja operacija mreža staza i čvorišta podijeljena je na veliki broj zona sa restriktivnim pravilima kretanja (slika 6.).

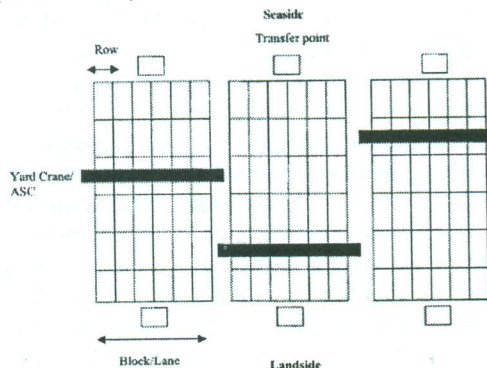


Sl. 6. Grafički prikaz mreže staza i čvorišta AGV-a na kontejnerskom terminalu

Samo jedan AGV može se kretati unutar jedne zone, tako bilo koji drugi AGV koji želi koristiti zonu mora čekati da prvotno vozilo završi kretanje i napusti zonu. Stopa propusnosti AGV-a ovisi o veličin zone, dakle, što je zona veća stopa

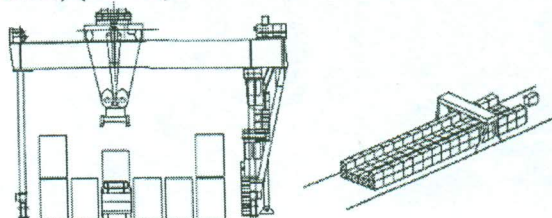
propusnosti AGV-a biti će niža. Minimalna veličina zone aproksimativno jednaka je vremenu potrebnom za zaustavljanje AGV-a u uvjetima normalnog kočenja. Vrijeme potrebno za zaustavljanje AGV-a iznosi cca 10 sekundi [6,341].

Ukoliko dođe do neočekvanih kašnjenja u rukovanju s kontejnerima moguće je da se planirana ruta AGV-a preklapa sa drugim AGV-om, također javlja se mogućnost sudara vozila. Prednja i stražnja strana AGV-a opremljena je infracrvenim senzorima čija je namjena detektiranje prepreka, tj. sprečavanje sudara ili udara. Sustav senzora prenosi 2 digitalna signala prilikom rane detekcije, AGV postepeno smanjuje brzinu i kako se približava prepreci signal „stop“ se aktivira [3,20]. Ukoliko AGV udari u prepreku, tada odbojnici osjetljivi na kontakt automatski isključuju motor. Slagališni prostor podijeljen je u zone i opremljen je većim brojem slagališnih dizalica smještenim na gumenim kotačima ili tračnicama. Kontejneri se unutar pojedinih zona slažu usporodno, jedan na drugoga u obliku pravokutnika te tako tvore tzv. blokove. Slagališni prostor podijeljen je u blokove koji se sastoje od većeg broja redova. Visina slaganja kontejnera razlikuje se od terminala do terminala, a kreće se od 2 do 8 redova. Na kraju svakog bloka nalazi se mjesto za transfer kontejnera gdje slagališna dizalica iskrcava/ukrcava kontejnere na vozila. (vidi sliku 7.)



Sl. 7. Shematski prikaz rada ASC-a na slagalištu kontejnera

U visoko automatiziranim kontejnerskim terminalima te dizalice zamijenjene su utomatiziranim slagališnim dizalicama koje se kreću po tračnicama, a njima upravlja centralni operativni sustav (eng. ASC-Automated Stacking Crane) (slika 8.).



Sl. 8. Grafički prikaz rada ASC-a na slagalištu

#### 4. ZAKLJUČAK

Luke predstavljaju vitalni dio infrastrukture međunarodne trgovine zemalja diljem svijeta. Globalni transport je postao vrlo konkurentno tržište i luke kako bi što bolje konkurirale na tržištu moraju ponuditi vrhunske usluge bazirane na naprednim tehnologijama. Te tehnologije moraju osigurati veću konkurentnost kontejnerskog terminala te istovremeno povećati efikasnost i produktivnost poslovanja luke. Inovativna tehnologija - sustav automatski vođenih vozila obavlja transport kontejnera bez prisustva čovjeka, a njihovo se kretanje ostvaruje računalno kreiranim rutama od strane centralnog sustava za upravljanje automatski vođenim vozilima.

Implementacijom ovog sustava u transportni proces na kontejnerskom terminalu, uloga čovjeka svodi se na ulogu nadzornika u procesu manipulacije kontejnerima. Jedino mjesto gdje se čovjek pojavljuje u ulozi izvršitelja prekrcaja je pristanište, odnosno kabina prekrcajnog mosta za kontejnere. Dakle, kontejnerski mostovi nisu automatizirani i to zbog potrebe prisustva čovjeka prilikom točnog pozicioniranja kontejnera na brodu.

Automatski vođena vozila imaju ključnu ulogu u: reduciranju troškova rada, smanjenju oštećenja kontejnera izazvanih nepažnjom ljudi i povećanju sigurnosti rada. Također, vrlo važno je spomenuti da automatski vođena vozila imaju sposobnost kontinuiranog rada neovisnog o vremenskim uvjetima što uvelike doprinosi povećanju propusnosti terminala. Još jedna u nizu odlika AGV-a je ušteda prostora te neznajno odstupanje prilikom pozicioniranja kontejnera od svega +/- 25

mm. Nedostaci primjene AGV sustava odražavaju se kroz: ovisnost o električnoj mreži i ovisnost prekrcajnog sustava o centralnom računalnom sustavu.

Prije same implementacije sustava, potrebno je definirati visinu operativnih troškova, jer ugradnja ovog sustava zahtjeva velika investiranja te je optimalno rješenje samo za luke s visokim operativnim troškovima, dok su za luke s niskim operativnim troškovima najoptimalnije rješenje vozila upravljana od strane ljudi.

#### 5. LITERATURA

- [1] L. Henesey, P. Davidsson, J. Persson, Evaluation of Automated Guided Vehicle Systems for Container Terminals Using Multi Agent Based Simulation, Lecture Notes in Computer Science, Volume 5269, str. 85 -96, 2009.
- [2] [http://www.gottwald.com/gottwald/export/gottwaldsite/de/news/pdf/AGV\\_Prospekt\\_uk.pdf](http://www.gottwald.com/gottwald/export/gottwaldsite/de/news/pdf/AGV_Prospekt_uk.pdf), (20.08.2010)
- [3] M. Vidović, Autorizirana predavanja, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Beograd, 2010.
- [4] Transport&logistika, br.12, str.34 -37, 2007.
- [5] [http://www.gottwald.com/gottwald/export/gottwaldsite/galleries/Brochures/Lift\\_AGV\\_uk.pdf](http://www.gottwald.com/gottwald/export/gottwaldsite/galleries/Brochures/Lift_AGV_uk.pdf), (20.08.2010)
- [6] Y., Cheng, H-C., Sen, K., Natarajan, Dispatching Automated Guided Vehicles in a Container Terminal, Applied Optimization, Volume 98, str. 355 – 389, 2005.