

# UČINAK ETCS-a NA KAPACITET PRUGE

*U stručnome radu predstavljeni su rezultati studije koja istražuje učinak Europskog sustava upravljanja i nadzora nad vlakovima (ETCS) na kapacitet pruge. Također je ukratko ocijenjena implementacija sustava ETCS-a u Turskoj u smislu interoperabilnosti, sigurnosti, kapaciteta pruge, poteškoća pri ugradnji, operativnih ograničenja i projektiranja željezničko-cestovnih prijelaza.*

Rad je objavljen u stručnom časopisu Demiryolu, 3. izdanje, lipanj 2016. godine



**Fatih Sarikoç**, prof.

Erciyes Üniversitesi

fsarikoc@erciyes.edu.tr

UDK: 629.05+656.2

## 1. Općenito

Sustavi ETCS-a općenito su predstavljani u prvome dijelu stručnog rada, dok su u drugome dijelu sažeti rezultati znanstvenog istraživanja. Istraživanje je provelo sveučilište RWTH Aachen i objavljeno je na konferenciji pod nazivom „UIC ERTMS svijet“ (Europski sustav upravljanja željezničkim prometom). U posljednjemu dijelu objašnjeni su zaključci o implementaciji sustava ETCS-a u Turskoj.

Kao što je poznato, ETCS je standardizirani sustav ATP-a (automatske zaštite vlaka), što ga je uspostavila Zajednica europskih željeznica i infrastrukturnih poduzeća (CER), a standardiziran je kako bi se osigurala interoperabilnost među europskim državama.

U primjeni su tri tipa ETCS-a. Budući da svaki tip nadopunjuje jedan drugoga u smislu tehnološke infrastrukture, definiran je kao razina ETCS-a. Tipovi ETCS-a će se zbog usklađenosti nazivati razina 1, razina 2 i razina 3. Kako se broj razine povećava, tako se smanjuje broj potkomponenti kontrolnog sustava uz željezničku prugu, a povećava se broj jedinica ugrađenim u vozila. Drugim riječima, osnovna struktura sistemskog hardvera premješta se sa željezničke pruge na vozilo.

## Razina 1

Razina 1 ETCS-a koristi odašiljačku antenu koja se zove baliza, a postavlja se u sredinu kolosijeka željezničke pruge. Baliza je vrsta radijskog odašiljača koji komunicira rezonantnom vibracijom kada detektira radijski prijenos na odgovarajućoj frekvenciji i ne zahtijeva vanjski izvor energije. Podaci pohranjeni u memoriji tog uređaja mogu se elektromagnetski očitati s balize preko antene opreme u vlaku. Taj se sustav može instalirati povrh konvencionalnih sustava signalizacije sa signalizacijom uz željezničku prugu i omogućuje ugradnju standardnog sustava zaštite vlaka [1,2].

Glavna značajka po kojoj se sustav zaštite vlaka razlikuje od konvencionalnog sustava signalizacije jest ta da se kretanje i brzina vlaka kontinuirano kontroliraju računalskim sustavom ugrađenim u vlaku. Ta značajka povećava razinu sigurnosti putovanja i sprječava nesreće koje može prouzročiti ljudska pogreška [4]. Sustav ATS-a (automatsko zaustavljanje vlaka) koji se primjenjuje na konvencionalnim prugama također kontrolira brzinu, no ta se kontrola nalazi na signalnim mjestima na kojima je ostvarena veza s magnetom ATS-a, a brzina se ne kontrolira kontinuirano izvan tih određenih točaka. Na primjer, za vlak koji prometuje po krivulji u blokovnome razmaku bez signala, ATP oprema u vlaku ima kontrolu krivulje brzine. Međutim, u istoj situaciji nema kontrole brzine u ATS opremi u vlaku.

Balize se u sustavu ETCS-a postavljaju na prikladnim mjestima na pruzi, na određenim razmacima. Informacije se iz uređaja na pruzi prenose na opremu u vlaku kada antena na vlaku prelazi preko balize na pruzi. Prema tome, iako je kontrola kretanja vlaka kontinuirana na strani vozila, prijenos dopuštenja za vožnju vlaka nije kontinuiran, već diskre-

tan i točkast. U takvome sustavu, čak i ako strojovođa prepozna ažurirani signal na pruzi i dobije informaciju o novome dopuštenju za vožnju prije dolaska na točku balize, vlak ne može primiti novo dopuštenje za vožnju sve dok antena na vlaku ne dosegne točku balize. Zato vlak zadržava dopuštenje za vožnju ograničeno informacijama dobivenima od prethodnog signala do sljedeće signalne točke. Na primjer, ako se pretpostavi da je strojovođa vidio kako ciljni svjetlosni signal mijenja svoju signalizaciju iz crvene u zelenu na vidljivome razmaku od signalne točke, ugrađeno ETCS računalo ne dopušta strojovođu da djeluje i ubrzava u skladu s ažuriranim dopuštenjem za vožnju prema signalima na pruzi sve dok antena na vozilu ne primi tu povratnu informaciju od balize na tome signalnom mjestu [1,2].

Kako bi se prevladao taj prekid u komunikaciji, broj komunikacijskih točaka može se povećati korištenjem *infill* baliza na određenoj udaljenosti od signala na razini 1. Kako bi se omogućila kontinuirana komunikacija, primjenjuje se komunikacijska tehnologija zatvorene petlje (*euroloop*) s kabelskom antenom koja se proteže duž pruge između tračnica. Uz to radijska tehnologija GSM-R, koja predstavlja željezničku primjenu više razine globalnog sustava za mobilne komunikacije (GSM), premošćuje nedostatak kontinuirane komunikacije [1,2].

Prema onome što je do sada objašnjeno, značajke sustava ETCS razine 1 u usporedbi s konvencionalnim sustavom signalizacije sažete su u nastavku. Osim toga opća slika konvencionalnoga signalizacijskog sustava i ETCS sustava razine 1 prikazana je na slikama 1. i 2.

- Slanje dopuštenja za vožnju temelji se na određenoj točki, a kontrola brzine u vozilu kontinuirana je.

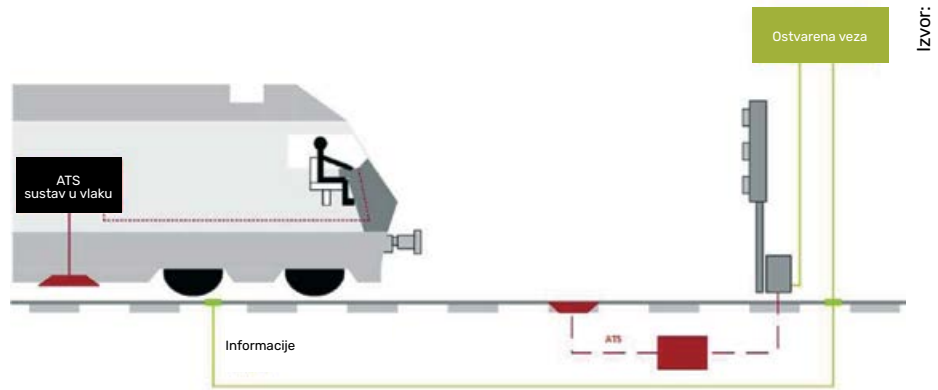
- Postoji formiranje blokova.
- Postoje signali uz prugu. U centraliziranome ATP-u nije potrebno ugraditi svjetlosne signale uz prugu.
- Komunikacijska infrastruktura temelji se na svjetlovodnoj komunikacijskoj okosnici.
- Zabavljenje ovisi o komunikacijskome sustavu.
- Dopuštenje za vožnju preuzima se daljinski. U središnjemu sustavu ATP-a vozilo dobiva dopuštenje za vožnju iz centra.
- Sustav u vlaku slijep je u smislu primanja informacija na onim dijelovima pruge na kojima ne postoje balize, ali može dobiti informaciju o dopuštenju za vožnju kada detektira balize. Taj se nedostatak djelomično nadoknađuje upotrebom *infill* baliza ili kablskih petlji.

Razina 2

Sustav razine 2 stvoren je kako bi nadoknadio nedostatak kontinuirane komunikacije razine 1. Kombinacija ETCS-a i GSM-R sustava čini Europski sustav upravljanja željezničkim prometom (ERTMS). ERTMS nije zaseban sustav. To je opći naziv za kombinaciju GSM-R-a i ETCS-a.

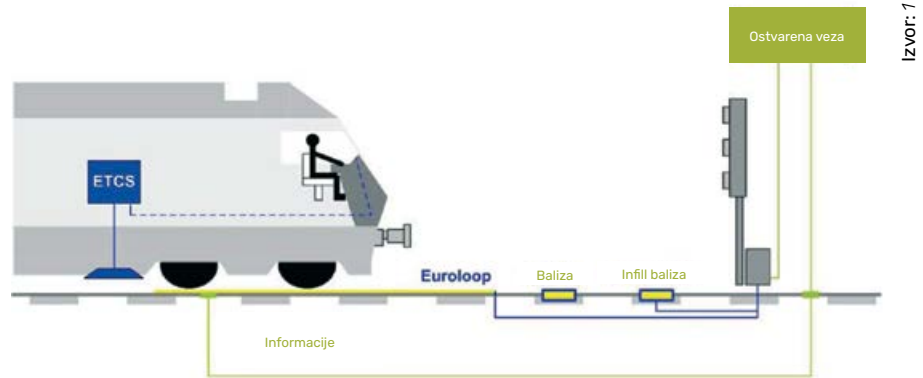
ETCS razina 2 napredniji je sustav stvoren nakon razine 1. Dopuštenje za vožnju nadzire se kontinuirano radijskim valovima umjesto konvencionalnom signalizacijom uz prugu. Zato je dopuštenje za vožnju dano strojovodi na toj razini simultano, usklađeno i kontinuirano. Ta razina također može smanjiti troškove u cijelosti eliminirajući potrebu za signalizacijom uz prugu. To bi moglo povećati kapacitet pruge na dvokolosiječnim dionicama s kratkim blokovnim odsjecima [1,2]. Kao što je objašnjeno u nastavku rada, to povećanje ima neka ograničenja. Njega nije realistično očekivati kada se uzmu u obzir pojedinačni željeznički pravci u Turskoj. Glavne značajke sustava razine 2 ukratko su navedene u nastavku, a glavne komponente sustava prikazane su na slici 3.

- Dopuštenja za vožnju i kontrola brzine u vozilu su kontinuirani.
- Postoji formiranje blokova.
- Nema signala uz prugu (svjetlosni signali nisu obvezni).



Slika 1. Komponente konvencionalnoga signalnog sustava

Izvor: 1



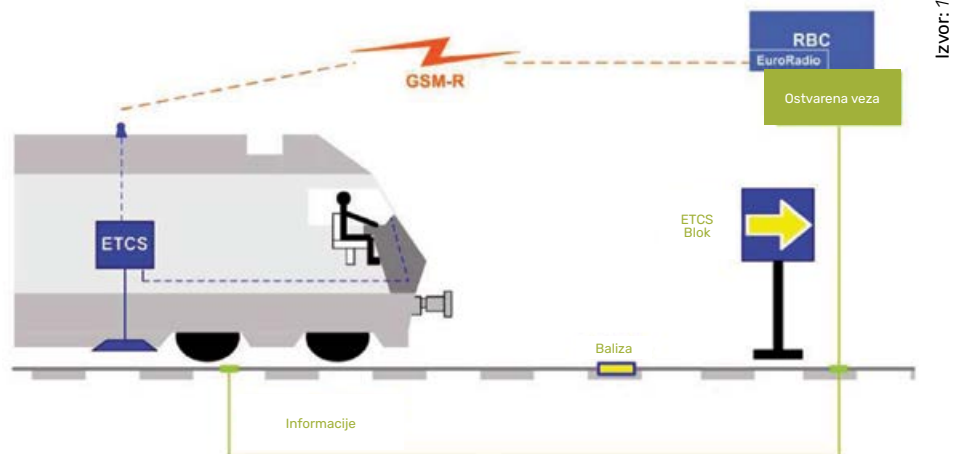
Slika 2. Komponente signalnog sustava ETCS razine 1

Izvor: 1

- Komunikacijska infrastruktura temelji se na infrastrukturi GSM-R radijskog paketa.
- Sustav zabavljenja neovisan je o komunikacijskome sustavu.
- Vlak može dobiti dopuštenje za vožnju od ETCS komponenti uz prugu i/ili od radijskog blok-centra.
- Dopuštenje za vožnju može se dobiti trenutačno i kontinuirano na mjestima na kojima nema baliza.

Razina 3

Glavni čimbenik koji povećava kapacitet pruge u željezničkoj mreži ponajprije je dvokolosiječna pruga, a zatim su to skretnice i veliki polumjeri zavoja. Nakon što se osiguraju te mjere, najvažniji čimbenik koji određuje kapacitet pruge u sustavu signalizacije jest taj da blokovi odsjeci budu kratki. Cilj je sustava razine 3 skratiti duljine blokovnih odsje-



Slika 3. Komponente signalnog sustava ETCS razine 2

Izvor: 1

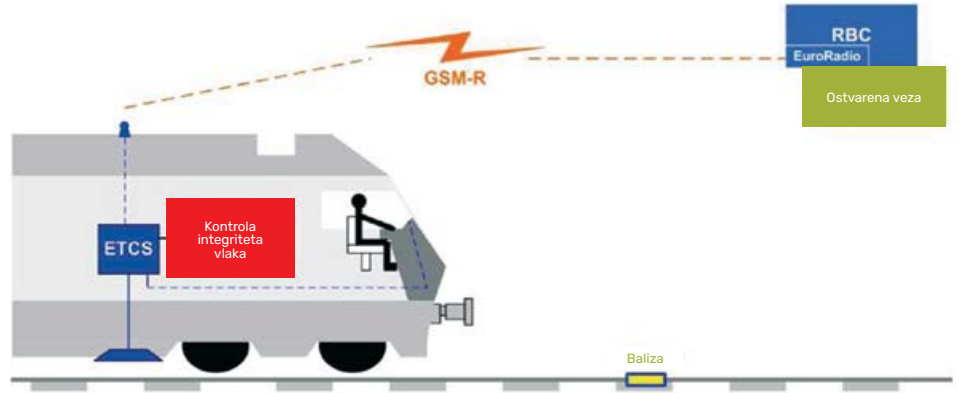
ka što je više moguće. U tome sustavu vlakovi mogu slijediti jedan drugoga na udaljenosti kraćoj od konvencionalnih blok-udaljenosti, ali dužoj od zaustavnog puta vozila.

Razina 3 ETCS-a krenula je korak dalje zamjenom tradicionalnog sustava signalizacije i detekcije vlakova koji se temelji na infrastrukturi. Na razini 3 ETCS-a nema kolosiječnih strujnih krugova ni svjetlosne signalizacije. Također nema fizičkih blokova koji bi označavali položaj vlakova i ograničavali dopuštenje za vožnju. Vlakovi računaju svoj položaj pomoću ugrađenog odoimetra i dojavljuju ga radijskim blok-centrima duž pruge preko GSM-R mreže. Komunikacija kretanja vlaka sa sustavom zavravljenja i računanim sustavima kontrolnog centra događa se preko radijskih valova [1,2]. Glavne značajke sustava razine 3 ukratko su navedene u nastavku, a glavne komponente sustava prikazane su na slici 4. Osim toga u tablici 1. svi tipovi ETCS-a uspoređeni su s njihovim osnovnim komponentama koje su prikazane u nastavku.

- Prijenos dopuštenja za vožnju i kontrola brzine u vozilu kontinuirani su.
- Nema formiranja blokova.
- Nema svjetlosnih signala uz prugu.
- Komunikacijska infrastruktura temelji se na infrastrukturi GSM-R radijskog paketa.
- Zavravljenje ovisi o komunikacijskome sustavu (oba su sustava integrirana).
- Dopuštenje za vožnju dobiva se preko radijskog blok-centra.
- Dopuštenje za vožnju preuzima se trenutačno i kontinuirano na mjestima na kojima nema baliza.
- Kontrola integriteta vlaka obavezna je.

**2. Rezultati znanstvenog istraživanja**

Razni su razlozi koji utječu na određivanje prijevoznoga kapaciteta pruge pa je teško dati opću procjenu. U tu svrhu kapacitet željezničke pruge može se realistično analizirati pomoću metoda de-



Slika 4. Komponente signalnog sustava ETCS razine 3

Tablica 1. Karakteristike razina ETCS-a

Specifikacije	Konvencionalno	Razina 1	Razina 2	Razina 3
Postavke trase	Zavravljenje	Zavravljenje	Zavravljenje	Zavravljenje
Dopuštenje za vožnju	Zavravljenje	Zavravljenje	Radijski prijenos (RBC)	Radijski prijenos (RBC)
Zauzeće	Tračnički strujni krug, brojač osovina	Tračnički strujni krug, brojač osovina	Tračnički strujni krug, brojač osovina	Provjera integriteta vlaka
Dinamički prijenos informacija	Signali uz prugu, ATS	Promjenjive balize	Upravljačko sučelje (DMI)	Upravljačko sučelje (DMI)
Statički prijenos informacija	Signali uz prugu, ATS	Nepromjenjive balize	Nepromjenjive balize	Nepromjenjive balize
Korekcija udaljenosti	-	Nepromjenjive balize	Nepromjenjive balize	Nepromjenjive balize
Svjetlosni signali uz prugu	Potrebno	Potrebno/ (nije potrebno u slučaju središnjeg ATP-a)	Nije potrebno	Nije potrebno
Privremena ograničenja brzine (TSR)	Nije dostupno	Dostupno samo u središnjemu ATP-u	Dostupno	Dostupno

finiranih u skladu s UIC-om 406 i za to namijenjenim softverskim alatima.

Znanstvena studija koja istražuje usporedbu učinaka kapaciteta sustava ETCS-a u simulacijskome softveru provedena je na sveučilištu RWTH Aachen, a rezultati su objavljeni na konferenciji UIC ERTMS svijet [5]. U toj su studiji analizirane dvokolosiječne željezničke pruge velikih brzina (slika 5.), dvokolosiječne konvencionalne pruge (slika 7.) i jednokolosiječne konvencionalne pruge

(slika 9.) te su doneseni opći zaključci o tim vrstama pruga.

**Dvokolosiječne željezničke pruge velikih brzina**

Za dionicu dvokolosiječne pruge velikih brzina (slika 5.) odabrani su sljedeći ulazni podaci: duljina pruge od 100 km, maksimalna vozna brzina od 300 km/h, duljine blokovnih odsjeka od 5 km te maksimalna ulazna brzina u kolodvoru i izlazna iz njega od 100 km/h.



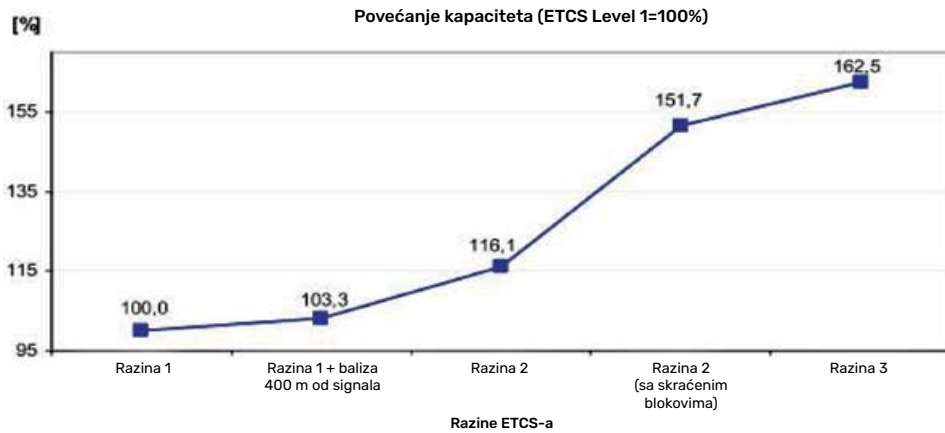
Slika 5. Dvokolosiječna pruga velikih brzina odabrana za usporedbu učinaka

Rezultati analize performansi prikazani su na slici 6. U skladu s time može se postići povećanje učinaka kapaciteta od 3,3 posto na razini 1, od 16,1 posto na standardnoj razini 2 i od 51,7 posto na razini 2 sa skraćenim blokovima (pretpostavljena duljina blokovnih odsjeka od 400 m) na dvokolosiječnim željezničkim prugama velikih brzina, ako se *infill* balize koriste 400 m ispred ulaznog signala.

sustav razina s ograničenom kontrolom (zaštitni signali pomaknuti su prema ulaznim signalima, udaljenost između ulaznog i zaštitnog signala je 1000 m i kočnica za slučaj opasnosti može se primijeniti umjesto kočnice za kočenje pri normalnoj vožnji) daje 110,8 posto kapaciteta (povećanje od 10 posto kapaciteta u usporedbi sa standardnim sustavom razine 1).

Na slici 10. pokazano je da nema znatne razlike u kapacitetu između razine 1 i razine 2 u funkcioniranju jednokolosiječne pruge. U sustavu s jednim kolosijekom, prema ovoj studiji, predlaže se povećanje kapaciteta do 67 posto, ako se uklone fizički blokovi i primijeni sustav razine 3 koji ima udaljenost pokretnih blokova od 50 m.

### 3. Zaključak



Izvor: 5

Slika 6. Usporedba kapaciteta dvokolosiječne pruge velikih brzina

#### Primjer dvokolosiječne konvencionalne željezničke pruge

Pretpostavljena je duljina kolosijeka ispitivane dvokolosiječne dionice konvencionalne željezničke pruge (slika 7.) od 100 km, najveća vozna brzina od 160 km/h, duljina blokovnog odsjeka od tri kilometra i najveća brzina ulaska u kolodvor i izlaska iz njega od 80 km/h.

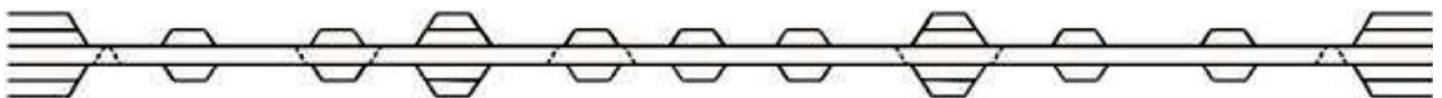
#### Primjer jednokolosiječne konvencionalne željezničke pruge

Pružna je dionica prikazana na slici 9. i pretpostavlja se da duljina pruge iznosi 100 km, maksimalna vozna brzina 80 km/h, udaljenost između susjednih kolodvora 15 km, a ulazna brzina u kolodvor i izlazna brzina iz njega 40 – 50 km/h.

Kao što je poznato, ETCS nudi dvije glavne prednosti, i to interoperabilnosti te povećanje razine sigurnosti sa sustavom zaštite vlakova i stalnom kontrolom. Kada se procijene te dvije glavne prednosti i primjena tipova ETCS-a u kontekstu uvjeta u Turskoj, tada se mogu donijeti neke odluke u pogledu interoperabilnosti, sigurnosti i kapaciteta pruga, koje su pod podnaslovima navedene u nastavku. Osim tih rezultata objašnjena su neka iskustva stečena primjenom ETCS-a u Turskoj, i to pod podnaslovima o poteškoćama pri ugradnji, sigurnosnim ograničenjima i primjeni uređaja za osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza.

#### Interoperabilnost

Interoperabilnost ETCS-a uključuje aranžmane koji vlakovima iz stranih zemalja ili ATP sustavima različitih proizvođača omogućuju prometovanje na različitim prugama primjenom iste opreme u vlaku. S gledišta kompatibilnosti

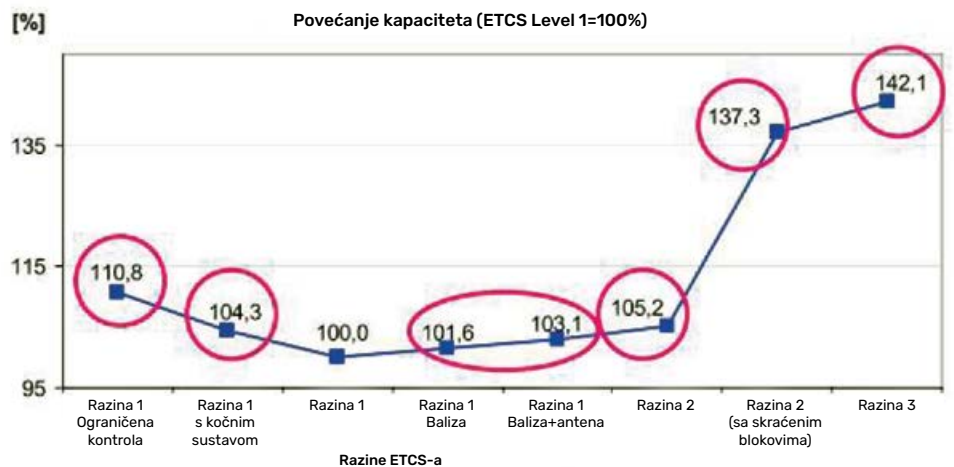


Izvor: autor

Slika 7. Dvokolosiječna konvencionalna pruga na temelju proračuna

Gledajući grafikon učinaka (slika 8.) na primjeru dvokolosiječne konvencionalne pruge, povećanje kapaciteta od 1,6 posto može se postići na razini 1 upotrebom *infill* balize 400 m prije ulaznog signala i od 3,1 posto upotrebom radijskog *infilla* ili antene u kombinaciji s *infill* balizom. Povećanje učinaka kapaciteta od 37,3 posto na razini 2 sa skraćenim blokovima (pretpostavljena duljina blokovnih odsjeka od 400 m) primijećeno je u danome primjeru preglednog plana.

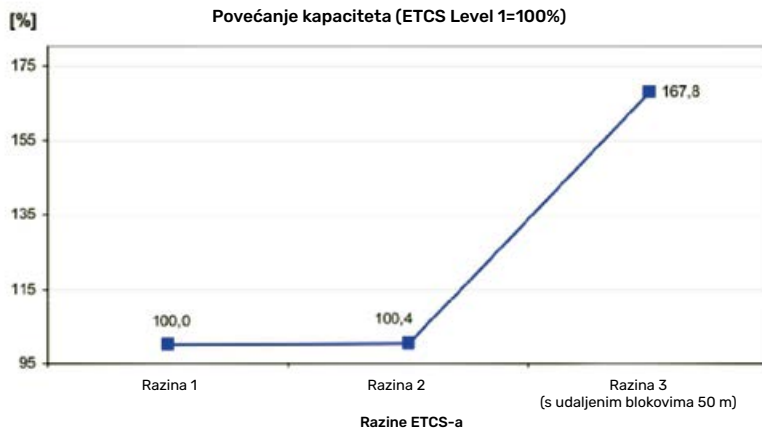
U ovome primjeru važno je napomenuti da poboljšane vrste razine 1 i standardne razine 2 ne omogućuju znatno povećanje učinaka. Također je uočeno da



Izvor: 5

Slika 8. Kapacitet konvencionalne dvokolosiječne pruge

Slika 9. Jednokolosiječna pruga korištena u proračunu



Izvor: 5

Slika 10. Kapacitet jednokolosiječne konvencionalne pruge

signalizacijskih sustava u međunarodnome prometu Turska još nije ostvarila stvarnu korist od interoperabilnosti jer susjedne zemlje nemaju sustave ETCS-a. Susjedne zemlje uskoro moraju započeti i dovršiti ulaganja u ETCS kako bi uspostavile interoperabilnost u međunarodnome prijevozu vlakova. Za Tursku važan je cilj ostvariti se kao država prenosnica na karti trgovine i međunarodnoga željezničkog prometa. Međutim, u današnjim okolnostima čimbenici koji podržavaju interoperabilnost kao dobitak u međunarodnome prometu za Tursku tek se trebaju oblikovati.

**Standardizacija**

Kada je riječ o ETCS-u, postignuće je da se vlakovi ili lokomotive s istom standardnom opremom mogu kretati usklađeno na različitim željezničkim prugama unutar granica Turske. Pritom je važno isprobati sustave ETCS-a različitih proizvođača. Iako je u normama napisano da će postojati glatki prijelazi između različitih tipova ETCS-a, između različitih verzija istog tipa ili između ETCS sustava koje isporučuju razni proizvođači, takvu situaciju još nismo doživjeli u praksi na svim pružnim dionicama u Turskoj.

Sustavi ETCS-a donose standardizirani sustav i europske standarde. Ti su standardi prevedeni i formalizirani kao novi

TSE (turski) standardi. Usvajanje strategije usmjerene prema europskim standardima u kontekstu željezničkih infrastrukturnih sustava moglo bi se smatrati postignućem, a ne neizvjesnošću.

**Ljudski resursi i dostava materijala**

Raznolikost tvrtki, materijala i softvera u instalacijama ETCS-a velik su izazov unatoč konvergenciji normi. Razlog je taj što se i opskrba ljudskih resursa – obuka osoblja za održavanje i vožnju – i opskrba rezervnim materijalima razlikuju ovisno o nekoliko sustava.

S druge strane, Turska je veliko komercijalno tržište u smislu ulaganja. Turska ovisi o inozemstvu kada je riječ o hardveru i softveru sustava i komponentama ERTMS-a/ETCS-a. Uzimajući u obzir veličinu i kontinuitet financijskih izvora podržanih stranim zajmovima i državnim proračunom, mogu se postaviti ciljevi koji će Turskoj omogućiti da prijeđe iz položaja potrošnje/kupnje u položaj proizvodnje/projektiranja. Kao uspješan primjer u tome pogledu može se proučiti Španjolska.

**Sustav zaštite vlaka i sigurnost**

Najočitija prednost sustava ETCS-a jest povećana razina sigurnosti. Međutim, ta prednost donosi dodatne troškove, po-

teškoće pri instalaciji i u radnim uvjetima te neka neizbježna sigurnosna ograničenja koja se moraju uzeti u obzir.

Sigurnosni računalni sustavi zajedno upravljaju komponentama pružne signalizacije i opreme vlakova. Ta opcija koja povećava razinu sigurnosti života zahtijeva ulaganje ne samo u sustave uz prugu, već i u vozila. Ako se sustav zaštite vlaka ugradi umjesto konvencionalnog sustava signalizacije, tada će to biti skuplja opcija ulaganja.

Kako bi se postigla očekivana razina zaštite i koristi za troškove ulaganja, oprema uz prugu i oprema na vlaku moraju biti usklađene s ETCS-om. Ako su sustavi uz prugu opremljeni ETCS-om, a sustavi u vlaku (ili neki dio voznog parka) nije opremljen ugrađenim ETCS sustavima, vlakovi bez ETCS-a neće automatski detektirati dopuštenja za vožnju poslana iz sustava uz prugu. U tome će slučaju inženjer biti taj koji ocjenjuje i primjenjuje dopuštenje za vožnju, a sustav zaštite vlaka postavljen uz prugu neće biti učinkovit u praksi. Zato je, ako se od pružnog ETCS sustava očekuje učinkovita zaštita vlaka, važno implementirati planiranje prijelaza na ETCS u vozilu za postojeći vozni park lokomotive/vozila.

Međutim, takav prijelazni proces nije lako realizirati u kratkome vremenu zbog troškova, kontinuiranog korištenja vlakova i lokomotiva u prometu, zastarjelosti brojnih vozila u voznome parku, poteškoća u dobivanju detaljnih tehničkih podataka o lokomotivama, nedostatka prostora za dodatnu opremu u upravljačnicama lokomotive i sl.

**Kapacitet pruge**

Uobičajena zabluda je da ERTMS/ETCS sustavi povećavaju kapacitet pruge. Činjenica da je sustav nov ili pruža zaštitu na razini ATP-a nije izravno povezana s kapacitetom pruge.

Kao što je poznato, kapacitet željezničke pruge određuje se uzimajući u obzir prihvaćeni zaustavni put vlakova, duljine

vlakova, maksimalnu/prosječnu voznu brzinu, duljinu signalnog bloka, duljinu preklapanja i konačno vrijeme slijeđenja vlakova izračunano prema prethodno navedenim osnovnim podacima. Te varijable također su projektni ulazni podaci za sustav ETCS-a. Implementacija ETCS sustava ne mijenja te varijable, ali ovisi o njima.

Tako sustav razine 1 ETCS-a ne povećava kapacitet prijevoza i čak djelomično smanjuje kapacitet pruge kada se primjenjuju iste duljine blokovnih odsjeka u usporedbi s konvencionalnim sustavom signalizacije. To djelomično smanjenje operativne učinkovitosti rezultat je ograničenja dopuštenja za vožnju od točke (diskretnog) prijenosa. Na primjer, na konvencionalnome sustavu pružne signalizacije strojovođa može vidjeti novo dopuštenje za vožnju ažurirano na svjetlosnome signalu s udaljenosti od čak jednog kilometra i može unaprijed prilagoditi brzinu. Međutim, u sustavu ETCS razine 1 vlak neće primiti ažurirano dopuštenje za vožnju dok vlak ne dosegne točku balize pripadajućeg signala.

Prema rezultatima simulacijske studije, sustavi razine 2 ERTMS-a/ETCS-a pokazali su učinak povećanja kapaciteta od približno 16 posto na dvokolosiječnim prugama i od približno pet posto na jednokolosiječnim prugama [5]. Općenito se tvrdi da sustav ERTMS/ETCS razine 2 sa skraćenim blokovima (400 m) jamči znatno povećanje kapaciteta. Međutim, s obzirom na instalirane blok-sustave Turskih državnih željeznica i kočničke sposobnosti postojećega voznog parka, duljine blokova od 400 m nisu realistične ni izvedive.

### Izazovi instalacije

Radovi na infrastrukturi/gornjemu pružnom ustroju kao što su kolosijeci, izmjene rasporeda skretnica, dodavanje ili uklanjanje željezničko-cestovnih prijelaza, produljenje postojećih pruga, promjene na područjima izvlaštenja željeznice, izgradnja željezničkih podvožnjaka/nadvožnjaka, radovi na izmicanju željezničke pruge, radovi na održavanju pruge i drugo škode projektima signalizacije. Razine promjene željezničke infrastrukture/gornjeg ustroja započete nakon provedbe projekta modernizacije mogu uzrokovati zaustavljanje ili

odgodu projekata ERTMS-a/ETCS-a ili uzrokovati skupe dodatne troškove inženjeringa/softvera/materijala.

Osim toga sustav signalizacije, posebno ETCS, osjetljiv je na promjene u geometriji kolosijeka čak i za nekoliko metara. Da bi se instalirao sustav ETCS-a, statički profil brzine pružne dionice mora biti poznat unaprijed i ti podaci moraju biti ugrađeni u softver i hardver sustava poput baliza. Slično tome, mnogi parametri (vrijeme kašnjenja kočenja, vrijeme aktiviranja kočnice, ubrzanje kočenja, usporavanje kočenja, tolerancija pokazivača brzine i drugo za lokomotive) koji utječu na dinamičko ponašanje vlakova moraju biti poznati unaprijed. Važno je točno i na vrijeme dostaviti detaljne tehničke podatke koji su potrebni za ugradnju ETCS sustava u vlak. Ako se nešto zaboravi, tada to može predstavljati dodatni trošak i kašnjenje ili sigurnosni propust.

### Zaključavanje preklapanja (sigurnosne zone)

Dopuštena brzina približavanja preko crvenog signala naziva se brzina otpuštanja. Zaustavni put koji se oslanja na brzinu otpuštanja za sigurno zaustavljanje nakon signala poznat je kao sigurnosni razmak (put proklizavanja). S obzirom na potreban sigurnosni razmak iza crvenog signala, definirana je zona u kojoj se vozilo može sigurno zaustaviti ako prijeđe preko crvenog signala. Sve komponente signalizacije zaključane su unutar te zone i nikakva ju druga postavka željezničkog prometa ne smije koristiti. Ta zaključana zona naziva se područje preklapanja.

Sigurnosni razmak fizički se osigurava na terenu pomicanjem izlaznih signala od međnika i pomicanjem ulaznih signala prema zaštitnim signalima. U tome slučaju dodatno se skraćuju korisne duljine kolosijeka i smanjuje ukupna nosivost pruge. Takvo fizičko pomicanje signala primjenjuje se na prugama željeznica velikih brzina. Međutim, to nije poželjno na konvencionalnim prugama za teretni prijevoz. U implementacijama turskog ETCS-a korisne duljine postojećih kolosijeka obično nije dopušteno skraćivati kako bi se dobila područja fizičkog preklapanja jer su ti kolosijeci općenito već kratki.

U slučajevima kada nije moguće fizički osigurati sigurnosne udaljenosti, primjenjuje se vremensko zaključavanje preklapanja primjenom softvera za zabavljenje. Kada se postavi trasa, povezana područja preklapanja električno se zaključavaju pomoću softvera za zabavljenje. U zaključanom području određeno vrijeme nije dopušteno daljnje postavljanje voznih puteva.

Kada softver vremenski zaključa regiju preklapanja, tada se broj istodobnih opcija postavljanja voznih puteva može smanjiti. U takvome slučaju vlakovi mogu natjerati jedni druge na čekanje pa se radna učinkovitost može smanjiti. Zato se razina sigurnosti i opseg rada međusobno odmieravaju poput uravnotežene klackalice. Tehnički nije moguće održati jedno bez rušenja drugog, bez ulaganja u infrastrukturu i gornji pružni ustroj. Međutim, ako se duljine kolodvorskih kolosijeka povećaju tijekom izgradnje željezničke infrastrukture/gornjeg ustroja, istodobno se mogu povećati i razina sigurnosti i kapacitet.

### Primjena željezničko-cestovnih prijelaza

Postoji vrsta uređaja za osiguranje željezničko-cestovnog prijelaza (ŽCP) pod nazivom ŽCP osjetljiv na brzinu, gdje sustav mjeri brzinu vlaka na točki detekcije i prilagođava vrijeme kašnjenja ovisno o toj početnoj brzini kako bi ŽCP zatvorio branike. Projektiranje željezničko-cestovnih prijelaza osjetljivih na brzinu u ETCS sustavima skupo je i složeno. Za takve željezničko-cestovne prijelaze može se odrediti odgovarajuće vrijeme kašnjenja za spuštanje branika na temelju prosječne brzine vlaka izmjerene neposredno prije točke aktivacije ŽCP-a. Pri takvoj primjeni, kada vlak malom brzinom stigne na točku aktivacije, prijelaz se ne aktivira odmah, a aktivacija se odgađa na određeno vrijeme te se kasnije aktivira zabavljenjem.

Kada je riječ o takvome dizajnu, što je s prometovanjem vlakova koji imaju samo ATS opremu i kreću se uz nagla ubrzanja/usporavanja? Kretanje takvih vlakova ne može se kontrolirati pomoću ETCS baliza. Na primjer, vlak s akceleracijom od 1m/s \*s može ući u točku aktivacije prijelaza pri maloj brzini od 30 km/h (približno 8 m/s), a poslije može povećati brzinu

na 120 km/h (približno 33 m/s) za manje od pola minute i približavati se križanju tom maksimalnom brzinom. U tome slučaju ETCS sustav ne može reagirati na iznenadne promjene u prosječnoj brzini vlaka opremljenog ATS-om i možda neće biti moguće osigurati sigurnost prijelaza. Poznato je da mnoge garniture

vlakova opremljene ATS-om imaju visoke vrijednosti ubrzanja tijekom vožnje.

Zbog toga se u praksi pri projektiranju aktivacije željezničkih prijelaza uzimaju u obzir željeznička vozila bez ETCS-a, čije se krivulje brzine i kretanja ne mogu kontinuirano pratiti. Najopasnije mo-

gućnosti ubrzanja takvih vozila računaju se kako bi se odredila vremena kašnjenja za spuštanje branika. Kao rezultat toga vrijeme spuštanja branika neizbježno se produljuje i ETCS sustav ne pruža željenu razinu koristi u mješovitim radnim uvjetima, posebno za ŽCP-ove osjetljive na brzinu.

## LITERATURA

- [1] Razine signalizacije ERTMS-a, UNIFE, Europska željeznička industrija, <http://www.ertms.com/ertms/ertms-signalling-levels.aspx>
- [2] ERTMS razine, različite razine primjene ERTMS-a/ETCS-a koje odgovaraju potrebama korisnika, informativni list br.3, Unife, Europska željeznička industrija.
- [3] ERTMS iz perspektive strojovođa: Kako Ertms strojovođama olakšava vožnju vlakova, informativni list br. 13, Unife, Europska željeznička industrija.
- [4] Povećanje kapaciteta infrastrukture, Kako ERTMS poboljšava učinke željeznice, informativni list br. 10, Unife, Europska željeznička industrija.
- [5] Utjecaj ETCS-a na kapacitet pruge, Institut za prometne znanosti – Katedra za željezničko inženjerstvo i ekonomiju prometa na sveučilištu Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Međunarodna željeznička unija (UIC) ERTMS platforma, Odjel za infrastrukturu, 2008-03-21.

## SAŽETAK

## UČINAK ETCS-a NA KAPACITET PRUGE

*Europski sustav upravljanja i nadzora nad vlakovima (ETCS) standardizirani je sustav ATP-a (automatske zaštite vlaka) što ga je uspostavila Zajednica europskih željeznica i infrastrukturnih poduzeća (CER), a standardiziran je kako bi se osigurala interoperabilnost među europskim državama. Tipovi ETCS-a se zbog usklađenosti dijele na razinu 1, razinu 2 i razinu 3. Kako se broj razine povećava, tako se broj potkomponenata kontrolnog sustava smanjuje uz prugu, a povećava na jedinicama ugrađenima u vozila. Kao što je poznato, ETCS nudi dvije glavne prednosti: interoperabilnost i povećanje razine sigurnosti sa sustavom zaštite vlakova i stalnom kontrolom. Kada se procijene te dvije glavne prednosti i primjena tipova ETCS-a u kontekstu uvjeta u Turskoj, mogu se donijeti neke odluke u pogledu interoperabilnosti, sigurnosti i kapaciteta pruga.*

**Ključne riječi:** ETCS, kapacitet pruge, interoperabilnost, sigurnost

**Kategorizacija:** stručni rad

## SUMMARY

## THE EFFECT OF THE ETCS ON LINE CAPACITY

*The European TrainControl System (ETCS) is a standardized ATP (Automatic Train Protection) system established by the European Railway Community (CER) and standardized to ensure interoperability between European countries. ETCS types are referred as level-1, level-2, and level-3. The level number increases, the subcomponents of the control system decrease along the road and increase on the board unit of the vehicle. As it is known, ETCS offers two main benefits; firstly, interoperability, and secondly, increasing safety with train protection system and continuous control. When these two main benefits and the application of ETCS types in terms of four country's conditions are evaluated, some determinations can be made in terms of interoperability, safety, and line capacity, which are given below under sub-headings*

**Key words:** ETCS, line capacity, interoperability, safety

**Categorization:** professional paper

## PODUPIRUĆI ČLANOVI HDŽI-a



SIEMENS

FRAUSCHER



KONČAR

Plasser &amp; Theurer

THALES

kontron

Rail Cargo Carrier  
Member of ÖBB

HŽ PUTNIČKI PRIJEVOZ

ALSTOM