

ERTMS – IZAZOVI I PRILIKE ZA POBOLJŠANJE SIGURNOSTI I INTEROPERABILNOSTI ŽELJEZNIČKOG SUSTAVA

Europski sustav za upravljanje željezničkim prometom (ERTMS – European Railway Traffic Management System) jedan je od najvećih industrijskih projekata Europske unije u povijesti razvoja željeznica. U realizaciji toga vrlo zahtjevnog projekta pojavljuju se mnogi izazovi, ali i prilike da željeznički promet postane sigurniji, interoperabilniji i konkurentniji u odnosu na ostale vidove prometa. Nova europska regulativa ((EU) 2023/1695) za tehničke specifikacije interoperabilnosti prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog podsustava pruža na tome putu znatan poticaj (i obvezu) za ubrzanje učinkovite provedbe ERTMS-a, u čijemu je fokusu jačanje sigurnosti i interoperabilnosti unutar Jedinog prostora europskih željeznica (SERA – Single European Railway Area).



Želimir Delač, dipl. ing. el.

Agencija za sigurnost
željezničkog prometa

zelimir.delac@asz.hr

UDK: 656.2+681.5

1. Uvod – povijest ERTMS-a/ETCS-a

Prije nego što je pokrenut projekt ERTMS-a unutar EU-a, gotovo svaka država članica imala je (ili još uvijek djelomično ima) svoj automatski sustav zaštite vlakova (ATP – Automatic Train Protection). Ti sustavi nisu međusobno kompatibilni i zato je prelazak svake granice značio da vlakovi moraju implementirati nekoliko ugrađenih ATP uređaja, od kojih svaki ima specifičnu namjenu. Na slici 1. prikazani su različiti europski sustavi zaštite vlaka koji prema Prilogu II. Uredbe (EU) 2023/1695 pripadaju sustavima razreda B. [13]

Prvi koraci u uvođenju jedinstvenoga europskog sustava upravljanja prometom napravljeni su početkom osamdesetih godina prošlog stoljeća kada su se među zainteresiranim stranama unutar europskih željeznica vodile rasprave o tome kako uspostaviti usklađeni, harmonizirani pristup upravljanju vlakovima. Tadašnje istraživačke projekte pokrenula je Europska zajednica (European Community). [1]

Krajem 1990. skupina upravitelja infrastrukturom sa zajedničkim interesima (ERTMS Users' Group-EUG [2]) stvorila je početnu verziju ERTMS-a s namjerom da ostvari željezničku interoperabilnost. Na početku se skupina sastojala samo od stručnjaka upravitelja infrastrukturom, no relativno su brzo uočili potrebu uključivanja industrije u finalizaciju tehničkih specifikacija interoperabilnosti ERTMS-a (TSI CCS), koje su uskoro postale dio EU-ove regulative.

Prema dijagramu na slici 2. može se vidjeti kako je tekla povijest razvoja EU-

ove regulative za ERTMS. Godine 1996. ERTMS se spominje prvi put u Direktivi Vijeća 96/48/EC [5] za interoperabilnost, u njezinu Prilogu II. kao sustav transeuropskih željeznica velikih brzina koji treba primijeniti radi ispunjenja zahtjeva za interoperabilnost. Na taj su način prvi put iskazani koncept interoperabilnosti europskih željeznica te potreba izgradnje jedinstvenog sustava upravljanja prometom – ERTMS-a.

Poslije se u Odluci Komisije 2001/260/EC [7] prvi put spominju osnovni parametri (basic parameters) za prometno-uprav-



Slika 1. Pregled europskih nacionalnih sustava automatske zaštite vlakova (ATP – Automatic Train Protection – sustavi klase B prema Prilogu II. Uredbe (EU) 2023/1695)

ljački i signalno-sigurnosni podsustav (PU-SS/CCS – *Control Command System*) transeuropskoga željezničkog sustava velikih brzina povezani s ERTMS karakteristikama, kako je to utvrđeno u Direktivi 96/48/EC. U prilogu te odluke navedene su karakteristike za ERTMS (među ostalim, specifikacije za ERTMS/ETCS: SUBSET-026 Ver. 2.0.0, *System Requirements Specification*). [14]

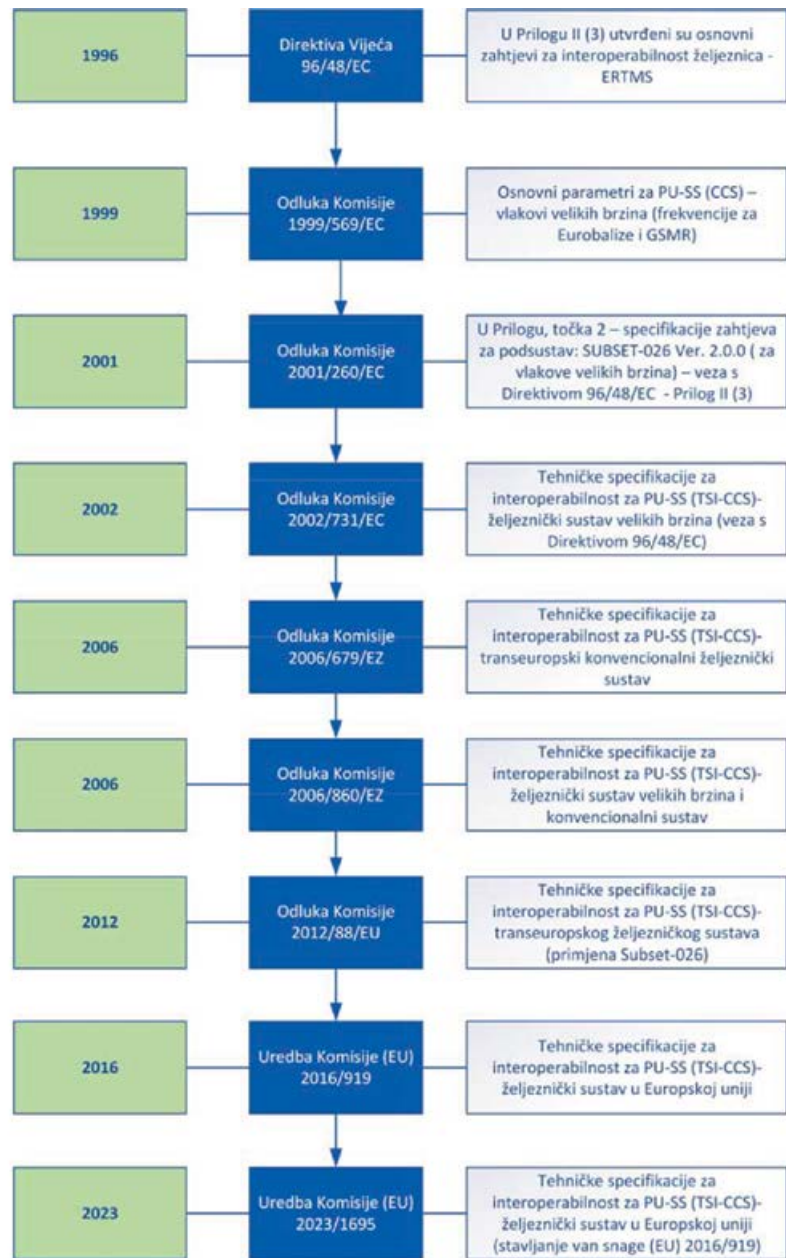
Prve tehničke specifikacije interoperabilnosti (TSI) za ERTMS, tj. specifikacije za prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav, objavljene su u Odluci Komisije 2002/731/EC [8], ali samo za transeuropski željeznički sustav velikih brzina (*Annex – Technical specification for interoperability relating to the control-command and signalling subsystem*).

Godine 2006. u Odluci Komisije 2006/679/EZ [10] objavljene su tehničke specifikacije za interoperabilnost za PU-SS za transeuropski konvencionalni željeznički sustav, a u Odluci Komisije 2012/88/EU [11] stupile su na snagu tehničke specifikacije interoperabilnosti za PU-SS podsustav transeuropskoga željezničkog sustava. U članku 6. te odluke navodi se da temelj za javne natječeaje za opremanje pruga ETCS-om i izvođenje testiranja ETCS-a mogu biti primijenjene specifikacije serije *Subset-026* (SRS – *System Requirements Specification*). [14]

U Uredbi Komisije (EU) 2016/919 [12], koja je donesena u sklopu stupanja na snagu 4. željezničkog paketa, područje primjene ERTMS-a širi se na cijeli željeznički sustav EU-a.

Trenutačno jer na snazi Provedbena uredba Komisije (EU) 2023/1695 [13], kojom su utvrđeni TSI-ovi za PU-SS podsustav željezničkog sustava u Europskoj uniji i kojom je stavljena izvan snage Uredba (EU) 2016/919. Tom zadnjom uredbom želi se znatno ubrzati ugradnja ERTMS-a i više nisu dopuštena izuzeća (derogacije), kako je to bilo moguće u prethodnoj regulativi.

Treba istaknuti da zemlje članice prema članku 5. Uredbe trebaju izraditi zasebne nacionalne provedbene planove koje dostavljaju Komisiji i Agenciji Europske unije za željeznice na odobrenje.



Izvor: autor

Slika 2. Povijesni razvoj EU-ove regulative za PU-SS podsustav – ERTMS

2. ERTMS – osnovna struktura i okruženje

ERTMS jest europski sustav upravljanja željezničkim prometom – *European Rail Traffic Management System*. Upravljanje prometom bazira se na sustavu upravljanja (kontrola) vlakovima – ETCS (*European Train Control System*).

Obvezujuću Uredbu (EU) 2023/1695 [13] propisuje tehničke specifikacije za interoperabilnost prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog podsustava železničkog sustava u Europskoj uniji za podsustav *razreda A* (ERTMS). Ugradnja ERTMS-a je prema toj Uredbi obvezna pri izgradnji ili modernizaciji novih pruga i željezničkih vozila. Cilj ERTMS-a je da se u cijelosti diljem Europe postojeći nekompatibilni automatski sustavi zaštite vlaka i radijski sustavi za komunikaciju (*razreda B*) zamijene novim sustavom ETCS-a.

Pored ERTMS-a i dalje se predviđa da će u budućnosti postojati dijelovi PU-SS podsustava koji će se oslanjati na nacio-

nalna pravila jer nisu propisani EU-ovom regulativom. Doduše, očekuje se da takvi dijelovi kao što su sustavi za upravljanje skretnicama (*interlocking*) i automatizirani željezničko-cestovni prijelazi (ŽCP; *level crossings*) budu osuvremenjeni i prilagođeni za sučelje s ERTMS-om.

U skladu s prirodom funkcionalnosti sustav ERTMS/ETCS sastoji se od **pod-sustava uz prugu (*trackside*) i pod-sustava unutar vozila (*on-board*)**. S obzirom na to da je to uređeno ERTMS/ETCS specifikacijama (SUBSET-026-2 [14]), okružje ERTMS/ETCS sustava sastoji se od:

- vlaka i njegovih sučelja
- strojovođe koji je vezan uz sučelje u vlaku (u upravljačnici)
- ostalih sučelja vlaka
- vanjskih sustava uz prugu (*interlocking*, sustav radijskih antena, kontrolni centri itd.) koji nisu pokriveni zahtjevima za interoperabilnost (TSI CCS).

3. Arhitektura ERTMS/ETCS-a

Ovisno o aplikacijskim razinama (ETCS-ove razine – *application levels*), **ETCS uz prugu (*trackside*)** mogu sačinjavati sljedeći sastavni dijelovi (slika 3.):

- eurbaliza (*Eurobalise*)
- elektronička jedinica uz prugu (*LEU – Lineside Electronic Unit*)
- radijska komunikacijska mreža (*RMR–Railway Mobile Radio; GSM–R–Global System for Mobile Communications*)
- radijski blok-centar (*RBC – Radio Block Centre*)
- europetlja (*Euroloop*)
- radijski sustav za popunjavanje (*RIU – Radio Infill Unit*)
- centar za kriptografske ključeve (*KMC – Key Management Centre*).

Eurobaliza jest transmisijski uređaj koji osigurava *up-link*, tj. prijenos podataka (tzv. telegrama) od opreme uz prugu prema opremi ETCS-a u vlaku. Ti podaci mogu biti fiksni ili promjenjivi (ako postoji veza s LEU-om). Podaci telegrama vezani su uz infrastrukturu pruge kao što su ograničenja brzine, reference o lokaciji vlaka, nagib pruge i ostale reference infrastrukture. To je pasivni uređaj i nije mu potrebno posebno napajanje jer ima beskontaktno djelovanje od antene vlaka (BTM), koja ga pobuđuje, koja prima

i prenosi podatke u središnji računalni sustav ETCS-a. Balize se organiziraju u grupe, gdje svaka baliza šalje pojedinačne telegrame, a kombinacija telegrama čini poruku koju je poslala grupa baliza.

LEU jest elektronička jedinica ETCS-a uz prugu koja prima telegrame od vanjskih sustava uz prugu koji nisu dio ERTMS sustava kao što su to sustavi za upravljanje prometom i signalizacijom (*interlocking*) i šalju ih prema eurobalizama i/ili europetljama.

RMR jest europski radijski komunikacijski sustav za željeznicu koji se za sada zasniva na GSM-R-u, komunikacijskoj mreži za željeznice kojom se osiguravaju glasovna komunikacija i razmjena podataka između podsustava na vlaku (*on-board*) i radijske opreme uz prugu: RBC-a ili RIU-a. U budućnosti je planirano da se GSM-R zamjeni naprednijim digitalnim sustavom, FRMCS-om (*Future Railway Mobile Communication System*).

RBC jest sustav koji se zasniva na računalnoj tehnologiji, koji obrađuje podatke dobivene od opreme uz prugu (*trackside*) i informacije razmijenjene s opremom ETCS-a na vlaku za slanje preko RMR-a u vlak. Glavna je namjena tih poruka pružanje informacija o ovlasti (dozvole) za vožnju (*MA – Movement Authority*), čime se osigurava sigurno kretanje vlakova na željezničkoj infrastrukturi i kao takav važan je dio interoperabilnosti i sigurnosti koju pruža ERTMS.

Europetlja – podsustav s europetljom primjenjuje se jedino na ETCS-u razine 1. Taj sustav unaprijed pruža signalne informacije vezane uz status sljedećega glavnog signala u smjeru vožnje vlaka. Sustav s europetljom sastoji se od funkcionalnosti i opreme uz tračnice (*trackside*) te na vlaku (*on-board*).

RIU jest radijski podsustav za nadopunu podataka (*Radio Infill Unit*) koji se primjenjuje jedino na ETCS-u razine 1. Sustav s RIU-om sastoji se od funkcionalnosti i opreme uz tračnice (*trackside*) te na vlaku (*on-board*). Kao i europetlja, RIU unaprijed pruža signalne informacije vezane uz status sljedećega glavnog signala u smjeru vožnje vlaka.

KMC ima ulogu upravljanja kriptografskim ključevima koji se koriste za zaštitu

sigurnosti radijske komunikacije između ERTMS/ETCS entiteta (ERTMS/ETCS opreme na vlaku, RBC-a i RIU-a).

Interlocking pripada nacionalnome sustavu i nije komponenta interoperabilnosti, ali ima ključnu ulogu u sustavu signalizacije i upravljanja PU-SS-om unutar ERTMS-a. Sustav blokada ili *interlocking* sadržava opremu koja jamči sigurnost kretanja vlakova, tj. uspostavu sigurnih puteva odgovarajućim postavljanjem signala i skretnica. Sučelje između *interlockinga* i ERTMS podsustava uz prugu neophodno je u gotovo svim ERTMS strukturama.

Ovisno o aplikacijskim razinama ETCS-a, **opremu na vlaku (*on-board*)** mogu sačinjavati sljedeći glavni sastavni dijelovi (slika 3.):

- ERTMS/ETCS oprema na vlaku (*ERTMS/ETCS on-board equipment*)
- GSM-R radijski sustav, podsustav na vlaku (*on-board part of the GSM-R radio system*).

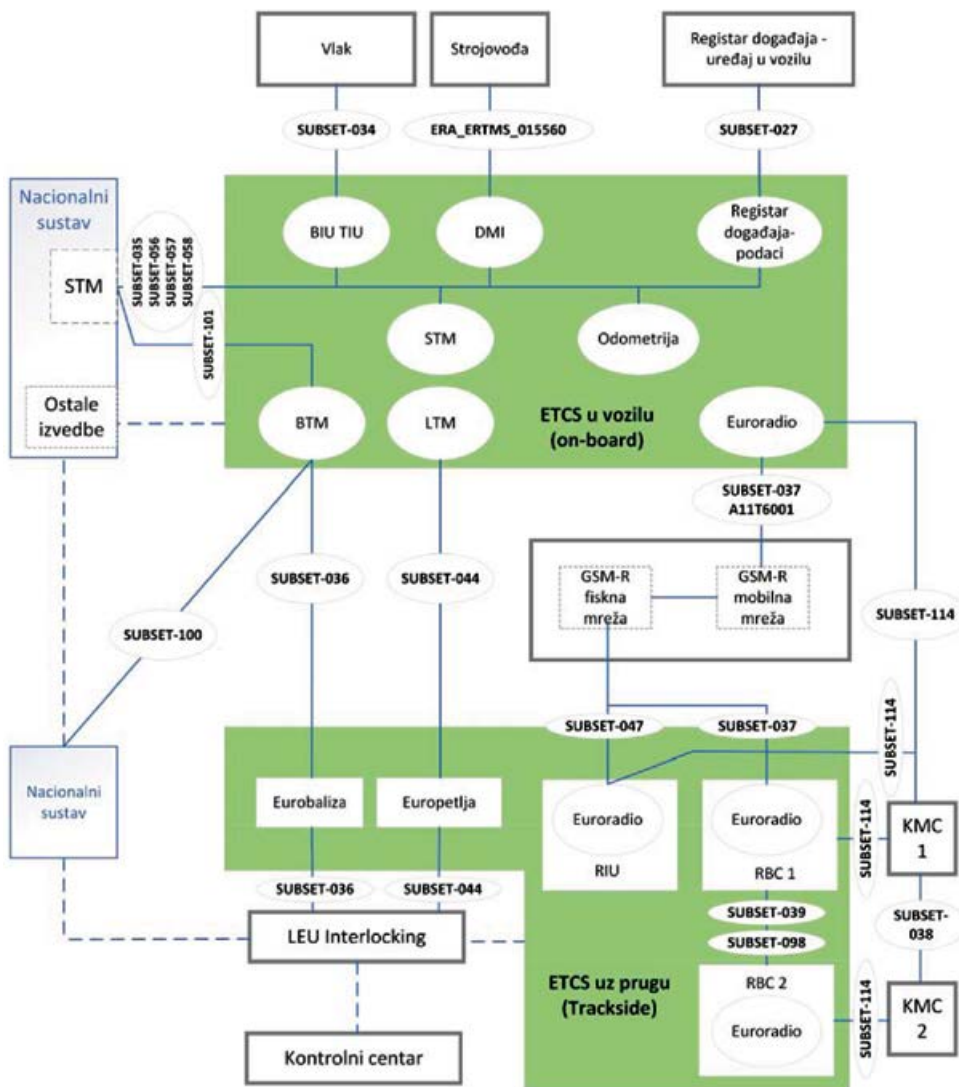
ERTMS/ETCS oprema na vlaku (*on-board equipment*) jest elektronička računalna oprema (*computer-based system*) koja nadzire kretanje vlaka na temelju informacija razmijenjenih s podsustavom uz prugu (*trackside subsystem*).

Zahtjevi interoperabilnosti (TSI CCS) za ERTMS/ETCS opremu na vozilu (*on-board*) povezani su s funkcijama i podacima podsustava uz prugu (*trackside*) te s funkcijama i podacima razmijenjenima između vlaka, strojovođe i dijelova nacionalnog sustava povezanog s nadzorom vlaka (sučelja prema *System Requirements Specification*, REF: SUBSET-026-2; slika 3.).

Glavni dijelovi opreme **ETCS-a na vozilu** (ETCS *on-board*) jesu:

- **BIU** (*Brake Interface Unit*), odnosno jedinica kojom je ostvareno sučelje za kočenje vlaka preko ETCS-a. U nju su uključena sučelja za kočnicu, naredbe i status/dostupnost kočnice za hitne slučajeve kao i pristup radnoj kočnici.

- **TIU** (*Train Interface Unit*), odnosno jedinica kojom je ostvareno sučelje između ETCS-a i vlaka radi razmjene raznih informacija (npr. smjer kretanja vlaka, brzina, ograničenja...)



Slika 3. Arhitektura ERTMS/ETCS-a; sustav i njegova sučelja prema System Requirements Specification, REF: SUBSET-026-2

- **STM** (*Specific Transmission Module*), odnosno specifični modul za prijenos signala između nacionalnog sustava za automatsku zaštitu vlaka (autostopa) i ETCS-a

- **DMI** (*Driver Machine Interface*), odnosno sučelje između strojovođe i ETCS-a. U većini slučajeva to je LCD *touch screen* panel koji se koristi radi davanja naloga (komandi) i signalizacije, a uz to omogućeno je da strojovođa upisuje razne podatke za vožnju (npr. ID strojovođe i vlaka) i da ima uvid u podatke važne za kretanje i nadzor vlaka.

- **BTM** (*Balise transmission Module*), odnosno modul ETCS-a koji se nalazi na vlaku i služi za prijenos signala sa strane

pruge prema vlaku, koji obrađuje signale s eurobalize (telegrame) primljene preko antene vlaka

- **LTM** (*Loop Transmission Module*), odnosno modul za prijenos podataka iz europetlje preko antene vlaka (opcija – upotrebljava se u slučaju ako postoji europetlja)

- **odometrijski sustav** (*Odometry System*), odnosno računanje udaljenosti, brzine i ubrzanja vlaka koje se izvodi tahometrom i/ili radarom i prenosi u središnju jedinicu ETCS-a

- **euroradio**, koji se sastoji od podatkovne radijske komunikacija (*Data radio*) i glasovne radijske komunikacije, tj. glasovnog radija (*Voice Radio*). Danas

Izvor: 14

se euroradio za željeznice zasniva na GSM-R tehnologiji 2G, a u budućnosti će taj sustav komunikacije zamijeniti novi digitalni 5G sustav FRMCS.

- **nacionalni sustavi** koji ne pripadaju tehničkim specifikacijama interoperabilnosti razreda A ERTMS-a.

Pripadaju sustavima razreda B (u skladu s Prilogom II. (EU) 2023/1695 Uredbe [13]): sustavi za zaštitu vlaka (za Hrvatsku je to autostop-uređaj INDUSI I 60/PZB 90) te glasovni radijski sustav (za Hrvatsku je to analogni željeznički radio sustav RDU u skladu s UIC 751-3). Sustavi razreda B naslijeđeni su sustavi na koje se upućuje u TSI-i za PU-SS podsustav.

Oni su dio postojećih sustava automatske zaštite vlaka i glasovnih radijskih sustava koji su bili u uporabi u transeuropskoj željezničkoj mreži prije 20. travnja 2001. Države članice moraju omogućiti da sustavi razreda B ostanu u verzijama u kojima su navedeni u uredbi, a za svaku promjenu (eventualno radi smanjenja sigurnosnih manjkavosti, a u pravilu radi smanjenja sigurnosnih manjkavosti) treba tražiti mišljenje od Komisije i Agencije Europske unije za željeznice.

4. ETCS – Europski sustav upravljanja vlakovima

ETCS jest glavni dio PU-SS željezničkog podsustava koji se koristi u sklopu ERTMS-a. Prema Uredbi (EU) 2023/1695 [13], kako bi se ERTMS prilagodio najnovijim potrebama željezničkog sustava, uvedene su dvije nove verzije ETCS-a: **verzija 2.2** i **verzija 3.0** prema novome ažuriranju ETCS-a s inačicom **baseline 4**, za koju se očekuje da bude dostupna za ugradnju u vozila nakon 1. siječnja 2025.

Verzija sustava 2.2 u cijelosti je kompatibilna s prethodnim verzijama, dok verzija sustava 3.0 nije kompatibilna jer uključuje funkcionalnosti koje treba provesti u vozilu nakon što se ugradi uz prugu.

Prema Pravilima za primjenu verzija sustava ETCS-a koja su navedena u točki 7.4.1.3. Uredbe (EU) 2023/1695 [13], u sklopu ugradnje uz prugu moguće je odabrati funkcije ETCS-a koje će se primijeniti iz skupa specifikacija u Dodatku A Uredbi. Specifikacije u Dodatku A sadržavaju funkcije sljedećih verzija

(*application levels*): 1.0, 1.1, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3 i 3.0. U skladu s postupkom definiranim u točki 7.4.4. (Nacionalni planovi provedbe) upravitelj mora obavijestiti o verzijama sustava koji se koriste na pojedinim prugama i te obavijesti dostaviti u Registar infrastrukture (RINF) te preko Izvješća o mreži u skladu s člankom 27. Direktive 2012/34/EU.

Upravitelj infrastrukturom prilikom gradnje novih pruga ili modernizacije postojećih može birati između osnovne tri razine ETCS-a, odnosno između verzija u Dodatku A Uredbi (EU) 2023/1695 [13] (kako je to prethodno navedeno), a ovisno o sigurnosnim i tehničkim potrebama mreže, ekonomsko-gospodarsvenim aspektima te o svim ostalim aspektima migracije postojećega nacionalnog sustava u skladu s nacionalnim planom provedbe ERTMS-a (t. 7.4.4. Uredbe (EU) 2023/1695 [13]).

Željeznička vozila koja su opremljena ETCS-om mogu se na pruži susresti s različitim razinama ETCS-a (0, NTC, 1–3). Željeznički prijevoznici, kako bi bili sigurni u interoperabilnost svojih vozila, moraju u skladu s objavama upravitelja infrastrukturom (u Izvješću o mreži i RINF-u) poznavati kakva je opremljenost pruga po pitanju ERTMS/ETCS sustava. U cilju potpune interoperabilnosti najbolje je da željeznička vozila budu opremljena najvišom razinom ETCS-a.

Osnovne verzije/razine ETCS-a

Razina 0 (Level 0) odnosi se na vlakove opremljene ETCS-om na pružnim dionicama koje nisu opremljene ETCS-om ili nacionalnim sustavom (ili ti sustavi trenutno ne rade). Na toj razini vlakovi prometuju bez ATP-a, no omogućena je odgovarajuća optička signalizacija uz prugu. Cjelovitost vlaka (*train integrity*) i detekcija vlaka omogućena je opremom uz prugu (*track side*). Na toj razini ne postoji prijenos podataka vozilo – pruga, osim kod nailaska eurobalize koja najavljuje prelazak prema višoj razini prema kojoj se kreće vlak (slika 4.).

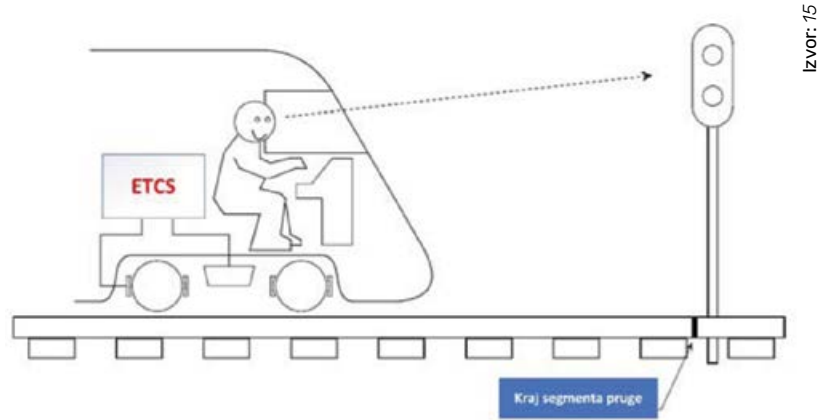
Razina NTC (Level NTC) koristi se za upravljanje vlakovima koji su opremljeni ERTMS/ETCS opremom, ali uz prugu nalazi se samo oprema s nacionalnim su-

stavom kontrole vlakova (*Class B* – npr. autostop). Detekcija vlaka i nadzor cjelovitosti vlaka (*train integrity*) provodi se opremom izvan ERTMS/ETCS-a. Kao sučelje između ETCS/NTC-a koristi se STM (*Specific Transmission Module*). ETCS oprema u vozilu u stanju je spremnosti za prihvatanje signala od eurobalize za prelazak na jednu od viših razina (slika 5.).

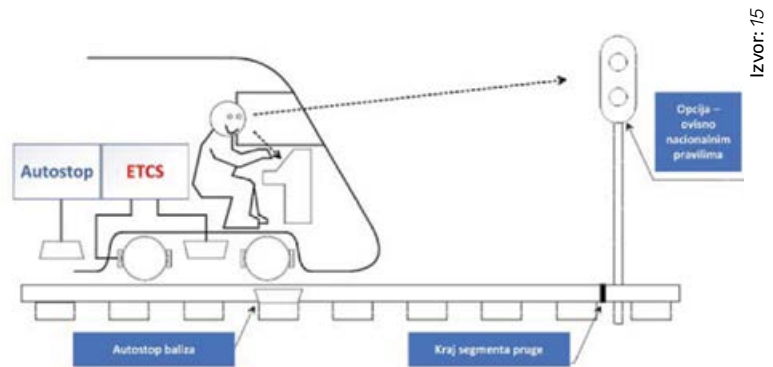
Razina 1 (Level 1) omogućuje stalan nadzor kretanja vlaka i stalnu zaštitu vlaka. ATP (ETCS) računalo neprestano nadzire maksimalno dopuštenu brzinu i računa dijagram kočenja do lokacije do koje vlak smije stići (*the end of movement authority*). Komunikacija između vlaka i tračničkog dijela (*trackside*) je nekontinuirana (točkasta) preko eurobalize. Detekcija i cjelovitost vlaka (*train*

integrity) omogućeni su iz sustava izvan ERTMS-a (bazni nacionalni sustav). Koriste se pasivne eurobalize kao točkasti *up-link* podataka prema vozilu. Tračnička oprema (*track side*) ne prepoznaje vlak kojemu šalje signal. Ovlasti za kretanje vlaka (MA – *Movement Authorities*) generiraju se sa strane pruge (*track side*) i šalju prema vlaku preko eurobaliza (slika 6.). Taj se sustav uglavnom koristi za konvencionalne pruge s brzinama do 160 km/h. Ta su ograničenja postavljena u skladu s nacionalnim pravilima (npr. Danska 180 km/h, Francuska 200 km/h).

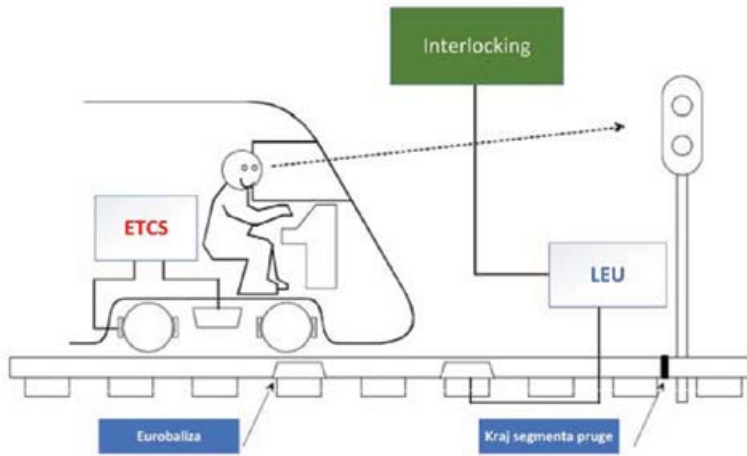
U većini europskih zemalja traži se da za pruge velikih brzina postoji neprekidna veza između opreme na vlaku i opreme uz tračnice (radijski sustav preko RBC-a). [3]



Slika 4. ETCS razine 0; sustav i njegova sučelja prema System Requirements Specification, REF: SUBSET-026-2; 2.6.3 [15]

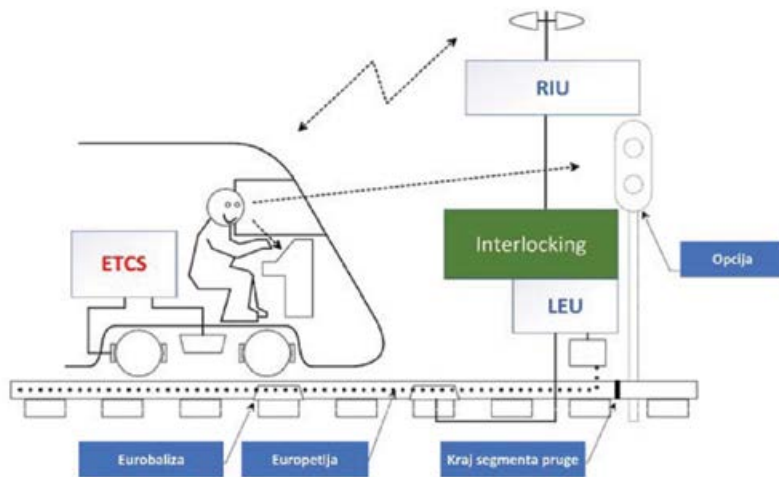


Slika 5. ETCS razine NTC; sustav i njegova sučelja prema System Requirements Specification, REF: SUBSET-026-2; 2.6.4



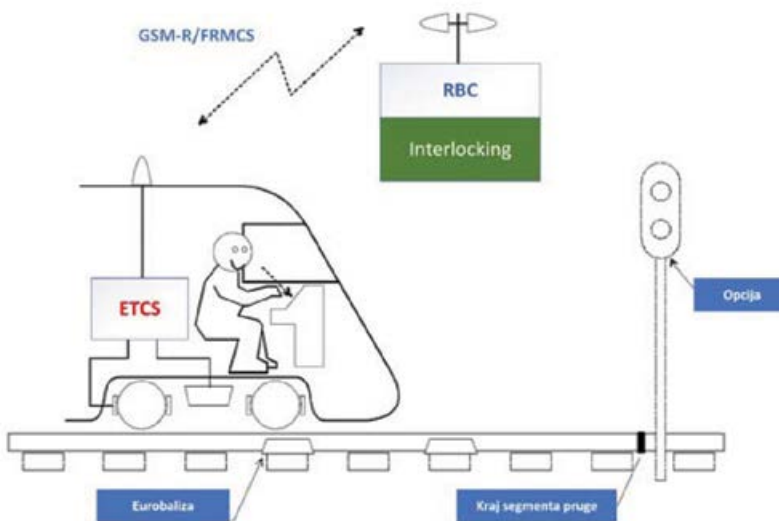
Izvor: 15

Slika 6. ETCS razine 1; sustav i njegova sučelja prema System Requirements Specification, REF: SUBSET-026-2; 2.6.5



Izvor: 15

Slika 7. ETCS razina 1 (infill function preko RIU-a ili europetlje); sustav i njegova sučelja prema System Requirements Specification, REF: SUBSET-026-2; 2.6.5



Izvor: 15

Slika 8. ETCS razine 2; sustav i njegova sučelja prema System Requirements Specification, REF: SUBSET-026-2; 2.6.6

Razina 1 s „ispunom” (Level 1 - infill function) omogućuje stalan nadzor kretanja vlaka i zaštitu vlaka. ETCS računalo neprestano nadzire maksimalno dopuštenu brzinu i računa dijagram kočnja do lokacije do koje vlak smije stići (*the end of movement authority*). Komunikacija između vlaka i tračničkog dijela (*trackside*) je polukontinuirana, preko europetlje ili RMR-a (signalizacija nije obvezna) i eurobaliza. Na toj razini, zahvaljujući dopunskoj informaciji preko europetlje ili radijskog sustava (RIU), strojovođa prije nailaska na eurobalizu glavnog signala može preko signalizacije na upravljačkom pultu (*on-board*) saznati kad stiže glavni signal, čime je povećana razina sigurnosti na toj razini. Na toj razini tračnička oprema (*track side*) ne prepoznaje vlak kojemu šalje signal. Ovlasti za kretanje vlaka (MA – *Movement Authorities*) generiraju se sa strane pruge (*track side*) i šalju prema vlaku preko eurobaliza (lokalno). Optička signalizacija i oprema nacionalnog sustava zaštite vlaka više nisu potrebne, no može se koristiti kao opcija (slika 7.).

Razina 2 (Level 2) jest razina koja se zasniva na stalnoj radijskoj komunikaciji (RMR/GSM-R) između vlaka i opreme uz prugu (preko RBC-a) te na komunikaciji s eurobalizama kao točkastome sustavu prijenosa informacija s pruge (uglavnom radi određivanje lokacije vlaka). Postoji stalan nadzor kretanja i brzine vlaka s neprekidnom komunikacijom preko željezničkoga radijskog sustava, čime se vlak neprestano štiti od prekoračenja dopuštene brzine. Kao i razina 1 oslanja se na bazni nacionalni sustav PU-SS-a (*interlocking* – brojači osovina – detekcija vlaka/cjelovitost vlaka). RBC koji komunicira s vlakom zna za svaki vlak koji je kontroliran preko ERTMS/ETCS sustava (u skladu s ID podacima unesenima preko *on-board* opreme vlaka). Ovlasti za kretanje vlaka (MA – *Movement Authorities*) generiraju se sa strane pruge (*trackside*) i šalju vlaku preko euroradija (centralizirano). Optička signalizacija i oprema nacionalnog sustava zaštite vlaka više nisu potrebni, no mogu se koristiti kao opcija (slika 8.).

Razina 3 (Level 3) jest razina koja se zasniva na neprekidnoj kontroli preko radijskog centra – RBC-a, tj. preko euroradija. Ovlaštenja za vožnju generiraju se iz opreme uz prugu i šalju u vlak preko RBC-a. Razina 3 osigurava stalan

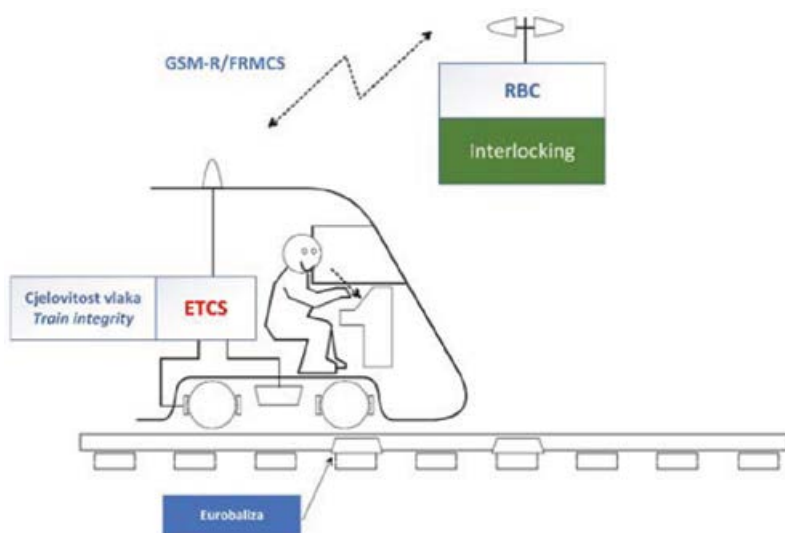
nadzor brzine, čime se vlak neprestano štiti od prekoračenja dopuštene brzine. Nadzor lokacija vlaka i cjelovitosti vlaka omogućen je preko RBC-a uz pomoć informacija iz vlaka, koji u RBC šalje izvješća o lokaciji i informacije o cjelovitosti vlaka. Na toj razini eurobalize se koriste kao točkasti izvor informacija o lokaciji vlaka. RBC koji komunicira s vlakom zna za svaki vlak koji je kontroliran preko ERTMS/ETCS sustava (u skladu s ID podacima unesenima preko *on-board* opreme vlaka). Ovlasti za kretanje vlaka (MA – *Movement Authorities*) generiraju

se sa strane pruge (*track side*) i šalju vlakom preko euroradija (centralizirano). Optička signalizacija i oprema nacionalnog sustava zaštite vlaka više nisu potrebni (slika 9.).

5. Modernizacija regulatornog okvira – nove tehnologije/novi izazovi

Prošle godine stupila je na snagu nova Provedbena uredba Komisije (EU) 2023/1695 [13], kojom je stavljena izvan snage prethodna Uredba Komisije (EU) 2016/919, čime je ostvarena daljnja

modernizacija regulative za tehničke specifikacije interoperabilnosti prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog podsustava, kojom se ponajprije nastoji omogućiti uspostava novih funkcionalnosti ERTMS-a povezanih s **digitalizacijom željezničkih mreža**. Pored toga, novom se uredbom želi povećati razina učinkovitosti i održivosti željezničkog prijevoza s daljnjim usklađivanjem Europskog sustava upravljanja željezničkim prometom (ERTMS) te širom i sustavnijom primjenom ERTMS-a u cijeloj Uniji, posebno na transeuropskoj prometnoj mreži.



Izvor: 14

Slika 9. ETCS razine 3; sustav i njegova sučelja prema System Requirements Specification, REF: SUBSET-026-2; 2.6.7

Tablica 1. Pregled razina ETCS-a (razina 1, razina 2, razina 3)

| | Razina 1 | Razina 2 | Razina 3 |
|--|--|---|---|
| Prijenos podataka | <ul style="list-style-type: none"> isprekidano (eurobaliza – točkasti izvor) polukontinuirano (europetlja, radijska popuna (radio infill)) | <ul style="list-style-type: none"> kontinuirano – euroradio (RMR, GSM-R, RBC) pozicija vlaka – eurobaliza | <ul style="list-style-type: none"> kontinuirano – euroradio (RMR, GSM-R, RBC) pozicija vlaka – eurobaliza |
| Signalizacija | <ul style="list-style-type: none"> uz prugu i/ili u upravljačnici vlaka | <ul style="list-style-type: none"> upravljačnica vlaka | <ul style="list-style-type: none"> upravljačnica vlaka |
| Detekcija vlaka | <ul style="list-style-type: none"> konvencionalno (brojači osovina) | <ul style="list-style-type: none"> konvencionalno (brojači osovina) | <ul style="list-style-type: none"> u vlakom (on-board) – cjelovitost vlaka (train integrity) |
| Odvajanje vlakova | <ul style="list-style-type: none"> fiksni blok | <ul style="list-style-type: none"> fiksni blok ili optimirani fiksni blok | <ul style="list-style-type: none"> optimizirani fiksni blok ili pokretni blok |
| Infrastruktura povezivanje | <ul style="list-style-type: none"> Interlocking – LEU – eurobaliza | <ul style="list-style-type: none"> Interlocking – RBC | <ul style="list-style-type: none"> Interlocking – RBC |
| Ovlast za vožnju (MA – Movement Authority) | <ul style="list-style-type: none"> LEU/eurobaliza (lokalno) | <ul style="list-style-type: none"> RBC (centar) | <ul style="list-style-type: none"> RBC (centar) |

Nova regulativa trebala bi pokrenuti nova ulaganja i ubrzati projekte ERTMS-a unutar Unije. Pritom zemlje članice trebaju biti spremne za nove obveze, usvajanje novih tehničkih i organizacijska znanja, kako bi se mogle prilagoditi novim promjenama i izazovima. Posebno je važno istaknuti da ovog puta, za razliku od prethodne regulative, nova uredba traži da se zemlje članice konkretnije izjasne o svojim planovima provedbe i migracije postojećih nacionalnih sustava prema interoperabilnome ERTMS-u. Prema članku 5. Uredbe (EU) 2023/1695 [13], traži se da države članice moraju poslati svoj nacionalni provedbeni plan izrađen u skladu s točkom 7.4.4. Priloga I. Komisiji i Agenciji Europske unije za željeznice do 15. lipnja 2024.

Države članice trebaju izraditi svoje nacionalne planove provedbe TSI-a (ERTMS-a) u koordinaciji s upraviteljima infrastrukturom i željezničkim prijevoznicima, uzimajući u obzir usklađenost cjelokupnoga željezničkog sustava Europske unije te gospodarsku održivost, interoperabilnost i sigurnost željezničkog sustava. Nacionalni planovi provedbe trebali bi trajati najmanje 20 godina i redovito se ažurirati, najmanje svakih pet godina. Planovi moraju biti u skladu s predloškom iz Dodatka H Uredbe (EU) 2023/1695. [13]

Budući razvoj ERTMS/ETCS-a kreće se u smjeru usvajanja novih tehnologija koje se zasnivaju na digitalnoj 5G komunikaciji i IP adresiranju, a to su budući željeznički mobilni komunikacijski sustav – FRMCS (*Future Railway Mobile Communications System*), automatsko upravljanje vlakovima – ATO (*Automatic Train Operation*) i digitalne automatske spojnice – DAC (*Digital Automatic Co-*

upling). U tom se smislu razvija i nova inačica ETCS-a *Baseline 4*. Dostupnost proizvoda ETCS-a za vozila prema specifikacijama *Baseline 4*, ATO-a *Baseline 1* te prototipova FRMCS-a za vozila Agencija Europske unije za željeznice prema članku 6. (EU) Uredbe 2023/1695 [13] trebala bi do 1. siječnja 2025. objaviti u izvješću za Komisiju.

6. Zaključak

Velike brzine i ujedno visoki standardi sigurnosti temeljne su značajke suvremenih prometnih sustava, pa tako i željezničkog sustava. Europski sustav za upravljanje prometom (ERTMS) važna je odrednica sadašnjeg i budućeg razvoja željeznica. ERTMS se razvija već duže vrijeme (u posljednjih dvadesetak godina) i osigurava željeznicama velikih brzina traženu sigurnost te sve više postaje standard i za konvencionalne pruge. Oslanjajući se na automatizaciju, na suvremene računalne i mobilne tehnologije ERTMS-om se uvode znatna poboljšanja željezničkog sustava, koja se mogu sažeti u nekoliko temeljnih značajki: neometani prelazak granica (*cross border interoperability*) bez izmjena sustava za zaštitu vlaka (čime je omogućena interoperabilnost željeznica), visoka razina sigurnosti nacionalnih i međunarodnih prometnih sustava, osiguranje maksimalnog kapaciteta prijevoza uz primjenu optimiranih pokretnih blokova u razdvajanju vlakova, postupno uvođenje novih digitalnih tehnologija te jačanje europskog sustava željezničkog prometa i željezničke industrije. Na kraju, uvođenje ERTMS-a omogućuje jačanje paneuropskih koridora te konkurentnosti i interoperabilnosti jedinstvenog prostora europskih željeznica (SERA).

LITERATURA

- [1] European Commission – History of ERTMS: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/ertms/history-ertms_en
- [2] ERTMS Users Group: <https://ertms.be/about-us>
- [3] Railway Signalling and Interlocking, International Compendium; 2020 PMC Media House GmbH, 3rd Edition 2020
- [4] UNISIG (Industry Consortium which contributes to the writing of the ERTMS specifications): <https://www.ertms.net/about-ertms/about-unisig/>
- [5] COUNCIL DIRECTIVE 96/48/EC of 23 July 1996 on the interoperability of the trans-European high-speed rail system

- [6] COMMISSION DECISION of 28 July 1999 on the basic parameters for the command-and-control and signalling subsystem relating to the trans-European high-speed rail system (notified under document number C(1999) 2475) (Text with EEA relevance) (1999/569/EC)
- [7] COMMISSION DECISION of 21 March 2001 on the basic parameters of the command-control and signalling subsystem of the trans-European high-speed rail system referred to as 'ERTMS characteristics' in Annex II(3) to Directive 96/48/EC (notified under document number C(2001) 746) (Text with EEA relevance) (2001/260/EC)
- [8] COMMISSION DECISION of 30 May 2002 concerning the technical specification for interoperability relating to the control-command and signalling subsystem of the trans-European high-speed rail system referred to in Article 6(1) of Council Directive 96/48/EC (notified under document number C(2002) 1947) (Text with EEA relevance) (2002/731/EC)
- [9] ODLUKA KOMISIJE od 7. studenoga 2006. o tehničkoj specifikaciji interoperabilnosti za prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav transeuropskog sustava željezničkog sustava velikih brzina i izmjeni Priloga A Odluci 2006/679/EZ o tehničkoj specifikaciji interoperabilnosti prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog podsustava transeuropskog konvencionalnog željezničkog sustava (priopćena pod brojem dokumenta C(2006) 5211) (Tekst značajan za EGP) (2006/860/EZ)
- [10] ODLUKA KOMISIJE od 28. ožujka 2006. o tehničkoj specifikaciji interoperabilnosti prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog podsustava transeuropskog konvencionalnog željezničkog sustava (priopćeno pod brojem dokumenta C(2006) 964) (Tekst značajan za EGP) (2006/679/EZ)
- [11] ODLUKA KOMISIJE od 25. siječnja 2012. o tehničkoj specifikaciji za interoperabilnost u vezi s prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim podsustavima transeuropskog željezničkog sustava (priopćena pod brojem dokumenta C(2012) 172) (Tekst značajan za EGP) (2012/88/EU)
- [12] UREDBA KOMISIJE (EU) 2016/919 od 27. svibnja 2016. o tehničkoj specifikaciji za interoperabilnost u vezi s „prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim” podsustavima željezničkog sustava u Europskoj uniji (Tekst značajan za EGP)
- [13] PROVEDBENA UREDBA KOMISIJE (EU) 2023/1695 od 10. kolovoza 2023. o tehničkoj specifikaciji za interoperabilnost u vezi s prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim podsustavima željezničkog sustava u Europskoj uniji i stavljanju izvan snage Uredbe (EU) 2016/919 (Tekst značajan za EGP)
- [14] ERTMS/ETCS, System Requirements Specification; SUBST-026-2; 3.4.0, 12/05/2014
- [15] CCS TSI Appendix A– Mandatory specifications (ETCS B4 R1, RMR: GSM-R B1 MR1 + FRMCS B0, ATO B1 R1): <https://www.era.europa.eu/era-folder/1-ccs-tsi-appendix-mandatory-specifications-etcs-b4-r1-rmr-gsm-r-b1-mr1-frmcs-b0-ato-b1>

SAŽETAK

ERTMS – IZAZOVI I PRILIKE ZA POBOLJŠANJE SIGURNOSTI I INTEROPERABILNOSTI ŽELJEZNIČKOG SUSTAVA

U članku razmatraju se osnovne tehničke specifikacije interoperabilnosti Europskog sustava upravljanja željezničkim prometom (ERTMS), posebno njegov osnovni podsustav Europski sustav upravljanja vlakovima (ETCS), njegova arhitektura, sastavni dijelovi i značajke koje doprinose povećanju kapaciteta prijevoza te poboljšanju razine sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava. Također su temeljno prikazani povijesni razvoj EU-ove regulative, značajke koje doprinose interoperabilnosti i buduće migracije nacionalnih sustava prema europskome sustavu upravljanja prometom i automatskoj kontroli vlakova. Na kraju predviđaju se buduće digitalne tehnologije kao što su FRMCS (budući željeznički mobilni komunikacijski sustav), DAC (digitalne automatske spojnice) te ATO (automatsko upravljanje vlakovima).

Ključne riječi: ERTMS, sigurnost, interoperabilnost, kontrola vlakova

Kategorizacija: stručni rad

SUMMARY

ERTMS – CHALLENGES AND OPPORTUNITIES TO IMPROVE THE SAFETY AND INTEROPERABILITY OF THE RAILWAY SYSTEM

The article discusses the basic technical specifications for interoperability of the European Railway Traffic Management System (ERTMS) and especially its basic subsystem – ETCS (European Train Control System), its architecture, components and features that contribute to increasing the transport capacity and improving the safety and interoperability of the railway system. In addition, a basic overview of the historical development of EU regulations, features that contribute to interoperability and the future migration of national systems towards an European system of traffic management and automatic train control is given. Finally, future digital technologies such as: FRMCS (Future Railway Mobile Communication System), DAC (Digital Automatic Couplers) and ATO (Automatic Train Control) are foreseen.

Key words: ERTMS, safety, interoperability, train control

Categorization: professional paper