

Željeznice

STRUČNI ČASOPIS HRVATSKOG DRUŠTVA ŽELJEZNIČKIH INŽENJERA

3/2023

INTERVJU

Zvonimir Viduka, dipl. ing. el.

41

ALTPRO SIGURNO KORAČA PREMA SVOJEMU CILJU

7

ANALIZA KVAROVA - PARAMETRI POUZDANOSTI I SIGURNOSTI ŽELJEZNIČKIH SIGNALNO-SIGURNOSNIH UREĐAJA
(Želimir Delač, dipl. ing. el.)

15

ISTRAŽIVANJE KONCEPTA OTPORNOSTI I NJEGOVE PRIMJENE NA ŽELJEZNIČKOME TRŽIŠTU
(Tihomir Subotić, dipl. inž. saobr., Branislav Bošković, prof. dr. sc.)

25

OD PIJUKA DO BEZEMIJSKE MEHANIZACIJE ZA ODRŽAVANJE KOLOSJEKA
(Marc Demml, dr.sc. Christian Koczwara, dr. sc. Samir Omerović)

31

VAŽNOST UTJECAJA NA OKOLIŠ KOD ŽELJEZNIČKIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA
(Snježana Krznarić, mag. ing. aedif., univ. spec. aedif.)*hdži'*



MIREO PLUS H

Sljedeća generacija vlakova na vodik

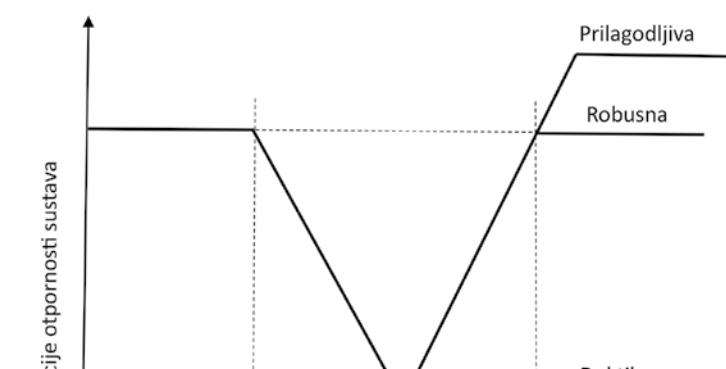
Za učinkovitu borbu protiv klimatskih promjena potreban je klimatski prihvatljiv prijevoz. Mireo Plus H je sljedeća generacija vlakova na vodik. Temeljen na dokazanom, visokoučinkovitom vlaku Mireo, opremljen pogonom na gorivne članke i litij-ionskom baterijom, Mireo Plus H može zamijeniti dizelske vlakove alternativnim pogonima. Na taj način vlak pruža punu mobilnost bez lokalnih emisija štetnih plinova na neelektrificiranim prugama – važan čimbenik na putu prema održivoj budućnosti.

siemens.com/mireo-plus-h

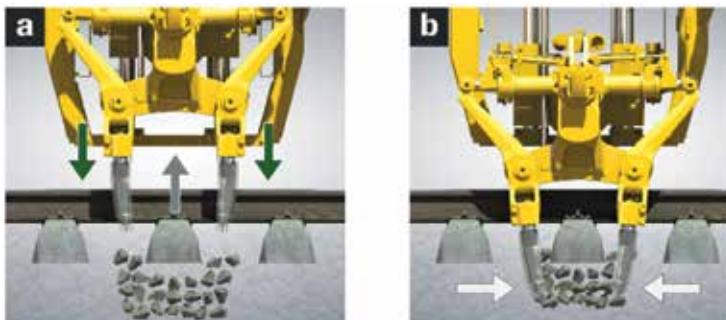
SIEMENS

STRUČNI IZNANSTVENI RADOVI

- 7** ANALIZA KVAROVA - PARAMETRI POUZDANOSTI I SIGURNOSTI ŽELJEZNIČKIH SIGNALNO-SIGURNOSNIH UREĐAJA (Želimir Delač, dipl. ing. el.)
- 15** ISTRAŽIVANJE KONCEPTA OTPORNOSTI I NJEGOVE PRIMJENE NA ŽELJEZNIČKOME TRŽIŠTU (Tihomir Subotić, dipl. inž. saobr., Branislav Bošković, prof. dr. sc.)
- 25** OD PIJUKA DO BEZEMIJSKE MEHANIZACIJE ZA ODRŽAVANJE KOLOSIJEKA (Marc Demml, dr.sc. Christian Koczvara, dr. sc. Samir Omerović)
- 31** VAŽNOST UTJECAJA NA OKOLIŠ KOD ŽELJEZNIČKIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA (Snježana Krznarić, mag. ing. aedif., univ.spec. aedif.)
- INTERVJU**
- 41** ALTPRO SIGURNO KORAČA PREMA SVOJEMU CILJU (Zvonimir Viduka, dipl. ing. el.)
- OSVRTI
I KOMENTARI**
- 43** ZATVARANJA POJEDINIH PRUGA POREMETILA ŽELJEZNIČKI PROMET KROZ ALPE
- 47** NOVI PAKETI TEHNIČKIH SPECIFIKACIJA ZA INTEROPERABILNOST (TSI)
- STRUČNO
PROMOTIVNI
ČLANAK**
- 49** PHONOBLLOC® SUSTAVI ZA ZAŠTITU OD BUKE ZA ŽELJEZNICE
- NOVOSTI IZ
ŽELJEZNIČKOG
SEKTORA**
- 53** U SKLOPU EU PROJEKTA ISPORUČEN ZADNJI VLAK ZA GRADSKO-PRIGRADSKI PRIJEVOZ
- 54** U PROMETU PRVI REGIONALNI VLAK
- 55** OBAVIJEST O STIPENDIRANJU STUDENATA
- HDŽI
AKTIVNOSTI**
- 57** ODRŽAN ZAVRŠNI SASTANAK EU-OVA PROJEKTA RAIL-ING NETWORK
- 59** ODRŽANA SJEDNICA PROGRAMSKOG VIJEĆA I SASTANAK S POVJERENICIMA HDŽI
- 60** IZUZETAN INTERES ZA KONFERENCIJU O ALTERNATIVnim POGONIMA ZA ŽELJEZNIČKA VOZILA



15 ISTRAŽIVANJE KONCEPTA OTPORNOSTI I NJEGOVE PRIMJENE NA ŽELJEZNIČKOME TRŽIŠTU



25 OD PIJUKA DO BEZEMIJSKE MEHANIZACIJE ZA ODRŽAVANJE KOLOSIJEKA





Osigurajte nesmetano odvijanje prometa – nema zaustavljanja

Roxtec brtve za kabele i cijevi štite željezničku infrastrukturu od vode, požara, dima, glodavaca, neželjenih vibracija te elektromagnetskih smetnji.

- Certificirana inženjerska rješenja
- Jednostavno za projektiranje, instalaciju i održavanje
- Rezervni kapacitet za buduće ugradnje

Roxtec d.o.o.
Samoborska 147
10090 Zagreb/ Hrvatska

+385 1 2444 172
info@hr.roxtec.com www.roxtec.com/hr

 **Roxtec**

RIJEČ UREDNICE



Snježana Krznarić, mag.ing.aedif.,
univ.spec.aedif.
glavna urednica

Cijenjene čitateljice i čitatelji,

stigli smo do redovitoga jesenskog broja našega časopisa „Željeznice 21“ u kojem je objavljen niz vrijednih stručnih radova naših kolega, željezničkih inženjera. Kao i do sada, cilj nam je bio ostvariti što višu kvalitetu raznovrsnoga stručnog sadržaja koji nastoji zadovoljiti interes cje-lukpnoga željezničkog sektora.

I ovaj broj započinjemo temom sigurnosti željezničkog sustava, konkretno temom sigurnosti prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog podsustava, što je na određen način nastavak stručnoga rada iz prošloga broja, koji potpisuje isti autor. Ovaj rad daje cjeloviti prikaz pouzdanih, raspoloživosti i mogućnosti održavanja prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog sustava koji se temelji na analizi kvarova i njihovih uzroka te praćenja parametara sigurnosti te se nadamo da će doprinijeti proširenju znanja svih naših čitatelja koji se profesionalno bave tom tematikom.

Drugi stručni rad opisuje koncepte otpornosti i rizika u željezničkome poslovnom okružju te prikazuje okvir mogućnosti primjene otpornosti u uvjetima otvorenoga željezničkog prijevoznog tržišta. Opće je poznato da je glavni zadatak željezničkoga prometa i željezničke infrastrukture osiguranje sigurnog i održivog željezničkoga prijevoza. U tome radu koncept otpornosti prikazan je kao stanovita nadogradnja tradicionalnoga koncepta upravljanja rizicima, što se u današnje vrijeme smatra neizostavnim dijelom svakoga inženjerskog, organizacijskog i ekonomskog sustava pa tako i željezničkog.

Kroz ostala dva stručna rada prikazana je važnost razvoja, izgradnje i održavanja željezničkog sustava u cilju zaštite okoliša i zadržavanja europske inicijative prema kojoj željeznica prednjači kao najodrživiji zeleni oblik prometa. Svakako nije suvišno podsjetiti na to da je prometnemu sektoru Europska komisija za cilj postavila smanjenje emisija iz prometa za 90 posto do 2050. To je utvrđeno u Europskome zelenom planu, ali istodobno su zadane i mjere čija je zadaća omogućiti daljnji rast jedinstvenoga željezničkog tržišta na području Europske unije te osnaživanje željezničkoga prometa.

Nadamo se da će vam sadržaj ovoga broja biti zanimljiv i donijeti nove informacije i spoznaje. Zahvaljujemo svim autorima čiji su radovi objavljeni u ovome broju te u cilju cje-loživotne edukacije pozivamo sve članove HDŽI-a i drage čitatelje da nam nastave slati svoje stručne radove i time podijele svoja stručna znanja i ideje.

IMPRESUM

Nakladnik: HŽ Putnički prijevoz d.o.o., Strojarska cesta 11, Zagreb. Sporazumom o izdavanju stručnog željezničkog časopisa Željeznice 21, uređivanje časopisa povjerenje je HDŽI-u. Odlukom Izvršnog odbora HDŽI broj 27/19-HDŽI od 04.02.2019. godine, imenovan je Uredivački savjet i Uredništvo stručnog časopisa Željeznice 21. **Glavna i odgovorna urednica:** Snježana Krznarić. **Uredivački savjet:** Tomislav Pripč HDŽI - predsjednik Uredivačkog savjeta), Darko Barišić (HŽ Infrastruktura d.o.o.), Zoran Blažević (Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split), Josip Bucić (Duro Đaković d.d., Specijalna vozila), Jusuf Crnalić (Končar Električna vozila d.d.), Stjepan Lakušić (Gradjevinski fakultet, Zagreb), Mladen Lugaric (HŽ Putnički prijevoz d.o.o.), Renata Lukić (HŽ Putnički prijevoz d.o.o.), Snježana Malinović (HŽ Putnički prijevoz d.o.o., Zagreb), Viktor Milardić (Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb), Tomislav Josip Mlinarić (Fakultet prometnih znanosti, Zagreb), Mihaela Tomurad Sušac (HŽ Putnički prijevoz d.o.o.). **Uredništvo:** Snježana Krznarić (glavna i odgovorna urednica), Tomislav Pripč (pomoćnik gl. urednice za marketing i radove iz željezničke industrije), Marjana Petrović (pomoćnica gl. urednice za znanstvene i stručne radove), Ivana Čubelić (pomoćnica gl. urednice za novosti iz HŽ Putničkog prijevoza), Željka Sokolović (pomoćnica gl. urednice za oglašavanje). **Adresa uredništva:** Petrinjska 89, 10000 Zagreb, telefon/fax: (01) 378 28 58, telefon glavne urednice: 099 2187 424, željeznice 21@hdzi.hr. **Lektorica:** Nataša Bunjevac, **Upute suradnicima:** Časopis izlazi tromjesečno. Rukopisi, fotografije i crteži se ne vraćaju. Mišljenja iznesena u objavljenim člancima i stručna stajališta su osobni stav autora i ne izražavaju uvijek i stajališta Uredništva. Uredništvo ne odgovara za točnost podataka objavljenih u časopisu. Upute suradnicima za izradu radova nalaze se na web-stranici www.hdzi.hr. Časopis se distribuira besplatno. Cijena oglasa može se dobiti na upit u Uredništvu. Adresa Hrvatskog društva željezničkih inženjera: Petrinjska 89, 10000 Zagreb; e-mail: hdzi@hdzi.hr. Poslovni račun kod Privredne banke Zagreb, IBAN HR9423400091100051481; devizni račun kod Privredne banke Zagreb broj 70310-380-296897; OIB 37639806727. **Autor fotografije na naslovnicu:** HŽ Putnički prijevoz d.o.o. **Grafička priprema i tisk:** HŽ Putnički prijevoz d.o.o., Strojarska cesta 11, 10000 Zagreb. www.hzpp.hr



Speno – Za ugodnije skretanje

Tračnice na skretnicama i križištima trpe velika opterećenja. Bez redovnog održavanja brzo propadaju. Najbolje rješenje kako spriječiti propadanje su Speno strojevi za brušenje skretnica i križišta.

Posebno dizajnirani, ovi strojevi precizno reproduciraju traženi poprečni i uzdužni profil – niz unutarnju stranu glave tračnice.

Upoznati ste sa vrijednošću Speno brušenja tračnica na otvorenoj pruzi. Isprobajte i naprednu tehnologiju tvrtke, temeljenu na 20 godišnjem iskustvu, kod brušenja skrentica i križišta.

SPENO INTERNATIONAL
speno.ch



ANALIZA KVAROVA - PARAMETRI POUZDANOSTI I SIGURNOSTI ŽELJEZNIČKIH SIGNALNO-SIGURNOSNIH UREĐAJA

Statistički podaci o radu opreme prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog podsustava pokazuju da su opasni kvarovi suvremenih električkih signalno-sigurnosnih uređaja rijetki događaji. Razlog tome je striktno pridržavanje sigurnosnih zahtjeva RAMS-a tijekom svih faza projektiranja, proizvodnje, ugradnje i održavanja uređaja. Osnova upravljanja RAMS-om je smanjivanje pojave kvarova i njihovih posljedica tijekom životnog ciklusa, a time i smanjivanje rizika na najmanju moguću mjeru.



Želimir Delač
dipl.ing.el.

Agencija za sigurnost
željezničkog prometa
Zelimir.delač@asz.hr

UDK: 625.1+681.5

1. Uvod

Sigurnost željezničkih signalno-sigurnosnih uređaja (u nastavku: SS uređaji) postiže se učinkovitim sustavom RAMS-a (pouzdanost-raspoloživost-sposobnost održavanja-sigurnost) i to temeljem upravljačkog-organizacijskog sustava kojim će se tijekom životnog ciklusa tehničkog sustava (SS uređaja) otkloniti mogućnost pojave kvarova i njihove posljedice svesti na dozvoljenu razinu koja ne ugrožava sigurnost.

Sustav RAMS-a razrađen je u normama HRN EN 50126 ([2] i [3]) u kojima se opisuju specifikacije i daje cjeloviti prikaz pouzdanosti, raspoloživosti, mogućnosti održavanja i sigurnosti željezničkom sustavu – Generički postupak RAMS-a u Europskoj uniji te sustavni pristup sigurnosti. Cilj normi je uvođenje postupka upravljanja RAMS-om u željezničkom sustavu kojeg će dosljedno primjenjivati subjekti odgovorni za sigurnost – željeznički prijevoznici, upravitelji infrastrukture i njihovi dobavljači – industrija.

Dobro poznavanje kvarova – analiza njihovih uzroka, postupanje s kvarovima, stanja sigurnosti i praćenje (izračuni) parametara sigurnost – ima ključnu ulogu u

projektiranju SS uređaja za koje se može dokazati vjerojatnost pojave kvara unutar dozvoljenih granica propisanih sigurnosnim ciljevima.

2. Strategije postupanja s kvarovima

U smislu upravljanja RAMS-om, mogu se primjeniti sljedeće strategije postupanja s kvarovima SS uređaja (koje se u praksi uglavnom primjenjuju u kombinaciji) [10]:

- otklanjanje mogućnosti nastanka kvarova,
- otklanjanje posljedica kvarova,
- ograničenje posljedica kvarova.

Otklanjanje mogućnosti nastanka kvarova – Svaka komponenta sustava koja je povezana sa sigurnošću mora imati strogo definirane tehničke karakteristike s kojima je osigurana tražena sigurnost. Otklanjanje mogućnosti nastanka kvara temeljem primjene takvih karakteristika može se provoditi jedino ako su one neodvojivi i sastavni dio komponenti sustava kroz čitav životni ciklus uređaja.

Komponente koje se koriste u željezničkom sustavu moraju imati visoku mehaničku i/ili električnu robusnost. To znači da vanjski utjecaji kao što su vibracije, temperatura, vlaga, povratne struje sustava za napajanje i sl., ne smiju imati utjecaj na projektirane funkcije uređaja. Ta se robusnost može postići s odgovarajućim materijalima (kao npr. izdržljivi kontaktni materijali, visoka temperaturna svojstva poluvodičkih elemenata i sl.), posebnom strukturom (npr. mehanička stabilnost, otpornost na elektromagnetske smetnje) i posebnim proizvodnim metodama (npr. korištenje kontrolnih lista i specijalnih automatiziranih procesa tijekom procesa proizvodnje i sl.).

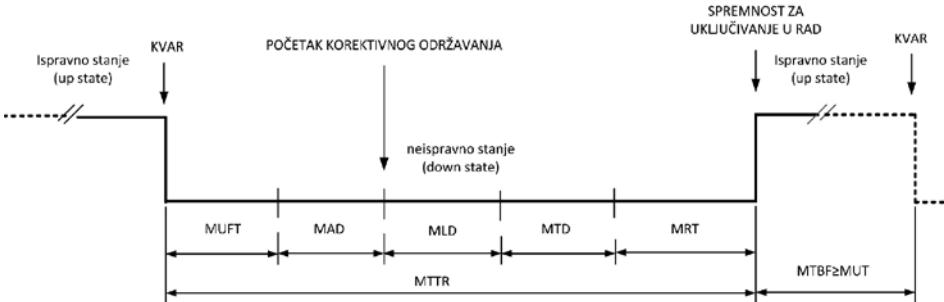
Otklanjanje posljedica kvarova – Ukoliko se ne može dokazati otklanjanje mogućnosti nastanka kvarova (kako je prethodno opisano; što je čest slučaj u praksi), tada se mora dokazati da su otklonjene posljedice kvara, što znači da sustav u slučaju kvara mora biti u sigurnom stanju (engl.: *safe state*). Ovaj dokaz temelji se na ispunjenju sljedećih sigurnosnih zahtjeva:

- kvar nije opasan,
- spriječeno je širenje kvarova,
- kvar je neovisan i nema utjecaja na svoje okruženje.

Bezopasni pojedinačni kvarovi – U sustavima povezanim sa sigurnošću, pojedinačni kvar nikada ne smije dovesti do opasnog stanja, već do dozvoljenog – sigurnog stanja. Ispunjene ovog zahtjeva mora se dokazati u sigurnosnom predmetu (dokumentaciji). Ako se to ne može ostvariti, mora se promijeniti arhitektura sustava. U praksi to uglavnom znači primjena redundantnih sklopova (zalihost).

Bezopasni višestruki kvarovi – Osim bezopasnih pojedinačnih kvarova, sigurnosni sustavi zahtijevaju slična svojstva i kod višestrukih kvarova. Ako bi istodobni kvarovi dviju ili više komponenti (koje su u interfenciji) mogli dovesti do opasnog stanja, te komponente u tom slučaju moraju biti neovisne jedna o drugoj što se postiže odgovarajućom tehničkom izvedbom sustava.

Sprječavanje širenja kvarova – Zahtjev za neširenjem (opasnih) kvarova u sigurnosnim sustavima ostvaruje se brzim otkrivanjem takvih kvarova i brzim popravcima. Vremena otkrivanja kvarova, popravaka i stavljanja sustava iz neispravnog (eng.: *down state*) u ispravno stanje (eng.: *up state*) imaju veliki utjecaj na razinu sigurnosti (slika 1). [2]



Slika 1. Vremena otkrivanja kvara, kašnjenja popravaka, popravaka; dovođenje iz neispravnog (*down state*) u ispravno stanje (*up state*), izvor: [2]

| | |
|------|--|
| | Važan parametar za sigurnosne sustave, pa tako i za SS uređaje je parametar MTTR – srednje vrijeme vraćanja u prvo-bitno stanje, koje se sastoji od vremena: |
| MTBF | srednje (radno) vrijeme između kvarova (<i>engl. mean (operating) time between failures</i>) |
| MUT | srednje vrijeme aktivnosti (<i>engl. mean up time</i>) |
| MUFT | srednje vrijeme neotkrivenog kvara (<i>engl. mean undetected fault time</i>) |
| MAD | srednje administrativno kašnjenje (<i>engl. mean administrative delay</i>) |
| MLD | srednje logističko kašnjenje (<i>engl. mean logistics delay</i>) |
| MTD | srednje tehničko kašnjenje (<i>engl. mean technical delay</i>) |
| MRT | srednje vrijeme popravka (<i>engl. mean repair time</i>) |
| MTTR | srednje vrijeme vraćanja u prvo-bitno stanje (za korektivno održavanje) (<i>engl. mean time to restore</i>) |

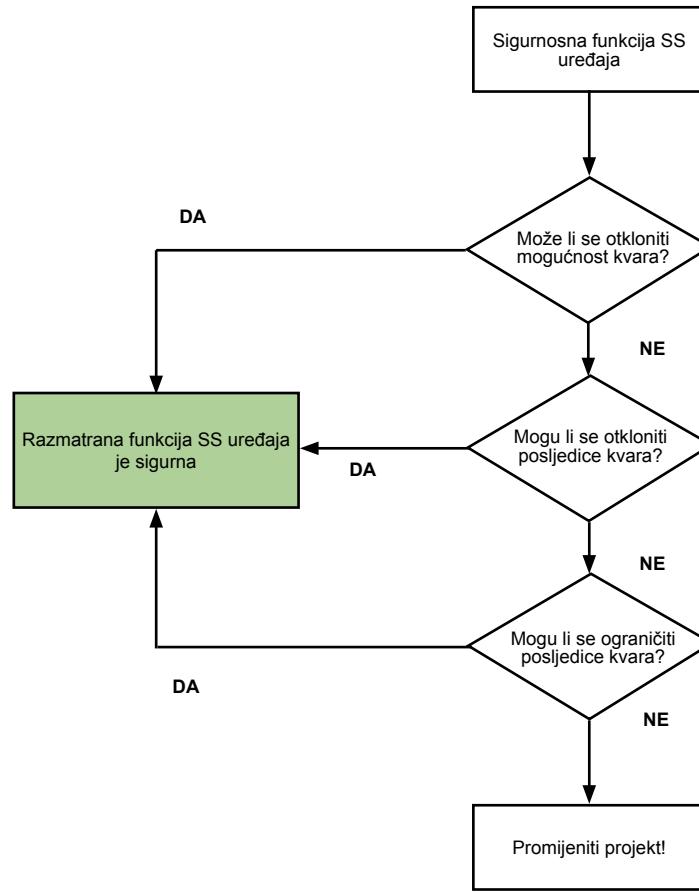
Kašnjenja u postupku otklanjanja kvarova se ne mogu izbjegći. Međutim, ona moraju biti dovoljno niska u skladu sa sigurnosnim zahtjevima.

Kvar se mora otkriti prije izvršavanja sljedeće sigurnosne funkcije. Kod suvremenih elektroničkih SS uređaja, izvedenih mikroprocesorskom tehnikom, brzo otkrivanje kvarova postiže se provjerom sigurnosnih funkcija i analizom podataka koji se dobivaju iz samog uređaja u vrlo kratkim ciklusima nadzora (unutar mikroprocesorskog sklopa), obično daleko ispod jedne sekunde.

Gdje takvo otkrivanje kvara nije moguće, koristi se odgovarajuća inspekcija u redovitim vremenskim intervalima.

Dokazivanje neovisnosti kvara može ponекad biti teško provedivo u praksi jer jedan kvar može biti put uzroka nekoliko kvarova, iako je na prvi pogled ova neovisnost ispunjena. Na primjer, istovremeni kvar dvije redundantne upravljačke jedinice s različitim jedinicama napajanja smatra se gotovo nemogućim. Međutim, ako se ove jedinice napajaju preko istog izvora i ovaj izvor ostane bez napajanja, javlja se slučaj u kojem neovisnost kvara nije osigurana. Zbog takvih slučajeva, potrebno je točno definirati granice redundantnih sklopova kako bi se postigla neovisnost funkcija (i u ovom slučaju i napajanja moraju biti zasebno izvedena – za svaki kanal posebno).

Ograničenje posljedice kvara - Ako u sigurnosnom predmetu nije moguće dokazati da se može otkloniti mogućnost nastanka kvara niti se njegove posljedice mogu izuzeti, vjerojatnost opasnih posljedica na sigurnost u tom slučaju mora biti dovoljno niska tj. ograničena. Točna vrijednost prihvatljive razine mora biti definirana u specifikacijama sigurnosnih zahtjeva.



Slika 2. Strategija postupanja s kvarovima, izvor: [autor]

Da bi se ograničila šteta kao posljedica kvara, jedan od pristupa je da se kvar brzo otkrije, a drugi je da se ograniče štetne posljedice. Primjer tome u željezničkoj signalizaciji često puta zna biti ograničenje brzine.

Najvažniji cilj u sigurnosti željezničkih SS uređaja je strategija potpunog otklanjanja kvarova. Međutim, tehnička i ekonomski ograničenja, složene sigurnosne mjere i tehnička rješenja temelje se na raznim drugim strategijama - u većini slučajeva to je otklanjanje posljedica kvarova ili, kao minimum, ograničavanje posljedica kvarova.

3. Stanja sigurnosti uređaja povezanih sa sigurnošću

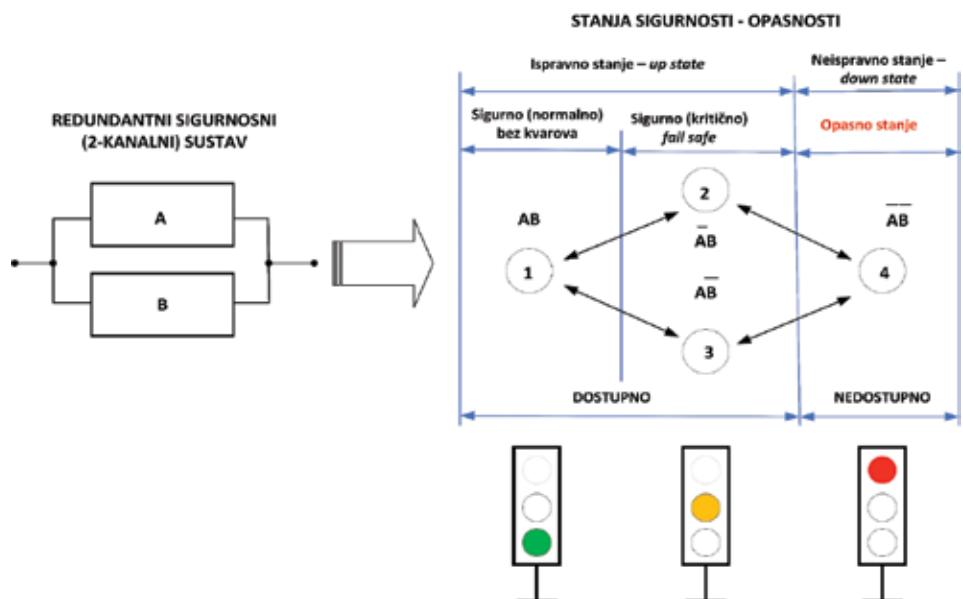
Sigurno stanje uređaja povezanog sa sigurnošću (S_p) se definira kao stanje u kojem tehnički sustav nema neprihvatljivog rizika. Stanja sigurnosti ilustrirana su na slici 3 na primjeru jednostavnog redundantnog dva-kanalnog sustava.

Sigurno (normalno) stanje (S_p) – ispravno stanje (*up state*) – osnovni zahtjev za sigurnost željezničkih SS uređaja je **stanje bez kvarova** (oznaka „1“, slika 3).

Sigurno (kritično) stanje (S_c) – ispravno stanje – uređaj može prijeći u sigurno stanje i uz pojavu kvara (npr. kod kvara na jednom od kanala redundantnog sustava, uz uvjet da u isto vrijeme ostali kanali ispravno rade) – to je tzv. sigurno (kritično) stanje (*engl. critical up state*) **u kojem je sustav i dalje raspoloživ za uporabu** jer je uređaj u sigurnoj funkciji koju preuzima redundantni kanal (oznake: „2“ i „3“ na slici 3).

Pojava kvara u tom slučaju ne smije odvesti sustav iz sigurnog stanja. Ova značajka sustava povezanih sa sigurnošću naziva se još i princip – **stanje sigurnosti kod kvara (ili stanje zaštićenog kvara) – engl. fail-safe**. Ovo se stanje mora održavati sve dok se ne uklone svi kvarovi. Napuštanje sigurnog stanja tijekom otklanjanja kvara smije biti moguće samo uz sudjelovanje posebno obučenog osoblja za održavanje.

Opasno stanje (S_u) – U praksi se opasno stanje samo rijetko može potpuno isključiti – u sigurnosnim sustavima **primjena fail-safe principa je ta koja osigurava da vjerojatnost opasnih stanja bude svedena na minimumu**. Ako sustav ipak



Slika 3. Stanja sigurnosti (opasnosti) za redundantni sustav s dva kanala, izvor: [4]

prijede u opasno stanje u kojem imamo pojavu opasnog kvara, mora se što prije prebaciti u sigurno stanje zbog opasnosti od nesreće. Stanje sustava u kojem postoji opasan kvar naziva se: **neispravno stanje (down state)** ili opasno stanje nezaštićenog kvara (S_u).

4. Parametri pouzdanosti i sigurnosti

Parametre pouzdanosti i sigurnosti možemo izraziti sa sljedećim formulama (stohastička-eksponencijalna raspodjela), koje su prikazane u tablici 1. [4]

Tablica 1. Parametri pouzdanosti i sigurnosti i izrazi za izračun

| Parametar | Opis | Formula |
|--------------|---|---|
| R(t) | Pouzdanost (engl.: reliability) – vjerojatnost rada bez kvara | $(e^{-\lambda t})$ ili $\exp(-\lambda t)$ |
| λ | Učestalost kvara (engl.: failure rate) – konstanta | $\frac{1}{MTTF}$ |
| $\lambda(t)$ | Trenutačna učestalost kvara (engl.: instantaneous failure rate) | $\frac{1}{1 - F(t)} \frac{dF(t)}{dt}$ |
| λ_D | Učestalost opasnog kvara (engl.: dangerous failure rate) – konstanta | $\frac{1}{T_D}$ |
| MTTF | Srednje vrijeme do pojave zaštićenog kvara (fail-safe) (engl.: mean time to failure) | $\frac{1}{\lambda}$ |
| F(t) | Vjerojatnost kvara (engl.: probability function of the (operating) time to failure – failure probability) | $1 - R(t)$ |
| $F_D(t)$ | Vjerojatnost opasnog kvara (engl.: dangerous failure probability) | $F_D(t) = 1 - \exp(-\lambda_D t)$ |
| $S_D(t)$ | Vjerojatnost sigurnosti (engl.: probability function of the (operating) time to failure (dangerous)) | $1 - F_D(t) = \exp(-\lambda_D t)$ |
| T_D | Srednje vrijeme rada do opasnog kvara | $\frac{1}{\lambda_D}$ |

5. Određivanje prihvatljive razine opasnih kvarova SS uređaja

Statistički podaci o radu suvremene električne opreme za PU-SS podsustav pokazuju da su opasni kvarovi električnih SS uređaja rijetki događaji. Uzrok tome je striktno pridržavanje sigurnosnih zahtjeva u fazama razvoja, proizvodnje i rada sustava (uz pridržavanje RAMS zahtjeva) i primjena visokih sigurnosnih normi s niskom razinom pojave opasnih kvarova (SIL 4).

Da bi osigurali visoke sigurnosne normative, proizvođači SS opreme moraju riješiti dva temeljna zadatka. Prvo trebaju ostvariti potrebne sigurnosne zahtjeve – potrebnu funkciju uređaja i sigurnosne parametre (na osnovi provedene analize rizika prema zahtjevima RAMS-a). A, drugo, nakon proizvodnje, prije ugradnje i puštanja u rad, potrebno je kompletirati sigurnosni predmet (engl.: *safety case*) i potvrditi – dokazati postignutu razinu sigurnosti – prihvatljivu razinu pojave opasnih kvarova.

Prema [2], kvarovi sustava kategoriziraju se kao slučajni ili sustavnici kvarovi. Slučajni kvarovi nastaju uslijed uzroka koji je moguće opisati statističkim raspodjelama (kako je opisano u ovom članku). Za razliku od slučajnih kvarova, sustavnici kvarovi su kvarovi nastali uslijed pogrešaka u aktivnostima životnog ciklusa sustava – uređaja zbog kojih nastaje deterministički kvar u određenim kombinacijama ili pod određenim uvjetima (kao što je neispunjavanje uvjeta okruženja ili primjene). Sustavne kvarove obično izazivaju ljudske pogreške u raznim fazama životnog ciklusa sustava. Stoga se sustavnici kvarovi uglavnom rješavaju primjenom odgovarajućih postupaka, metoda i organizacije.

Glavno obilježje razlike između slučajnih kvarova i sustavnih kvarova jest da slučajni kvarovi općenito nastaju uslijed događaja koje je moguće statistički pratiti pa se može procijeniti vjerojatnost njihove pojave. Sustavnici kvarovi nastaju uslijed događaja za koje statistički podaci obično nisu raspoloživi pa vjerojatnost njihove pojave općenito nije moguće procijeniti.

Dakle, priroda pojave opasnih kvarova SS uređaja (kada uz pojavu kvara, sustav nije u sigurnom stanju) ne isključuje utje-

caj ljudi i okoliša, tj. djelovanje sustava. Apsolutnu sigurnost na temelju upravljanja rizicima proizašlih samo iz statistički predvidivih (izračunatih) tehničkih kvarova nije moguće ostvariti. Razinu sigurnosti tehničkih sustava treba jasno razdvojiti od sustavnih kvarova i hazarda uzrokovanih ljudskom nepažnjom – nesmotrenim ili neplaniranim (štetnim) sustavnim djelovanjem u raznim fazama životnog ciklusa uređaja, o čemu treba provesti posebne analize rizika i što nije primarni predmet razmatranja ovog članka.

Nepredvidivost opasnih kvarova (kvarova uređaja) traži da se u sklopu upravljanja rizicima koriste razni koncepti za utvrđivanje prihvatljive razine hazarda. Prema [10], koriste se sljedeći koncepti:

- razumno dopuštena razina hazarda,
- zamjena rizika, i
- metoda normalizacije.

Prvi koncept – "razumno dopuštena razina hazarda", uzima u obzir da je za postizanje takve razine hazarda, odnosno pripadajućeg rizika, često potrebno razviti složena tehnička rješenja i uložiti znatne troškove za realizaciju sigurnosnih uređaja takvog tipa.

Vjerojatnost pojave nesreće od 10^{-6} (gubitak života jedne osobe u populaciji od 1.000.000 godišnje) je iskustveno prihvatljiva razina hazarda. Takva vrijednost odgovara vjerojatnosti smrti neke osobe u njenom domu kao posljedica nesretnog događaja. [10]

Spomenuti kriterij možemo koristiti kao prihvatljiv kriterij za pojavu opasnog kvara (λ_D). Uzimajući da je vjerojatnost opasnog kvara: $F_D(t) = 10^{-6}$, $t = 1\text{ godina} = 8760\text{ sati}$, dobivamo da je prihvatljiva učestalost opasnog kvara:

$$F_D(t) = \lambda_D t \rightarrow \lambda_D = 1,1 \times 10^{-10} (\text{h}^{-1}) \quad [1]$$

Vrijednost (1) može se prihvatiti kao „razumno“ osnova za određivanje kriterija za učestalost opasnih događaja i s njom se uspoređuju sigurnosni parametri različitih primjena.

Druga najčešća koncepcija koja se koristi za određivanje sigurnosnih kriterija je „zamjena rizika“. Pri tome, sigurnosni parametri novog sustava ili opreme ne bi

trebali biti ništa lošiji od istih parametara zamijenjenog sustava ili opreme.

Kako su opasni kvarovi rijetki događaji, često nedostaju statistički podaci o sigurnosti rada sustava. U takvim slučajevima za ocjenu opasnih kvarova/zaštićenih kvarova može se koristiti izračun s koeficijentom asimetrije kvarova (K_a). Koeficijent K_a pokazuje omjer između stope opasnih i zaštićenih kvarova (engl: *fail safe*).

$$K_a = \frac{\lambda_D}{\lambda} \quad [2]$$

Normativna vrijednost koeficijenta K_a može se iskustveno procijeniti [10]:

$$K_a \approx 10^{-4} \quad [3]$$

Sukladno (3), SS uređaj trebao bi imati stopu opasnih kvarova oko 10.000 puta nižu od stope zaštićenih kvarova (eng. *fail safe*).

Vrijednost K_a se koristiti kao normativna vrijednost za određivanje kriterija prihvatljivosti opasnih kvarova λ_D za složeni električni SS uređaj. Ako su npr. poznati statistički podaci za $\lambda < 10^{-5} \text{ h}^{-1}$. Tada je procjena vrijednosti opasnih kvarova:

$$\lambda_D = K_a \cdot \lambda = 10^{-4} \cdot 10^{-5} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1} \quad [4]$$

Vrijednost dobivena u izrazu (4) zapravo je vrijednost opasnog kvara kod uređaja koji odgovaraju sigurnosnoj integraciji SIL-4 (prema Tablici 3: $10^{-9} \leq \text{TFFR} < 10^{-8}$). Na temelju toga, možemo zaključiti da se kod sustava sa $\lambda < 10^{-5} \text{ h}^{-1}$, očekuje da će se kvar (*fail safe*) pojaviti jednom u periodu od oko 11 godina.

Treća je „metoda normalizacije“, koja se koristi ako novo ugrađeni uređaj ili sustav nema ispitano prototipa. U tom slučaju, uzima se da je kriterij opasnih kvarova λ_D za takve uređaje definiran iz uvjeta da se može dogoditi samo jedan opasan kvar za cijeli skup uređaja jednog tipa tijekom cijelog (normiranog) razdoblja rada uređaja.[10]

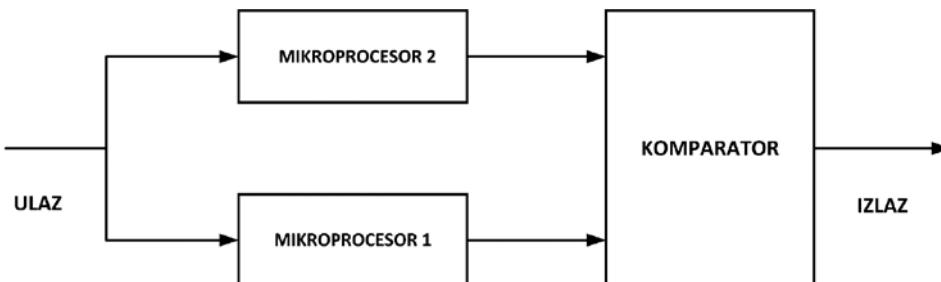
Ako se, primjerice, uzme da se u skupu od $N = 100.000$ uređaja ne može dogoditi više od jednog opasnog kvara tijekom životnog vijeka (T_{op}) od 10 godina rada, tada je opasan kvar (prema [10]):

$$\lambda_D = \frac{1}{N \cdot T_{op}} = 1,14 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}, \quad [5]$$

6. Izračun sigurnosnih parametara za dva-kanalni električki SS uređaj

Proizvođači SS uređaja i njihovi sigurnosni timovi (prema 5.3.4 HRN EN 50129:2018; *Safety organization*) moraju u sigurnosnom predmetu (engl.: *safety case*) prikazati i obrazložiti sigurnosne parametre (što se provjerava kroz ISA izvještaj (eng. *independent safety assessment*)). Svrha je dokazati da postignuta razina sigurnosti zadovoljava zadane kriterije. Izračun sigurnosnih parametara ovisi o odabranoj strukturi uređaja povezanog sa sigurnošću.

Danas su u električkim SS uređajima povezanih sa sigurnošću široko prihvaćene dvije varijante redundantnih struktura uređaja povezanih sa sigurnošću: *dvočlanih* i *tročlanih* sustava (uglavnom danas primjenjen). Razmotrimo proračun sigurnosnih parametara na primjeru dva-kanalne strukture. Slika 4 prikazuje *dvočlanu strukturu* s usporednjom stanja sigurnosti. U ovom pojednostavljenom modelu sigurnosnog sustava – SS uređaja, ugrađena su dva identična mikroračunala, paralelno povezana, koji rade istovremeno. Sigurnosni sklop za uspoređivanje – *komparator* uspoređuje izlazne signale mikroračunala i formira kontrolni signal. *Komparator* se smatra absolutno pouzdanim.



Slika 4. Dva-kanalni sustav i sigurnosni sklop za uspoređivanje, izvor: autor

Tablica 2. Stanja dva-kanalnog $_2O^2$ (redundantnog) sustava

| n | Stanje na ulazu | | Stanje sustava na izlazu |
|---|-----------------------|-----------------------|--|
| | Mikroprocesor-Kanal 1 | Mikroprocesor-Kanal 2 | |
| 1 | U funkciji | U funkciji | Sigurno-bez kvara (up state) |
| 2 | U funkciji | U kvaru | Sigurno-kritično (fail safe; up state) |
| 3 | U kvaru | U funkciji | Sigurno-kritično (fail safe; up state) |
| 4 | U kvaru | U kvaru | Opasno (down state) |

Ako je poznata učestalost zaštićenih kvarova (λ) jednog od dva ista kanala mikroračunala, parametri pouzdanosti i kvarova: $R_1(t)$, $R_2(t)$, $F_1(t)$ i $F_2(t)$ za sustav $_1O^1$ i $_2O^2$, mogu se izračunati pomoću sljedećih formula (prema [4] i [10]):

$$R_1(t) = \exp(-\lambda t), \quad R_2(t) = R_1^2(t) = \exp(-2\lambda t), \quad (6)$$

$$F_1(t) = 1 - R_1(t) = 1 - \exp(-\lambda t), \quad F_2(t) = 1 - R_2(t) = 1 - \exp(-2\lambda t), \quad (7)$$

$$\lambda_1(t) = \lambda, \quad \lambda_2(t) = 2\lambda, \quad (8)$$

$$MTTF_1 = \frac{1}{\lambda}, \quad MTTF_2 = \frac{1}{2\lambda}. \quad (9)$$

Sigurnosni parametri $_2O^2$ sustava (opasni kvarovi) mogu se izračunati kao (prema [10]):

$$F_{D2}(t) = F_2^2(t) = (1 - \exp(-\lambda t))^2, \quad (10)$$

$$S_{D2}(t) = 1 - F_{D2}(t) = 1 - (1 - \exp(-\lambda t))^2 = 2 \exp(-\lambda t) - \exp(-2\lambda t), \quad (11)$$

Neka je, na primjer, $\lambda = 10^{-5} h^{-1}$ i $t = 1000$ sati. Tada je:

$$R_1(t) = \exp(-0.01) = 0.99005, \quad (12)$$

$$F_1(t) = 0.00995; S_1(t) = 1 - F_1(t) = 0.99005, \quad (13)$$

$$MTTF_1 = 10^5 \text{ sati} = 11.4 \text{ godina}, \quad (14)$$

$$R_2(t) = \exp(-0.02) = 0.9802; \quad (15)$$

$$F_2(t) = 0.0198; S_2(t) = 1 - F_2(t) = 0.9802; \quad (16)$$

$$MTTF_2 = 5 \cdot 10^4 \text{ sati} = 5.7 \text{ godina}, \quad (17)$$

$$F_{D2}(t) = (1 - \exp(-0.01))^2 = 0.000099, \quad (18)$$

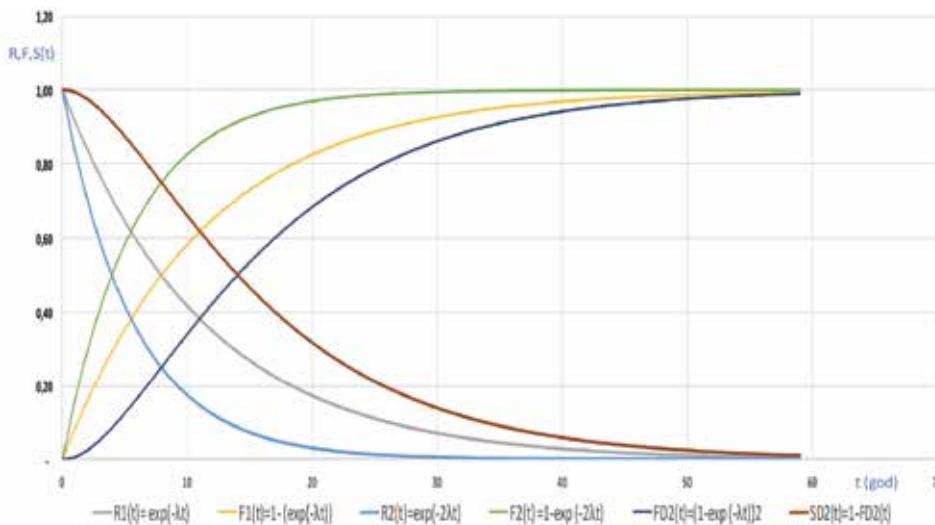
$$S_{D2}(t) = 1 - F_{D2}(t) = 0.999901, \quad (19).$$

Usporedba sustava $_1O^1$ i $_2O^2$ pokazuje da je:

- vjerojatnost pojave kvara $F_2(t)$ za $_2O^2$ sustav porasla za oko 1,99 puta;
- srednje vrijeme do zaštićenog kvara MTTF smanjeno je za faktor 2;
- vjerojatnost opasnog kvara $F_{D2}(t)$ za $_2O^2$ smanjena je (u odnosu na $_1O^1$) oko 100 puta.

Daljnjim razmatranjem odnosa izraza za pouzdanost (6), možemo zaključiti da za bilo koji trenutak vremena vrijednost pouzdanosti *dvočlanog* uređaja $R_2(t)$ (vjerojatnost da će dva-kanalni uređaj raditi bez kvara) je niža od pouzdanosti *jednokanalnog* uređaja $R_1(t)$ za $e^{\lambda t}$ puta. Pored toga, možemo zapaziti i da je vjerojatnost sigurnosti $S_{D2}(t)$ (vjerojatnost da će uređaj raditi bez opasnog kvara) veća od vjerojatnosti pouzdanosti (sigurnosti) $R_1(t)$ za $2 - \exp(-\lambda t)$ puta.

Kako je $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{S_{D2}}{R_1} = \lim_{t \rightarrow \infty} (2 - \exp(-\lambda t)) = 2$, proizlazi da je sigurnosti *dvočlanog* sustava (za $t \rightarrow \infty$) 2 puta veća od sigurnosti *jednokanalnog* sustava – što, definitivno, ukazuje na povećanu sigurnost (zaštitu od opasnih kvarova) višekanalnog sustava u odnosu na *jednokanalni* u svim fazama životnog ciklusa.



Slika 5. Karakteristike pouzdanosti i sigurnosti sustava (za SS sustav s dva kanala), izvor: autor

Ipak, temeljem prethodnih izraza, može se zaključiti da u dvokanalnom (višekanalnom) sustavu povećanje sigurnosti od opasnih kvarova ujedno prati i smanjenje pouzdanosti (nešto veća pojava zaštićenih kvarova). U tome se očituje i određen nedostatak koncepta dvokanalnih (višekanalnih) sustava – „sigurnost (od opasnih kvarova) je ostvarena po cijenu pouzdanosti“.

7. Razine sigurnosnih integracija (SIL)

Stupanj sigurnosne integracije za sigurnosnu funkciju izražava se sa četiri diskretne razine sigurnosne integracije SIL (engl. safety integrity level; SIL 1 do SIL 4), gdje je SIL 4 ima najvišu razinu sigurnosne integracije, a SIL 1 najmanju. U normi HRN EN 50129 [5], termin SIL 0 je uveden kako bi se uputilo na funkciju koje nije povezana sa sigurnošću. Ovaj termin

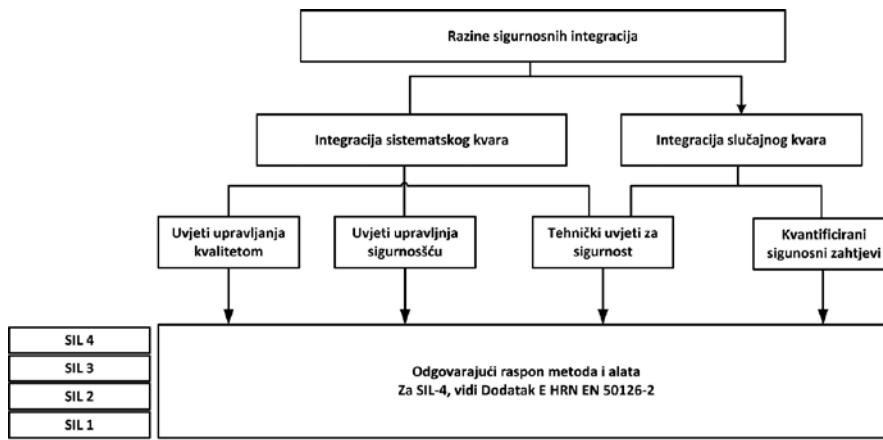
se više ne koristi i zato smo ga ispustili u dalnjim razmatranjima.

SIL je sigurnosni parametar koji se mora postići uz ostvarenje kvalitativnih faktora – sustava upravljanja kvalitetom, sigurnošću i tehničkih uvjeta za sigurnost (vidi sliku 6). [5]

Sigurnosne razine (SIL) su povezane sa vrijednošću parametra za učestalost opasnih (nezaštićenih) kvarova – TFFR (engl. Tolerable Functional (unsafe) Failure Rate).

Tablica 3. SIL razine

| TFFR (po satu i po funkciji) | SIL |
|--------------------------------------|-----|
| $10^{-9} \leq \text{TFFR} < 10^{-8}$ | 4 |
| $10^{-8} \leq \text{TFFR} < 10^{-7}$ | 3 |
| $10^{-7} \leq \text{TFFR} < 10^{-6}$ | 2 |
| $10^{-6} \leq \text{TFFR} < 10^{-5}$ | 1 |



Prema HRN EN 50129:2018 (A.5 Allocation of SILs)

Slika 6. SIL razine sigurnosne integracije – integracija sa sistemskim i slučajnim kvarovima, izvor: [5]

8. Zaključak

Statistički podaci o radu suvremene elektroničke opreme PU-SS podsustava pokazuju da su opasni kvarovi električkih SS uređaja rijetki događaji. Razlog tome je striktno pridržavanje sigurnosnih zahtjeva u fazama razvoja, proizvodnje i rada sustava (pridržavanje RAMS zahtjeva).

Osnovni načini na koje se rizici povezani s RAMS-om mogu smanjiti su poboljšanje pouzdanosti tako da se broj kvarova smanji na dopuštenu razinu skladno sigurnosnim zahtjevima i poboljšanje raspoloživosti na način da pojave kvara ne utječe na sigurnost.

Sigurnost željezničkih SS uređaja temelji se prvenstveno na strategiji potpunog otklanjanja kvarova. Međutim, tehnička i ekonomski ograničenja, mnoge složene sigurnosne mjere i tehnička rješenja u SS uređajima traže da se primjene i druge primjerene strategije, u većini slučajeva to su: strategije otklanjanja posljedica kvarova ili, kao minimum, ograničavanja njihovih posljedica.

Kvar SS uređaja mora biti doveden do sigurnog stanja (engl. safe state). Prvenstveni cilj je sigurno (normalno) stanje bez kvarova. Pored toga, uređaj mora prijeći u sigurno stanje kod pojave kvara (npr. kada se pojavi kvar na jednom kanalu redundantnog sustava) – to je tzv. sigurno (kritično) stanje (engl. critical up state) u kojem je sustav i dalje raspoloživ za uporabu uz ispunjenje zahtjeva za sigurnost.

Uredaj (ili sustav) u kojem je dokazano da su otklonjene mogućnosti za kvarove (na osnovi neodvojivih karakteristika komponenti) ne može biti doveden do opasnog stanja. Međutim, u praksi se opasno stanje samo rijetko može potpuno isključiti. U sustavima povezanim sa sigurnošću primjena principa *fail-safe* (stanje sigurnosti kod kvara) je ta koja osigurava da vjerojatnost opasnih stanja bude svedena na minimum. Ako sustav ipak priđe u opasno stanje, mora se što prije prebaciti u sigurno stanje kako bi se izbjegle nesreće. Stanje sustava u kojem postoji kvar i koji se ne može otkloniti sigurnosnim mjerama je neispravno stanje (*down state*) – opasno stanje.

Možemo zaključiti da u praksi ne možemo udovoljiti zahtjevima sigurnosti samo na temelju rada sustava (uredaja) bez kvar-

va već radi osiguranja tražene (visoke) sigurnosti, sustavi se moraju dizajnirati tako da u slučaju kvara sustav odlazi u stanje sigurnosti kod kvara (*fail-safe*), a što se danas uglavnom rješava tako da se dodaju

redundantni sklopovi (zalihost s više kanala) koji povećavaju raspoloživost sustava.

Primjenom suvremenih elektroničkih (mikroprocesorskih) redundantnih struk-

tura u SS uredajima (sa najvećom sigurnosnom razinom SIL 4) osiguravaju se najveći sigurnosni normativi s kojima se značajno smanjuje vjerojatnost pojave opasnog kvara tehničkog sustava.

LITERATURA

- [1] Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava (Narodne novine broj: 63/2020)
- [2] HRN EN 50126-1; Željeznički sustav - Specifikacije i prikaz pouzdanosti, raspoloživosti, mogućnosti održavanja i sigurnosti (RAMS) - 1. dio: Generički postupak RAMS-a (EN 50126-1:2017)
- [3] HRN EN 50126-2; Željeznički sustav - Specifikacije i prikaz pouzdanosti, raspoloživosti, mogućnosti održavanja i sigurnosti (RAMS) - 2. dio: Sustavni pristup sigurnosti (EN 50126-2:2017)
- [4] HRN EN 61703; Matematički izrazi za nazive koji se odnose na pouzdanost, raspoloživost, sposobnost održavanja i podršku održavanju (IEC 61703:2016; EN 61703:2016)
- [5] HRN EN 50129; Željeznički sustav - Komunikacijska i signalna tehnika i sustavi obrade podataka - Elektronički sustavi za signalnu tehniku povezani sa sigurnošću (EN 50129:2018)
- [6] Pravilnik o tehničkim uvjetima za prometno-upravljački i signalno-sigurnosni željeznički infrastrukturni podsustav (Narodne novine broj: 97/2015 (od 11.9.2025.)
- [7] 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) (OJ L 158, 15.6.2016, p. 1-79)
- [8] Izvješće o radu Agencije za sigurnost željezničkog prometa za 2021. (KLASA: 023-01/22-05/01); Agencija za sigurnost željezničkog prometa, Zagreb, listopad 2022.
- [9] Izvješće o sigurnosti za 2021. godinu; HZ Infrastruktura; Zagreb, svibanj 2022.
- [10] Railway Signalling & Interlocking; International Compendium, 2nd Edition 2018; Editors: Georg Theeg, Sergej Vlasenko, 2018 PMC Media House GmbH
- [11] HRN EN ISO/IEC 17020 - Ocjenjivanje sukladnosti - Zahtjevi za rad različitih vrsta tijela koja provode inspekciju (ISO/IEC 17020:2012; EN ISO/IEC 17020:2012)
- [12] Provedbena uredba Komisije (EU) br. 402/2013 od 30. travnja 2013. o zajedničkoj sigurnosnoj metodi za vrednovanje i procjenu rizika i stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 352/2009 (Tekst značajan za EGP), (OJ L 121, 3.5.2013, p. 8-25)
- [13] Željeznički sustav - Elektromagnetska kompatibilnost - 1. dio: Općenito (EN 50121-1:2017)
- [14] Željeznički sustav - Elektromagnetska kompatibilnost - 2. dio: Emisija cjelepunknog željezničkog sustava u vanjski svijet (EN 50121-2:2017)

SAŽETAK

ANALIZA KVAROVA - PARAMETRI POUZDANOSTI I SIGURNOSTI ŽELJEZNIČKIH SIGNALNO-SIGURNOSNIH UREĐAJA

Sigurnost i izbjegavanje kvarova kod suvremenih elektroničkih signalno-sigurnosnih uređaja postiže se najučinkovitije kada se parametri RAMS-a kontinuirano kontroliraju kroz sve faze životnog ciklusa uređaja - od projekta, proizvodnje, ugradnje, tijekom održavanja - sve do izgradnje.

Kvarovi utječu na pouzdanost, raspoloživost, mogućnost održavanja i sigurnost sustava, pri čemu je razina tog utjecaja određena funkcionalnošću i dizajnom primijenjenog sustava. Rizik povezan s RAMS-om može se smanjiti poduzimanjem kombinacije mjer za smanjenje kvarova - smanjenjem učestalosti događaja koji rezultiraju kvarovima i smanjenjem njihove ozbiljnosti.

U praksi ne možemo izbjegći kvarove tehničkog sustava već radi osiguranja tražene (visoke) sigurnosti, sustavi se moraju dizajnirati tako da u slučaju kvara sustav odlazi u stanje „zaštićeno od kvara“ (eng. „fail-safe“), a što se danas uglavnom rješava tako da se dodaju redundantni sklopovi (zalihost s više kanala).

Proračun sigurnosnih parametara pokazuje da redundantni višekanalni SS uredaji imaju veću raspoloživost i time se značajno smanjuje pojava opasnog kvara koji može ugroziti sigurnost - izazvati velike materijalne štete i smrtnе posljedice.

Primjenom suvremenih elektroničkih (mikroprocesorskih) redundantnih struktura u signalnim uredajima (sa najvećom sigurnosnom razinom SIL 4) osiguravaju se najveći sigurnosni normativi s kojima se značajno smanjuje vjerojatnost pojave opasnog kvara tehničkog sustava.

Ključne riječi: Sigurnost, signalni uredaji, kvarovi, održavanje sustava

Kategorizacija: Stručni rad

SUMMARY

FAILURE ANALYSIS - RELIABILITY AND SAFETY PARAMETERS OF RAILWAY SIGNALING AND SAFETY DEVICES

Safety and failure avoidance of modern electronic signalling devices is most effectively achieved when RAMS parameters are continuously controlled through all phases of the device's life cycle - from design, production, installation, during maintenance - until construction.

Failures affect the reliability, availability, maintainability and safety of the system, where the level of this impact is determined by the functionality and design of the system. The risk associated with RAMS can be reduced by taking a combination of measures to reduce failures - reducing the frequency of events that result in failures and reducing their severity.

In practice, we cannot avoid failures of the technical system, but in order to ensure the required (high) safety, systems should be designed so that in the event of a failure, the system goes into a "fail-safe" state - today is mostly applied by redundant circuits (multi-channel redundancy).

The calculation of safety parameters shows that redundant multi-channel signalling devices have a higher availability and thus a significantly lower occurrence of dangerous failures that can threaten safety - cause great material damage and fatal consequences.

The application of modern electronic (microprocessor) redundant structures in signaling devices (with the highest safety level SIL 4) ensures the highest safety standards, which significantly reduces the probability of a dangerous failure of the technical system.

Key words: Safety, signalling devices, failures, maintaince of the system

Categorization: Professional paper



Želite li besplatno primati vlastiti tiskani primjerak Željeznice 21?

Zatražite na
zeljeznice21@hdzi.hr

www.hdzi.hr

10 godina u Hrvatskoj

Kolosiječni pragovi PB 85 K



Skretnički pragovi



Specijalni pragovi FS 150



Zidovi za zaštitu od buke



Leonhard Moll d.o.o.
Pogon Vinkovci
Alojzija Stepinca 4
HR-32100 Vinkovci
Tel.: +385 91 4255 835

www.moll-betonwerke.de
info@moll-betonwerke.de



Tihomir Subotić
dipl. inž. saobr.

Univerzitet u Istočnom Sarajevu – Saobraćajni fakultet,
subotic.tihomir@gmail.com



Branislav Bošković
prof. dr. sc.

Univerzitet u Beogradu –
Saobraćajni fakultet,
b.boskovic@sf.bg.ac.rs

UDK: 368.2:656.2

ISTRAŽIVANJE KONCEPTA OTPORNOSTI I NJEGOVE PRIMJENE NA ŽELJEZNIČKOME TRŽIŠTU

Bitno je poznavati razlike između rizika i otpornosti kako bi se mogle prikazati njihove primjene i utjecaji, kako u željezničkome prometu tako i kod željezničkih prijevoznika. Poznato je da je glavni zadatak željezničkog prometa osiguranje sigurnog i održivog željezničkog prijevoza te su u tome smjeru prikazane otpornosti i rizici željezničkog sustava.

Rad je objavljen u stručnom časopisu Železnice Broj 2, decembar 2022. godine.

1. Uvod

U globaliziranome svijetu i internacioniliziranome poslovnom okružju otvorenome za utjecaje i poremećaje, veliki naglasak stavlja se na sigurnost i održivost raznih infrastrukturnih, organizacijskih, poslovnih, ekonomskih, društvenih, socijalnih i drugih sustava. Inženjerski sustavi, posebno kritična infrastruktura, i njihova funkcionalnost mogu imati veliki utjecaj na živote ljudi, sigurnost, ekonomiju i ukupno okružje. Održavanje normalne funkcionalnosti tih sustava i njihova zaštita od neželjenih događaja do sada su se provodili kroz dobro poznati koncept upravljanja rizikom. Koncept rizika u svojoj se osnovi bavi prevencijom i mitigacijom. Međutim, pitanje kako se ponašati kada se nepoželjni događaj dogodi i kako se oporaviti od njega dovelo je do razmišljanja u novome smjeru i do stvaranja koncepta otpornosti.

Rad ima dva cilja. Prvi je da se kroz pregled literature definira koncept otpornosti, razlike između rizika i otpornosti, prikaže okviri za njegovu primjenu i kvantifikaciju u inženjerskome, organizacijskome i ekonomskome kontekstu. Drugi cilj rada je da se kroz pregled literature prikaže dosadašnji domeni koncepta otpornosti na željeznici i mogućnosti njegove primjene u uvjetima otvorenoga željezničkog prijevoznog tržišta.

Doprinosi provedenoga istraživanja su sljedeći:

- dan je prikaz definicija otpornosti s različitim gledišta

- prikazano je više modela za kvantitativno iskazivanje otpornosti u različitim područjima
- utvrđene su tri osnovne razlike između koncepta rizika i koncepta otpornosti
- dan je pregled literature o primjeni otpornosti na željeznici
- prikazan je okvir mogućnosti primjene otpornosti u uvjetima otvorenoga željezničkog prijevoznog tržišta.

Strukturu rada čine uvod, četiri glavna poglavlja, zaključak i popis literature. Tijekom istraživanja prikazane su definicije koncepta otpornosti s različitim gledišta i detaljno je opisana primjena koncepta u inženjerskome, organizacijskome i ekonomskome smislu. U trećem poglavlju opisane su tri glavne razlike između koncepta rizika i otpornosti, a u četvrtome poglavlju prikazani su različiti modeli kvantitativnog iskazivanja otpornosti. Peti dio rada obuhvaća pregled literature o otpornosti na željeznici i mogućnosti njegove primjene. Na kraju rada dan je zaključak uz popis literature.

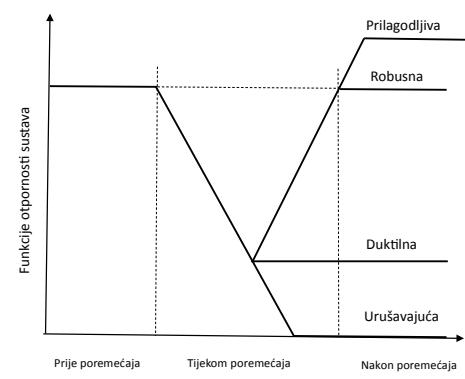
2. Koncept otpornosti

Otpornost kao koncept proizišao je iz područja psihologije i psihijatrije u prvoj polovini 18. stoljeća [1]. Neki autori pak tvrde da je podrijetlo koncepta iz područja fizike materijala [2]. Prema izvorima [1] [3] [4] [5], prvu važniju konceptualizaciju otpornosti postavio je Holling (u ekologiji) u radu pod naslovom „Otpornost i stabil-

nost ekoloških sustava“, gdje je otpornost prikazana kao mjera sposobnosti sustava da upije promjene i opstane [6]. Iako je proizišla iz konceptualizacije namijenjene za ekologiju, danas se otpornost primjenjuje u područjima kao što su inženjerstvo, ekonomija, sociologija, organizacija, menadžment i dr. [7] [8]. Sama riječ *resilience* (otpornost), od latinske riječi *resilire*, označava sposobnost povratka u početno stanje [9] [4] [10].

2.1. Definicije otpornosti

Definicija i svojstva koncepta otpornosti ovise o specifičnome području u kojоj se primjenjuje. Moderno shvaćanje koncepta otpornosti podrazumijeva proces, kvantificiran u pogledu mjere funkcionalnosti sustava i vremena reakcije, kroz koji promatrani sustav prolazi kao odgovor na poremećaje [11]. U načelu osnova koncepta je povratak sustava u prvobitno funkcionalno stanje. Međutim, u



Slika 1. Funkcije otpornosti sustava, izvor: autori

nekim područjima kao što je poslovanje, gdje su okružja vrlo dinamična i ovise o velikome broju elemenata, povratak sustava u prvobitno stanje funkcionalnosti velik je izazov. Sustav koji prolazi kroz određeni poremećaj karakteriziraju tri vremenska razdoblja: razdoblje prije poremećaja, razdoblje tijekom poremećaja i razdoblje nakon poremećaja. Tijekom tih vremenskih razdoblja otpornost sustava može se grafički prikazati jednom od četiriju karakterističnih funkcija otpornosti sustava (slika 1.). Ako se sustav nakon poremećaja vrati na početnu razinu funkciranja, za njega se kaže da ima robusnu funkciju otpornosti sustava [11]. U idealnome slučaju funkcionalnost sustava se kroz radnje i aktivnosti obnove može vratiti na razinu višu od početne funkcionalnosti. Tada se kaže da sustav ima prilagodljivu funkciju ponašanja otpornosti [11]. Ako se nakon poremećaja zadrži određena razina funkcionalnosti, ali ne na istoj razini kao prije poremećaja, za sustav se kaže da ima duktilnu funkciju otpornosti [11]. Za sustav koji nakon poremećaja u cijelosti gubi svoju funkcionalnost kaže se da ima urušavajuću funkciju otpornosti sustava [11].

Zbog različitog definiranja koncepta u različitim područjima primjene u tablici 1. prikazane su definicije koncepta iz različitih područja u kojima je našao svoju primjenu.

2.2. Otpornost u različitim područjima

S obzirom na to da se otpornost primjenjuje u različitim područjima, potrebno je utvrditi na koji su način konceptualizacije otpornosti povezane, a sve u cilju razvoja što općenitijeg pristupa primjeni toga koncepta. Područja od interesa za željeznicu jesu: inženjersko, organizacijsko i ekonomsko gledište otpornosti.

Inženjerska otpornost. Inženjerska otpornost dovodi se u vezu s kritičnom infrastrukturom. Otpornost je važan atribut u kritičnim infrastrukturnim sustavima [12]. U SAD-u se kritična infrastruktura definira kao sustavi i sredstva, bilo fizička ili virtualna, koji su od vitalne važnosti za državu. U slučaju njezina onesposobljavanja ili uništavanja došlo bi do narušavanja sigurnosti, nacionalnih, ekonomskih i zdravstvenih pitanja [13]. Rehak [14] definira kritičnu infrastrukturu kao sustav koji čini civilna infrastruktura, u kojem bi poremećaj izazvao ozbi-

Tablica 1. Definicije otpornosti

| Područje | |
|---|-----------|
| Definicija | Referenca |
| <i>Otpornost zajednica</i> | |
| Otpornost zajednice definira se kao sposobnost socijalnih jedinica (organizacija, zajednica) da ublaže opasnosti, obuzdaju učinke katastrofa i provedu aktivnosti oporavka na načine da minimiziraju društvene poremećaje i ublaže učinke budućih katastrofa. | [7] |
| <i>Otpornost kritične infrastrukture</i> | |
| Otpornost se definira kao sposobnost sustava da nastavi normalno funkcionirati na razini funkcionalnosti koja je bila uspostavljena prije poremećaja. | [14] |
| Otpornost se definira kao sposobnost oporavka od poremećaja, bilo na početnu razinu ili na novu prilagođenu razinu, a na temelju novih zahtjeva. | [15] |
| Otpornost se definira kao sposobnost prepoznavanja, upijanja, prilagodavanja i oporavljanja od poremećaja. | [16] |
| <i>Organizacijska otpornost</i> | |
| Organizacijska otpornost podrazumijeva sposobnost promjene u odgovoru na neočekivane događaje kao i sposobnosti predviđanja takvih događaja. | [5] |
| Organizacijska otpornost uključuje sposobnost neke organizacije da izdrži sustavne diskontinuitete i kapacitet da se prilagodi novim okružjima proizišlima iz različitih izvora rizika. | [17] |
| Otpornost je jedan od najpoželjnijih kapaciteta u kojima organizacija koristi svoje resurse zajedno s relacijama u okružju kako bi održala i odredila prihvatljivu razinu pripremljenosti i sposobnosti da odgovori i oporavi se od nepredviđenih kriza. | [18] |
| Organizacijska otpornost jest sposobnost organizacije da rekonfigurira organizacijske resurse, optimizira organizacijske procese, preobliči organizacijske odnose u krizi, brzo se oporavi od krize i iskoristi krizu za rast. | [19] |
| <i>Ekonomска otpornost</i> | |
| Statična ekonomski otpornost jest učinkovito korištenje dostupnih resursa u određenome trenutku. | [3] |
| Dinamična ekonomski otpornost jest ubrzani oporavak kroz popravak i rekonstrukciju osnovnoga kapitala. | [3] |
| <i>Općenite definicije otpornosti</i> | |
| Otpornost se definira kao sposobnost sustava da se oporavi nakon teških poremećaja, nepogoda ili drugih vrsta ekstremnih događaja. | [1] |
| Otpornost odražava sposobnost sustava da upije i oporavi se od poremećaja transformirajući svoju strukturu i funkcionalna sredstva, suočavajući se s dugoročnim promjenama i neizvjesnostima. | [10] |

Ijan udar na živote i zdravlje populacije, a koja obuhvaća električnu energiju, naftu, plin, snabdijevanje vodom, komunikacije i zdravstvene usluge [14]. Slično, u Zakonu o kritičnoj infrastrukturi u Srbiji ona se definira kao sustavi, mreže, objekti ili njihovi dijelovi čiji prekid funkcioniranja ili prekid isporuke roba odnosno usluga može imati ozbiljne posljedice po nacionalnu sigurnost, zdravlje i živote ljudi, imovinu, životnu sredinu, sigurnost građana, ekonomsku stabilnost, odnosno koja može ugroziti funkcioniranje Republike Srbije [15].

Sustavi kritične infrastrukture obuhvaćaju i prijevozne sisteme [12], u koje spada i željeznica. Otpornost u tome kontekstu opisana je kao sposobnost da se prepozna, upije, prilagodi, oporavi od poremećaja i vrati na početno ili prilagodeno stanje uz pružanje usluga minimalne razine [13]. Potrebno je istaknuti to da se i zbog povećane uloge otpornosti u različitim područjima inženjerstva javljaju raznolikosti u definicijama otpornosti [13], što je općenito slučaj kada je riječ o konceptu otpornosti. Posljedično, različiti radni okviri koji se primjenjuju u području inženjerstva otpornosti imaju nizak stupanj standardizacije i mogu ponuditi nejasne upute [13] [16].

Organizaciona otpornost. Današnje poslovno okružje sve je složenije i nestabilnije, što dolazi s globalizacijom i internacionalizacijom poslovnih aktivnosti [17]. S tim u vezi je za donositelje odluka postalo ključno pitanje kako će poduzeća upravljati rizikom i nastaviti funkcionirati tijekom kriza [17]. Postoji rastući broj dokaza da poduzeća koja upravljaju otpornošću imaju veću sposobnost da se prilagode promjenama na tržištu [17], odnosno da na njemu ostanu relevantan konkurent [13]. U uvjetima liberaliziranoga prijevoznog tržišta organizacijska otpornost bit će jedan od kapaciteta koji će javna željeznica morati razvijati kako bi opstala na njemu. Autori u više radova [13] [18] [19] [20] potkrepljuju tu činjenicu navodeći da konkurentnost ovisi o organizacijskoj otpornosti. Kao u slučaju inženjerske otpornosti, definicije i metodologije organizacijske otpornosti ne pronalaze konsenzus u literaturi [17] [21] [22].

Organizaciona otpornost se u nekim slučajevima dovodi u vezu s konceptima kao što su menadžment kriza [23] [17] [24] [25] i menadžment poslovnih kontinuiteta

[24] [21] [20]. Standardi koji reguliraju područje menadžmenta poslovnih kontinuiteta su ISO 22301 i ISO 22313. Identifikacija i procjena rizika u gotovo svim organizacijama utemeljeni su na primjenama standarda ISO 31000 i 22301 [21]. Upravljanje rizikom važan je interni organizacijski proces namijenjen poboljšanju otpornosti još u fazi prevencije [14]. Kako je otpornost dinamičan proces, ona se može poboljšati vremenom održavanjem interne i eksterne svijesti, izgradnjom iskustva, učenjem i uvodenjem promjena [23]. U vrlo nestabilnim i neizvjesnim vremenima organizacije trebaju razvijati kapacitet otpornosti. On im treba omogućiti sposobnost učinkovitoga nošenja s neočekivanim događajima, oporavke od kriza pa čak i doprinijeti budućim uspjesima [24].

Ekonomski otpornost. Temelje koncepta ekonomskog otpornosti postavio je Adam Rose u radovima [3] i [26] o ekonomskoj otpornosti. Ekonomsku otpornost podijelio je na statičnu i dinamičnu. Statičnu otpornost definira kao sposobnost sustava da upije ili amortizira oštećenja i gubitke, a u općenitiju definiciju ekonomskog otpornosti inkorporira koncept dinamičnosti pa tvrdi da dinamična ekonomski otpornost predstavlja brzinu oporavka od poremećaja i povratka u željeno stanje. U oba konteksta razlikuje otpornost kao inherentnu i prilagodljivu. Inherentna otpornost odnosi se na uobičajenu sposobnost otpornosti da se nosi s poremećajima (npr. sposobnost poduzeća da zamijene inpute smanjene djelovanjem poremećaja drugim inputima ili sposobnost tržišta da preraspodjeli resurse kao odgovor na cjenovne signale [26]). Prilagodljiva otpornost odnosi se na sposobnost održavanja funkcije na temelju domišljatosti ili dodatnog napora (npr. povećane mogućnosti zamjene inputa u individualnim poslovnim operacijama ili ojačavanje tržišta kroz pružanje informacija za povezivanje proizvođača s kupcima [3]). Dinamična otpornost odgovara pomicanju granice učinkovitosti, ali ne neophodno uz investicije.

Ekonomsku otpornost konceptualizira kao stanja i odgovore na poremećaj nakon što se on dogodi, što se razlikuje od koncepta drugih autora u kojima se i radnje prije poremećaja uključuju u kontekst koncepta otpornosti. Također, ekonomski otpornost definira se na tri razine [3]: mikroekonomskom, mezoeko-

nomskom i makroekonomskom. Mikroekonomski razina podrazumijeva ponašanje poduzeća, kompanija, domaćinstva ili organizacija, mezoekonomski razina podrazumijeva ekonomski sektor, individualna tržišta ili kooperativne skupine, a makroekonomski razina podrazumijeva sve individualne jedinice i tržišta kombinirano, uključujući interaktivne učinke.

Željeznica pripada mikroekonomskoj razini otpornosti, dok samo tržište pripada mezoekonomskoj i makroekonomskoj razini. Primjeri mikroekonomski otpornosti odnose se na operacije poslovanja i organizacije. Na makroekonomskoj razini postoji velik broj međuvisnosti na razini cijena i broja interakcija koje utječu na otpornost. To implicira da na otpornost u jednom sektoru mogu u velikoj mjeri utjecati aktivnosti koje su povezane ili nepovezane s otpornošću u drugome sektoru, što uvelike otežava djelovanje na otpornost i njezino mjerjenje [3].

3. Otpornost i rizik – razlike u konceptima

S obzirom na to da su pojmovi rizika i otpornosti bliski te da se prepliću u pojedinim slučajevima, od interesa je razumjeti ključne razlike. U nastavku su objašnjene tri razlike u njihovim konceptima.

Prva razlika. Koncept rizika je za razliku od otpornosti standardizirala Međunarodna organizacija za standardizaciju standardom ISO 31000. Ta činjenica u prvoj razini olakšava posao menadžera i donositeljima odluka pri upravljanju rizikom. Prema standardu ISO 31000 iz 2018., rizik se definira kao učinak nepoznatog na ispunjenje postavljenih ciljeva. Učinak može biti pozitivan, negativan ili oboje i on se može iskazati kroz prilike ili prijetnje [27].

Duga razlika. Priprema za nepoželjne događaje zahtijeva da redovite procjene operativnih procedura, sigurnosne procedure, protumjere i metode za procjenu rizika budu ključni aspekti procjene otpornosti [13]. Procjena otpornosti obuhvaća procjenu rizika kao pretporemećajno orientirani element [28], ali ide i dalje od toga jer uključuje i procjenjuje postporemećajne strategije za unapređenje funkcionalnosti sustava tijekom budućeg rada [11]. Okvir rizika razmatra napore za prevenciju poremećaja prije njihova nastanka, dok se otpornost foku-

sira i na oporavak od poremećaja nakon njihova nastanka [29]. Jednom kada se poremećaj dogodi, faza rizika završava [28]. Iz navedenog se može zaključiti da koncept procjene rizika može biti sastavni dio koncepta procjene otpornosti i da je povezan samo s pretporemećajnim preventivnim radnjama, što nije slučaj za otpornost.

Treća razlika. U osnovi jedna od razlika u konceptima je u metodologiji njihove kvantifikacije. Koncept rizika kvantificira vjerojatnoću i posljedice poremećaja u cilju utvrđivanja kritičnih komponenti sustava [29]. Otpornost je pak puno složenija za kvantifikaciju. Ne postoji jedinstven način njezina iskazivanja i mjerena, već se njezin radni okvir mijenja ovisno o području u kojem se primjenjuje, odnosno o konkretnim slučajevima u kojima se mjeri i procjenjuje. Mnogo različitih pristupa i gledišta treba uzeti u obzir kada je u pitanju mjerjenje otpornosti [16].

4. Kvantifikacija otpornosti

Nedostatak standardizacije, različiti pristupi u različitim područjima, drugačiji pogledi na koncept te različiti kriteriji za procjenu i analizu samo su neki od razloga koji otežavaju definiranje općeg pristupa kvantifikaciji otpornosti. U ovome dijelu rada prikazan je pregled različitih pristupa mjerjenju otpornosti prema područjima u kojima se primjenjuje.

4.1. Inženjerska otpornost

U inženjerstvu najčešće primjenjivane metode kvantifikacije otpornosti su probabilistički modeli, teorija grafova, faza zaključivanja i analitički modeli [30]. Aktualne metode kvantifikacije su uglavnom nepotpune, imaju nisku razinu standardizacije i u velikoj mjeri ovise o konceptima i pristupima koji proizlaze iz drugih dobro uspostavljenih i dobro razrađenih metodoloških okvira, čime ne uspijevaju dati rješenja u kontekstu inženjerstva otpornosti [16] [30]. U ovome dijelu rada dan je kratak prikaz nekoliko konceptualno različitih modela za kvantifikaciju otpornosti.

Bruneau et al. [7] prikazuju pristup zasnovan na pretpostavci da je mjeru, $Q(t)$, definirana kao kvaliteta infrastrukture na razini zajednice. Njezina funkcionalnost kreće se u granicama od 0 % do 100 % i ona varira u vremenu. Ako se poremećaj

dogodi (u ovome slučaju autori navode potres) u vremenu, kvaliteta infrastrukture smanjiće se na određenu razinu (npr. 50 %). Obnova infrastrukture očekuje se tijekom vremena, do trenutka kada je u cijelosti obnovljena. Kako je prikazano u jednadžbi (1), gubitak otpornosti, , u navedenome primjeru može se mjeriti veličinom očekivane degradacije kvalitete tijekom vremena [7].

$$R = \int_{t_0}^{t_1} [100 - Q(t)] dt \quad [1]$$

Dalje autori navode da je otpornost fizičkih i socijalnih sustava sastavljena od sljedećih svojstava [7]:

- **robustnost (robustness):** sposobnost elemenata ili sustava da izdrže određenu razinu stresa ili zahtjeva bez degradacije ili gubitka funkcije
- **suvrnost (redundancy):** mjeru do koje elementi ili sustavi postoje, a koji su zamjenjivi, tj. sposobnost da zadovolje funkcionalne zahtjeve tijekom poremećaja
- **obilatost u sredstvima (resourcefulness):** kapacitet da se identificiraju problemi, odrede prioriteti i mobiliziraju resursi kada postoji prijetnja od poremećaja; može se još konceptualizirati kao sposobnost alokacije materijala i ljudskih resursa u cilju ostvarivanja prioriteta i postavljenih ciljeva
- **hitrost (rapidity):** kapacitet da se prioriteti ispune i ciljevi postignu na vrijeme kako bi se obudzali gubici i izbjegli budući poremećaji.

Cimmelaro, Reinhorn i Bruneau [31] razvijaju drugačiji pristup od prethodnog. Otpornost, , definiraju kao funkciju koja predstavlja sposobnost zadržavanja funkcionalnosti tijekom kontrolnog vremena . Vrijeme oporavka, , jest period potreban za obnovu funkcionalnosti sustava do željene razine. Jednadžbom (2) prikazan je način proračuna otpornosti za taj pristup [31]

$$R = \int_{t_{0E}}^{t_{0E} + T_{LC}} [Q(t)/T_{LC}] dt \quad [2]$$

Francis i Bekera [13] predlažu pristup sa znatnim razlikama u odnosu na prethodna dva. Autori kvantificiraju otpornost kroz tri kapaciteta otpornosti: kapacitet upijanja, kapacitet prilagođavanja i kap-

citet obnavljanja. Kapacitet upijanja definira se kao razina do koje sustav može upijati efekte poremećaja i minimizirati posljedice. Kapacitet prilagođavanja definira se kao sposobnost sustava da se prilagodi poremećajima prolaskom kroz promjene. Kapacitet obnove karakterizira se brzinom povratka na normalnu ili željenu funkcionalnost. Jednadžbom (3) prikazan je način proračuna [13]:

$$\rho_i = S_p \times (F_r/F_o) \times (F_d/F_o) \quad [3]$$

U ovome slučaju jest faktor brzine oporavka, izvorna razina funkcionalnosti, razina funkcionalnosti nakon poremećaja, a razina funkcionalnosti nakon obnove [13].

Tamvakis i Xendis [30] te Francis i Bekera [13] predlažu pristup zasnovan na teoriji entropije. Autori [30] sugeriraju da se teorija entropije može primijeniti u različitim kontekstima za računanje otpornosti kroz iskazivanje razina neizvjesnosti i poremećaja. Predlažu se dva načina za određivanje otpornosti kroz entropiju (jednadžbe [4] i [5]):

$$S = k \ln W \quad [4]$$

$$H = - \sum_{i=1}^K p_i \ln(p_i) \quad [5]$$

Prvi pristup jest tzv. Boltzmannov zakon, gdje je entropija sustava, Boltzmannova konstanta, a vjerojatnost da će sustav postojati u određenome stanju među svim alternativnim stanjima koja mogu postojati [30]. Drugi pristup jest Shannonovo, gdje je entropija sustava, vjerojatnost da dio dijelova sustava pripada kategoriji od mogućih kategorija [30]. Sugerira se da se entropija sustava može iskazati i kao suma individualnih entropija pojedinih komponenti sustava. Autori primjenu entropije u inženjerstvu otpornosti potkrepljuju sljedećim tvrdnjama [30]:

- Otpornost je svojstvo sustava koje opisuje kapacitet sustava da se suoči s učincima ometajućeg događaja i da se oporavi na unaprijed definiranu razinu performansi. Entropija je također svojstvo sustava koje opisuje razinu poremećaja sustava zbog unutrašnjeg ili vanjskog uzroka.
- Otpornost integrira nekoliko dimenzija koje variraju od tehničkih i

ekonomskih do društvenih i organizacijskih aspekata. Entropija je primjenjiva na širok opseg sustava: od inženjerskih i ekonomskih do antropoloških i društvenih.

- Otpornost se pokušava kvantificirati uz pomoć jedinstvene metrike koja treba izraziti ukupnu vrijednost otpornosti međuvisnih modula sustava. Ukupna entropija sustava može se procijeniti kao zbroj pojedinačnih entropija modula sustava.

Posljednji obrađeni pristup iz područja inženjerstva otpornosti odnosi se na inkorporiranje faze logike u koncept otpornosti [12] [30] [32] [33]. Teorija neizrazitih (*fuzzy*) skupova pruža osnovu za formiranje modela nesigurnosti koji razmatra neizrazite skupove, subjektivne informacije i ljudsko znanje da bi se nesigurnosti prikazale u parametrima [33].

4.2. Organizacijska otpornost

Nestandardizacija i manjak konsenzusa u literaturi u pristupu kvantifikaciji otpornosti ogleda se u organizacijskoj otpornosti. Mali broj radova nudi kvantitativne modele za procjenu otpornosti.

Većina istražene literature iz područja organizacijske otpornosti [2] [4] [5] [10] [18] [19] [20] [22] [24] [25] bavi se uopćenom konceptualizacijom bez konkretnih kvantitativnih pristupa. Autori koji su razvili ili primjenjivali kvantitativne pristupe prikazani su u nastavku.

Van Trip, Ulieru i van Gelder [34] razvili su pristup za modeliranje organizacijske otpornosti na primjeru sigurnosti regija Nizozemske.

Arsovski, et al. [35] su primjenjujući neizrazitu logiku modelirali izbor organizacijskih faktora u procesnoj industriji malih i srednjih poduzeća.

Tasic, Amir, Tan i Khader [23] prikazuju višestupanjsku analizu i procjenu za jačanje organizacijske otpornosti.

Rehak [14] u svojemu istraživanju razvija i predlaže ASOR model za procjenu i organizacijske otpornosti i otpornosti kritične infrastrukture na primjeru Slovačke.

Chen, Xie i Liu [17] razvijaju pristup za kvantifikaciju na temelju kapitalne otpornosti, strategijske otpornosti, kulturnalne

otpornosti, odnosne otpornosti i otpornosti učenja.

Ruiz-Martin, Paredes i Wainer [36] koriste složenu mrežnu teoriju za procjenu organizacijske otpornosti na primjeru nuklearnih vanjskih planova.

4.3. Ekonomска otpornost

Rose [3] prikazuje grubi matematički model za ekonomsku otpornost u statičnome i dinamičnom kontekstu. Izravna statična otpornost () odgovara razini individualnoga poduzeća ili industrije (mikro ili mezo razina), odnosno analizi parcijalne ravnoteže. Ukupna statična otpornost () odgovara ekonomiji na makrorazini, odnosno analizi opće ravnoteže. Operativna mјera stupanj je do kojeg procijenjeno smanjenje izravnog odziva odstupa od maksimalnoga potencijalnog smanjenja u odnosu na poremećaj [3]:

$$DSER = \frac{\% \Delta DY^m - \% \Delta DY}{\% \Delta DY^m} \quad [6]$$

$\% \Delta DY^m$ jest maksimalni postotak promjene u izravnome odzivu, a je procijenjeni postotak promjene u izravnome odzivu. U svojoj biti je izbjegavanje maksimalnoga ekonomskog poremećaja izraženo u postocima.

5. Primjena koncepta otpornosti na željeznici

Sveobuhvatni pregled literature otpornosti na željeznici, s fokusom na prijevozne sustave i kvantitativne pristupe, iznio je Bešinović [37] za razdoblje od 2008. do 2019. Autor navodi da je cilj rada bio da se postavi specifična definicija otpornosti u području željezničkog prijevoza te da se pruži suvremeni pregled radova na temu otpornosti željeznice. Za pregled literature autor je koristio ključne riječi „rail“, „resilien“, „transport“ i „network“. Ukupno je pregledano 59 radova do 2019. Glavni zaključci pregleda literature prema [37] jesu:

- Otpornost sadržava dva gledišta: proaktivno i reaktivno. Prvo se odnosi na planiranje otpornog sustava, a drugo na zaštitu nakon poremećaja. Oba su gledišta jednakovo važna i trebaju biti tretirana kao gradivni elementi otpornosti u željezničkome prijevoznoj sustavu.

- Otpornost željezničkoga prijevozne sustava definirana je kao sposobnost željezničkog sustava da pruži efektivnu uslugu u normalnim uvjetima te da izdrži, upije, prilagodi se, i brzo oporavi od poremećaja.
- Otpornost je sveobuhvatna mjera sustava i pokriva sljedeća svojstva: ranjivost, preživljavanje, odgovor i oporavak. Dodatna proaktivna svojstva su mitigacija i pripremljenost.
- Metrika otpornosti podijeljena je na topološke i sustavno usmjerenе metrike. Topološke metrike potječu iz teorije složenih mreža, dok sustavno usmjerenje metrike nadmašuju ograničenja metoda grafova i predstavljaju zahtjeve i opskrbljivanje.
- Sustavno usmjerenje metrika pogodnija je za kvantifikaciju otpornosti željezničkoga prijevozne sustava, dok je topološka prikladnija za općenitija svojstva mreža.
- Sustavno usmjerenje metode mogu biti simulacije, optimizacije ili metode vođene podacima (*data-driven*).
- Dostupnost istraživanja otpornosti na željeznicu ograničena je.
- Pristupi za procjenu otpornosti i planiranje na željeznicu još su uvek relativno neistraženi.

5.1. Pregled literature

Pregled literature proveden je uz pomoć pretraživača Google i Google Scholar, baza podataka ScienceDirect, DOAJ, arXiv, SSRN, MDPI i ručnog provjeravanja citirane literature i referenci u već pregleđanim radovima. Riječi „rail“, „railway“ i „resilience“ korištene su kao ključne riječi za pretragu radova u bazama i pretraživačima. S obzirom na to da je Bešinović [37] obuhvatio razdoblje od 2008. do 2019., ovim su pregledom obuhvaćeni radovi objavljeni od 2019. do 2022. Ukupno su pronadrena i pregledana 24 rada. Brojevi radova po izvorima i po godinama prikazani su u tablicama 2. i 3.

Tablica 2. Broj radova po godinama

| Godina | Broj radova |
|---------------|-------------|
| 2022. | 13 |
| 2021. | 8 |
| 2020. | 1 |
| 2019. | 2 |
| <i>Ukupno</i> | 24 |

Tablica 3. Broj radova po izvoru

| Izvor (časopisi/zbornici/baze podataka) | Broj radova |
|--|-------------|
| Reliability Engineering & System Safety | 3 |
| Journal of Transport Geography | 2 |
| Journal of Advanced Transportation | 2 |
| Sustainability | 2 |
| Electronics | 1 |
| MEST Journal | 1 |
| Železnice | 1 |
| Electronics | 1 |
| AARMS | 1 |
| ECCWS | 1 |
| Infrastructures | 1 |
| Archives of Transport | 1 |
| SSRN | 1 |
| arXiv | 1 |
| Computational Intelligence and Neuroscience | 1 |
| Physica A: Statistical Mechanics and its Application | 1 |
| Research in Transportation Business & Management | 1 |
| Applied Sciences | 1 |
| Open Research Europe | 1 |
| <i>Ukupno</i> | 24 |

Tijekom pregleda literature nije utvrđeno znatno odstupanje od istraživanja pro- vedenog u [37] u odnosu na primjenjene modele kvantifikacije i područja otpornosti.

Od ukupno 24 pregledana rada 17 je iz područja inženjerstva otpornosti, od toga šest radova iz otpornost željezničke mreže, četiri se rada općenito bave infrastrukturnom otpornošću, dva se rada bave metrosustavima, dva procjenjuju otpornost sustava vlakova velikih brzina, jedan se bavi otpornošću željezničkih pruga u kontekstu skretnica, jedan je iz područja otpornosti održavanja infrastrukture i jedan iz područja infrastrukture komunikacija (tablica 4.).

Tablica 4. Pregled radova iz inženjerske otpornosti

| Područje | Broj radova | Referenca |
|--------------------------------|-------------|-------------------------------------|
| Željezničke mreže | 6 | [38] [39] [40] [41] [42] [43] |
| Općenito infrastruktura | 4 | [44] [45] [46] [47] |
| Metrosustavi | 2 | [48] [49] |
| Sustavi vlakova velikih brzina | 2 | [50] [51] |
| Održavanje | 1 | [52] |
| Komunikacije | 1 | [53] |
| Skretnice | 1 | [54] |

Ostali su radovi svrstani na način prikazan u tablici 5.

Tablica 5. Pregled ostalih radova

| Područje | Broj radova | Referenca |
|-----------|-------------|--------------------------------|
| Mobilnost | 5 | [55] [56] [57] [58] [59] |
| Vozni red | 1 | [60] |
| Ekologija | 1 | [61] |

Metode primjenjene za kvantifikaciju otpornosti mogu se podijeliti prema kategorijama postavljenima u [37]. U tablici 6. prikazane su metode korištene u pregledanoj literaturi prema kategorijama.

U pregledu željezničke literature iz područja otpornosti danom u [37] te u ovome pregledu nisu pronađeni radovi koji se bave konkretnom procjenom organizacijske otpornosti željeznic ili njezinim položajem na tržištu.

5.2. Otpornost u uvjetima otvorenoga željezničkog prijevoznog tržišta

Prijevozno tržište željezničkih usluga u zemljama bivše Jugoslavije, kao uosta-

jom i u cijeloj Europi, bilo je monopolsko, tj. na tržištu je postojalo samo jedno (javno) poduzeće. Ono je objedinjavalo tri osnovne djelatnosti željeznic: prijevoz putnika, prijevoz robe i upravljanje infrastrukturom i prometom. Međutim, željezница na kopnenome prijevoznom tržištu nije imala konkurenčki kapacitet da ugrozi primat puno fleksibilnijega cestovnog prometa pa je zbog toga, ali i niza drugih razloga (promjene strukture gospodarstva, monopola kao oblika organiziranja, javnog vlasništva, utjecaja političkih faktora, velikih investicija u cestovnu infrastrukturu, otvaranja europskoga prijevoznog tržišta, povećanja vrijednosti i dr. [62]), pokrenut postupak restrukturiranja željeznic.

Europski model restrukturiranja željezničica podrazumijevao je privlačenje privatnih investicija i stvaranje konkurenčije prijevoznika na željezničkoj infrastrukturi, tj. u djelatnostima prijevoza [62]. Stvaranje konkurenčije na željezničkoj infrastrukturi je od ključne važnosti za javnoga željezničkog prijevoznika. Nova tržišna pravila propisana direktivama Europske unije propisuju državama da omoguće korištenje željezničke infrastrukture pod ravnopravnim i poštenim uvjetima za sve prijevoznike, bez diskriminacije. Poznajući već slab konkurenčki kapacitet željeznic u odnosu na cestovni promet i sve prethodno navedeno postavlja se pitanje je li javni prijevoznik spremna za „bitku“ na tržištu. Karakterizirajući otvaranje željezničkog prijevoznog tržišta kao nepoželjni događaj za javnog prijevoznika, problem restrukturiranja se može promatrati kroz koncept otpornosti. Otpornost javnog prijevoznika na konkurenčiju može se svrstati u organizacijsku i ekonomsku otpornost.

6. Zaključak

Istraživanje u ovome radu pregled je teorijske osnove koncepta inženjerske, organizacijske i ekonomске otpornosti. Koncept otpornosti primjenjivan je u različitim područjima, bez konsenzusa različitih autora u načinu konceptualizacije ili kvantifikacije.

Jedan od doprinosova rada jest nastavak istraživanja pregleda literature otpor-

Tablica 6. Klasifikacija radova prema pristupima

| Pristup | Primjer | Referenca |
|--|---|--------------------------------|
| Modeliranje mreža | <ul style="list-style-type: none"> utjecaj V.O koridora na otpornost mađarske mreže procjena otpornosti mreže kompleksa Zhengzhou metro procjena otpornosti mreže podzemne željeznice Chengdu | [38] [41] [42] [43] [49] |
| Pristup <i>data-driven</i> | <ul style="list-style-type: none"> otpornost i spremnost željezničkih mreža tijekom neplaniranih poremećaja kvantifikacija otpornosti željezničkih mreža je li prometna infrastruktura sklona niskoj emisiji ugljikova dioksida – primjer projekta sustava vlakova velikih brzina u Kini | [47] [57] [58] [59] [61] |
| Linearno modeliranje i optimizacija | <ul style="list-style-type: none"> ocjena otpornosti na klimatske promjene na primjeru bostoniske brze tranzitne željezničke mreže višeporemećajna procjena otpornosti pružnih prijevoznih sustava | [39] [46] [47] [55] |
| Komparativna analiza | <ul style="list-style-type: none"> sličnosti i razlike između rizika i otpornosti komparativna analiza otpornosti i ranjivosti željezničke infrastrukture | [44] [45] |
| Modeliranje neizrazitog logičkog sustava | <ul style="list-style-type: none"> ocjena procesa željezničkih operacija u smislu analize otpornosti ocjena otpornosti konstrukcije podloge brzih željezničkih sustava | [50] [60] |
| Modeliranje kibernetičke sigurnosti | <ul style="list-style-type: none"> koncept upravljanja otpornošću za željezničke i metro kibernetičko-fizičke sustave | [48] |
| Analiza slučaja, pregled literature, stručno mišljenje | <ul style="list-style-type: none"> određivanje utjecajnih varijabli na poboljšanje otpornosti brze željeznice | [51] |
| BIM modeliranje i analiza životnog vijeka | <ul style="list-style-type: none"> digitalna kopija za upravljanje održavanjem i otpornošću željeznice | [52] |
| Metamodeliranje ¹ | <ul style="list-style-type: none"> metamodeliranje kibernetičke otpornosti² na primjeru željezničkih komunikacija | [53] |
| Simulacija | <ul style="list-style-type: none"> procjena utjecaja skretničkih sustava na jednokolosiječne pruge | [54] |
| Višeslojno mješovito modeliranje | <ul style="list-style-type: none"> prirodna eksperimentalna analiza otpornosti na mobilnost i disparitet | [56] |

¹ Metamodeliranje jest postupak primjene postojećega modela za opisivanje drugog modela [65].

² Kibernetička otpornost predstavlja primjenu koncepta otpornosti u kontekstu podataka, povezanih hardvera, softvera i ostalih osjetljivih komponenti kibernetičke infrastrukture [64].

nosti iz područja željeznice od 2019. do 2022. Zaključeno je to da je najveću primjenu koncept otpornosti pronašao u infrastrukturnome dijelu željeznice. Najčešće primjenjivani modeli zasnovani su na teoriji grafova i pristupima *data-driven*. Pregled i sistematizacija literature pokazali su da je koncept otpornosti još uvijek relativno nov u području željeznice i da je mali broj radova koji se bave organizacijskim i ekonomskim aspektima.

S obzirom na nove tržišne uvjete, zaključuje se da je opstanak javnoga željezničkog prijevoznika, pa čak i cjelokupnoga željezničkog sustava, moguće promatrati kroz prizmu koncepta otpornosti. Otvaranje željezničkoga prijevoznog tržišta i dolazak konkurenциje neželjeni su dogadjaj za javnog prijevoznika. Kako bi opstao na tržištu, javni prijevoznik će morati razvijati kapacitete otpornosti. Kapaciteti otpornosti odnose se na upijanje, prilagođavanje

i oporavak. Upijanje se može opisati zadržavanjem postojećih klijenata. Prilagođavanje novonastalim uvjetima zahtijevat će rad na optimiranju svih procesa unutar organizacije te realokaciju i rekonfiguriranje resursa. Oporavak na početno stanje upitna je kategorija jer postoji mala vjerojatnost da će javni prijevoznik ostati monopolist u uvjetima konkurenčije, ako je kapacitet oporavka opisan povratkom na početno ili bolje stanje.

LITERATURA

- [1] C. S. Renschler; A. E. Frazier, L. A. Arendt, G. P. Cimellaro; A. M. Reinhorn; M. Bruneau. 2010. *A framework for defining and measuring resilience at the community scale: The PEOPLES resilience framework*. Buffalo: MCEER.
- [2] M. J. Bernard; S. D. Barbosa. 2016. Resilience and entrepreneurship: A dynamic and biographical approach to the entrepreneurial act. *M@nagement*. t. 19. br. 2, 89 - 123.
- [3] A. Rose. 2007. Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions. *Environmental Hazards*. t. 7. br. 4. 383 - 398.
- [4] L. Xiao; H. Cao. 2017. *Organizational resilience: The theoretical model and research implication*. In ITM Web of Conferences. t. 12.
- [5] Z. Ma; L. Xiao; J. Yin. 2018. Toward a dynamic model of organizational resilience. *Nankai Business Review International*
- [6] C. S. Holling. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*. 1 - 23.
- [7] M. Bruneau; S. E. Chang; R. T. Eguchi et al 2003. A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. *Earthquake Spectra*. t. 19. br. 4. 733 - 752.
- [8] D. Henry; J. E. Ramirez-Marquez. 2010. A generic quantitative approach to resilience: a proposal. In *INCOSE International Symposium*. t. 20. br. 1. 291 - 301
- [9] K. Wolter; A. Avritzer; M. Vieira; A. Van Moorsel. 2012. *Resilience Assessment and Evaluation of Computing Systems*. Berlin: Springer-Verlag.
- [10] G. S. Van Der Vegt; P. Essens; M. Wahlström; G. George. 2015. Managing risk and resilience. *Academy of Management Journal*. t. 58. br. 4. 971 - 980.
- [11] P. Gasser; P. Lustenberger; M. Cinelli; W. Kim; M. Spada; P. Burgherr; S. Hirschberg; B. Stojadinovic; T. Sun. 2019. A Review on Resilience Assessment of Energy Systems. *Sustainable and Resilient Infrastructure*. t. 6. br. 5.
- [12] G. Muller 2012. Fuzzy architecture assessment for critical infrastructure resilience. *Procedia Computer Science*. t. 12. 367 - 372.
- [13] R. Francis; B. Bekera. 2014. A Metric and Framework for Resilience Analysis of Engineered and Infrastructure Systems. *Reliability Engineering and System Safety*. t. 121. 90 - 103.
- [14] D. Rehak. 2020. Assessing and strengthening organisational resilience in a critical infrastructure system: Case study of the Slovak Republic. *Safety Science*. t. 123.
- [15] *Zakon o kritičnoj infrastrukturi*. 2018. Službeni glasnik RS, br. 87.
- [16] N. Yodo; P. Wang. 2016. Engineering Resilience Quantification and System Design Implications: A Literature Survey. *Journal of Mechanical Design*. t. 138. br. 11.
- [17] R. Chen; Y. Xie; Y. Liu. 2021. Defining, conceptualizing, and measuring organizational resilience: A multiple case study. *Sustainability*. t. 13. br. 5.
- [18] Y. Sheffi; J. B. Rice. 2005. A supply chain view of the resilient enterprise. *MIT Sloan management review*. t. 47. br. 1.
- [19] A. Ates; U. Bititci. 2011. Change process: a key enabler for building resilient SMEs. *International Journal of Production Research*. t. 49. br. 18. 5601 - 5618.
- [20] L. Aldianto; G. Anggadwita; A. Permatasari; I. R. Mirzanti; I. O. Williamson. 2012. Toward a business resilience framework for startups. *Sustainability*. t. 13. br. 6.
- [21] D. Tadić; A. Aleksić. 2013. Ranking organizational resilience factors in enterprises using a modified fuzzy analytical hierarchy process. *Ekonomska horizonti*. t. 15. br. 3. 181 - 196.
- [22] M. K. Linnenluecke. 2017. Resilience in business and management research: A review of influential publications and a research agenda. *International Journal of Management Reviews*. t. 19. br. 1. 4 - 30.
- [23] J. Tasic; S. Amir; J. Tan; M. A. Khader. 2020. A multilevel framework to enhance organizational resilience. *Journal of Risk Research*. t. 23. br. 6. 713 - 738.
- [24] S. Duchek S. 2020. Organizational resilience: a capability-based conceptualization. *Business Research*. t. 13. br. 1. 215 - 246.
- [25] A. Boin; M. J. Van Eeten. 2013. The resilient organization. *Public Management Review*. t. 15. br. 3. 429 - 445.
- [26] A. Rose. 2004. Defining and measuring economic resilience to disasters. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*.
- [27] D. Vuković. 2016. *Svaki rizik je prilika, svaka prilika je rizik*. Hrvatska konferencija o kvaliteti. Poreč.
- [28] O. Kammouh; G. Dervishaj; G. P. Cimellaro. 2016. *Resilience assessment at the state level*. 1st International Conference on Natural Hazards & Infrastructure (ICONHIC2016). Kina.
- [29] I. Linkov; B. Trump. 2019. *The Science and Practice of Resilience*, Springer Nature Switzerland.
- [30] P. Tamvakis; Y. Xenidis. 2013. Comparative evaluation of resilience quantification methods for infrastructure systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. t. 74. 339 - 348.
- [31] G. P. Cimellaro; A. M. Reinhorn; M. Bruneau 2010. Framework for analytical quantification of disaster resilience. *Engineering structures*. t. 32. br. 11. 3639 - 3649.
- [32] K. Heaslip; W. Louisell; J. Collura; N. Urena Serulle. 2010. *A sketch level method for assessing transportation network resiliency to natural disasters and man-made events*. Transportation Research Board 89th Annual Meeting. Washington. DC.
- [33] M. De Iuliis; O. Kamounah; G. P. Cimellaro. 2022. *Measuring and improving community resilience: a Fuzzy Logic approach*. arXiv preprint arXiv.
- [34] J. M. Van Trijp; M. Ulieru; P. H. Van Gelder. 2012. Quantitative modeling of organizational resilience for Dutch emergency response safety regions. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part O. *Journal of Risk and Reliability*. t. 226. br. 6. 666 - 676.
- [35] S. Arsovski; G. Putnik; Z. Arsovski; D. Tadić; A. Aleksić; A. Djordjević; S. Moljević. 2015. Modelling and enhancement of organizational resilience potential in process industry SME's. *Sustainability*. t. 7. br. 12. 16483 - 16497.
- [36] C. Ruiz-Martin; A. L. Parede; G. A. Wainer. 2015. Applying complex network theory to the assessment of organizational resilience. *IFAC-PapersOnLine*. t. 48. br. 3. 1224 - 1229.
- [37] N. Bešinović. 2020. Resilience in railway transport systems: a literature review and research agenda. *Transport Reviews*. t. 40. br. 4. 457 - 478.
- [38] B. G. Tóth; I. Horváth. 2020. *How the planned V0 railway line would increase the resilience of the railway network of Hungary against attacks*. arXiv.
- [39] M. V. Martello; A. J. Whittle; J. M. Keenan; F. P. Salvucci. 2021. Evaluation of climate change resilience for Boston's rail rapid transit network. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. t. 97.
- [40] M. J. Knoester; N. Bešinović; A. P.

- [41] Afghari; R. M. Goverde; J. van Egmond. *A Data-Driven Approach for Quantifying the Resilience of Railway Networks*. Available at SSRN 4120071.
- [42] J. Chen; J. Liu; Q. Peng; Y. Yin. 2022. *Resilience assessment of an urban rail transit network: A case study of Chengdu subway*. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.
- [43] R. Ding; L. Du; Y. Du; J. Fu; Y. Zhu; Y. Zhang; L. Peng. 2022. Study on the Evolution and Resilience of Rail Transit Time Networks—Evidence from China. *Applied Sciences*. t. 12. br. 19.
- [44] O. Ilalokhoin; R. Pant; J. W. Hall. 2023. *A model and methodology for resilience assessment of interdependent rail networks—Case study of Great Britain's rail network*. *Reliability Engineering & System Safety*.
- [45] S. Sredojević; B. Bošković. 2022. Sličnosti i razlike upravljanja rizikom i otpornošću u željezničkom sistemu. *Željeznice*. t. 2021. br. 2. 89 - 98.
- [46] K. Hoterova; Z. Dvorak. 2020. Comparative analysis of the resilience and vulnerability of the railway infrastructure. *MEST Journal*. t. 8. br. 2. 100 - 106.
- [47] V. M. Fabella; S. Szymczak. 2021. Resilience of railway transport to four types of natural hazards: an analysis of daily train volumes. *Infrastructures*. t. 6. br. 12. 174.
- [48] N. Bešinović; R. F. Nassar; C. Szymula. 2022. *Resilience assessment of railway networks: Combining infrastructure restoration and transport management*. *Reliability Engineering & System Safety*.
- [49] J. Rajamäki. 2021. *Resilience Management Concept for Railways and Metro Cyber-Physical Systems*. ECCWS 2021 20th European Conference on Cyber Warfare and Security.
- [50] Q. Qi; Y. Meng; X. Zhao; J. Liu. 2022. Resilience Assessment of an Urban Metro Complex Network: A Case Study of the Zhengzhou Metro. *Sustainability*. t. 14. br. 18.
- [51] H. Wang; J. Zhou; Z. Dun; J. Cheng; H. Li; Z. Dun. 2022. Resilience evaluation of high-speed railway subgrade construction systems in goaf sites. *Sustainability*. t. 14. br. 13.
- [52] X. Zhang; N. Zhang; C. Zhao; H. Yu; X. Deng. 2022. Identification of Influencing Variables on Improving Resilience of High-Speed Railway System. *Journal of Advanced Transportation*. t. 2022.
- [53] E. Bellini; S. Marrone; F. Marulli. 2021. Cyber resilience meta-modelling: the railway communication case study. *Electronics*. t. 10. br. 5. 583.
- [54] M. Bažant; J. Buliček. 2022. Impact Assessment of Interlocking Systems on Single-Track Railway Lines as a Measure Leading to Resilient Railway System. *Journal of Advanced Transportation*. t. 2022.
- [55] J. Tang; L. Xu; C. Luo; T. S. A. Ng. 2021. *Multi-disruption resilience assessment of rail transit systems with optimized commuter flows*. *Reliability Engineering & System Safety*.
- [56] E. Borowski; J. Soria; J. Schofer; A. Stathopoulos. 2022. *Does rideourcing respond to unplanned rail disruptions? A natural experiment analysis of mobility resilience and disparity*. arXiv.
- [57] A. Potter; A. Soroka; M. Naim. 2022. Regional resilience for rail freight transport. *Journal of Transport Geography*.
- [58] J. L. Schofer; H. S. Mahmassani; M. T. Ng. 2022. Resilience of US Rail Intermodal Freight during the Covid-19 Pandemic. *Research in Transportation Business & Management*.
- [59] A. Woodburn. 2019. Rail network resilience and operational responsiveness during unplanned disruption: A rail freight case study. *Journal of Transport Geography*. t. 77. 59 - 69.
- [60] F. Restel. 2021. The railway operation process evaluation method in terms of resilience analysis. *Archives of Transport*. 57.
- [61] Z. He; G. Wang; H. Chen; H. Yan. 2022. Is Resilient Transportation Infrastructure Low-Carbon? Evidence from High-Speed Railway Projects in China. *Computational Intelligence and Neuroscience*.
- [62] R. Đuričić; B. Bošković; S. Rosić. 2017. *Evropski koncept bezbjednosti željeznice*. Dobojski Univerzitet u Istočnom Sarajevu - Saobraćajni fakultet.
- [63] M. Saad; G. Hagelaar; G. Van der Velde; F. Omata. 2021. Conceptualization of SMEs' Business Resilience: A Systematic Literature Review. *Cognet Business & Management*. t. 8. br. 1.
- [64] A. Kott; I. Linkov. 2019. *Fundamental Concepts of Cyber Resilience: Introduction and Overview*: u *Cyber resilience of systems and networks*. Springer International Publishing.
- [65] D. Allemang; J. Hendler. 2011. Expert modeling in OWL: u *Semantic web for the working ontologist: effective modeling in RDFS and OWL*. Elsevier.

SAŽETAK

ISTRAŽIVANJE KONCEPTA OTPORNOSTI I NJEGOVE PRIMJENE NA ŽELJEZNIČKOME TRŽIŠTU

U suvremenim poslovnim sustavima velika pozornost posvećuje se održavanju optimalnog funkciranja u uvjetima poremećaja. Potreba za održavanjem sustava tijekom poremećaja na pozitivno funkcionalnoj razini izrodila je relativno nov koncept pod nazivom otpornost (resilience). Koncept otpornosti uz rame s tradicionalnim konceptom upravljanja rizikom bit će neizostavan dio funkcionalnog okvira svakog inženjer-skog, organizacijskog i ekonomskog sustava. Rad je posvećen istraživanju koncepta otpornosti i njegovoj primjeni na željeznici s posebnim osvrtnom na mogućnost njegove primjene kod željezničkog prijevoznika u uvjetima otvorenoga prijevoznog tržišta. Rezultati istraživanja ogledaju se u prikazu teorijske osnove koncepta otpornosti iz različitih područja, u predstavljanju glavnih razlika koncepta otpornosti u odnosu na koncept rizika i kvantitativnih modela za iskazivanje otpornosti u različitim područjima te u istraživanju primjene koncepta na željeznici i mogućnosti njegove primjene u uvjetima otvorenoga željezničkog prijevoznog tržišta.

Ključne riječi: otpornost, željeznica, tržište, restrukturiranje, kvantifikacija, rizik, liberalizacija

Kategorizacija: stručni rad

SUMMARY

RESEARCH ON THE RESILIENCE CONCEPT AND ITS APPLICATIONS IN THE RAILWAY TRANSPORT MARKET

In modern business systems, great attention is focused on optimal functioning during disruptive events. The need for positive system function during disruptive events allowed a new concept named resilience to emerge. Resilience alongside the traditional risk management concept will be an indispensable part of any major engineering, organizational, and economic system framework. The main goal of the paper is to present the resilience concept application in the railway sector, and possibilities for its application on the railway public operator in the open railway market conditions. Results of the research are the following: resilience concept theory is presented from various fields, main differences between the risk concept and resilience concept are described, quantitative models for resilience expression are sublimed from various fields, resilience concept usage in the railway sector is described, and possibilities of its application in the open railway market conditions.

Key words: resilience, railway, market, restructuring, quantification, risk, liberalization

Categorization: professional paper

Tehnologija koja pokreće i spaja



KONČAR
Inspirirani izazovima



Marc Demml

Produktmanager
Stopfmaschinen,
Schotterflüge
und Stabilisatoren,
Plasser & Theurer, Linz/Wien,
marc.demml@plassertheurer.com



dr. sc. Christian Koczwarra

R&D Scientist, Abt.
Research und Simulation,
Plasser & Theurer, Linz,
christian.koczwarra@plassertheurer.com



dr. sc. Samir Omerović

Simulationsingenieur, Abt.
Research und Simulation,
Plasser & Theurer, Linz,
samir.omerovic@plassertheurer.com

UDK: 625.1+502.17

1. Uvod

Metoda održavanja pruga prošla je dug put od ručne obrade uz korištenje vezica za spajanje tračnica pa do mehaničkog održavanja zavarenih tračnica bez rupa. Svaka komponenta kolosijeka prošla je temeljne promjene u skladu s iskustvima s pojedinačnim elementima kolosijeka i njihovim međudjelovanjima te prilagodbom lokalnim i vremenskim uvjetima. Taj proces promjena ni danas nije završen. Na kraju, ali ne manje važno, zbog trošenja i optimiranja komponenti neophodno je nastaviti znanstveno ispitivati predmetno područje.

2. Tehnološki razvitak podbijanja

Na samome početku zahtjevi za željezničke kolosijeke bili su vrlo jednostavnii bilo ih je vrlo lako zadovoljiti zbog malih brzina i malih masa prijevoznih sredstava. S porastom brzina i povećanjem opterećenja rastu i zahtjevi za kvalitetu kolosijeka kako bi se omogućio siguran i pouzdan željeznički prijevoz. Zbog toga su zahtjevi za održavanje koji se upu-

OD PIJUKA DO BEZEMISIJSKE MEHANIZACIJE ZA ODRŽAVANJE KOLOSIJEKA

Znanstveno utemeljena tehnologija podbijanja pokretač je inovacija u željezničkome sustavu. Razvoj željezničkih sustava uvjetuje pokretanje brojnih istraživanja i primjenu novih metodologija, a sve u cilju što bržeg, kvalitetnijeg i učinkovitijeg postizanja i zadržavanja projektirane kvalitete željezničkih elemenata i opreme. S obzirom na mjere zaštite okoliša, cilj je bio proizvesti mehanizaciju za održavanje pruga bez štetnih emisija.

ćuju prema upravitelju sve brojniji i postaju sve složeniji. Održavanje se danas provodi u puno kraćem roku s preciznom točnošću te pod utjecajem djelomične automatizacije, ekonomski isplativijom izvedbom i dodatno rastućim zahtjevom za strogim sekundarnim uvjetima u pogledu klimatske neutralnosti. Višestruko povećani zahtjevi mogu se zadovoljiti samo kroz opsežne istraživačke aktivnosti u kombinaciji sa suvremenim metodama simulacije. Područje istraživanja obuhvaća širok raspon istraživačkih područja koja se bave najnovijim dostignućima u senzorskoj tehnologiji, obradi podataka i znanosti o materijalima.

Sve do sredine četrdesetih godina prošlog stoljeća izrada potrebne kolosiječne geometrije bila je obilježena vrlo teškim fizičkim radom. Da bi se visina tračnice podesila, pod tračnicu su se postavljali se dizalica ili stroj za podizanje te se na taj način tračnica postavljala u konačan položaj. Tučenac se zatim što je moguće bolje uguravao ispod praga pajserom ili pijukom, ovisno o tome što je bilo učinkovitije (slika 1.). Za podešavanje smjera ko-

losijeka korišteni su tzv. okviri za rukanje (slika 2.). Takva je ručna obrada bila povezana s enormnim utroškom vremena, a i fluktuacije u kvaliteti konačne geometrije kolosijeka bile su znatne. Iako još uvijek postoje radovi koji se i danas uglavnom izvode ručno (npr. izmjena pojedinačnih pragova ili međuploča ispod tračnice), uređenje geometrije položaja i smjera kolosijeka uglavnom se obavlja strojevima za uređenje geometrije pruge. To je jedini način da se udovolji zahtjevima kvalitete geometrije kolosijeka koji su zahtjevniji zbog velikih brzina i osovinskih opterećenja.



Slika 2. Okvir za rukanje smjera kolosijeka, izvor: [10]



Slika 1. Ručno podbijanje, izvor: [10]

3. Prekretnice mehanizacije

Rast opsega željezničke industrije izravno je vezan uz razvoj i proizvodnju naprednih građevinskih željezničkih strojeva. Tek su ti strojevi omogućili mehaniziranje i automatiziranje pojedinih procesa, a kasnije i povezivanje gotovo svih potrebnih procesa u kompletne celine. Već u četrdesetim i pedesetim godinama prošlog stoljeća došlo je do revolu-



Slika 3. Jedna od prvih podbijačica Plasser & Theurer, izvor: [10]

cionarnog pomaka u uređenju kolosijeka, i to od prve mehaničke podbijačice i njezina daljnog razvoja do hidrauličnih podbijačica (slika 3.). Na taj se način podbijaće moglo izvoditi uz pomoć strojeva, što je olakšalo sam rad, ali i dovelo do porasta učinkovitosti u održavanju kolosijeka. Dodatni radovi poput dizanja i rukanja su se na početku izvodili ručno, točnije sve do početka šezdesetih godina prošlog stoljeća kada se podbijačice moglo opremiti agregatima za rukanje i dizanje te na taj način sve automatizirati. Daljnja prekretnica pojavila se prilikom opremanja podbijačica računalima za vodenje. Zahvaljujući korištenju računala za vodenje podbijačica „poznaje“ željenu geometriju kolosijeka te je može automatski uspostaviti koristeći aggregate za dizanje i rukanje. Kroz sljedeća desetljeća kontinuirano su se razvijali radni agregati kako bi mogli kompletno samostalno strojno podbiti složene skretnice. Za dodatno podizanje učinka iskorištenosti energije i rada razvijen je kontinuirani rad strojeva. Za takav rad agregati stroja montirani su na njegov samonosivi dio (tako zvani satelit), koji se neovisno o glavnome okviru stroja pomiče tijekom rada. Suprotno od cikličkoga načina rada, pri kojem stroj cijelom dužinom ostaje stajati iznad mesta rada i ponovo se mora pokrenuti, kod kontinuiranog načina rada stroj se cijelo vrijeme pomiče: dok podbijačica kao komplet kontinuirano vozi, satelit se koči i ubrzava kako bi se izbjeglo kočenje cijelog stroja na mjestu rada dok radni agregati obavljaju svoj dio posla na mjestu rada. Uz očito povećanje razine učinkovitosti znatno je povećana udob-

nost posade stroja. Drugi razvojni korak bio je integracija dinamičkog stabilizatora kolosijeka [1]. On se koristi odmah nakon nabijanja i primjenjuje konstantno okomito opterećenje na rešetku kolosijeka kao i vibracije poprečno na smjer vožnje. Tom dodatnom obradom kolosijek se u cijelosti homogenizira u smislu zbijenosti i može se predvidjeti velik dio početnih slijeganja važnih za trajnu kvalitetu geometrije kolosijeka. Osim toga svojstva poboljšana je čvrstoća kolosiječne rešetke i kolosijek se može koristiti bez ograničenja odmah nakon održavanja. Poboljšane tehnologije održavanja mogu znatno produljiti cikluse održavanja i time smanjiti ekološki otisak.

4. Primjena dekarbonizacije u održavanju kolosijeka: podbijanje bez emisija

Uz daljnji razvoj radnih agregata već nekoliko godina poseban je fokus na smanjenju ugljičnog otiska tijekom održavanja kolosijeka. Zbog toga je prvi put 2015. svijetu predstavljen Plasser & Theurerov električni stroj za podbijanje (09-4X Dynamic E³). Sljedeći logičan korak bila je integracija dalnjih električnih pogona (npr. pogon podbijačkih agregata, stvaranje hidrauličkog tlaka) prema jednome sustavu: „Sve što se okreće pogoni se električnim putem“. Nakon toga uslijedio je razvoj sljedećih tipova strojeva na električni pogon [2]. Željeznički gradevinski strojevi moraju se moći fleksibilno koristiti, čak i u područjima bez kontaktног voda (nisu dostupni ili isključeni za rad na gradilištu). S tom namjenom strojevi za podbijanje na električni pogon često su opremljeni dodatnim konvencionalnim pogonom koji koristi motor s unutarnjim izgaranjem. Kako bi u budućnosti u cijelosti mogli biti odbačeni konvencionalni koncepti pogona, u fokus dolazi uporaba elektrokemijskih sustava za pohranu energije (baterije, gorive ćelije). To omogućuje rad i vožnju prugom u područjima bez dostupnoga kontaktног voda.

4.1. Identifikacija i analiza važnih parametara

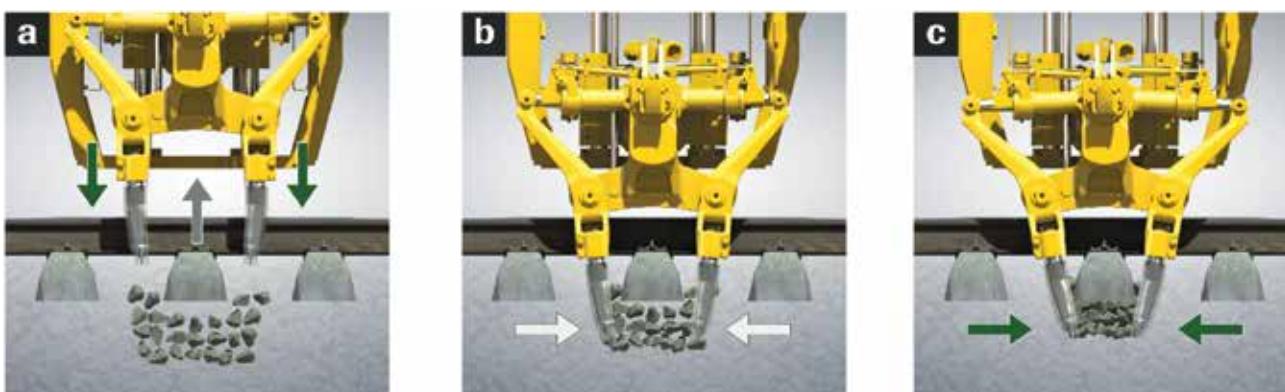
Uz smanjenje lokalno nastalih emisija postupnom elektrifikacijom u izgradnji željeznične odlučujuće ulogu ima i interval održavanja jer se troškovi održavanja mogu smanjiti duljim vijekom trajanja kolosijeka, što željeznički sustav čini još atraktivnijim. Kako bi dugotrajno dobro uporabno stanje kolosijeka moglo biti zaglavljeno, bitno je proizvesti visokokvalitetnu kolosiječnu rešetku bez dodatnog opterećenja na kamen. Princip asinkronog podbijanja pod jednakim tlakom dokazana je tehnologija koja omogućuje najvišu kvalitetu podbijanja. Preko hidrauličkog cilindra na rame podbijača djeluje stalna sila. Podbijači za nabijanje koriste silu nabijanja kako bi kamen gurnuli ispod praga i u kombinaciji s vibracijom djeluju kao alat za popunjavanje i zbijanje. Frekvencija vibracija, amplituda vibracija, primijenjeni tlak stiskanja i odgovarajuće vrijeme stiskanja (vidi u nastavku) ključni su parametri koji imaju znatan utjecaj na rezultat podbijanja. Ti su parametri određivani empirijski tijekom desetljeća [3] i obično su navedeni u smjernicama željezničkih infrastrukturnih tvrtki. Tehnološki napredak u području mjerne tehnologije i metoda simulacije sada omogućuje još detaljniju analizu podbijanja.

4.2. Faze podbijanja

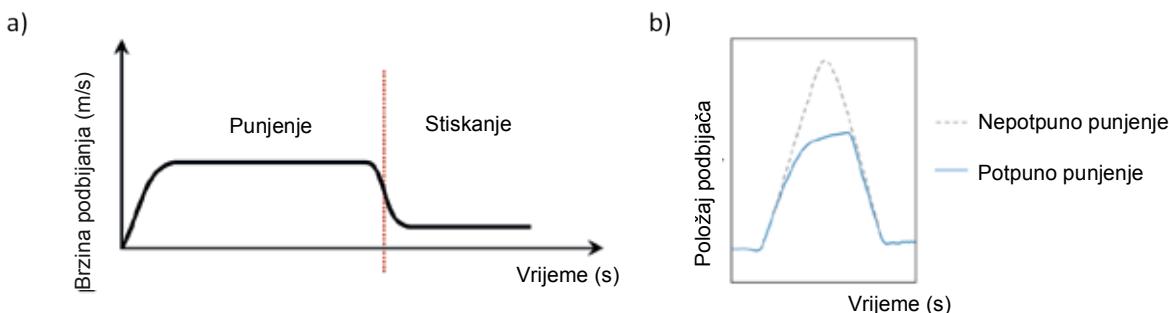
Za točan je pregled svrshodno podijeliti postupak podbijanja u više faza, ovisno o izmjeni djelovanja agregata prema ka-menu (slika 4.):

- dizanje/rukanje i prodiranje (slika 4. a)
- punjenje (slika 4. b)
- zbijanje (slika 4.c).

Prilikom postavljanja rešetke kolosijeka (podizanja i rukanje) izravno ispod pragova koje treba podbiti stvara se šupljina koja se mora ispuniti kamenom i zbiti tijekom naknadnog podbijanja. Zatrpanje se izvodi dodatnim pomicanjem pojedinačnih podbijača tako da se kamen transportira iz međuprostora pragova u područje ispod praga. Preklapajuća vibracija od 35 Hz podbijača omogućuje potrebno zbijanje ispod praga. Hidrostatska napetost (sila sa svih strana) po završetku podbijanja posebno je korisna za najveću moguću podbijenost kamena.



Slika 4. a) Prag se podiže, a ispod praga nastaje prazan prostor. b) Stiskanjem se puni prazan prostor koji je nastao podizanjem praga. c) Zbijanje zbog djelovanja vibracija na kamen, izvor: [10]



Slika 5. a) Tok brzine podbijanja kod punjenja i stiskanja. b) Izmjereni pomak podbijanja za potpuno i nepotpuno punjenje, izvor: [10]

4.3. Punjenje: osnova za savršenu podlogu

Pravilno popunjavanje šupljine nastale postupkom podizanja i rukanja temelj je za dugotrajnu poziciju kolosijeka. Ako se nedovoljno popunjavanje ne otkrije, ne može se postići optimalna podbijenost (osobito u području neposredno ispod pragova, koje je tijekom normalnog rada izloženo najvećim opterećenjima). Rezultat je pojava individualnih pogrešaka.

Neodgovarajuće popunjavanje može biti posljedica visokih vrijednosti dizanja, kratkog vremena stiskanja, nedovoljne količine kamena među pragovima ili na mjestima gdje već postoje prazna mesta. Standardi i smjernice željezničkih infrastrukturnih poduzeća, koji reguliraju minimalne vrijednosti vremena podbijanja ili višestruko podbijanje kod određenih vrijednosti dizanja, smanjuju rizik pojave pojedinačnih pogrešaka koje nastaju zbog nedovoljnog zatrpanjavanja. Međutim, ne mogu ih spriječiti u cijelosti.

Princip asinkronog podbijanja pod jednakim tlakom ima posebnu prednost.

Zahvaljujući unaprijed definiranoj sili stiskanja, kretanje ramena podbijača potpuno se automatski prilagođava okolnostima. To se može objasniti na sljedeći način: sve dok šupljina nije potpuno ispunjena kamenom, otpor je nizak. Uz unaprijed definiranu konstantnu silu to dovodi do veće brzine podbijanja. Ako je šupljina ispunjena, povećava se otpor i usporava podbijanje (slika 5.a). Kao rezultat put podbijanja uvijek se automatski prilagođava nastaloj šupljini. Osim toga tim se principom postiže podbijanje koji ne šteti kamenu (konstantna kvazistatička sila podbijanja). Nekoliko istraživačkih projekata dokazalo je dugovječnost geometrije kolosijeka postignute tom tehnologijom [4] [5].

Kako bi se dodatno optimirala ionako visoka kvaliteta podbijanja i kako bi se izbjegle pojedinačne pogreške, Plasser & Theurer je u suradnji sa sveučilištima i infrastrukturnim operatorima širom svijeta razvio sustav koji nadzire i ocjenjuje proces pozicioniranja svakog ramena podbijača zasebno – Plasser TampingControl. Na temelju tih analiza može se izvesti karakteristična vrijednost za punjenje.

Na slici 5. b prikazan je primjer kretanja podbijanja s potpunim ili nepotpunim punjenjem. Ako se tijekom podbijanja otkrije nepotpuno punjenje, rukovatelja strojem upozorava se na njegovu pojavu te se stvaranje šupljih prostora ispod pragova može sprječiti dodatnim podbijanjem kako bi se dodatno poboljšalo kvalitetu podbijanja.

4.4. Stiskanje: osnovni uvjet za stabilan položaj kolosijeka

Kako bi se što dulje zadržao što precizniji položaj kolosijeka, tijekom faze podbijanja mora se postići visoka (potpuna) zbijenost. To se postiže stiskanjem i preklapajućom vibracijom od 35 Hz s amplitudom od četiri do pet milimetara. Nekoliko je ispitivanja pokazalo da te postavke dovode do povremenog gubitka kontakta između podbijača i okolnoga kamena (tzv. matrica kamena) [6] [7]. To omogućuje kratkotrajno kretanje pojedinačnih komada kamena, a zauzvrat preslagivanje i učinkovito zbijanje.

Maksimalno moguće stiskanje na svakome pragu uvijek je bolje od sažimanja na

određenu ciljnu vrijednost. To se temelji na činjenici da sljedeće standardno opterećenje od prometa vlakova uvijek dovodi do naknadnog zbijanja balasta. Ako se ta zbijenost što potpunije predviđa nabijanjem (i upotrebom dinamičkog stabilizatora kolosijeka), smanjuje se i slijeganje uzrokovano prometnim opterećenjem, a geometrija kolosijeka ostaje dugotrajnija. Nasuprot tomu, kada postoji podbijanje prema ciljanoj vrijednosti, zbog prometa vlakova dolazi do veće naknadne kompresije, što također dovodi do većeg slijeganja prilikom korištenja.

4.5. Metode simulacije za optimiranje podbijanja

Plasser & Theurer neprestano radi na optimiranju podbijanja te pritom primjenjuje najnovije metode simulacije. Na primjer, utjecaj amplitude vibracija i frekvencije vibracija na ostvarivu podbijenosu ispitani je pomoću DEM-a (metoda diskretnih elemenata). U tu je svrhu virtualno reproducirani pokus [3] poznat iz osamdesetih godina prošlog stoljeća. Rezultati dobiveni u to vrijeme mogli su se reproducirati primjenom DEM simulacije [8]. Posebne prednosti takvih virtualnih eksperimenata leže u mogućnosti testiranja širokih ras-

pona parametara na relativno jednostavan način. Točno reproducirana početna situacija može se koristiti uvijek iznova. Na taj se način obećavajući parametri mogu odabrati i testirati u praksi tijekom kasnijih testova na terenu.

Još jedna prednost DEM-a jest mogućnost virtualnog pogleda unutar zastora. Na slici 6. prikazani su raspodjela sile pod prometnim opterećenjem na donjoj strani praga i putanja sile unutar matrice zastora kao funkcija vremena podbijanja. Jasno se može vidjeti da je veća vjerojatnost da će prag biti podložan točkastome opterećenju ako je vrijeme podbijanja vrlo kratko (0,6 s) (slika 6.a – područja obojana crvenom bojom). S vremenom podbijanja od 1,2 sekunde vidljiva je homogenija raspodjela opterećenja sa znatno nižim vrhovima naprezanja. Daljnje produljenje vremena podbijanja ima samo slabiji učinak.

Slično se ponašanje može uočiti i u raspodjeli sile unutar matrice zastora. S kraćim vremenima podbijanja vidljiva je jasna akumulacija visokih kontaktnih sila u matrici zastora (slika 6. b – crvene linije). Dulje vrijeme podbijanja od 1,2 sekunde pokazuje znatno manje opterećenje pojedinačnoga kamena zastora. Iz tog se može zaključiti da prekratko vrijeme podbijanja dovodi do većeg opterećenja zastora tijekom redovitoga rada. Rezultat je ubrzano starenje zastora zbog veće vjerojatnosti loma zrna kamena pod utjecajem prometa i skraćenog vijeka trajanja kolosiječne rešetke jer vršci sile mogu dovesti i do većeg slijeganja [9]. Informacije koje se mogu dobiti iz takvih računalnih eksperimenata često nisu dostupne u konvencionalnim terenskim testovima ili se mogu izmjeriti samo uz veliki napor.

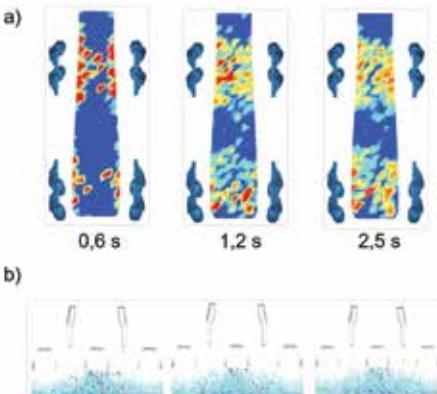
5. Zaključak

Zbog klimatskih je promjena željeznički sustav, uzor ekološki prihvatljivog prijevoza ljudi i robe kao ni jedno drugo prijevozno sredstvo, godinama sve više u fokusu politike i društva. Buduća dodatna ulaganja neizbjegno će dovesti do povećanja broja mera koje se primjenjuju prilikom radova na održavanju i izgradnji. Te mjeru održavanja imaju prilično po-

dredenu ulogu u javnoj percepciji. Kao što je već opisano, u području održavanja kolosijeka bilo je nekoliko razvojnih faza. Razvoj je krenuo od uglavnom ručnog upravljanja, a zatim je u nekoliko faza pod premisom ekonomičnosti i učinkovitosti doveo do povećanja opsega mehanizacije i automatizacije. Iduće je doba već stiglo, a jedan je od novih prioriteta drastično smanjenje štetnih emisija. Tvrta Plasser & Theurer oslanja se na sve veći raspon električnih strojeva. Osim što se koriste bez emisija, imaju prednost zbog znatno niže razine onečišćenja bukom, što je osobito povoljno u urbanim područjima. Istodobno su važni ciljevi smanjenje količine posla (i troškova) i povezano produljenje intervala održavanja. Konkretno, intenzivno iskorištena infrastruktura i kraće zatvaranje pruga zahtijevaju daljnje optimiranje mjera održavanja. Kako bi kontinuirano razvijala podbijanje, tvrtka Plasser & Theurer godinama intenzivno surađuje sa sveučilištima i operatorima infrastrukture. Znanstvena saznanja stećena u sklopu tih projekata objavljuju se u stručnim časopisima i ugrađuju u razvoj proizvoda. Cilj je razviti još učinkovitije strojeve kako bi ekološki otisak održavanja pruge bio nizak i kako bi se smanjili troškovi za operatora.

LITERATURA

- [1] S. Feurig; W. Stah; S. Freudenstein; B. Antony; F. Auer. 2020. Der dynamische Gleisstabilisator (DGS) auf dem Prüfstand. *Eisenbahntechnische Rundschau*, br. 5.
- [2] R. Hauke; H. Steinwenker; J. Rebek. 2017. E³ – elektrisierende Technologie für Gleisbaumaschinen. *Eisenbahingenieur*, br. 12.
- [3] J. Fischer. 1983. *Einfluss von Frequenz und Amplitude auf die Stabilisierung von Oberbauschotter*. disertacija.
- [4] M. Fellinger. 2016. *Validierung der Instandsetzungsmengen der Standardelemente Gleis der ÖBB* (Master Thesis). Graz.
- [5] F. Auer; R. Schilder; M. Zuzic; H. Breymann. 2008. 13 years of experience with



Slika 6. a) Raspored opterećenja na donjem dijelu praga (crveno: maksimalno opterećenje).

Jasno se vidi da prekratko vrijeme podbijanja (0,6 s) dovodi do znatno smanjene nosive površine pragova.

Pod utjecajem prometa povećava se opterećenje zrna, što posljedično dovodi do povećanog lomljenja zrna.

b) Putovi prijenosa opterećenja u matrici zastora. Crvene linije prikazuju područja pod velikim opterećenjem kao rezultat prometa: opasnost od lomljenja zrna, izvor: [10]

rail-mounted formation rehabilitation on the Austrian network. rtr. br. 1.

- [6] O. Barbir. 2022. *Development of Condition-Based Tamping Process in Railway Engineering*. disertacija. Beč.
- [7] O. Barbir; D. Adam; F. Kopf; J. Pistor; F. Auer; B. Antony. 2018. Development of condition-based tamping process in railway engineering. *Repair and Maintenance Strategies of Getotechnical Structures*, br. 2.
- [8] S. Omerović; C. Koczwara; H. Daxberger; B. Antony; F. Auer. 2021. Anwendung der Diskrete-Elemente-Methode im Eisenbahnbau. *Eisenbahningenieur*, br. 7.
- [9] O. Barbir; S. Omerović; C. Koczwara; B. Antony. 2023. Von der Idee zum Produkt: Digitale Produktentwicklung im Bahnbau. *Eisenbahningenieur Kompendium*.
- [10] Plasser & Theurer, Export von Bahnbaumaschinen, Gesellschaft M.B.H.)

SAŽETAK

OD PIJUKA DO BEZMISIJSKE MEHANIZACIJE ZA ODRŽAVANJE KOLOSIJEKA

Rast opsega željezničke industrije izravno utječe na razvoj i proizvodnju modernih građevinskih željezničkih strojeva. Tako su se za održavanje kolosijeka provodila istraživanja u cilju stvaranja automatiziranih strojeva koji omogućuju brzo i kvalitetno održavanje pruge uz što kraće prekide željezničkog prometa i uz, naravno, što nižu cijenu održavanja. S obzirom na to da se željeznički promet smatra zelenim, ekološkim, osviještenom vrstom prometa, važno je razvijati i zelene oblike održavanja željezničkih sustava. Tako je i nastala ekološka mehanizacija za održavanje kolosijeka bez emisija štetnih za okoliš.

Ključne riječi: kolosiek, strojevi, održavanje, zaštita okoliša

Kategorizacija: Stručni rad

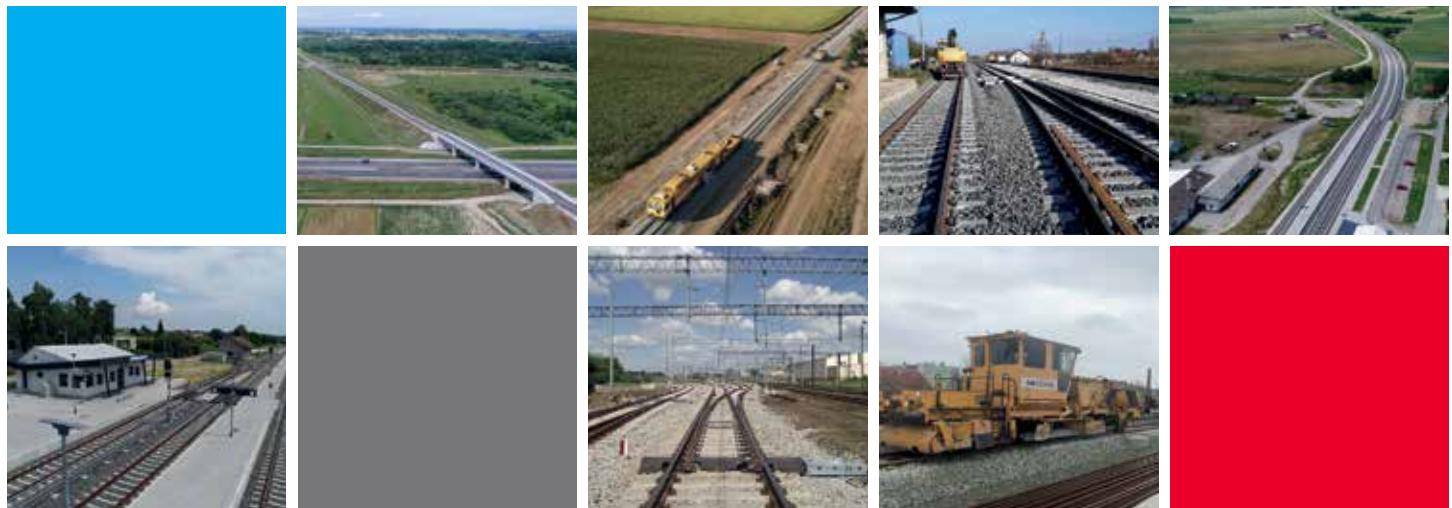
SUMMARY

FROM PICKS TO EMISSION-FREE MACHINERY FOR RAILWAY TRACK MAINTENANCE

The growth of the scale of the railway industry directly affects the development and production of modern construction railway machinery. So, for a railway track maintenance, research was carried out with the aim of creating automated machines that enable fast and high-quality track maintenance with the shortest possible interruptions of the rail traffic and, of course, with the lowest possible cost of the maintenance. Considering that railway transport is a green, ecological, conscious type of transport, it is important to develop a green types of maintenance for railway infrastructures system. That is how it was created the ecological mechanization for railway track maintenance without emissions damaging or the environment.

Key words: Railway track, machinery, maintenance, environmental protection

Categorization: professional paper



U službi najboljih infrastruktura u Hrvatskoj



Gradimo održivu
budućnost

Brazil | Danska | Hrvatska | Kolumbija | Letonija | Litva | Meksiko
Peru | Portugal | Španjolska | Švedska | Urugvaj

www.comsa.com



d.o.o. za uslužne djelatnosti
u šumarstvu i građevinarstvu



Tvrtka Bindo d.o.o. se u posljednjih 30 godina na hrvatskom tržištu pozicionirala kao jedan od lidera u pružanju specijaliziranih usluga i radova u šumarstvu i građevinarstvu, te održavanju prometnih pojaseva.

Primjenjujemo najviše profesionalne, ekološke te sigurnosne standarde koji su potvrđeni ISO standard certifikatima te smo na tržištu priznati kao pouzdan partner prepoznatljive kvalitete.

www.bindjo.hr



Izrada nasipa i odvodnih kanala
uz trase željezničkih pruga



Strojno čišćenje/održavanje
pružnog pojasa od raslinja



Strojno probijanje
(deforestacija) za potrebe
izgradnje novih i proširenje
postojećih trasa željeznica

VAŽNOST UTJECAJA NA OKOLIŠ KOD ŽELJEZNIČKIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Znate li što je Europski zeleni plan? Zeleni plan odgovor je Europske unije na trenutačnu klimatsku krizu. Još u studenome 2019. godine Europski parlament proglašio je izvanredno klimatsko stanje te je od Europske komisije zatražio da prilagodi svoje prijedloge i izda smjernice kako bi se globalno zagrijavanje ograničilo na $1,5^{\circ}\text{C}$ i time omogućilo znatno smanjenje emisija stakleničkih plinova.



Snježana Krznarić
mag. ing. aedif., univ. spec. aedif.
HŽ Infrastruktura, d.o.o.
Snjezana.krznaric@hzinfra.hr

UDK:502.17+625.1

1. UVOD

U cilju postizanja klimatske neutralnosti, Europska unija već je započela s aktivnostima za modernizaciju i preobrazbu gospodarstva, i to ne samo na svojem teritoriju, već i na svjetskoj razini. U razdoblju od 1990. do 2018. godine emisije stakleničkih plinova smanjile su se za 23 posto, a gospodarstvo je poraslo za 61 posto. Međutim, za postizanje boljeg efekta nova klimatska politika ide u smjeru smanjivanja emisija stakleničkih plinova ne samo za 60 posto do 2050., već i za manje. Tako je Europski parlament 24. lipnja 2021. prihvatio Europski propis o klimi kojim se države članice zakonski obvezuju na smanjenje emisija stakleničkih plinova za 55 posto do 2030. i postizanje klimatske neutralnosti do 2050. godine.

Zahvaljujući svojim odvažnim politikama i djelovanjima, Europska unija ima vodeću ulogu u uspostavi globalnih standarda i potiče klimatske ambicije diljem svijeta jer klimatske su promjene globalno pitanje i zahtijevaju suradnju svih zemalja. Tako su svjetski čelnici i čelnice 2015. postigli dogovor o ambicioznim novim ciljevima u borbi protiv klimatskih promjena. Sklopljen je Pariški sporazum, koji je stupio na snagu 4. studenoga 2016. (1) Njime je zadan plan djelovanja za ograničavanje globalnoga zagrijavanja, a glavni elementi su:

- dugoročan cilj – vlade su postigle dogovor da će porast prosječne svjetske temperature zadržati na razini znatno nižoj od 2°C u usporedbi s predindustrijskim razinama te ulagati napore da se taj porast ograniči na $1,5^{\circ}\text{C}$
- doprinosi – prije Pariške konferencije i za njezina trajanja zemlje su podnijele sveobuhvatne nacionalne akcijske planove za borbu protiv klimatskih promjena (takozvani nacionalno utvrđeni doprinosi) za smanjenje emisija
- ambicija – vlade su se složile da će svakih pet godina izvješćivati o svojim akcijskim planovima i da će svakim novim planom postavljati ambicioznije ciljeve
- transparentnost – zemlje su se dogovorile da će izvješćivati jedna drugu i javnost o tome kako napreduju u postizanju svojih ciljeva kako bi se omogućili transparentnost i nadzor
- solidarnost – države članice EU-a i druge razvijene zemlje i dalje će financirati borbu protiv klimatskih promjena kako bi zemljama u razvoju pomogle da smanje emisije i razviju otpornost u cilju odgovora na posljedice klimatskih promjena.

Utjecaj čovjeka na klimu kroz razne infrastrukturne projekte kao i utjecaj klime na infrastrukturne projekte sagleda se kroz opsežan zakonodavni okvir i brojne postupke i provjere, a rezultat toga jest sažeti prikaz obostranih utjecaja kao i mjera za smanjenje tih utjecaja.

2. EUROPSKI ZELENI PLAN

Europski zeleni plan jest paket donesenih inicijativa kojim se kroz pravnu obvezu želi osigurati zelena tranzicija Europske unije koja će doprinijeti klimatskoj neu-

tralnosti do 2050. godine. Paket obuhvaća inicijative iz područja klime, okoliša, energetike, prometa, industrije, poljoprivrede i održivog financiranja. Sve te inicijative međusobno su snažno povezane i zajednički djeluju kako bi postigli cilj prema kojemu u 2050. neće biti neto emisija stakleničkih plinova, a gospodarski rast države članice neće biti povezan s upotrebljom resursa. (2)

Ciljevi Zelenog plana jesu poboljšanje dobrobiti i zdravlja građana, sadašnjih i budućih generacija, time što će se osiguravati:

- svježi zrak, čistu vodu, zdravo tlo i biošku raznolikost
- obnovljene, energetski učinkovite zgrade
- zdravu i cijenovno pristupačnu hranu
- rašireniji javni prijevoz
- čišću energiju i najsvremenije čiste tehnološke inovacije
- dugotrajnije proizvode koji se mogu popraviti, reciklirati i ponovno upotrijebiti
- u pogledu tranzicije, radna mjesta otporna na promjene u budućnosti i osposobljavanje u području vještina
- globalno konkurentnu i otpornu industriju.

Kako bi se postigao zadani cilj za 2030., Komisija je 2021. predložila paket novih i revidiranih mjera poznatih kao „Spremni za 55 %“ kojim se ambicije Zelenoga plana u pogledu zaštite klime prenose u zakonodavstvo. Naziv je proizšao iz zahtjeva da se do 2030. neto emisije stakleničkih plinova smanje za najmanje 55 posto.

On se sastoji od skupa prijedloga za reviziju zakonodavstva u području klime, energetike i prometa te za uvođenje novih zakonodavnih inicijativa kako bi se

EU-ovi propisi uskladili s njegovim klimatskim ciljevima.

Paketom prijedloga želi se pružiti dosledan i uravnotežen okvir za postizanje klimatskih ciljeva EU-a, a kojima se:

- osigurava poštenu i socijalno pravednu tranziciju
- održavaju i jačaju inovacije i konkurenčnost industrije EU-a te istodobno osiguravaju jednaki uvjeti u odnosu na gospodarske subjekte iz trećih zemalja
- podupire položaj EU-a kao predvodnika u globalnoj borbi protiv klimatskih promjena.



Slika 1. Sadržaj paketa „Spremni za 55 %”, izvor: [3]

U prometnog sektoru Europska komisija predlaže mјere za povećanje učinkovitosti i održivosti prijevoza tereta s poboljšanjem upravljanja željezničkom infrastrukturom, pružanjem snažnijih poticaja za kamione s niskom razinom emisija te boljim informiranjem o emisijama stakleničkih plinova u teretnom prijevozu. Cilj je povećati učinkovitost prometnog sektora i pomoći mu da doprinese cilju smanjenja emisija iz prometa za 90 posto do 2050., kako je to utvrđeno u Europskome zelenom planu, te istodobno omogućiti daljnji rast jedinstvenoga tržišta EU-a.

Kada je riječ o željezničkom sektoru, politika EU-a ponajprije je usmjerenja na uspostavu jedinstvenoga europskog željezničkog prostora, tj. sustava željezničkih mreža na razini EU-a, koji bi omogućio rast željezničkog sektora na osnovi tržišnog natjecanja, tehničkog uskladivanja i zajedničkog razvoja prekograničnih veza te učinkovitije iskorištavanje željezničko-ga kapaciteta.

Uočeno je da su željezničke pruge na području Europske unije sve zakrčenije, a izgradnja novih pruga zahtijeva velike finansijske investicije. Zato je izrađen prijedlog nove uredbe koja bi dopunila Direktivu 2012/34/EU od 21. studenoga 2012. o uspostavi jedinstvenog Europskog željezničkog prostora i zamjenila Uredbu 913/2010 od 22. rujna 2010. o europskoj željezničkoj mreži za konkurenčni prijevoz robe, kojom bi se optimiralo korištenje postojeće željezničke infrastrukture, poboljšala prekogranična koordinacija, povećala točnost i pouzdanost vlakova te u konačnici privuklo više teretnih poduzeća za prijevoz robe željeznicom. I korisnici putničkog prijevoza trebali bi imati više koristi od dodatnih željezničkih usluga jer će bolje iskorištavanje željezničkoga kapaciteta poboljšati prekogranično pružanje usluga, povećati broj veza i omogućiti ranije rezervacije karata. (4)

Prijedlog Uredbe o korištenju kapaciteta željezničke infrastrukture u jedinstvenome europskom željezničkom prostoru temelji se na projektu preoblikovanja voznog reda, i to pod vodstvom željezničkog sektora. Novinom se namjerava bolje odgovoriti na različite potrebe željezničkog sektora, a koje se prvenstveno odnose na stabilne vozne redove, mogućnost rane rezervacije karata za usluge putničkog prijevoza te fleksibilnu vožnju vlakova prilagođenu lancima opskrbe teretnih prijevoznika.

Iskustveno, može se zaključiti da se rast i usklađivanje željezničkog sektora na području EU-a suočava s nizom izazova koji usporavaju proces integracije i to zbog:

- tradicionalne rascjepkanosti europskih željezница zbog složenih samostalnih nacionalnih sustava
- niske učinkovitosti, fleksibilnosti i pouzdanosti željezničkih usluga, posebno za prijevoz robe.

Ti izazovi stalno sprečavaju daljnje povećanje udjela željezničkog sektora u europskoj mobilnosti unatoč potražnji potrošača i potencijalu željezničkog prijevoza kao klimatski prihvatljivog rješenja.

EU ulaze u razvoj infrastrukture radi boljeg povezivanja država članica u prekograničnom teretnom prijevozu. Danas na kontinentu postoji 11 željezničkih teretnih koridora. Njima se doprinosi

povećanju udjela željezničkog sektora u prijevozu robe, koji danas čini oko 19 posto ukupnog opsega prijevoza (cestovni prijevoz, koji ima veći ugljični učinak i manje je prihvatljiv za okoliš, čini više od polovine).

U cilju djelovanja u sklopu Europskoga zelenog plana i Strategije za održivu i pametnu mobilnost izdan je Prijedlog uredbe Europskog parlamenta i Vijeća o smjernicama Unije za razvoj transeuropske prometne mreže, izmjeni Uredbe (EU) 2021/1153 i Uredbe (EU) br. 913/2010 te stavljaju izvan snage Uredbe (EU) br. 1315/2013. U skladu s prijedlogom i revizijom Uredbe o mreži TEN-T nastoje se ostvariti četiri glavna cilja. Prvi je cilj učiniti promet ekološki prihvatljivim uspostavom odgovarajuće temeljne infrastrukture kako bi se smanjili prometno zagrušenje, emisije stakleničkih plinova te onečišćenje zraka i vode tako što će se svaka vrsta prijevoza učiniti učinkovitim i omogućiti da se aktivnosti prijevoza sve više obavljaju održivijim oblicima prijevoza. Posebno se namjeravaju olakšati povećanje udjela željezničkog prijevoza, kratke obalne plovidbe i prijevoz unutarnjim plovnim putovima kako bi modalni sastav prometnog sustava bio održiviji, čime bi se smanjili njegovi negativni vanjski učinci. Drugi je cilj olakšati neometan i učinkovit promet, poticati multimodalnost i interoperabilnost među vrstama prijevoza u mreži TEN-T i bolje integrirati gradska čvorista u mrežu. Uklanjanjem uskih grla i premoščivanjem veza koje nedostaju te poboljšanjem multimodalnosti i interoperabilnosti u europskome prometnom sustavu pridonijet će se dovršetku unutarnjeg tržišta. Treći je cilj povećati otpornost mreže TEN-T na klimatske promjene i druge prirodne opasnosti ili katastrofe uzrokovane ljudskim djelovanjem. TEN-T mora biti otporan na moguće negativne učinke klimatskih promjena kako bi se zaštitila javna ulaganja i osigurala mogućnost njihova dalnjeg korištenja u novim klimatskim uvjetima. Osim toga trebalo bi podupirati klimatsku neutralnost uključivanjem troškova emisija stakleničkih plinova u analizu troškova i koristi. Posljednji je cilj poboljšati učinkovitost alata za upravljanje mrežom TEN-T, racionalizirati instrumente za izvješćivanje i praćenje te preispitati oblikovanje mreže TEN-T. (5)

U paketu uskladivanja propisa 7. srpnja 2021. donesena je nova Uredba (EU)

2021/1153 Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi Instrumenta za povezivanje Europe i stavljanju izvan snage uredaba (EU) br. 1316/2013 i (EU) br. 283/2014 u cilju ubrzavanja ulaganja u područje transeuropskih mreža i osiguravanja finansijskih sredstava, kako iz javnog tako i iz privatnog sektora, služeći se financijskom polugom, uz istodobno povećanje pravne sigurnosti i poštovanje načela klimatske neutralnosti. (6)

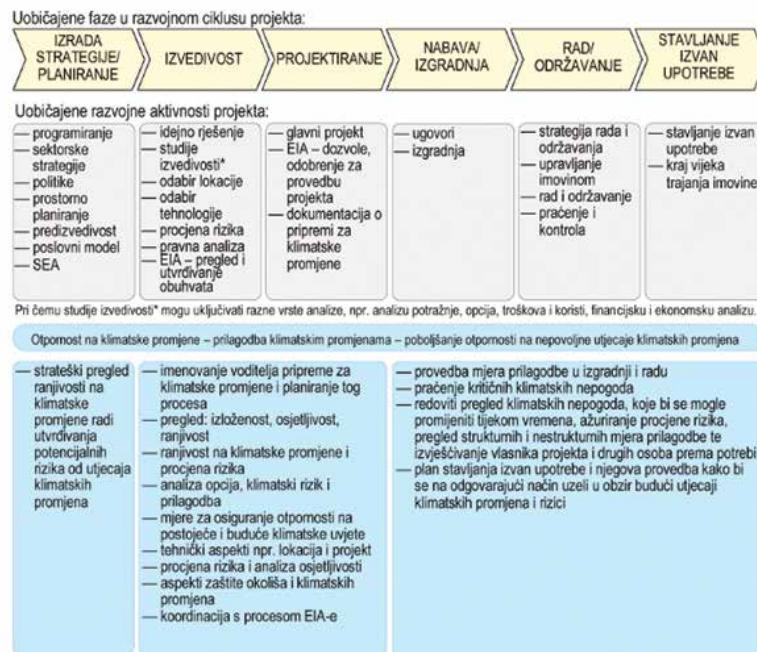
Činjenica da je željeznički promet prepoznat kao najbolji zeleni oblik tranzicije te je zato obuhvaćen paketom tako da se poveća još održiviji oblik prometa. Poznato je da promet proizvodi četvrtinu emisija stakleničkih plinova u EU-u te je njegov udio i dalje u porastu. Kako bi se do 2050. postigla tražena klimatska neutralnost, potrebno je smanjiti emisije iz prometa od 90 posto te će cestovni, željeznički, zračni i vodni promet uvelike morati pridonijeti smanjenju. Donesenim uredbama snažno se potiče oblik multimodalnog prijevoza, čime se želi povećati učinkovitost prometnog sustava. Prioritetnim se ocjenjuje da bi se znatan udio od 75 posto kopnenoga tereta koji se danas prevozi cestom trebao početi prevoziti željeznicom i unutarnjim plovnim putovima. Donesene mjere razlozi su za razvoj pametnih sustava upravljanja prometom, bolje upravljanje kapacitetima željeznicu i unutarnjih plovnih putova te njihovo povećanje, a sve u cilju smanjenja zagušenja i onečišćenja na području EU-a. (7)

3. UTJECAJ ŽELJEZNIČKE INFRASTRUKTURE NA ZAŠTITU OKOLIŠA

3.1. KLIMATSKE PROMJENE

Klimatske promjene su u tijeku i nije ih moguće u cijelosti zaustaviti. Kako je već spomenuto, EU donosi mjere u cilju smanjivanja emisija stakleničkih plinova, a koje su od ključne važnosti ako dugoročno želimo izbjegići najgore učinke. U skladu s time će bez pravilnog upravljanja ranjivostima i rizicima klimatske promjene sve snažnije utjecati na rezultate projekata i na ulaganja u projekte.

Za pripremu infrastrukture za klimatske promjene izdane su tehničke smjernice za razdoblje 2021. – 2027. Također, izdanim smjernicama ispunjene su i obvezne za projekte sufinancirane iz EU-ovih



Slika 2. Pregled pripreme za klimatske promjene i upravljanje projektnim ciklusom, izvor: [7]

fondova, među kojima se izdvaja program Instrument za povezivanje Europe (CEF) preko kojeg se sufinancira najviše projekata modernizacije željezničke infrastrukture. Riječ je većinom o projektima kojima se željezničku infrastrukturu planira revitalizirati u skladu s europskim standardima, čime će se omogućiti povećanje kapaciteta pruga, podizanje brzine prometovanja vlakova do maksimalno 160 km/h, skraćivanje vremena putovanja te podizanje razine sigurnosti.

Na temelju pouka iz pripreme velikih projekata za klimatske promjene u razdoblju 2014. – 2020. u tim se smjernicama priprema za klimatske promjene uključuje u upravljanje projektnim ciklusom, procjene utjecaja na okoliš i strateške procjene utjecaja na okoliš te se preporučuje kako poduprijeti nacionalne procese pripreme za klimatske promjene u državama članicama.

3.2. PLANIRANJE PROJEKATA

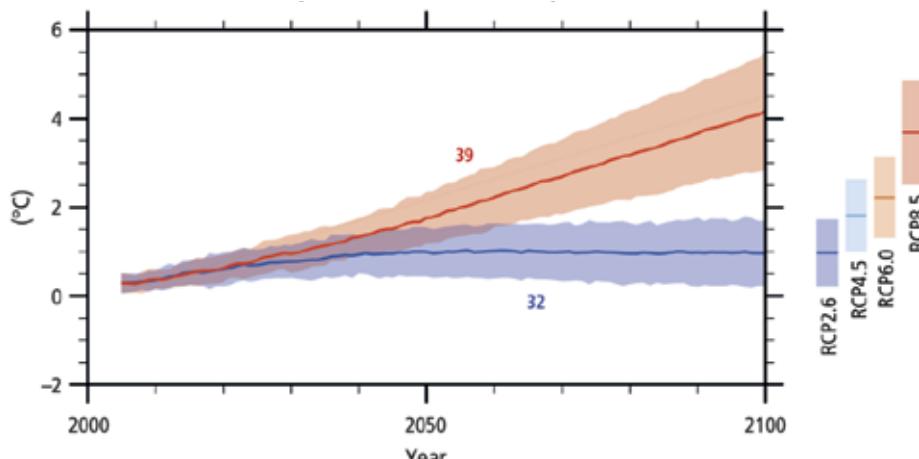
Upravljanje projektnim ciklusom proces je planiranja, organizacije, koordinacije i provjere projekta na djelotvoran i učinkovit način u svim njegovim fazama, od planiranja, preko provedbe i rada do stavljanja izvan upotrebe. Proces pripreme za klimatske promjene može uključivati različita tijela koja će voditi različite faze razvojnog ciklusa projekta. Na primjer,

javna tijela mogla bi voditi fazu izrade strategije/planiranja, nositelj projekta fazu izvedivosti/projektiranja, a nakon toga vodstvo bi mogli preuzeti vlasnici imovine i upravitelji imovinom.

Kod željezničkih infrastrukturnih projekata važno je istaknuti da izgrađena infrastruktura ima dug uporabni vijek te je zato važno pripremiti projekte za klimatski neutralnu i klimatsku otpornu prometnu infrastrukturu. Prema eurokodovima, uporabni vijek konstrukcije za zgrade iznosi 50 godina, a za mostove 100 godina, što znači da će konstrukcije projektirane 2023. trebati izdržati klimatska djelovanja (npr. snijeg, vjetar, toplina) i očekivane ekstremne vremenske prilike do 2075. (zgrade) odnosno do 2123. (mostovi). Za infrastrukturne projekte s vijekom trajanja kraćim od pet godina klimatske projekcije često nisu potrebne, no oni bi i dalje trebali biti otporni na postojeće klimatske uvjete.

Uočena je problematika starosti klimatskih podataka na kojima se temelji važeća generacija eurokodova te bi trebalo voditi računa o tomu da se u predviđeni uporabni vijek infrastrukturnog projekta uvrste klimatske promjene, naročito u smislu učestalosti i intenziteta ekstremnih vremenskih prilika. Na primjer, u projektima bi trebalo voditi računa i o potencijalnome porastu razine mora koja će vjerojatno nastaviti rasti čak i ako se

Globalna prosječna promjena temperature na površini
(u odnosu na razdoblje od 1986. do 2005.)



Slika 3. Predviđeno globalno zagrijavanje do 2100. godine, izvor: [8]

globalno zagrijavanje stabilizira. Svjesni smo toga da prosječna temperatura iznad kopnenog dijela Europe obično raste više nego globalna prosječna temperatura i zato treba odabrati najprikladnije skupove klimatskih podataka. Infrastrukturni projekt koji je prilagođen globalnom zagrijavanju od 2 °C načelno je u skladu s usuglašenim temperaturnim ciljem. Ipak, svaka pojedina stranka (država) Pariškog sporazuma mora izračunati svoj doprinos postizanju globalnoga temperaturnog cilja.

U željezničkim infrastrukturnim projekti ma djetovorne mjere za smanjenje emisija stakleničkih plinova moraju se po duzeti u fazi planiranja. Također, prilikom planiranja prijave projekta za sufinanciranje iz EU-ovih fondova dodatno se is punjava obrazac kojim se potvrđuje da će u sklopu projekta biti uzete u obzir mjere zaštite okoliša u skladu s Direktivama za zaštitu okoliša, uključujući zaštitu voda i zaštitu mora.

U uvodnoj izjavi 5. Uredbe 2021/1153 o uspostavi Instrumenta za povezivanje Europe (CEF – *Connecting Europe Facility*) i stavljanju izvan snage uredaba (EU) br. 1316/2013 i (EU) br. 283/2014 uzima se u obzir važnost borbe protiv klimatskih promjena u skladu s obvezama koje je Unija preuzela u pogledu provedbe Pariškog sporazuma. U skladu s tom uvodnom izjavom, a kako bi se spriječilo da infrastruktura bude ranjiva i „ugrožena“ mogućim dugoročnim utjecajima klimatskih promjena i kako bi se osiguralo da troš-

kovi emisija stakleničkih plinova nastalih u projektu budu uključeni u ekonomsku evaluaciju projekta, za projekte koji se sufinanciraju iz instrumenta CEF trebalo bi, gdje je to primjenjivo, provesti pripremu za klimatske promjene („održivost na promjenu klime“) u skladu s EU-ovim i nacionalnim energetskim i klimatskim planovima, uključujući odgovarajuće mjere za prilagodbu. (9)

3.3. PROCJENA UTJECAJA ZAHVATA NA OKOLIŠ

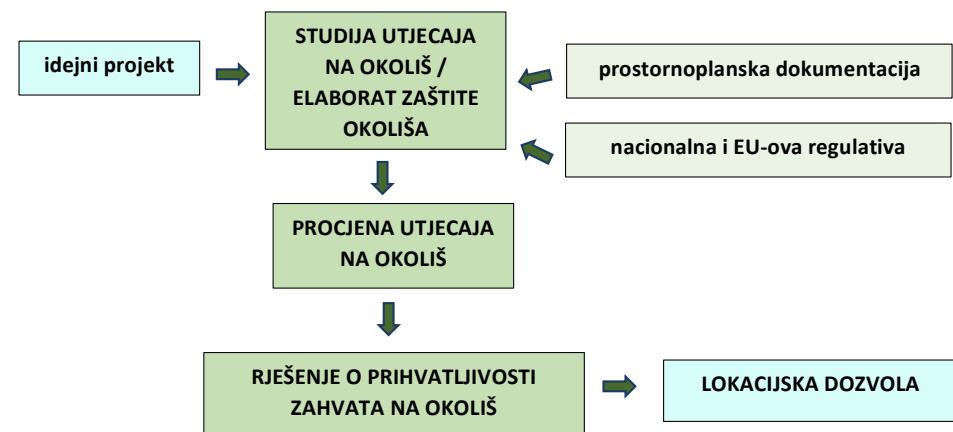
Planirani željeznički infrastrukturni projekti provode se na temelju Strategije prometnog razvoja Republike Hrvatske 2017. – 2030., koja je prošla postupak Strateške studije utjecaja na okoliš te je za isto izdan Izvještaj o provedenom

postupku strateške procjene utjecaja Strategije prometnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2030. godine. Time je potvrđeno da je Strategija prometnog razvoja prihvatljiva za ekološku mrežu uz primjenu mjera ublažavanja negativnih utjecaja na ekološku mrežu utvrđenih u Glavnoj ocjeni prihvatljivosti za ekološku mrežu koja je sastavni dio Strateške studije. (10)

U Strategiji su dane opće mjere zaštite okoliša te načini praćenja primjene mjera koje su postale sadržajem plana ili programa pojedinačnog projekta. Zato je dodatne mjere zaštite osim na strateškoj razini neophodno uvrstiti i tijekom projektiranja željezničke infrastrukture kako bi poboljšanje trenutačnog stanja došlo do izražaja i kako bi se nepovoljni utjecaji željezničkog prometa sveli na razinu nižu od postojeće.

Dodatno za svaki pojedinačni infrastrukturni projekt izrađuje se studija o utjecaju na okoliš na temelju koje se utvrđuje stanje koridora u prostoru i kojom se na kraju potvrđuje da je projekt prihvatljiv za okoliš uz primjenu zakonom propisanih i rješenjem utvrđenih mjera zaštite okoliša i provedbe programa praćenja stanja okoliša.

Ocjena o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš (*screening*) postupak je tijekom kojeg nadležno tijelo (ministarstvo ili upravno tijelo u županiji odnosno u Gradu Zagrebu), na temelju pojedinačnih ispitivanja u skladu s utvrđenim mjerilima (Popis zahvata iz Priloga II. i III.) i/i kriterijima određenima u Prilogu V. Uredbe o procjeni utjecaja zahvata na okoliš, utvr-



Slika 4. Postupak procjene utjecaja zahvata na okoliš, izvor: autor

duje može li planirani zahvat imati znatne utjecaje na okoliš i odlučuje o potrebi procjene.

Procjena utjecaja na okoliš obvezno se provodi za zahvate navedene u popisu zahvata iz Priloga I. Uredbe o procjeni utjecaja zahvata na okoliš te za zahvate za koje je ta obveza određena u postupku ocjene o potrebi procjene. Prema Prilogu I. Uredbe o procjeni utjecaja zahvata na okoliš, željezničke pruge od značaja za međunarodni promet s pripadajućim građevinama i uredajima nalaze se na popisu zahvata za koje je obvezna procjena utjecaja zahvata na okoliš. Postupak procjene provodi se već u ranoj fazi planiranja zahvata i to prije izdavanja lokacijske dozvole ili drugog odobrenja za zahvat za koji izdavanje lokacijske dozvole nije obvezno. Postupak procjene pokreće se na pisani zahtjev nositelja zahvata, a sadržaj tog zahtjeva propisan je u članku 80. Zakona o zaštiti okoliša. Obvezni sadržaj Studije o utjecaju na okoliš, koja je sastavni dio zahtjeva, detaljnije je propisan u Prilogu IV. Uredbe o procjeni utjecaja zahvata na okoliš. Studijom se mora procijeniti utjecaj planiranog zahvata na okoliš na temelju čimbenika koji, ovisno o zahvatu i obilježjima okoliša, uvjetuju rasprostiranje, jačinu i trajanje utjecaja. Studija mora sadržavati sve potrebne podatke, dokumentaciju, obrazloženja i opise u tekstualnome i grafičkome obliku, prijedlog ocjene prihvatljivosti zahvata i mjere zaštite okoliša u odnosu na zahvat te po potrebi, program praćenja stanja okoliša. Studija mora biti izrađena na temelju najnovijih, vjerodostojnijih i dostupnih podataka, izrađuje ju ovlaštenik, pravna osoba koja ima ovlaštenje za obavljanje tih poslova, a troškove izrade studije podmiruje nositelj zahvata.

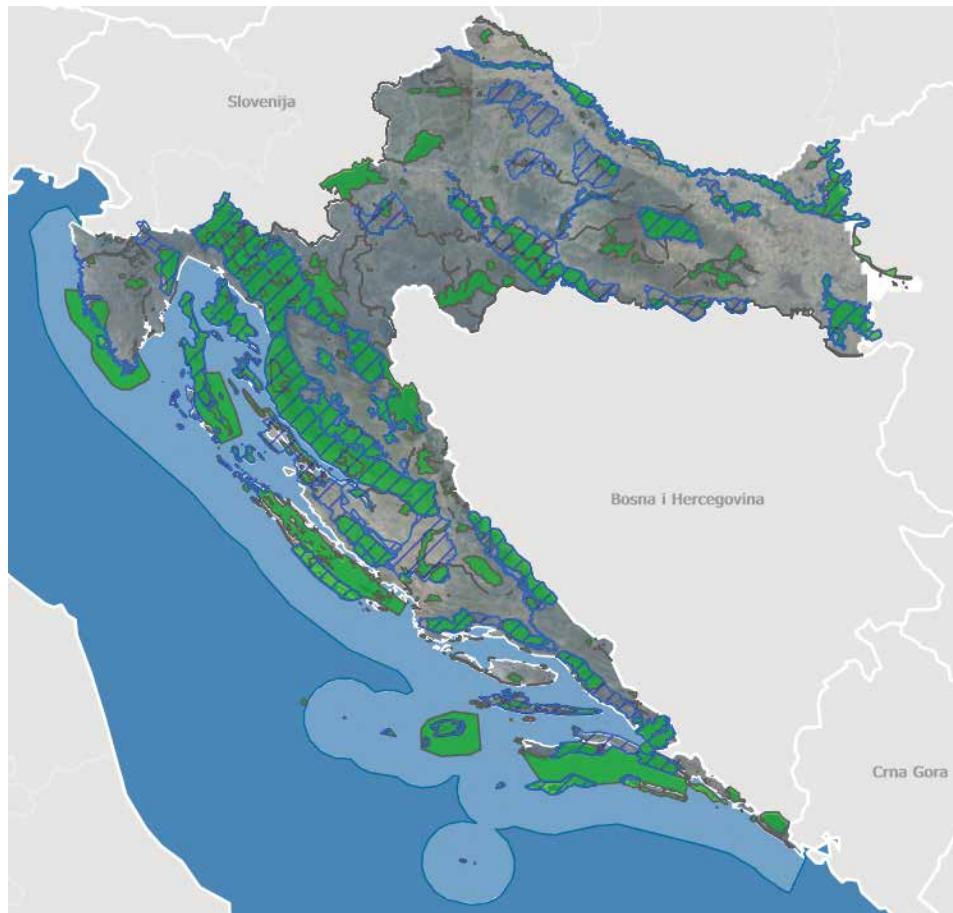
3.4. PROCJENA UTJECAJA ZAHVATA NA EKOLOŠKU MREŽU

Temeljni program kojim Europska unija pokušava zaštитiti područja važna za očuvanje ugroženih vrsta i stanišnih tipova na svojem teritoriju je Natura 2000. Pod nazivom Natura 2000 obuhvaćena je ekološka mreža Europske unije koju čine prirodni stanišni tipovi i staništa divljih vrsta od interesa za Europsku uniju. Ekološka mreža Republike Hrvatske obuhvaća 36,8 posto kopnenog teritorija i 9,3 posto mora pod nacionalnom jurisdikcijom (teritorijalno more i isključivi gospodarski pojaz RH), a sastoji

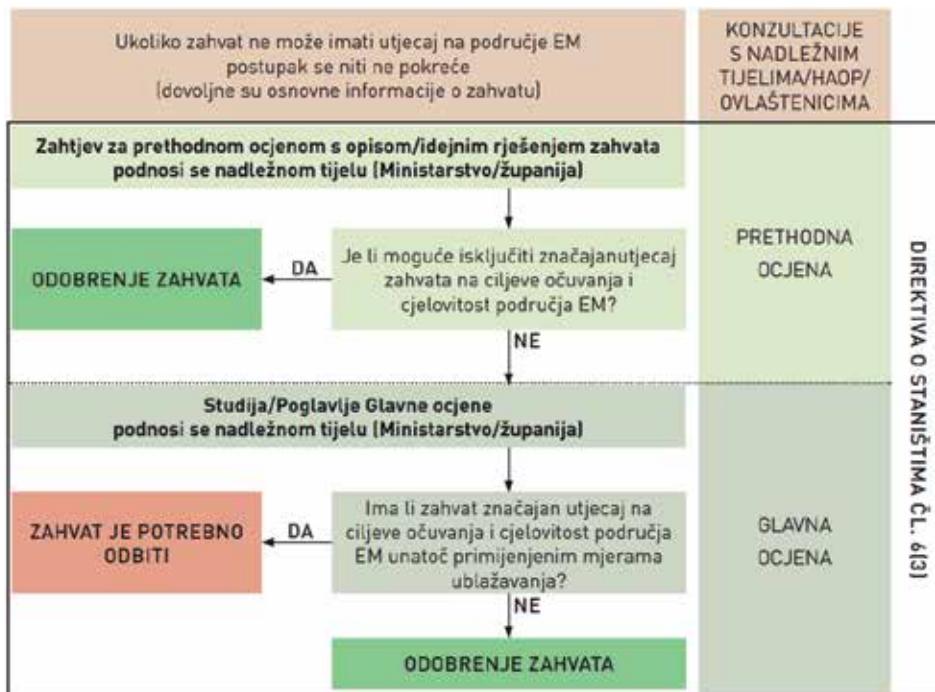
se od 745 područja očuvanja značajnih za vrste i stanišne tipove te 38 područja očuvanja značajnih za ptice. [11]

Najvažniji mehanizam zaštite područja ekološke mreže jest postupak ocjene prihvatljivosti za ekološku mrežu svih planova, programa i zahvata koji mogu imati znatan utjecaj na područja ekološke mreže. EU-ove direktive propisuju da se kod odabira područja za mrežu Natura 2000 trebaju koristiti isključivo stručni kriteriji, ne uzimajući u obzir društveno-gospodarsku problematiku. Na prvi pogled to može djelovati čudno, u odnosu na postavku da se u tim područjima potiče suživot čovjeka i prirode. Međutim, postupak se provodi na sljedeći način: odabrati područja koja su najvrjednija za ugrožene vrste i staništa, uključiti ih u ekološku mrežu i zatim osigurati što skladniji razvoj ljudskih djelatnosti kroz mehanizme upravljanja područjem i ocjenjivanja prihvatljivosti pojedinih planova i zahvata na ekološku mrežu Natura 2000.

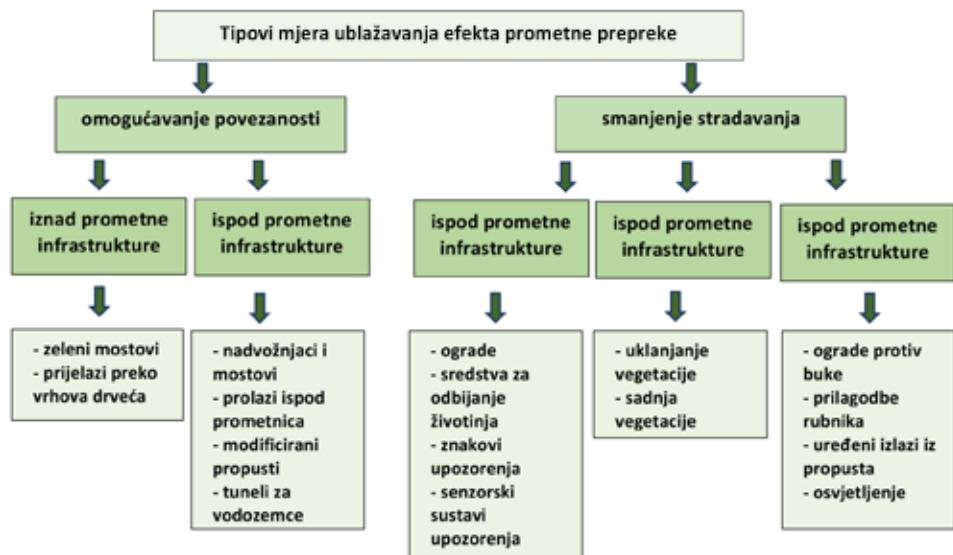
Postupak ocjene ugrađen je i u hrvatsko zakonodavstvo, a odnosi se na područja ekološke mreže. Kroz tzv. prethodnu ocjenu predloženi se zahvat „skenira“ i procjenjuje se je li moguće isključiti njegov negativan utjecaj na ekološku mrežu. Ako jest, zahvat ide dalje u redoviti postupak ishodišta dozvola. Ako nije, upućuje se na glavnu ocjenu u kojoj se detaljnije sagledavaju mogući negativni utjecaji, pokušavaju pronaći alternativna rješenja za ostvarivanje cilja zahvata kao i mjere kojima je moguće ublažiti utjecaje. Ako zahvat i dalje nije prihvatljiv, moguće je provesti utvrđivanje prevladavajućega javnog interesa uz sudjelovanje javnosti te, ako on postoji, izvesti zahvat uz kompenzaciju. To znači nadoknadivanje „žrtvovanog“ područja zamjenskim područjem, prirodnim ili umjetno načinjenim, koje će preuzeti njegovu ulogu u ekološkoj mreži. U cilju unaprjeđenja kvalitete ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu izradene su stručne smjernice za infrastrukturne projekte.



Slika 5. Natura 2000 u Republici Hrvatskoj, izvor: [12]



Slika 6. Postupak utjecaja zahvata na ekološku mrežu (EM), izvor: [13]



Slika 7. Tipovi mjera ublažavanja efekta prometne prepreke, izvor: [14]

Cilj autora nije dati neposredna uputstva, već potaknuti hrvatske stručnjake da razmotre izložene primjere te ih u praktičnoj primjeni provjere, prilagode i nadograda u skladu s potrebama zaštite prirode u Hrvatskoj.

U Priručniku za ocjenu prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu opisana su djelovanja i utjecaj željeznice na prirodna staništa i životinjski svijet. (13) Djelovanje i utjecaji željeznice slični su onima koje

uzrokuje cestovna prometnica. Glavne razlike vidljive su u fazi korištenja. Željeznički promet razlikuje se od cestovnog jer su vremenski razmaci među vlakovima puno veći, ali prolazak vlaka traje puno duže. Takva situacija uzrokuje drugačije utjecaje vezane uz fragmentaciju/propusnost, a različite su i karakteristike buke.

Jačina utjecaja uvelike ovisi o gustoći prometa. Karakteristike željezničkog pro-

meta nisu problem za vrste koje mogu prijeći preko pruge između prolaska vlakova (npr. neke vrste sisavaca). Za neke druge vrste poput šišmiša iste te karakteristike utjecat će na povećanje kolizija i rizik od stradavanja. Austrijski Vodič za zaštitu divljih životinja (FSV, RVS 04.03.12) navodi kako željeznicе s opsegom prometa većim od 300 vlakova na dan predstavljaju apsolutnu prepreku. U Austriji i Hrvatskoj željezničke pruge nisu ogradene jer to nije propisano sigurnosnim pravilima. Sudari divljih životinja i vlakova u Austriji ne uzrokuju velike štete. To naravno ovisi o vrsti životinje jer su problemi ujvijek mogući pri koliziji s velikim sisavcima. Podaci o stradavanjima divljih životinja na željezničkim prugama u Hrvatskoj upućuju na to da najčešće strada tzv. jelenska divljač (14). U ukupnoj poznatoj smrtnosti medvjeda udio njihova stradavanja od cestovnog i željezničkog prometa iznosi 16 posto i na drugom je mjestu uzroka smrtnosti medvjeda u Hrvatskoj, s time da najčešće stradavaju na željezničkim prugama (14). Sve veći su problem brzi vlakovi, jer oni uzrokuju drugačije i općenito znatnije utjecaje. U Nizozemskoj se započelo s ogradijanjem pruga jer nesreće uzrokuju kašnjenje i gospodarske gubitke koji se na taj način pokušavaju izbjegći. Kao i na prometnicama, ako su pruge ogradene ili su postavljene ograde protiv buke (što je sve češći slučaj), one također predstavljaju apsolutnu prepreku, bez obzira na to koliko vlakova prometuje i kojom brzinom. Sve veći su problem brzi vlakovi, jer oni uzrokuju drugačije i općenito znatnije utjecaje. Zbog njihove brzine životinje ne stignu reagirati i pobjeći na vrijeme i zato ih se pri ocjeni treba smatrati apsolutnom preprekom.

Mjere ublažavanja mogu znatno varirati ovisno o vrsti zahvata, specifičnim utjecajima na ciljne stanišne tipove i vrste. Cilj im je smanjiti utjecaje ispod razine značajnosti ili ih potpuno ukloniti. Općenito, mjere ublažavanja najučinkovitije su što su bliže izvoru utjecaja.

Kao mjere ublažavanja efekta prometnih prepreka predloženi su izgradnja tzv. zelenih mostova, koji omogućuju siguran prelazak divljih životinja, te primjena mjera zaštite od buke i mjera smanjivanja vibracija od željezničkog prometa. Iskustva stećena u posljednjih desetak godina pokazuju da je vrlo korisno planirati mjere ublažavanja navedenog efekta

primjenom integriranog i višenamjenskog pristupa. To znači da prijelazi, ako su pozorno isplanirani i dizajnirani, mogu biti korisni za mnogo različitih životinjskih vrsta. Zeleni mostovi, na primjer, ne bi smjeli biti projektirani samo za velike zvijeri, nego i za male sisavce, ali i kukce, gmažave i vodozemce gdje je to moguće. Izbor i kompleksnost prijelaza za životinje ovisi i o statusu očuvanja i ugroženosti pojedinih životinjskih vrsta.

4. ZAKLJUČAK

Planiranjem bi trebalo predvidjeti u kojem će trenutku u povezanim aktivnostima i fazama razvojnog ciklusa projekta biti izrađena dokumentacija te kako će se priprema za klimatske promjene koordinirati s drugim aktivnostima kao što je proces procjene utjecaja na okoliš. Posebno je važno osigurati da se s pripremom za klimatske promjene krene prije trenutka u kojem će biti teško mijenjati projekt.

Utjecaj projekta na klimu i klimatske promjene (tj. aspekte ublažavanja klimatskih promjena) i utjecaj klimatskih promjena na projekt i njegovu provedbu (tj. aspekte prilagodbe klimatskim promjenama) trebalo bi razmotriti u najranijoj fazi procesa procjene utjecaja na okoliš. Infrastrukturni projekti trebali bi biti usklađeni s ciljevima Pariškog sporazuma i realističnom putanjom za smanjenje emisija stakleničkih plinova koja je u skladu s klimatskim ciljevima EU-a za 2030. i ciljem klimatske neutralnosti do 2050. te razvojem otpornim na klimatske promjene.

Pri razmatranju pitanja o prilagodbi klimatskim promjenama u sklopu procjene utjecaja na okoliš ne bi se trebali uzimati u obzir samo povijesni klimatski podaci, već bi trebalo i jasno utvrditi i opisati klimatski scenarij koji bi trebalo uzeti u obzir u procesu procjene. Jasan opis klimatskog scenarija olakšava raspravu o tome treba li u idejnemu projektu uzeti u obzir očekivane klimatske čimbenike i kako oni mogu utjecati na okolišni kontekst projekta. Upravo bi ovlaštenici za procjenu utjecaja na okoliš u glavnim crtama trebali izložiti ekstremne klimatske situacije koje treba uzeti u obzir u analizi osnovnog scenarija za okoliš. Upravitelji željezničke infrastrukture trebaju redovito pratiti i evidentirati klimatska stanja odnosno klimatske promjene (temperaturne pikove, poplavna i bujična razdoblja,

erozije...) i njihov utjecaj na infrastrukturu. Na temelju praćenja i prikupljenih saznanja akademska zajednica i nadležna tijela obvezna su nadopunjavati smjernice i propise i uvoditi nove tehnologije i metode za podizanje otpornosti infrastrukture na klimatske promjene. Sve navedeno projektanti moraju integrirati u projektna rješenja te zajedno s ovlaštenicima zaštite okoliša definirati kritične moguće klimatske ekstreme. Trebalo bi pregledati i sve postojeće strategije prilagodbe, planove upravljanja rizicima i druge nacionalne ili podregionalne studije o utjecajima promjenjivosti klime i klimatskih promjena te predložene odgovore i dostupne informacije o očekivanim utjecajima klimatskih promjena važnima za projekt.

LITERATURA

- (1) <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement> (pristupljeno 7. kolovoza 2023.)
- (2) https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_hr (pristupljeno 7. kolovoza 2023.)
- (3) <https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> (pristupljeno 7. kolovoza 2023.)
- (4) https://transport.ec.europa.eu/system/files/2023-07/COM_2023_443_0.pdf (pristupljeno 9. kolovoza 2023.)
- (5) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:52021PC0812> (pristupljeno 9. kolovoza 2023.)
- (6) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=-CELEX:32021R1153#:~:text=UREDPA%20%28EU%29%202021%2F1153%20EU-ROPSKOG%20PARLAMENTA%20%20VIJE%C4%86A%20od,i%20%28EU%29%20br.%20283%2F2014%20%28Tekst%20zna%C4%8Dajan%20za%20EGP%29> (pristupljeno 9. kolovoza 2023.)
- (7) https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE-OTPADOM/Puo/Climate_proofing_HRV.pdf (pristupljeno 9. kolovoza 2023.)
- (8) <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SPM.06-01.png> (pristupljeno 14. kolovoza 2023.)
- (9) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1153> (pristupljeno 14. kolovoza 2023.)
- (10) https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arkiva/6.%20Izvjestaj%20o%20predvedenoj%20SPU%202027-09_17.pdf (pristupljeno 14. kolovoza 2023.)
- (11) <https://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/odrzivo-koristenje-prirodnih-dobar-i-ekoloska-mreza/ekoloska-mreza> (pristupljeno 13. rujna 2023.)
- (12) <https://www.biportal.hr/gis/> (pristupljeno 14. kolovoza 2023.)
- (13) <https://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/publications/2017-12/PRIRUCNIK%20ZA%20PEM.pdf> (pristupljeno 13. rujna 2023.)
- (14) <https://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/publications/2017-12/STRUCNE%20SMJERNICE%20-%20PROMETNA%20INFRASTRUKTURA.pdf> (pristupljeno 14. kolovoza 2023.)

SAŽETAK

VAŽNOST UTJECAJA NA OKOLIŠ KOD ŽELJEZNIČKIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Europska komisija, kao što je to i utvrđeno u Europskom zelenom planu, u svojem predloženom paketu mjera za povećanje učinkovitosti i održivosti prijevoza tereta u EU-u zadala je cilj smanjenja emisija iz prometa za 90 posto do 2050. godine. Mjere u sklopu paketa uključuju poboljšanje upravljanja željezničkom infrastrukturom, pružanje novih poticaja za vozila s niskom razinom emisija i zajedničku metodologiju za izračun emisija stakleničkih plinova za poduzeća u sektoru teretnog prijevoza.

Kroz regulativu definirano je provođenje postupaka procjene utjecaja na okoliš zahvata na željezničkoj pruzi, utjecaja na okoliš i utjecaja na ekološku mrežu (Natura 2000). Navedeno osim ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš (screening) obuhvaća i utjecaj okoliša na zahvat. S druge strane, s obzirom na sveprisutne klimatske promjene, sadašnje i buduće posljedice klimatskih promjena potrebno je sagledati kao važne negativne utjecaje na infrastrukturu, pa tako i na onu željezničku, s obzirom na njezin dug projektirani životni vijek.

U nacionalnu regulativu već su uvrštene sve smjernice i preporuke Europske komisije te se primjenjuju već u samome početku pripreme željezničkih projekata. Važno je istaknuti dobru praksu da se klimatski utjecaju uvrste u najranijoj fazi utvrđivanja obuhvata te da se zaštita okoliša uključi i u upravljanje projektnim ciklusom od samog početka projekta kako navedeni infrastrukturni projekt ne bi imao negativan utjecaj na okoliš te kako bi bio ocijenjen kao klimatski otporan projekt, što u svjetlu sadaš-

nji i budućih klimatskih promjena svakako nije zanemarivo.

Ključne riječi: zaštita okoliša, klimatske promjene, željeznička infrastruktura, Natura 2000, mjere zaštite okoliša, klimatska otpornost

SUMMARY

THE IMPORTANCE OF ENVIRONMENTAL IMPACT IN RAILWAY INFRASTRUCTURE PROJECTS

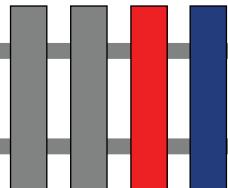
The European Commission, as determined in the European Green Deal, in its proposed package of measures to increase the efficiency and sustainability of freight transport in the EU, has set the goal of reducing traffic emissions by 90% until 2050. Measures within the scope of the package include improving

rail infrastructure management, providing new incentives for low-emission vehicles and a common methodology to calculate greenhouse gas emissions for companies in the freight transport sector.

The regulation defines the implementation of environmental impact assessment procedures regarding interventions on the railway line, the impact on the environment and the impact on the ecological network (Natura 2000). The above mentioned includes, in addition to the screening of the intervention impact on the environment, the impact of the environment on the intervention as well. On the other hand, having in mind climate changes which are ubiquitous, present and future consequences of climate changes have to be seen as important negative impacts on the infrastructure, including the one pertaining to the railways, while having in mind the designed length of its life span.

All the guidelines and recommendations of the European Commission have already been included in the national regulations, and they are implemented at the very beginning of railway projects' preparation. It is important to emphasize the good practice of including climate impact at the earliest stage of determining the scope, and that environmental protection is also included in project cycle management from the very beginning of the project, so that the mentioned infrastructure project does not have a negative impact on the environment and that it is assessed as a climate-resistant project, which is certainly not negligible in the light of current and future climate changes.

Keywords: Environmental protection, climate change, railway infrastructure, Natura 2000, environmental protection measures, climate resilience



Željezničko projektno društvo d.d.



Mi oblikujemo vaše željeznice.

We design your railways.

ŽPD d.d. ♦ Trg kralja Tomislava 11 ♦ 10 000 Zagreb ♦ Hrvatska

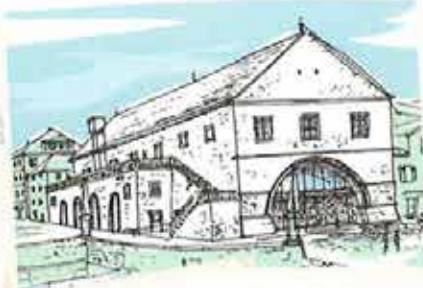
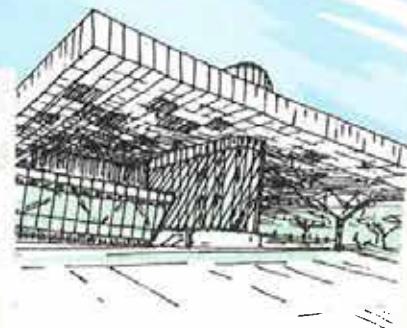
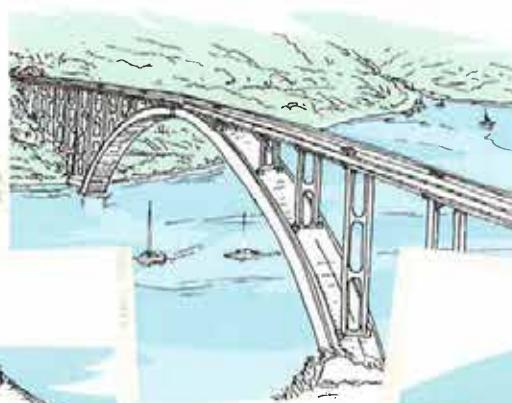
Tel: + 385 1 48 41 414 ♦ + 385 1 37 82 900 ♦ Fax: +385 1 6159 424 ♦ Žat: 29 00

e-mail: zpd@zpd.hr

www.zpd.hr

SPEGRA

SPECIJALNI GRAĐEVINSKI RADOVI



PARTNER OF MODERN REHABILITATION SINCE 1989

www.spegra.hr



Swietelsky d.o.o.
Nova cesta 192
10000 ZAGREB
HRVATSKA

T: +385 1 3689 300
F: +385 1 3689 299
E: www.swietelsky.com

ALTPRO SIGURNO KORAČA PREMA SVOJEMU CILJU



Zvonimir Viduka, dipl.ing.el.

Altpro je specijalizirana visokotehnološka tvrtka koja se bavi razvojem i proizvodnjom signalno-sigurnosnih sustava za željezničku infrastrukturu i željeznička vozila. Proizvodni program tvrtke čine sustavi za detekciju vlakova, sustavi za osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza te sigurnosni sustavi za vozila. Ključni cilj Altpro-a je biti jedan od svjetskih lidera u područjima signalno-sigurnosne tehnologije za željezničku infrastrukturu i sigurnosnih sustava za željeznička vozila. O djelovanju tvrtke u istraživanju, razvoju i proizvodnji razgovarali smo s njezinim čelnikom Zvonimirovom Vidukom.

Ž21: **Tvrtka Altpro već je dulje poznata i prisutna na željezničkome tržištu, no za šire bi čitateljstvo bilo zanimljivo da kažete nešto o njezinoj povijesti, razvoju i proizvodnom portfelju.**

Z.V.: Tvrtka Altpro počela je raditi još 1994. godine. Od tada tvrtka se akumulacijom znanja i iskustva te brojem proizvoda razvila u jednog od vodećih regionalnih ali i globalnih igrača na tržištu signalno-sigurnosne opreme za infrastrukturu i vozila. Svoje proizvode smo od početka dizajnirali za međunarodno tržište, no zadnjih godina velik val investicija na domaćim željeznicama donosi ravnotežu između opsega izvoza i domaćeg tržišta. Naši se proizvodi dijele na proizvode za željezničku infrastrukturu i željeznička vozila. Proizvodi namijenjeni za infrastrukturu prvenstveno su željezničko-cestovni prijelazi te senzorske detekcije vlaka i njihove razne aplikacije, a zadnjih godina proširili smo fokus sa samog proizvođača i razvoja proizvoda na integraciju čitavih (pod)sustava. Među proizvodima namijenjenima za željeznička vozila najviše se ističe kompletan autostop-sustav TIPA I60 i I90. Nadalje, u segmentu vozila ušli smo u neka nova područja koja uključuju održavanje vozila za prijevoznike, područje ETCS-a te alternativna goriva.

Ž21: **Osim što ste prisutni na domaćem željezničkom tržištu, Altproovi proizvodi ugrađeni su u željezničku infrastrukturu i vozila širom svijeta. O kojim se to tržištima radi i što to znači za poslovanje tvrtke?**

Z.V.: Altpro je u gotovo 30 godina poslovanja službeno izvezao svoje proizvode u 53 zemlje na šest kontinenata. To je velik poduhvat na koji smo neizmјerno ponosni. Danas imamo razvijenu mrežu partnera i suradnika te razvojno-proizvodnu infrastrukturu koja nam omogućava takav poduhvat. U svakome trenutku negdje se u svijetu nešto događa na željeznicama i zato je naše poslovanje vrlo stabilno i rastuće. Mogli bismo reći da nam se glavna tržišta nalaze u Aziji i na jugoistoku Europe, no imamo i projekte koji se nalaze izvan tih područja. U pandemiji se pokazalo dobrom strategijom imati širok spektar tržišta i partnera.

Ž21: **U svojim istupima često ističete važnost inovacija. Koliko je inovativnost, kao jedna od važnih sastavnica svakog suvremenog poslovanja, bila važna u razvoju tvrtke Altpro?**

Z.V.: Inovativnost je za nas bila i još uvijek jest najvažnija odrednica našeg razvoja kao tvrtke. Mi smo na svjetskome tržištu etablirani kao fleksibilna inovativna tvrtka koja je prilagodljiva i koja rješava specifične izazove. Takav imidž omogućio nam je suradnju s najvećim svjetskim tvrtkama poput Bombardiera Alstoma, Thalesa, Stadlera i sličnih. Naši odjeli tehnologije, istraživanja i razvoja iskusni su u rješavanju specifičnih problema vezanih uz željeznicu i zato smo u mogućnosti uzimati takve projekte i uspostavljati takve suradnje.

Ž21: **Vaša je tvrtka prisutna i na velikim domaćim i međunarodnim projektima vezanima uz željezničku infrastrukturu. Koje biste od tih projekata posebno istaknuli po složenosti i angažmanu vaše tvrtke u njima?**

Z.V.: Neki od najzanimljivijih projekata koje smo napravili i koje trenutačno radimo su projekti vezani uz detekciju specifičnih vozila na pruzi, takozvanih monoraila i APM-ova u SAD-u, Kanadi, Kini, Macau i Egiptu. Tijekom pandemije započeli smo više projekata u Kini na metroima i tramvajima s brojačima osovina. Svakako moram spomenuti veliki projekt rekonstruk-

cije pruge od Križevaca, preko Koprivnice do državne granice, gdje integriramo cijeli signalno-sigurnosni i telekomunikacijski podsustav u konzorciju s Bombardierom, odnosno Alstomom. U Indiju isporučujemo velike količine našeg brojača osovina. I u Velikoj Britaniji izvode se dva vrlo zanimljiva projekta, i to jedan na infrastrukturni, a drugi na vozilima. Radi se modernizaciji željezničko-cestovnih prijelaza na Network Railu te o isporuci novih autostop-sustava za tvrtku Stadler za nova vozila za metro u Newcastleu. Moramo istaknuti i niz regionalnih projekata u oba proizvodna programa u sklopu kojih isporučujemo naše autostop-sustave i željezničko-cestovne prijelaze.

Ž21: S obzirom na veliku uključenost tvrtke i njezinih zaposlenika u brojne projekte, na koji način usklađujete razvojni segment poslovanja i kako je vaš inženjerski kadar uključen u to?

Z.V.: Razvojni segment poslovanja nam je važan jer smo kontinuirano bombardirani zahtjevima za rješavanje nekih specifičnih problema ili razvojem nekih nestandardnih rješenja. Na primjer, naši portfelj senzora kotača vrlo je širok u odnosu na druge tvrtke koje se bave tim segmentom. Imamo rješenja za regularnu željeznicu kao i za nestandardne oblike prijevoza kao što su monorail, APM, tramvaj, metro... Ta rješenja radili smo na isključive zahtjeve kupaca i to je nešto po čemu smo poznati. Sve to zahtjeva kontinuirano učenje, inovativnost i znanje radnika. Zadnjih godina nam u razvoju novih proizvoda puno pomažu i EU-ovi fondovi, uz čiju smo pomoć uspjeli pokrenuti i dovršiti razvoj novih proizvoda koji će nas postaviti na vrh tržišta po tehnološkim mogućnostima koje možemo pružiti.

Ž21: Kakvi su razvojni planovi tvrtke Altpro za naredno razdoblje?

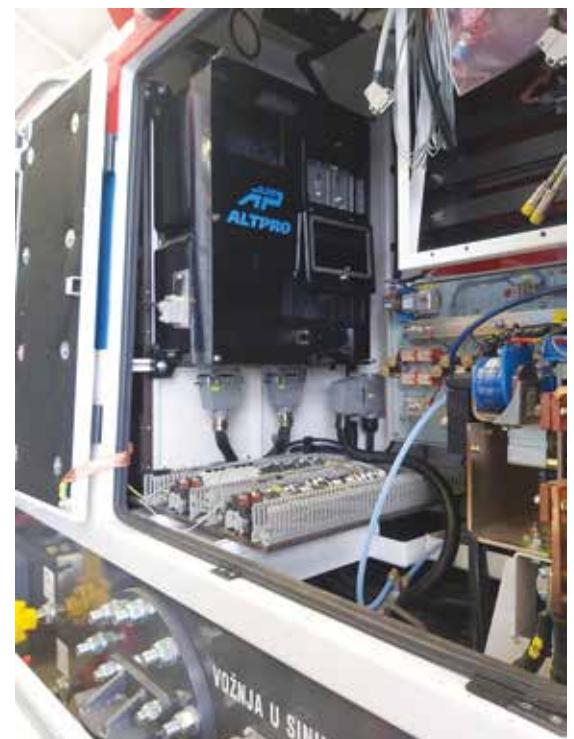
Z.V.: Do kraja 2023. godine planiramo otvoriti novi proizvodni pogon na 3500 m² u Velikoj Gorici, zahvaljujući kojemu ćemo znatno povećati proizvodne kapacitete. Pogon je u cijelosti dizajniran prema našim potrebama i idejama u proizvodnom procesu te je financiran preko HBOR-ova izravnog kreditiranja i HAMAG-ova jamtva. Te dvije institucije imale su te nastavljaju imati ključnu partnersku ulogu u našemu strateškom razvoju.

U planu su i nova zapošljavanja kako bismo kapacitetima pokrili projekte na kojima radimo i na kojima planiramo raditi.

I na kraju, na sljedećem velikom sajmu Innotransu 2024. predstaviti ćemo novorazvijene proizvode na kojima intenzivno radimo i još jednom potvrditi da se nalazimo na jednome zdravom razvojnog putu koji je usmjeren na ono što se događa na tržištu.



Austrija, 2019.



Češka, 2019.

ZATVARANJA POJEDINIH PRUGA POREMETILA ŽELJEZNIČKI PROMET KROZ ALPE

Tekst i slike: Toma Bačić

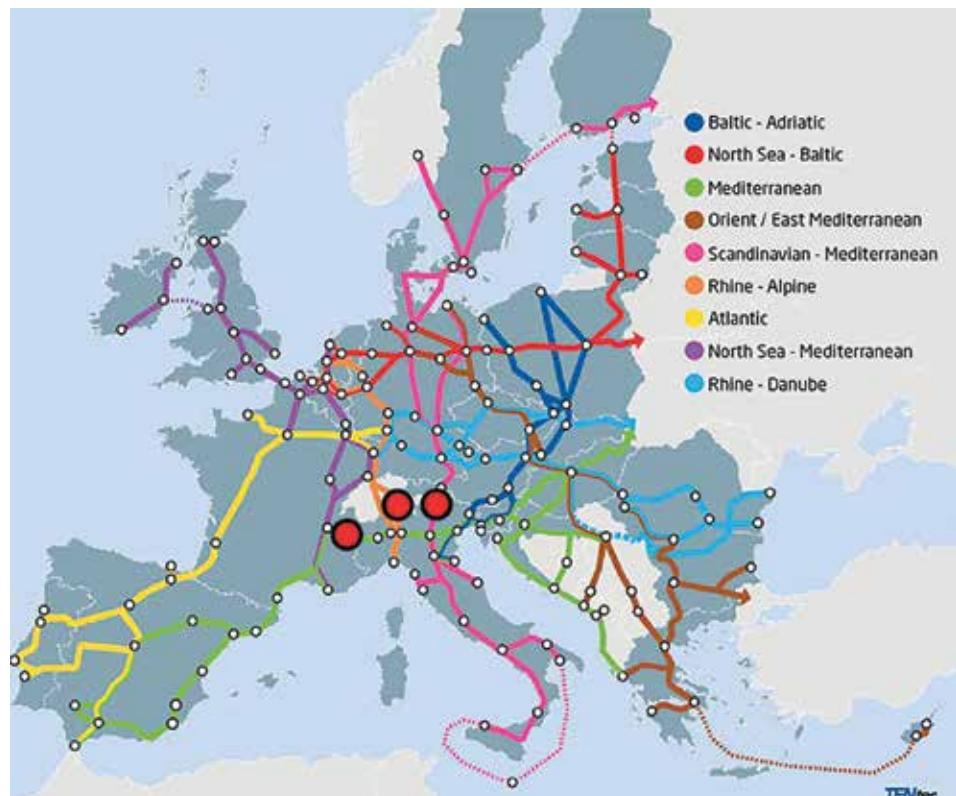
Nekoliko potpuno nepovezanih zatvaranja željezničkih pruga u Alpama u kolovozu izazvalo je brojne probleme u željezničkome prometu u smjeru sjever – jug u Europi. Iako alpsko područje presijecaju brojne dvokolosiječne elektrificirane željezničke pruge, situacija u kolovozu vrlo je izravno pokazala da preusmjeravanje prometa nije jednostavno i da prijevoznicima predstavlja ozbiljne izazove. Iako je većina medija koji se bave transportom usporedila situaciju u kolovozu sa situacijom u Rastattu u kolovozu 2017., ovogodišnja zatvaranja pruge bila su puno manje dramatična. Naime, nezgoda u Rastattu zahtjevala je da se vlakovi koji uobičajeno voze kroz Njemačku prema Švicarskoj preusmjere na neelektrificirane pruge u Francuskoj, a to je zahtjevalo velik broj dizelskih vučnih vozila i osoblje licencirano za vožnju francuskim prugama¹.

Od pruga pogodjenih situacijom Gotthard i Lötschberg dio su EU-ova Rajnsko-alpskoga koridora, Brenner Skandinavsko-mediterranskoga koridora, Tauern/Pontebbana Baltičko-jadranskoga koridora, a Maurienne Mediteranskoga koridora².

Brenner

Više od dva tjedna u kolovozu, točnije od 6. do 23. kolovoza, pruga preko prijevoja i graničnog prijelaza Brenner bila je zatvorena za promet. Ta pruga, koja je za promet otvorena između 1864. i 1867. godine, glavni je koridor između industrijskih područja Bavarske i Tirola s terminalom Verona Quadrante Europa. Brenerska pruga na sjevernoj rampi, od Innsbrucka do Brennera, ima uspone do 25 %, dok na južnoj, od Brennera do Bolzana, prevladavaju usponi do 23 %. Pruga je od Innsbrucka do Verone duga 275,8 km, a trenutačno se ispod prijevoja gradi bazni tunel Brenner koji će biti dug 64 kilometra.

Tvrtka ÖBB-Infrastruktur AG je Brenersku prugu zatvorila zbog održavanja i zamjene tračnica. S obzirom na to da su dijelovi pruge nepristupačni cestama, jedina mogućnost bila je da se materijal na gradilišta dovozi vlakom. U projekt je investirano 15 milijuna eura, a ukupno je zamijenjeno pet kilometara tračnica, 11 skretnica, 4000 pragova i 5000 tona



Slika 1. Karta s označenim prugama kojima je u kolovozu i rujnu bio prekinut promet; s lijeva na desno Maurienne, Gotthard i Brenner. Temeljeno na karti Europske komisije.

tucanika. Modernizirani su kolodvor Steinhach am Brenner, stajalište St. Jodok am Brenner, a sanirani su i tuneli Sonnberg i St. Jodok⁴.

Tijekom remonta putnički prijevoz Brenerskom prugom bio je organiziran uz supstitucije autobusima, dok je teretni tekao obilazno, preko Tauernske pruge

¹ <https://www.railfreight.com/corridors/2018/04/22/economic-damage-of-rastatt-incident-2-2-billion-euros/>

² https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/ertms/contributing/corridors_en

³ Hans G. Wägli: *Schiennennetz Schweiz und Bahnprofil Schweiz CH+*, AS Verlag, Zürich, 2010.

⁴ https://presse-oebb.at/News_Detail.aspx?id=184140&menueid=27019



Slika 2. Zatvaranjem Brennera teretni promet je prebačen na koridor Tauern-Pontebbane. Teretni vlak prijevoznika Rail Cargo Carrier – Italy na izlazu iz tunela Tarvisio na Pontebba



Slika 3. Teretni vlak prijevoznika Rail Cargo Austria na pruzi Tauern, između kolodvora Bad Hofgastein i Bad Gastein

i pruge Pontebbane. Udaljenost između terminala München-Riem i Verona Quadrante Europa Brenerskom prugom iznosi 437,7 km. Pruga je dvokolosiječna i elektrificirana sustavom 15 kV 16,7 Hz u Njemačkoj i Austriji te sustavom od 3 kV DC u Italiji. Prijevozni put preko Tauerna i Pontebbane jest dulji – oko 675 km, ovisno o pruzi kojom se prometuje između Udina i terminala Verona Quadrante Europa. Problem obilaznog puta Tauern – Pontebbane jednokolosiječne su dionice od kolodvora Schwarzhach-St. Veit do Böcksteina, koje znatno smanjuju kapacitet pruge. Prema podacima ÖBB-a, u 2022. godini je preko Brennera prevezeno 28,3 milijuna tona robe, a preko Tauerna/Pontebbane 20,6 milijuna tona.

Gotthard

Dvjesto i petnaest kilometara zapadno od brenerske željezničke pruge u Švicarskoj nalazi se Gotardska pruga. Stara Gotardska pruga, koja prolazi tunelom dugim 15 km, otvorena je za promet 1882. godine i s obje strane tunela ima rampe s usponima od 27 %. U ljeto 2016. otvoren je 57,1 km dug bazni tunel, na čijim se prilazima nalaze maksimalni usponi od 15 %.⁵ Gradnja baznog tunela Gotthard počela je sredinom 1900., no samo bušenje tunela započelo je u jesen 1999.⁶ Tunel je otvoren 1. lipnja 2016., a redoviti promet počeo je teći 11. prosinca te godine, s početkom važenja no-

voga vozognog reda. Bazni tunel Gotthard najdulji je tunel na svijetu, a vlakovi kroz njega prometuju brzinama od 100 do 250 km/h, ovisno o vrsti vlaka i činjenici vozi li vlak prema voznomu redu ili kasni. Tunel ima dvije jednokolosiječne tunelske cijevi kroz koje prometuju vlakovi. Unutar tunela se na dvije lokacije nalaze veze koje omogućavaju prelazak vlakova iz cijevi u cijev, a koje su normalno zatvorene posebnim zrakonepropusnim vratima koja sprečavaju aerodinamičke udare prilikom normalnog tijeka prometa. SBB te veze naziva multifunkcionalnim kolodvorima, jer se u njima može obaviti i eventualna evakuacija putnika.

Gotardska željeznička pruga jedina je željeznička veza između sjeverne Švicarske i njemačkoga govornog područja s talijanskim kantonom Ticinom. Obilazni put preko pruge Lötschberg – Simplon podrazumijeva dugu vožnju preko Italije prugama RFI-a.

Prometovanje baznim tunelom Gotthard prekinuto je u četvrtak 10. ko-

lovoza, nedugo nakon 12.45 sati zbog iskliznuća teretnoga vlaka u multifunkcionalnome tunelskom kolodvoru Fadio, u zapadnoj tunelskoj cijevi. Prema preliminarnome priopćenju policije kantona Ticino, nekoliko je vagona iskočilo iz tračnica, od kojih su neki prevozili tekuće opasne tvari koje nisu iscurile i nisu predstavljale nikakvu opasnost. Dana 14. kolovoza objavljeno je da su 23 od 32 vagona u sastavu vlaka iskočila, iako je SBB kasnije komunicirao da je iskliznulo ukupno 16 vagona⁷. Iskliznuli vagoni uništili su zrakonepropusna vrata između cijevi, što je zbog visokih sigurnosnih standarda uzrokovalo i automatsko zatvaranje



Slika 4. Teretni vlak prijevoznika Mercitalia s lokomotivom E.494 (TRAXX) na ulazu u tunel Malborghetto

⁵ Hans G. Wägli ibid

⁶ Alp Transit Gotthard AG: *Das Jahrhundertbauwerk entsteht: Gotthard-Basistunnel – der längste Tunnel der Welt*, Stämpfli, Bern, 2010.



Slika 5. Teretni vlak na izlazu iz tunela Tarvisio na Pontebbani



Slika 6. Teretni vlak prijevoznika DB Cargo s dvije lokomotive serije 185 izlazi iz starog tunela Gotthard u kolodvor Gischenen

neoštećene tunelske cijevi. Vrata između cijevi su i vatronepropusna. Strojovoda vlaka koji je sudjelovao u nesreći evakuiran je vatrogasno-spasičkim vlakom i nije ozlijeden. U nesreći je sudjelovao vlak br. 45016 Chiasso Smistamento – Mannheim Rangierbahnhof, a vukle su ga dvije električne lokomotive DB Cargo 185. Na temelju ugovora o suradnji, u Švicarskoj je SBB Cargo prijevoznik toga vlaka i za isti je osigurao osoblje. Odgovoran za vlak i osigurava strojovodu. Vlak 45016 je kroz bazni tunel Gotthard prometovao brzinom od 100 km/h.

Prema podacima koje su objavili Švicarski odbor za sigurnosne istrage (*Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle*, SUST) i kantonala policija, nekoliko kilometara ispred mjesta nesreće pronađeni su fragmenti kotača teretnoga vagona. Zbog toga je kao službeni uzrok nesreće, iako istraga još nije gotova, navedeno puknuće kotača. Prije ulaska u tunel kontrola vlakova (*Zugkontrolleinrichtung*, ZKL) u Claru nije utvrdila nikakve tehničke kvarove na vlaku. U ponedjeljak 14. kolovoza SBB je priopćio da je nesreća u tunelu izazvala tolike poremećaje u teretnom prijevozu kroz Švicarsku da je SBB-u ponestalo kolosijeka za gariranje vlakova.

S obzirom na to da su zrakonepropusna vrata između cijevi proizvedena samo za bazni tunel Gotthard, zamijenjena su mobilnim vratima koja se koriste pri održavanju i u idućim se mjesecima očekuje ugradnja novih.

SBB je u srijedu 16. kolovoza objavio da će popravak baznoga tunela Gotthard trajati nekoliko mjeseci i da je šteta od nesreće u zapadnoj cijevi tunela znatno veća od prvotno procijenjene. Ukupno treba zamijeniti oko osam kilometara kolosijeka i 20 000 betonskih pragova. Tijekom zatvaranja tunela teretni vlakovi vozili su preko stare brdske pruge Gotthard između 23.00 i 5.00 sati. Preko dana brdskom je prugom mogao proći jedan vlak na sat po smjeru. Također, svi vlakovi za prijevoz putnika prebačeni su na brdsku prugu, a s obzirom na to da je vozno vrijeme tom prugom oko sat vremena dulje no vožnja tunelom, vlakovi su po prelasku masiva Gotthard „uhvatili“ vrijeme taktnoga vozognog reda, sat kasnije. Ogroman



Slika 7. Vlak Giruno prijevoznika SBB na vijaduktu ChNrstelenbach na staroj pruzi Gotthard



Slika 8. Odron na pruzi Maurienne u Francuskoj

⁷ <https://news.sbb.ch/artikel/124073/bergungsarbeiten-im-gotthard-basistunnel-dauern-bis-ende-september>

problem stvara činjenica da starom prugom ne mogu prometovati katni vlakovi, što je smanjilo broj dostupnih putničkih mesta na pruzi preko Gottharda za oko 30 posto. Isto tako starom prugom nije moguće prevoziti vlakove s kamionskim prikolicama ili kontejnere visine od četiri metra.

U ponoć 22. kolovoza 2023. otvorena je istočna cijev baznoga tunela Gotthard. Nedugo nakon toga tunelom su provozali prvi teretni vlakovi. Jednokolosiječna organizacija prometa omogućava da tunelom može prometovati gotovo 100 teretnih vlakova na dan. Prvi teretni vlak koji je tunelom prošao s juga prema sjeveru bio je vlak RailCare, a nakon njega je u suprotnome smjeru prošao vlak za prijevoz poštanskih pošiljaka Härringen – Cadenazzo. Osim toga tri SBB-ova katna vlaka su u noći s 22. na 23. kolovoza vraćena iz južnoga kantona Ticino u njemačko govorno područje Švicarske. Ti su vlakovi bili blokirani od prekida u Ticinu jer nisu mogli biti prebačeni brdskom prugom.

Nakon što je za promet otvorena jedna tunelska cijev, i dalje će se neki vlakovi preusmjeravati prugom Lötschberg – Simplon, kojom prema SBB-u uz postojeći promet može proći jedan teretni vlak na sat u svakome smjeru. Problem s prugom Lötschberg – Simplon je taj da su radovi na održavanju kolosijeka na talijanskoj strani, između tunela Simplon i kolodvora Domodossol, prekinuli putnički prijevoz (vlakovi su zamijenjeni autobusima) i znatno smanjili kapacitet pruge za teretne vlakove. Ti su radovi najavljeni i nisu mogli biti prekinuti u trenutku nezgode u Gotardskome baznom tunelu.

Teoretski kapacitet baznog tunela Gottard maksimalno je 260 teretnih vlakova na dan, no u 2022. prosječno je 110 teretnih vlakova na dan prolazilo kroz Gotardski bazni tunel radnim danima, a prosječno 55 teretnih vlakova vikendima i državnim praznicima. Prema informacijama dostupnim iz švicarskih medija, obje cijevi baznoga tunela Gotthard bit će ponovno otvorene u prosincu, prilikom stupanja na snagu novoga voznog reda.

Dana 23. kolovoza je Pro Bahn Schweiz, savez koji zastupa interes korisnika javnoga prijevoza, objavio priopćenje u kojem zahtjeva kompenzaciju za putnike zbog zatvaranja baznoga tunela Gotthard. Kompenzacija se temelji na činjenici da su vremena putovanja između kantona Ticino i njemačkoga govornog područja Švicarske produljena barem za sat.

Maurienne

Dana 27. kolovoza je zbog velikog odrona zatvorena pruga Maurienne, koja povezuje Lyon s Torinom. Otron se dogodio kod mjesta La Praz, između kolodvora Saint Jean-de-Maurienne i Modane. Uz željezničku prugu zatvoreni su autocesta i lokalna cesta. Ta dvokolosiječna željeznička pruga glavna je pruga između Francuske i Italije, no karakteriziraju je vrlo oštiri usponi od 30 %, koji zahtijevaju vožnju lokomotiva u zaprezi s potiskivalicom. SNCF je objavio da će popravak početi kada se stabilizira otron, no nikakvi rokovi nisu objavljeni. Na pruzi Maurienne gradi se bazni tunel, koji se za promet planira otvoriti oko 2035.

STRAIL®



BRZO & JEDNOSTAVNO
brza instalacija i kratko vrijeme zatvora pruge / ceste



SIGURNO & POUZDANO
za različita opterećenja i klimatske uvjete



DUGI ŽIVOTNI VIJEK
dokazano od 1976

SUSTAV PRIJELAZA U RAZINI



JEDNOSTAVNO | POUZDANO
TIPIČNI | STRAIL



maksimalno osovinsko opterećenje 22,5 t
(ovisno o brzini)



više od 50 godina životnog vijeka



maksimalna brzina
160 km/h

STRAILWAY

PRAGOVI OD POLIMERA



Spremni na promjenu?
Uzmite vaše zelene pragove sada!

NOVI PAKETI TEHNIČKIH SPECIFIKACIJA ZA INTEROPERABILNOST (TSI)

Tekst: Vlado Hanžek, mag. ing. traff.
Snježana Krznarić, mag. ing. aedif., univ. spec. aedif.

Osnovni cilj europske politike željezničkog prijevoza jest izgradnja i uspostava jedinstvenoga europskog željezničkog prostora. Uzimajući u obzir ulogu na temelju koje se očekuje da bi željezница trebala imati veliku ulogu u dekarboniziranome prometnom sustavu, kako je to predviđeno u Europskom zelenom planu, pokrenute su opsežne revizije postojećih TSI-ova, prvenstveno u cilju digitalizacije željeznic i povećanja privlačnosti željezničkoga teretnog prijevoza.

Općenito, svim donesenim mjerama i paketima Europska komisija želi povećati kvalitetu i učinkovitost usluge željezničkog prometa, omogućiti bolji pristup novim prijevoznicima na europsko tržište, olakšati i ubrzati investicije u željeznički sektor te povećati ukupni opseg željezničkoga prijevoza na europskoj razini.

Napominjemo da prema Ugovoru o osnivanju Europske unije postoje tri osnovna instrumenta koja se koriste kao sekundarno zakonodavstvo:

1. **uredbe.** Svaka njihova riječ obavezujuća je u svim državama članica i neposredno se primjenjuju u nacionalnome pravnom sustavu. Prema tome uredbe se primjenjuju neposredno i za njihovo preuzimanje nisu potrebni ni dopušteni nacionalni propisi.
2. **direktive.** Pravno su obvezujuće, ali samo u svrhu postizanja cilja navedenog u direktivi. Za razliku od uredbi, direktive u pravilu nisu neposredno primjenjive. To znači da države članice na nacionalnoj razini mogu i moraju do određene mjere utvrditi pojedinosti o načinu njezine provedbe. To je često zahtjevna zadaća jer direktive rijetko sadržavaju pojedinosti vezane uz njihovu provedbu.
3. **odлуke.** Obvezujuće su u cijelosti. Za razliku od direktiva mogu se odnositi na fizičke i pravne osobe. Neposredno su primjenjive u svim državama članicama.

Osim toga, EU koristi i **preporuke i mišljenja**. Za razliku od gore navedenih instrumenata, oni nisu obvezujući. Iako te mjere zbog toga nemaju neposredan učinak, to ne znači da se na njih ne primjenjuje sudski postupak. Te mjere i dalje mogu obvezivati nacionalna tijela države članice, i to ako treba riješiti neko pitanje ili razjasniti sadržaj odredbe instrumenta Europske unije.

Podsjećamo na to da Tehničke specifikacije interoperabilnosti priprema Agencija

Europske unije za željeznice (*European Union Agency for Railways*; u daljem tekstu: ERA) pod upravljanjem Europske komisije, koja određuje format kojemu TSI-ovi moraju biti sukladni i metodologiju koju ERA mora primjenjivati za njihovu pripremu. Na ERA-inim mrežnim stranicama mogu se pronaći svi pravni okviri te sve važeće tehničke specifikacije interoperabilnosti koje su izdane do sada. U cilju uklanjanja prepreka interoperabilnosti od država članica očekuje se smanjenje opsega nacionalnih pravila, uključujući pravila o radu. U tu svrhu sve države članice trebale bi ažurirati svoj sustav nacionalnih pravila, provesti aktivnosti oko usklajivanja s EU-ovom regulativom te brisati zastarjela pravila. Osnovna zadaća nacionalnih propisa jest samo dopuna tehničkih specifikacija interoperabilnosti koje su regionalno vezane samo uz određenu državu članicu. S obzirom na to da nisu svi aspekti povezani s temeljnim zahtjevima obuhvaćenima TSI-ovima, odnosno da geografsko područje primjene TSI-ova ne obuhvaća cijelu EU-ovu mrežu, uvjek postaje i otvorena pitanja.

Uzimajući u obzir Direktivu 2016/797 Europskog parlamenta i Vijeća od 11. svibnja 2016. o interoperabilnosti željezničkog sustava u Europskoj uniji te usklajivanja s Europskim zelenim planom donesene su nove provedbene uredbe. Dana 8. rujna 2023. objavljene su nove uredbe i odluke u Službenome listu Europske unije, i to:

- **Provedbena uredba Komisije (EU) 2023/1693** od 10. kolovoza 2023. o izmjeni Provedbene uredbe (EU) 2019/773 o tehničkoj specifikaciji za interoperabilnost za podsustav odvijanja prometa i upravljanja prometom željezničkog sustava u Europskoj uniji. Informacija se može naći na poveznici: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=OJ:JOL_2023_222_R_0001
- **Provedbena uredba Komisije (EU) 2023/1694** od 10. kolovoza 2023.

o izmjeni uredbi: (EU) br. 321/2013, (EU) br. 1299/2014, (EU) br. 1300/2014, (EU) br. 1301/2014, (EU) br. 1302/2014, (EU) br. 1304/2014 i Provedbene uredbe (EU) 2019/777. Informacija se može naći na poveznici: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=-CELEX:32023R1694>

- **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. Informacija se može naći na poveznici: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=-CELEX:32023R1695>

- **Provedbena odluka Komisije (EU) 2023/1696** od 10. kolovoza 2023. o izmjeni Provedbene odluke 2011/665/EU u pogledu specifikacije za Europski registar odobrenih tipova vozila iz članka 48. Direktive (EU) 2016/797 Europskog parlamenta i Vijeća. Informacija se može naći na poveznici: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL_2023_222_R_0004

U cilju razvoja i poboljšanja interoperabilnosti željezničkog sustava nastavlja se s aktivnostima na preispitivanju postojećih TSI-ova te se paralelno provode aktivnosti na ažuriranju pojedinačnih normi na koje odgovarajući TSI upućuje.

Na kraju možemo samo upozoriti na izrazitu važnost praćenja i usklajivanja europskih propisa te na važnosti izrade i usklajivanja pojedinačnih nacionalnih željezničkih propisa svih država članica, a sve kako bi si omogućilo pojednostavljenje i poboljšanje usluga željezničkog prometa i upravljanja željezničkom infrastrukturom.



Društvo Tehnički servisi željezničkih vozila d.o.o. je osnovano 2003. godine kao samostalno društvo-kćer Hrvatskih Željeznica sa svim poslovnim funkcijama u cilju održavanja željezničkih vozila u Republici Hrvatskoj. Posluje na 12 lokacija u RH u djelatnosti održavanja vozila koje su organizirane u četiri regionalne jedinice. Tehnički servisi željezničkih vozila d.o.o. (TSŽV d.o.o.) su trgovačko društvo koje pruža usluge održavanja elektro i diesel lokomotiva, elektro i diesel motornih vlakova, čišćenje željezničkih vozila, usluge intervencije na prugama Republike Hrvatske s pomoćnim vlakovima.

Društvo je u 100% vlasništvu HŽ Putničkog prijevoza.

Pretežiti dio poslovanja društva odnosi se na pružanje usluga redovitog i izvanrednog

održavanja željezničkih vozila i to: servisni pregledi, kontrolni pregledi, redoviti popravci, pranje i čišćenje vozila. Također, društvo pruža i dodatne usluge i to: tokarenje kotača željezničkih vozila bez izvezivanja, otklanjanje vozila kao posljedice udesa te transport željezničkih vozila pomoćnim vlačkovima, i dr.

Djelatnosti:

- Popravak, održavanje i čišćenje vučnih vozila
- Strojna obrada kotača bez izvezivanja osovina
- Popravak i repariranje rotacijskih strojeva
- Intervencije pomoćnih vlakova u slučaju nesretnog događaja
- Strojna obrada

Tehnički servisi željezničkih vozila d.o.o.

Strojarska cesta 13, 10 000 Zagreb

Tel.: + 385 1 580 81 50

Fax.: + 385 1 580 81 95

Web: www.tszv.hr; E-mail: info@tszv.hr



PHONOBLOC® SUSTAVI ZA ZAŠTITU OD BUKE ZA ŽELJEZNICE

PHONOBLOC® sustavi za zaštitu od buke ispunjavaju sve zahtjeve za barijere za zaštitu od buke u željezničkom prometu prema svim važećim normama. Sustavi za zaštitu od buke PHONOBLOC® impresioniraju jednostavnom ugradnjom, izvrsnom zvučnom izolacijom i velikim izborom arhitektonskih mogućnosti. Jeftini Quie@Rail zid za zaštitu od buke u blizini pruge također ispunjava sve važeće zahtjeve za zaštitu od buke za upotrebu na željezničkim prugama. Trajnost barijera za buku je također glavni fokus, te se certificiranje i dokazivanje trajnosti provodi prema važećoj normi EN 14389-1/2. Također, sve je više zahtjeva klijenata da bukobran dokazano funkcioniра 50 i više godina. Odabir materijala za zaštitu od buke, bez obzira da li se radi o betonu, drvo-betonu, ALU, transparentni,... je profesionalni izbor naručitelja i korisnika, bilo da se radi o željeznicama, cestama, industrijskim objektima,... Osim toga, bukobran mora ispunjavati sve zahtjeve u skladu s nacionalnim propisima, standarde, smjernice, upute, kao i zadovoljiti sve zahtjeve pojedinačnih kupaca. Za željeznice u Njemačkoj je to Deutsche Bahn-DB, u Austriji ÖBB, SŽ – slovenske željeznice v Sloveniji, te u Hrvatskoj HŽ

Infrastruktura, na projektu Rekonstrukcija postojećeg i izgradnja drugog kolosijeka na dionici Hrvatski Leskovac – Karlovac.

Na primjer prema zahtjevu HŽ Infrastrukture, za procjenu akustične sukladnosti barijere za zaštitu od buke, koji je u cijelosti ispunjen PHONOBLOC sustavima, tražilo se da su paneli za buku certificirani sukladno Hrvatskom standardu HRN EN 16272-1 - Željeznički sustav - Željeznički gornji ustroj - Zvučne barijere i odgovarajući uređaji koji djeluju na rasprostiranje zvuka zrakom - Ispitne metode za određivanje akustičnih svojstava - 1. dio: Unutarnja svojstva - Apsorpcija zvuka u laboratorijskim uvjetima difuznog zvučnog polja. Barijere su uskladene i sa drugim normama HRN EN 16272-2 - Zračna zvučna izolacija u laboratorijskim uvjetima difuznog zvučnog polja, HRN EN 16272-3 - Lepeza normalizirane željezničke buke i jednoznamenkasta podjela primjene difuznih polja u pogledu zvučne izolacije ispunjavaju zahtjev: $DLR \geq 25$ dB, i u pogledu zvučne apsorpcije ispunjavaju zahtjev: $DL\alpha \geq 8$ dB.

Naši **PHONOBLOC®** sustavi za zaštitu od buke imaju sve potrebne popratne do-

kumente i certifikate za druga akustička i mehanička svojstva, npr. požar, vjetar, i drugi utjecaji, a sve u skladu s odgovarajućim normama HRN EN 14388, HRN EN 1794-1, HRN EN 1794-2, itd. Kao dokaz su pokazala provedena i sva mjerena na samom gradilištu prema važećim hrvatskim i EU standardima: HRN EN 1793-5 - **Naslov HR** - Barijere za zaštitu od buke s cesta - Metoda ispitivanja za određivanje akustičkih svojstava - 5. dio: Osnovne značajke - In situ vrijednosti refleksije zvuka pod izravnim utjecajem zvučnog polja, i HRN EN 1793-6:2021 - **Naslov (HR)** - Barijere za zaštitu od buke s cesta -- Metoda ispitivanja za određivanje akustičkih svojstava -- 6. dio: Unutarnje značajke -- In situ vrijednosti izolacije od vanjske buke u uvjetima neposrednog zvučnog polja.

Trajnost i vijek trajanja proveden je prema EN 14389-1/2: odobreni je radni vijek od 50 (100) godina, ostvaren u certificiranoj klimatskoj komori, UV otpornost, izmjena smrzavanja i odmrzavanja od -30°C do $+40^{\circ}\text{C}$, kiša, raspršena maglica s kaustičnom sodom, zgadenje zraka, 48 sati u klimatskoj komori odgovara 1 godini odležavanja. Ispitivanje je provedeno

| Acoustic performance | Mechanical performance | Durability and service life | Dynamic performance |
|--|--|--|----------------------------|
| Absorption of different Absorber designs | Fireresistance against brushwood fires | Long term efficacy Acoustic properties | Fatigue test lateral force |
| Airborne sound insulation for NB-systems | Danger from falling wall parts (pendulum impact) | Long term efficacy Non-acoustic properties | Fatigue test Bending force |
| In-Situ sound-reflection coefficient | Frost and deicing-salt resistance | | Torsional characteristics |
| In-Situ sound-insulation coefficient | Structural analysis test report | | |

Slika 1. Postupci ispitivanja PHONOBLOC barijera koje provode akreditirani instituti za ispitivanje zvučnih barijera



Slika 2. PHONOBLLOC® paneli za zaštitu od buke serije BHB (betonska nosiva jezgra i drvo-beton/drvo-cementni apsorberi). Naručitelj Ministarstvo infrastrukture RS, DRSI. Objekt - Zaštita od buke na dionici željezničke pruge Hoče – Rače kod Maribora



Slika 3. PHONOBLLOC Sustavi zaštite od buke za željeznice i ceste te potporu sa međunarodnog iskustva u području protubučnih ograda koje pruža DELTABLOC



Slika 4: Ispitivanje buke na licu mesta prema EN 1793-5 lijevo i desno ispitivanje u klimatskoj komori

na terenu u skladu s EN 1793-5 u novom stanju (desno) i još 1 m² nakon još jednog razdoblja odležavanja u klimatskoj komori (lijevo).

Quie@Rail zaštita od buke u blizini kolosijeka za željeznice ima mnoge prednosti, kao što su za do 50% sniženje cijene, praktički je nevidljiv i ne utječe na izgled okoline, bez temelja, bez pilota, bez stupova, postavlja se na šljunak, nije potrebno uzemljenje jer je bez armature/željeza, testirano za brzine vlaka do 160 km/h, bez održavanja itd.

Zaključak

Europski standardi pomažu naručiteljima, projektantima, nadzornim inženjerima, industriji... mogućnost korištenja certificiranih sustava zaštite od buke. Istovremeno, ostavljaju mogućnost naručiteljima, projektantima i nadzornim inženjerima da izaberu korištenje certificiranih sustava zaštite od buke kako su klasificirani u ovim standardima. Navedeni tada mogu odabratи uobičajene sustave zaštite od buke, npr. A3/B3 i životni vijek od 10 godina. Trend u EU je naravno u smjeru boljih i ekološ-

kih sustava npr. klase A4/B4, od prirodnih materijala poput drvenog betona i životnog vijeka od 50 godina ili više pa čak i više od 100 godina, pa i da se na željeznicama upotrebljavaju zaštita od buke u blizini kolosijeka kao npr. PHONOBLOC Quie@Rail.

Autor:

Miran KLEMAR

Kontakt:

Miran Klemar, direktor

office@deltabloc.si

+386 817 101 35

DELTABLOC d.o.o.

| | |
|---|-------------|
| Sound level reduction In-Situ | up to 5,5dB |
| Distance measuring point to track axis 7,50m 1,20m above track top edge Wall distance to the track axis 2,10m | |
| Sound level reduction In-Situ | up to 5,3dB |
| Distance measuring point to track axis 25m 3,50m above track top edge Wall distance to the track axis 2,10m | |
| Airborne sound insulation | Fulfilled |
| acc. RIL 804.5501 of the Deutschen Bahn AG | |
| Sound absorption | Fulfilled |
| acc. RIL 804.5501 of the Deutschen Bahn AG | |



Slika 5. Acoustic properties Acoustic tests at DB (Deutsche Bahn AG)



Slika 6. Quie@Rail zaštita od buke u blizini kolosijeka za željeznice



Članica C.I.O.S. grupe



www.cezar-zg.hr
www.recikliranje.hr



JELEN.COM



ONE STEP FURTHER

**VRHUNSKA
RADNO - ZAŠTITNA
OBUĆA!**

JELEN PROFESSIONAL d.o.o.

Braće Radić 37A, 40319 Belica - HR • Tel: +385 (0)40 384 888
Fax: +385 (0)40 384 316 • e-mail: jelen@jelen.hr

PRODAJA OBUĆE / Tel: +385 (0)40 384 868
Fax: +385 (0)40 384 316 • e-mail: prodaja@jelen.hr

U SKLOPU EU PROJEKTA ISPORUČEN ZADNJI VLAK ZA GRADSKO-PRIGRADSKI PRIJEVOZ

Tekst i slike: HŽ Putnički prijevoz

U sklopu projekta Obnova vozognog parka HŽ Putničkog prijevoza novim elektromotornim vlakovima, koji se sufinancira iz Operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2014. – 2020., u promet je pušteno svih 11 elektromotornih vlakova za gradsko-prigradski prijevoz. Prvi vlakovi za gradsko-prigradski prijevoz u promet su pušteni u prosincu 2022. godine.

Elektromotorni vlakovi za gradsko-prigradski prijevoz, koje je proizvela tvrtka KONČAR – Električna vozila, postižu brzinu do 160 km/h. Vlakovi su četverodijelne niskopodne kompozicije opremljene rampama za ulazak i izlazak osoba u invalidskim kolicima i prostorom za bicikle, a kompletan putnički prostor je pod videonadzorom. Gradsko-prigradski vlakovi imaju 8 vrata na svakoj strani vlaka, sjedala su izvedena većinom kao jednosjedi, a imaju kapacitet od 130 sjedećih i 385 stajačih mjesta. Uz vizualne i audionajave kolodvora i stajališta, putnicima u vlaku omogućen je besplatan pristup internetu (WiFi). Duljina vlaka iznosi 75 m, a u prometu je moguće spajanje dva do tri vlaka čime je osiguran veći kapacitet. Pomoću sustava rekuperativnog kočenja omogućena je proizvodnja električne energije za napajanje vlaka, pri čemu se višak energije vraća u kontaktну mrežu. Rekuperativnim kočenjem ostvaruje se povrat električne energije od oko 26 % od ukupno preuzete energije iz mreže, čime se postiže veća energetska učinkovitost.

Ukupna procijenjena vrijednost projekta Obnova vozognog parka HŽ Putničkog prijevoza novim elektromotornim vlakovima iznosi 171.725.103,72 EUR/1.293.862.793,99 kuna, a EU potpora 116.840.464,13 EUR/880.334.477,00 kuna. S obzirom da je u sklopu projekta predvidena isporuka 11 vlakova za gradsko-prigradski i 10 vlakova za regionalni prijevoz, nastavlja se proizvodnja regionalnih vlakova koji će voziti na elektrificiranim prugama u RH, odnosno relacijama Zagreb – Novska – Vinkovci – Tovarnik, Zagreb – Sisak – Novska, Zagreb – Koprivnica, Zagreb – Karlovac – Ogulin – Rijeka, Vinkovci – Vukovar i Zagreb – Zabok. U drugoj polovici srpnja u prometu će biti prvi vlak za regionalni prijevoz.

Projekt nabave novih vlakova u skladu je s ciljevima Strategije prometnog razvoja Republike Hrvatske 2017. – 2030. te Europskoga zelenog plana kojim Europska unija želi potaknuti građane na učestalije korištenje željezničkog prijevoza kao ekološki najučinkovitijeg i cjenovno najpristupačnijeg oblika prijevoza.

Novi vozni park HŽPP-a znatno će unaprijediti kvalitetu usluge i ostvariti doprinos u smanjenju onečišćenja okoliša.

Uz niže operativne troškove i mogućnost povećanja frekvencije vožnji, građanima diljem Hrvatske bit će omogućen znatno pouzdaniji, udobniji i učinkovitiji željeznički prijevoz.

Nabavom novih vlakova unaprjeđuje se gradska i regionalna povezanost i mobilnost čime se osigurava učinkovitiji i konkurenčniji željeznički putnički prijevoz koji ujedno doprinosi održivosti prometnog sustava u Republici Hrvatskoj.



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Kohezijskog fonda.

U PROMETU PRVI REGIONALNI VLAK

Tekst i slike: HŽ Putnički prijevoz

Dana 18. srpnja u promet je pušten prvi elektromotorni vlak za regionalni prijevoz proizведен u sklopu projekta Obnova vozog parka HŽ Putničkog prijevoza novim elektromotornim vlakovima.



Vlak je vozio na relaciji Zagreb – Sisak – Zagreb, a na prvoj vožnji bili su nazočni ministar regionalnog razvoja i fondova Europske unije **Šime Erlić**, državni tajnik za željeznicu dr. sc. **Alen Gospočić** iz Ministarstva mra, prometa i infrastrukture, predsjednik Uprave KONČAR Elektroindustrije **Gordan Kolač** i predsjednik Uprave HŽ Putničkog prijevoza **Željko Ukić**.

Projekt se u 85 %-tnom iznosu sufincira iz Operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2014. – 2020. Ukupna procijenjena vrijednost projekta iznosi 171.725.103,72 EUR/1.293.862.793,99 kuna, a EU potpora 116.840.464,13 EUR/880.334.477,00 kuna.

Nakon vožnje ministar Erlić rekao je:

- Bilo je jako ugodno i izvanredno iskušto vožnje vlakom koji je ujedno i hrvatski proizvod; 40-ak minuta vrlo udobne vožnje, brzina oko 140 km/h. Ovo je jedna pozitivna priča koja je financirana eu-

ropskim fondovima kroz veliki strateški državni projekt nabave 21 elektromotornog vlaka, dakle vlakova koji osim što su dobar i siguran vid prijevoza, doprinose i smanjenju onečišćenja okoliša. Trebamo ih nastaviti nabavljati sredstvima iz europskih fondova koja su nam na raspolaganju, a ona su u sljedećem finansijskom razdoblju najizdašnija do sada. Ulagat će se u pruge i vlakove. Ovo je hvalevrijedan primjer kvalitetne frekventne linije Zagreb – Sisak koja osim što pospješuje i povećava broj korisnika željezničkog prijevoza, omogućava i daljnji razvoj Siska i Sisačko-moslavačke županije. Nama je bitno da sredstva iz EU fondova snažno usmjerimo na željeznicu i da sljedeće desetljeće obilježi ulaganje u željeznicu, kao što je prethodno razdoblje obilježilo ulaganje u cestovni promet.

HŽPP ovim projektom modernizira svoj vozni park 21 novim elektromotornim vlakom. Isporučeno je svih 11 vlakova za gradsko-prigradski prijevoz. Nakon da-

našnjeg puštanja u promet prvog vlaka za regionalni prijevoz bit će isporučeno još 9 regionalnih vlakova koji će voziti na elektrificiranim prugama u RH, odnosno relacijama od Zagreba prema Sisku, Novskoj, Vinkovcima, Koprivnici, Zaboku, Karlovcu, Ogulinu i Rijeci te relaciji Vinkovci – Vukovar. Svi vlakovi trebali bi biti isporučeni do travnja 2024. godine.

Spomenuvši ulaganja u željezničku infrastrukturu i vlakove, državni tajnik Gospočić istaknuo je:

- Trenutačno se provode veliki infrastrukturni projekti i nabava novih vlakova. Provode se projekti na pružnim dionicama po cijeloj Republici Hrvatskoj koji su u različitim fazama, a od sljedeće godine ide se u snažnu obnovu lokalnih i regionalnih pruga. Uz ulaganja u pruge, ovakvi vlakovi najnovije generacije obilježiti će razdoblje pred nama. Ovim vlakovima pružamo komfor i udobnost putovanja. HŽ Putničkom prijevozu bit će isporučeno još 9 ovakvih vlakova te 7 novih niskopodnih dizel-električnih i dva baterijska vlaka do sredine 2025. godine. Tada će na prugama biti 70 novih vlakova, a do kraja ovog strateškog razdoblja koje planiramo do 2032. obnovit ćemo gotovo kompletan vozni park HŽPP-a, odnosno na prugama će biti oko 130 novih vlakova.

Vlak je proizведен u tvornici KONČAR – Elektičnih vozila. O važnosti ovog projekta govorio je i predsjednik Uprave KONČAR – Elektroindustrije Gordan Kolač:

- Uz zadovoljstvo na još jednoj uspješnoj isporuci za HŽPP, u sklopu ovoga važnog projekta posebno me veseli što prvi novi elektromotorni vlak za regionalni prijevoz iz ovog ugovora stiže upravo u Sisak. Zajednica koju čine Grad Sisak i okolna mjesta suočila se sa zaista brojnim izazovima, kako u prošlosti, tako i u ovom recentnijem razdoblju, zbog čega doprinos stvaranju ugodnije svakodnevice i veće kvalitete života svih putnika iz ove županije, koji ponajviše putuju upravo vlakom,



posebno raduje. Kao regionalni lider u proizvodnji tračničkih vozila i tvrtka koja svoje proizvode i rješenja temelji isključivo na vlastitim znanjima i domaćem kadru, uložili smo velik trud da ovaj visokoteknološki hrvatski proizvod dovedemo na zavidnu razinu, a vrijedno je istaknuti i kako u ovom složenom proizvodu participiraju i poduzeća iz Sisačko-moslavačke županije, konkretno, čelične konstrukcije proizvode se upravo u Sisku.

Predsjednik Uprave HŽPP-a Ukić istaknuo je prednosti novih vlakova:
- Nabavom novih elektromotornih vlakova unapređuje se kvaliteta prijevozne usluge, pouzdanost i raspoloživost vozila uz mnogo niže operativne troškove i mogućnost povećanja frekvencije vlakova i broja putnika. Ovim vlakovima postiže se konkurentniji željeznički putnički prijevoz. Ovo je 52. novi vlak u našem voznom parku. Danas smo ovim vlakom

došli do Siska pa bih htio istaknuti da HŽPP u suradnji s Vladom RH od prosinca 2020. osigurava besplatan prijevoz na svim relacijama za stanovništvo Sisačko-moslavačke županije pogodeno potresom. Zbog velikog interesa putnika uz postojeća 32 vlaka koja povezuju ova dva grada, od prosinca ćemo uvesti i dodatne linije čime će povezanost biti još bolja.

Vlak je u kolodvoru Sisak dočekao sisačko-moslavački župan **Ivan Celjak** koji je tom prigodom istaknuo:

- Ovo je još jedan od projekata koji provodi Vlada RH putem Ministarstva prometa radi što kvalitetnije povezanosti Sisačko-moslavačke županije sa Zagrebačkom županijom. Prije 15-ak dana krenula je i sezonska linija od Vukovara do Splita preko Novske, Sunje i Siska, što znači da stanovnici Sisačko-moslavačke županije svaki dan mogu putovati do Splita i obrnuto. Od 12. mjeseca očekujemo dvije

linije brzog vlaka za Zagreb s tim da će vlak dolaziti u Zagreb prije početka radnog vremena i da će se vratiti u Sisak nakon završetka radnog vremena. To je vrlo značajno za moje sugrađane koji rade ili studiraju u Zagrebu. To znači da ćemo imati zaista sjajnu povezanost.

Cilj projekta je i poboljšanje lokalne i regionalne povezanosti i mobilnosti, kao i osiguranje učinkovitijeg i konkurentnijeg željezničkoga putničkog prijevoza koji će ujedno doprinijeti održivosti prometnog sustava u Republici Hrvatskoj.

Tehničke značajke elektromotornih vlakova za regionalni prijevoz

Vlakovi koje proizvodi KONČAR – Električna vozila postižu brzinu do 160 km/h. Vlakovi su četverodijelne niskopodne kompozicije opremljene rampama za ulazak i izlazak osoba u invalidskim kolicima i prostorom za bicikle, a kompletan putnički prostor je pod video nadzorom. Regionalni vlakovi imaju 4 vrata na svakoj strani vlaka, sjedala su izvedena većinom kao dvosjedi, a imaju kapacitet od 209 sjedećih i 222 stajača mjesta. Uz vizualne i audionajave kolodvora i stajališta, putnicima u vlaku omogućen je besplatan pristup internetu (WiFi). Duljina vlaka iznosi 75 m, a u prometu je moguće spašjanje dva do tri vlaka čime se osigurava veći kapacitet. Pomoću sustava reku-perativnog kočenja omogućena je proizvodnja električne energije za napajanje vlaka, pri čemu se višak energije vraća u kontaktну mrežu. Reku-perativnim kočenjem ostvaruje se povrat električne energije od oko 26 % od ukupno preuzete energije iz mreže, čime se postiže veća energetska učinkovitost.

OBAVIJEŠT O STIPENDIRANJU STUDENATA

HŽ Putnički prijevoz d.o.o. raspisao javni natječaj za dodjelu stipendija redovitim studentima željezničkog smjera Fakulteta prometnih znanosti

Stipendije su namijenjene redovitim studentima treće godine prijediplomskog i obje godine diplomskog studija željezničkog smjera na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. HŽ Putnički prijevoz d.o.o. u akademskoj godini 2023./2024. stipendirat će tri (3) studenta iz područja željezničkog prometa.

Prijave se mogu podnijeti do 1. studenoga 2023.

Više o javnom natječaju za dodjelu stipendija može se pronaći na poveznici: <https://www.hzpp.hr/javni-natjecaj-5>.

HŽ Infrastruktura d.o.o. raspisala javni natječaj za dodjelu stipendija redovitim studentima željezničkog smjera Fakulteta prometnih znanosti

Stipendije su namijenjene redovitim studentima treće godine prijediplomskog i obje godine diplomskog studija željezničkog smjera na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. HŽ Infrastruktura d.o.o. u akademskoj godini 2023./2024. stipendirat će pet (5) studenata iz područja željezničkog prometa.

Rok za prijavu na natječaj je do 15. listopada 2023. godine.

Više o javnom natječaju za dodjelu stipendija može se pronaći na poveznici <https://www.hzinfra.hr/natjecaj-za-dodjelu-stipendija-hz-infrastrukture-d-o-o-redovitim-studentima-za-akademsku-godinu-2023-2024/>.

RADIO DISPEČERSKI UREĐAJ LOKOMOTIVSKI S UPRAVLJAČKOM JEDINICOM

RADIO DISPEČERSKI UREĐAJ
VS87



Verzija 3U x 19" x 295 mm

NOVO!
MANJE DIMENZIJE!
NIŽA CIJENA!

DUAL MODE
ANALOG
GSM - R

24V / 48V / 72 -110V



Verzija 6U x 10" x 295 mm

UPRAVLJAČKA JEDINICA
V087



Višejezično sučelje (CRO, SLO, SRB, ENG ...)
Automatska kontrola pozadinske rasvjete
Extra široki vidni kut (85° u svim smjerovima)

VIŠEPOJASNA ANTENA
VA56



160 MHz / 450 MHz / GSM-R / GNSS
Niskoprofilna - visina 224 mm, promjer 388 mm

BAZNA RADIO STANICA
ZR47S



Pružna radijska postaja za 450 MHz Duplex
radiodispečerski sustav (UIC 751-3)
Jednostavni odabir TX frekvencije (A/B/C)
i nivoa prigušenja šuma (Squelch 1-7)
Dijagnostički panel (LED + signali)

OVLAŠTENI ZASTUPNIK TVRTKE  **T-CZ**, as ZA REPUBLIKU HRVATSKU



A. Šenoe 69, Vugrovec, 10360 Sesvete, Zagreb - Hrvatska
Tel.: +385 1 20 51 400; e-mail: elektrokem@elektrokem.hr

www.elektrokem.hr



ODRŽAN ZAVRŠNI SASTANAK EU-ova PROJEKTA RAIL-ing NETWORK

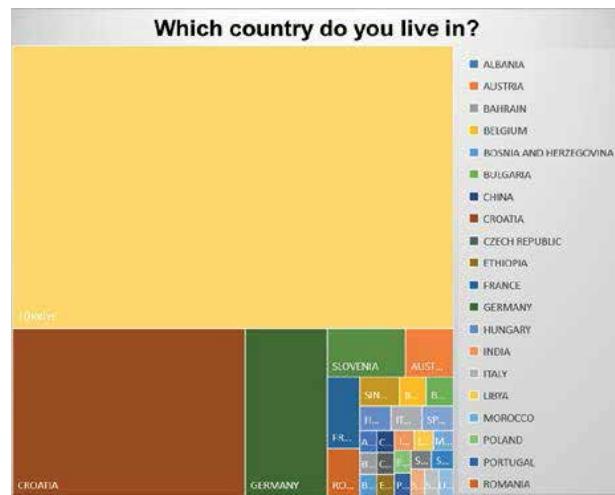
Tekst i slike: Snježana Krznarić



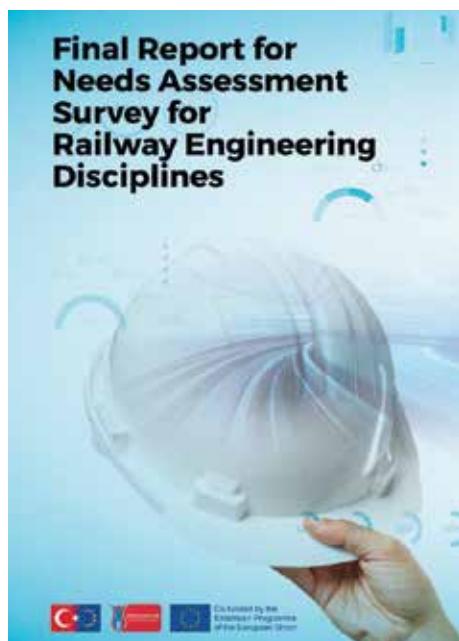
Nakon održanog završnog sastanka, međunarodni projekt Rail-Ing Network – Vocational Network for Railway Engineers 2021-1-TR01-KA210-VET-000034546 financiranom iz programa Erasmus+ priveden je kraju. Vodeći partner u projektu je tursko društvo željezničkih inženjera DEMÜHDER, dok su njemačka tvrtka AEbt Certifer i naše društvo HDŽI prateći partneri. Zajednička suradnja najviše je utjecala za razvoj inženjerske struke u željezničkome sustavu i željezničkoj tehnologiji te su u tome smjeru bila održena zadana stručna događanja.

Završni sastanak partnera bio je održan 2. i 3. kolovoza 2023. u Istanbulu, a glavna tema sastanka bila je zaključivanje svih dosad održenih projektnih aktivnosti, prihvatanje projektnih isporučevina te pokretanje zatvaranja projekta.

Zadani osnovni cilj projekta bio je implementacija međunarodnih strategija za postupak certificiranja željezničkih inženjera i uspostava međunarodne mreže u području željezničkog inženjerstva. U tome smislu provedena je anketa među inženjerima zaposlenima u željezničko-



Slika 2. Sudionici provedene ankete, izvor: [All Project Outputs – Rail Ing Network Project]



Slika 1. Završno izvješće analize ankete, izvor: [<https://www.railingnetwork.com/wp-content/uploads/2023/07/Survey-Report-En.pdf>]

me sektoru te je na temelju analiza rezultata izrađen dokument koji obuhvaća procjene potreba za usavršavanje željezničkih inženjera *Final report for Needs Assessment Survey for railway engineering Disciplines*. Dokument se može pronaći na službenoj stranici Projekta: <https://www.railingnetwork.com/>.

Anketa je obuhvatila 517 sudionika: 63 % turskih inženjera, 20 % hrvatskih inženjera, sedam posto njemačkih inženjera, dva posto slovenskih inženjera te osam posto inženjera iz ostalih država.

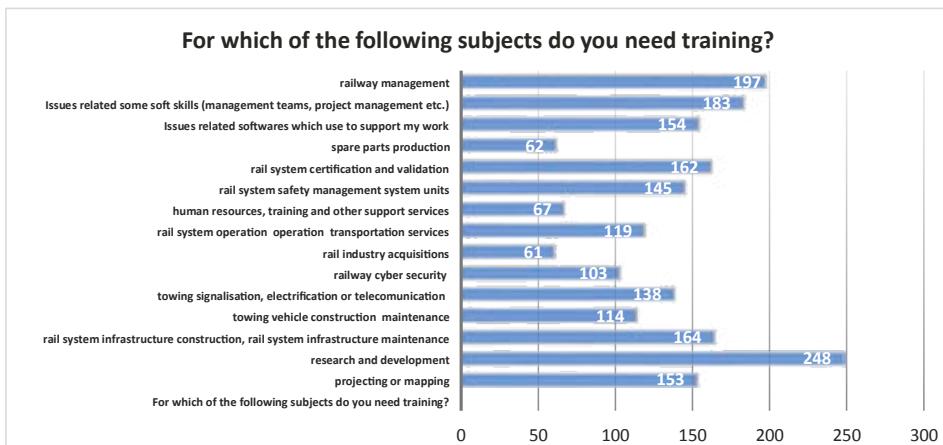
Najveći broj ispitanika činili su stručnjaci s više od 21 godinom iskustva i stručnjaci koji rade u javnim željezničkim institucijama i organizacijama. Jedna serija pitanja odnosila se samo na edukaciju, odnosno

na trenutačne razine kvalifikacija te potrebe za dodatnim usavršavanjem iz koje je proizшло to da inženjeri izražavaju veliku potrebu za pokretanjem novih programa osposobljavanja kako bi povećali razinu učinkovitosti u profesionalnome i svakodnevnome životu. Na slici 3. može se uočiti kako je najveća potreba za usavršavanjem u području razvoja i istraživanja te željezničkog menadžmenta.

Na temelju ankete dobivene su smjernice za razvoj obrazovanih sadržaja, kako u cijeloživotnom tako i u sveučilišnom obrazovanju

pojedinca. Korištenjem podataka iz ankete tursko društvo izradilo je Strategiju za akreditaciju društva te za organizaciju certifikacije njihovih inženjera uz suglasnost Saveza europskih društava željezničkih inženjera (UEEIV) koja se može pronaći na službenoj stranici Projekta: <https://www.railingnetwork.com/wp-content/uploads/2023/07/strategy-2023-2029-En.pdf>.

Dosadašnje 30 godišnje iskustvo HDŽI-a pokazalo se izuzetno važnim u radu na ovom projektu, što su turski kolege iskoristile za brojna pitanja i savjete poglavito vezane za certifikacijski proces. S druge strane, članovi projektnog tima HDŽI-a bili su impresionirani podrškom koju tursko inženjersko društvo DEMÜHDER uživa od turskih državnih željeznicu TCDD-a, gdje



su prepoznati i tretirani kao avangardna struktura te aktivni sudionici i nositelj mnogih modernizacijskih aktivnosti.

Rad na ovom projektu bio je izuzetno važan za jačanje kapaciteta HDŽI-a, obzirom da takvih iskustava prije nije bilo.

Osim toga, detaljnije upoznavanje s radom i aktivnostima jednog tako velikog strukovnog inženjerskog društva kao što je DEMÜHDER, predstavlja veliku privilégiju i iskustvo koje treba upotrijebiti u daljnji programski i organizacijski razvoj HDŽI-a.

Slika 3. Prijedlog potreba sudionika za usavršavanjem, izvor: [All Project Outputs – Rail Ing Network Project]



Utirjamo modro pot



Sledite nam

sz-zgp.si



ODRŽANA SJEDNICA PROGRAMSKOG VIJEĆA I SASTANAK S POVJERENICIMA HDŽI-a

Tekst i slike: Janica Pezelj i Tomislav Prpić

Dana 2. rujna 2023. održan je redoviti sastanak članova Programskog vijeća, Nadzornog odbora i povjerenika HDŽI-a. Dnevni rad započeo je sjednicom Programskog vijeća. Ključna tema sjednice bilo je polugodišnje izvješće o stanju financija i realizaciji programske aktivnosti Društva. Uz to cilj je bio informiranje Nadzornog odbora o istome, a na kraju održana je i rasprava s povjerenicima o dosadašnjemu radu i novim idejama koje bi mogle biti implementirane u ovogodišnji program rada ili u onaj koji će tek biti donesen za 2024.



Slika 1. Sjednica

Nakon protokolarnih i uobičajenih točaka dnevnog reda Predsjednik i Izvršni potpredsjednik Društva informirali su načnike o provedbi Financijskog plana za 2023. godinu, analizirajući svaku stavku prihodovnoga i rashodovnoga dijela plana. Zaključeno je da su planirani godišnji prihodi na šestomjesečnoj razini dosegli 60 posto ostvarenja, što je ocijenjeno kao vrlo dobar rezultat. Prihode najvećim dijelom čine prihodi od članarina podupirućih članova te prihodi od usluga koji se najviše baziraju na oglašavanju u stručnom časopisu „Željeznice 21“ i zato je uspjeh utoliko veći jer je početkom 2023. u cijelosti ustrojen nov sustav oglašavanja koji je polučio izvrsne rezultate. Dokaz tome je zadržavanje dosadašnjih oglašivača i pridobivanje novih, što svjedoči u prilog tomu da je sustav ustrojen u skladu s pravilima struke i očekivanjima oglašivača.

Rashodovna strana Financijskog plana za 2023. također je ocijenjena kao vrlo povoljna, jer je na razini razdoblja I. – VI. realizirano tek 34 posto planiranih troš-

kova, što daje dobru perspektivu za razdoblje do kraja godine.

Nakon analize financija sudionicima sastanka prezentiran je Program rada za 2023. što ga je donio Sabor HDŽI-a te je Predsjednik ukratko izvjestio o statusu svakoga planiranog projekta. Tako su sudionici informirani o službenome uspješnom završetku EU-ova projekta RAIL-ING NETWORK, koji je ujedno bio prvi projekt financiran iz EU-ovih fondova u kojem je HDŽI sudjelovao. Taj je projekt bio posebno važan za Društvo, osobito u stjecanju iskustva, ali i za testiranje kapaciteta organizacije.

U sklopu izlaganja najavljen je i završetak drugoga projekta u kojem Društvo sudjeluje, projekta GreenDesign4 Future, koji će biti okončan početkom studenoga ove godine. Osim spomenutih projekta Izvršni potpredsjednik izvjestio je i o izlasku monografije „150 godina pruge Karlovac – Rijeka 1873. – 2023.“, koja je prije desetak dana otisnuta, a čija promocija tek slijedi, te o planiranoj izložbi fotogra-

fija na istu temu, a koja će biti održana u suradnji sa Zavičajnim muzejom Grada Ogulina u studenome 2023.

U nizu aktualnih i planiranih aktivnosti naznačeni su informirani i o pripremi Konferencije o alternativnim pogonima željezničkih vozila koju je HDŽI organizirao zajedno s Hrvatskom udrugom za vodik i pod pokroviteljstvom Ministarstva mra, prometa i infrastrukture. Nakon analize aktivnosti koje su uspješno završene ili su u tijeku Predsjednik Društva je s povjerenicima otvorio raspravu o stanju na terenu te o preferencijama članstva.

U razgovoru došlo se do zaključka kako postoji potreba za organizacijom stručnih ekskurzija te da bi i takve aktivnosti trebalo uključiti u program rada Društva. Rukovodstvo je tu ideju pozdravilo te podsjetilo na to da sve inicijative te vrste imaju podršku kroz važeći Naputak o organiziraju stručnih ekskurzija i izleta članova HDŽI-a, koji je posljednje izmijene imao 2020. godine.

Nakon sastanka sudioniku su nastavili neslužbeno druženje koje je također pružilo priliku za razmjenu brojnih ideja i iskustava, čemu ovakav način druženja u biti i služi.



Slika 2. Vođenje sjednice

IZUZETAN INTERES ZA KONFERENCIJU O ALTERNATIVnim POGONIMA ZA ŽELJEZNIČKA VOZILA

Tekst: Tomislav Prpić

Slike: Toma Bačić

Hrvatsko društvo željezničkih inženjera u suradnji s Hrvatskom udrugom za vodik i pod pokroviteljstvom Ministarstva mora, prometa i infrastrukture 21. rujna 2023. organiziralo je Konferenciju o alternativnim pogonima željezničkih vozila. Konferencija je održana u kongresnoj dvorani Ministarstva mora, prometa i infrastrukture u Zagrebu, na Prisavlju, a sudjelovalo je preko 150 sudionika.

Primarni motiv za organizaciju konferencije proizašao je iz Europskog zelenog plana Europske komisije, koja je dekarbonizaciju i ublažavanje klimatskih promjena postavila na vrh svojih političkih prioriteta. Kako prometni sektor sudjeluje s gotovo 30 posto emisija stakleničkih plinova u EU-u, evidentno je kako unutar njega postoje velike mogućnosti za smanjenje tog udjela. Te mogućnosti ponajprije treba tražiti u snažnijoj afirmaciji željezničkog prometa, koji može u znatnoj mjeri doprinijeti dekarbonizaciji i ublažavanju klimatskih promjena, ali i ostvarivanju drugih sveobuhvatnih prioritetnih politika EU-a.

U tom smislu željezница budućnosti nameće se kao vodeći vid kopnenog prijevoza, a da bi se to ostvarilo, traže se rješenja u modernizaciji željezničke infrastrukture, poglavito podizanjem brzina na prugama i njihovom elektrifikacijom, a gdje to nije moguće ili isplativo, u primjeni vozila na alternativne pogone. U skladu s time cilj ove konferencije bio je predstaviti moguće koncepte i trendove u primjeni najnovijih tehnologija u željezničkom sektoru pred kojima je puna afirmacija u narednom razdoblju, a organizatori su na konferenciji željeli okupiti stručnjake iz željezničkog i gospodarskog sektora Hrvatske i Europe, predstavnike i dužnosnike nadležnih ministarstava, predstavnike agencija vezanih uz finansiranje iz EU-ovih fondova te akademsku zajednicu koja se bavi željezničkim pogonskim i vodikovim tehnologijama.

Konferencija je počela pozdravnim govorima predstavnika organizatora, pokrovitelja te Ministarstva gospodarstva i regionalnog razvoja. Skupu su se obratili Goran Horvat, predsjednik Hrvatskog



Slika 1. Sudionici konferencije

društva željezničkih inženjera, dr. sc. Frano Barbir, prof. emer., predsjednik Hrvatske udruge za vodik, Vjekoslav Jukić, načelnik Sektora za energetsku politiku i planiranje u Ministarstvu gospodarstva i regionalnog razvoja te Jasna Divić, ravnateljica Uprave za željezničku infrastrukturu i promet u Ministarstvu mora, prometa i infrastrukture.

Poslije pozdravnih govora započeo je blok predavanja koji je otvorila dr. sc. Ankica Kovač, izv. prof. s Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Profesorica Kovač govorila je o zelenoj energetskoj revoluciji i važnosti vodika u postizanju njenih ciljeva te se ukratko osvrnula na potencijal vodika i legislativno uporište za njegovu primjenu u europskim strateškim dokumentima. Neizostavno je bilo spomenuti i kada je situacija u vezi s tim u RH te gdje postoji prostor za unaprijeđenje njegove veće primjene u nas. U izlaganju je spomenuta Hrvatska strategija za vodik, koja

se oslanja na EU-ovu strategiju za vodik, te prilike i izazovi s kojima se treba suočiti kako bi njegova primjena postala veća i operabilnija.

Druge izlaganja održao je dr. sc. Mladen Nikšić, prof. s Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, koji je analizirao alternative tradicionalnim pogonima za željeznička vozila. Profesor Nikšić na vrlo je pregledan način prikazao prednosti i mane svih primjenjivih pogonskih sustava za željeznička vozila. Predavanje je zaključio podatkom da su među alternativnim pogonima željezničkih vozila hibridni elektrobaterijski vlakovi trenutačno najzastupljeniji u eksploataciji uz činjenicu da baterije predstavljaju ograničavajući faktor, iako se baterijska tehnologija neprestano razvija u vidu kapaciteta i sigurnosti. Vlakovi pogonjeni vodikom imaju veći domet, no njihova veća primjena iziskuje rješavanje brojnih nepoznatih u vezi s proizvodnjom, distribucijom i skladištenjem vodika.



Slika 2. Jasna Divić



Slika 3. Goran Horvat



Slika 4. Josip Ninić

Mario Šimić iz HŽ Putničkog prijevoza predstavio je tvrtku iz koje dolazi te sudionike upoznao sa strukturom i planovima za razvoj vozognog parka jedinog hrvatskog željezničkog putničkog prijevoznika. U svom izlaganju istaknuo je da HŽPP-u jedan od većih problema predstavljaju neelektrificirane pruge na kojima sada voze dizel-motorni vlakovi koji su stari i po 40 godina. Naveo je kako HŽPP od 2014. aktivno obnavlja svoj vozni park najvećim dijelom nabavljajući elektromotorne vlakove za regionalni i gradsko-prigradski prijevoz. Međutim, zbog starosti i dotrajalosti postojećih dizel-motornih vlakova, od 2016. nabavljuju se i niskopodni dizel-motorni vlakovi serije 7 023 u cilju da ih do 2025. bude u prometu ukupno dvanaest. Uz navedene dizelske vlakove, HŽPP namjerava nabaviti i četiri hibridna elektrobaterijska vlaka te četiri potpuno baterijska vlaka do 2027.

Nakon predstavnika HŽPP-a prezentaciju je održao Aivars Starikovs iz udruženja Hydrogen Europe, govoreći o primjeni željezničkih vodikovih vozila na europskom tržištu. Predstavio je trenutačno dostupne vlakove nekoliko renomiranih proizvodača i planove pojedinih europskih željezničkih prijevoznika za nabavu vlakova te vrste. Starikovs je na kraju svog izlaganja naveo i neke izazove u primjeni vodika kao goriva za pogon željezničkih vozila. To se odnosi na dostupnost vodika i njegovu cijenu, financiranje vlakova na vodik kao i vrijeme njihove isporuke.

Slijedeći blok predavanja bio je namijenjen izlagačima iz željezničke industrije. Prvi izlagač bio je Josip Ninić, predsjed-



Slika 5. Đurica Mišin

nik Uprave Končar-Električnih vozila, koji je sudionike konferencije upoznao s portfeljem kompanije i proizvodnim planovima. Končar-Električna vozila nastoje pratiti događanja i potrebe na domaćem željezničkom tržištu, stoga su razvoj i proizvodnju željezničkih vozila najviše prilagodili potrebama nacionalnog željezničkog putničkog prijevoznika, koji je u ovom trenutku i najveći kupac. U tom je smislu i razvijen Končarov niskopodni vlak baziran na zajedničkoj platformi, dok su energetsko-pogonski uredaji promjenjivi i prilagodljivi, ovisno o pogonskoj vrsti vlaka. Tako na istoj platformi niskopodnog vlaka Končar proizvodi elektromotorne i dizel-motorne vlakove, a u proizvodnji su elektrobaterijski i potpuno baterijski električni vlakovi koji će biti isporučeni HŽPP-u. Osim o tim vlakovima sudionici konferencije mogli su čuti kako je Končar razvio i punjače za punjenje ba-



Slika 6. Dvorana



Slika 7. Sudionici konferencije

terija te da radi na razvoju vlaka na vodičov pogon.

Bruno Gabud iz kompanije Siemens Mobility govorio je o razvoju Siemensovih vlakova s alternativnim pogonima te spomenuo kako je prvi elektrobaterijski vlak tipa Desiro ML Cityjet eco proizведен još 2017. i počeo prometovati prugama Austrijskih saveznih željeznica godinu dana poslije. Već 2020. na prugama se mogao vidjeti nasljednik ovog vlaka pod komer-

cijalnim imenom Mireo Plus B, na čijoj je platformi razvijen i Mireo Plus H pogonjen vodikom. Bilo je zanimljivo vidjeti rezultate simulacije vožnje vlaka Mireo Plus H između Zagreba i Splita, bazirane na elementima vozognog reda vlakova br. 521 i 522. Prema simulacijskim izračunima, u smjeru prema Splitu postignuto je skraćenje vozognog vremena od 16 minuta, a prema Zagrebu 23 minute, dok bi domet vlaka s jednim punjenjem iznosio između 700 i 800 kilometara.

Đurica Mišin iz Alstoma održao je posljednje predavanje konferencije i predstavio portfelj kompanije te prikazao Alstomova dostignuća na području vlakova pogonjenih vodikom. Naime, Alstomov vlak na vodikov pogon komercijalnog imena Coradia iLint od 2018., kada je proizveden, prošao je brojne ispitne vožnje u različitim europskim zemljama, a u Njemačkoj su kod jednog privatnog prijevoznika dva vlaka u redovitoj uporabi. Prije otprilike godinu dana Coradia iLint na jednoj je željezničkoj dionici između južne i sjeverne Njemačke s jednim punjenjem vodika uspio prijeći 1175 kilometara, što je vrlo respektabilan rezultat. Da se Alstom ne namjerava usredotočiti samo na europsko željezničko tržište, potvrđuje i činjenica da je taj vlak u prometu od lipnja ove godine i na području Kanade.

Završetkom posljednjeg predavanja konferencija je završena, a za sve sudionike bio je organiziran domjenak. Prema posjećenosti i dojmovima brojnih sudionika, konferencija je bila izuzetno uspješna, što je dokaz organizatorima da stručna javnost treba i rado posjeće stručne skupove poput ovog.

Zadovoljstvo organizacijom iskazali su i partneri konferencije Končar i Alstom te sponzori Altpro, Messer Croatia plin i Toyota Hrvatska.

PODUPIRUĆI ČLANOVI HDŽI-a



edilon)(sedra



THALES

Plasser & Theurer

FRAUSCHER

kontron

KONČAR

SIEMENS

ALTPRO

ALSTOM

HŽ PUTNIČKI PRIJEVOZ



ERICSSON



**Tel
Agilus**



“Hey there, turnout!”

My team consists of 16 highly versatile tamping tines. They are happy to serve you anytime and in any working position. Our team of lifting and lining units supports them throughout the process. As a team, we handle heavy concrete tracks as well as long sleepers effortlessly. We get every job done! And once our shift is over, you can rest assured, your position will be ideal.

Technological wishes,
Your Unimat 08-4x4/4S



MACHINE

plassertheurer.com

"Plasser & Theurer", "Plasser" and "P&T" are internationally registered trademarks

ZA POSEBNE ŽELJE POSEBNI VLAKOVI

ODABERITE VLAK I
OTPUTUJTE NA IZLETE
KOJE ZA VAS
ORGANIZIRAMO TIJEKOM
CIJELE GODINE.



Više informacija na hzpp.hr