

STEFAN SREDOJEVIĆ*, BRANISLAV BOŠKOVIĆ**

SLIČNOSTI I RAZLIKE UPRAVLJANJA RIZIKOM I OTPORNOŠĆU U ŽELEZNIČKOM SISTEMU¹

SIMILARITIES AND DIFFERENCES BETWEEN RISK AND RESILIENCE MANAGEMENT IN RAILWAY SYSTEM

656.2+314/316:32/34

REZIME:

Proces evropskih integracija, otvaranje železničkog tržišta i uvođenje konkurencije operatora na železničkim mrežama evropskih država stvorio je brojne izazove i uveo nove pojmove u regulisanju železničkog sistema i njegove bezbednosti. Između ostalih, rizik i otpornost sistema i upravljanje istim predstavljaju nove i ogromne izazove za učesnike železničkog sektora. I dok je upravljanje rizikom prošlo prvu fazu regulacije i implementacije u praksi, upravljanje otpornošću je na samom početku uvođenja u železničke sisteme. U radu su objašnjeni osnovni pojmovi i predstavljeni razlozi za uvođenje koncepta upravljanja rizikom i otpornošću, kao i sam proces upravljanja rizikom i otpornošću. Takođe, objašnjene su sličnosti i razlike ova dva koncepta, zatim nedoumice u njihovom tumačenju i primeni koje dovode do čestog brkanja ova dva pojma u praksi uz poseban osvrt na železnicu.

Ključne reči: rizik, otpornost, upravljanje, bezbednost, železnica

SUMMARY:

The process of European integration and liberalisation of the railway market with competition of operators on the railway networks of European countries has produced numerous challenges and introduced new concepts in the regulation of the railway system and safety. Among other novelties, the concept of risk and concept of resilience and management of them represent new and huge challenges for participants in the railway sector. While risk management has gone through the first phase regulation and implementation in practice, resilience management is at the very beginning of its introduction into railway systems. The paper explains the basic concepts and presents the reasons for the introduction of the concepts of risk and resilience management, as well as the process of risk management and resilience management. Also, the similarities and differences of these two concepts are explained, as well as the doubts in their interpretation and implementation which make frequent confusion of these two terms in practice with special reference to the railway system.

Key words: risk, resilience, management, safety, railway

* Stefan Sredojević, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, stefansredojevic09@gmail.com

** Prof. dr Branislav Bošković, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, b.boskovic@sf.bg.ac.rs

¹ Rad je nastao na osnovu dela istraživanja u okviru master rada „Upravljanje rizikom i otpornošću u transportu opasne robe“ koji je Stefan Sredojević odbranio na Univerzitetu u Beogradu – Saobraćajni fakultet pod mentorstvom prof. dr Branislava Boškovića.

1. UVOD

Stvaranje jedinstvenog evropskog železničkog prostora (single European railway area – skrać. SERA) predstavlja osnovni postulat nove evropske železničke transportne politike. U njenoj osnovi su slobodno železničko tržište, konkurencija prevoznika (operatora) na mreži i izgradnja interoperabilne železničke mreže. Uvođenje tržišnih odnosa zahtevalo je preuređenje, odnosno restrukturiranje kompletnog železničkog sektora, kako dotadašnjih, vertikalno integrisanih², železničkih transportnih kompanija, tako i nadležnih državnih institucija i međusobnih odnosa. Ulazak novih (privatnih) železničkih operatora zahtevao je i uvođenje brojnih novih procedura i mehanizama koji do tada nisu postojali. U području upravljanja bezbednošću železničkog saobraćaja uveden je novi pristup koji je zasnovan na konceptu upravljanja rizikom i otpornošću [1].

Koncept upravljanja rizikom definiše proaktivan pristup u cilju sprečavanja pojave neželjenih događaja, dok se koncept otpornosti zasniva na izgradnji sposobnosti železničkog sistema koji će moći da se odupre, apsorbuje, prilagodi i brzo oporavi od poremećaja u sistemu. U današnjem svetu čija je osnovna karakteristika globalizacija, odakle proističu brojni izazovi i izloženost jednog železničkog sistema različitim poremećajima nastalim bilo pod uticajem okruženja ili tržišta i njegovih učesnika, upravljanje rizikom i otpornošću predstavljaju ključne faktore za održavanje stabilnosti železničkog sistema.

Značaj upravljanja rizikom i otpornošću još je veći ako imamo u vidu rastuću tražnju za transportom i međuzavisnost železničkih mreža na jedinstvenom železničkom prostoru Evrope. Poremećaji u železničkom saobraćaju i transportu izazvani spolja (primer COVID-19 ili poremećaji izazvani sve češćim ekstremnim klimatskim promenama) ili iznutra usled različitih otkaza sistema ili nesrećama, sve će više potencirati upravljanje rizikom i otpornošću.

S obzirom da se radi o novim pojmovima na železnici ovaj rad ima za cilj da da osnovna tumačenja pojmova i konceptata upravljanja rizikom i otpornošću na železnici, kao i osnovne sličnosti i razlike u tumačenju i primeni ovih pojmova uopšte i na železnici.

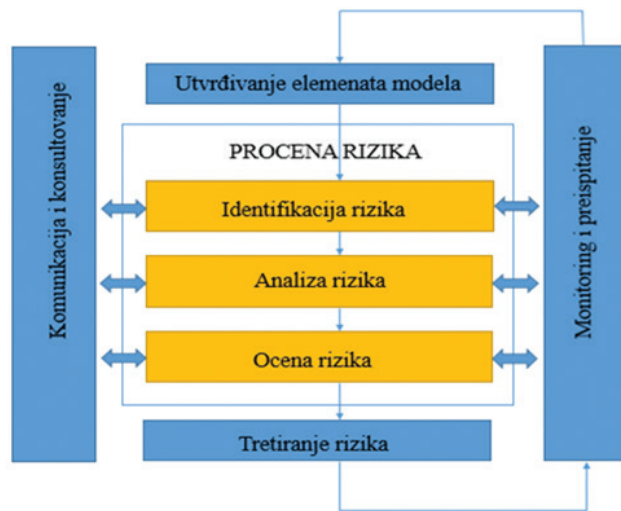
Strukturu rada čine poglavlje 2. u kojem je prikazana metodologija procene i upravljanja rizikom, poglavlje

3. u kojem je definisan pojam i procena otpornosti; poglavlje 4. prikazuje sličnosti i razlike između rizika i otpornosti; u poglavlju 5. predstavljen je koncept upravljanje bezbednosti u železničkom saobraćaju, dok su u poglavlju 6. dati zaključci rada.

2. POJAM, PROCENA I UPRAVLJANJE RIZIKOM

Većina ljudi voli sigurnost, ona ih ispunjava i čini spokojnim, ali apsolutna sigurnost ne postoji. Rizik se definiše kao mogućnost ostvarenja nepredviđenih i neželjenih posledica, odnosno trpljenja štete ili gubitaka. Rizik u sebi uključuje neizvesnost i opasnost kao dva osnovna elementa. Oksfordski rečnik definiše rizik kao “verovatnoću ili mogućnost nastanka opasnosti, gubitka, povrede ili druge štetne posledice”, odnosno kao “izloženost opasnosti” [2].

Prema standardu ISO 31000:2009 (International Organization for Standardization) rizik se definiše kao efekat neizvesnosti na poslovne ciljeve organizacije. To je efekat odstupanja od očekivanog ishoda nekog događaja koji može biti i u pozitivnom i u negativnom smeru [1]. Standard ISO 31000:2009³ je glavni standard u oblasti rizika koji daje opšta uputstva za implementaciju upravljanja rizikom u bilo kojoj organizaciji, za bilo koju vrstu rizika, bez obzira na njenu prirodu, na sistematičan, transparentan i verodostojan način i u okviru bilo kog okvira i konteksta. U njemu su definisani opšti principi, smernice, okvir i proces upravljanja rizikom (sl. 1) radi efektivnijeg ispunjenja planiranih ciljeva.



Slika 1. Algoritam upravljanja rizikom prema ISO standardu [2]

² U vertikalno integrisanom modelu organizacije železničkih kompanija funkcije upravljanja železničkom infrastrukturom i saobraćajem, operacije transporta robe i putnika, kao i upravljanje i održavanje železničkih vozila su organizovane kao interne celine u jednu (integrisanu) železničku kompaniju [3].

³ Ovaj standard je zapravo zasnovan na australijsko - novozelandskom standardu AS/NZ 4360:2004

Uopšteno govoreći, sledeća četiri osnovna elementa su potrebna da bi se rizik definisao kvalitativno i kvantitativno [1]:

- potencijalni uzrok opasnosti (ili uzroci kvara),
- opasnost,
- posledice,
- verovatnoća pojave.

Procena rizika omogućuje donosiocima odluka i odgovornim stranama bolje razumevanje rizika koji bi mogli uticati na postizanje ciljeva, kao i adekvatnost i efikasnost već uspostavljenih kontrola. Ona daje osnovu za izbor najboljeg pristupa koji će se koristiti za tretiranje rizika. Rezultat procene rizika je ulaz u procese donošenja odluka u organizaciji. Procena rizika je veoma subjektivan proces. Međutim, praćenjem određenih principa subjektivnost se može smanjiti na najmanji mogući nivo. Prema Zakonu o bezbednosti i zdravlju na radu [4] procena rizika jeste sistemsko evidentiranje i procenjivanje svih faktora u procesu rada koji mogu uzrokovati nastanak povrede na radu, oboljenja ili oštećenja zdravlja i utvrđivanje mogućnosti, odnosno načina sprečavanja, otklanjanja ili smanjenja rizika.

Procena rizika izloženosti određenim opasnostima je analitički proces kojim se identifikuju potencijalne opasnosti i posledice njihovih štetnih efekata, naročito po zdravlje ljudi. Iako su kvalitativne metode u prošlosti imale značajan doprinos u proceni rizika, ne umanjujući njihov značaj, treba napomenuti da se u poslednjih nekoliko godina težište procene rizika značajno pomerilo u pravcu kvantitativnih metoda. Ovu činjenicu najbolje ilustruje sve veća primena kvantitativnih metoda u kompanijama jer pružaju numeričke informacije koje su korisne u fazi planiranja, bilo strateškog ili operativnog.

Proces upravljanja rizikom obezbeđuje proaktivnu akciju za sprečavanje pojave neželjenih događaja. Proaktivno delovanje se zasniva na sistemskom i strukturisanom pristupu problemima, čija je svrha planiranje i predviđanje nastanka rizika, definisanje i usvajanje svih aktivnosti pomoću kojih se identifikovani rizici mogu kontrolisati na najbolji mogući način. U prošlosti, u mnogim oblastima, a posebno u transportu, postepeno poboljšanje bezbednosti bilo je posledica dragocenih iskustava i lekcija naučenih iz nesreća. Sprečavanje ponavljanja istih ili sličnih događaja regulisali su nadležni državni organi i vlada nareaktivna način, utvrđivanjem novih pravila ili normi kroz zakon ili podzakonskim aktima, kodeksom ili standardima. Razvoj metoda procene rizika i upravljanja rizikom omogućio je da se ove, po svojoj

suštini reaktivne, bezbednosne kontrole zamene savremenim proaktivnim i sistematskim pristupom upravljanja bezbednošću [2].

Upravljanje rizicima je važan aspekt naših života. Svi smo svakodnevno izloženi riziku i često upravljamo rizicima iako toga nismo ni svesni. Sve organizacije u obavljanju svojih delatnosti susreću se sa internim ili eksternim faktorima koji dovode do neizvesnosti da li i kada će biti ostvareni postavljani ciljevi. Sve aktivnosti organizacije uključuju i postojanje rizika. Organizacija (preduzeće) upravlja tim rizicima tako što ih identifikuje (šta može loše da se desi), analizira (koja je verovatnoća da se desi loš događaj) i vrši evaluaciju (procena posledica lošeg događaja ili ozbiljnosti) i donosi odluke o postupanju sa njima.

Koncept upravljanja rizikom se primenjuje i na železnici. Izgradnja bezbedne, moderne integrisane železničke mreže jedan je od glavnih prioriteta EU. Železnice moraju postati konkurentnije i ponuditi visokokvalitetne usluge od početne do krajnje tačke bez ograničenja nacionalnim granicama. Agencija Evropske unije za železnice (ERA) je osnovana da pomogne u stvaranju ove integrisane železničke mreže jačanjem bezbednosti i interoperabilnosti. ERA je objavila uredbu 352/2009/EC o donošenju zajedničke bezbednosne metode za vrednovanje i procenu rizika [5] kojom je propisan postupak upravljanja rizikom. U aneksu ove uredbe dat je (kompleksan) algoritam upravljanja rizikom. Prema ovoj uredbi upravljanje rizikom sastoji se iz tri dela koji obuhvataju različite elemente ovog procesa. Ovi delovi odnose se na:

1. ocenu rizika:
 - definicija sistema,
 - identifikacija i klasifikacija opasnosti,
 - evaluacija rizika i njegovo prihvatanje;
2. definisanje bezbednosnih zahteva i upravljanje opasnostima;
3. nezavisno ocenjivanje.

2.1. Kvantitativna procena rizika

Kvantitativna procena rizika polazi od osnovnog obrasca [6]:

$$R = P \times C$$

gde je:

- R - rizik,
- P - verovatnoća,
- C - posledica.

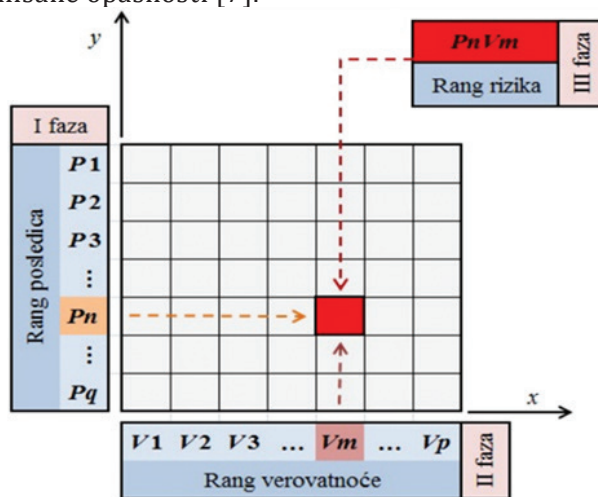
Potrebno je da oba faktora (verovatnoća i posledice) budu iskazana kao brojne vrednosti. U tom slučaju je i rezultujući rizik brojna vrednost, odnosno rizik je potpuno kvantifikovan. Verovatnoća događaja se uglavnom predstavlja kao njegova učestalost ili aktivnost, po jedinici vremena, dok su posledice predstavljene kao brojčani gubitak (finansijski, izgubljeni radni dani i sl.). Kvantitativna procena rizika predstavlja konačnu, tačnu brojnu vrednost rizika. Da bi se definisale verovatnoće i posledice kao brojne vrednosti neophodno je sprovesti dublje analize, posedovati odgovarajuće statističke podatke o akcidentima itd, što predstavlja suviše složen proces za masovnije primenu. Međutim, treba napomenuti da najnovija iskustva i preporuke razvijenih zemalja EU ukazuju na to da bi kvantitativnu procenu rizika trebalo uvesti gde god je to moguće i dati joj mnogo veći značaj i primenu nego što je to danas u praksi [6].

2.2. Kvalitativna procena rizika

Kvalitativne metode za procenu rizika baziraju se na ličnom iskustvu i rasuđivanju učesnika u timu za procenu rizika i/ili korišćenju raspoloživih kvalitativnih, nenumeričkih podataka. Ovakav pristup ne zahteva podatke o prethodnim štetnim događajima, uzrocima i posledicama, ali uslovljava da krajnji rezultat procene rizika bude opisno, kvalitativno iskazana veličina rizika (npr. visoki rizik, umereni rizik i sl.). Kvalitativni kriterijumi koriste sledeće reči: retko, neverovatno, moguće, verovatno ili skoro sigurno kako bi se opisala verovatnoća pojave neželjenog događaja. Za opisivanje veličine štete, odnosno posledica, koriste se reči kao što su kobne, ozbiljne, male ili zanemarljive (štete). U kvalitativnim metodama za procenu rizika najčešće se koriste subjektivni kriterijumi, koji se mere u kvalitativnim skalama. Procena je subjektivne prirode i zbog toga je podložna greškama. U praksi se najčešće koriste kvalitativne skale sa tri do sedam kvalitativna opisa, što zahteva izražen stručni pristup analizi potencijalnih opasnosti (šteti). Metode sa manje od tri kvalitativna opisa za faktore rizika ne mogu da daju pouzdane rezultate u proceni rizika, a sa više od sedam dovode do značajnih poteškoća povezanih sa nemogućnošću učesnika u timu za procenu rizika da preciznije prepoznaju kvalitativni opis faktora rizika.

Procena rizika kvalitativnom metodom podrazumeva korišćenje matrice rizika (sl. 2) za obradu kvalitativnih ocena. Zato se često u literaturi za

kvalitativne metode koristi naziv matrice metode ili modeli procene rizika. S obzirom da se kvalitativne metode predstavljaju lingvističkim opisom, neophodno je da se uspostavi adekvantna povezanost između ranga verovatnoće i ranga posledica. Matrica rizika ima za cilj grafičku interpretaciju procenjenih parametara, kako bi se na validan i racionalan način procenio rizik za prethodno definisane opasnosti [7].



Slika 2. Generalna konfiguracija matrice rizika [7]

Primena matrice metode za procenu rizika se odvija u tri faze:

- I faza - Rangiranje posledica određenog problema, obuhvata definisanje nivoa posledica preko kvalitativnih izraza (beznačajno, malo, umereno, veliko, katastrofalno), shodno vrsti problema za koji se vrši procena rizika.
- II faza - Rangiranje verovatnoće pojave posledica, podrazumeva definisanje verovatnoće pojave za svaku od definisanih posledica na bazi iskustvenih podataka, takođe u jezičkoj formi (retko, neverovatno, moguće, verovatno, skoro sigurno).
- III faza - Kvalitativna procena, odnosno rangiranje rizika, karakteriše ju rangiranje rizika na osnovu logičke povezanosti između verovatnoće nastanka opasnosti i posledica koje one mogu prouzrokovati. Definisanje ranga, odnosno nivoa rizika, vrši ekspert ili ekspertska grupa na bazi iskustva, znanja i empirijskih podataka.

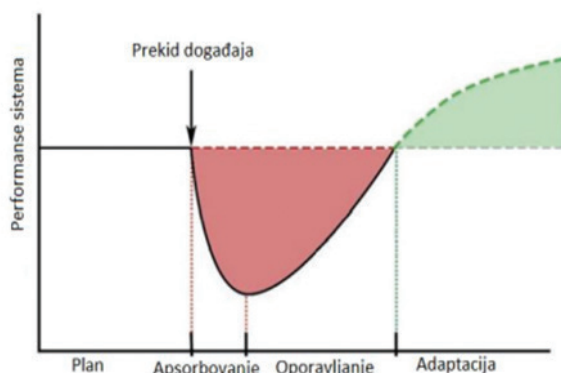
3. POJAM I PROCENA OTPORNOSTI

Velika ekonomska i društvena kriza iz 2008. godine su izbacili reč „otpornost“ na površinu i u nauci i u svakodnevici. Povećani interes za konceptom otpornosti proistekao je iz njegovog pristupa kojim se nastoje razviti mehanizmi i sposobnost nekog

sistema, kako bi se izborio sa iznenadnim velikim poremećajima. Još bliže, koncept otpornosti je razvijen sa namerom da rešava probleme (događaje) kod kojih je kontrola niska, a neizvesnost visoka. Kao najsvježiji primer ovakvih događaja predstavljaju klimatske promene poslednjih godina, a naročito 2021. godine, i povećanje cena gasa i drugih energenata u jesen 2021. Ovi poslednji događaji će, sasvim sigurno, dodatno povećati interesovanje za koncept otpornosti i njegovu primenu.

Reč otpornost u srpskom jeziku je nastala kao prevod engleske reči *resilire* koja opet potiče iz latinskog jezika (*re-sailire* – skočiti unazad) što ukazuje na to da otpornost ima značenje tendencije ili sposobnosti da se nešto vrati u početno stanje nakon deformacije ili uznemirenja, odnosno smetnje [8]. Relativno nova disciplina koja se bavi otpornošću kompleksnih tehničkih sistema se naziva Inženjerstvo otpornosti (*Resilience Engineering*). Inženjerstvo otpornosti je nova disciplina koju su razvili eksperti koji se bave bezbednošću kompleksnih sistema, a glavni fokus su joj sociotehnički sistemi, kao što su industrijska postrojenja, železnice, bolnice i slično [9].

Izveštaj Američke nacionalne akademije nauka o otpornosti na katastrofe za 2012. godinu opisuje otpornost kao sposobnost sistema da (i) planira i priprema se, (ii) upije ili apsorbuje, (iii) oporavi se i (iv) prilagođava se različitim poremećajima i pretnjama (sl. 3) [8]. U ovoj definiciji pojmovi prilagoditi i oporaviti se pripadaju konceptu otpornosti, dok pojmovi pretpostaviti (planirati), pripremiti, upiti i reagovati pripadaju konceptu rizika. Povećanje otpornosti sistema je zapravo neprestana aktivnost koja može inicirati i promene osnovnih funkcija kako bi se sistem mogao nositi sa pretnjama.



Slika 3. Faze otpornosti [10]

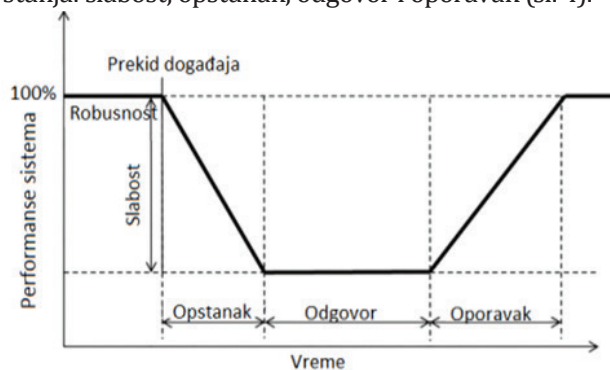
Ako je moguće, priprema sistema i apsorpcija pretnje ostvaruju se pristupom koji se zasniva na prevenciji, gde se pretnja u potpunosti izbegava⁴. Faze plana i apsorpcije su od izuzetnog značaja jer pomažu sistemu da se suoči sa pretnjama, pre nego što se one pojave.

Šta se desi sa sistemom kada je pogođen? Uključuju se oporavak i adaptacija. Oporavak podrazumeva sve napore da se izgubljene funkcije sistema vrate što brže, jeftinije i efikasnije, dok se prilagođavanje (adaptacija) usredsređuje na sposobnost sistema da se promeni i bolje izbori sa budućim pretnjama slične prirode [10]. Uloga adaptacije i oporavka razmatra se kao primarna tačka (fokus) svakog analitičara otpornosti, gde sistem sa robusnim kapacitetom za oporavak može (efikasno) podneti ozbiljne poremećaje koji bi inače razbili i najotpornije sistemске komponente.

Otpornost uključuje dva aspekta problema: proaktivan i reaktivan. Prvi aspekt obuhvata planiranje otpornog sistema, a drugi štiti od mogućih poremećaja ili katastrofa. Zbog toga su oba aspekta podjednako važna i treba ih tretirati kao gradivne elemente otpornosti u železničkim transportnim sistemima. Oba aspekta se uzimaju u obzir i prilagođavaju se kontekstu železničkih transportnih sistema [10].

3.1. Otpornost železničkog transportnog sistema

Otpornost železničkog transportnog sistema predstavlja sposobnost železničkog sistema da pruža efikasne usluge u normalnim uslovima, kao i da se odupre, apsorbuje, prilagodi i brzo oporavi od poremećaja ili katastrofa. Otpornost je sveobuhvatni sistem mera koje pokrivaju sledeće karakteristike sistema i njegovih različitih stanja: slabost, opstanak, odgovor i oporavak (sl. 4).



Slika 4. Otpornost železničkog transportnog sistema uključujući slabost, opstanak, odgovor i oporavak [11]

⁴ Kada to nije moguće, autori [8] uvode pojam tzv. „dostojanstvene degradacije“ (*graceful degradation*) sistema. Ovaj pojam označava izgradnju sposobnosti sistema koji može da izbegne potpuni kolaps. Takva vrsta sposobnosti se može postići i davanjem prioriteta osnovnim funkcijama sistema nauštrb sporednih dokle god je to potrebno.

Slabost se definiše kao „podložnost smetnjama koje mogu rezultirati značajnim smanjenjem operativnosti mreže” [11]. U transportnim sistemima, robusnost se može smatrati pandanom slabosti. U železničkom kontekstu, robusnost se definiše kao sposobnost ublažavanja različitih svakodnevnih kašnjenja uzrokovanih smetnjama. Ova je definicija tipična za železnički transport i može se razlikovati za druge vrste transporta [11].

Opstanak je sposobnost sistema da se prevede iz normalnih (planiranih) performansi sistema u poremećeno stanje, tj. dostojanstveno degradira. U praksi, kada dođe do smetnji, sistem može drugačije da se degradira, potpuno otkáže odjednom ili polako smanjuje performanse dok konačno ne dostigne poremećeno stabilno stanje [11].

Odgovor je skup radnji koje se preduzimaju neposredno, tj. odmah nakon prekida kako bi se pružio najbolji mogući nivo usluge tokom prekida, osigurala javna bezbednost, pružile alternativne mogućnosti putovanja do odredišta i zadovoljile osnovne životne potrebe pogođenih ljudi. Ova faza predstavlja poremećeno stabilno stanje železničkog transporta. U zavisnosti od prirode kvara, može trajati od nekoliko sati do nekoliko dana. Planiranje odgovora na železnici ponekad se naziva i planiranje za nepredviđene situacije [11].

Oporavak je sposobnost sistema da se vrati iz poremećenog stanja u prvobitno stanje. U zavisnosti od poremećaja, oporavak može trajati nekoliko sati (npr. usled kvara na vozilu) do nekoliko nedelja (npr. zbog velikih poplava ili drugih prirodnih nepogoda) [11].

Postoje najmanje dve važne prepreke koje su kočile napredak u merenju otpornosti složenih sistema. Prva od njih je uspeh kvantitativne procene rizika kao dominantne paradigme za upravljanje sistemom. U infrastrukturi i upravljanju nesrećama, sveprisutni koncepti rizika zadirali su u razumevanje otpornosti. Međutim, otpornost ima širu nadležnost od rizika i neophodna je kada je rizik neizračunljiv, na primer kada su opasni uslovi potpuno iznenađenje ili kada se pokazalo da je paradigma analitičke analize rizika neefikasna [10]. Stoga se merenje otpornosti mora unaprediti novim analitičkim pristupima koji se dopunjuju,

ali se lako mogu razlikovati od onih koji su već identifikovani analizom rizika. Druga prepreka je fragmentacija znanja o otpornosti u nekoliko zasebnih disciplina koje ih proučavaju, uključujući inženjersku nauku, zatim nauku o zaštiti životne sredine i tehničko-informacionu bezbednost⁵ (cyber security) kao ključne.

3.2. Kvantifikacija otpornosti

Postavlja se pitanje šta je dobar pokazatelj otpornosti i, prema tome, koju metriku treba koristiti. Istovremeno, oni koji u praksi treba da pruže određeni uvid u otpornost ograničeni su podacima. Uobičajeno rešenje je izbor nekoliko metrika sa lako dostupnim vrednostima i njihovo agregiranje da bi se generisao indeks otpornosti. Indeks je vrlo atraktivno i svima razumljivo sredstvo predstavljanja stanja jer se izražava jednom numeričkom vrednošću kojom se može proceniti i predstaviti stanje otpornosti sistema. Takođe, poboljšanja/pogoršanja sistema se mogu meriti indeksom, kao i relativne razlike. Indeksi su uglavnom korišćeni za integrisane sisteme kao što su zajednice ili organizacije gde višestruki faktori, a ne samo infrastruktura i oprema kada je u pitanju železnica, igraju ulogu u odolevanju neuspehu i bržem oporavku [10].

Indeksi⁶ su jednostavno sume normalizovanih metrika. Metrike mogu imati bilo koji oblik – procenat, stvarna vrednost, ocena – ali da bi se agregirale, vrednosti dobijene za svaku metriku, moraju se normalizovati tj. prevesti na skalu od 0 do 1 ili od lošeg do dobrog. Ako je trenutno teško odrediti šta meriti za procenu otpornosti, još je izazovnije opisati pragove za ono što predstavlja dobru ili lošu otpornost.

Jedno od rešenja je korišćenje strukturiranog okvira za metriku izbora i organizovanje ocenjivanja. Pojedinačni faktori učinka drže se odvojeno radi lakšeg tumačenja, ali se mogu objediniti u jednu ocenu, ako je relevantno. Matrica otpornosti, opisana u nastavku, pruža dvodimenzionalni pristup izboru metrika, a ne jednodimenzionalnu listu faktora. Matrica otpornosti uključuje vremenske faze ciklusa događaja, identifikovane u definiciji otpornosti: pripremiti, apsorbovati, oporaviti i prilagoditi [10].

⁵ Tehničko-informaciona bezbednost predstavlja odbranu računarskog sistema, mobilnih uređaja, podataka od zlonamernih napada.

⁶ Indeks se formuliše tako da obuhvati osnovne aspekte otpornosti kritične infrastrukture u odnosu na sve opasnosti. Glavni cilj indeksiranja je merenje sposobnosti kritične infrastrukture da smanji učestalost i/ili trajanje događaja [12].

3.3. Matrica otpornosti

Metodologija procene pomoću matrice (otpornosti) pruža korisnicima mogućnost da konstruišu okvir koji upoređuje različite metrike odlučivanja na širokom nivou razmišljanja i odlučivanja o otpornosti. Pristup zasnovan na matrici otpornosti pomoći će onim akterima na lokalnom nivou i kreatorima politike koji su usredsređeni na performanse otpornosti, zajedno sa širokim i regionalnim timovima za reagovanje u vanrednim situacijama. Matrica otpornosti omogućuje holistički pogled i pristup otpornosti neophodan za smanjenje uticaja negativnog događaja [10].

Matrica otpornosti sastoji se od okvira za sprovođenje procene učinka složenih i integrisanih sistema ili projekata u različitim fokusnim tačkama. Generalno, okviri matrice otpornosti sastoje se od matrice 4x4 (tabela 1), „gde jedna osa sadrži glavne potkomponente bilo kog sistema, a druga osa navodi faze ometajućeg događaja” [7].

Dalje, matricni redovi uključuju četiri primarna domena koja treba uzeti u obzir u bilo kom projektu sistemske evaluacije, uključujući fizički, informativni, kognitivni i socijalni. Pored toga, kolone predstavljaju četiri koraka upravljanja katastrofama, uključujući plan/pripremu, apsorpciju, oporavak i adaptaciju odnosno vraćanje sistema u početno – redovno stanje [7]. Ukupno ovih 16 ćelija daje osnovni opis performansi sistema u slučaju neke nevolje. Otpornost se procenjuje davanjem vrednosti u svakoj ćeliji koja sumira obim sistema koji treba da izvrši u tom domenu i vremenskom periodu. Na primer, ćelija „socijalno – prilagođavanje“ treba da dobije ocenu u skladu sa sposobnošću sistema da promeni ponašanje i zadrži promene izvan početnog odgovora na incident.

Tabela 1. Matrica otpornosti [10]

Stanje sistema	Faze događaja			
	Plan	Apsorbovanje	Oporavak	Prilagođavanje
Fizički				
Informacije				
Kognitivno				
Socijalno				

4. SLIČNOSTI I RAZLIKE IZMEĐU RIZIKA I OTPORNOSTI

U pregledu sličnosti i razlika između rizika i otpornosti, neophodno je razmotriti filozofske, analitičke

i vremenske faktore koji su uključeni u primenu i rizika i otpornosti. Filozofski faktori uključuju opšti stav i izgled koje analitičar rizika ili otpornosti razume dok istražuje. Analitički faktori uključuju one kvantitativne modele i kvalitativne prakse primenjene za formalnu procenu rizika. Vremenski faktori uključuju vremenski okvir tokom kojeg se rizik tradicionalno uzima u obzir. Sveukupno, razmatranje ova tri kao i drugih faktora pokazaće da je, iako se analiza otpornosti donekle razlikuje od tradicionalne procene i upravljanja rizikom, razmišljanje o otpornosti veoma kompatibilno sa postojećim metodama i sinergično je sa tradicionalnim pristupima analize rizika [10].

Sličnosti razlike rizika i otpornosti ćemo najbolje razumeti ako ih suprotstavimo prema dvema ključnim aktivnostima i merama - kako razumeti i proceniti neizvesnost i kako proceniti ishode opasnih događaja. Tradicionalni pristup analitičara rizika težio bi da identifikuje obim mogućih scenarija i razvije zaštitu protiv njih na osnovu verovatnoće događaja, posledica i dostupnosti finansijskih sredstava za pokrivanje niza pitanja za datu (železničku) infrastrukturu. Na ovaj način, procenjivači rizika uglavnom grade jedan „kruti” okvir zaštitnih mehanizama, mehanizama koji sprečavaju kvarove i/ili mere reagovanja kako bi se zaštitili od negativnih događaja i odgovorili na njih. Takav okvir ima svoje prednosti, ali takva kruta i nefleksibilna filozofija rizika može ometati napore reagovanja na događaje. Otpornost u osnovi pruža temelje za brzi oporavak ili sposobnost smanjenja štete, istovremeno pomažući sistemu da se što pre i efikasnije oporavi do pune funkcionalnosti. Ovo je u skladu sa gore pomenutom definicijom otpornosti [8] koja otpornost označava kao „sposobnost planiranja i pripreme, apsorpcije, oporavka i prilagođavanja neželjenim događajima”. Iako se ova razlika može učiniti minimalnom (ili bolje rečeno suptilnom), ona donosi znatno drugačiji operativni iskaz od rizika, tako da se analitičari otpornosti više fokusiraju na „fleksibilnost” i „prilagođavanje” u okviru svojih sistema. Oba pristupa omogućavaju upotrebu i kvantitativnih podataka i kvalitativne procene, što omogućava veću sveukupnu fleksibilnost u primeni.

Kod poređenja između tradicionalne analize rizika i analize otpornosti treba imati u vidu njihove različite vremenske početke razvoja i tanke granice kod pojedinih faza razvoja, što objašnjava prisutna preklapanja ova dva koncepta.

Analiza rizika, uključujući tu i procenu i upravljanje rizikom, obuhvata pregled različitih faktora infrastrukture kako bi se identifikovale potencijalne oblasti u kojima bi rizik mogao nastati. Većina zahteva analize rizika usredsređena je na očuvanje sistema na osnovu njegove sposobnosti da spreči ili smanji rizik održavanjem i apsorbovanjem određene pretnje. Analiza otpornosti u osnovi održava veći deo iste filozofske pozadine, kao i tradicionalna procena rizika, ali analiza otpornosti dodatno se upušta u nepoznato. Razmišljanje o otpornosti zahteva od svojih kreatora/praktičara da razmotre potencijalne buduće pretnje i razviju mere zaštite kako bi sprečili dugotrajne gubitke. Metode procene rizika nastoje da vremenski ublaže i upravljaju opasnostima na osnovu trenutnog snimka, dok analiza otpornosti umesto toga traži fleksibilnost sistema. Jednostavno rečeno, analiza otpornosti je sistematski proces kojim se osigurava da značajan spoljni efekat ne pokaže trajnu štetu na efikasnost i funkcionalnost datog sistema [10].

U okviru upravljanja rizikom veći fokus na ekstremne događaje zahtevao bi više zaštitne i preventivne infrastrukture, koja bi bila veoma skupa. Cilj otpornosti nije samo da spreči ono što je moguće sprečiti na isplativ način, već i da poboljša sposobnost pogođenog sistema ili smanji vreme i resurse potrebne za oporavak pogođenog sistema natrag u normalne operativne procedure. Analiza otpornosti može kao rezultat dati, odnosno ponuditi, veću organizacionu i društvenu pripremu i mere koje mogu smanjiti štetu koju bi infrastrukturni sistemi imali i poboljšati funkcionalnost sistema usled tekuće krize.

5. SISTEM UPRAVLJANJA BEZBEDNOŠĆU I RIZIKOM NA ŽELEZNICI

Upravljači infrastrukture i železnički prevoznici dužni su da uspostave sistem za upravljanje bezbednošću (Safety Management System – SMS), koji ima za cilj da se dostignu zajednički bezbednosni ciljevi za železnički sistem u celini. Sistem za upravljanje mora biti usklađen sa nacionalnim propisima za bezbednost i sa bezbednosnim zahtevima utvrđenim u tehničkim specifikacijama interoperabilnosti (TSI) i moraju biti primenjene odgovarajuće zajedničke bezbednosne metode (ZBM). Sistemom za upravljanje bezbednošću postiže se kontrola svih rizika povezanih sa delatnošću upravljača infrastrukture i prevoznika, uključujući i pružanje usluga održavanja, snabdevanja materijalom, kao i rizike koji se javljaju usled aktivnosti trećih lica [13].

Zajedničke bezbednosne metode propisuju način procene nivoa bezbednosti, ostvarenosti zajedničkih bezbednosnih ciljeva i usaglašenosti sa drugim bezbednosnim zahtevima. Zajedničke bezbednosne ciljeve utvrđuje Evropska komisija i predstavljaju najniži nivo bezbednosti koji moraju dostići različiti delovi železničkog sistema i železnički sistem u celini, a koji se iskazuje kroz kriterijum prihvatljivosti rizika za pojedinačne rizike (putnici, zaposleni, osoblje, izvođači radova) i rizike za društvo [13].

Na organizacionom nivou, sistem upravljanja bezbednošću pruža osnovu definišući i propisujući šta je potrebno za upravljanje bezbednošću. Rukovodstvo i osoblje imaju ulogu u izradi sadržaja SMS na osnovu njihovih stavova, vrednosti i uverenja izvedenih iz ličnog iskustva u kombinaciji sa normama ponašanja na radnom mestu i u društvu. Ovo je bezbednosna kultura jedne organizacije. Ako postoji pozitivan skup stavova, vrednosti i uverenja usredsređenih na procese koji podupiru sistem upravljanja bezbednošću, to će raditi sa tim procesima kako bi proizveli visokokvalitetne rezultate. Na primer, ako preovladava stav da su procesi jednostavno tu da zaštite menadžment, da se više vrednuju zarade zaposlenih u odnosu na bezbednost i da osoblje veruje da je to ono što menadžment želi, mala je verovatnoća da će SMS funkcionisati dobro i stoga bi bezbednost mogla biti ugrožena [14].

Osnovni zahtev menadžera infrastrukture ili železničkog prevoznika prema SMS je da on omogućava kontrolu svih rizika za bezbednost saobraćaja koji su povezani sa aktivnostima preduzeća, uključujući rizike koji se odnose na nabavku materijala i angažovanje izvođača radova. Sistem upravljanja bezbednošću treba takođe da omogući kontrolu rizika za bezbednost saobraćaja koji potiču od trećih lica ili okruženja u meri u kojoj je to u nadležnosti preduzeća [2].

6. ZAKLJUČAK

U železničkom transportu, postepeno poboljšanje bezbednosti kroz istoriju je bilo posledica skupocenih iskustava i pouka izvučenih iz doživljenih nesreća. Novi evropski koncept bezbednosti, nastao kao posledica i nužnost otvaranjem nacionalnih železničkih tržišta, doneo je značajne promene u odnosu na tradicionalni pristup regulisanja bezbednosti železničkog saobraćaja. Ovim promenama uveden je sistem upravljanja bezbednošću koji

je svim železničkim prevoznicima i upravljačima infrastrukture nametnuo obavezu primene koncepta upravljanja rizikom. Upravljanje otpornošću je noviji pojam koji tek počinje da se primenjuje na železnici.

Generalno, kada se govori o konceptu otpornosti (u inženjerstvu) uglavnom se misli na mogućnost sistema da se oporavi od poremećaja koji su nastali u njemu (ili izvan njega), dok se koncept rizika, tj. upravljanja rizika, zasniva na sprečavanju smetnji i opasnih događaja pre nego što se oni dese u sistemu.

Razlike između ova dva koncepta mogu se posmatrati i kroz način njihove kvantifikacije. Koncept rizika kvantifikuje verovatnoću i posledice određenog događaja sa ciljem utvrđivanja kritičnih komponenti sistema (koje su osetljive na određenu opasnost) i poboljšanja tih komponenti kako bi se izbegli gubici. Za razliku od koncepta rizika, koncept otpornosti je mnogo kompleksniji za kvantifikaciju i pronalaženje jedinstvenog načina za rešavanje problema koji obuhvata više različitih oblasti.

U uslovima evropskih integracija i stvaranja jedinstvenog evropskog železničkog prostora, globalizacije poslovanja i globalnih poremećaja koncept otpornosti će sve više dobijati na značaju, dok je upravljanje rizikom na železnici (preko SMS) već dobilo svoje trajno mesto u železničkim kompanijama.

Analiza rizika i analiza otpornosti zasnivaju se na sličnom načinu razmišljanja prilikom utvrđivanja slabosti i identifikovanju mera koje bi takve slabosti mogle ublažiti. Veći fokus na ekstremne događaje u upravljanju rizikom zahtevao bi više zaštite i preventivne mere koje bi bile veoma skupe, dok cilj upravljanja otpornošću nije samo da spreči ono što je moguće sprečiti na isplativ način, već i poboljšati sposobnost sistema ili smanjiti vreme i resurse potrebne za vraćanje sistema u prethodno stanje stabilnosti. Analiza rizika može ponuditi veću organizacionu i društvenu pripremu i protokole koji mogu smanjiti štetu koju sistemi trpe i poboljšati funkcionalnost sistema.

Upravljanje rizikom i otpornošću veoma je značajno u slučajevima kada se unose određene promene u postojeći železnički sistem. Kvarovi u železničkom sistemu imaju veliki potencijal da

izazovu povrede i/ili smrt putnika ili železničkog osoblja, može imati negativan uticaj na životnu sredinu i na sopstvena osnovna sredstva. U skladu s tim, uvođenje upravljanja rizikom i otpornošću za proaktivno delovanje učesnika i zainteresovanih strana na železnici je od velikog značaja i ključni faktori u postizanju bezbednog i pouzdanog železničkog saobraćaja.

LITERATURA

- [1] Bošković B, Prokić M: The concept of risk management in the railway sector, University of Belgrade, 2nd International Conference „Transport for today’s society”, Bitola, Republic of North Macedonia, 17-19, Proceedings, pp 569-577, 2018;
- [2] Đuričić R, Bošković B, Rosić: Evropski koncept bezbednosti željeznice, Saobraćajni fakultet u Istočnom Sarajevu, Dobo, 2017;
- [3] Tzanakakis K: The Regulation of the Railway Sector, <https://railhow.com/wp-content/uploads/02/2019-02-02-Regulation-Rail-Sector-RAILHOW-V1-1.pdf>, 2019;
- [4] Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 101/2005, 91/2015 i 113/2017;
- [5] Commission Regulation (EC) No 352/2009 of 24 April 2009 on the adoption of a common safety method on risk evaluation and assessment as referred to in Article 6(3)(a) of Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the Council
- [6] Tepić G: Razvoj metodološkog koncepta za upravljanje rizikom u sistemu opasnih materija, doktorska disertacija, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2019;
- [7] Gemović B: Metodologija za sprovođenje postupka procene rizika, doktorska disertacija, Novi Sad, Visoka tehnička škola strukovnih studija. <http://vtsns.edu.rs/wpcontent/uploads/2018/11/Metode-za-procenu-rizika.pdf>
- [8] National Academy of Sciences (NAS), & Committee on Science, Engineering, and Public Policy. Disaster resilience, A national imperative, Washington, DC: The National Academies Press, 2012;
- [9] Wolter K, Avritzer A, Vieira M, Van Moorsel A: Resilience Assessment and Evaluation of

- Computing Systems, Springer – Verlag, Berlin Heidelberg, 2012;
- [10] Linkov I, Trump B: The Science and Practice of Resilience, Springer Nature Switzerland; 2019;
- [11] Bešinović N: Resilience in railway transport system: a literature review and research agenda, Department of Transport and Planning, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 2020;
- [12] Berdica K: An introduction to road vulnerability: What has been done, is done and should be done, Transport Policy, 9(2), 117–127, 2002;
- [13] Zakon o bezbednosti u železničkom saobraćaju, Službeni glasnik Republike Srbije br. 41/2018;
- [14] European Railway Agency, „Guide on safety management system requirements“ 1.1/2018. https://www.era.europa.eu/activities/common-safety-methods_en#meeting3.