

HOMOLOGACIJA NOVIH I RABLJENIH TRAMVAJA U GRADU ZAGREBU

Postupak tehničkog pregleda, homologacije i dobivanja dozvole za prometovanje novih i rabljenih tramvaja u Republici Hrvatskoj nije uređen posebnim propisima odnosno pravilnicima. S obzirom na to da tramvaji prometuju samo u gradovima Osijeku i Zagrebu, njihove gradske vlasti izdaju dozvole za prometovanje na temelju mišljenja i zaključaka stručnih povjerenstava koja su obavljala tehnički pregled i homologaciju tramvaja. Zagrebački električni tramvaj (ZET) nabavio je 11 rabljenih tramvaja, među kojima je prvi isporučen u prosincu 2023., i 20 novih tramvaja, među kojima je prvi isporučen u veljači 2025.



prof. dr. sc. **Mladen Nikšić**

Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti

mladen.niksic@fpz.unizg.hr



izv. prof. dr. sc. **Martin Starčević**

Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti

mstarcevic@fpz.unizg.hr



Siniša Uglik, dipl. ing. str.

Zagrebački električni tramvaj

sinisa.uglik@zet.hr



Marina Bomeštar Gašparić, univ. spec. oec.

KONČAR – Električna vozila

marina.bomestar-gasparic@koncar.hr

UDK: 625.46

1. Uvod

S obzirom na to da ne postoje odgovarajući propisi, upute i pravilnici o tehničkome pregledu, dinamičkome ispitivanju, probnim vožnjama i homologaciji tramvaja, stručno povjerenstvo je kao predložak koristilo Pravilnik o tehničkom pre-

gledu željezničkih vozila [1] i norme HRN EN 14363 [2] te HRN EN 12299 [3].

2. Tramvaj GT6-M

Iz njemačkoga grada Augsburga nabavljeno je 11 rabljenih niskopodnih tramvaja serije GT6-M (slika 1.), proizvođača ADtranza. Tramvaji su proizvedeni 1996. i modernizirani 2013. i 2014. Trodijelne su konstrukcije, s trima dvoosovinskim okretnim postoljima i trima pogonskim vučnim elektromotorima pojedinačne snage od 100 kW. Prijevozni kapacitet tramvaja iznosi 154 putnika, od čega je 58 sjedećih mjesta. Najveća brzina tramvaja iznosi 70 km/h, masa 29 t, duljina 26,80 m, širina 2,30 m, visina poda 350 mm, a visina ulaza 300 mm iznad gornjeg ruba tračnice.



Izvor: Mladen Nikšić



Slika 1. Tramvaj GT6-M

3. Postupak tehničkog pregleda, ispitivanja i homologacije tramvaja GT6M

Povjerenstvo za tehnički pregled niskopodnih tramvaja GT6M provelo je serijski tehnički pregled pristigloga niskopodnog tramvaja serije GT6M iz Augsburga

(oznake 1001). Radi cjelovitoga serijskog pregleda provedene su sljedeće aktivnosti:

- pregled tehničke dokumentacije
- mjerenje mase vozila
- statički pregled vozila
- dinamički pregled vozila.

Pregled tehničke dokumentacije vozila

Uz vozilo dostavljena je opsežna dokumentacija sastavljena od matične knjige vozila i knjige održavanja. U knjizi održavanja precizno su navedeni svi postupci i zahvati na vozilu te izvedeni radovi. Na tramvaju je svakih osam godina obavljen planski generalni popravak.

Mjerenje mase vozila

Vaganjem tramvaja provjerava se pritisak pojedinih kotača na prugu. Uspoređuju se razlike u opterećenju pojedinoga kotača unutar svakog para, parova međusobno te lijeve i desne strane vozila te dopušteno odstupanje ukupne mase tramvaja od proračunske mase. Tramvaj se važe na umjerenome kolosijeku, prolaskom preko vage u oba smjera, uz zaustavljanje svakog para kotača na poprečnoj simetrali vage. Kotači se na senzorski dio vage oslanjaju preko vijenaca. Vaganje je obavljeno ručnim guranjem preko vage, uz zaustavljanje na svakome paru kotača (slika 2.). Podatak o pritisku para kotača (podatak za svaki kotač zasebno) očitava se u mirovanju. Vaganje se obavlja u dvama prolascima (smjer A, smjer B) vagom Weighwell (tip PTW-500 B2X). Uvjeti vaganja su sljedeći: tramvaj spreman za službu (ugrađena sva oprema), vozilo s prisutnim vozačem, umjereni kolosijek, umjerena i podešena vaga (zazor 0,5 do -2 mm) između gazne površine kotača i tračnica.

Statički pregled vozila

Statički pregled tramvaja obavljen je na III. kolosijeku hale Tramvajskog servisa Trešnjevka, gdje postoji mogućnost istodobnog pregleda unutrašnjosti vozila, vanjskih bočnih stijena, podvozja i krovne opreme vozila. Vozilo je temeljito pregledano na svim razinama te sadržava sve komponente prema dostupnoj i pregledanoj tehničkoj dokumentaciji. Statičkim i dinamičkim pregledom vozila utvrđeno je da je krovni oduzimач struje (pantograf) s ugljenografitinim klizačem u dobrome stanju. Na svim razinama zamjetni su vrlo uredno raspoređena oprema, bužiri kabela i konektori sa šifriranim oznakama, što je pokazatelj uredno i pedantno održavanog vozila. Vanjske dimenzije vozila odgovaraju vrijednostima iskazanim u tehničkome opisu vozila, a vizualnim pregledom vozni postolja i

Mjerna točka	Vrijednost	Granica	Opis
1. 100	100	100	
2. 100	100	100	
3. 100	100	100	
4. 100	100	100	
5. 100	100	100	
6. 100	100	100	
7. 100	100	100	
8. 100	100	100	
9. 100	100	100	
10. 100	100	100	
11. 100	100	100	
12. 100	100	100	
13. 100	100	100	
14. 100	100	100	
15. 100	100	100	
16. 100	100	100	
17. 100	100	100	
18. 100	100	100	
19. 100	100	100	
20. 100	100	100	
21. 100	100	100	
22. 100	100	100	
23. 100	100	100	
24. 100	100	100	
25. 100	100	100	
26. 100	100	100	
27. 100	100	100	
28. 100	100	100	
29. 100	100	100	
30. 100	100	100	
31. 100	100	100	
32. 100	100	100	
33. 100	100	100	
34. 100	100	100	
35. 100	100	100	
36. 100	100	100	
37. 100	100	100	
38. 100	100	100	
39. 100	100	100	
40. 100	100	100	
41. 100	100	100	
42. 100	100	100	
43. 100	100	100	
44. 100	100	100	
45. 100	100	100	
46. 100	100	100	
47. 100	100	100	
48. 100	100	100	
49. 100	100	100	
50. 100	100	100	

Slika 2. Izveštaj o vaganju tramvaja GT6-M

kotača utvrđeno je da su ovi (bandaže) kotača obrađeni na profil kotača koji se koristi u gradu Zagrebu. Čelni i bočni prozori te ulazna vrata uredni su i stanje im je ispravno. Zglobovi između kolnih ormara vozila ispravni su, a zavarene nosive konstrukcije kolnog ormara i anti-korozivna zaštita uredni, što upućuje na redovito i kvalitetno održavanje vozila.

Dinamički pregled vozila

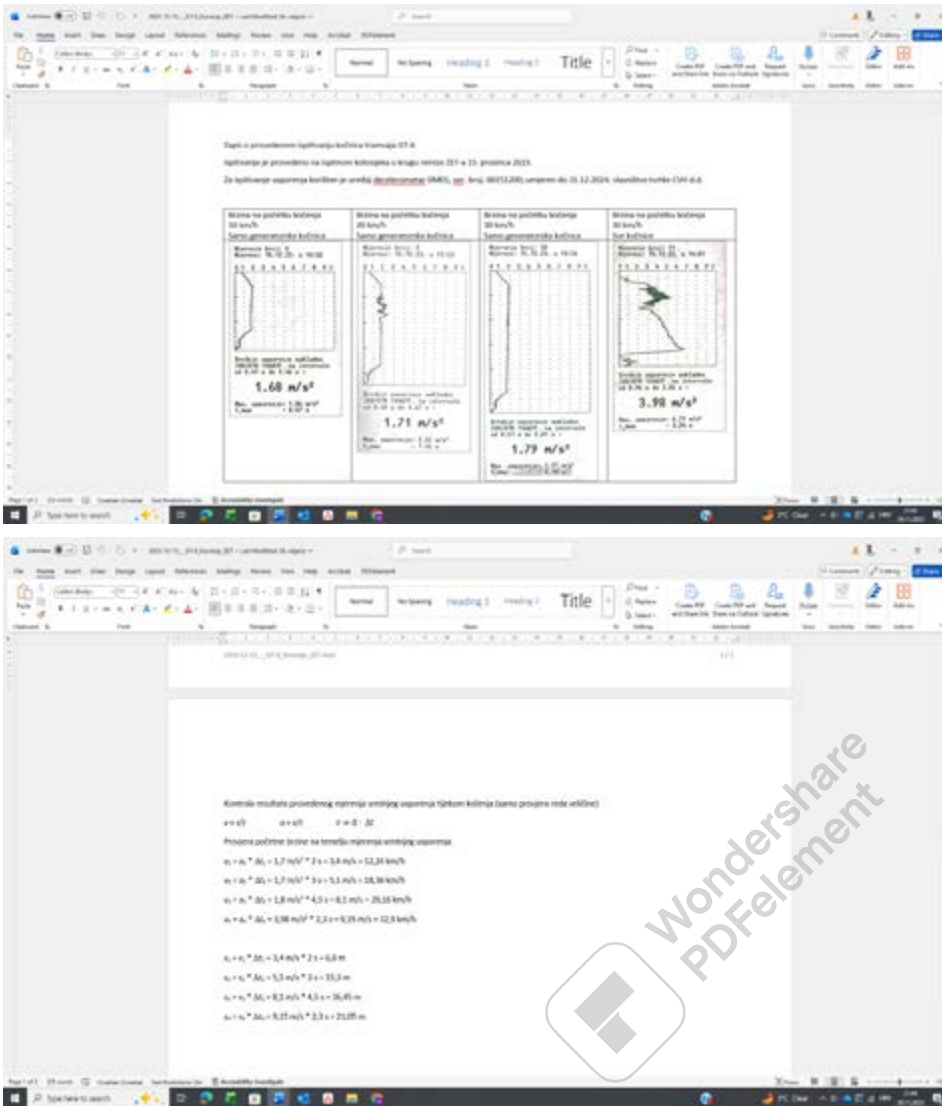
U dijelu dinamičkog ispitivanja tramvaja obavljena je višekratna vožnja ispitnim kolosijekom u krugu remize Trešnjevka. Ispitivanje je provedeno pri različitim brzinama te su snimljene vrijednosti brzine, ubrzanja i usporenja pri 10 km/h (s generatorskim kočenjem), 20 km/h (s generatorskim kočenjem), 30 km/h (s generatorskim kočenjem) i 33 km/h (sa svim kočnicama ugrađenima na vozilu, uključujući kočenje u nuždi). Kočenje

pri svim brzinama, uključujući kočenje u nuždi, dalo je zadovoljavajuće rezultate (slika 3.).

Stručno povjerenstvo za tehnički pregled tramvaja GT6-M dalo je mišljenje da tramvaj u cijelosti zadovoljava uvjete prometovanja na tramvajskoj mreži Grada Zagreba.

4. Tramvaj NT 2400 (TMK 2400)

S obzirom na konstrukcijske, geometrijske, inercijske te elastične i prigušne značajke, trodijelni niskopodni tramvaj serije 2400 nasljednik je niskopodnog tramvaja serije TMK 2300 LT proizvedenog za latvijski grad Liepaju (slika 4.). Na temelju njihove sličnosti može se dokazati valjanost odnosno prihvatljivost ispitivanja dinamičkog ponašanja mjerdavnog za sigurnost i kvalitetu kretanja tramvaja.



Izvor: Zagrebački električni tramvaj

Geometrijske značajke

Sve geometrijske značajke postolja i kolnih ormara, odnosno vozila, mjerodavnih za dinamičko ponašanje novih vozila jednake su izvornome vozilu: razmak osovinjskih sklopova, razmaci hvatišta vodilica kotača na okvir postolja i položaj opruga primarnog ovjesa, razmak oslonaca sekundarnog ovjesa u poprečnome smjeru unutar postolja i u uzdužnome smjeru između dvaju postolja, razmak zglobova te gabaritne izmjere kolnih ormara s obzirom na profil kolosijeka kojim pojedino vozilo prometuje.

Inercijske značajke

Inercijske značajke novog vozila (TMK 2400) gotovo su jednake onima izvornog vozila (TMK 2300 LT), odnosno u dopuštenom su području tolerancija koje ne utječu na dinamičko ponašanje u smislu vlastitih frekvencija, stabilnosti i opterećenja. U tablici 1. prikazana je usporedba inercijskih značajki izvornog i novog vozila (mase i razlike u postoci-ma). Sve ostale mase i momenti inercije jednaki su.



Izvor: KONCAR – Električna vozila

Slika 4. TMK 2300 LT



Izvor: Mladen Nikšić

Slika 5. TMK 2400

Slika 3. Rezultati dinamičkog ispitivanja tramvaja GT6-M

Na trodijelnome niskopodnom tramvaju serije TMK 2300 LT s dvama dvoosovinskim okretnim postoljima provedena su sljedeća ispitivanja dinamičkog ponašanja: ispitivanje sigurnosti i mirnoće hoda u skladu s HRN EN 14363, ispitivanje koeficijenta naginjanja u skladu s HRN EN 14363, ispitivanje udobnosti u skladu s HRN EN 12299, ispitivanje vučno/kočne značajke u skladu s HRN EN 50215 [4], ispitivanje otpora kretanja u skladu s HRN 50215 / HRN 14067-4 [5] te ispitivanje uzdužnih trzaja pri vuči i kočenju.

Konstruktivske značajke

Obje serije tramvaja imaju jednaka okretna postolja s pripadajućim podstavcima: kotače, sklopove vodilica kotača s okretnim ležajem i stabilizatorom,

sustav primarnog ovjesa sa spiralnim cilindričnim oprugama s gumenim podloškama, okvir okretnog postolja, sustav sekundarnog ovjesa s hidropneumatskim elastičnoprigušnim elementima te pogon i prijenos (vučni elektromotori, zupčani prijenosnici, kardanska vratila). Kolni ormari izvedeni su kao zavarene čelične rešetke s oplatama od sendvič-panela aluminij/polimer, čelom i krajem vozila od stakloplastike te stakla i ostalih komponenata. Razlika između tramvaja serija TMK 2300 LT i TMK 2400 je u formi čela i kraja vozila. Bez obzira na navedene konstruktivske razlike kolnih ormara, kolni ormar tramvaja TMK 2400 zadržao je izvorne geometrijske značajke mjerodavne za dinamičko ponašanje vozila te u vrlo velikoj mjeri inercijske značajke.

Tablica 1. Inercijske značajke vozila

	TMK 2300 LT		TMK2400 ZG	
	m_i		m_i	P_i
	kg		kg	%
Masa kolnog ormara A (Prazan)	6.793		7.058	+3,90
Masa kolnog ormara D (Prazan)	5.200		5.590	+7,50
Masa kolnog ormara D (Prazan)	6.425		6.325	-1,56
Masa kolnog ormara A (Pun)	10.672		10.599	-0,68
Masa kolnog ormara D (Pun)	10.464		11.634	+11,18
Masa kolnog ormara D (Pun)	10.618		9.424	-11,25

Izvor: KONČAR – Električna vozila

Iz tablice je vidljivo da su sve mase vrlo bliske, odnosno da se razlikuju najviše za -1,56/+11,18 posto u odnosu na izvorno vozilo.

Elastične i prigušne značajke

Značajke elastičnih i prigušnih elemenata na izvornome i novome tramvaju jednake su: krutost i prigušenje gumenih umetaka kotača, krutost i prigušenje primarnog ovjesa, krutost i prigušenje GME vodilica kotača, krutost i prigušenje sekundarnog ovjesa, prigušenje poprečnih prigušnika između okvira postolja i kolnih ormara, krutost i prigušenje međukolnih elastičnoprigušnih elemenata, krutosti i prigušenja svih ugrađenih GME-ova na motkama, prigušnicama i elastičnoprigušnim elementima.

Iz usporedbe navedenih značajki vidljivo je da su sve značajke mjerodavne za dinamičko ponašanje vozila odnosno sigurnost i kvalitetu kretanja tramvaja jednake: konstrukcijske, geometrijske, elastične i prigušne.

Mase kolnih ormara razlikuju se od izvornog vozila za -1,56/+11,18 posto, ovisno o potpunosti vozila putnicima.

5. Postupak tehničkog pregleda, ispitivanja i homologacije tramvaja NT 2400 (TMK 2400)

Povjerenstvo za tehnički pregled niskopodnih tramvaja NT 2400 provelo je sljedeće postupke:

- tehnički pregled vozila
- pregled tehničke dokumentacije o provedenoj homologaciji
- mjerenje mase vozila
- statički pregled vozila
- dinamički pregled vozila.

Osnovni podaci o tramvaju NT 2400:

- dvozgloбно niskopodno vozilo
- dužina 20,80 m, širina 2,30 m
- broj sjedećih mjesta 33 (+1) sa šest preklopnih sjedala, broj stajaćih mjesta 80 (4 osobe/m²)
- bez preklopnih stolica: broj sjedećih mjesta 27 (+1), broj stajaćih mjesta 88 (4 osobe/m²)
- vlastita masa 29 t, ukupna masa 37,05 t
- najveća brzina vozila 70 km/h, najveća vozna brzina unatrag 10 km/h
- nazivni napon kontaktnog voda 600 V istosmjerno (VDC).

Osnovne tehničke značajke vozila:

- trodijelna modularna izvedba
- vozački prostor – upravljačnica i putnički prostor
- 4 dvokrilna otklopna vrata
- 2 vozna (okretna) postolja.

Statički pregled vozila obavljen je u pogonu proizvođača KONČAR – Električnih vozila i na remizi Trešnjevka Zagrebač-

kog električnog tramvaja. U remizi Trešnjevka ispitano je dinamičko puštanje u pogon hidrauličke kočnice, koordinacija hidrauličke i električne kočnice, ugađanje parametara u računalu kočnice, pretvaraču glavnog pogona i glavnome računalu tramvaja. Na ispitnome kolosijeku obavljani su testovi ubrzanja i kočenja te autonomna vožnja tramvaja na baterijski pogon. Na testu autonomne vožnje tramvaj je prevalio udaljenost od 1344 m utrošivši 1,2 kWh energije odnosno 11,9 posto napunjenosti baterije (slika 5.).

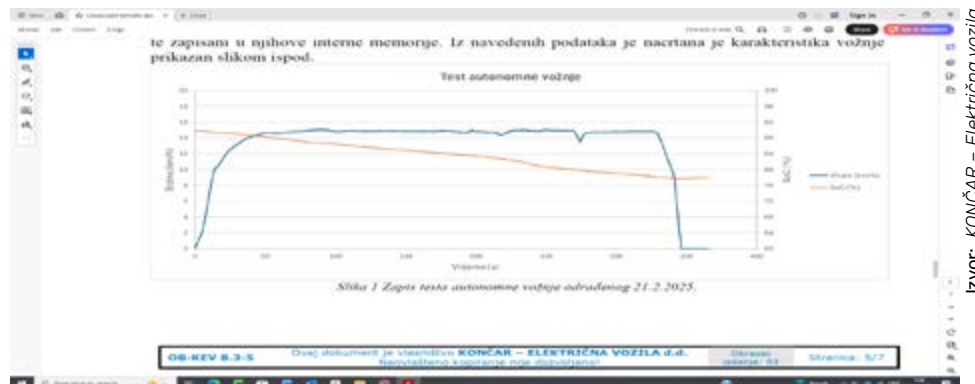
Dinamičko ispitivanje vozila provedeno je po Horvačanskoj ulici s neopterećenim i opterećenim tramvajem (4 putnika/m² odnosno 8540 kg i 11 550 kg utega). Ispitivanje je obuhvatilo:

- mjerenje ubrzanja do 77 km/h (max. brzina + 10 %)
- kočenje sa 70 km/h – radnom kočnicom (SB), kočenjem u opasnosti (EB3/4), kočenjem u opasnosti u putničkome prostoru (EB1), sigurnosnom kočnicom (EB2), budnikom (EB1) i tračničkom kočnicom (MTB),
- zaustavljanje i pokretanje tramvaja na najvećoj uzbrdici odnosno nizbrdici (Jadranski most).

Stručno povjerenstvo za tehnički pregled NT 2400 zaključilo je da je novo vozilo (TMK 2400) u smislu dinamičkog ponašanja i kvalitete kretanja jednako izvornome (TMK 2300 LT) te da za novi tramvaj vrijede provedena ispitivanja izvornog vozila TMK 2300 LT.

6. Zaključak

Postupak homologacije tramvaja u Republici Hrvatskoj, iako nije definiran posebnim pravilnicima, uspješno je pro-



Izvor: KONČAR – Električna vozila

Slika 5. Test autonomne vožnje

veden primjenom stručnih inženjerskih načela i referentnih željezničkih normi.

Provedenim ispitivanjima utvrđeno je sljedeće:

- Rabljeni tramvaji GT6-M: Vozila su u izvrsnome eksploatacijskom stanju i s redovitim ciklusima održavanja, is-

pravnim sigurnosnim sustavima te u cijelosti zadovoljavaju uvjete za prometovanje zagrebačkom mrežom.

- Novi tramvaji NT 2400: Dokazana je dinamička ekvivalentnost s modelom TMK 2300 LT, čime je potvrđena sigurnost konstrukcije. Terenskim ispitivanjima, uključujući vožnju na baterije i

savladaivanje uspona, potvrđene su eksploatacijske performanse vozila.

Zaključno, oba tipa vozila zadovoljila su sve sigurnosne i tehničke kriterije stručnog povjerenstva te su dobila pozitivno mišljenje za izdavanje dozvole za prometovanje.

LITERATURA

- [1] Pravilnik o tehničkom pregledu željezničkih vozila, Narodne novine 155/2008
- [2] HRN EN 14363 Željeznički sustav - Ispitivanje i simulacija za prihvatljivost voznih svojstava željezničkih vozila - Dinamička i statička ispitivanja; EN 14363:2016+A2:2022
- [3] HRN EN 12299 Željeznički sustav - Udobnost vožnje putnika - Mjerenje i vrednovanje; EN 12299:2009
- [4] HRN EN 50215:2011 Željeznički sustav - Željeznička vozila - Ispitivanje željezničkih vozila nakon završetka izrade i prije stavljanja u promet (EN 50215:2009)
- [5] HRN EN 14067-4 Željeznički sustav - Aerodinamika - 4. dio: Zahtjevi i ispitni postupci za aerodinamiku na otvorenoj pruzi (EN 14067-4:2024+A1:2025)

SAŽETAK

HOMOLOGACIJA NOVIH I RABLJENIH TRAMVAJA U GRADU ZAGREBU

Rad analizira postupak tehničkog pregleda, ispitivanja i homologacije novih i rabljenih zagrebačkih tramvaja u uvjetima nedostatka specifične nacionalne regulative. Povjerenstvo je primijenilo analogiju s Pravilnikom o tehničkom pregledu željezničkih vozila te normama HRN EN 14363 i 12299. Obradna su dva slučaja: uvoz 11 rabljenih tramvaja GT6-M, za koje su provedeni statički pregledi, mjerenje mase i dinamička ispitivanja kočnja, te nabava 20 novih niskopodnih tramvaja serije NT 2400 (TMK 2400). Njihova homologacija temeljila se na usporedbi s modelom TMK 2300 LT, uz dodatna funkcionalna ispitivanja na zagrebačkoj mreži.

Ključne riječi: novi i rabljeni tramvaj, homologacija tramvaja, tehnički pregled tramvaja, statičko i dinamičko ispitivanje

Kategorizacija: stručni rad

SUMMARY

HOMOLOGATION OF NEW AND USED TRAMS IN THE CITY OF ZAGREB

The paper analyzes the procedure of technical inspection, testing and homologation of new and used Zagreb trams in the absence of specific national regulations for tram operations. The commission applied an analogy with the Ordinance on the Technical Inspection of Railway Vehicles and the HRN EN 14363 and 12299 standards. Two cases are addressed: the import of 11 used GT6-M trams, for which static inspections, weight measurements and dynamic brake tests were conducted and the procurement of 20 new low-floor NT 2400 trams. Their homologation was based on a comparison with the TMK 2300 LT model, complemented by additional functional testing on the Zagreb network.

Key words: new and used tram, tram homologation, tram technical inspection, static and dynamic testing

Categorization: professional paper

POSTANI ČLAN HDŽI i iskoristi pogodnosti članstva

ZA PRAVNE OSOBE:

- popusti kod oglašavanja u časopisu *Željeznice 21*
- prilagođena marketing podrška
- povezivanje sa željezničkomstručnom zajednicom

ZA FIZIČKE OSOBE:

- stručna edukacija
- platforma za u stručno usavršavanju
- sudjelovanje na konferencijama, stručnim skupovima i studijskim putovanjima

Pronađite pristupnicu na www.hdzi.hr

ili

zatražite informacije na hdzi@hdzi.hr

hdzi
Hrvatsko društvo željezničkih inženjera