

NOVA VIŠESISTEMSKA ELEKTRIČNA LOKOMOTIVA ZA ŽELEZNICE SRBIJE

Dr Aleksandar Radosavljević, dipl. inž.
Saobraćajni institut CIP

U radu su dati saobraćajni potencijal Železnica Srbije i glavni sistemi elektrificiranih pruga železnica jugoistočne Evrope. Prikazan je Koridor X koji prolazi kroz Srbiju. Dati su osnovni eksploatacioni pokazatelji rada postojećih električnih lokomotiva na mreži pruga Železnice Srbije. Na osnovu potreba za električnim lokomotivama do 2020. godine izvršen je izbor odgovarajuće višesistemске lokomotive sa osnovnim tehničkim karakteristikama. Na kraju su dati i efekti nabavke novih višesistemskih električnih lokomotiva.

Ključne reči: otvorena železnica, električne lokomotive, sistemi napajanja, Koridor X.

UVOD

Nova filozofija poslovanja železnice započeta Direktivom UIC (Međunarodne železničke unije) 91/440 ulazi u finalnu fazu konkretizacije kroz implementaciju interoperabilnosti železničkog robnog saobraćaja predviđenu za 01. 01. 2008. godine. Interoperabilnost podrazumeva da železnički operater sa svojom lokomotivom vrši prevoz preko teritorije više železničkih uprava, a železničkim upravama umesto naknade za prevozne usluge (dok je koristio njihove lokomotive), sada plaća samo naknadu za korišćenje infrastrukture, koja je značajno manja (za oko 75%) od prevoznih troškova.

Da je interoperabilnost izvesna potvrđuju brojni paketi mera UIC koji regulišu ovu oblast, kao i priprema organizovanja školovanja mašinovođa za dobijanje dozvole za vožnju svim evropskim prugama.

Prvi i najznačajniji korak ka implementaciji interoperabilnosti je nabavka višesistemskih električnih lokomotiva. Ovom poslu pristupile su skoro sve evropske železnice i u ovom trenutku u Evropi sa njima ne raspolažu samo Železnice Bosne i Hercegovine, Republike Srpske, Crne Gore, Makedonije i Srbije.

Od 1990. godine, u Evropi je došlo do raspada političkih granica. Evropska unija (EU) motiviše, pospešuje i liberalizuje pravnu harmonizaciju slobodne robne razmene (transporta) na železnici.

Funkcionisanje evropskog robnog železničkog transporta, sve više karakteriše privredni način razmišljanja. Dosledno se teži ka realizaciji novih troškovno-optimizovanih načina prelaza granica, koji omogućavaju da se ispolje u železničkom složenom tehno-ekonomskom sistemu sve prednosti, koje taj sistem ima u odnosu na drumski i rečni saobraćaj; cilj je: treba uspostaviti dugačke, logističke, "bez prekida" veze između dve tačke.

U EU robni železnički transport zahteva takva vučna vozila, koja ispunjavaju uslove međunarodne interoperabilnosti, što znači da i železnička infrastruktura i vozna sredstva moraju ispunjavati takve tehničke zahteve, da se mogu koristiti, najbezbednije, najpouzdanije, najracionalnije i da odgovaraju za upotrebu u svim železničkim upravama Evrope, sa aspekta osovinskog opterećenja, ubrzanja, vučene mase, maksimalne dozvoljene brzine i zauzastavnih puteva.

Od svih ugrađenih uređaja na lokomotivama čak 85% treba da su standardizovani i modulski građeni, tako da se njihovo korišćenje i održavanje ovim značajno pojednostavljuje.

Lokomotive treba da odgovaraju propisima TSI (Technical Specifications of Interoperability), kao i da zadovolje postojeći i budući bezbednosni sistem za automatsko upravljanje vozovima ETCS (European Train Control System) i GSM-R (Railway) integrisani komunikacijski sistem za železnice.

Polazeći od toga, da sada u železničkim upravama egzistiraju različiti naizmernični i različiti jednosmerni sistemi napajanja iz električne mreže, uslov je da električne lokomotive imaju takva tehnička rešenja višesistemskog

napajanja da mogu prelaziti granice zemalja bez zaustavljanja na graničnim stanicama.

Panevropski saobraćajni koridori koncipirani su i definisani na nekoliko panevropskih konferencija o saobraćaju (Prag 1991, Krit 1994 i Helsinki 1997), sa ciljem poboljšanja i unapređenja saobraćajnog povezivanja dotadašnjih članica EU sa članicama koje su primljene 2004. godine, te budućih članica sa evropskog jugoistoka.

Usmeravanje panevropskih koridora preko određenih prostora i država, podrazumeva vrlo ozbiljnu obavezu, da se saobraćajnice na njihovom području podignu na puno viši tehničko-tehnološki i eksploatacijski nivo i to prema kriterijumima i tehničkim standardima koje je preporučila Evropska komisija.

SAOBRAĆAJNI POTENCIJAL

Područje Republike Srbije je vrlo bogato koridorskom mrežom, jer kroz nju prolazi osnovni Koridor X u dužini 525 km, a JP „Železnice Srbije“ imaju najveću dužinu pruga na osnovnom Koridoru X. Priključni ogranci su XB: Budimpešta – Beograd i XC: Niš – Sofija.

Gustoćom koridorske mreže ističu se takođe Hrvatska i Slovenija, a posebno Mađarska. Budimpešta je veliko železničko čvorište čak sa 6 železničkih koridora i njihovih ogranaka. Ako posmatramo od zapada prema jugoistoku Koridor X ima polaznu tačku u Salcburgu, koji je pogranično važno železničko čvorište i važna spojna tačka između Beča i istočne Evrope te Slovenije i jugoistočne Evrope s jedne strane, kao i između preostalog područja zapadne i severne Evrope s druge strane. Udaljenost između Salcburga kao polazne tačke Koridora X i Soluna kao krajnje tačke iznosi 1539 km, računajući udaljenost po sadašnjim prugama.

Konkurentnost na čitavoj dužini Koridora X, zavisi od konkurentnosti delova deonice i relacija pruga, pružnih postrojenja i vozničkih sredstava, delova koridora na područjima železničkih uprava. Na Koridoru X (balkanska osovina), pre 30 godina, deo pruge je bio osposobljen za tehničke brzine V_{max} od 120 do 160 km/h tako da su poslovni vozovi na relaciji Beograd-Zagreb vozili manje od 4 časa. Poslovni vozovi ostvarivali su tada komercijalnu brzinu veću od 100 km/h.

Zbog navedenog, sve železničke uprave koje imaju svoje delove panevropskog Koridora X obavezne su da svoje pruge podignu na viši

tehničko-tehnološki nivo, koji će omogućiti brzinu za mešoviti putnički i teretni saobraćaj od najmanje 120 i 160 km/h.

Najnovije mere koje su učinile Železnice Srbije, Hrvatske železnice i Slovenačke železnice što se odnose na uvođenje direktnog teretnog voza „Sava-ekspres“ od Ljubljane do Beograda i ekspresnog voza „Ist-ekspres“ koji je uveden u saobraćaj IX/2004 do Istanbula značajan je pozitivan pomak.

Međutim, bez sinhronizovanog zadiranja u temeljne elemente železničkog sistema, a to su infrastruktura i nova vozna sredstva, ne treba očekivati značajnije konkurentske iskorake, jer vreme putovanja od Ljubljane do Istanbula iznosi 60 sati (dužina relacije 1460 km), tako da je komercijalna brzina svega 24,3 km/h, što je za Koridor X skromno.

Ograničavajući faktor konkurentske sposobnosti JP „Železnice Srbije“ su pruge, njihove relativno niske brzine, njihovo sadašnje tehničko stanje koje direktno utiče na produktivnost rada i korišćenje vučnih vozila, teretnih i putničkih kola, što posebno ima negativni efekat kroz povećanje troškova za strana kola, koji su veći ako je duže vreme putovanja, veći puni obrt kola i drugo.

Niske dozvoljene brzine pruga direktno utiču na angažovanje većeg broja električnih lokomotiva i kola, veći obrt teretnih kola kao i duže zadržavanje stranih kola na prostoru JP „Železnice Srbije“.

GLAVNI SISTEMI ELEKTRIFICIRANIH ŽELEZNICA EVROPE

Istorijski razvoj električne vuče dao je nekoliko sistema elektrifikacije, ali su se zadržala i učvrstila u svom razvoju samo četiri sistema za elektrifikaciju železničkih pruga. To su dva jednosmerna i dva monofazna naizmenična sistema:

- jednosmerni sistem (DC) napona 1500 V;
- jednosmerni sistem (DC) napona 3000 V;
- monofazni sistem (AC) snižene frekvencije 16,7Hz 15kV;
- monofazni sistem (AC) normalne frekvencije 50Hz 25kV.

Od ova četiri sistema smatra se najuspešnijim i najsavremenijim monofazni sistem frekvencije 50Hz 25kV, iako se još i dalje izvode jednosmerni sistem 3000 V i monofazni sistem snižene frekvencije 16,7Hz 15kV na onim

železničkim mrežama, gde su ranije bili uvedeni ti sistemi.

Ocena je, da su mnogo manja finansijska ulaganja u proizvodnju električnih lokomotiva koje se mogu koristiti na više sistema napajanja, nego da se vrši zamena postojećih stabilnih sistema električne vuče.

U republikama bivše Jugoslavije dominirajući je monofazni sistem frekvencije 50Hz 25kV, samo je Slovenija odranije zadržala jednosmerni sistem 3000V i Hrvatska na manjem delu pruge Rijeka-Srpske Moravice 1500V, dok je na Koridoru X sistem 50Hz 25kV.

Analiziranjem panevropskih koridora i sistema elektrificiranih pruga konstatuje se sledeće:

- Na koridoru Salzburg-Atina (2050 km) postoje tri sistema napajanja: Grčka AC 25kV, 50Hz; Makedonija: AC 25kV, 50Hz; Srbija: AC 25kV, 50Hz; Hrvatska: AC 25kV, 50Hz; Slovenija: DC 3kV; Austrija: AC 15kV, 16,7Hz;
- Na ograncima Koridora XA Zagreb-Grac postoje tri sistema napajanja: Hrvatska: AC 25kV, 50Hz; Slovenija: DC 3kV; Austrija: AC 15kV, 16,7Hz;
- Na ogranku XB Beograd-Budimpešta i koridoru VII Budimpešta-Beč postoje dva sistema napajanja AC 25kV, 50Hz i AC 15kV, 16,7Hz.

EKSPLOATACIONI POKAZATELJI I POTREBA ZA ELEKTRIČNIM LOKOMOTIVAMA

Elektrolokomotivu serije 441 /2/ izgradila je ujedinjena firma "Traktion - Union" koju su sačinjavale sledeće firme: ASEA iz Švedske, Secheron iz Švajcarske i Elin-Union iz Austrije (slika 1). Sklopove je montirala firma Simmering - Graz Pauker iz Austrije. Kasnije je proizvodnju preuzeo "Rade Končar" iz Zagreba po licenci firme ASEA gde su, kao i u fabrici "MIN" Niš, urađene mnogobrojne modifikacije. Lokomotive su isporučivane od 1970. godine.

Elektrolokomotive serije 461 (slika 2) proizvedene su u fabrici "Electroputere" u Rumuniji za potrebe Jugoslovenskih železnica, a popravljane i modifikovane su u fabrikama "Rade Končar" Zagreb i "MIN" Niš. Lokomotive su isporučivane od 1972. godine. Koncept ove lokomotive sličan je seriji 441 jer potiče od istog isporučioaca licencne dokumentacije ASEA Švedska.



Slika 1: Elektrolokomotiva serije JŽ 441



Slika 2: Elektrolokomotiva serije JŽ 461

Za period od oktobra 2003. do marta 2006. godine ugovorena je modernizacija 30 elektrolokomotiva serije 441 (modernizovane lokomotive nose oznaku 444, slika 3) i 8 elektrolokomotiva serije 461 (nova oznaka 461-200). Obim radova obuhvata glavnu opravku, modifikaciju i modernizaciju. Modernizacijom elektrolokomotiva očekuje se ostvarenje sledećih ciljeva: produženje radnog veka, poboljšanje eksploatacionih parametara, smanjenje troškova eksploatacije, poboljšanje uslova rada mašinovođa, maksimalno moguća unifikacija lokomotiva serije 441 i 461, smanjenje obima i troškova održavanja, uvođenje savremenih metoda i postupaka u održavanju.

Da bi se sagledalo postojeće stanje električnih lokomotiva serija 441, 444 i 461 dato je aktivno inventarsko stanje (prema /1/ aktivni inventarski park (N_{ia}) predstavlja inventarski park (N_i) umanjen za broj vozila koja očekuju kasaciju), određeno od strane JP „Železnice Srbije“ u cilju realnijeg prikaza imobilizacije vučnih vozila, koje predstavlja inventarsko stanje umanjeno za broj vozila koja se nalaze van saobraćaja ili nisu u posedu JP „Železnice Srbije“, a nalaze se u takvom stanju da za njihovo dovođenje u

ispravno stanje treba uložiti velika finansijska sredstva, pa će zbog toga duže vreme morati da čekaju na opravku.



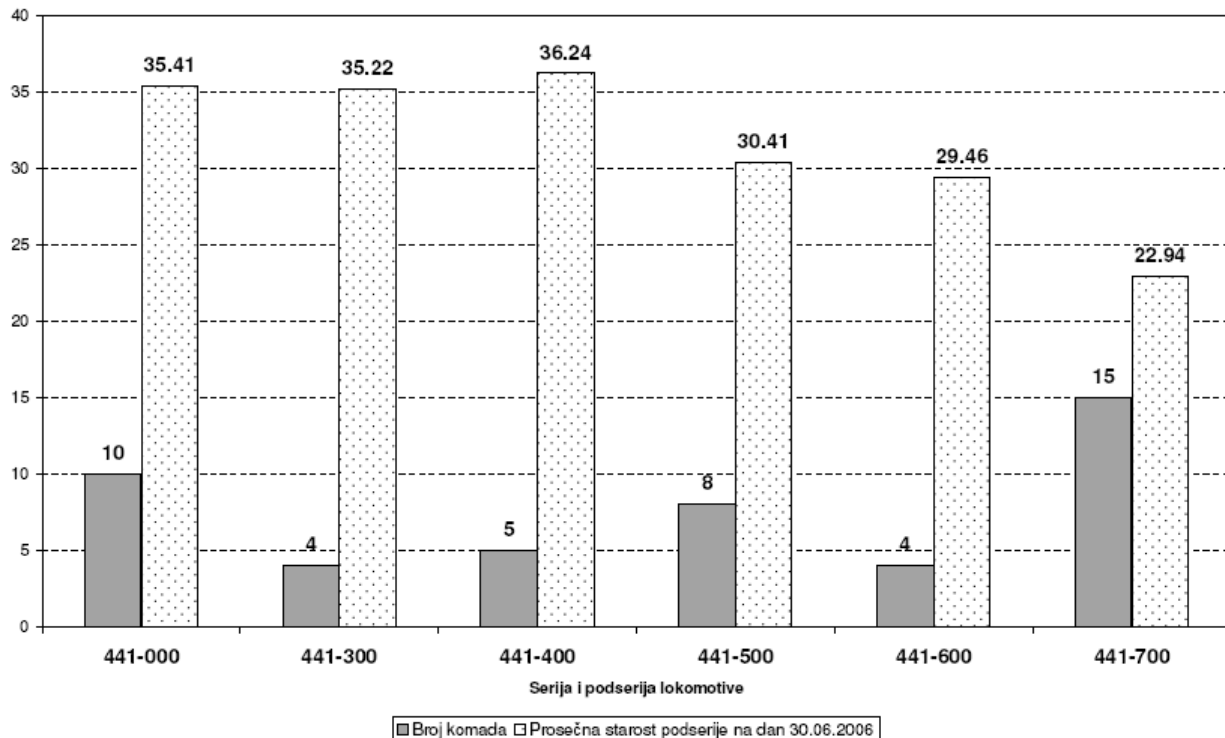
Slika 3: Elektrolokomotiva serije JŽ 444

U ovom trenutku inventarski park električnih lokomotiva serije 441 iznosi 73 lokomotive, a aktivni inventarski park 58 lokomotiva (11 lokomotiva čeka na kasaciju, a 4 su u Hrvatskoj). Trenutni inventarski park lokomotiva serije 444 (modernizovanih 441 lokomotiva u okviru prvog zajma Evropske banke za obnovu i

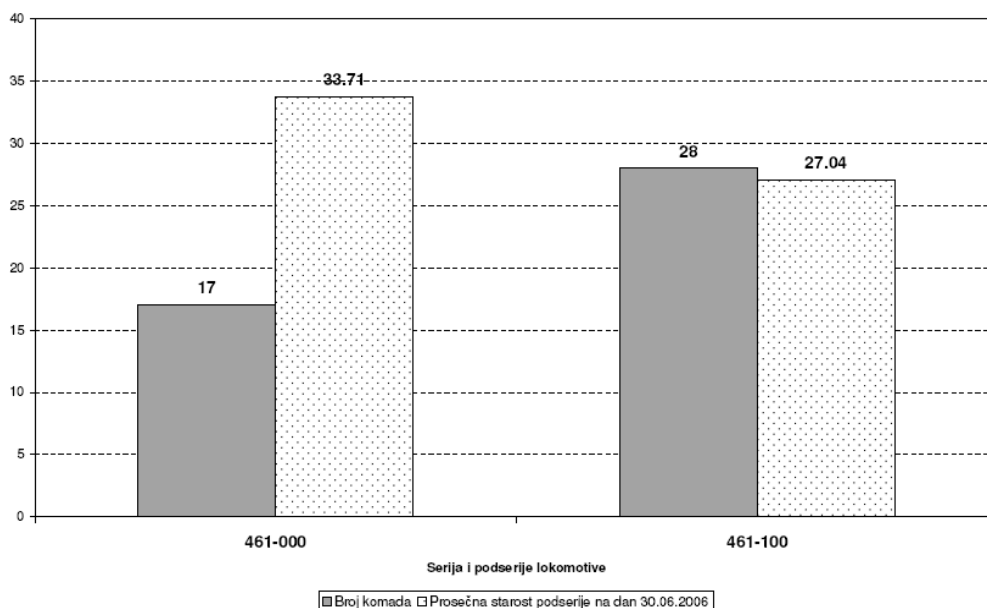
razvoj) jednak je aktivnom inventarskom parku i iznosi 18 lokomotiva, dok će po završetku modernizacije iznositi 30, tako da će aktivni inventarski park 441 lokomotiva iznositi samo 46 lokomotiva prema podserijama /2/ na slici 4.

Inventarski park električnih lokomotiva serije 461 iznosi 61 lokomotiva, a ukupni aktivni inventarski park 53 (2 lokomotive čekaju kasaciju, a 6 su ranije prodate Rumunima). Ukupno osam lokomotiva je predviđeno za modernizaciju u 461-200 u okviru prvog zajma Evropske banke za obnovu i razvoj tako da za pravi aktivni inventarski park 461 lokomotiva ostaje 45 lokomotiva prema podserijama datim na slici 5.

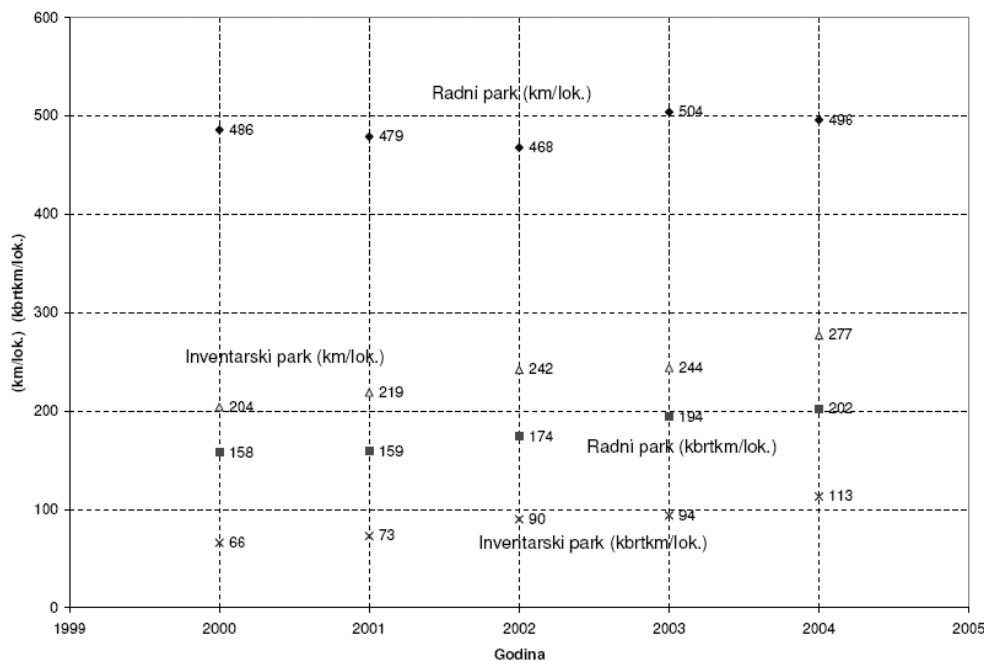
Životni vek električnih lokomotiva iznosi 35 godina od godine nabavke, odnosno puštanja u saobraćaj svake lokomotive pojedinačno. Za pojedine lokomotive ovo vreme se može produžiti tako što se uzima u obzir datum poslednje redovne opravke, plan sledećeg isključenja iz saobraćaja i/ili dozvoljeno vreme, odnosno broj kilometara do sledeće redovne opravke, ali ne duže od 40 godina od godine nabavke, odnosno puštanja u saobraćaj.



Slika 4: Aktivni inventarski park 441 lokomotiva



Slika 5: Aktivni inventarski park 461 lokomotiva



Slika 6: Eksploatacioni pokazatelji rada 441 lokomotiva

Eksploatacioni vek modernizovanih (i koje će biti modernizovane) lokomotiva serija 444 i 461-200 treba da bude najmanje 20 godina sa raspoloživošću do sledeće redovne opravke od minimum 80% i prosečnim godišnjim pređenim kilometrima od 200.000 km.

Analizom broja 441 lokomotiva i prosečne starosti podserija na dan 30.06.2006. godine vidi se da je, već u ovom trenutku, 19 lokomotiva podserija 000, 300 i 400 starije od 35 godina. 12 lokomotiva podserija 500 i 600

su starosti oko 30 godina i na njih se može računati samo u narednih 5 do, izuzetno, 10 godina. Jedina podserija 441 lokomotiva na koju se može računati u relativno dužem periodu od 20 godina je podserija 700. Naravno, broju raspoloživih lokomotiva radnog parka bez kontrolnih pregleda (N_{rb}) koji se dobija odbitkom procenta imobilizacije (p), serije 441 treba dodati i modernizovane lokomotive serije 444 na koje se može računati u dužem periodu od 20 godina.

Kod lokomotiva serije 461 vidi se da je prosečna starost 17 lokomotiva podserije 000 već 34 godine, a 28 lokomotiva podserije 100 preko 27 godina, tako da se do 2010. godine može računati samo na po neku lokomotivu podserije 000, a do 2020. godine na lokomotive podserije 100. Naravno, broju raspoloživih lokomotiva radnog parka bez kontrolnih pregleda koji se dobija odbitkom procenta imobilizacije, serije 461 treba dodati i modernizovane lokomotive podserije 200 na koje se može računati u dužem periodu od 20 godina.

Takođe, treba imati u vidu i činjenicu da će modernizovane lokomotive serije 444, koje su nastale od podserija 000, 300 i 400, za 20 godina imati ukupnu prosečnu starost po lokomotivi od oko 55 godina što će uprkos pretpostavljenim redovnim ciklusima redovnih opravaka, imati veliki uticaj na njihovu raspoloživost.

Vrednosti raspoloživosti električnih lokomotiva (tabela 1 i 2), u posmatranom periodu, su značajno niže od uobičajenih, odnosno onih koje obezbeđuju njihovu ekonomičnu eksploataciju. Serija 441 ima bezmalo (osim 2003. godine) stalni rast raspoloživosti i najveću vrednost u 2004. godini, što je još uvek daleko od uobičajenih vrednosti na drugim železnicama (oko 80%).

Godina	Broj lokomotiva			
	N _i	U eksplo- ataciji	Van eksplo- ataciji	Raspolo- živost [%]
1	2	3	4	5
2000	93	39	54	42
2001	92	42	49	46
2002	91	47	45	51
2003	91	44	47	48
2004	86	48	38	56

Tabela 1: Raspoloživost 441 lokomotiva

Godina	Broj lokomotiva			
	N _i	U eksplo- ataciji	Van eksplo- ataciji	Raspolo- živost [%]
1	2	3	4	5
2000	77	27	50	35
2001	76	34	42	45
2002	76	35	41	46
2003	76	29	47	38
2004	61	29	32	48

Tabela 2: Raspoloživost 461 lokomotiva

U sledećim tabelama dat je pregled stanja i procenat imobilizacije u odnosu na aktivni inventarski park (p_{Nia}) električnih lokomotiva JP „Železnice Srbije“ početkom 2005. i 2006. godine, kao i za pojedine karakteristične dane.

Serija lok.	N _i	N _{ia}	N _{rb}	p_{Nia} [%]
441	91	74	49	33,8
444	2	2	2	0
461	67	54	29	46,3

Tabela 3: Stanje lokomotiva na dan 31.12.2004.

Serija lok.	N _i	N _{ia}	N _{rb}	p_{Nia} [%]
441	79	64	38	40,6
444	12	12	12	0
461	65	53	24	54,7

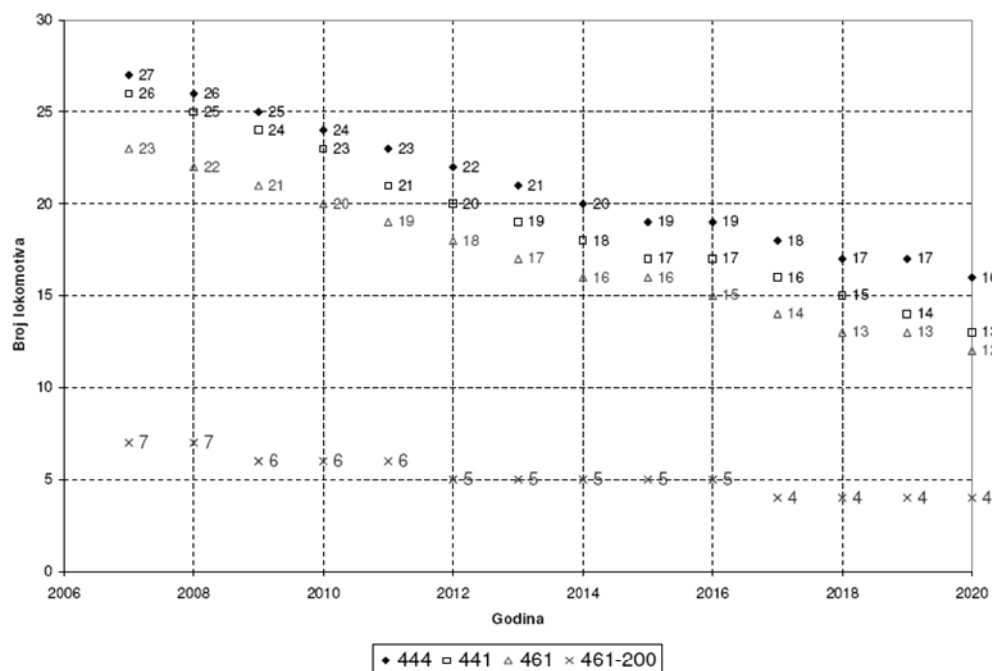
Tabela 4: Stanje lokomotiva na dan 31.12.2005.

Serija lok.	N _i	Potreba po EV-40 za 2006.	N _{rb}	p_{Nia} [%]
441	58	49	34/32/31	41 / 45 / 46
444	18		14/17/15	22 / 6 / 16
461	53	44	27/29/22	49 / 45 / 58

Tabela 5: Stanje na dan 1./7./14.08.2006.

Na osnovu postojećeg stanja raspoloživosti lokomotiva i politike ulaganja u redovne opravke, kakva je u JP „Železnice Srbije“ u poslednje vreme, može se usvojiti raspoloživost aktivnog inventarskog parka 441 lokomotiva od 60% i da se smanjuje 5% godišnje do 2020. godine. Za modernizovane lokomotive serije 444 i 461-200 može se usvojiti raspoloživost od 90% sa smanjenjem 4% godišnje. Procenat raspoloživosti modernizovanih lokomotiva, u garantnom periodu od jedne godine, iznosi minimum 92%. Za raspoloživost aktivnog inventarskog parka 461 lokomotiva može se usvojiti raspoloživost od 55% i smanjenje 5% godišnje do 2020. godine.

Na osnovu usvojenih, i u realnosti potvrđenih, procenata imobilizacije električnih lokomotiva dolazi se do broja lokomotiva radnog parka, tj. realno raspoloživih lokomotiva za saobraćaj, kako je to prikazano na slici 7 i u tabeli 6. Pretpostavlja se da će se do kraja 2006., odnosno 2007., godine završiti započeti program modernizacije 441 i 461 lokomotiva u okviru prvog zajma Evropske banke za obnovu i razvoj.



Slika 7: Raspoloživ broj lokomotiva do 2020. godine

Lok./Godina	2008	2010	2015	2020
461-200	7	6	5	4
461	22	20	16	12
441	25	23	17	13
444	26	24	19	16
Ukupno	80	73	57	45

Tabela 6: Raspoloživ broj lokomotiva

Samo na osnovu dobijenih vrednosti, a neuzimajući u obzir i navedenu starost lokomotiva i njihov životni vek i trenutak za njihovu kasaciju, može se zaključiti da će u narednim godinama radni park lokomotiva bez kontrolnih pregleda biti vrlo skroman – već 2008. godine 80 lokomotiva, 2010 73 lokomotive, ... Takođe, ovi proračuni su uzeli u obzir i pretpostavku da će se na modernizovane lokomotive moći računati, sa predviđenom imobilizacijom, u periodu od 20 godina. Ukoliko se pokaže neuspešnost modernizacije i neostvarivanje njihove pretpostavljene raspoloživosti, potreba za lokomotivama koje će ih zameniti će se još uvećati.

U prethodnoj analizi potreba za elektrolokomotivama pošlo se od pretpostavke da će održavanje lokomotiva biti na istom nivou kao do sada. Naravno, ukoliko bi se kvalitet održavanja znatno poboljšao i znatno više sredstava utrošilo na redovne opravke moglo bi se računati sa većom raspoloživosti postojećih lokomotiva pa bi se samim tim potrebe za nabavkom novih smanjile.

Ukupan potreban broj lokomotiva radnog parka za obavljanje perspektivnog obima putničkog i

teretnog saobraćaja /3/, za stanje elektrifikacije pruga kao danas, prikazan je u tabeli 7.

Lokomotive / godina	2010	2015	2020
Jednosistemske lokomotive	71	79	85
Višesistemske lokomotive	8	9	10
Ukupno	79	86	95

Tabela 7: Potreban broj lokomotiva, elektrifikacija kao danas

Elektrifikacijom pojedinih pruga (Pančevo Varoš - Vršac - drž. granica, Lapovo - Kraljevo - Đeneral Janković - drž. granica, Niš - Dimitrovgrad - drž. granica, Stalać - Kraljevo - Požega), prema dinamici izvođenja /3/, ukupan potreban broj jednosistemskih električnih lokomotiva, iz prethodne tabele, treba uvećati prema odgovarajućim podacima iz tabele elektrifikacije pruge. Ukupan potreban broj elektrolokomotiva radnog parka bez kontrolnih pregleda, u slučaju elektrifikacije, prikazan je u tabeli 8.

Lokomotive / godina	2010	2015	2020
Jednosistemske lokomotive	76	87	95
Višesistemske lokomotive	8	9	10
Ukupno	84	96	105

Tabela 8: Potreban broj lokomotiva posle elektrifikacije

Iz EV-40 /1/ za 2005. godinu može se videti da je za obavljanje postavljenog reda vožnje potrebna 51 lokomotiva serije 441 i 41 lokomotiva serije 461, ukupno 92 (iskazana je potreba za još 10

441 lokomotiva i 3 461 lokomotive za agencijske i kalendarske vozove). U 2006. godini potreba je za 49 441/444 lokomotiva serije 441 i 44 lokomotive serije 461, ukupno 93 (iskazana je potreba za još 13 441 lokomotiva i 9 461 lokomotiva za agencijske i kalendarske vozove).

Kao rezultat analize postojećeg stanja električnih lokomotiva i potreba po EV-40 može se zaključiti da već nekoliko godina postoji potreba za najmanje 15 lokomotiva serija 441/444 i/ili 461 za obavljanje redovnog saobraćaja.

IZBOR VIŠESISTEMSKE LOKOMOTIVE

Na osnovu iznetih činjenica, a imajući u vidu direktive za železnički saobraćaj Evropske Komisije kao i Memorandum o razumevanju u vezi implementacije interoperabilnosti na najznačajnijim transevropskim koridorima (Koridor X je sastavni deo mreže transevropskih koridora) potpisan između Evropske Komisije, CER-a (Zajednice evropskih železnica) i UIC-a nameće se zaključak o neophodnosti primene višesistemskih lokomotiva u tranzitnom međunarodnom saobraćaju.

Činjenice o neizbežnoj liberalizaciji železničkog tržišta i omogućavanju pristupa železničkoj infrastrukturi na transevropskim koridorima definisane u direktivama za železnički saobraćaj Evropske Komisije upućuju na zaključak o neophodnosti korišćenja višesistemskih lokomotiva obzirom da se na taj način stvaraju uslovi za povećanje propusne moći koridorskih pruga kao i za primenu interoperabilnosti u svim njenim pozitivnim aspektima.

Nije teško zaključiti da sa stupanjem na snagu svih relevantnih propisa vezanih za interoperabilnost i otvaranje železničkog tržišta železnice na Koridoru moraju ispuniti potrebni uslovi za učešće u međunarodnom tranzitnom saobraćaju od kojih će jedan od najvažnijih svakako biti uvođenje u saobraćaj višesistemskih lokomotiva.

Tehničko-tehnološki i ekonomski je opravdano, da nove višesistemске lokomotive (velike snage) za teretnu i putničku vuču budu u potpunosti univerzalne, da se mogu nesmetano koristiti na delovima Koridora X i ograncima XB i XC i na svim elektrificiranim prugama evropskih železnica sa tri sistema napajanja: 25kV 50Hz i 15kV 16,7Hz naizmenične struje i 3kV jednosmerne struje.

U poslednjih nekoliko godina došlo je do velikog tehničko-tehnološkog progressa u projektovanju, konstrukciji, proizvodnji i univerzalnoj nameni višesistemskih električnih lokomotiva, koje zadovoljavaju tehničke zahteve za uključivanje u

liberalizovanu evropsku železničku mrežu. Lokomotive su tako konstrukciono izvedene da mogu nesmetano vući vozove po prugama drugih železničkih uprava bez obzira na njihov sistem napajanja električne mreže. U sledećoj tabeli dat je pregled najsavremenijih tipova i broj lokomotiva po karakterističnim železničkim upravama.

Železnička uprava	Tip lokomotive	Komada
DB AG Nemačka	Br152	170
DB AG Nemačka	Br182	25
DB AG Nemačka	Br189 (ES64F4)	100
ÖBB Austrija	Rh1016 (ES64U1)	50
ÖBB Austrija	Rh1116 (ES64U2)	282
ÖBB Austrija	Rh1216 (ES64U4)	50
MAV Mađarska	1047 (ES64U2)	5
SŽ Slovenija (puštaju se u saobraćaj)	ES64U4	20
SŽ Slovenija (naredni planovi)	ES64U4	10
HŽ Hrvatska (pripreme za nabavku)	ES64U4	10
CH Grčka	H560	30

Tabela 9: Nabavke novih lokomotiva

Tako su Nemačke Savezne železnice (DB AG) 1999. godine od firme SIEMENS naručile 100 lokomotiva serije 189 (EURO SPRINTER 64 F4). Glavni podaci lokomotive su: raspored osovina Bo' Bo', masa 87t, masa po osovini 21,75t (22t). Lokomotiva je sposobna za vuču na četiri sistema napajanja električnom energijom: AC15kV/16,7Hz i AC25 kV/50Hz; AC6400kW; DC3kV 6000kW; DC1,5kV 2400kW. Lokomotiva može voziti na prugama svih evropskih železnica. Na probnoj vožnji na usponima od 28‰ vukla je teretni voz mase 800t, brzinom 50 km/h. Namenjena je, pre svega, za vuču teretnih vozova, međutim može se koristiti i za vuču putničkih vozova. Maksimalna brzina je 140 km/h, ali uz prilagođavanje obrtnih postolja može dostići brzinu 230 km/h. Najveća vučna sila pri pokretanju je 300 kN. Lokomotiva ima ugrađenu kontrolu protiv proklizavanja točkova, a signalne lampe i čeonni reflektori mogu se prilagoditi propisima pojedinih železničkih uprava. Jedna od glavnih inovacija na ovoj lokomotivi je upotreba visokonaponskog IGBT-a (Insulated Gate-Bipolar Transistors), koji se hladi vodom. IGBT omogućava veliku električnu i prostornu uštedu, tako da ova lokomotiva velike snage od 6400 kW ima masu samo 87t.

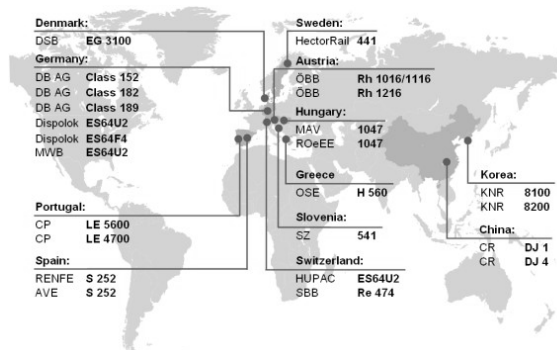
Od višesistemске električne lokomotive Austrijskih železnica (ÖBB) tip Rh 1116 (ES64U2) i lokomotive serije 189 (ES64F4) Nemačkih železnica DB AG, odabrana su i objedinjena najbolja, proverena tehnička rešenja za univerzalnu lokomotivu,

što je bio osnov za proizvodnju nove univerzalne električne lokomotive ES64U4.

DB AG železnice i ÖBB otvorile su vrata za upotrebu najsavremenijih višesistemskih serijski proizvedenih električnih lokomotiva, čiji ukupan broj do sada iznosi oko 500 komada. Za univerzalnu namenu, putničku i teretnu vuču na Koridoru X i njegovim ograncima XB i XC (kada bude elektrificiran), na području JP ŽS, kao i na železnicama okruženja (Mađarska, Hrvatska, Slovenija, Austrija, Nemačka, Makedonija, Grčka, Bugarska i dr.), može zadovoljiti po svojim tehničkim karakteristikama ova četvorosovinska električna lokomotiva. Lokomotiva ES64U4 može saobraćati na AC i DC mreži evropskih pruga. Na slici 8 je prikazana familija ES64 lokomotiva sa lokalnim oznakama železničkih uprava.

Analizirajući aktivnosti što ih preduzimaju neke železnice u našem bližem i daljem okruženju u pravcu modernizacije infrastrukture i vozni sredstava, kao i njihove ambicije da budu spremne za uključivanje u liberalizovanu evropsku železničku mrežu, a s obzirom da moraju ispoštovati sve propisane EN, i standarde što se odnose na ovu oblast, ocenjeno je da naš kritički pogled treba da bude usmeren na aktivnosti u Češkoj, Sloveniji, Hrvatskoj, Mađarskoj, Poljskoj, Bugarskoj i Grčkoj

imajući u vidu položaj koridora, kao i napone napajanja električne mreže.

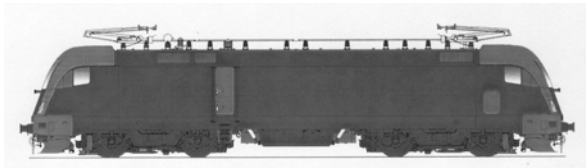


Slika 8: Familija lokomotiva ES64

Na osnovu velikog međunarodnog značaja Železnice Srbije i njenom neposrednom vezom sa železnicama Mađarske, Rumunije, Bugarske kao i bivšim republikama Bosnom, Hrvatskom, Slovenijom, Makedonijom i Crnom Gorom za očekivati je da će u srednjem i dugoročnom periodu porasti međunarodna razmena između zemalja centralne i jugoistočne Evrope, a imajući u vidu da Koridor X sa ograncima XB i XC čini 32% pruga od JP ŽS, opravdano je pristupiti nabavci novih višesistemskih električnih lokomotiva. Sukcesivno treba smanjivati učešće u inventarskom parku lokomotiva 461 i ubuduće obustaviti akcije rekonstrukcije i modernizacije.

Raspored osovina	Bo'Bo'
Temperatura okoline	-25°C ÷ +40°C
Rad na nadmorskoj visini	1400 m
Trajna snaga	6000÷6400 kW (za vuču i regenerativnu kočnicu) sa AC 25kV 50Hz i AC 15kV 16,7Hz 6000 kW (za vuču i regenerativnu kočnicu) sa DC3 kV 4 asinhrona vučna motora svaki snage 1640 kW; 3000÷4200 kW (za vuču i reg. kočnicu) sa DC 1,5kV (opciono)
Najveća dozvoljena brzina	200÷230 km/h
Masa	87 t ± 2,5% (84,83 t ÷ 0 89,18 t)
Vučna sila pri polasku	300 kN, pri koeficijentu adhezije $\mu = 0,36$ i masi lok. 87 t
Trajna vučna sila	250 kN
Sila električnog kočenja	150÷240 kN
Faktor snage $\cos\phi$ (λ)	>0,95 pri $P > 2$ MW
Profil	UIC 505-1
Širina koloseka	1 435 mm
Dužina	19 580 mm
Širina	3 019 mm
Razmak između centara postolja	9 900 mm
Razmak između osa točkova postolja	3000 mm
Prečnik točkova	1 150 mm / 1 070 mm (nov/istrošen)
Sistemi napajanja kontaktne mreže	AC 15kV /16,7Hz AC 25kV /50Hz DC 1,5kV (opciono) DC 3kV

Tabela 10: Tehničke karakteristike savremene višesistemске lokomotive



Slika 9: Savremena višesistemska lokomotiva ES64

Kao moguća varijanta višesistemske lokomotive nameće se trosistemska lokomotiva (slika 9) sa dva sistema za naizmeničnu struju (15 i 25kV) i jednim za jednosmernu (3000V) struju. U prilog ovoj odluci govori i odnos cena između dvosistemske i trosistemske lokomotive, pri čemu je procenjeno da je trosistemska lokomotiva za 10-15% skuplja. Treba istaći i činjenicu da relevantni svetski proizvođači odustaju od proizvodnje novih jednosistemskih lokomotiva uz obrazloženje da je daleko isplativije ulagati u višesistemsku lokomotivu nego menjati sistem elektrovoće.



Slika 10: Italijanska lokomotiva ES64

EFEKTI NABAVKE

Efekti nabavke višesistemskih lokomotiva su direktni i indirektni.

- Direktni efekti: Procena je da će cena dnevnog zakupa nove višesistemske lokomotive, sa održavanjem, iznositi 1400 eura/dan /4/, a minimalan prihod po lokomotivi 4500 eura/dan. Razlika prihoda i troškova zakupa obezbeđuje pokrivanje svih troškova naknade za infrastrukturu i osoblje.
- Indirektni efekti: Indirektni efekti su osnovni razlog nabavke višesistemskih električnih lokomotiva. One garantuju zaštitu postojećeg

tržišta i prodor na nova tržišta. Ove lokomotive su jedini način za zaštitu 54 miliona eura transportnog prihoda koji će biti ostvaren u 2006. godini /4/. Od 2008. godine, u slučaju da ne raspolažemo višesistemskim električnim lokomotivama, transportni prihod bi bio transformisan u naknadu za korišćenje infrastrukture i taj proces bi već 2009. godine bio završen sa godišnjim efektom od najviše 15 miliona eura.

LITERATURA

- /1/ ZJŽ, "Uputstvo za vođenje evidencije delatnosti vuče vozova i održavanje vučnih vozila na jugoslovenskim železnicama - Uputstvo 236", Beograd, 1984.
- /2/ Radosavljević, A., Kožulj, T., Bečejac, Lj., "Tehničko-eksploatacione karakteristike vučnih vozila na JŽ", Želnid, Beograd, 1998.
- /3/ SI CIP, "Generalni projekat novih elektrolokomotiva za potrebe JP "Železnice Srbije"", Beograd, 2006.
- /4/ SI CIP, "Preliminarna analiza potreba i nabavke višesistemskih električnih lokomotiva za potrebe JP "Železnice Srbije"", Beograd, 2006.

NEW MULTISYSTEM ELECTRIC LOCOMOTIVE FOR SERBIAN RAILWAYS

The paper describes Serbian Railways transportation potential and main electrification systems of South-Europe railway lines. The Corridor X, which goes through Serbia, is also shown. Basic operational work parameters of existing electric locomotives, at Serbian Railways network, are given in the paper. On the basis of electric locomotive needs till year 2020 selection of appropriate multisystem locomotive, with basic technical characteristics, is performed. Finally, procurement effects of new multisystem electric locomotives are given.

Key words: railway, electric locomotive, power supply voltage, Corridor X.