



B&B
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Logistično inženirstvo
Modul: Železniški promet

NAKUP NOVIH LOKOMOTIV V PODJETJU SŽ-TP

Mentor: mag. Tomaž Ramšak, univ. dipl. inž. Kandidat: Borko Pejić
tehnol. prom.
Lektorica: Petra Arula, prof. slov. in soc.

Ljubljana, junij 2025

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju mag. Tomažu Ramšaku, za nasvete in usmeritve pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se zaposlenim v podjetju SŽ-VIT, ki so mi s svojim sodelovanjem, informacijami in podporo omogočili izvedbo raziskave ter pomembno prispevali k pripravi te diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi lektorici ge. Petri Arula, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

Iskrena zahvala moji dragi ženi in otrokom, ki so mi s svojo ljubeznijo, razumevanjem in potrpežljivostjo stali ob strani skozi celoten proces priprave te diplomske naloge. Vaša podpora mi je dala moč in motivacijo, da sem vztrajal do konca.

IZJAVA

Študent Borko Pejić izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Tomaža Ramšaka, univ. dipl. inž. tehnol. prom..

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne: _____

Podpis: _____

POVZETEK

Železniški tovorni promet se v Evropi vse bolj usmerja v modernizacijo in digitalizacijo voznega parka ter infrastrukture. Elektrifikacija prog omogoča močnejše lokomotive, energetsko učinkovitejše delovanje železniškega prometa ter hitrejši prevoz blaga in ljudi. Razvoj večsistemskih lokomotiv in standardizirane varnostne naprave ETCS je omogočil interoperabilnost v čezmejnem železniškem prometu Evropske unije.

Diplomsko delo se osredotoča na delovanje starejših in sodobnih večsistemskih lokomotiv in pomen zanesljivosti delovanja lokomotiv v železniškem prometu.

Trenutni vozni park Slovenskih železnic – Tovorni promet je zastarel, električna lokomotiva serija 363 šteje 50 let delovanja na slovenskih tirih. Pogoste okvare, izpadi iz prometa, visoki stroški vzdrževanja te lokomotive finančno bremenijo lastnika. Vozni park je treba posodobiti z novimi, sodobnimi in zanesljivimi lokomotivami.

KLJUČNE BESEDE

- Elektrifikacija
- Interoperabilnost
- Vozni park
- Večsistemska lokomotiva

SUMMARY

Rail freight transport in Europe is increasingly focused on the modernization and digitalization of rolling stock and infrastructure. Electrification of lines enables more powerful locomotives, more energy-efficient operation of rail transport, and faster transport of goods and people. The development of multi-system locomotives and the standardized ETCS safety device has enabled interoperability in cross-border rail transport in the European Union.

The diploma thesis focuses on the operation of older and modern multi-system locomotives, their importance for the reliability of locomotive operation in rail transport. The current rolling stock of Slovenske železnice – Tovorni promet is outdated, the electric locomotive series 363 have been operating on Slovenian tracks for 50 years. Frequent breakdowns, outages from traffic, and high maintenance costs of this locomotive are a financial burden on the owner. It is necessary to modernize the rolling stock with new modern and reliable locomotives.

KEYWORDS

- Electrification
- Interoperability
- Rolling stock
- Multi-system locomotive

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilj diplomske naloge	1
1.3	Predstavitev okolja	2
1.4	Predpostavke in omejitve	2
1.5	Metode dela	3
2	ELEKTRIFIKACIJA VOZNEGA OMREŽJA.....	4
2.1	Zgodovina elektrifikacije na ozemlju Slovenije.....	4
2.2	Sistemi električne vleke.....	5
2.2.1	Sistem enosmerna napetost 3 kV.....	6
2.2.2	Elektro napajalna postaja	6
3	ŽELEZNIŠKA PREVOZNA SREDSTVA.....	8
3.1	Označevanje vlečnih vozil na SŽ.....	9
3.2	Konstrukcijsko označevanje lastnosti vlečnih vozil.....	10
3.3	Obremenitev lokomotiv	11
4	INTEROPERABILNOST V ŽELEZNIŠKEM PROMETU	13
4.1	Železniški paketi EU.....	13
4.1.1	Direktiva 2016/797	13
4.2	Sistem ERTMS.....	14
4.2.1	Sistem ETCS	15
4.2.2	Podsistem ERTMS v strojevodski kabini	17
5	ŽELEZNIŠKI TOVORNI KORIDORJI.....	19
5.1	Baltsko-jadranski tovorni koridor RFC 5.....	20
5.2	Sredozemski tovorni koridor RFC 6.....	20
5.3	Alpsko-zahodno balkanski tovorni koridor RFC 10.....	21
5.4	Jantarni tovorni koridor RFC 11.....	22
6	PREDSTAVITEV PODJETJA SŽ-TOVORNI PROMET	23
6.1	Vozni park.....	23
6.2	Lokomotiva serije 642 in 643.....	24
6.3	Lokomotiva serije 661, 644 in 664.....	26
6.4	Lokomotive serije 646.....	28
6.5	Lokomotiva serije 363.....	30
6.5.1	Mehanska zasnova lokomotive	32
6.5.2	Reduktor za izbiro vrste vleke	33
6.5.3	Prenos vrtilnega momenta in vlečne sile	33
6.5.4	Oprema z zrakom in zavorni sistem	34
6.5.5	Električni del.....	34
6.5.6	Vlečni motor in pretvornik.....	35
6.5.7	Vlečni tokokrog in regulacija.....	36
6.5.9	Pogoste okvare in predlagane rešitve	38
6.6	Lokomotiva serije 541.....	40

6.6.1	Mehanska zasnova lokomotive	42
6.6.2	Električni del.....	43
6.6.3	Električni pogon in električno zaviranje.....	44
6.6.4	Pomožni pretvornik HBU	45
6.6.5	Krmiljenje in regulacija	45
6.6.6	Oprema z zrakom in zavorni sistem	45
6.6.7	Daljinsko krmiljenje	46
7	VEČSISTEMSKE LOKOMOTIVE	47
7.1	Večsistemska lokomotiva CRRC Bison.....	47
7.2	Večsistemska lokomotiva Alstom Traxx MS3	49
7.3	Večsistemska lokomotiva Siemens Mobility Vectron MS.....	50
7.4	Večsistemska lokomotiva Stadler Euro 9000	51
7.5	Izbira ustrezne večsistemske lokomotive	53
8	ANKETA	54
8.1	Anketiranje strojevodij.....	54
8.2	Anketiranje nadzornikov vleke.....	60
9	ZAKLJUČEK	63
10	LITERATURA IN VIRI.....	64
	PRILOGI	69

KAZALO SLIK

Slika 1: Organizacijska struktura SŽ d.o.o.	2
Slika 2: Sistemi vleke v Evropi.....	5
Slika 3: Zemljevid elektrifikacije	6
Slika 4: ENP Zidani Most.....	7
Slika 5: Vlečna karakteristika 541	11
Slika 6: Največje obremenitve 541 na vzponih	12
Slika 7: Vlečne karakteristike 541 z maso vlaka 1200 t	12
Slika 8: Sistem ERMTS	15
Slika 9: Zaslon DMI	17
Slika 10: Funkcionalnost sistema GSM-R.....	18
Slika 11: Baltsko-jadranski koridor.....	20
Slika 12: Mediteranski koridor	21
Slika 13: Koridor Alpe–Zahodni Balkan	21
Slika 14: Jantarni koridor	22
Slika 15: Številčni prikaz lokomotiv po serijah.....	24
Slika 16: Dizelska lokomotiva 643	25
Slika 17: Dizelska lokomotiva 661	26
Slika 18: Dizelska lokomotiva 644	27
Slika 19: Dizelska lokomotiva 664	27
Slika 20: Dizelska lokomotiva 646	30
Slika 21: Električna lokomotiva 363	31
Slika 22: Podstavni voziček 363	33
Slika 23: Centralni blok.....	34
Slika 24: Vlečni motor (levo) in pretvornik (desno).....	35
Slika 25: Glavni tokokrog – vleka.....	37
Slika 26: Ožgani kontaktor (levo) in preboj na kolektroju VM 363 (desno)	38
Slika 27: Obnovljeni dimniki na kontaktorjih.....	39
Slika 28: Kolektor VM 363 (levo) in kolektor VM 342 (desno)	40
Slika 29: Lokomotiva 541	42
Slika 30: HAB-pogon	43
Slika 31: Razpored modulov 541	44
Slika 32: Krmiljenje in povezava sistemov	45
Slika 33: Električna lokomotiva Bison	48
Slika 34: Električna lokomotiva Traxx MS3	50
Slika 35: Električna lokomotiva Vectron.....	50
Slika 36: Električna lokomotiva Euro9000.....	52
Slika 37: Delovna doba strojevodij (v %)	54
Slika 38: Vrste lokomotiv (v %).....	54
Slika 39: Upravljanje sodobnih lokomotiv (v %)	55
Slika 40: Najpomembnejše funkcije v kabini (v %).....	55
Slika 41: Ocena kabine sodobne lokomotive (v %).....	55

Slika 42: Obremenitev/razbremenitev zaradi tehnologije (v %)	56
Slika 43: Zanesljivost (v %)	56
Slika 44: Ročni postopki – novejša lokomotive (v %)	56
Slika 45: Ročni postopki – starejša lokomotive (v %)	57
Slika 46: Najpogostejše okvare – sodobne lokomotive (v %)	57
Slika 47: Najpogostejše okvare – starejša lokomotive (v %)	57
Slika 48: Vpliv okvar na delo (v %)	58
Slika 49: Lastnosti novih lokomotiv (v %)	58
Slika 50: Pogostost okvar lokomotive 363 (v %)	58
Slika 51: Najpogostejše okvare lokomotive 363 (v %)	59
Slika 52: Delovna doba nadzornikov (v %)	60
Slika 53: Ocena dnevne organizacije dela (v %)	60
Slika 54: Spremembe v razporedu dela (v %)	60
Slika 55: Stanje lokomotiv (v %)	61
Slika 56: Razpoložljivost lokomotiv (v %)	61
Slika 57: Potrebna reorganizacija lokomotiv (v %)	61
Slika 58: Potrebno število novih lokomotiv (v %)	62

KAZALO TABEL

Tabela 1: Leto elektrifikacije prog	4
Tabela 2: Glavne karakteristike 643/643/NRE	25
Tabela 3: Glavne karakteristike 661/644/664	28
Tabela 4: Glavne karakteristike 646	29
Tabela 5: Glavne karakteristike 363	31
Tabela 6: Karakteristike vlečnega motorja in pretvornika	36
Tabela 7: Glavne karakteristike 541	41
Tabela 8: Glavne karakteristike Bison	48
Tabela 9: Glavne karakteristike Traxx MS3	49
Tabela 10: Glavne karakteristike Vectron MS	51
Tabela 11: Glavne karakteristike EURO9000	52

KRATICE IN AKRONIMI

DC: Enosmerna napetost (Direct current)

AC: Izmenična napetost (Alternating current)

ENP: Elektro napajalna postaja

EU: Evropska unija

SŽ-TP: Slovenske železnice – Tovorni promet

TSI: Tehnične specifikacije za interoperabilnost (Technical specifications for interoperability)

CVP: Center vodenja prometa

ETCS: Evropski sistem za nadzor vlakov (European train control system)

DMI: Vmesnik med vlakom in strojevodjo (Driver machine interface)

GSMR: Globalno mobilni radijsko-komunikacijski sistem (Global system for mobile communications–Railway)

JŽI: Javna železniška infrastruktura

RFC: Železniški tovorni koridor (Rail freight corridor)

VM: Vlečni motor

ZSG: Centralna krmilna naprava (Zentralsteuergerät)

ASG: Pogonska krmilna naprava (Antriebssteuergerät)

WTB: Vlakovno podatkovno vodilo (Wired train bus)

1 UVOD

Razvoj gospodarstva vsake države temelji na razviti energetske in prometne infrastrukture. Ključni elementi železniškega podjetja so njegovi podsistemi, ki skupaj tvorijo močno logistično podjetje. Slovenija je bila po osamosvojitvi leta 1991 osredotočena v razvoj cestnega prometa in je tako več kot 20 let zanemarjala razvoj železniškega prometa. Z vstopom v Evropsko unijo se je začela posodobitev voznega parka in infrastrukture. Prevoz tovora na tirih se je v zadnjem desetletju močno povečal, za večji izkoristek prevoza tovora so vlaki postali daljši in težji, hitrost in zanesljivost prevoza pa sta postala ključna elementa vsakega prevoznika. Prevoznik s sodobnimi in zanesljivimi lokomotivami predstavlja močno konkurenco na domačem in tujem trgu.

1.1 Predstavitev problema

V diplomski nalogi smo raziskali problem okvar lokomotive 363. Ugotavljamo, do so te lokomotive ključne v voznem parku, saj predstavljajo večino električnih lokomotiv. V uporabi so več desetletij, njihova dotrajanost se kaže s pogostimi izpadi iz prometa zaradi okvar. Strojevodje se pogosto srečujejo s tehničnimi težavami na električnem sistemu lokomotive, zlasti pri vleki. Zaradi omejene razpoložljivosti je obremenjeno operativno osebje, ki mora zagotoviti izvajanje prevozov vlakov. Tehnološka zastarelost lokomotivam omejuje delovanje v drugih električnih sistemih, onemogoča interoperabilnost in ne zagotavlja zanesljivosti, ki so za prevoznika v današnjem času najpomembnejše lastnosti.

1.2 Cilj diplomske naloge

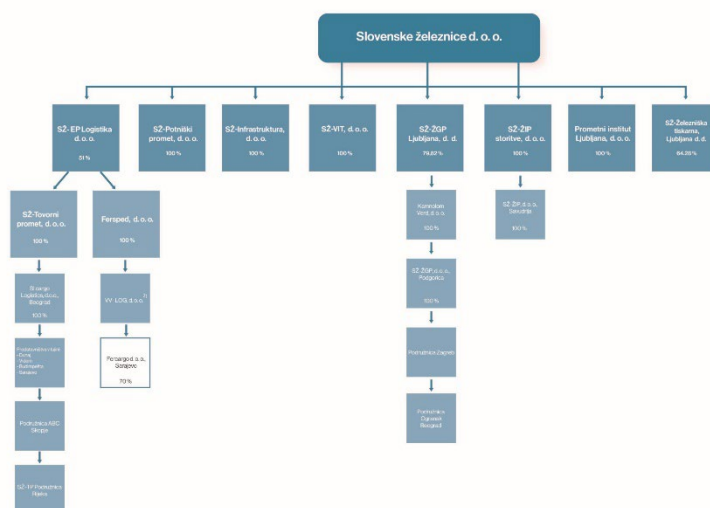
Cilj diplomske naloge je utemeljiti potrebo po nakupu novih lokomotiv, ki bi nadomestile dotrajane in tehnološko zastarele lokomotive 363. Naloga temelji na analizi obstoječega stanja voznega parka, tehničnih težav, ki jih povzročajo starejše lokomotive, ter vplivu teh težav na delovni proces in zanesljivost železniškega prometa.

S pomočjo anketiranja zaposlenih smo pridobili podatke o pogostosti okvar na lokomotivah in podatke o potrebnem številu novih lokomotiv, ki bodo zadoščale za redno organizacijo procesov železniškega prometa. Cilj je predlagati podjetju nakup nove lokomotive, ki bo večsistemska, kompatibilna z lokomotivo 541 in interoperabilna za uporabo v čez mejnem prometu.

1.3 Predstavitev okolja

Podjetje Slovenske železnice – Tovorni promet d.o.o. je hčerinsko podjetje skupine Slovenske železnice, ki je specializirano za opravljanje storitev železniškega tovornega prevoza na nacionalni in mednarodni ravni. Podjetje je največji prevoznik v slovenskem logističnem prostoru in je pomemben povezovalni člen med evropskimi prometnimi koridorji.

Glavna dejavnost družbe je prevoz različnih vrst tovora in izvajanje kompleksnih logističnih rešitev. Hčerinsko podjetje Slovenske železnice – Vleka in tehnika d.o.o. opravlja storitve vzdrževanja lokomotiv in vagonov, tehnične vagonске dejavnosti in vleke vlakov.



Slika 1: Organizacijska struktura SŽ d.o.o.
(Vir: SŽ, 2025)

1.4 Predpostavke in omejitve

Na podlagi lastnih izkušenj in opažanj predpostavljamo, da bo posodobitev voznega parka bistveno pripomogla k povečanju zanesljivosti železniških prevozov in zmanjšanju vzdrževalnih stroškov. Uvedba sodobnih lokomotiv bo omogočila večjo varnost, energetske učinkovitost, zanesljivost in konkurenčnost na trgu železniškega tovornega prometa.

Naloga je omejena na vozni park podjetja SŽ – TP, podrobna analiza je omejena na električne lokomotive. Podatki o stroških vzdrževanja in operativnih zamudah niso bili dostopni zaradi interne politike. Anketo je omejeno na zaposlene v podjetju SŽ – VIT, v delovnih enotah Ljubljana in Zidani Most. V nalogi ni izvedena finančna analiza

investicije v nove lokomotive, temveč je izpostavljena potreba po zamenjavi na podlagi tehnično operativnih kriterijev.

1.5 Metode dela

Za izdelavo naloge smo uporabili analitično metodo, sintetično metodo, metodo opisovanja in združevanja. V praktičnem delu smo uporabili induktivno-deduktivno metodo, metode primerjave in anketiranja.

2 ELEKTRIFIKACIJA VOZNEGA OMREŽJA

Elektrifikacija železniškega omrežja pomeni prehod z dizelskega na električni pogon vlakov, električna vozila ponujajo višjo vlečno moč in nižje obratovalne stroške. Gradnja električne napajalne infrastrukture modernizira železniški promet, kljub visokim začetnim investicijam se dolgoročno izkaže kot ekonomsko upravičena rešitev. Takšen sistem vleke vlakov je okolju prijazen, saj zmanjšuje emisije toplogrednih plinov in hrupa.

2.1 Zgodovina elektrifikacije na ozemlju Slovenije

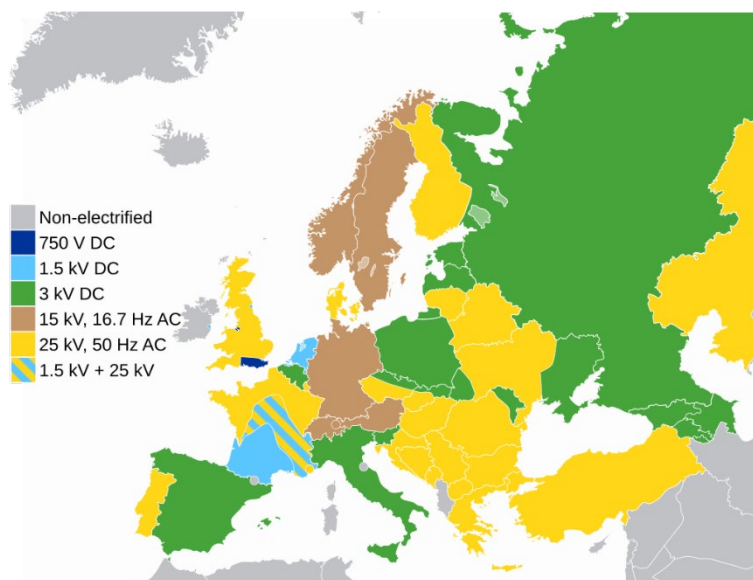
Začetki elektrifikacije na slovenskem ozemlju so začeli Italijani, ki so po končani 1. svetovni vojni dobili ozemlje Primorske in Istre takratne Jugoslavije. Leta 1936 sta bili prvi progi Trst–Postojna in Pivka–Reka elektrificirani s sistemom enosmerne napetosti 3000 V. Po 2. svetovni vojni je Jugoslavija leta 1947 dosegla mirovni sporazum z Italijo, da vrne ozemlje Primorske in Istre, kjer sta bili prvi elektrificirani progi na ozemlju takratne države Jugoslavije. Razvoj izmeničnega sistema 25 kV v Evropi je bil še v povojih. Takratno vodstvo se je odločilo, da pripravi dokumentacijo in nadaljuje elektrifikacijo sistema DC 3 kV. Po daljšem premoru in pripravljalnih delih so se leta 1953 začela gradbena dela in nadaljevala se je elektrifikacija iz Postojne proti Ljubljani, od tam naprej proti Jesenicam, Zidanem mostu, Dobovi in Mariboru (Orbanić, 2013). Zadnja večja opravljena elektrifikacija je bila dokončana leta 2016 na odseku proge Pragersko–Hodoš, v dolžini 109 km.

Odsek proge	Dokončan leta
Postojna–Ljubljana	1962
Ljubljana–Jesenice	1964
Ljubljana–Zidani most	1967
Zidani most–Dobova	1969
Zidani most–Maribor	1974
Divača–Koper tovarna	1975
Maribor–Špilje	1977
Koper–Koper potniška	1979
Pragersko–Hodoš	2016

*Tabela 1: Leto elektrifikacije prog
(Vir: Orbanić, 2013)*

2.2 Sistemi električne vleke

Za napajanje elektro vlečnih vozil se uporablja različne vrste električnih sistemov. V Evropi so uveljavljeni enosmerni sistemi 750 V DC, 1,5 kV DC, 3 kV DC in izmenični sistem 15 kV 16,67 Hz in 25 kV 50 Hz. Glede na vrsto napetosti jih delimo na enosmerno in izmenično napetost. Enosmerna napetost ima stalno smer in velikost, označujemo jo s simbolom »–« in z oznako DC. Izmenična napetost spreminja velikost in smer, označujemo jo s simbolom »~« in oznako AC. Razen Italije, ki ima isto vrsto napetosti kot Slovenija DC 3 kV, imajo izmenični sistem Avstrija (15 kV, 16,67 Hz), Hrvaška in Madžarska (25 kV, 50 Hz). Te vrste napetosti se menjajo na mejni postaji Jesenice, Dobova in Hodoš, v tujini na postaji Špilje (A) in Šapjane (HR).



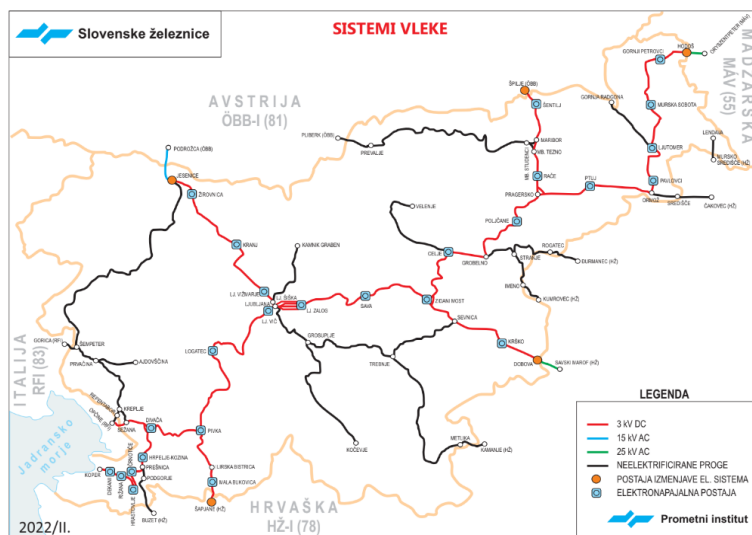
*Slika 2: Sistemi vleke v Evropi
(Vir: Wikipedia, b.l.)*

Izmenična napetost ima boljši funkcijski in stroškovni izkoristek kot enosmerna. Za želeno raven moči omogoča višja napetost nižji tok in boljšo učinkovitost. Tu so majhni padci napetosti na velikih razdaljah, zato je manjša potreba po elektro napajalnih postajah in inštalacijah na progi, kar pomeni nižje stroške vzdrževanja. Prednost je vračanje električne energije v omrežje, ki nastane pri električnem zaviranju vlakov. Edina slabost izmenične napetosti so visoka finančna vlaganja v izgradnjo sistema. Gradnja enosmernega sistema je cenejša kot pri izmeničnem sistemu, vendar je ob enosmernem sistemu večja potreba po napajalni opremi ob progi, zato so stroški vzdrževanja višji. Slabosti enosmerne napetosti so veliki padci napetosti na kratkih razdaljah, posledično sistem potrebuje pogostejše elektro napajalne postaje.

Vračanje energije pri električnem zaviranju v omrežje je omejeno na porabnike v bližini. Če porabnikov ni, se energija spremeni v toploto na uporih vlečnega vozila.

2.2.1 Sistem enosmerna napetost 3 kV

Železniško omrežje na ozemlju Slovenije je elektrificirano z enosmernim sistemom 3000 V. Od skupno 1208 km prog je elektrificiranih 609,7 km prog, od tega je 330,9 km dvotirnih in 278,8 km enotirnih prog. Stabilne naprave električne vleke sestavljajo železniški napajalni vodi, vozno omrežje, elektro napajalne postaje in sistem za daljinsko vodenje omrežja. Za zanesljivo napajanje celotnega omrežja skrbi 28 elektro napajalnih postaj.



*Slika 3: Zemljevid elektrifikacije
(Vir: SŽ Infrastruktura, 2025)*

2.2.2 Elektro napajalna postaja

Elektro napajalna postaja je elektroenergetski postroj, ki transformira izmenično napetost iz elektrogospodarskega omrežja na nižjo napetost in jo usmeri v enosmerno napetost, ter jo preko stikal dovaja na vozno mrežo. Poleg dovajana ustrezne električne napetosti za potrebe elektro vlečnih vozil je naloga ENP zaščita lastnih naprav in vozne mreže pred preobremenitvami in kratkimi stiki. Nazivna enosmerna napetost 3000 V je lahko s strani ENP 20 % višja in do 33 % nižja, kar pomeni napajanje od 2000 V do 3600 V. Zaradi vračanja električne energije v omrežje, ki nastane pri zaviranju elektro vlečnih vozil, se ta napetost kratkotrajno lahko poviša do 4000 V. ENP so priključene vzporedno, s tem zagotavljajo dvostransko napajanje voznega omrežja vlečnemu vozilu, ki je med njima. Enostransko napajanje je na delih

proge, kjer se ta sistem napetosti konča ali prekine zaradi vzdrževanja, posledica je slaba napetost ob večji obremenitvi omrežja.



*Slika 4: ENP Zidani Most
(Lastni vir)*

3 ŽELEZNIŠKA PREVOZNA SREDSTVA

Prevozna sredstva v železniškem prometu so vozila na tirih, ki jih razvrščamo v naslednje skupine:

- motorniki,
- vlečna vozila,
- vlečena vozila,
- vozila za posebne namene.

Motorniki so tirna vozila z lastnim pogonom, uporabljajo se za prevoz potnikov. Vlečna vozila oziroma lokomotive so tirna vozila z lastnim pogonom, uporabljajo se za vleko vlakov in premik. Vlečena vozila oziroma vagoni so tirna vozila brez pogona in se uporabljajo za prevoz blaga ali potnikov. Vozila za posebne namene so vozila z lastnim pogonom in brez lastnega pogona, namenjena za vzdrževanje železniške infrastrukture.

Vlečna prevozna sredstva (lokomotive) delimo glede na vrsto pogona:

- Parne lokomotive
- Dizelske lokomotive
- Električne lokomotive

Parne lokomotive delujejo na osnovi parnega stroja, s toploto se segreva voda v kotlu, nastajajoča para pod pritiskom premika mehanske dele za pogon koles. Dizelske lokomotive potrebujejo za delovanje plinsko olje, ki poganja vgrajen dizelski motor. Prenos energije je mehanski, preko kardanske osi je dizelski motor povezan z generatorjem, ki proizvaja električno energijo za vlečne elektromotorje na kolesnih dvojicah. Električne lokomotive zajemajo za svoje delovanje električno napetost iz visokonapetostnih kontaktnih vodov, ki so sestavni infrastrukturni del nad progo. Razlika med električnimi in dizelskimi lokomotivami je v dovodu elektrike, potrebne za pogon električnih vlečnih motorjev.

Glede na postavitev lokomotive v vlaku in njen namen se uporabljajo naslednji pojmi:

- vlakovna lokomotiva je tista lokomotiva, s katero je spet prvi vagon v vlaku;
- priprežna lokomotiva je lokomotiva na čelu vlaka, namenjena je za vlečno pomoč vlakovni lokomotivi ali za prevoz do določene postaje;
- doprežna lokomotiva se uporablja, ko so vlečne naprave vozil v vlaku zaradi profila proge (vzponi) in mase vlaka preobremenjene, ta lokomotiva je z zadnjim vagonom v vlaku speta zračno in mehansko, namenjena je za dodatno vleko (rinjenje) na določeni relaciji;

- vmesna lokomotiva je tista lokomotiva, ki je v vlak uvrščena med dvema vagonoma in se uporablja za potiskanje dela vlaka pred njo in za vleko dela vlaka za njo;
- premikalna lokomotiva je namenjena za premik na postajah, na katerih se opravlja stalni premik;
- vožnja lokomotiv v spregi pomeni sestav dveh ali več zaporedno spetih lokomotiv v vlaku, ki so uvrščene v vagonski vlak (na čelu vlaka ali na sklepu vlaka), pri čemer se vse lokomotive krmilijo iz upravljalne kabine prve lokomotive.

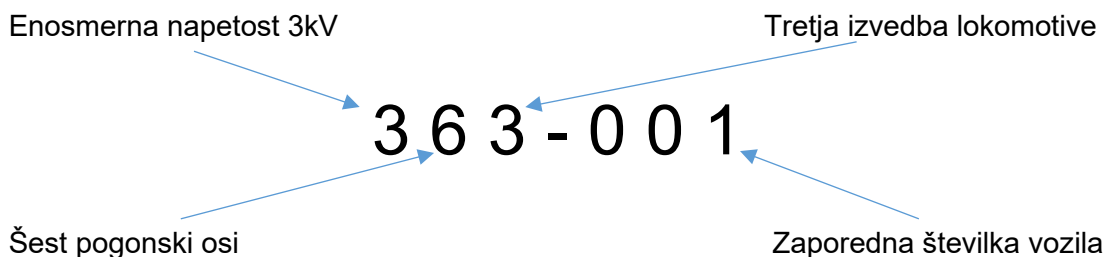
3.1 Označevanje vlečnih vozil na SŽ

Vlečna vozila označujemo s trimestno številko, ki ji sledi trimestna zaporedna številka vozila. Označevanje lokomotiv se razlikuje od označevanja motornih garnitur.

Prva številka predstavlja:

- **0** – parne lokomotive, ki 1. 1. 1959 niso bile starejše od 50 let
- **1** – parne lokomotive, ki so bile 1. 1. 1959 starejše od 50 let
- **2** – dvosistemska električna vlečna vozila
- **3** – električna vlečna vozila za enosmerno napetost 3kV (310, 312, 313, 342, 363)
- **4** – električna vlečna vozila za izmenično napetost 25kV/50Hz (441)
- **5** – električna vlečna vozila za druge sisteme napetosti (510, 541)
- **6** – dizelska vlečna vozila z električnem prenosom pogona (642, 643, 644, 661, 664)
- **7** – dizelska vlečna vozila s hidravličnem prenosom pogona (711, 713)
- **8** – dizelska vlečna vozila z mehanskim prenosom pogona (813)
- **9** – vozila za železniške potrebe (911, 915, 916)

Druga številka pri lokomotivah predstavlja število pogonskih osi. Tretja številka pomeni izvedbo lokomotive. Za tem sklopom številke se doda pomišljaj in se označi število iste serije lokomotive po vrsti.



3.2 Konstrukcijsko označevanje lastnosti vlečnih vozil

Označevanje števila prostih in pogonskih kolesnih dvojic, vrstni red, način vgradnje kolesnih dvojic v osnovne vozičke ter osne mase kolesnih dvojic. Proste kolesne dvojice vlečnih vozil so označene z arabskimi številkami, katerih vrednosti pomenijo število zaporednih prostih kolesnih dvojic:

- 1 – eno prosto kolesno dvojico
- 2 – dve prosti kolesni dvojici itd.

Pogonske kolesne dvojice vlečnih vozil so označene z velikimi črkami in so:

- brez indeksa 0 (ničla), če imajo skupni pogon
- z indeksom 0 (ničla), če imajo samostojni pogon.

Primer:

- Ao – ena pogonska kolesna dvojica
- B – dve pogonski kolesni dvojici s skupnim pogonom
- C – tri pogonske kolesne dvojice s skupnim pogonom
- Bo – dve pogonski kolesni dvojici; vsaka ima svoj pogon
- Co – tri pogonske kolesne dvojice; vsaka ima svoj pogon.

Če so posamezne kolesne dvojice ali njihove skupine vgrajene v osnovne vozičke ali so neodvisne od okvirja, se k označbi doda:

- ' – enojni opuščaj, če oznaka vsebuje samo eno številko ali črko
- () – oklepaj, če oznaka vsebuje več števil ali črk.

Primer:

- 1' – ena prosta kolesna dvojica, neodvisna od glavnega okvirja
- C' – tri od glavnega okvirja neodvisne skupno gnane kolesne dvojice
- (Ao1 Ao) – osnovni voziček z dvema pogonskima in eno prosto kolesno dvojico.

Vlečna vozila z več osnovnimi vozički imajo oznake za vsak posamezen voziček. Oznake lokomotiv na SŽ:

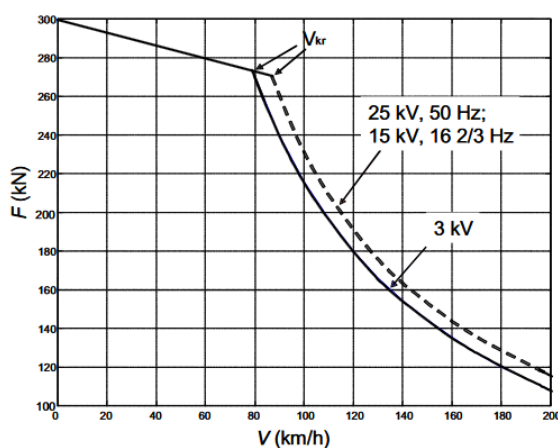
- 342 Bo'Bo'
- 363 C'C'
- 541 Bo'Bo'
- 732 C
- 642,643,646 Bo'Bo'
- 644 (Ao1Ao) (Ao1Ao)
- 661/664 Co'Co'.

3.3 Obremenitev lokomotiv

Največja obremenitev določene lokomotive nam pove, kolikšno maso lahko lokomotiva vleče pri različnih hitrostih, izračunana je za vsako vrsto lokomotiv in za določene odseke proge. Mejna obremenitev lokomotive je neposredno pogojena z dovoljeno natezno trdnostjo vlečnih naprav. Pri napravah z največjo natezno trdnostjo 850 kN je med vožnjo dovoljena največja vlečna sila na vlečnem kavljju 360 kN, pri speljavi pa do 450 kN. Ti podatki določajo konstrukcijske in varnostne omejitve pri sestavi vlakovnih kompozicij in operativnem delovanju lokomotive.

Grafični prikaz obremenitve lokomotive 541

Lokomotiva ima pri speljavi največjo vlečno silo 300 kN. Pri hitrosti 80 km/h v enosmernem sistemu ima lokomotiva 270 kN, v izmeničnem sistemu pa 265 kN vlečne sile pri 83 km/h. Obe hitrosti sta kritični pri največji vlečni sili, zato trajna vožnja pri tej hitrosti povzroča pregretje vlečnih motorjev (Cene, 2005).



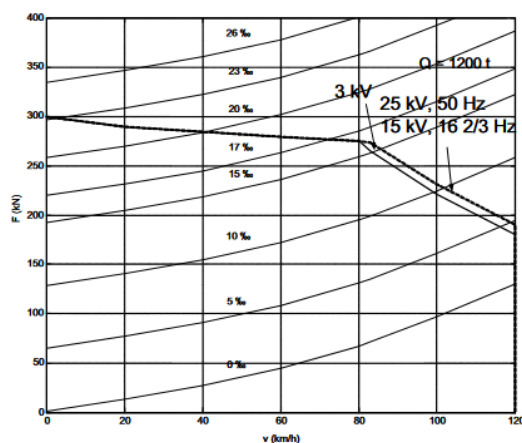
Slika 5: Vlečna karakteristika 541
(Vir: Cene, 2005)

Iz Slike 6 je razvidno, da lokomotiva na vzponu z 25 ‰ zmore vleči vlak z maso 800 t s hitrostjo 80 km/h. Najvišja hitrost na največjem vzponu je na odseku Koper–Prešnica omejena na 70 km/h, kar pomeni, da lokomotiva potrebuje manjšo vlečno silo od 270 kN in ne doseže kritične hitrosti (Cene, 2005).

VLEČNA SILA LOKOMOTIVE $F_v = 270 \text{ kN}$	$v = 80 \text{ km/h}$	VZPON PROGE V ‰	MASA VLAKA V t
		0	4428
		5	2394
		10	1624
		15	1219
		20	969
		25	800

Slika 6: Največje obremenitve 541 na vzponih
(Vir: Cene, 2005)

Najvišja hitrost na vzponu je določena s točko, kjer se križata vlečna karakteristika lokomotive in krivulja uporov. Slika 7 nam kaže, da lokomotiva lahko vleče vlak mase 1200 t s hitrostjo 70 km/h na vzponu 17 ‰. Na večjih vzponih zmogljivost lokomotive ni več zadostna za vleko enake mase, kar pa ustreza evropskim standardom, saj ti za novogradnje železniških prog predpisujejo največji vzpon proge 17 ‰ (Cene, 2005).



Slika 7: Vlečne karakteristike 541 z maso vlaka 1200 t
(Vir: Cene, 2005)

4 INTEROPERABILNOST V ŽELEZNIŠKEM PROMETU

Interoperabilnost v železniškem prometu pomeni zmožnost železniškega sistema, da zagotavlja varen in neprekinjen promet vlakov ob zahtevani stopnji izkoriščenosti zmogljivosti. Problem različnih sistemov napetosti in nacionalnih sistemov za nadzor in vodenje vlakov v vsaki državi predstavlja ozko grlo za hitro odvijanje železniškega prometa. Več kot 20 različnih nacionalnih sistemov držav članic EU onemogoča neprekinjen čezmejni železniški promet, saj je zaradi tega treba menjati lokomotivo ali na lokomotivo vgraditi drage nacionalne sisteme.

Direktive EU uveljavljajo enotne predpise za uvedbo varnostnih naprav, gradnje infrastrukture in zasnove vlečnih in vlečenih železniških vozil. Razvoj in vgradnja enotnega varnostnega sistema ETCS omogoča čezmejni železniški promet brez ustavljanja vlakov na meji, kar pomeni dodatno konkurenčno sposobnost v železniškem prometu ter prispeva k nižjim stroškom in zmanjšanju potovalnega časa.

4.1 Železniški paketi EU

Z namenom razviti enotno evropsko železniško območje je Evropska unija med letoma 2001 in 2016 sprejela štiri zakonodajne pakete. Cilj paketov je postopno odpiranje železniških trgov konkurenci in zagotavljanje interoperabilnosti nacionalnih železniških sistemov. Železniški paketi vsebujejo uredbe in direktive, v katerih so vpisani pogoji, ki jih je treba izpolniti za uresničitev interoperabilnosti znotraj železniškega sistema EU.

Direktive opredeljujejo funkcionalne in strukturne podsisteme, katerih cilj je izboljšati, olajšati in razviti storitve železniškega prometa v EU z državami, ki niso članice EU. Predpisi tako narekujejo prehod na učinkovitejše vrste prometa in dokončanje enotnega evropskega železniškega območja.

4.1.1 Direktiva 2016/797

Direktiva se uporablja za železniške sisteme v državah članicah EU in vključuje:

- vozila in infrastrukturo
- energijo
- signalizacijo in telematske aplikacije (npr. sistem za prodajo vozovnic) za tovorni in potniški promet
- dostopnost za osebe z omejeno mobilnostjo
- težave s hrupom.

Direktiva določa pogoje in zahteve, povezane z:

- zasnovno, gradnjo, začetkom obratovanja, nadgradnjo, obnovo, delovanjem in vzdrževanjem delov sistema;
- poklicno kvalifikacijo in zdravstvenimi ter varnostnimi pogoji osebja, ki skrbi za obratovanje in vzdrževanje;
- varnostjo (npr. deli, kot so zavore);
- zanesljivostjo in razpoložljivostjo (npr. spremljanje in vzdrževanje bistvenih delov);
- zdravjem ljudi in zaščito okolja;
- tehničnimi skladnostmi in delovanjem sistema;
- TSI za vsak podsistem ali del podsistema;
- dokumenti in povezanimi standardi EU, ki dovoljujejo vključenim organom, da dokažejo izpolnjevanje osnovnih zahtev in tehničnih specifikacij za interoperabilnost.

Predpisane tehnične smernice za posamezne podsisteme predstavljajo osnovo za proizvajalce opreme in infrastrukture železniškega prometa, da načrtujejo in proizvajajo svoje proizvode skladno z zahtevami, ki so enotne v EU.

4.2 Sistem ERTMS

Namen evropskega sistema za upravljanje železniškega prometa (ERTMS) je nadomestiti obstoječe nezdružljive nacionalne sisteme za nadzor in vodenje vlakov v Evropi. To pomeni izgradnjo in vzpostavitev enotnega in standardiziranega podsistema, ki zagotavlja interoperabilnost signalizacije in komunikacij na evropskih železniških omrežjih.

ERTMS je sestavljen iz treh sistemov:

- Evropski sistem za nadzor vlakov (ETCS) je oprema v kabini, ki nadzoruje gibanje in ustavljanje vlaka na podlagi največjih dovoljenih hitrosti na različnih odsekih proge. ETCS sprejema informacije s proge z eurobalizami ali radijskimi signali, jih izračuna ter posreduje strojevodji v DMI. Vmesnik DMI prikaže hitrost in obvestila, ki jih strojevodja ročno potrdi.
- Samodejno upravljanje vlaka (ATO) je tretja nadgradnja ERTMS, ki avtomatizira delovanje vlaka do druge stopnje avtomatizacije (GoA2). ATO z GoA2 skupaj opravljata vožnjo in ustavitev vlaka, spremljata gibanje vlaka in omejitve hitrosti na progi s pomočjo sistema ETCS. Sistem ATP je samodejna zaščita vlaka, ki ustavi vlak v primeru neodzivnosti strojevodje.
- Železniški mobilni radio omogoča komunikacijo med vlakom in centrom za vodenje prometa z uporabo:

- GSM-R, ki temelji na mobilni tehnologiji GSM in uporablja frekvenčne pasove;
- FRMCS, ki je naslednik GSM-R in temelji na tehnologiji 5G.

4.2.1 Sistem ETCS

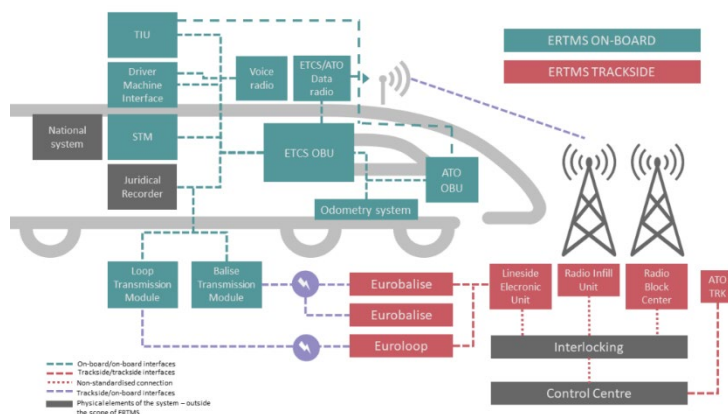
Evropski sistem za nadzor vlakov (European Train Control System-ETCS) je en od ukrepov za zagotavljanje interoperabilnosti evropskega železniškega omrežja. To pomeni zagotavljanje enakih prevoznih standardov, kot so osna obremenitev, prosti profil, vozna mreža, operativno vodenje železniškega prometa in poenotenje tehničnih sredstev za nadzor in vodenje vlakov. Sistema ETCS in GSM-R sta med seboj povezana, omogočata sprejem podatkov direktno s proge in z radijsko povezavo med vozilom in centrom za vodenjem prometa (CVP). Sistem ETCS je sestavljen iz podsistema na progi in podsistema na vozilu.

Komponente podsistema na progi:

- Radio Block centri (RBC)
- Zanka (Euroloop)
- Radio Infill enote
- Signali ob progi
- Baliza (Eurobalize)
- Elektronske progovne enote (LEU)
- Omrežje za radijsko komunikacijo (GSM-R)

Komponente podsistema na vozilu:

- ERTMS / ETCS
- GSM-R oprema za ETCS



*Slika 8: Sistem ERTMS
(Vir: European commission, 2025)*

Nivoji ETCS

Evropski sistem za nadzor vlakov (ETCS) je namenjen vzpostavitvi interoperabilnega železniškega prometa znotraj evropskega omrežja. Sistem omogoča različne nivoje uporabe, katerih uvedbo in konfiguracijo določi upravljalec infrastrukture glede na tehnične zmožljivosti in operativne zahteve določene proge. Nivoji uporabe ETCS se razlikujejo glede na vrsto uporabljene opreme ob progi in način prenosa informacij. Vsak nivo omogoča specifično delovanje sistema, odvisno od stopnje avtomatizacije in komunikacijske podpore, kar vpliva na varnost in učinkovitost železniškega prometa.

Funkcionalni nivoji ETCS:

- Nivo 0 – uporablja se za vlake, opremljene z ETCS, ki vozijo na neopremljenih progah.
- Nivo SMT – namenjen je vlakom, opremljenim z ETCS, ki vozijo po progah, opremljenih z nacionalnim sistemom.
- Nivo 1 – vlak, opremljen z ETCS; med vlakom in progo poteka neprekinjena komunikacija, ki vključuje stalen nadzor vlaka običajno prek sistema eurobaliz.
- Nivo 2, združen z nivojem 3 – vlak, opremljen z ETCS, vključuje stalen nadzor vožnje vlaka s stalno komunikacijo med vlakom in progo. Nivo 3 je bil leta 2023 združen z nivojem 2 in pomeni dodatno samostojno komunikacijo, ki se opravlja na samem vozilu. Signali ob progi v tem nivoju niso potrebni, ugotavljanje lokacije vlaka in preverjanje celovitosti pa se izvaja z opremo ob progi zunaj področja uporabe ERTMS. Rezultati te izboljšave so povečana zmožljivost, zmanjšani stroški z odpravo opreme ob progi za zaznavanje vlakov in povečana učinkovitost zaradi povečane avtomatizacije.

Glavne funkcije podsistema ETCS na vlakcu so:

- signalizacija strojevodji v kabini;
- pošiljanje lokacije vozila;
- nadzor dejanske in dovoljene hitrosti ter nadzor zaviranja;
- posredovanje sistema k zaviranju in zaustavitvi v sili;
- sprejemanje dovoljenj za vožnjo in opis proge preko radia in eurobaliza;
- izračun hitrostnega profila glede na značilnosti vlaka;
- izbira omejujočih vrednosti različnih dovoljenj hitrosti za prihajajoči odsek proge.

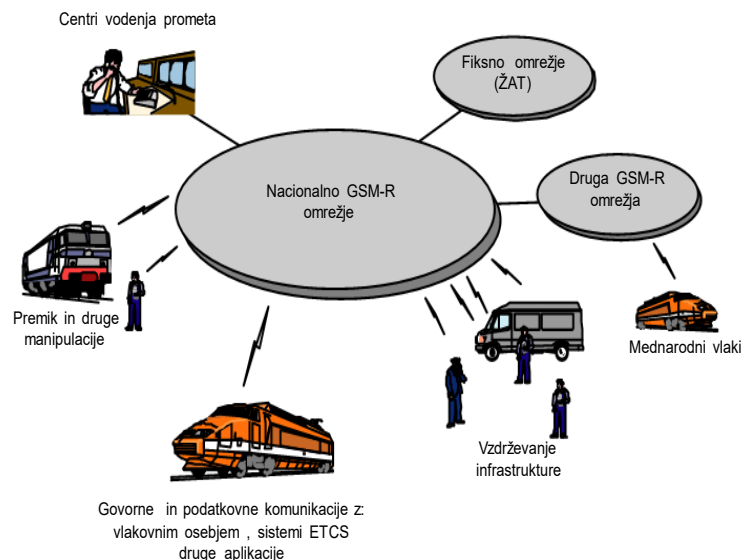
4.2.2 Podsystem ERTMS v strojevodski kabini

Posluževanje ETCS v strojevodski kabini je izvedeno preko monitorja DMI, ki je vmesnik med strojevodjo in ETCS. To je zaslon na dotik, ki prikazuje nadzorne in prikazovalne funkcije. Strojvodji omogoča vnos podatkov (identiteto strojevodje, številko vlaka, najvišjo hitrost, maso in dolžino vlaka) in vizualizira izhodne podatke (hitrost, razdaljo, aktualna obvestila). Zaslon omogoča kabinsko signalizacijo, preko katere strojevodja sprejema informacije in potrdi obvestila sistema ERTMS. Z vnosom podatkov je podsystem ETCS na vozilu pripravljen.



*Slika 9: Zaslon DMI
(Lastni vir)*

Globalno mobilni radijsko komunikacijski sistem (GSM-R) je sistem za sprejem in oddajo glasovnih in podatkovnih sporočil. Je prilagojen sistem mobilnega omrežja. Namenjen je samo za uporabo v železniškem prometu. Poleg govorne komunikacije se sistem uporablja za dvosmerno komunikacijo s podsistemi na vozilu in podsistemi na progi. GSM-R je zamenjal različne stare analogne komunikacijske sisteme (RDZ, UKV) in je enotni komunikacijski sistem povezovanja različnih služb znotraj sistema.



*Slika 10: Funkcionalnost sistema GSM-R
(Vir: Slovenske Železnice d.o.o., 2010)*

5 ŽELEZNIŠKI TOVORNI KORIDORJI

Cilj Evropske unije, določen v beli knjigi, je, da bi se do leta 2050 vsaj 50 % cestnega tovornega prometa z relacijo več kot 300 km preusmerilo na železniški ali vodni promet. Uredba EU iz leta 2010 zahteva od držav članic vzpostavitev železniških tovornih koridorjev (Rail Freight Coridor – RFC) za okrepitev mednarodnega železniškega tovornega prometa in spodbujanje trajne mobilnosti. Do leta 2025 jim je uspelo vzpostaviti 11 železniških koridorjev.

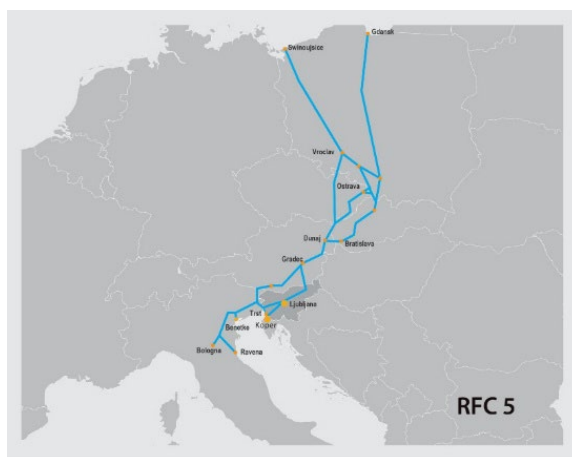
Slovensko železniško omrežje leži na pomembnem strateškem križišču vseevropskih železniških koridorjev. Skozi Slovenijo potekata dva multimodalna jedrna koridorja in štirje koridorji konkurenčnega tovornega prometa. Vse proge javne železniške infrastrukture, ki so del koridorjev, so elektrificirane in kategorizirane z oznako D3, dovoljena osna obremenitev 22,5 t/os. JŽI v Sloveniji je v fazi obnove in nadgradnje. Zaradi slabe infrastrukture je pretočnost vlakov nizka in nastajajo zamude. Če do bistvenih izboljšav ne bo prišlo pravočasno, obstaja nevarnost, da se bo tovorni promet preusmeril na konkurenčne mednarodne koridorje, kar bi lahko dolgoročno oslabilo Slovenijo kot logistično tranzitno državo.

Namen in cilj vzpostavljenih koridorjev je:

- okrepiti sodelovanje med upravljavci infrastrukture pri ključnih vidikih poslovanja, kot je dodeljevanje vlakovnih poti;
- uveljaviti interoperabilne sisteme za razvoj infrastrukture;
- zagotoviti ravnovesje med tovornim in potniškim prometom;
- promovirati intermodalnosti med železnico in drugimi oblikami transporta;
- integracija v vseevropsko prometno omrežje (TEN-T) in evropski sistem za upravljanje prometa (ERMTS);
- povečanje konkurenčnosti in kakovosti mednarodnega železniškega sektorja;
- zagotoviti točnost tovornih vlakov in zmogljivost tovornega prometa za potrebe trga.

5.1 Baltsko-jadranski tovorni koridor RFC 5

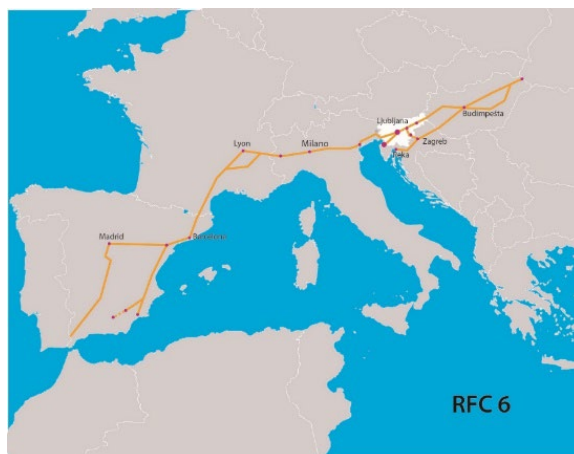
Železniška povezava s 5200 km prog povezuje Baltsko in Jadransko morje z pristanišči in terminali med državami, ki nimajo dostopa do morja. Koridor je povezal severno in južno Evropo in poteka skozi 6 držav članic: Poljska, Češka, Slovaška, Avstrija, Slovenija in Italija (relacija Šwinoujście/Gdynia–Katowice–Ostrava/Žilina–Bratislava/Dunaj/Celovec–Videm–Benetke/Trst/Bologna/Ravenna/Gradec–Maribor–Ljubljana–Koper/Trst).



*Slika 11: Baltsko-jadranski koridor
(Vir: SŽ Infrastruktura, 2025)*

5.2 Sredozemski tovorni koridor RFC 6

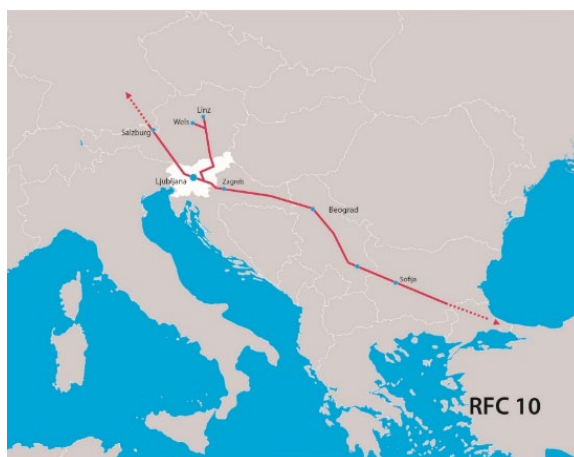
Za Luko Koper in Slovenske železnice najpomembnejši koridor, po njem se prevozi največ kombiniranega tovora (kontejnerjev) iz Slovenije za Madžarsko. Na sredozemski koridor se povezuje osem koridorjev, zato omogoča direkten prevoz tovornih vlakov med Evropo in Azijo in je najpomembnejša železniška povezava med zahodom in vzhodom. Koridor prečka 6 držav članic: Španijo, Francijo, Italijo, Slovenijo, Hrvaško in Madžarsko (relacija Almeria–Valencia/Algeciras/Madrid–Zaragoza/Barcelona–Marseille–Lyon–Torino–Milano–Verona–Padova/Benetke–Trst/Koper–Ljubljana/Reka–Zagreb–Budimpešta–Záhony); na skupni razdalji 7000 km železniških prog povezuje preko 100 terminalov in 10 pristanišč.



*Slika 12: Mediteranski koridor
(Vir: SŽ Infrastruktura, 2025)*

5.3 Alpsko-zahodno balkanski tovorni koridor RFC 10

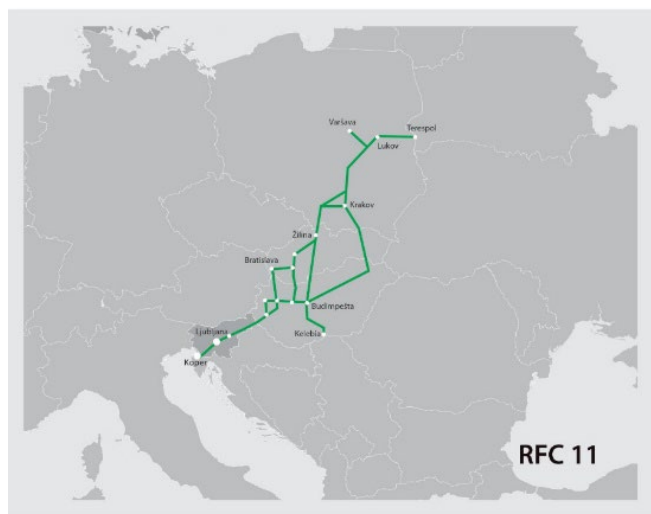
Nastanek koridorja temelji na povezavi evropskih držav z državami nečlanic zahodnega Balkana in omogoča neposredno povezavo med zahodno in severno Evropo s Turčijo. Koridor poteka skozi Avstrijo, Slovenijo, Hrvaško, Srbijo in Bolgarijo (relacija Salzburg–Beljak–Ljubljana/Wels/Linz–Gradec–Maribor–Zagreb–Vinkovci/Vukovar–Tovarnik–Beograd–Sofija–Svilengrad) s skupno dolžino 2114 km glavnih in 31 km povezovalnih prog, ter zajema 21 intermodalnih terminalov in 12 ranžirnih postaj.



*Slika 13: Koridor Alpe–Zahodni Balkan
(Vir: SŽ Infrastruktura, 2025)*

5.4 Jantarni tovorni koridor RFC 11

Vzpostavitev jantarnega koridorja je povežalo vzhodno mejo EU z Jadranskim morjem in zagotavlja povezavo do širokotirnega azijskega železniškega omrežja. Koridor poteka skozi 4 države članice EU: Slovenijo, Madžarsko, Slovaško in Poljsko (relacija Koper–Ljubljana–Zalaszentiván–Sopron/Csorna–Kelebia–Budimpešta/Komárom–Leopoldov/Rajka–Bratislava–Žilina–Katowice/Krakov–Varšava/Łuków–Terespol); skupaj več kot 3000 km železniških prog povezuje 27 terminalov in 1 pristanišče.



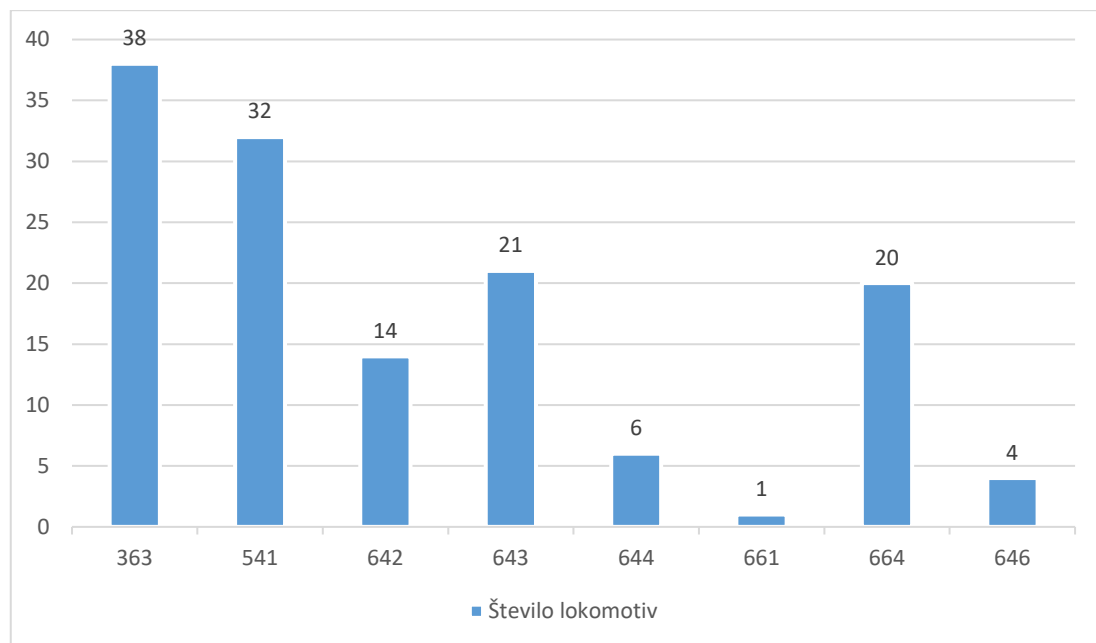
*Slika 14: Jantarni koridor
(Vir: SŽ Infrastruktura, 2025)*

6 PREDSTAVITEV PODJETJA SŽ-TOVORNI PROMET

Podjetje Slovenske železnice – Tovorni promet je v Sloveniji največji in vodilni prevoznik v železniškem prometu s ciljem postati vodilni logist na območju jugovzhodne Evrope. SŽ-TP je v lasti podjetja Slovenske železnice s poslovnim deležem 51 %, ostalih 49 % je delež družbe EP logistika. Vstop strateškega partnerja EP logistika je omogočil dodatna vlaganja v družbo, preusmeritev blagovnih tokov na železniške koridorje skozi Slovenijo in širitev ponudbe na tujih trgih. Nakup novih lokomotiv in vagonov bo omogočil še večje povezovanje z logističnimi podjetji v tujini. Osnovna dejavnost podjetja je logistična storitev prevoza vagonov za različne vrste tovora (sipki, razsuti, tekoči, avtomobili), v kombiniranem prometu pa prevoz kontejnerjev in tovornjakov. Podjetje kot prevoznik opravlja prevoz tovora v Avstriji in na Hrvaškem z lastnimi lokomotivami in zaposlenimi strojevodji, ki imajo certifikate in dovoljenja za opravljanje prevoza. Za potrebe dodatnih lokomotiv ima podjetje v najemu večsistemske lokomotive Siemens Vectron. Število najetih lokomotiv je variabilno, saj se osredotoča na potrebe prevoznika in podpisane pogodbe za najem.

6.1 Vozni park

Podjetje SŽ-TP je lastnik 70 električnih lokomotiv in 65 dizelskih lokomotiv za opravljanje dejavnosti vleke tovornih vlakov, nabiralnih vlakov in za opravljanje premika na ranžirnih postajah. Povprečna starost vseh lokomotiv v voznom parku je 40 let, kar pomeni, da je vozni park zastarel in je potrebna zamenjava starejših in iztrošenih lokomotiv. Povprečna starost dizelskih lokomotiv je 42 let, električnih pa 35 let.



*Slika 15: Številčni prikaz lokomotiv po serijah
(Lastni vir)*

6.2 Lokomotiva serije 642 in 643

Dizelske lokomotive serije 642 in 643 so bile izdelane v francoskem podjetju *Brissoneaz et Lotz* in jugoslovanskem podjetju *Đuro Đaković*. Lokomotiva je štiriosna vsaka os je gnana zase. Seriji sta identični, z največjo razliko v moči motorja serije 643, ki ji omogoča vgrajen turbinski polnilnik za prehranjevanje motorja s hladnim zrakom. Lokomotive so namenjene opravljanju premikalnih del na postaji in vleki lažjih tovornih vlakov. Posodobitev serije 642/643 se izvaja od leta 2019 in zajema remotornizacijo vseh sklopov v lokomotivi za optimalno delovanje (motor, generator, pnevmatski in zavorni sistem, itd.), ter doseganje varnostnih in emisijskih standardov.

Serijska	642	643	642/643 NRE
Leto izdelave	1961–1972	1967–1978	2019
Razporeditev osi	Bo'Bo'	Bo'Bo'	Bo'Bo'
Moč motorja	606 kW	680 kW	690 kW
Trajni tok	2x325 A	2x325 A	2x325 A
Vlečna moč	550 kW	625 kW	625 kW
Trajna moč na kolesih	440 kW	480 kW	480 kW
Napetost baterij	72 V in 24 V	72 in 24 V	72 in 24 V
Širina	2940 mm	2940 mm	2940 mm
Višina	4005 mm	4005 mm	4005 mm
Dolžina med odbojniki	14700 mm	14700 mm	14700 mm
Lastna teža	64 t	66 t	66 t
Dolžinska masa	4,4 t/os	4,5 t/os	4,5 t/os
Oсна obremenitev	16 t/os	16,5 t/os	16,5 t/os
Premer novih koles	1100 mm	1100 mm	1100 mm
Rezervoar za gorivo	4700 l	4700 l	3000 l
Najnižja trajna hitrost	17 km/h	17 km/h	17 km/h
Najvišja hitrost	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Minimalni polmer loka	55 m	55 m	55 m
Minimalni polmer na drči	250 m	250 m	250 m

*Tabela 2: Glavne karakteristike 643/643/NRE
(Vir: Priročnik za 642/643/NRE, 2007 in 2020)*



*Slika 16: Dizelska lokomotiva 643
(Lastni vir)*

6.3 Lokomotiva serije 661, 644 in 664

Serijska 661 je proizvedena v ameriškem podjetju General Motors, dobavljena je bila kot vojna pomoč Jugoslaviji in posodobitev voznega parka za zamenjavo parne vleke. Dizelska lokomotiva je šestosna; vsaka os je gnana zase. Lokomotiva se uporablja za premik in vleko tovornih vlakov. Trenutno je aktivna samo ena lokomotiva z oznako 661-032.



*Slika 17: Dizelska lokomotiva 661
(Vir: World Railways, 2015)*

Serijska 644 je po licenci General Motors izdelana v španskem podjetju Macosa. Posebnost te šestosne dizelske lokomotive sta dve prosti osi, s katerima se regulira osni pritisk (15t/os ali 18t/os), ostale štiri osi so pogonske in vsaka je gnana zase. Namen in uporaba lokomotive: premik in vožnja lažjih tovornih vlakov po progah, ki imajo manjšo osno obremenitev.



*Slika 18: Dizelska lokomotiva 644
(Lastni vir)*

Serija 664 je izdelana po licenci General Motors, v jugoslovanskem podjetju Đuro Đaković, in je v voznem parku najmočnejša dizelska lokomotiva. Lokomotiva je šestosna, vsaka os je gnana zase in se uporablja za premik in vleko težkih tovornih vlakov. Uporablja se tudi za potniške vlake, ker ima vgrajen katogenerator za električno ogrevanje vlaka.



*Slika 19: Dizelska lokomotiva 664
(Lastni vir)*

Serijska lokomotiva	661	664	664
Leto izdelave	1961–1973	1973–1974	1984–1986
Razporeditev osi	Co'Co'	Ao1Ao' Ao1Ao'	Co'Co'
Moč motorja	1435 kW	1210 kW	1640 kW
Trajni tok	2x1200 A	2x900 A	3x800 A
Vlečna moč	1342 kW	1100 kW	1490 kW
Trajna moč na kolesih	1060 kW	900 kW	1275 kW
Napetost baterij	64 V	64 V	64 V
Širina	2819 mm	2744 mm	2972 mm
Višina	3960 mm	3880 mm	4191 mm
Dolžina med odbojniki	18500 mm	16800 mm	19300 mm
Lastna teža	108,7 t	90 t	113 t
Dolžinska masa	5,8 t/os	5,4 t/os	5,9 t/os
Osna obremenitev	18,7 t/os	15–18 t/os	18,8 t/os
Premer novih koles	1016 mm	1016 mm pogonska os / 838 mm prosta os	1016 mm
Rezervoar za gorivo	3029 l	6800 l	4540 l
Najnižja trajna hitrost	27 km/h	27 km/h	27 km/h
Najvišja hitrost	114 km/h	80 km/h	105 km/h
Minimalni polmer loka	80 m	60 m	80 m
Minimalni polmer na drči	217 m	200 m	220 m

*Tabela 3: Glavne karakteristike 661/644/664
(Vir: Priročniki za 661/644/664, 2007)*

Skupni imenovalec dizelskih lokomotiv je ameriško podjetje General Motors in dvojna zasedba strojevodij, ki je potrebna zaradi konstrukcijskih lastnosti vozila.

6.4 Lokomotive serije 646

Nove zmogljivejše dizelske lokomotive češkega proizvajalca CZ LOKO so dobavljene za zamenjavo serije 642/643 na ranžirni postaji Koper tovarna. Lokomotive so štiriosne, vsaka os je pogonska in gnana zase, namenjena je za premik in vožnjo lažjih tovornih vlakov. Izpolnjujejo standarde TSI, so tišje in energetsko učinkovitejše.

Prednosti lokomotive so:

- sodoben dizelski motor;
- modularna zasnova za nadgradnjo;
- daljinsko krmiljenje;
- energetsko učinkovitejše delovanje.

Serija 646	
Leto izdelave	2020
Razporeditev osi	Bo'Bo'
Moč motorja	895 kW
Trajna moč na kolesih	700 kW
Maksimalna vlečna sila	262 kN
Napetost baterij	24 V
Širina	3060 mm
Višina	4280 mm
Dolžina med odbojniki	16400 mm
Lastna teža	80 t
Dolžinska masa	5,5 t/m
Osna obremenitev	20 t/os
Premer novih koles	1100 mm
Rezervoar za gorivo	4200 l
Najvišja hitrost	100 km/h
Minimalni polmer loka	80 m
Minimalni polmer na drči	/

*Tabela 4: Glavne karakteristike 646
(Lastni vir)*



*Slika 20: Dizelska lokomotiva 646
(Vir: Igor Ličen, 2020)*

6.5 Lokomotiva serije 363

Za potrebe vleke tovornih in potniških vlakov so bile dobavljene med leti 1975 in 1977 lokomotive serije 363 francoskega proizvajalca Alsthom. Skupaj 39 lokomotiv, z dodatno za rezervne dele. Ena lokomotiva je zgorela v železniški nesreči leta 1977, od takrat je v službi 38 lokomotiv. To je največja flota lokomotiv v voznem parku. Lokomotiva ima dva podstavna vozička, en podstavni voziček ima tri pogonske osi s skupnim pogonom. Lokomotiva je enosistemska, zasnovana je za enosmerno napetost DC 3kV. Posebnost na lokomotivi je mehanski reduktor, ki omogoča izbiro vlečne sile glede na vrsto vlaka. V potniški prestavi ima lokomotiva nižjo vlečno silo in najvišjo končno hitrost 125 km/h, v tovorni prestavi pa največjo vlečno silo in končno hitrost 75km/h.

Serija 363		
Razporeditev osi		C`C`
Nazivna napetost		3000 V
Nazivna napetost za pomožne naprave		120 V
Nazivna napetost baterij		72 V
Lastna teža vozila		115 t
Osna obremenitev		19,2 t
Dolžina med odbojniki		20100 mm
Širina		3058 mm
Premer novih koles		1100 mm
Maksimalna hitrost	Potniška prestava	125 km/h
	Tovorna prestava	75 km/h
Minimalna trajna hitrost	Potniška prestava	63 km/h
	Tovorna prestava	37,5 km/h
Vlečna sila pri minimalni/ maksimalni trajni hitrosti	Potniška prestava	154 kN / 52 kN
	Tovorna prestava	258 kN / 86 kN
Trajni tok vlečnega motorja		495 A
Enourni tok		520 A
Polurni tok		550 A
Trajna moč na pogonskih kolesih		2750 kW

*Tabela 5: Glavne karakteristike 363
(Vir: Priročnik 363, 2006)*



*Slika 21: Električna lokomotiva 363
(Lastni vir)*

6.5.1 Mehanska zasnova lokomotive

Lokomotiva je sestavljena iz koša, strehe in dveh podstavnih vozičkov. Koš je enotna varjena konstrukcija, sestavljena iz glavnega nosilca, nosilnega poda, dveh stranskih sten strojnice ter dveh strojevodskih kabin. V strojnici so centralni blok, kompresor, zavorni blok PBL-2 in dva ventilatorja za hlajenje vlečnih motorjev. Streha lokomotive je sestavljena iz petih pločevinastih segmentov. Zunanja strešna segmenta sta nad strojevodskima kabinama, za njima sta vgrajena odjemnika toka in prenapetostna odvodnika, na sredinskem strešnem segmentu so postavljene žaluzije za izstop zraka hlajenih uporov in prenapetostna zaščita. Koš se upira preko osmih blokov iz gume, na okvir podstavnih vozičkov in je povezan s podstavnimi vozički preko drogov nizke vleke, ki prenaša vlečno in zavorno silo. Pod košem med podstavnima vozičkoma so nameščeni induktivni šenti, rezervoarja za zrak, pretvornik in balastna utež.

Podstavni voziček je varjena konstrukcija škatlaste oblike, zgoraj so pritrjeni vlečni motor, stranski reduktor, Citroenova sklopka in reduktor za izbiro vleke. Stranski reduktor prenaša vrtilni moment od vlečnega motorja do Citroenove sklopke. Na gredi rotorja vlečnega motorja je navlečena polovica Citroenove sklopke, druga polovica je navlečena na vstopno gred reduktorja za izbiro vleke. Na spodnjem delu vozička je ohišje glavnega reduktorja. Zavorni bloki kolesnih dvojic P60 so pritrjeni na zunanjo vzdolžno nosilca okvirja podstavnega vozička. Diagonalno na vsaki strani podstavnega vozička sta nameščena dva hidravlična amortizerja, vpeta med koš in okvir, da omejujeta sunkovito gibanje podstavnega vozička. Kolesno dvojico sestavljajo gred, dve kolesni plošči v monoblok izvedbi, Alsthomova sklopka, votla gred z zobnikom in dveh drsnih ležajev. Votla gred z zobnikom je vležajena preko dveh drsnih ležajev. Na koncu votle gredi je prirobnica, povezana z Alsthomovo sklopko.



*Slika 22: Podstavni voziček 363
(Lastni vir)*

6.5.2 Reduktor za izbiro vrste vleke

Reduktor za izbiro vleke je element prenosa vrtilnega momenta in služi za izbiro ustrezne prestave glede na želeno hitrost in vlečno silo. Za izbiro položaja se uporabi ročico zračnega valja, ki potisne reduktor izbire vleke in ročico mehanskega zapaha za pritrditev položaja.

Reduktor za izbiro vleke ima tri položaje:

- Tovorna – v tem položaju se povečata vlečna sila in najvišja hitrost na 75 km/h.
- Nevtralno – v tem položaju se prekine mehanska povezava med zobniki.
- Potniška – v tem položaju se poviša maksimalna hitrost na 125 km/h.

6.5.3 Prenos vrtilnega momenta in vlečne sile

Vrtilni moment nastane v rotorju vlečnega motorja. Prenaša se preko stranskega reduktorja na Citroenovo sklopko in naprej na reduktor za izbiro vleke. Iz reduktorja izbire vleke se vrtilni moment prenaša preko glavnega reduktorja na votlo gred kolesne dvojice in preko Alsthomove sklopke na eno kolesno ploščo kolesne dvojice ter preko gredi na drugo kolesno ploščo.

6.5.4 Oprema z zrakom in zavorni sistem

V opremo za oskrbo lokomotive s komprimiranim zrakom sodijo: dvostopenjski batni kompresor, sušilna naprava, dve 500 litrski posodi in pomožni kompresor. Z zrakom se poleg zavore oskrbujejo še odjemniki toka, glavno stikalo, sirena, mazanje vencev, peskanje, elektropnevmatski ventili itd.

Zavorni sistem na lokomotivi tvorijo blok PBL-2, na enem mestu nameščeni ventili, membrane, razporedniki, pipe za izločevanje itd.

Lokomotiva ima poleg električne zavore še tri vrste zavor:

- posredna zračna zavora za vlak;
- neposredna zračna zavora za lokomotivo in
- žična parkirna zavora.

6.5.5 Električni del

Visokonapetostni elementi lokomotive so odjemniki toka, centralni blok, vlečna motorja in pretvornik MA-EX-GA. Z nizko napetostjo se napajajo pomožne naprave in elementi za upravljanje lokomotive. Centralni blok je v strojnici lokomotive, ki je zaklenjen v varnostno blokirano napravo, da med delovanjem lokomotive ščiti osebe pred visoko napetostjo. V centralnem bloku so nameščene naslednje visoko in nizkonapetostne komponente: zagonski upori, kontaktorji, upori pretvornika, kombinatorji za vleko/zaviranje TR30/31 in smer vožnje J20, ločilec VM HM50, ventilatorji uporov, servomotor za vleko in servomotor za električno zaviranje, naprava za ozemljitev, releji, varovalke, glavni odklopnik DJ.



*Slika 23: Centralni blok
(Lastni vir)*

6.5.6 Vlečni motor in pretvornik

Vlečni motor je polnokompenziran enosmerni elektromotor. Sestavljen je iz dveh motorjev na isti osi s kolektorjema v sredini med rotorjema. Izolacija vlečnega motorja je razred H, ki dopušča maksimalno temperaturo 180 °C.



*Slika 24: Vlečni motor (levo) in pretvornik (desno)
(Lastni vir)*

Pretvornik MA-EX-GA je sestavljen iz treh segmentov:

- motorja MA,
- vzbujačnika EX in
- generatorja GA.

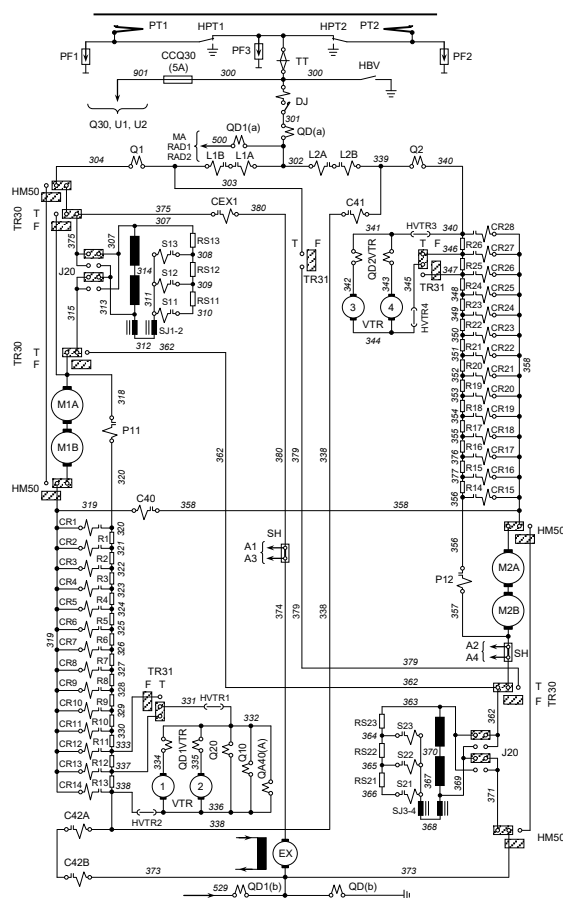
Vsi trije segmenti pretvornika so na isti osi, motor je napajan z DC 3 kV, ki poganja vzbujačnik in generator. Vzbujačnik se uporablja pri električnem uporovnem zaviranju za vzbujanje vlečnih motorjev, z vzbujačnim tokom skozi statorje se regulira zavorna sila. Vlečna motorja delujeta kot generatorja in generirata električno energijo, ki se pretvori v toploto na zagonskih uporih. Hlajenje uporov uravnava z ventilacija glede na padec napetosti na zadnjih dveh uporih (večji je tok, močnejša je intenzivnost hlajenja). Generator proizvaja izhodno napetost 120 V za napajanje pomožnih naprav (kompresor, ventilacija za hlajenje vlečnih motorjev, itd). Znižana napetost 72 V je potrebna za polnjenje baterij in krmiljenje nizkonapetostnih elementov (servomotor, napajanje pnevmatskih ventilov, osvetlitev, itd)

Vlečni motor – tip TT 668 A2	
Število glavnih polov	6
Število pomožnih polov	6
Moč	2 x 687 kW
Teža / brez zobnika	7150 / 3100 kg
Motor pretvornika MA - tip AM 232 A2	
Nazivna napetost	2900 V
Nazivna jakost	40 A
Nazivna moč	100 kW
Vzbujalnik EX – tip AE 233 B1	
Nazivna napetost	75V
Nazivna jakost	350 A
Nazivna moč	26,5 kW
Generator GA – tip 847 B1	
Nazivna napetost	120 V
Nazivna jakost	42 A
Nazivna moč	50, 5 kW

*Tabela 6: Karakteristike vlečnega motorja in pretvornika
(Vir: Piročnik 363, 2006)*

6.5.7 Vlečni tokokrog in regulacija

Prenos električne energije iz vozne mreže zajema lokomotiva z dvignjenim odjemnikom toka na strehi v visokonapetostno zbiralko. Zbiralka je povezava med dvema odjemnikoma toka, od tu se preko glavnega odklopnika napajajo: ventilatorji za hlajenje uporov, upori, vlečna motorja in motor pretvornika.

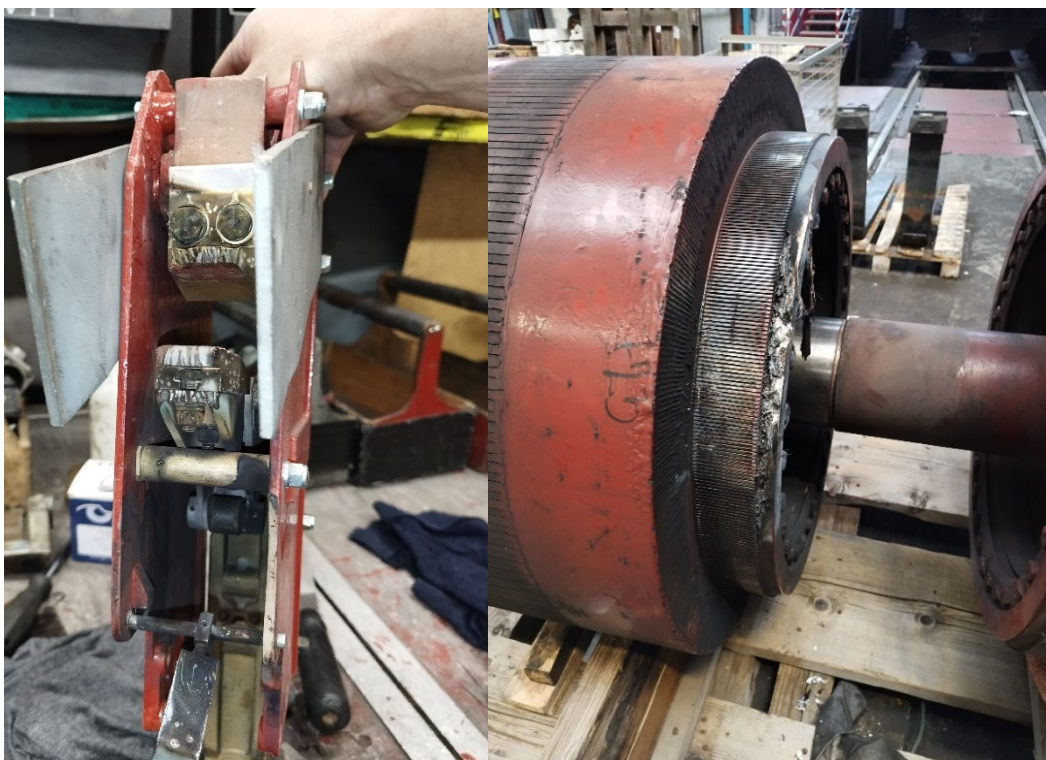


Slika 25: Glavni tokokrog – vleka
(Vir: SŽ VIT, 2023)

Tehnologija upravljanja vlečnih motorjev je izvedena z nizkonapetostnim in pnevmatskim krmiljenjem servomotorja in releji, ki pravilno časovno in zaporedno krmilijo pnevmatske ventile za zapiranje visokonapetostnih kontaktorjev za premoščanje zagonskih uporov. Postopno zapiranje kontaktorjev povečuje tok vlečnemu motorju, dokler se ne zaključi celotna zaporedna ali vzporedna vezava. Brez tega postopka bi motor prejel direktno napetost 3000 V, nenadzorovano in sunkovito bi se povečali vrtljaji rotorja preko svojih zmožnosti, rotorsko navitje bi izletelo iz utorov in se zagostilo med ohišjem rotorja in statorjem, motor bi bil blokiran. Enaka škoda bi nastala pri nenadzorovanemu spodsavanju kolesne dvojice zaradi slabe adhezije. Oba vlečna motorja sta v električnem smislu vezana zaporedno in vzporedno. Hitrost lokomotive in vlečna sila se regulira s prevezavo med zaporedno in vzporedno vezavo vlečnih motorjev ter z vključevanjem vzporedno vezanega upora k statorskem navitju (slabljenje magnetnega polja – shuntiranje).

6.5.9 Pogoste okvare in predlagane rešitve

Pogoste okvare na visokonapetostni inštalaciji so preboji, ki nastajajo na linijskih kontaktorjih in večnih motorjih. Največ prebojev je v času nižjih temperatur in visoke vlage, k čemur še pripomore slaba izolacija. Počasno ali nepravilno delovanje servomotorja in pnevmatskih ventilov za zapiranje VN-kontaktorjev povzroča preboje, ker ti niso časovno usklajeni. Najbolj obremenjena sta linijska L1A in L1B, ki se odpirata zadnja pri prekinitvi vleke. Pri odpiranju kontaktorjev nastane tokovni plamen, zato so na njih nameščeni dimniki, ki plamen zadržijo. Po določenem času uporabe so dimniki močno zažgani, posledično pride do preboja od dimnika na vrata omare centralnega bloka. V času visokih zunanjih temperatur prihaja zaradi preobremenitve in nezadostnega hlajenja do toplotnega udara na motorjih. Preboj na motorju nastane tudi zaradi iztrošenosti glavnih in pomožnih polov, ovalnosti kolektorja, zaradi izrabljenih ščetk se povzroča iskrenje.

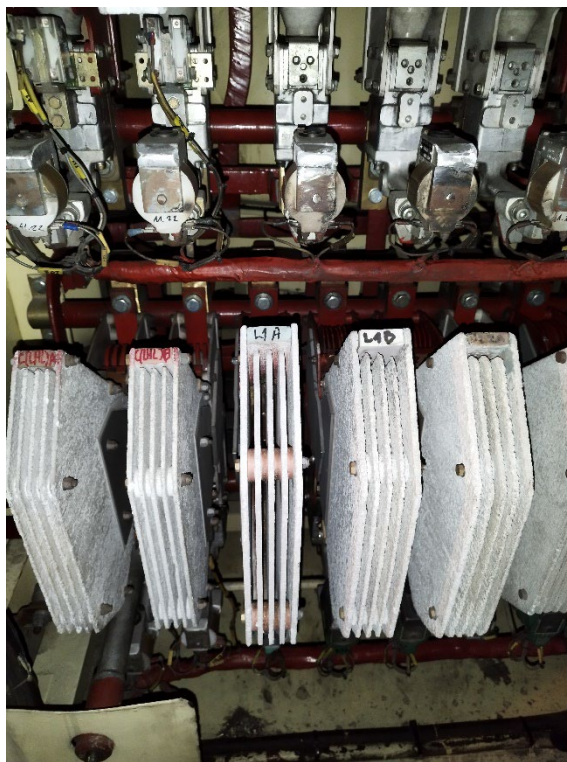


*Slika 26: Ožgani kontaktor (levo) in preboj na kolektroju VM 363 (desno)
(Lastni vir)*

Vzdrževanje lokomotiv opravlja podjetje SŽ-VIT z rednimi periodičnimi pregledi, ki si sledijo:

- P1 – mesečni pregled,
- P3 – pregled na tri mesece,
- P6 – pregled na šest mesecev,
- P12 – pregled na dvanajst mesecev.

Preventivno vzdrževanje visokonapetostnih elementov zajema čiščenje centralnega bloka, brušenje kontaktov, menjavo dimnikov, menjavo ščetk na motorju, merjenje ovalnosti rotorja vlečnega motorja in generatorja ter obnavljanje visokonapetostnih kontaktorjev.



*Slika 27: Obnovljeni dimniki na kontaktorjih
(Lastni vir)*

Enosmerni vlečni motor, nameščen na lokomotivi serije 342, izkazuje večjo odpornost na višjo napetost v voznem vodu in ni podvržen težavam z visokonapetostnimi preboji. Ob primerjanju vlečnih motorjev serij 342 in 363 smo opazili, da je razlika predvsem v konstrukciji kolektorja. Kolektor motorja serije 342 je širok 19 cm in visok 6 mm, kar pomeni, da je približno 50 % večji od kolektorja v motorju serije 363. Večje dimenzije kolektorja omogočajo boljši prenos električne energije.



*Slika 28: Kolektor VM 363 (levo) in kolektor VM 342 (desno)
(Lastni vir)*

Povečano število konkurenčnih prevoznikov, ki uporabljajo sodobne lokomotive, in novih potniških elektromotornih vlakov Stadler je dodatno povečalo vračanje energije v omrežje in dvig napetosti. V zadnjem letu so se povečali preboji vlečnih motorjev, zamenjati je bilo treba preko 100 motorjev, kar predstavlja ogromen strošek za podjetje. Ugotovili smo, da je vlečni motor 363 dimenzioniran točno za napetost 3 kV. Previsoka napetost v voznem vodu jim poveča moč do 33 %, posledica je toplotna preobremenitev motorjev in mehanskih delov prenosa vlečne sile. Mehanski deli so iztrošeni, prisotna je utrujenost materiala, zato prihaja do zlomov zobniškega prenosa, Citroenove sklopke, reduktorjev, itd. Ker rezervni deli niso več dobavljivi, se ti elementi obnavljajo.

Predlagana rešitev za pogoste visokonapetostne preboje je znižanje napetosti voznega omrežja na 3000 V in izločitev možnosti uporabe shuntiranja vlečnih motorjev. Znižanje maksimalne dovoljene obremenitve bi lokomotivo razbremenilo težkih vlakov, preusmeritev obratovanja na proge Ljubljana–Dobova in Zidani Most–Maribor pa bi zmanjšalo preobremenitve zaradi manjših vzponov in nihanj napetosti.

6.6 Lokomotiva serije 541

32 večsistemskih univerzalnih lokomotiv ES64U4 nemškega proizvajalca Siemens je bilo dobavljenih med leti 2006 in 2010 za uporabo v potniškem in tovornem prometu. Posebnost teh štirisistemskih lokomotiv je obratovanje v različnih sistemih napetosti. Oznaka platforme večsistemske lokomotive ES64U4 pomeni:

- ES – vrsta lokomotive EuroSprinter
- 64 – maksimalna moč 6.400 kW
- U – univerzalna lokomotiva za potniški in tovorni promet
- 4 – delovanje v štirih sistemih napetosti

Osnovna platforma lokomotive ES64U4 je dopolnjena s specifičnimi paketi držav in specifičnimi paketi po naročilu strank, s čimer se definira specifična varianta lokomotive. Ime osnovne platforme lokomotive ES64U4 se z vezajem dopolni z oznako variante (npr. ES64U4-A, ES64U4-B2, ES64U4-F, itd). Oznaka 22 SŽ lokomotiv 541-0xx je varianta B2 (ima dovoljenje za vožnjo v Sloveniji, Avstriji, Nemčiji in na Hrvaškem). Ostalih 10 lokomotiv pod serijo 541-1xx je varianta F (poleg variante B ima še dovoljenje za vožnjo v Italiji in na Madžarskem), ki so dodatno opremljene z nacionalno varnostno napravo italijanskih in madžarskih železnic.

Serija 541	
Razporeditev osi	Bo'Bo'
Nazivna napetost	AC 15 kV 16 2/3 Hz AC 25 kV / 50 Hz DC 3000 V DC 1500 V
Maksimalna trajna moč v sistemu napetosti	AC 25 kV / AC 15kV = 6.000–6.400 kW DC 3 kV = 3.000–4.200 kW DC 1,5 kV = 2.600 kW Generatorsko zaviranje DC = 2.600 kW
Nazivna napetost za pomožne naprave	3 AC/440 V / 2–60 Hz
Maksimalna vlečna sila	304 kN
Maksimalna zavorna sila elektrodinamične zavore	AC 240 kN DC 150 kN
Najvišja hitrost	AC = 230 km/h DC = 200 km/h
Nazivna napetost baterij	110 V
Odjemnik toka z nadzorom drsalke in sistemom za dvig pri zaledenelosti OT	Pozicija 1: AC 15kV, širina palete 1.950 mm Pozicija 2 in 3: DC, širina palete 1.450 mm Pozicija 4: AC 25 kV, širina palete 1.600 mm
Lastna teža vozila	87 t
Osna obremenitev	22,5 t/os
Dolžinska masa	4,55 t/m
Dolžina preko odbojnikov	19580 mm
Širina	3000 mm
Premer novega kolesa	1.150 mm / 1070 mm obrabljeno
Daljinsko krmiljenje	WTB - koncept krmiljenja

*Tabela 7: Glavne karakteristike 541
(Vir: Priročnik 541, 2014)*



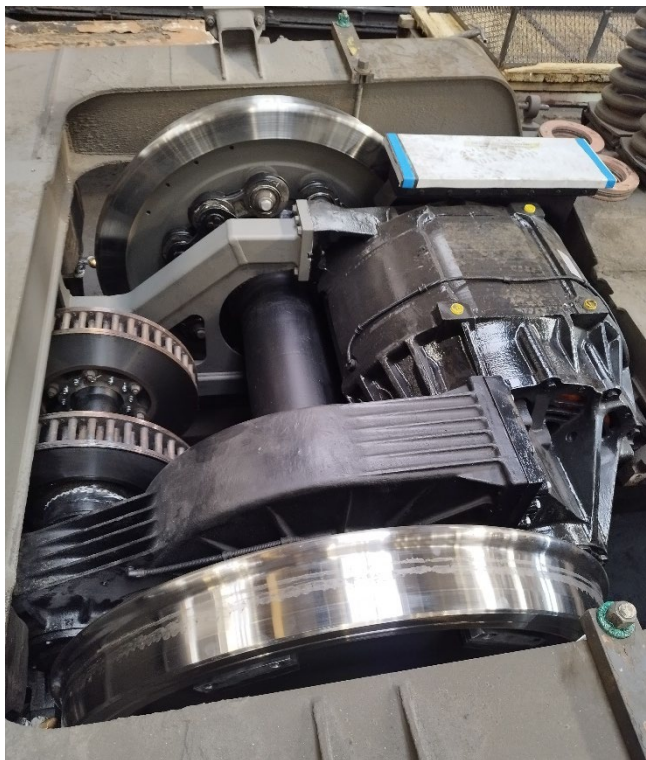
*Slika 29: Lokomotiva 541
(Lastni vir)*

6.6.1 Mehanska zasnova lokomotive

Koš lokomotive je samonosilna struktura sestavljena iz nosilnega okvirja, dveh strojevodskih kabin, stranskih sten strojnice. Streha lokomotive je sestavljena iz treh segmentov, ki predstavljajo nosilno konstrukcijo za strešno električno opremo in omogočajo namestitve štirih odjemnikov toka. Izvedba strehe omogoča enostavno demontažo in dostop do naprav v strojnici. Moduli in omare so smiselno nameščeni v strojnici na levi in desni strani, hodnik v sredini povezuje obe strojevodski kabini. Na čelnem prečnem nosilcu pod kabino so nameščene odbojne naprave, za njimi pa chrash element, ki ščiti glavni nosilec pred deformacijo ob trku do 40 km/h. Podstavna vozička sta zavarjene konstrukcije in nosita koš lokomotive na osmih vzmeteh. Vzmetenje podstavnega vozička je izvedeno s hidravličnimi amortizerji med košem in podstavnim vozičkom, ki skrbita za amortizacijo vertikalnih in prečnih sil.

Podstavni voziček je univerzalni visokozmogljiv pogon z zavorno gredjo, izdelan za visoko zmogljive lokomotive. Pogon je izveden na eni kolesni dvojici asinhronskih vlečnih motorjev, pritrjen in vzmeten v okvirju podstavnega vozička. Okvir podstavnega vozička se upira preko vzmeti na ohišje ležaja kolesne dvojice, je zvarjene izvedbe, sestavljen iz sredinskega prečnega nosilca ter dveh vzdolžnih in čelnih nosilcev. V sredini je odprtina, v katero se pogreza vrtljivi čep koša lokomotive,

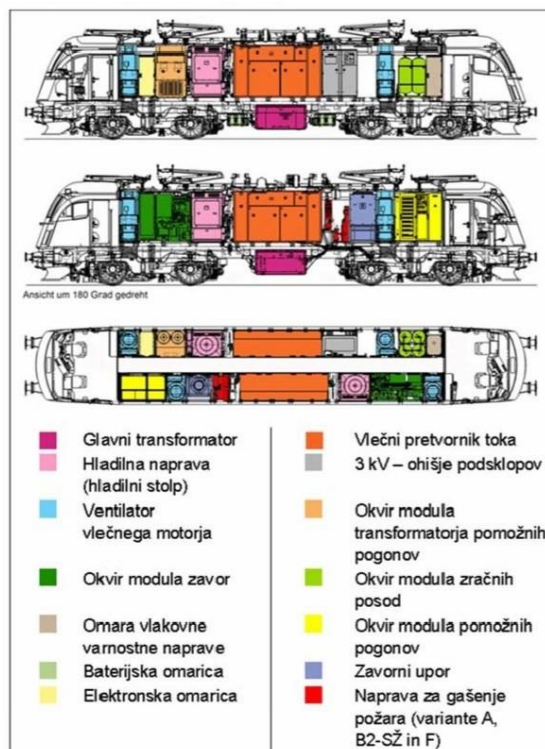
preko njega se prenašajo vlečne in zavorne sile. Prenos vrtilnega momenta iz vlečnega motorja se prenaša z zobniki enostopenjskega reduktorja na votlo gred in preko zvezdišča vodila na kolo.



*Slika 30: HAB-pogon
(Lastni vir)*

6.6.2 Električni del

Delovanje v različnih sistemih napetosti je izvedeno s štirimi odjemniki toka, prvi in četrti sta za AC-sistem, drugi in tretji pa za DC-sistem. Zaščita pred iztrošenostjo grafitne drsalke je izvedena z zračnim žepom, ki ob izrabi samodejno spusti odjemnik toka. Glede na delovanje v AC- ali DC-sistemu ima lokomotiva AC glavni odklopnik nameščen na strehi, DC glavni odklopnik pa v strojnici kabine, v omari podsklopov 3 kV. Glavni transformator je nameščen pod košem lokomotive in deluje kot enofazni transformator za AC-sistem. S primarnimi in sekundarnimi navitji transformatorja se uravnavajo vlečni tokokrogi, oddaljeno zunanje navitje se uporablja za gretje vlaka. Vlečna navitja v DC-sistemu delujejo kot dušilke mrežnega filtra, gladijo napetostne sunke in ščitijo vse električno navitje ter pripadajočo povezano opremo. Lokomotiva ima štiri prisilno hlajene vlečne motorje, po enega na vsaki kolesni dvojici. Vlečni motor je trifazni motor trajne moči 1640 kW in 1750 kW kratkotrajne moči, deluje tudi v načinu generator in pri električnem zaviranju proizvajani tok vrača v omrežje.



Slika 31: Razpored modulov 541
(Vir: Priročnik 541, 2011)

6.6.3 Električni pogon in električno zaviranje

Lokomotiva ima dva IGBT-modula pretvornika, vsak je dodeljen enemu podstavnemu vozičku za napajanje dveh vlečnih motorjev. Pulzni razmerniki napajajo vlečne motorje z variabilno napetostjo in frekvenco, kar omogoča nadzorno krmiljenje vrtilnega momenta asinhronskih vlečnih motorjev. Glavna naloga vlečnega pretvornika je napajanje vlečnih motorjev v AC-sistemu z navitji transformatorja, v DC-sistemu se povezani vmesni tokokrogi mrežnega filtra napajajo direktno iz voznega omrežja. Hlajenje pretvornika in transformatorja je izvedeno z obtočnimi črpalkami, ki potiskajo segreti medij skozi dva hladilna stolpa. Ventilatorja v hladilnem stolpu hladita izmenjevalec toplote in vlečne motorje.

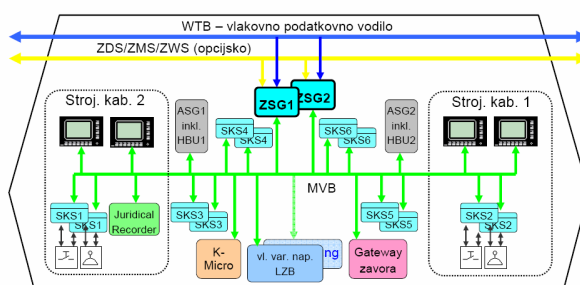
Lokomotiva za zaviranje in uravnavanje hitrosti ima nameščeno zračno zavoro z zavornimi koluti in prednostno elektrodinamično zavoro. Elektrodinamično zaviranje ima dve možnosti vračanja povratnega toka. Pri rekuperativnem zaviranju v AC-sistemu se proizvajani tok povratno napaja v omrežje, v DC-sistemu se povratni tok dodatno reostatično zavira na zavornem upor z regulatorjem, če v bližini ni porabnika.

6.6.4 Pomožni pretvornik HBU

Za napajanje pomožne in dodatne opreme ima lokomotiva v vlečnem pretvorniku integrirana 2 pomožna pretvornika, ki sta ločen sistem izmenične trifazne napetosti 440 V z nastavljivo frekvenco med 2 in 60 Hz. Mrežna povezava vlečnega pretvornika s pomožnimi pogoni omogoča napajanje enega tokokroga s konstantno napetostjo (klima naprava, kompresor, polnilnik akumulatorja itd.). Drugi tokokrog z variabilno frekvenco in napetostjo napaja ventilacijo hladilnega sistema, s tem se zmanjšujejo emisije hrupa.

6.6.5 Krmiljenje in regulacija

Krmiljenje lokomotive upravljata centralni krmilni napravi ZSG, ki obdelujeta zbrane podatke, informacije in signale, potrebne za obratovanje lokomotive. Regulacija pogona se vrši z dvema pogonskima krmilnima napravama ASG, vsaka je zadolžena za dotični vlečni pretvornik. Strojevodja z brezstopenjsko ročico nakaže vlečno ali zavorno silo, sprejete podatke ASG pa uporabi za krmiljenje vlečnega pretvornika.



*Slika 32: Krmiljenje in povezava sistemov
(Vir: Priročnik 541, 2011)*

6.6.6 Oprema z zrakom in zavorni sistem

Oskrba lokomotive s komprimiranim zrakom se vrši z vijačnim kompresorjem in štirimi glavnimi posodami s skupnim volumnom 1000 l. Ko je v posodah premalo komprimiranega zraka, ima lokomotiva pomožni enoblatni kompresor, napajan je z baterijsko napetostjo in je namenjen za dvig odjemnika in zapiranje AC glavnega stikala.

Zavorni sistem na lokomotivi se deli na zračno in elektrodinamično zavoro. Zračna zavora ima tri sisteme: posredna zavora, neposredna zavora in parkirna zavora. Na vsaki kolesni dvojici je nameščena zavorna gred z dvema zavornima kolutoma in

vzmetno akumulacijsko parkirno zavoro. Upravljanje zavore v vlaku je izvedeno s samodejno posredno mikroprocesorsko vodeno zračno zavoro, ki je v diagnostični povezavi s celotno lokomotivo. Zračna zavora je krmiljena z elektromagnetnimi ventili za sočasno in natančno polnjenje zavornih valjev.

6.6.7 Daljinsko krmiljenje

Daljinsko krmiljenje lokomotiv pomeni, da ena lokomotiva upravlja drugo prek komunikacijske povezave iz prve kabine v smeri vožnje. Pogoj je, da so lokomotive programsko kompatibilne s standardiziranim vmesnikom ter mehansko in zračno spete med seboj. Povezava se vzpostavi preko podatkovnega vodila WTB, z UIC kablom 18 polov. Upravljanje iz kabine vodilne lokomotive omogoča nadzor nad pogonom, zavornim sistemom, varnostno napravo in signalizacijo. Prednost sinhronizacije dveh lokomotiv je ena enota, ki ima povečano vlečno moč, razbremeni vlečno napravo in omogoča lažji nadzor vlaka. Skupna vlečna sila na čelu vlaka ne sme presegati 450 kN, da ne preobremeni vlečnih naprav.

7 VEČSISTEMSKESKE LOKOMOTIVE

V tem poglavju bomo predstavili večsistemske lokomotive in njihove proizvajalce, ki zagotavljajo zanesljivo podporo v območju EU. Upoštevani so standardi TSI, po katerih se izdelujejo lokomotive za evropski trg. Razvoj različnih sistemov napetosti v preteklosti je onemogočal elektro vlečnim vozilom vožnjo pod drugačnim sistemom zaradi neskladnosti z napetostjo, potrebno za njihovo delovanje. Tehnološki napredek v močnostni elektroniki, elektromotorjih, digitalnih krmilnikih in programski opremi je lokomotivam omogočil obvladovanje pogona v AC- in DC-sistemu napetosti.

Proizvajalci izdelujejo lokomotive v modularnih sklopih, prednost je cenejše vzdrževanje in možnost nadgradnje v hibridno delovanje. Vgradnja dodatnega dizelskega ali baterijskega sklopa nadgradi lokomotivo za vožnjo po progah brez elektrifikacije. Podoben, vendar manjši sklop je funkcija Last Mile (zadnja milja) in je med naročniki najbolj razširjen. Manjši dizelski motor ali baterijski modul se uporabi za opravljanje ranžirnih operacij na neelektrificiranih tirih ranžirnih postaj in terminalov. Uporaben je tudi v sili ob izpadu napetosti ali za prehod čez neelektrificirane tire. Prednosti funkcije Last Mile so hitrejše izvajanje operacij prevoza, zmanjšanje osebja in manjša poraba energije.

Prednosti večsistemskih lokomotiv so:

- vožnja prek držav brez menjave lokomotive
- interoperabilnost z sistemom ETCS
- hitrejša čezmejne operacije zmanjšujejo čas potovanja, kar povečuje konkurenčnost v primerjavi z drugimi vrstami prometa
- energetska učinkovitost, zniževanje stroškov in emisij z optimiziranimi pogoni in regenerativnim zaviranjem.

7.1 Večsistemska lokomotiva CRRC Bison

Kitajsko podjetje CRRC ZELC, največji proizvajalec železniških vozil na Kitajskem, je pod zahtevami TSI za evropski trg razvilo svojo prvo večsistemsko lokomotivo Bison. Lokomotiva je od leta 2020 v testni fazi pridobivanja homologacije in je namenjena za tovorni promet. Sistem Last Mile deluje na baterije s superkondenzatorji kapacitete 200 kWh in omogoča vožnjo do 10 km brez zunanje napajanja.



*Slika 33: Električna lokomotiva Bison
(Vir: Norbert Tilai, 2022)*

Lokomotiva Bison	
Sistem napetosti	AC 15 kV, 16 2/3 Hz AC 25 kV / 50 Hz DC 3000 V DC 1500 V
Širina	2950 mm
Dolžina	19470 mm
Nazivna moč	6.400 kW
Najvišja hitrost	AC = 230 km/h DC = 160 km/h
Največja vlečna sila	300 kN
Največja moč električnega zaviranja	150 kN (opsijsko 240 kN)
Lastna teža vozila	90 t
Razporeditev osi	Bo' Bo'
Osna obremenitev	22,5 t
Tirna širina	1435 mm
Premer kolesa	1250 mm novo / 1170 mm obrabljeno
Minimalni polmer	100 m
Last mile	Baterijski modul 350 kW
Daljinsko vodenje	/

*Tabela 8: Glavne karakteristike Bison
(Lastni vir)*

7.2 Večsistemska lokomotiva Alstom Traxx MS3

Večsistemska lokomotiva Traxx MS tretje generacije je produkt francoskega proizvajalca Alstom. Lokomotiva je opremljena z naprednimi varnostnimi sistemi in je univerzalne zasnove, namenjena za potniški in tovorni promet. Traxx lokomotive so med prvimi opremljenimi s funkcijo Last Mile in načinom upravljanja lokomotive z daljinskim upravljalnikom.

Lokomotiva Traxx MS3	
Sistemi napetosti	AC 15 kV, 16 2/3 Hz AC 25 kV / 50 Hz DC 3000 V DC 1500 V
Širina	2980 mm
Dolžina preko odbojnikov	18900 mm
Nazivna moč	AC 25 kV / AC 15kV = 6.400 kW DC 3 kV = 6.000 kW DC 1,5 kV = 4.000 kW
Najvišja hitrost	Potniška različica 200 km/h Tovorna različica 140 km/h
Največja vlečna sila	340 kN
Lastna teža vozila	86–89 t (odvisno od opreme)
Razporeditev osi	Bo' Bo'
Osna obremenitev	21.5–22.3 t
Tirna širina	1435 mm
Premer kolesa	1250 mm novo / 1160 mm obrabljeno
Minimalni polmer	80 m
Last mile (opcijsko)	Dizelski motor 230 kW do 300 kW, baterijski modul na voljo v letu 2027.
Daljinsko vodenje	ZMS, WTB

*Tabela 9: Glavne karakteristike Traxx MS3
(Lastni vir)*



*Slika 34: Električna lokomotiva Traxx MS3
(Vir: Christian Klotz, 2022)*

7.3 Večsistemska lokomotiva Siemens Mobility Vectron MS

Večsistemska lokomotiva Vectron je naslednik lokomotive ES64U4 (serija 541) in je kompatibilna z lokomotivami družine EuroSprinter. Sistem daljinskega krmiljenja ZDS in ZMS omogoča združljivost z lokomotivami Traxx AC1, Traxx AC2, Traxx MS. Modularna konfiguracija varnostnih sistemov omogoča združevanje različnih nacionalnih sistemov s sistemom ETCS. Lokomotiva ima dovoljenja za obratovanje v 19 državah, zato naročniku ni treba čakati za pridobitev certifikatov in opravljanje homologacije.



*Slika 35: Električna lokomotiva Vectron
(Vir: Marvin Fries, 2023)*

Glavne karakteristike Vectron MS	
Sistemi napetosti	AC 15 kV, 16 2/3 Hz AC 25 kV / 50 Hz DC 3000 V DC 1500 V
Širina	3012 mm
Dolžina preko odbojnikov	18980 mm
Nazivna moč	AC 25 kV / AC 15kV = 6.400 kW DC 3 kV = 6.000 kW DC 1,5 kV = 3.500 kW Generatorsko zaviranje DC 3kV in 1,5 kV = 2.600 kW
Maksimalna zavorna sila elektrodinamične zavore	AC 240 kN DC 150 kN
Najvišja hitrost	Potniška različica 200 km/h Tovorna različica 160km/h
Največja vlečna sila	320 kN
Lastna teža vozila	90 t
Razporeditev osi	Bo' Bo'
Osna obremenitev	22.5 t
Tirna širina	1435 mm
Premer kolesa	1250 mm novo / 1160 mm obrabljeno
Minimalni polmer	80 m
Last mile (opcijsko)	Dizelski motor ali baterijski modul
Daljinsko vodenje	WTB, ZDS, ZMS, ZWS

*Tabela 10: Glavne karakteristike Vectron MS
(Lastni vir)*

7.4 Večsistemska lokomotiva Stadler Euro 9000

Najmočnejšo večsistemsko lokomotivo na evropskem trgu za tovorni promet je izdelalo švicarsko podjetje Stadler. Poleg delovanja v različnih sistemih napetosti ima možnost dodatnega dizelskega ali baterijskega sklopa za vožnjo po neelektrificiranih progah. Lokomotiva ima šest pogonskih osi, 500 kN vlečne sile in je namenjena za vleko težkih tovornih vlakov po strmih progah, kjer je potreba po dodatni lokomotivi.

Sistemi napetosti	AC 15 kV, 16 2/3 Hz AC 25 kV / 50 Hz DC 3000 V DC 1500 V
Širina	2900 mm
Dolžina preko odbojnikov	23020 mm
Nazivna moč	AC 25 kV / AC 15kV = 9.000 kW DC 3 kV = 6.000 kW DC 1,5 kV = 4.000 kW
Najvišja hitrost	120 km/h (možnost do 160 km/h)
Največja vlečna sila	500 kN
Lastna teža vozila	114–124 t (odvisno od dodatnega sklopa)
Razporeditev osi	Co'Co'
Oсна obremenitev	19–22,5 t
Tirna širina	1435 mm
Premjer kolesa	1250 mm novo / 1160 mm obrabljeno
Minimalni polmer	90 m
Daljinsko vodenje	Da, z isto lokomotivo

*Tabela 11: Glavne karakteristike EURO9000
(Lastni vir)*



*Slika 36: Električna lokomotiva Euro9000
(Vir: Giovanni Grasso, 2024)*

7.5 Izbira ustrezne večsistemske lokomotive

Na podlagi raziskave večsistemskih lokomotiv na trgu smo ugotovili, da so nove lokomotive tehnološko napredovale, kljub temu pa serija 541 po 20 letih delovanja ob primerjanih glavnih karakteristikah ne zaostaja in bo še dolgo zanesljiva lokomotiva.

Za primer iz prakse bomo opisali izkoriščenost lokomotiv na najbolj obremenjeni relaciji tovarnega koridorja Koper–Jesenice razdalje 198 km. Največji vzponi so na odseku Rižana–Prešnica cepišče 25 ‰ (21,5 km), Kozina–Rodik 20 ‰ (4,4 km) in Podnart–Jesenice 17 ‰ (26 km). Na teh odsekih je 95 % tovornih vlakov težjih od največje dovoljene obremenitve lokomotive in je potrebna dodatna vleka kot priprega ali doprega. Na drugih odsekih te relacije dodatna vleka ni potrebna, zato se vlaki vozijo od Rodika do Ljubljane z eno lokomotivo. To pomeni, da so lokomotive v voznem parku bolje izkoriščene.

Na podlagi praktičnega primera organizacije dela domnevamo, da bo imela lokomotiva Euro9000 nizko izkoriščenost. Predvidevamo visoko nabavno ceno v primerjavi z lokomotivam Bison, Traxx MS in Vectron MS. Z analizo in primerjavo drugih lokomotiv ugotavljamo, da je za podjetje SŽ-TP najboljša izbira nakup lokomotive Vectron MS.

Najpomembnejše prednosti Vectron MS:

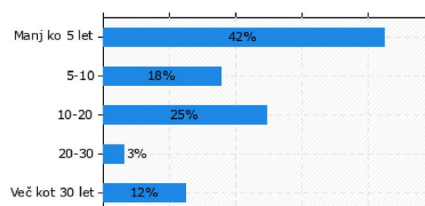
- kompatibilnosti s serijo 541 (WTB povezava za daljinsko vodenje)
- opravljena dovoljenja in certifikati za vožnjo po Sloveniji, Avstriji in Hrvaški
- podjetje SŽ-VIT ima certifikat za vzdrževanje lokomotiv Vectron.

8 ANKETA

Pripravili smo anketo za zaposlene v podjetju SŽ-VIT. Cilj ankete je pridobiti podatke o zanesljivosti in okvarah obstoječih lokomotiv, organizacije dela z razpoložljivimi lokomotivami in potrebno število novih lokomotiv. Anketa je bila izvedena anonimno med 279 strojevodji in 12 nadzorniki vleke v enotah Zidani Most in Ljubljana. Vprašalnik je vseboval 15 vprašanj, namenjenih strojnemu osebju (strojevodjem), ter 7 vprašanj, namenjenih operativnemu osebju (nadzornikom vleke). Odzivnost je znašala 48 % pri strojevodjih in 100 % pri nadzornikih vleke. Za izvedbo anketiranja smo uporabili spletno platformo 1KA. Vprašanja so zaprtega tipa, anektiranje je potekalo med 7. 5. 2025 in 31. 5. 2025, povprečni čas izpolnjevanja je bil 4 minute. Rezultati anketiranja so prikazani v odstotkih.

8.1 Anketiranje strojevodij

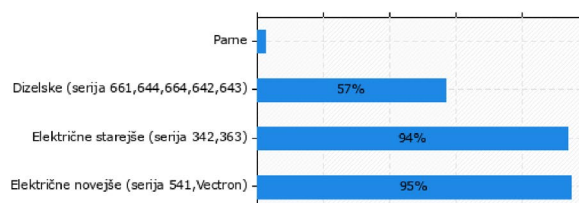
1. Koliko let opravljate delo strojevodje?



Slika 37: Delovna doba strojevodij (v %) (Lastni vir)

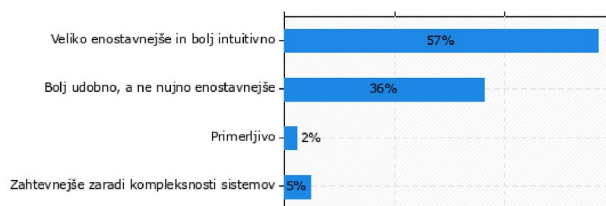
2. S katerimi vrstami lokomotiv imate izkušnje?

Možnih je več odgovorov



Slika 38: Vrste lokomotiv (v %) (Lastni vir)

3. Kako bi ocenili upravljanje sodobnih lokomotiv v primerjavi s starejšimi?



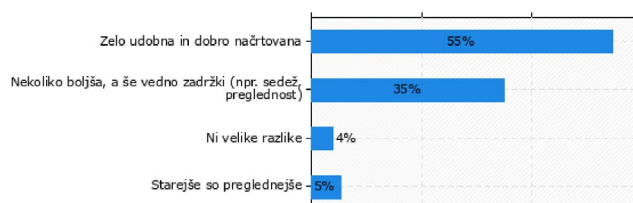
*Slika 39: Upravljanje sodobnih lokomotiv (v %)
(Lastni vir)*

4. Katere funkcije v kabini so za vas najpomembnejše? (Označite največ 3.) Možnih je več odgovorov



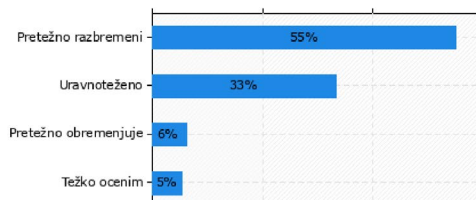
*Slika 40: Najpomembnejše funkcije v kabini (v %)
(Lastni vir)*

5. Kako ocenjujete kabino sodobne lokomotive glede na starejše?



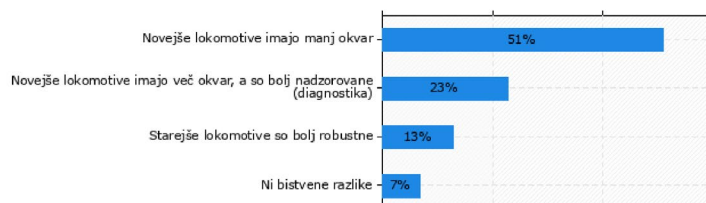
*Slika 41: Ocena kabine sodobne lokomotive (v %)
(Lastni vir)*

6. Ali menite, da vas tehnologija pri sodobnih lokomotivah razbremeni ali obremenjuje?



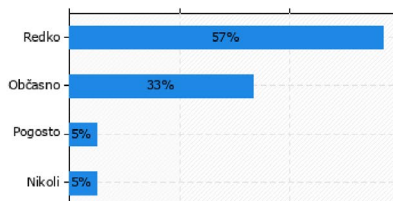
*Slika 42: Obremenitev/razbremenitev zaradi tehnologije (v %)
(Lastni vir)*

7. Kakšna je vaša izkušnja z zanesljivostjo?



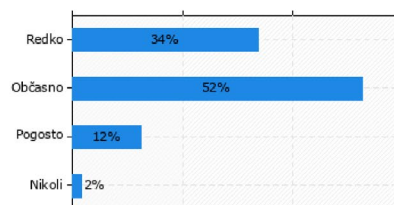
*Slika 43: Zanesljivost (v %)
(Lastni vir)*

8. Kako pogosto morate pri novejših lokomotivah poseči v ročne postopke zaradi napak?



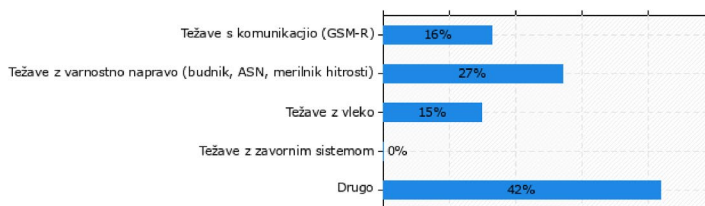
*Slika 44: Ročni postopki – novejše lokomotive (v %)
(Lastni vir)*

9. Kako pogosto morate pri starejših lokomotivah poseči v ročne postopke zaradi napak?



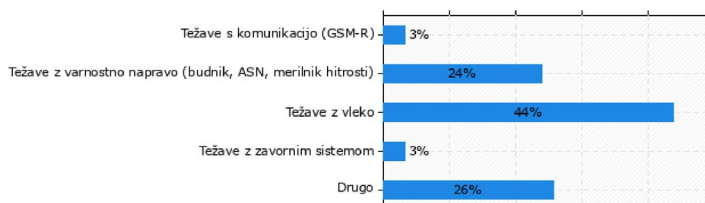
*Slika 45: Ročni postopki – starejše lokomotive (v %)
(Lastni vir)*

10. Kakšne vrste okvar so najpogostejše pri sodobnih lokomotivah?



*Slika 46: Najpogostejše okvare – sodobne lokomotive (v %)
(Lastni vir)*

11. Kakšne vrste okvar so najpogostejše pri starejših lokomotivah?



*Slika 47: Najpogostejše okvare – starejše lokomotive (v %)
(Lastni vir)*

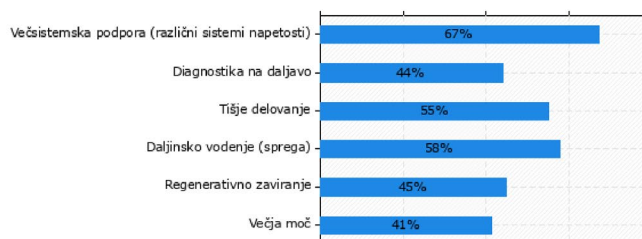
12. Kako okvare vplivajo na vaše delo?



Slika 48: Vpliv okvar na delo (v %)
(Lastni vir)

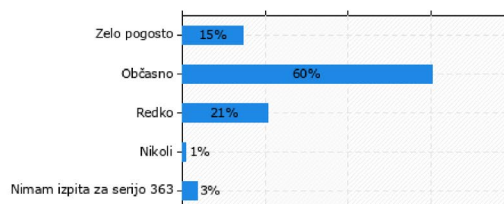
13. Katere lastnosti bi morale imeti nove lokomotive?

Možnih je več odgovorov



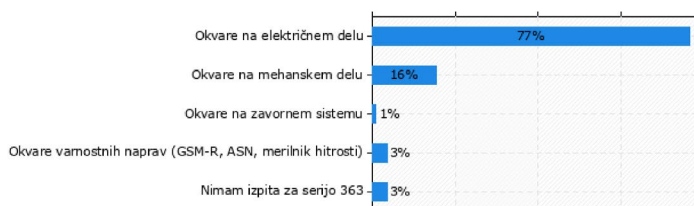
Slika 49: Lastnosti novih lokomotiv (v %)
(Lastni vir)

14. Kako pogosto prihaja do okvar na seriji 363?



Slika 50: Pogostost okvar lokomotive 363 (v %)
(Lastni vir)

16. Katere okvare se najpogosteje pojavljajo na seriji 363?



*Slika 51: Najpogostejše okvare lokomotive 363 (v %)
(Lastni vir)*

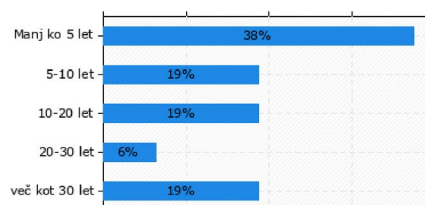
Povzetek ankete za strojevodje

Z analiziranimi podatki smo ugotovili, da je delež strojevodij (42 %) z manj kot 5 let delovnih izkušenj. Večina strojevodij ima dolgoletne izkušnje, kar pomeni dobro poznavanje starejših in sodobnih lokomotiv. Strojvodje zelo dobro ocenjujejo sodobne lokomotive, predvsem zaradi tišjega delovanja, preglednejšega upravljanja in ergonomsko zasnovane kabine. Tehnološki napredek v sodobnih lokomotivah dojemajo kot podporo zaradi lažjega odkrivanja okvar s pomočjo diagnostike in spremljanja tehničnih parametrov. Kljub temu imajo tudi sodobne lokomotive okvare, med njimi so najpogostejše na računalniških sistemih, varnostnih napravah in komunikacijskem sistemu GSM-R.

Primerjava med starejšimi in sodobnimi lokomotivami pokaže, da so pri starejših ročni posegi in reševanje tehničnih težav pogosti. Pogoste okvare in s tem povezane zamude predstavljajo ogromno obremenitev za večino strojevodij. Rezultati analize izpostavljajo tudi zaželeno lastnost bodočih novih lokomotiv: večsistemska podpora, možnost daljinskega nadzora, tišje delovanje in regenerativno zaviranje. Ugotovili smo, da ima lokomotiva 363 najpogostejše okvare na električnem in mehanskem delu. Na podlagi zbranih podatkov je mogoče zaključiti, da tehnološki razvoj prispeva k zanesljivosti sodobnih lokomotiv.

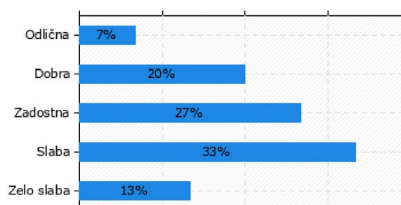
8.2 Anketiranje nadzornikov vleke

1. Koliko let delate kot nadzornik lokomotiv?



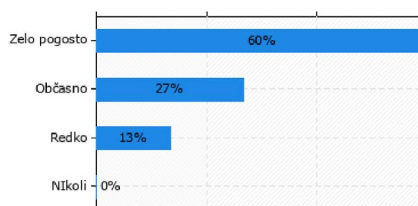
*Slika 52: Delovna doba nadzornikov (v %)
(Lastni vir)*

2. Kako ocenjujete organizacijo dela na dnevni ravni?



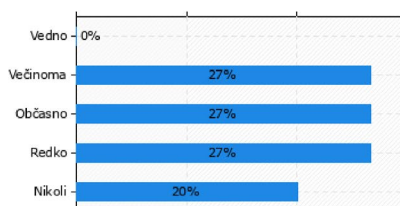
*Slika 53: Ocena dnevne organizacije dela (v %)
(Lastni vir)*

3. Kako pogosto prihaja do nepredvidenih sprememb v razporedu dela?



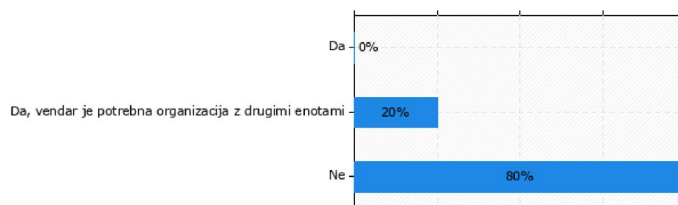
*Slika 54: Spremembe v razporedu dela (v %)
(Lastni vir)*

4. Ali so lokomotive, ki jih nadzorujete, v brezhibnem stanju?



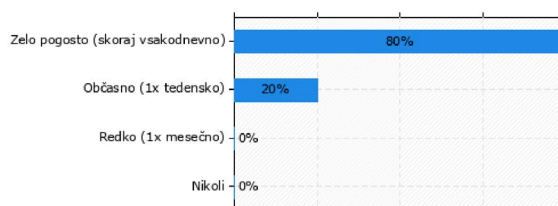
*Slika 55: Stanje lokomotiv (v %)
(Lastni vir)*

5. Glede na pogostost okvar: ali je dovolj lokomotiv v prometu?



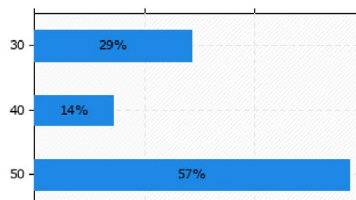
*Slika 56: Razpoložljivost lokomotiv (v %)
(Lastni vir)*

6. Kako pogosto je potrebna reorganizacija lokomotiv zaradi okvar?



*Slika 57: Potrebna reorganizacija lokomotiv (v %)
(Lastni vir)*

7. Koliko novih električnih lokomotiv je po vašem mnenju potrebnih ob zamenjavi s starimi?



Slika 58: Potrebno število novih lokomotiv (v %)
(Lastni vir)

Povzetek ankete za nadzornike vleke

Analiza zbranih podatkov kaže, da je večina nadzornikov z več kot desetletjem delovnih izkušenj, ki bodo prispevali k oceni stanja v podjetju. Ugotovili smo, da organizacija dela z razporejanjem lokomotiv na dnevni ravni ni optimalna. Pogosto je potrebno sprotno prilagajanje, kar zahteva hitro ukrepanje in dodatno obremenjuje operativno osebje.

Pomembno težavo predstavlja tehnično stanje lokomotiv. Zaradi pogostih okvar in izpadov je potrebna reorganizacija vozil in osebja. Posledica je zmanjšana razpoložljivost lokomotiv, kar otežuje nemoteno izvajanje voženj. Skoraj vsakodnevna potreba po reorganizaciji kaže na sistemski problem, ki vpliva na zanesljivost celotnega železniškega prometa.

Za dolgoročno izboljšanje procesov dela je nujna posodobitev voznega parka. Nadzorniki lokomotiv izpostavljajo potrebo po 50 novih lokomotivah, ki bi nadomestile lokomotive 363 in zadovoljile potrebe voženj v Sloveniji in tujini. Skupne ugotovitve potrjujejo, da je nujna potreba po zanesljivih in novih lokomotivah za vzpostavitev učinkovitega in zanesljivega železniškega sistema.

9 ZAKLJUČEK

Elektrifikacija omrežja v Sloveniji je zgodovinskega pomena, vendar danes predstavlja številne tehnične in infrastrukturne omejitve. Zaradi naraščajočih energetskih obremenitev in zahtev sodobnih vlečnih vozil bo potrebna gradnja elektro napajalnih postaj na vsakih 15 kilometrov, da se zagotovita stabilna napetost in pretočnost.

Sodobne lokomotive z asinhronskimi motorji za optimalno delovanje zahtevajo višje napetosti, kar pa negativno vpliva na starejše lokomotive. Serija 363 je zaradi višjih napetosti izpostavljena pogostim okvaram električnih prebojev vlečnih motorjev. Zaradi dotrajanosti in pogostih okvar je več kot polovica lokomotiv pogosto izločena iz prometa, kar zmanjšuje zanesljivost in povečuje potrebo po reorganizaciji. Predlagamo ukrepe, ki bodo ublažili težave, to so: znižanje napetosti na 3000 V, ukinitvev shuntiranja, prerazporeditev lokomotiv na proge z manjšimi vzponi ter zmanjšanje največjih obremenitev.

Interoperabilnost je mogoča z uvedbo večsistemskih lokomotiv in sistema ETCS, ki omogoča večjo varnost in hitrejši čezmejni promet, skrajša potovalne čase, zniža stroške in povečuje konkurenčnost v železniškem prometu.

V sklopu naloge smo analizirali trg in raziskali primerne večsistemske lokomotive, ki ustrezajo potrebam podjetja SŽ – Tovorni promet. Na podlagi mnenj zaposlenih, pridobljenih z anketiranjem, smo ugotovili, da bi nakup 50 novih lokomotiv bistveno izboljšal zanesljivost, razpoložljivost vozil ter konkurenčnost podjetja na domačem in mednarodnem trgu.

10 LITERATURA IN VIRI

Alpha Trains. (2025). *Podatki o lokomotivi Euro9000*. Pridobljeno 1. 6. 2025 z naslova

<https://www.alphatrains.eu/de/fleet/locofinder/?lid=96&iid=2#locos>

Alpha Trains. (2025). *Podatki o lokomotivi Vectron*. Pridobljeno 28. 5. 2025 z

naslova <https://www.alphatrains.eu/de/fleet/locofinder/?lid=4&iid=1#locos>

Amber rail freight corridor. (b.l.). *Who we are*. Pridobljeno 4. 4. 2025 z naslova

https://rfc-amber.eu/contents/read/who_we_are

AWB-RFC. (2019). *Alpine-Wester Balkan Corridor*. Pridobljeno 3. 4. 2025 z naslova

<https://www.rfc-awb.eu/organisation/>

Bombardier.Transportaion (2011). *Podatki o Traxx F140*. Pridobljeno 25.5.2025 z

naslova <https://www.scribd.com/doc/316324984/Traxx-F140-Dc-3-Italy-Poland>

Cene, B. (2005). *Zmogljivost nove Siemensove lokomotive na Slovenskih*

železnicah. Pridobljeno 4. 6. 2025 z naslova [https://www.sv-](https://www.sv-ime.eu/?ns_articles_pdf=/ns_articles/files/ojs3/1112/submission/1112-1-2279-1-2-20171103.pdf&id=4506)

[ime.eu/?ns_articles_pdf=/ns_articles/files/ojs3/1112/submission/1112-1-2279-1-2-20171103.pdf&id=4506](https://www.sv-ime.eu/?ns_articles_pdf=/ns_articles/files/ojs3/1112/submission/1112-1-2279-1-2-20171103.pdf&id=4506)

CRRC ZELEC EUROPE. (2020). *Lokomotiva BISON*. Pridobljeno 25. 5. 2025 z

naslova <https://crrczelc-europe.com/mainline-locomotive-rch-hungary/>

CZ LOKO (b.l.). *Effishunter 1000*. Pridobljeno 12. 5. 2025 z naslova

<https://www.czloko.com/products/lokomotivy-1/effishunter-1000-2.htm>

Državna uprava. (2024). *Železniška infrastruktura*. Pridobljeno 23. 3. 2025 z naslova

<https://www.gov.si teme/zelezniska-infrastruktura/>

Elektrische Drehstromlokomotiven. (b.l.) *Podatki in slika Traxx ms3*. Pridobljeno 26.

5. 2025 z naslova <https://www.elektrolokarchiv.de/index.php?nav=1414015&lang=1>

Elektrische Drehstromlokomotiven. (b.l.). *Slika lokomotive Vectron*. Pridobljeno 28. 5. 2025 z naslova

https://www.elektrolokarchiv.de/index.php?nav=1407582&lang=1&file=siem_23275_51&action=image&position

ERMTS. (2021). *Brošura o zgodovini ERMTS*. Pridobljeno 11. 3. 2025 z naslova <https://www.ertms.net/wp-content/uploads/2021/06/8.-ERTMS-History.pdf>

ERMTS. (2021a). *Brošura Unikatni signalni sistem za Evropo*. Pridobljeno 11. 3. 2025 z naslova <https://www.ertms.net/wp-content/uploads/2021/06/9.-A-unique-signaling-system-for-Europe.pdf>

ERMTS. (2021b). *Brošura ERMTS v kabini strojevodje*. Pridobljeno 11. 3. 2025 z naslova <https://www.ertms.net/wp-content/uploads/2021/06/14.-ERTMS-from-the-Driverspoint-of-view.pdf>

ERMTS. (2024). *Brošura ETCS nivoji*. Pridobljeno 11. 3. 2025 z naslova https://www.ertms.net/wp-content/uploads/2024/03/ERTMS-ETCS-LEVELS_Updated-factsheet_2024.pdf

ERMTS. (2024a). *Brošura Kaj je ERMTS*. Pridobljeno 11. 3. 2025 z naslova https://www.ertms.net/wp-content/uploads/2024/03/What-is-ERTMS_Updated-factsheet-2024.pdf

ERMTS. (2025). *Sistem ERMTS*. Pridobljeno 11. 3. 2025 z naslova <https://www.ertms.net/about-ertms/ertms-in-brief/>

Evropska komisija. (b.l.). *Slika podsistema ERMTS*. Pridobljeno 20. 3. 2025 z naslova https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/ertms/what-ertms-and-how-does-it-work/subsystems-and-constituents-ertms_en

Evropska komisija. (b.l.) *ERMTS*. Pridobljeno 20. 3. 2025 z naslova https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/ertms/what-ertms-and-how-does-it-work_en

Evropska komisija. (2025). *Železniški paketi*. Pridobljeno 22. 3. 2025 z naslova https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/railway-packages_en

Evropska unija. (b.l.). *Direktiva 2016/797*, Pridobljeno 24. 3. 2025 z naslova https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=legissum:320302_1

Evropsko računsko sodišče. (2017). *Posebno poročilo št.13*. Pridobljeno 28. 3. 2025 z naslova <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/ertms-rail-13-2017/sl/>

Jurman, G. (2006). *Interno gradivo. Opis električnih tokokrogov in mehanski del lokomotive 363*. Ljubljana.

Krajšamo razdalje. (2015). Uvedba sistema ETCS na koridorju D. Pridobljeno 11. 3. 2025 z naslova <https://www.krajsamorazdalje.si/projekti/uvedba-sistema-etcs-na-koridorju-d>

Majer, Z. (2005). *Dinamika vleke*. Maribor.

Matko, K. (2011). Interno gradivo. *Strokovna literatura za izobraževanje strojevodij* 541. Ljubljana.

MED RFC. (2022). *Mediterranean Rail Freight Corridor*. Pridobljeno 1. 4. 2025 z naslova <https://www.medrfc.eu/about-us/>

Northrail. (2023). *Podatkovni list Traxx*. Pridobljeno 26. 5. 2025 z naslova https://northrail.eu/pdfs/db/NOR23007_DS_Traxx_%20MS3_230821.pdf

Orbanić, J. (2013): *Razvoj elektrovleke na Primorskem in v Sloveniji*. Ilirska Bistrica: Društvo ljubiteljev železnic

Railcolornews. (2021). *Prihod lokomotive Bizon*. Pridobljeno 25. 5. 2025 z naslova <https://railcolornews.com/2021/02/03/hu-expert-the-first-chinese-made-mainline-electric-locomotives-has-arrived/>

Railcolornews. (b.l.) *Slika lokomotive Euro9000*. Pridobljeno 1. 6. 2025 z naslova <https://railcolornews.com/2024/12/16/free-locomotive-it-is-alive-stadlers-euro9000-resumes-dynamic-trials-in-italy/>

Railcolornews. (b.l.). *Traxx ms3 universal*. Pridobljeno 26. 5. 2025 z naslova <https://railcolornews.com/category/alstom/bombardier-traxx/bombardier-traxx-ms3/>

RailFreight. (2022). *New Vectron locomotive arrives in Czech Republic*. Pridobljeno 25.5.2025 z naslova <https://www.railfreight.com/railfreight/2022/03/02/new-vectron-locomotive-arrives-in-czech-republic/?freebie=38c603a905ee4dd1b0e8a7c611212427>

Revija Nova Proga. (2021). *Lokomotiva 646*, 8–10. Pridobljeno 12. 5. 2025 z naslova [https://www.sz.si/wp-content/uploads/2022/02/NovaProga_2021-02_1.net .pdf](https://www.sz.si/wp-content/uploads/2022/02/NovaProga_2021-02_1.net.pdf)

Revija. Nova Proga (2024). *Posebna izdaja*, 4–21. Pridobljeno 5.3.2025 z naslova <https://www.sz.si/wp-content/uploads/2024/06/Nova-proga-posebna-izdaja-100.-obletnica-upravljanja-nasih-zeleznic-Josip-Orbanic-predogled.pdf>

RFC5. (2025). *Baltic Adriatic Corridor*. Pridobljeno 3. 4. 2025 z naslova <https://www.rfc5.eu/>

Siemens Mobility. (2025). *Brošura lokomotive Vectron*. Pridobljeno 28. 5. 2025 z naslova <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:623d14cd-e56b-4a96-84c0-d7d7b7727847/mo-vectron-technical-brochure-en.pdf>

Siemens Mobility. (2025). *Lokomotiva Vectron*. Pridobljeno 28. 5. 2025 z naslova <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rolling-stock/locomotives/vectron.html>

Stadlerrail. (2025). *Podatkovni list Euro9000*. Pridobljeno 1. 6. 2025 z naslova <https://www.stadlerrail.com/api/docs/x/45f0a05abf/euro9000-en.pdf>

SŽ d.o.o. (2010). *GSMR*. Pridobljeno 19. 4. 2025 z naslova http://www.stat.si/doc/sosvet/Sosvet_14/Sos14_s1310-2010.ppt

SŽ d.o.o. (2021). *Revija SŽ Logistika*, 12–17. Pridobljeno 16. 4. 2025 z naslova <https://www.sz.si/wp-content/uploads/2022/02/Logistika-september-2021.pdf>

SŽ d.o.o. (2025) *Predstavitev podjetja SŽ*. Pridobljeno 3.6.2025 z naslova <https://www.sz.si/o-nas/predstavitev/>

SŽ d.o.o. (b.l.). Interno gradivo. *Elektronapajalne postaje ENP*. Ljubljana.

SŽ d.o.o. Služba za vleko vlakov. (2006). Interno gradivo. *Priročnik za upravljanje dizel lok. 644*. Ljubljana.

SŽ d.o.o. Služba za vleko vlakov. (2007). Interno gradivo. *Priročnik za upravljanje dizel lok. 664*. Ljubljana.

SŽ d.o.o. Služba za vleko vlakov. (2007). Interno gradivo. *Priročnik za upravljanje dizel lok. vrste 642/643*. Ljubljana.

SŽ d.o.o. Služba za vleko vlakov. (2007). Interno gradivo. *Priročnik za upravljanje 363*. Ljubljana.

SŽ d.o.o. Služba za vleko vlakov. (b.l.). Interno gradivo. *Dizel lokomotiva 661*. Ljubljana.

SŽ-Infrastruktura. (2025a). *Elektroenergetika*. Pridobljeno 1. 3. 2025 z naslova <https://infrastruktura.sz.si/storitve-in-dejavnosti/elektroenergetika/>

SŽ-Infrastruktura. (2025b). *Koridorji*. Pridobljeno 4.4.2025 z naslova <https://infrastruktura.sz.si/koridorji/>

SŽ – Infrastruktura. (2025c). *Koridor RFC 5*. Pridobljeno 4. 4. 2025 z naslova <https://infrastruktura.sz.si/koridorji/koridor-rfc-5/>

SŽ – Infrastruktura. (2025d). *Koridor RFC 6*. Pridobljeno 4. 4. 2025 z naslova <https://infrastruktura.sz.si/koridorji/koridor-rfc-6/>

SŽ – Infrastruktura. (2025e). *Koridor RFC 10*. Pridobljeno 4. 4. 2025 z naslova <https://infrastruktura.sz.si/koridorji/koridor-rfc-10/>

SŽ – Infrastruktura. (2025f). *Koridor RFC 11*. Pridobljeno 4. 4. 2025 z naslova <https://infrastruktura.sz.si/koridorji/koridor-rfc-11/>

SŽ – Tovorni promet. (2023). Interno gradivo. *Navodilo o progi 200.07*. Ljubljana.

SŽ – Tovorni promet. (2025). *Logistika*. Pridobljeno 19. 4. 2025 z naslova <https://www.sz.si/dejavnosti/logistika/>

SŽ Tovorni Promet. (2025). *O nas SŽ-TP*. Pridobljeno 16. 4. 2025 z naslova <https://tovorni.sz.si/o-nas/>

SŽ-VIT. (2011). Interno gradivo. *Priročnik za upravljanje 541*. Ljubljana.

SŽ-VIT. (2014). Interno gradivo. *Priročnik za strojevodjo 200.10*. Ljubljana.

SŽ-VIT. (2019). Interno gradivo. *Priročnik za upravljanje dizel lok. vrste 642/643 NRE*. Maribor

SŽ-VIT d.o.o. (2025). *Reference podjetja*. Pridobljeno 1. 6. 2025 z naslova <https://sz-vit.si/o-nas/reference/>

Wikipedia. (2025). *Slika sistemov napetosti*. Pridobljeno 1. 3. 2025 z naslova https://en.wikipedia.org/wiki/25_kV_AC_railway_electrification

World Railways. (2025). *Slika lokomotive 661–032*. Pridobljeno 11. 5. 2025 z naslova <https://www.world-railways.co.uk/railway-photo-36520>

PRILOGI

Priloga 1: Anketa za strojevodje

Q1 - Koliko let opravljate delo strojevodje?

- ☐ manj ko 5 let
- ☐ 5–10
- ☐ 10–20
- ☐ 20–30
- ☐ več kot 30 let

Q2 - S katerimi vrstami lokomotiv imate izkušnje?

Možnih je več odgovorov

- ☐ Parne
- ☐ Dizelske (serija 661,644,664,642,643)
- ☐ Električne starejše (serija 342,363)
- ☐ Električne novejšje (serija 541,Vectron)

Q3 - Kako bi ocenili upravljanje sodobnih lokomotiv v primerjavi s starejšimi?

- ☐ Veliko enostavnejše in bolj intuitivno.
- ☐ Bolj udobno, a ne nujno enostavnejše.
- ☐ Primerljivo.
- ☐ Zahtevnejše zaradi kompleksnosti sistemov.

Q4 - Katere funkcije v kabini so za vas najpomembnejše? (Označite največ 3.)

Možnih je več odgovorov

- ☐ Klimatska naprava
- ☐ Nastavljiv sedež z vzmetenjem
- ☐ Tišje okolje
- ☐ Boljša preglednost in razporeditev komand
- ☐ Digitalni prikazovalnik
- ☐ Več osebne prostora

Q5 - Kako ocenjujete kabino sodobne lokomotive glede na starejše?

- ☐ Zelo udobna in dobro načrtovana
- ☐ Nekoliko boljša, a še vedno zadržki (npr. sedež, preglednost)
- ☐ Ni velike razlike
- ☐ Starejše so preglednejše

Q6 - Ali menite, da vas tehnologija pri sodobnih lokomotivah razbremeni ali obremenjuje?

- ☐ Pretežno razbremeni
- ☐ Uravnoteženo
- ☐ Pretežno obremenjuje
- ☐ Težko ocenim

Q7 - Kakšna je vaša izkušnja z zanesljivostjo?

- ☐ Novejše lokomotive imajo manj okvar
- ☐ Novejše lokomotive imajo več okvar, a so bolj nadzorovane (diagnostika)
- ☐ Starejše lokomotive so bolj robustne
- ☐ Ni bistvene razlike

Q8 - Kako pogosto morate pri novejših lokomotivah poseči v ročne postopke zaradi napak?

- ☐ Redko
- ☐ Občasno
- ☐ Pogosto
- ☐ Nikoli

Q9 - Kako pogosto morate pri starejših lokomotivah poseči v ročne postopke zaradi napak?

- ☐ Redko
- ☐ Občasno
- ☐ Pogosto
- ☐ Nikoli

Q10 - Kakšne vrste okvar so po vašem mnenju najpogostejše pri sodobnih lokomotivah?

- ☐ Težave s komunikacijo (GSM-R)
- ☐ Težave z varnostno napravo (budnik, ASN, merilnik hitrosti)
- ☐ Težave z vleko
- ☐ Težave z zavornim sistemom
- ☐ Drugo

Q11 - Kakšne vrste okvar so po vašem mnenju najpogostejše pri starejših lokomotivah?

- ☐ Težave s komunikacijo (GSM-R)
- ☐ Težave z varnostno napravo (budnik, ASN, merilnik hitrosti)
- ☐ Težave z vleko
- ☐ Težave z zavornim sistemom
- ☐ Drugo

Q12 - Kako okvare vplivajo na vaše delo?

- ☐ Povzročajo zamude in dodaten stres
- ☐ Obremenijo z dodatnimi postopki (resetiranje, izklop sistemov ...)
- ☐ Nimajo velikega vpliva – večina se hitro reši
- ☐ Redko, skoraj nikoli ne vplivajo

Q13 - Katere lastnosti bi morale imeti nove lokomotive?

Možnih je več odgovorov

- ☐ Večsistemska podpora (različni sistemi napetosti)
- ☐ Diagnostika na daljavo
- ☐ Tišje delovanje
- ☐ Daljinsko vodenje (sprega)
- ☐ Regenerativno zaviranje
- ☐ Večja moč

Q14 - Kako pogosto prihaja do okvar na seriji 363?

- ☐ Zelo pogosto
- ☐ Občasno
- ☐ Redko
- ☐ Nikoli
- ☐ Nimam izpita za serijo 363

Q15 - Katere okvare se najpogosteje pojavljajo na seriji 363?

- ☐ Okvare na električnem delu
- ☐ Okvare na mehanskem delu
- ☐ Okvare na zavornem sistemu
- ☐ Okvare varnostnih naprav (GSM-R, ASN, merilnik hitrosti)
- ☐ Nimam izpita za serijo 363

Priloga 2: Anketa za nadzornike vleke

Q1 – Koliko let delate kot nadzornik lokomotiv?

- ☐ manj ko 5 let
- ☐ 5–10 let
- ☐ 10–20 let
- ☐ 20–30 let
- ☐ več kot 30 let
- ☐

Q2 - Kako ocenjujete organizacijo dela na dnevni ravni?

- ☐ Odlična
- ☐ Dobra
- ☐ Zadostna
- ☐ Slaba
- ☐ Zelo slaba

Q3 - Kako pogosto prihaja do nepredvidenih sprememb v razporedu dela?

- ☐ Zelo pogosto
- ☐ Občasno
- ☐ Redko
- ☐ Nikoli

Q4 - Ali so lokomotive, ki jih nadzorujete, v brezhibnem stanju?

- ☐ Vedno
- ☐ Večinoma
- ☐ Občasno
- ☐ Redko
- ☐ Nikoli

Q5 - Ali je glede na pogostost okvar dovolj lokomotiv v prometu?

- ☐ Da
- ☐ Da, vendar je potrebna organizacija z drugimi enotami
- ☐ Ne

Q6 - Kako pogosto je potrebna reorganizacija lokomotiv zaradi okvar?

- ☐ Zelo pogosto (skoraj vsakodnevno)
- ☐ Občasno (1-krat tedensko)
- ☐ Redko (1-krat mesečno)
- ☐ Nikoli

Q7 - Koliko novih električnih lokomotiv je po vašem mnenju potrebnih ob zamenjavi s starimi?

- ☐ 30
- ☐ 40
- ☐ 50