



B&B
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

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

TRANSPORT BLAGA PO ŽELEZNICI NA GORENJSKI PROGI

Mentor: Tomaž Ramšak, univ. dipl. inž. tehnol. prom.
Lektorica: Milena Furek, prof. slovenščine

Kandidat: Jakob Baloh

Kranj, januar 2024

ZAHVALA

Veliko zahvalo namenjam mentorju Tomažu Ramšaku, univ. dipl. inž. tehnol. prom., za strokovno pomoč, usmerjanje pri diplomski nalogi in stalno dostopnost za vprašanja in predloge.

Hvala staršem in celotni družini, ki so mi stali ob strani in me spodbujali.

Hvala tudi dekletu in prijateljem, ki so me ves čas spodbujali in mi pomagali.

IZJAVA

Študent Jakob Baloh izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom gospoda Ramšak Tomaža, 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

Diplomska naloga se osredotoča na transport blaga po železnici na gorenjski progi. V teoretičnem delu, ki je literarno podprt, je predstavljena in podrobneje opisana zgodovina železnic na Slovenskem. Podan je pomen progovne signalno varnostne naprave ter voznega omrežja. Opisana je železniška infrastruktura, na koncu je govora o progovnih napravah. V empiričnem delu je predstavljeno delovanje ranžirne postaje Ljubljana Zalog, opisani so glavna proga 20 Ljubljana–Jesenice–državna meja, lokomotive za vleko tovornih vlakov na glavni progi ter podani predlogi za nadaljnji razvoj gorenjske proge in njeno optimizacijo. Namen naloge je opisati preučevani problem in prispevati koristne informacije o železniški infrastrukturi ter predlagati optimizacijo gorenjske proge. V nalogi so predstavljeni osnovni elementi železniške infrastrukture, analiza obstoječega stanja, možnosti povečanja kapacitete, zmanjšanja časa prevoza ter konkretni predlogi za optimizacijo proge. Cilj naloge je širši javnosti predstaviti delovanje železniške infrastrukture in zagotoviti vpogled v transport blaga po gorenjski progi ter možnosti za nadaljnji razvoj.

KLJUČNE BESEDE

- transport,
- železnica,
- vlak,
- gorenjska proga,
- železniška infrastruktura

ABSTRACT

The thesis focuses on the transport of goods by rail on the Gorenjska line. Initially, in the theoretical part, which is supported by literature, it presents the history of railways in Slovenia and describes everything in more detail. It touches on the importance of track signal safety devices and describes the rolling stock network. It describes the railway infrastructure and finally talks about track devices. In the empirical part, it presents the functioning of the Ljubljana zalog station, describes the main line 20 Ljubljana - Jesenice - state border, locomotives for hauling freight trains on the main line, and describes and proposes possibilities for further development of the Gorenjska line and its optimization. The purpose of the assignment is to describe the studied problem and contribute useful information about the railway infrastructure and propose the optimization of the Gorenjska line. The task will present the basic elements of the railway infrastructure, the analysis of the existing situation, the possibilities of increasing capacity, reducing transport time, and concrete proposals for optimizing the route. The aim of the thesis is also to present to the general public the functioning of the railway infrastructure and to provide an insight into the transport of goods along the Gorenjska line and the possibilities for further development.

KEYWORDS

- transport,
- railway,
- train,
- Gorenjska line,
- railway infrastructure.

KAZALO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | UVOD | 1 |
| 1.1 | Predstavitev problema..... | 1 |
| 1.2 | Cilji naloge | 1 |
| 1.3 | Predpostavke in omejitve | 1 |
| 1.4 | Metode dela | 2 |
| 2 | TEORETIČNI DEL | 3 |
| 2.1 | Zgodovina železnic na slovenskem | 3 |
| 2.1.1 | Začetki gradbenih del na Slovenskem..... | 3 |
| 2.1.2 | Gradnja gorenjske proge..... | 3 |
| 2.2 | Železniški sistem..... | 4 |
| 2.3 | Železniška infrastruktura | 4 |
| 2.3.1 | Železniška proga..... | 5 |
| 2.3.2 | Signalna varnost | 6 |
| 2.3.3 | Telekomunikacija | 7 |
| 2.3.4 | Elektroenergetika | 7 |
| 2.4 | Progovne signalnovarnostne naprave | 7 |
| 2.4.1 | Avtomatski progovni blok | 7 |
| 2.4.2 | Med postajna odvisnost..... | 8 |
| 2.4.3 | Naprave za zavarovanje nivojskih prehodov | 8 |
| 2.5 | Opis voznega omrežja..... | 8 |
| 2.5.1 | Vozni vod | 9 |
| 2.5.2 | Tokovna vez..... | 9 |
| 2.5.3 | Ločilec..... | 9 |
| 2.5.4 | Zatezno polje | 9 |
| 2.5.5 | Napajalni vod | 10 |
| 2.5.6 | Povratni vod..... | 10 |
| 2.5.7 | Ozemljilna vrv | 10 |
| 2.5.8 | Mrtvi vod | 10 |
| 2.6 | Elektronapajalne postaje | 10 |
| 2.6.1 | Vrste elektronapajalnih postaj v Sloveniji | 11 |
| 2.7 | Progovne naprave..... | 11 |
| 2.7.1 | Kretnice..... | 11 |
| 2.7.2 | Tirni tokokrogi ali izolirke | 12 |
| 2.7.3 | Elektronski števec osi..... | 13 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.7.4 | Progovni magneti ali balize | 13 |
| 3 | PRAKTIČNI DEL | 14 |
| 3.1 | opis ranžirne postaje Ljubljana Zalog | 14 |
| 3.1.1 | Uvozna skupina | 14 |
| 3.1.2 | Izvozna skupina na postaji | 14 |
| 3.1.3 | Postajna skupina na ranžirni postaji | 14 |
| 3.1.4 | Lokotovorna skupina | 15 |
| 3.1.5 | Odstavna skupina | 15 |
| 3.2 | Tehnični podatki o železniških progah | 15 |
| 3.2.1 | Svetli profil | 16 |
| 3.3 | Opis glavne proge 20 Ljubljana–Jesenice–državna meja | 17 |
| 3.4 | Lokomotive za vleko tovornih vlakov na glavni progi 20 | 17 |
| 3.4.1 | Lokomotiva ÖBB 1216 – Taurus | 17 |
| 3.4.2 | Lokomotiva SŽ 541 – Živa | 18 |
| 3.4.3 | Lokomotiva ÖBB 1293 – Vectron | 19 |
| 3.4.4 | Lokomotiva SŽ 363 – brižita | 19 |
| 3.5 | Tovorni vagoni | 20 |
| 3.5.1 | Serije in pod serije vagonov | 21 |
| 3.6 | Prevoz tovora po glavni progi 20 | 23 |
| 3.7 | Možnosti nadaljnjega razvoja in optimizacije gorenjske proge | 24 |
| 4 | ZAKLJUČEK | 27 |
| 5 | VIRI IN LITERATURA | 28 |

KAZALO TABEL

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Dopustna dolžinska in osna obremenitev prog..... | 15 |
|--|----|

KAZALO SLIK

| | |
|--|----|
| Slika 1: Napajalna postaja Žirovnica..... | 11 |
| Slika 2: Kretnica – Žirovnica | 12 |
| Slika 3: Normalni svetli profil | 16 |
| Slika 4: Potoki | 18 |
| Slika 5: Podnart | 18 |
| Slika 6: Vrba..... | 19 |
| Slika 7: Jesenice..... | 20 |
| Slika 8: Pomen dvanajstmestne številke na vagonu | 21 |
| Slika 9: Vagon serije L..... | 22 |
| Slika 10: Vagon serije Z..... | 22 |
| Slika 11: Prevoz tovora..... | 23 |

1 UVOD

1.1 Predstavitev problema

Železniški transport je vedno veljal za najučinkovitejše in varno prevozno sredstvo za večje količine surovin na daljše razdalje in tudi za prevoz potnikov. V globalnem prometnem sistemu predstavlja veliko vlogo. Železniški transport omogoča učinkovito premikanje velikih in težjih količin blaga na daljše razdalje, velja za enega okolju najprijaznejših načinov prevoza ter manjša vpliv na prometne zastoje. Globalno je železniški transport znan po točnosti in zanesljivosti ter povezuje različne regije in države. Ob vseh pozitivnih lastnostih je zelo pomembna tudi visoka stopnja varnosti železniškega transporta. S svojimi prednostmi v učinkovitosti, trajnosti, zanesljivosti, povezovanju in varnosti prispeva k razvoju trajnostnega in celotnega prometnega sistema. Diplomsko naloga je razdeljena na teoretični in praktični del. V teoretičnem delu so predstavljeni zgodovina železnic na Slovenskem, njena infrastruktura, progovne signalnovarnostne naprave, vozno omrežje, stabilne naprave električne vleke in progovne naprave. V praktičnem delu diplomske naloge je predstavljena celotna ranžirna postaja Ljubljana Zalog, opisana je glavna proga 20 Ljubljana–Jesenice–državna meja, lokomotive za vleko tovornih vlakov na glavni proggi 20, tovorni vagoni ter prevoz tovora po glavni proggi 20. Za konec so podani predlogi za nadaljnji razvoj gorenjske proge in njeno optimizacijo.

1.2 Cilji naloge

Cilj diplomske naloge je širši javnosti predstaviti železniško infrastrukturo, prikazati, kako poteka transport blaga po gorenjski proggi, možnost nadaljnjega razvoja in predlogi za optimizacijo gorenjske proge. Predstaviti smo želeli trenutno stanje transporta blaga na gorenjski proggi, identificirati izzive in možnosti za izboljšave ter prispevati k boljšemu razumevanju železniške infrastrukture. Rezultati in predlogi naloge lahko koristijo tako strokovni javnosti kot tudi drugim zainteresiranim stranem, ki si želijo boljše spoznati in optimizirati transport tovora po gorenjski proggi.

1.3 Predpostavke in omejitve

Glavna predpostavka diplomske naloge je, da javna železniška infrastruktura upošteva vozne rede vlakov in postopke za prevoz tovora in ljudi, da ne prihaja do zamud. Kljub temu pa obstajajo možnosti za izboljšave glede kapacitete in časa prevoza.

Diplomska naloga je omejena le na tehnične lastnosti transporta, saj so podatki nedostopni. Podjetja jih ne razkrivajo zaradi konkurence na trgu. Poleg tega se diplomatska naloga osredotoča le na del med ranžirno postajo Ljubljana Zalog in

Jesenicami na gorenjski progi. Naloga ne zajema drugih odsekov proge, kar lahko omeji splošnost ugotovitev.

1.4 Metode dela

Do vseh želenih podatkov v diplomski nalogi smo prišli s pomočjo raziskovanja, opazovanja, analize, prebiranja in zbiranja vseh informacij. V diplomski nalogi smo uporabili metodo analize, kompilacije, deskripcije, opisno in statistično metodo.

V teoretičnem delu je za prikaz stanja uporabljena analiza literature, kar pomeni, da smo naredili sistematični pregled literature o železniškem transportu, obstoječih študijah in člankih o gorenjski progi. Uporabljena je bila tudi metoda zbiranja podatkov, kjer smo zbrali potrebne podatke o transportu blaga na gorenjski progi.

V praktičnem (raziskovalnem) delu je uporabljena analiza obstoječega stanja, opravili smo analizo obstoječega stanja na ranžirni postaji Ljubljana Zalog ter na podlagi ugotovitev predstavili predloge in priporočila za optimizacijo gorenjske proge.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Zgodovina železnic na slovenskem

2.1.1 Začetki gradbenih del na Slovenskem

Prva železniška gradbena načrtovanja in dela so se na Slovenskem začela leta 1838. Gradnja je bila zelo težavna, ker je bilo zaradi rek (Mura, Pesnica, Drava, Dravinja in Savinja) potrebno narediti ločnice med rečnimi sistemi. Na teh ločnicah so naredili predore, ki so bili zaradi ilovnatega terena zelo zahtevni. Pri gradnji so se odločali med mariborsko in ptujsko traso. Čeprav sta bila tako Maribor kot Ptuj zelo dobro trgovsko razvita, so se na koncu odločili za mariborsko traso, ker so menili, da bo Maribor v prihodnosti pomembnejše prometno križišče. Za takratno gradbeno opremo in tehniko je bil najzahtevnejši del proge od Šentilja proti Celju. Od Šentilja proti Mariboru so začeli graditi progo avgusta 1843 in 2. maja 1846 je tam peljal prvi parni stroj (povzeto po Mohorič, 1968, str. 15).

2.1.2 Gradnja gorenjske proge

Gorenjska proga na samem začetku ni bila uvrščena v vladni program. Za gorenjsko progo se je najbolj zavzel dr. Lovro Toman iz Kamne Gorice, ker je želel s tem pomagati svojim krajanom. Opozarjal je, da nove obrti ne nastajajo, z gradnjo proge pa bi bolj povezali Gorenjsko z Ljubljano. Z ministrskim odlokom 27. junija 1867 je odbor dobil začasno koncesijo, 9. julija 1868 pa je bil v parlamentu sprejet zakon o pogojih in ugodnostih za železniško podjetje Ljubljana–Trbiž s priključkom na omrežje Rudolfove železnice. Najugodnejšo ceno za gradnjo proge so ponudili prav iz družbe Rudolfove železnice. Graditi so začeli spomladi 1869, progo pa so za javni promet odprli 14. decembra 1870. Gorenjska proga je dolga 102 kilometra. Trasa proge poteka od gorenjskega kolodvora po desnem bregu Save do Medvod, napravi ovinek proti Škofji Loki, nato se s Sorškega polja spusti v dolino Save, kjer je bila zgrajena železniška postaja Kranj. Od Kranja proga poteka po desnem bregu Save, jo pri Otočah prečka ter se pod Radovljico vzpne skozi Lesce proti Jesenicam. Od Jesenic je potem potekala po dolini Save Dolinke do postaje Planica, kjer je dosegla najvišjo točko 853 metrov nadmorske višine. S Planice se je potem spustila do Trbiža. Z izgradnjo povezave med Trbižem in Beljakom leta 1873 je gorenjska proga postala del omrežja Rudolfove železnice, ki je segalo do Donave. Na gorenjsko progo so leta 1891 priključili kamniško progo, leta 1893 dolenjsko progo, leta 1906 bohinjsko progo in leta 1908 še tržiško progo (povzeto po Mohorič, 1968, str. 106–117).

Kljub želji o drugem tiru je proga ostala enotirna. Promet na odseku od Planice do državne meje z Italijo je bil ukinjen leta 1956, nato pa so še leta 1966 ukinili promet na odseku od Planice do Jesenic. Gorenjsko progo so elektrificirali v letih 1963 in

1964. Kjer je včasih potekala trasa proge od Jesenic do Planice, so kasneje uredili kolesarsko pot.

2.2 Železniški sistem

Po Chandra in Agarwal (2007) železniški sistem sestoji iz dveh ključnih elementov: železniške infrastrukture in operativnega sistema. Razumevanje razlik med njima je ključno za delovanje železniškega prometa.

Železniška infrastruktura je osnova celotnega železniškega sistema in vključuje fizične elemente, potrebne za delovanje železniškega prometa, kot so tiri, postaje, nadvozi, podvozi, mostovi, signalizacija, elektrifikacija in druga infrastruktura. To so strukture in objekti, ki omogočajo gibanje vlakov ter varno in učinkovito delovanje železniškega sistema. Lastnik infrastrukture je običajno država ali posebna agencija, ki skrbi za njeno upravljanje. V nekaterih primerih je lahko tudi v zasebni lasti. Ta infrastruktura omogoča fizično gibanje vlakov in je bistvena za delovanje železniškega sistema.

Operativa zajema vse dejavnosti, povezane z upravljanjem in izvajanjem prometa po tej infrastrukturi. To vključuje nadzor nad prometom, upravljanje vozil, vozne rede, nadzor varnosti, vzdrževanje infrastrukture in komunikacijo med različnimi elementi sistema. Operativni del železniškega sistema je torej odgovoren za dejansko izvajanje prevoza potnikov ali blaga. Pod operativo spadajo tudi prevozniki, to so subjekti, ki dejansko izvajajo prevoz potnikov ali tovora z železniško infrastrukturo. Ti prevozniki lahko uporabljajo infrastrukturo, ki je v lasti drugega podjetja ali javnega organa, in ponujajo storitve prevoza potnikov ali tovora. Lahko gre za javne železniške družbe, zasebne prevoznike ali kombinacijo obojega. Vsak prevoznik ima svoj vozni park, osebje in strategijo za zagotavljanje prevoznih storitev.

Ta razdelitev med infrastrukturo, operativnim delom in prevozniki omogoča razumevanje, kako različni deli sodelujejo in medsebojno vplivajo za delovanje celotnega železniškega sistema. Medsebojno usklajevanje med tema dvema segmentoma je ključno za zagotavljanje učinkovitega, varnega in zanesljivega železniškega prometa.

2.3 Železniška infrastruktura

Železniška infrastruktura v Sloveniji je v lasti države. Skupna dolžina proge znaša 1207,70 kilometra, tirna širina pa je 1435 milimetrov. Da potniški in tovorni promet potekata, kot je treba, se mora vzpostaviti ustrezna raven železniške infrastrukture. Glavne proge morajo biti modernizirane tako, da izpolnjujejo zahtevane evropske standarde. Ti standardi se določajo glede na nosilnost, potovalno hitrost in komunikacijske sisteme. Za njeno upravljanje skrbi podjetje Slovenske železnice –

Infrastruktura, d. o. o., za obnovo in vzdrževanje pa je pristojna Direkcija za infrastrukturo. Na železniški infrastrukturi imamo kar štiri sosednje upravljavce, s katerimi mejimo, in sicer Italijo (RFI), Avstrijo (ÖBB), Madžarsko (MAV/GYSEV) in Hrvaško (HŽ Infrastruktura, d. o. o.). Železniško infrastrukturo razdelimo na železniške proge, signalno varnost, telekomunikacije in elektroenergetiko (povzeto po Ministrstvo za infrastrukturo, 2023).

Največji slovenski železniški terminal je v Ljubljani. Opravlja storitve prekladanja in skladiščenja kontejnerjev, priklopnikov in zamenljivih zabojnikov, vse preglede, popravila in prevoze enot kombiniranega transporta. Terminal zajema površino okoli 100.000 m² in ima status carinskega skladišča.

Glavne značilnosti (Slovenske železnice, 2023b) so:

- vele sezonska povezanost: Železniška infrastruktura v Sloveniji omogoča povezave med zaledjem in pristanišči, kar je ključno za prevoz tovora;
- elektrifikacija prog: Večina glavnih železniških prog v Sloveniji je elektrificiranih, kar omogoča učinkovit prevoz z električnimi vlaki;
- mednarodne povezave: Zaradi svoje geografske lege ima Slovenija pomembno vlogo pri mednarodnih železniških povezavah, zlasti na koridorju X, ki povezuje Sredozemlje s severno Evropo;
- tovorni in potniški promet: Železniško omrežje podpira tako tovorni kot potniški promet, pri čemer je poudarek na učinkovitosti prevoza blaga;
- modernizacija in nadgradnje: V zadnjih letih so bile izvedene številne modernizacije in nadgradnje, vključno z izboljšavami infrastrukture in signalnih sistemov.

2.3.1 Železniška proga

Železniška proga je umetno zgrajena in namenjena tirnim vozilom. Sestavljena je iz zgornjega in spodnjega ustroja, objektov in naprav ob progi. Železniške proge delimo na glavne in regionalne, v katero skupino pa proga spada, je odvisno od obsega prometa, gospodarskega pomena in povezovalne vloge železniškega prometa. Proge lahko predstavlja en tir ali več. Tako na ozemlju Republike Slovenije delimo proge še na enotirne proge, kjer vlaki po istem tiru vozijo v obeh smereh, in pa dvotirne proge, kjer je vsak tir namenjen prometu vlakov v določeni smeri. Dolžina enotirnih prog v Sloveniji znaša 874,2 kilometra, dvotirnih pa 333,5 kilometra.

V Sloveniji imamo naslednje glavne proge:

- Ljubljana–Dobova–državna meja (v nadaljevanju d. m.);
- Ljubljana–Jesenice–d. m.;
- Zidani Most–Šentilj–d. m.;
- Pragersko–Središče–d. m.;
- Ormož–Hodoš–d. m.;

- Ljubljana–Sežana–d. m.;
- Pivka–Ilirska Bistrica–d. m.;
- Divača–Koper (Slovenske železnice – Infrastruktura, 2015).

Železniške proge delimo na osnovi širine na proge normalne širine, te zajemajo več kot 75 % skupne dolžine prog v svetu. Razmik med tirnicama je 1435 mm. Poznamo še širokotirne proge, pri katerih je razmak med tirnicama od 1524 mm do 1676 mm, ter ozkotirne proge, pri katerih je najpogostejši razmak med tirnicama 760 mm, 1000 mm in 1061 mm.

Po številu tirov delimo proge na:

- enotirne – proga z enim tirom, promet poteka v obe smeri;
- dvotirne – proga z dvema tiroma, vlaki vozijo v eno smer po enem in v drugo po drugem;
- večtirne;
- vzporedne proge – lahko so eno ali dvotirne, promet se odvija neodvisno od druge proge.

Glede na prenos vlečne sile delimo proge na adhezivne proge, na katerih se ustvarja trenje med kolesi in tirnico, ter na specialne železniške proge, pri katerih se vlečna sila ne ustvarja s pomočjo trenja. Specialne proge delimo še na zobčaste in viseče (Herynek in Pivec, 2010, str. 87–88).

2.3.2 Signalna varnost

Signalna varnost je eden nepogrešljivih dejavnikov, ki omogoča tekoč, nemoten in varen transport potniških in tovornih vlakov po železniški infrastrukturi. Signalnovarnostne naprave so tehnična sredstva za varovanje in vodenje železniškega prometa. Signalno varnostne naprave so svetlobni ali likovni signali, ki so v medsebojni odvisnosti z napravami in s kretnicami, po katerih bo vozil vlak. Signali ob progi so namenjeni sporazumevanju med strojevodjo in prometnim osebjem (povzeto po Slovenske železnice, 2023).

Po Pivec (2010, str. 89) se v železniškem prometu uporabljajo signalne naprave, ki jih sprejemamo vidno in slušno. So sredstva, ki omogočajo hitro in varno obveščanje in sporazumevanje v prometu: o premiku, o dovoljeni in prepovedani vožnji, stanju proge, omejitvi hitrosti ipd. Glede na možnost premeščanja poznamo stalne in prenosne železniške znake. Med stalne uvrščamo tiste, ki so pritrjeni na določenem mestu (progovni signali, postajni in signali na vozilih). So pritrjeni in varujejo službena mesta. Poznamo: glavne signale, predsignale glavnih signalov, ponavljalnike predsignalov, dopolnilne signale glavnih signalov in predsignalov, premikalne signale, signale na tehnicah, signale za omejitev hitrosti, za električno vleko in nadzorne signale za avtomatske naprave na potnih prehodih. Znake prenosnih signalov

uporablja postajno, vozno in progovno osebje. So znaki, ki se jih po potrebi prenese z enega na drugi kraj.

Najpomembnejši glavni signali obveščajo o prepovedi ali dovoljujejo vožnjo vlaka. Ločimo tudi signale na vozilih, ki jih delimo na signale na vlakih, na premikalki, progovnih vozilih, na dopregi in pripregi ter na signale na zasedenih vozilih.

2.3.3 Telekomunikacija

Naloga telekomunikacijskega omrežja je prenos podatkov in informacij, ki so potrebne za nemoteno vodenje prometa, vzdrževanje infrastrukture in prenos informacij za potrebe poslovnih komunikacij. Na glavnem železniškem križu je več kot za 560 kilometrov optičnega kabla, ki omogoča delovanje digitalnih prenosnih naprav in sistemov. Na stranskih progah se za prenos uporabljajo bakreni kabli in zračni vodi, saj so te proge opremljene s starejšimi analognimi napravami (povzeto po Slovenske železnice, 2023d).

2.3.4 Elektroenergetika

K elektroenergetskim napravam sodijo stabilne naprave električne vleke (SNEV), ki skrbijo za nemoten prenos električne energije iz javnega distribucijskega omrežja do električnih vlečnih vozil in ostalih energetskih naprav, kot so: nizkonapetostne transformatorske postaje, zunanja razsvetljava, gretje kretnic in energetske naprave v zgradbah. V Sloveniji so skoraj vse proge v celoti elektrificirane. Elektrificirane so z enosmerno napetostjo 3kV. Na obmejnih postajah pa je elektrifikacija izvedena s sistemom, ki ga imajo sosednje države:

- Avstrija – 15kV,
- Hrvaška – 25kV,
- Madžarska – 25kV

2.4 Progovne signalnovarnostne naprave

2.4.1 Avtomatski progovni blok

Signalnovarnostne naprave avtomatskega progovnega bloka (v nadaljevanju APB) so naprave za zavarovanje in uravnavanje voženj več zaporednih vlakov od izvoznega signala ene do uvoznega signala druge postaje. Progi od izvoznega signala ene postaje do uvoznega signala druge postaje rečemo odprta proga. Odprta proga je razdeljena na dva ali lahko tudi več blokovnih odsekov. Dolžina blokovnih odsekov znaša od 950 do 3000 metrov, te blokovne odseke pa krijejo oziroma varujejo prostorni signali in naprave za ugotavljanje celovitosti vlaka – števcu osi. Ti števcu osi so po navadi postavljeni na začetku in koncu odseka v razdalji 50 metrov za prostornim signalom. Kadar so naprave APB v redni legi, vsi prostorni signali

kažejo signali znak prosto (ena zelena mirna luč) in ko so naprave APB v osnovni legi vsi prostorni signali kažejo signalni znak stoj (ena rdeča mirna luč).

Kot smo že povedali, delimo v Sloveniji proge na enotirne in dvotirne. Pri enotirnih progah so vsi signali v smeri vožnje vlaka razsvetljeni, v obratni smeri pa po navadi niso. Smer vožnje vlakov se lahko zamenja samo, ko je proga med dvema postajama prosta. Pri dvotirnih progah promet poteka, tako da je vsak tir dodeljen za eno smer vožnje (povzeto po Prometni pravilnik, 2018).

2.4.2 Med postajna odvisnost

Signalnovarnostne naprave med postajne odvisnosti (v nadaljevanju MO) so naprave za avtomatsko zavarovanje in uravnavanje vožnje enega vlaka med izvoznim signalom ene in uvoznim signalom druge postaje. Vožnjo v odsek MO dovoljuje ali prepoveduje izvozni signal postaje. Vožnja je dovoljena, ko je prost odsek, dana privolitev iz naslednje postaje in zavarovana vozna pot vlaka (povzeto po Prometni pravilnik, 2018).

2.4.3 Naprave za zavarovanje nivojskih prehodov

Nivojski prehod je križanje javne kategorizirane ali ne kategorizirane ceste, ki je dana v uporabo za cestni promet in železniške proge v istem nivoju, ki ne vključuje dostopov na perone in službenih prehodov. V Sloveniji imamo 690 nivojskih prehodov, od tega je samo 341 zavarovanih z zapornicami. Prve naprave za zavarovanje so bile mehanske, s katerimi je upravljal človek (čuvaj). Čuvaji predstavljajo velik strošek za sistem in tudi velik vpliv človeškega dejavnika na varnost in urejenost v železniškem prometu. Avtomatske naprave za zavarovanje omogočajo večje progovne hitrosti, prepustnost železniškega in cestnega prometa in hkrati povečujejo varnost. Naprava se vklopi, ko vlak navozi na vklopno mesto. Naprave za zavarovanje nivojskih prehodov delimo na:

- sistem s kontrolnimi signali;
- sistem za postajno območje;
- sistem za daljinsko kontrolo (povzeto po Pravilnik o nivojskih prehodih, 2022).

2.5 Opis voznega omrežja

Vozno omrežje je električna instalacija z nosilnimi elementi, elementi za izoliranje, elementi za prevajanje električnega toka ter stikali, ki poteka na določeni višini nad tiri vzdolž proge ter dovaja električno energijo porabniku.

2.5.1 Vozni vod

Vozni vod je skupno ime za prevajanje električnega toka oziroma dovajanje električne energije elektro vlečnemu vozilu preko odjemnika toka. Vozni vod je razdeljen na vozni vod odprte proge in vozni vod postaje. Meja med voznim vodom odprte proge in postaje je ločišče. Vozna voda sta med seboj povezana preko stikal. Na mestih, kjer je vozni vod obešen na nosilno konstrukcijo ali vpet na drogove, je izoliran z izolatorji. Vozni vod je sestavljen iz ene ali dveh vozniških žic (kontaktnih žic), po katerih drsi odjemnik toka, in iz nosilne vrvi, ki ima nalogo preko obešalk in sponk nositi vozno žico vedno v ravnini, vzporedni tiru. Zaradi spremembe dolžine vseh vodnikov, ki je posledica spreminjanja temperatur, je vozni vod razdeljen na odseke. Ti odseki so dolgi od 1000 do 1500 m. Na začetku in koncu vsakega odseka imamo zatezna polja. Glede na način pripetja vozne žice in nosilne vrvi na obeh koncih zateznega polja na drog ločimo dva tipa voznega voda:

- polno kompenzirani vozni vod ;
- polkompenzirani vozni vod.

Razlika med polno kompenziranim in polkompenziranim voznim vodom je samo v tem, kako je nosilna vrv vpeta na drog.

2.5.2 Tokovna vez

Naloga tokovne vezi je prevajanje toka od nosilne vrvi na vozno žico. Izdelane so iz vrvi 86,5 mm² v obliki polkroga na voznem vodu stranskih tirov in v obliki kroga na voznem vodu prevoznih tirov. Vsak od polkrogov je priključen na eno vozno žico. Fiksna točka ima poleg funkcije preprečevanja premika vozniških žic v odnosu do nosilne vrvi tudi funkcijo prevajanja obremenilnega toka. Od fiksne točke proti koncema zateznega polja so nameščene tokovne vezi v razdalji od 120 do 180 m.

2.5.3 Ločilec

Ločilec je električna meja med delom voznega voda, napajanega preko enega stikala, in delom, napajanim preko drugega stikala na stranskem tiru. Njegova naloga je, da omogoča prehod elektro vlečnega vozila z enega dela voznega voda na drugi del voznega voda pod obremenitvijo. Služi pa tudi za električno ločitev dveh delov voda na istem stranskem tiru, pri čemer ostane en del voznega voda pod napetostjo, drugi del pa brez napetosti. Na takšnem delu, kjer ni napetosti, je možno izvajati popravila ali vzdrževalna dela, ne da bi se oviral promet na delu voznega voda pod napetostjo.

2.5.4 Zatezno polje

Vozni vod je razdeljen na zatezna polja. Na obeh koncih zateznega polja je vozni vod vpet na zatezni drog. Zatezno polje je dolgo od 1200 m do 1400 m.

2.5.5 Napajalni vod

Za prevajanje električnega obremenilnega toka na enotirni progi služi poleg voznega voda še napajalni vod. Sestavljen je iz dveh bakrenih vrvi 95 mm^2 . Njegova naloga je, da ko je izključen vozni vod na enem odseku odprte proge, obe sosednji elektro napajalni postaji obratujeta dalje paralelno.

2.5.6 Povratni vod

Električni tok, ki dovaja energijo elektrovlečnim vozilom po voznem vodu, se zaključuje nazaj v elektronapajalno postajo preko povratnega voda. To so tirnice. Tirnice predstavljajo povratni vodnik v tokokrogu električne vleke. Tirnični trak je sestavljen iz posameznih tirnic, ki so mehansko povezane med seboj s tirnično spojko ali pa iz daljših trakov, ki so vezani z dilatacijskimi stiki. Ker mehanska tirnična spojka ne daje minimalne prehodne upornosti, je treba čelni stik dveh tirnic povezati še električno z vezico $2 \times 24,5 \text{ mm}^2$. Oba konca vezice sta pritrjena skupaj z železno objemko na glavo tirnic na zunanji strani tira.

2.5.7 Ozemljilna vrv

Ozemljilna vrv poteka od droga do droga mehansko in električno z objemko na vsak drog. Ima dve pomembni nalogi:

- V primeru, da se vez med drogom in tirnico na nekem drogju prekine, predstavlja ozemljilna vrv skupinsko ozemljitev. Kljub prekinjeni zvezi med drogom in tirnico drog ne ostane ne ozemljen ali nezaščiten.
- V primeru, da odpadejo tirne vezice ali tirnica počni, predstavlja ozemljilna vrv dodatni, paralelni povratni vod preko zvez med drogom in tirnico. Ozemljilna vrv poteka na višini 5,4 m na notranji strani drogov. Tam, kjer so loki, kjer so drogovi na zunanji strani loka, poteka ozemljilna vrv na zunanji strani drogov.

2.5.8 Mrtvi vod

Mrtvi vod je del voznega voda, ki je omejen z dvema ločilcema brez možnosti napajanja ali z možnostjo napajanja preko stikal. Dolžina mrtvega voda mora biti večja od razdalje med dvema paralelno vezanima tokovnim odjemnikoma. Mrtvi vod se vgrajuje v vozni vod, ki povezuje vozno omrežje postaje z voznim omrežjem delavnice za vzdrževanje elektrovlečnih vozil (povzeto po: Slovenske železnice, 2021b).

2.6 Elektronapajalne postaje

Po Frey (2012) je elektronapajalna postaja skupek električnih strojev, odklopnikov, ločilnikov ter ostalih aparatov za razdeljevanje električne energije električnim vlečnim vozilom na voznem omrežju. Energijo dovajajo visokonapetostni daljnovodi različnih

napetosti neposredno iz elektrarn ali iz razdelilnih transformatorskih postaj. Elektronapajalna postaja ščiti tudi električna vlečna vozila, vozno omrežje in lastne naprave pred nedovoljenimi tokovnimi obremenitvami ter lastne naprave pred prenapetostmi.

2.6.1 Vrste elektronapajalnih postaj v Sloveniji

Na Slovenskih železnicah so proge praktično v celoti elektrificirane z enosmernim sistemom z nazivno napetostjo 3 kV, le na obmejnih odsekih je izvedena elektrifikacija s sistemom, ki ga ima sosednja država. Elektrificirane proge na infrastrukturi Slovenskih železnic se oskrbujejo z električno energijo iz elektrarn preko razdelilnih transformatorskih postaj. Razdelilne transformatorske postaje dovajajo električno energijo do električnih napajalnih postaj, od koder se vozno omrežje napaja z enosmerno napetostjo 3000 V. Vozni vod se napaja paralelno ali dvostransko iz dveh postaj, razen v primerih prehoda v drugi sistem vleke, kot je to na primer proti Avstriji, kjer je vozni vod napajanja enostransko. Glede na zahtevnost proge, kar je odvisno od vzponov, so tudi napajalne postaje prilagojene po moči glede na potrebe.



*Slika 1: Napajalna postaja Žirovnica
(Lastni vir)*

2.7 Progovne naprave

2.7.1 Kretnice

Kretnice so naprave, ki omogočajo prehod vozil oziroma vlakov z enega tira na drug tir brez zaustavitve. Kretnice se predstavljajo s centralnega mesta ali ročno na kraju samem. Razlikujemo navadne in križiščne kretnice. Najpomembnejša dela kretnice sta ostrici, ki omogočata spremembo smeri vožnje. Ena od ostric se vedno prilega pripadajoči osnovni tirnici (ta določa smer vožnje), druga pa je vedno odmaknjena od

sosebnje osnovne tirnice. Ostrici sta medsebojno povezani z zveznim drogom, ki omogoča usklajen položaj in prestavitev obeh ostric iz enega položaja v drugega. Kretnice so lahko:

- v redni legi, kadar se preko njih ne vozi ali premika. Te kretnice se prestavljajo ročno na kraju samem in za takšne kretnice se v postajnem poslovnem redu določi redna lega tako, da je glede na tirno situacijo zagotovljena večja varnost;
- v pravilni legi, kadar je postavljena za nameravano vožnjo – v premo ali v odklon;
- v natančni legi, kadar se ostrica tesno prilega pripadajoči osnovni tirnici in je končana zadnja faza prestavljanja kretnice (povzeto po Prometni pravilnik, 2018).



*Slika 2: Kretnica – Žirovnica
(Lastni vir)*

2.7.2 Tirni tokokrogi ali izolirke

Tirni tokokrogi ali izolirke kontrolirajo zasedenost tirov v povezavi s tirnim relejem. Tirni rele je stikalni element vsake izolirke. Imamo dva tipa izolirk, in sicer kretnične in tirne, ki služijo za kontrolo stanja tirnic ali kretnic. Tirna izolirka javi zasedenost tira in deluje na principu sklenjenega tokokroga. Ko vlak pelje po tiru, ustvari stik med obema tirnicama, to pomeni, da vlak deluje kot stikalni element. Da pa se tokokrog sklene, potrebujemo napetostno razliko med obema tiroma. En tir služi kot vir napetosti, drugi tir pa predstavlja posamezni odsek, na katerem kontroliramo zasedenost tira.

2.7.3 Elektronski števec osi

Elektronski števec osi kontrolira prostost ali zasedenost medpostajnih odsekov, prostorskih in tirnih odsekov pri avtomatskem progovnem bloku in medpostajni odvisnosti. Za kontrolo enega tirnega odseka potrebujemo na vsakem koncu po en števec osi, ki ga lahko brez posebnih posegov vgradimo v zgornji ustroj proge in pritrdimo na vrat tirnice. Delovanje elektronskega števca osi deluje na spremembi magnetne upornosti.

2.7.4 Progovni magneti ali balize

Progovni magnet ustvarja ustrezno frekvenco, lokomotivski magnet pa proizvaja vse tri frekvence, ki so: 500 Hz, 1000 Hz in 2000 Hz. Ko lokomotivski magnet prevozi progovni magnet, katerega ena izmed frekvenc je enaka kot na tirnem magnetu, se na osnovi tega registrira. Če je lokomotiva prekoračila dovoljeno hitrost oziroma če strojevodja ni opazil in pravilno uporabil tipke potrditve, pride do ustrezne reakcije avtostop naprave – prisilno zaviranje (povzeto po Žerak, 2005).

3 PRAKTIČNI DEL

3.1 Opis ranžirne postaje Ljubljana Zalog

Ranžirna postaja Ljubljana Zalog je pomembna infrastrukturna točka, ki igra ključno vlogo v železniškem prometu. Ranžirna postaja je namenjena razvrščanju vlakovnih kompozicij in organizaciji prometa na območju Ljubljane. Železniška postaja Zalog je ena največjih železniških postaj v Sloveniji. Razdeljena je na uvozno in izvozno postajo. Njena skupna dolžina je 6512 metrov. Je točno na stičišču X. in V. vseevropskega koridorja. Gre za enosmerno postajo s polavtomatskim vodenjem in dvema drčama. Ena drča je glavna, druga pa postajna. Dnevna sposobnost ranžiranja je ocenjena na 2800 do 3000 vagonov. Postaja je namenjena prerazporejanju vagonov za nadaljnjo pot, prevzemanju praznih vagonov in polnih vagonov za lokalno industrijo (Jović, 2001).

3.1.1 Uvozna skupina

Sestavljena je iz desetih tirov, ki so v enakomernem vzponu proti začetku glavne drče. Tiri od ena do štiri so namenjeni vlakom, ki prihajajo iz smeri Zidanega Mosta, tiri od ena do deset pa so namenjeni vlakom iz smeri Ljubljana Moste. Tiri so po vsej dolžini zavarovani s tirnimi izolirkami. Najdaljši vlak, ki ga uvozna skupina lahko sprejme, meri 575 metrov. Vse vlake, ki stojijo v uvozni skupini do 30 minut, se zavre z zračno zavoro, če pa se v njej nahajajo dlje, se poleg zračne zavore pritegneta še prvi dve ročni oziroma pritrtilni zavori.

3.1.2 Izvozna skupina na postaji

V izvozni skupini je osem tirov, od tega je en tir namenjen tranzitnim vlakom. V tej skupini sta dva tira namenjena samo za prehod vlakov. En tir je namenjen za prehod vlakov v smeri proti Zidanemu Mostu, drugi pa služi kot izvlečni tir, kar pomeni, da je v uporabi samo šest tirov. V izvozni skupini imamo enojne in križiščne kretnice, ki so ogrevane električno ali plinsko in so zavarovane s posameznimi ali skupnimi kretniškimimi izolirkami. Vlaki, ki stojijo tu do 30 minut, se zavrejo z zračno zavoro, če pa se v njej nahajajo dlje, se poleg zračne zavore pritegneta še dve ročni oziroma pritrtilni zavori – enako kot v uvozni skupini. V izvozni skupini je eno zvezno stikalo in več tirnih stikal.

3.1.3 Postajna skupina na ranžirni postaji

Na ranžirni postaji Zalog se razvrščajo nabiralni vlaki po klasični metodi preko postajne drče in je temu namenjenih deset tirov in en izvlečni tir. Zaviranje vagonov poteka z zavornimi coklami. Med tiri je kompresorska postaja. Kretnice so enojne in ena je križiščna, njihov čas postavitve je 0,6 sekunde, so nezavarovane in

razsvetljene z električno razsvetljavo. Kretnica številka 237 je edina, ki ima električno ogrevanje, ostale se ogrevajo s plinom.

3.1.4 Lokotovorna skupina

Lokotovorna skupina ima devet tirov, kjer sta tira L-1 in L-9 izvlečna. L-1 je namenjen menjavanju smeri premikalne lokomotive, L-9 pa za izvoz vlakov v izvozno skupino. Desno od lokotovorne postaje je kompresorska postaja. Ena kretnica je križiščna, ostale pa so enojne. Vse kretnice so nezavarovane in ogrevane s pomočjo plina.

3.1.5 Odstavna skupina

Odstavni tiri so namenjeni daljšemu čakanju vagonov na izvoz ali čakanju vlečne lokomotive, ki zaradi elektrifikacije ne more preko smerne skupine. Sem se uvozijo vagoni s tovorom, ki ne sme preko drče, npr. žive živali, avtomobili in izredne pošiljke, ki čakajo na priklop določenemu vlaku. Postaja ima skupaj šest odstavnih tirov, ki so nameščeni med uvozno, smerno in postajno skupino (povzeto po Slovenske železnice – Infrastruktura, 2012).

3.2 Tehnični podatki o železniških progah

Proge se razvrščajo glede na dovoljeno osno in dolžinsko obremenitev v kategorije: A, B1, B2, C2, C3, C4, D2, D3, D4. Dopustna dolžinska in osna obremenitev je prikazana v tabeli 1 (Uredba o kategorizaciji prog, 2009).

| Dolžinska obremenitev p [t/m] (vsota mase vozila in naklada, deljena z dolžino vozila med odbojnikoma) | Osna obremenitev P [t] | | | |
|--|------------------------|----|----|------|
| | A | B | C | D |
| | 16 | 18 | 20 | 22,5 |
| 5,0 | A | B1 | | |
| 6,4 | | B2 | C2 | D2 |
| 7,2 | | | C3 | D3 |
| 8,0 | | | C4 | D4 |

*Tabela 1: Dopustna dolžinska in osna obremenitev prog
(Vir: Uredba o kategorizaciji prog, 2009)*

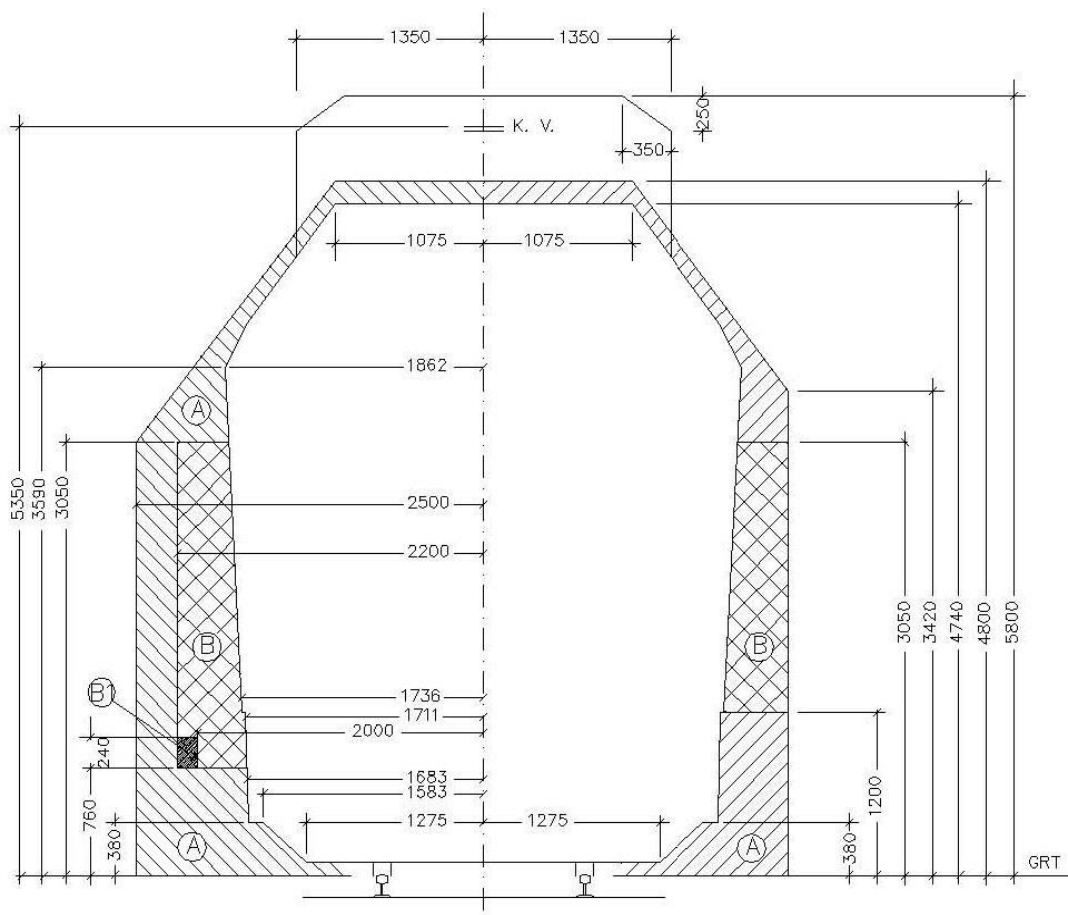
Proga ali odsek proge je uvrščen v določeno kategorijo glede na sposobnost za vožnjo oziroma prevoz vlaka z neomejenim številom štiriosnih tovornih vagonov z določenim razporedom osi in v tej kategoriji ustrezno osno in dolžinsko obremenitvijo. Na progi izven območja mostov je odločilna dopustna osna obremenitev na podlagi vrste in stanja zgornjega in spodnjega ustroja. Na mostovih je dopustna osna in dolžinska obremenitev glede na nosilnost mostne konstrukcije, stanje mostu, vrsto in utrujenost materiala.

3.2.1 Svetli profil

Svetli profil je omejena, na tir pravokotna ravnina, katere mejno črto določajo točke koordinatnega sistema s sečiščem v presečišču vertikalne osi tira z ravnino, ki jo tvorita gornji površini obeh sosednjih tirnic. V svetli profil ne smejo segati deli posameznih postrojev proge, objektov, signalov, progovnih oznak, deponiranega materiala in drugih predmetov. Razlikujemo:

- normalni svetli profil,
- minimalni svetli profil,
- svetli profil GC.

Vsi navedeni profili temeljijo na kinematični podlagi in so izdelani v skladu z metodologijo, ki je predpisana v SIST EN 15273 – 3 in objavah UIC 505 in 506 (Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010).



Slika 3: Normalni svetli profil
(Vir: Slovenske železnice, 2019)

3.3 Opis glavne proge 20 Ljubljana–Jesenice–državna meja

Glavna proga 20 od Ljubljane do Jesenic je enotirna elektrificirana in ima 3 kV napetosti. Ta proga je bila včasih del X. koridorja. Dolžina proge znaša 63,8 km. Začne se v Ljubljani v kilometrski legi 566,4 in se konča v kilometrski legi 630,2 in nato nadaljuje naprej proti Avstriji. Proga je opremljena s signalnovarnostnimi napravami avtomatskega progovnega bloka in je vodena daljinsko iz centra v Ljubljani. Proga zmore osno obremenitev D3 (7,2 t/m in 22,5 t/os). Opremljena je tudi z digitalnim radijskim sistemom (GSM – R). Propustna moč proge med Ljubljano in Kranjem je približno 118 vlakov v 24 urah. Ta del proge je izkoriščen 74-odstotno. Med Kranjem in Jesenicami je propustna moč 85 vlakov v 24 urah, to pa pomeni, da je ta del proge izkoriščen 91 %. Proga je usposobljena za oprtni sistem tehnologije A.

Oprtni sistem tehnologije A pomeni prevoz cestnega tovornega vozila s priklopnikom ali polpriklopnikom na posebnem nizkopodnem železniškem vagonu. Vozniki tovornjakov zapeljejo svoja vozila preko posebej prirejene klančine na nizkopodne tovrne vagone in nato v spalnih vagonih z istim vlakom spremljajo svoja vozila (Brniac et al., 2003, str. 5).

Železniški vagoni za prevoz cestnih vozil imajo nizko spuščeno dno, in sicer 41 centimetrov nad zgornjim robom tirnice ter so med seboj zglobno povezani, tako da lahko tovornjaki pri natovarjanju in raztovarjanju vozijo po vagonih. Čas natovarjanja oziroma raztovarjanja vlaka traja okoli 20 minut (Jakomin et al., 2002, str. 223).

3.4 Lokomotive za vleko tovornih vlakov na glavni progi 20

Za vleko vlakov potrebujemo lokomotive oziroma vlečna vozila. Tovorne vlake na glavni progi 20 vlečejo različne lokomotive treh prevoznikov, in sicer: Slovenske železnice, Avstrijske železnice – ÖBB in podjetje Ten Rail, d. o. o. Uporaba lokomotiv je odvisna glede na težo tovora in načrt uporabe. V nadaljevanju naloge bomo opisali najpogosteje uporabljene lokomotive na tej progi.

3.4.1 Lokomotiva ÖBB 1216 – Taurus

Lokomotiva 1216 je tretja generacija iz družine Euro Sprinter in je bila predana v uporabo leta 2006. S kratico oziroma oznako ES64U4 označujemo hitre, visokozmogljive lokomotive, pri katerih v tej kratici število 4 pomeni, da je lahko tudi 4-sistemska. Poleg izmeničnih napetosti 15 in 25 kV ima vgrajen sistem napetosti 1,5 in 3 kV. Trajna moč lokomotive znaša 6400 kW in doseže hitrost 230 km/h. Lokomotiva ES64U4 sestoji iz osnovne lokomotive, ki se lahko dopolni z dodatnim paketom, ki je odvisen od želja oziroma potreb države, po kateri bo lokomotiva vozila. V Sloveniji podjetje Rail Cargo Carrier Slovenia uporablja lokomotive s paketom A (1216.001 – 025) in B1 (1216.141 – 150) (povzeto po Railcolor, 2013).



Slika 4: Potoki
(Lastni vir)

3.4.2 Lokomotiva SŽ 541 – Živa

Slovenske železnice imajo v lasti 32 lokomotiv 541 s paketom B2 (541.001 – 010) in F (541.101 – 110). Osnova je enaka kot pri lokomotivi 1216.



Slika 5: Podnart
(Lastni vir)

3.4.3 Lokomotiva ÖBB 1293 – Vectron

Lokomotiva Vectron predstavlja nadaljnji razvoj električnih lokomotiv Euro Sprinter in dielektričnih lokomotiv EuroRunner v skupini Siemens Mobility. Lokomotivo so prvič predstavili na sejmu Innotrans leta 2010. Lokomotive Vectron so štiriosne lokomotive, na katerih so združene vse dobre lastnosti Siemensovih predhodnic. Lokomotive Vectron so danes na razpolago v šestih različicah: Vectron MS (večsistemska lokomotiva z močjo 6400kW s hitrostjo 160 ali 200 kilometrov na uro), Vectron AV (visoko zmogljiva lokomotiva za izmenični tok z močjo 6400 kW in hitrostjo 160 ali 200 kilometrov na uro), Vectron AC (lokomotiva srednje moči za izmenični tok z močjo 5600 kW in največjo dovoljeno hitrostjo 160 kilometrov na uro), Vectron DC (lokomotiva srednje moči za enosmerni tok z močjo 5200 kW in hitrostjo 160 ali 200 kilometrov na uro), Vectron DE (dizelelektrična lokomotiva z močjo 2400kW in hitrostjo 160 kilometrov na uro), Vectron DM (Dual Mode za pogon z izmeničnim tokovm 15kV AC in dizelskim motorjem z generatorjem z močjo 2000 kW in največjo hitrostjo 160 kilometrov na uro. Vectron je prava evropska lokomotiva, primerna za vse vrste pogonov, lahko pa se dokaj enostavno priredi za različne tirne širine. Siemens je do danes naredil in prodal več kot 500 lokomotiv te vrste (povzeto po Košir, Bogič in Orbanić, 2019, str. 254).



Slika 6: Vrba
(Lastni vir)

3.4.4 Lokomotiva SŽ 363 – brižita

Lokomotive 363 je v Slovenijo dobavil francoski Alstom med letoma 1975 in 1977. Lokomotiva ima moč 2970 kW in se uporablja na vseh elektrificiranih slovenskih progah. Posebnost te lokomotive je prenos moči s pomočjo reduktorja. Za tovorni vlak se prestavi v tovorno prestavo, kjer je hitrost 75 kilometrov na uro in pri tem dobi na vlečni sili. V potniški prestavi pa se poveča hitrost, in to kar do 125 kilometrov na uro. Kupljenih je bilo 40 lokomotiv, ena je bila namenjena samo za rezervne dele (povzeto po Košir, Košir, Bogič in Orbanić, 2019, str. 232).



*Slika 7: Jesenice
(Lastni vir)*

3.5 Tovorni vagoni

Tovorni vagoni so železniška vozila, zasnovana za prevoz tovora po železniških tirih. Obstaja več vrst tovornih vagonov, vsak prilagojen za različne vrste tovora in logistične potrebe.

Vsi tovorni vagoni morajo imeti skladno s splošno pogodbo za uporabo tovornih vagonov v mednarodnem prometu na obeh straneh dobro vidne napise in oznake, ki jih je treba z latinskimi črkami in arabskimi števkami napisati v jeziku imetnika. Napisi in znaki morajo biti vedno jasno vidni. Namestiti jih je treba na stranske stene, če se le da 1600 mm nad gornjim robom tirnice (sredina napisa). Napise na vagonih brez stranskih sten je treba namestiti na posebne napisne table. Tovorni vagoni morajo biti z napisi opremljeni na obeh vzdolžnih straneh vagona. Individualna oznaka vozila je najpomembnejša. Uporablja se za prepoznavanje tehnično eksploatacijske značilnosti. Vagoni so na bočnih stenah ali nosilcih opremljeni z dvanajstmestno številko, iz katere lahko ugotovimo režim izmenjave, lastništvo, serijo in podserijo, zaporedno številko in kontrolno številko vagona. Konstrukcija tovornega zabojnika je lahko odprtega ali zaprtega tipa.



Slika 8: Pomen dvanajstmestne številke na vagonu
(Vir: Učni pripomoček za interno uporabo, 2008)

3.5.1 Serije in pod serije vagonov

Po Herynek in Pivec (2010, str. 73–74) se za prevoz tovora uporablja več serij vozov:

- Odprti vagoni z visokimi stranicami SERIJA E so odkriti vagoni z visokimi stranicami, z bočnimi vrati ter možnostjo čelnega gravitacijskega praznjenja z nagibanjem v vzdolžni smeri vagona. Namenjeni so za prevoz lesa, proizvodov strojne industrije, premoga ipd. Vagone je možno zaščititi s ponjavo, v njih se prevaža tovor, ki ni tako občutljiv na vremenske pojave.
- Specialni vagoni SERIJA F so vagoni odprtega tipa, ki nimajo ravnega poda in se ne dajo razkladati z nagibanjem. Tovor se prevaža v silosih, nakladajo se z vrha, razkladajo pa s pomočjo gravitacije. Namenjeni so za prevoz rud in podobnih razsutih tovorov.
- SERIJA G ali navadni zaprti vagoni so namenjeni za prevoz kosovnega tovora, živali, sadja in zelenjave. Ti vozovi imajo možnost prezračevanja.
- SERIJA H ali specialni zaprti vagoni so namenjeni za vse blago, ki se prevaža v vagonih serije G, vendar nimajo možnosti prezračevanja. Imajo pa prednost v premičnih stranskih stenah, kar omogoča dobro uporabo palet pri prevozu kosovnega tovora.
- Zaprti vagoni oziroma hladilniki so SERIJA I, namenjeni prevozu lahko pokvarljivega blaga, saj so izotermični, hladilni in toplotni vagoni ali vagoni z globokim zamrzovanjem.
- SERIJA K ali vagoni plato so lahko izdelani z nizkimi stranicami do pol metra ali brez stranic. Namenjeni so za prevoz peska, gramoza in lahkih cestnih vozil ter kontejnerjev.
- Specialni vagoni plato za prevoz avtomobilov ali SERIJA L imajo dve talni površini.



Slika 9: Vagon serije L
(Vir: Slovenske železnice, 2023e)

- Navadni vagoni plato ali SERIJA R so namenjeni za prevoz tovora v večjih kosih in večje teže: stroji, čolni ipd.
- SERIJA S so specialni vagoni plato, namenjeni prevozu kontejnerjev, težkih vozil in posebnih pošiljk.
- SERIJA T so specialni vagoni s premično streho za prevoz tovora enako kot pri seriji G.
- Za prevoz cementa in drugih materialov v prahu, kot so razna živila, se uporabljajo specialni zaprti vagoni SERIJA U.
- SERIJA Z so specialni zaprti vagoni – cisterne, namenjeni za prevoz tekočega tovora: olja, vode, kislin ipd.



Slika 10: Vagon serije Z
(Vir: Slovenske železnice, 2021a)

3.6 Prevoz tovora po glavni progi 20

Za prevoz tovora po glavni progi se v večini primerov uporabljajo električne lokomotive: ÖBB 1216 – Taurus, SŽ 541 – Živa, ÖBB 1293 – Vectron in SŽ 363 – brižita. Vsak vlak je treba označiti s številčno oznako po analitičnem sistemu označevanja, iz katere se razberejo, ali je vlak mednarodni ali lokalni, vrsta vlaka (potniški, tovorni), smer vožnje vlaka, obdobje vožnje vlaka in ali je za vlak izdelan vozni red posameznega vlaka. Zaradi lažje organizacije se je teh vozni redov treba čim bolj držati. Za označevanje potniških vlakov so dodeljene številke od 0 do 39999. Tovorni vlaki v mednarodnem prometu se označujejo s številkami od 40000 do 49999. Iz številke tovornih vlakov v mednarodnem prometu se mora razbrati, da je mednarodni vlak, smer vožnje vlaka in vrsta vlaka. Tovorni in službeni vlaki v notranjem prometu se označujejo od 50000 do 99999. Smer vožnje vlaka je določena s parnostjo ali neparnostjo njegove številke. Z neparnimi številkami se označujejo vlaki, ki vozijo z zahoda ali severa v smeri vzhoda ali juga. V nasprotni smeri se vlaki označujejo s parnimi številkami. Pri določitvi parnosti oziroma neparnosti številke je treba upoštevati celotno relacijo vlaka.

Večino tovora iz slovenske strani na glavno progo 20 pride iz Luke Koper. Ker pa v Ljubljani pri Tivoliju ni loka, ki bi neposredno povezoval gorenjsko in primorsko progo, je treba uvoziti z vlakom na postajo Ljubljana Sever. Po uvozu vlaka sledi premik lokomotive ali več njih okoli na drugo stran vlaka, nato je treba opraviti še zavorni preizkus D. Vse skupaj traja približno 40 minut. Na Jesenice največ tovora pride poleg Avstrije iz Nemčije, Poljske in Češke. V večini primerov iz Avstrije pripeljejo vlak z enosistemsko lokomotivo, to pa pomeni, da je treba najprej opraviti premik enosistemske z dizel ali večsistemsko lokomotivo. Po opravljenem premiku gre na vlak večsistemski lokomotiva registrirana in primerna za vožnjo po Sloveniji. Po glavni progi 20 se največ prevažajo avtomobili, ruda, les, kerozin, biodizel in kontejnerji.



*Slika 11: Prevoz tovora
(Lastni vir)*

Pri prevozu tovora je treba biti pazljiv tudi na obremenitev lokomotiv zaradi nagiba proge. Pojem obremenitev lokomotiv opredeljuje težo vlakov, ki jo lahko določena vrsta lokomotive vleče na določeni progi oziroma progovnem odseku. Za vsako vrsto lokomotiv so obremenitve drugačne in jih je treba preračunati glede na tehnične podatke lokomotiv in adhezijskih pogojev na progi. Za prevoz tovora iz Jesenic proti Ljubljani je zaradi padca dovolj ena lokomotiva. Iz Ljubljane proti Jesenicam pa je pri teži nad 1260 ton treba voziti vlak v spregi ali pa imeti na čelu eno lokomotivo, na sklepu vlaka pa drugo – doprega. Ker je glavna proga 20 enotirna in zelo obremenjena, je delo prometnikov, da vse poteka tekoče in brez večjih zamud zelo zahtevno. Pazljiv pa je potrebno biti na odvzem električne energije iz omrežja, da zaradi obremenjenosti ne pride od izpada. Poraba energije pri lokomotivah je najbolj odvisna od teže in nagiba proge. Vlak iz Ljubljane proti Jesenicam teže 1100 ton, dolžine 500 metrov, brez zaustavljanja porabi približno 2100 kilovatnih ur, vrne pa jih 200. Vlak iz obratne smeri teže 1200 ton, dolžine 500 metrov, brez zaustavljanja porabi približno 560 kilovatnih ur, vrne pa jih 350.

Tovorni vlak za 63 kilometrov dolgo progo brez zaustavljanja potrebuje približno 55 minut. Trajanje vožnje je odvisno od števila počasnih voženj, dolžine in teže vlaka.

3.7 Možnosti nadaljnjega razvoja in optimizacije gorenjske proge

Železniška proga na Gorenjskem ponuja številne možnosti nadaljnjega razvoja in optimizacije, ki lahko prispevajo k učinkovitemu in trajnostnemu železniškemu prometu na tem območju.

- Modernizacija infrastrukture

Naložbe v modernizacijo železniške infrastrukture, vključno s posodobitvijo prog, postaj, signalnih sistemov in železniških postajališč, bi povečale zmogljivost, zanesljivost ter omogočile hitrejše in varnejše premikanje blaga. Poleg tega naložbe v varnostno infrastrukturo, kot so moderni signalni sistemi, prispevajo k varnejšemu izvajanju železniških operacij. Z naprednimi varnostnimi tehnologijami se tveganje za nesreče zmanjšuje, kar ne le povečuje zaupanje v železniški prevoz, temveč tudi prispeva k zmanjšanju negativnih vplivov na okolje in izboljšuje celotno varnostno stanje v sektorju.

- Povečanje zmogljivosti

Razširitev zmogljivosti gorenjske proge bi omogočila premikanje večjih količin blaga in izboljšala učinkovitost železniškega prometa na tem območju.

- Povečanje uporabe tehnoloških inovacij

Uporaba pametnih sistemov za sledenje in upravljanje zalog bi izboljšala nadzor nad premikanjem blaga, omogočila hitrejše odpravljanje in odkrivanje težav ter povečala pregled nad operacijami.

- Okoljski trajnostni razvoj

Z uporabo električnih vlakov in zmanjšanjem emisij bi prispevali k zmanjšanju negativnih vplivov na okolje.

- Finančna podpora

Pridobivanje finančne podpore in naložb iz državnih virov, evropskih sredstev ali zasebnih investitorjev je ključno za izvajanje večjih projektov.

- Izobraževanje in usposabljanje kadrov

Izobraževanje in usposabljanje kadrov v železniškem sektorju sta ključnega pomena za zagotovitev učinkovitega upravljanja novih tehnologij in infrastrukturnih posodobitev.

- Analize potreb trga:

Redno izvajanje analiz potreb trga bi omogočilo prilagajanje infrastrukture in storitev glede na spremembe v gospodarstvu, industriji ter potrebah uporabnikov železniškega transporta.

Treba je poudariti, da se je v zadnjem časovnem obdobju začelo vlagati v železniško infrastrukturo. Vsi si želimo, da se bo s tem razbremenil cestni promet, saj bomo lahko dali ves tranzitni tovor na železnico. Najpomembnejši cilji nadaljnjega razvoja in optimizacije celotne proge 20 so:

- nadgradnja proge s tehničnimi specifikacijami interoperabilnosti;
- odprava ozkih grl ter povečanje prepustnosti in prevozne zmogljivosti železniške proge;
- dvig hitrosti vlakov;
- povečanje varnosti železniškega in cestnega prometa;
- odprava in preprečevanje negativnih vplivov na okolje.

V železniško infrastrukturo je treba vlagati vedno več, saj se količina za prevoz tovora in seveda tudi število potnikov zelo povečuje. Z dobro infrastrukturo bi tudi razbremenili cestni promet. Da pa bi omogočili velik porast prevoza tovora po glavni progi 20 brez zamud, je treba preurediti celotno železniško infrastrukturo. Za boljšo prepustnost bi morali celotno progo 20 narediti dvotirno. S tem bi imeli po en tir za eno smer vožnje. Če bi imeli dva tira, ne bi med načrtovanimi delovnimi zaporami bilo popolne zapore proge. Zaprt bi bil lahko samo en tir, po drugem pa bi nemoteno potekal promet.

Prepustnost bi izboljšali že s tem, če bi naredili dvotirno progo samo na odsekih, kjer je to najlažje in je tudi dovolj prostora. To bi se lahko napravilo na naslednjih odsekih:

- Žirovnica – Lesce Bled,
- Kranj – Škofja Loka,
- Škofja Loka – Medvode,
- Medvode – Ljubljana Vižmarje.

Med nadgradnjo proge bi morali na vseh postajah vgraditi kretnice, ki dopuščajo vožnjo v odklon s hitrostjo vsaj 50 kilometrov na uro. S tem se vlak hitreje umakne z glavnega prevoznega tira na stranski tir in se zamude zmanjšajo oziroma jih ne bi bilo. Da bi lahko težki vlaki takoj drug za drugim vozili iz Podnarta proti Jesenicam, je treba v Podnartu postaviti napajalno postajo. Zaradi dolgih vlakov je treba na vseh postajah podaljšati tire.

Gradnjo drugega tira na navedenih odsekih in vseh ostalih navedenih nadgradenj bi se morali lotiti najkasneje z začetkom leta 2025 in nato dela končati do konca leta 2028. Približni znesek za nadgradnjo bi bil 300 milijonov evrov. Večinski del zneska bi bil financiran z evropskimi sredstvi, tako kot nadgradnja proge med Jesenicami in Kranjem, ki je stala 166 milijonov evrov.

Najpomembnejša in najkoristnejša pridobitev za glavno progo 20 kot tudi za železniško postajo Ljubljana pa bi bila izgradnja tivolskega loka. S tem lokom bi pri tovornih vlakih pridobili veliko časa, saj vlakom, namenjenim iz Jesenic proti Primorski ali obratno, ne bi bilo treba menjati smeri vožnje in bi s tem zmanjšali zasedenost postaj na progi 20 zaradi zasedenosti postaje Ljubljana. Izgradnje tivolskega loka bi se morali lotiti pred začetkom nadgradnje železniške postaje Ljubljana, saj bi s tem promet tovornih vlakov proti Primorski iz Gorenjske in obratno potekal hitreje. S tem bi se zmanjšali vozni časi in bilo bi veliko manj hrupa v središču mesta.

4 ZAKLJUČEK

V tem stoletju ostaja železniški transport blaga ključen zaradi svoje trajnosti, okoljske ozaveščenosti in sposobnosti učinkovitega premikanja velikih količin blaga. S povečano globalno trgovino in potrebo po zmanjšanju okoljskih vplivov postaja železnica vse pomembnejša alternativa, ki prispeva k zmanjšanju prometnih zastojev, varčevanju z energetske viri ter povezovanju regij in trgov. S svojo vsestranskostjo in sposobnostjo omiliti izzive sodobnega prometnega okolja ostaja železniški transport ključni dejavnik logističnih in trajnostnih strategijah.

Teoretični del diplomske naloge zajema obsežno pregledovanje literature, ki je obravnavala zgodovino železnic na Slovenskem, železniško infrastrukturo, progovne signalno varnostne naprave ter stabilne naprave električne vleke. Izvedeni pregled je potrdil, da ima železniški transport blaga na gorenjski progi ključno vlogo pri regionalni in širši logistični infrastrukturi. Vendar pa so bili zaznani tudi izzivi, ki omejujejo njegovo učinkovito delovanje. Med najpomembnejšimi se kažejo omejena infrastrukturna kapaciteta, logistične ovire pri povezovanju z drugimi prevoznimi sredstvi ter konkurenca.

V nadaljevanju so bile prikazane možnosti izboljšav, med katerimi so nadgradnja infrastrukture, uvedba tehnoloških inovacij ter boljše povezovanje s cestnim prometom. Vključitev tehnoloških inovacij, kot so sledenje in upravljanje zalog, bi lahko povečala učinkovitost in zmanjšala stroške transporta blaga po železnici.

Kljub trenutnim izzivom se kažejo pozitivni trendi in priložnosti za izboljšave. Prihodnost tega segmenta je v veliki meri odvisna od sodelovanja med vsemi akterji, kot so Evropska unija, Slovenija, železniški operaterji, logistična podjetja in drugi, ki morajo delovati usklajeno za ustvarjanje trajnostnega in učinkovitega sistema.

Poudarimo lahko, da je treba železniški transport blaga razumeti kot ključni element trajnostnega razvoja in logistične učinkovitosti na gorenjski progi. V prihodnjih letih bo treba nenehno spremljati spremembe v okolju, uvajati inovacije ter prilagajati strategije, da se na tem območju ohrani in okrepi vloga železnice v prevozu blaga v prihodnosti.

5 VIRI IN LITERATURA

Brniac, N., Gospocić, A. in Bartulić, C. (2003). *Huckepack technology basic for developing advanced transport technologies in EU countries*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <http://www.fpp.uni-li.si/~mdavid/TVP/Seminarske/ICTS2003CD/Clanki/Brnjacl.pdf>.

Chandra, S. in Agarwal, M. M. (2007). *Railway Engineering*. Oxford: Oxford University Press.

Frey, S. (2012). *Railway Electrification System and Engineering*.

Herynek, B. in Pivec, B. (2010). *Prevoz tovora*. Celje: Mohorjeva založba.

Jović, A. (2001). *Analiza dela in zmogljivosti ranžirne postaje Zalog*. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo in železniški promet.

Košir, M., Bogič, M. in Orbanić, J. (2019). *Železniška vozila na motorni in elektromotorni pogon v Sloveniji*. Maribor: Pro-Andy.

Ministrstvo za infrastrukturo. (2023). *Železniška infrastruktura*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <https://www.gov.si teme/zelezniska-infrastruktura>.

Mohorič, I. (1958). *Zgodovina železnic na Slovenskem*. Ljubljana: Zgodovinsko društvo za Slovenijo.

Mohorič, M. (1968). *Železna cesta skozi naše kraje*. Celje: Mestna občina Celje, Komisija mladi za Celje.

Pravilnik o nivojskih prehodih. (2019). *Uradni list RS*, št. 55/19 in 110/22.

Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog. (2010). *Uradni list RS*, št. 92/10, 38/16 in 30/18.

Prometni pravilnik. (2011). *Uradni list RS*, št. 50/11, 21/14 in 30/18.

Railcolor. (2013). *ÖBB 1216*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <https://www.railcolor.net/index.php?nav=1405000&lang=1#.XcRd4zNKi70>.

Slovenske železnice – Infrastruktura. (2012). *Postajni poslovni red I. del Postaja Zalog*. Ljubljana: Slovenske železnice – Infrastruktura.

Slovenske železnice – Infrastruktura. (2015). *Program omrežja 2017*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova https://www.slo-zeleznice.si/images/infrastruktura/Program_omrežja_2017/PO_2017_0.pdf.

Slovenske železnice. (2021a). *AlbertModell cisterne JŽ / HŽCAR / ŽFBH idr (3. serija)*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <https://pegomodel.si/2021-03-11/albertmodell-cisterne-jz-hzcar-zfbh-idr-3-serija>.

Slovenske železnice. (2021b). *Interno gradivo podjetja: Opis voznega omrežja*. Ljubljana: Slovenske železnice.

Slovenske železnice. (2022a). *Signalna varnost SŽ*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <https://infrastruktura.sz.si/storitve-in-dejavnosti/signalna-varnost>.

Slovenske železnice. (2022b). *Telekomunikacije SŽ*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <https://infrastruktura.sz.si/storitve-in-dejavnosti/telekomunikacije>.

Slovenske železnice. (2022c). *Elektroenergetika SŽ*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <https://infrastruktura.sz.si/storitve-in-dejavnosti/elektroenergetika>.

Slovenske železnice. (2023a). *Elektroenergetika*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <https://www.slo-zeleznice.si/sl/infrastruktura/javna-zelezniska-infrastruktura/elektroenergetika>.

Slovenske železnice. (2023b). Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <https://infrastruktura.sz.si>.

Slovenske železnice. (2023c). *Signalna varnost*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <https://www.slo-zeleznice.si/sl/infrastruktura/javna-zelezniska-infrastruktura/signalna-varnost>

Slovenske železnice. (2023d). *Telekomunikacije*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <https://www.slo-zeleznice.si/sl/infrastruktura/javna-zelezniska-infrastruktura/telekomunikacije>

Slovenske železnice. (2023e). *Vagon serije L*. Pridobljeno 24. 11. 2023 z naslova <https://www.sz-vit.si/si/medijsko-sredisce/arhiv-novic>

Uredba o kategorizaciji prog. (2009). *Uradni list RS*, št. 4/09.

Žerak, L. (2005). *Proge in progovne naprave v železniškem prometu*. Maribor: Višja prometna šola Maribor.