

Ispitivanje preglednosti na željezničko-cestovnim prijelazima

Fanjek, Katarina

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:157540>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-09**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Katarina Fanjek

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

**ISPITIVANJE PREGLEDNOSTI NA ŽELJEZNIČKO-CESTOVNIM
PRIJELAZIMA**

Student: **Katarina Fanjek**

Mentor: **Saša Ahac**

Zagreb, 2023.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

OBRAZAC 2

TEMA ZAVRŠNOG ISPITA

Ime i prezime studenta: **Katarina Fanjek**

JMBAG: **0082059152**

Završni ispit iz predmeta: **Ceste**

Naslov teme završnog ispita:	HR	Ispitivanje preglednosti na željezničko-cestovnim prijelazima
	ENG	Visibility at level crossings

Opis teme završnog ispita:

U radu su opisani željezničko-cestovni prijelazi, načini njihovog osiguranja te parametri određivanja preglednosti s ceste na željezničku prugu. Ispitana je preglednost s ceste na željezničku prugu na tri željezničko-cestovna prijelaza.

Datum: **17. travnja 2023.**

Komentor: **-**

(Ime i prezime komentora)

Mentor: **Saša Ahac**

(Ime i prezime mentora)

S. Ahac

(Potpis mentora)

Sažetak

Željezničko-cestovni prijelazi predstavljaju točke visokog rizika na kojima dolazi do izvanrednih događaja, odnosno nesreća koje sa sobom nose ozbiljne posljedice u obliku ljudskih žrtava, težih povreda i materijalne štete. Kako bi se izbjegle nesreće, željezničko-cestovni prijelazi moraju biti osigurani adekvatnom razinom osiguranja i mora biti zadovoljena potrebna preglednost s ceste na željezničku prugu. U ovom završnom radu opisani su željezničko-cestovni prijelazi, načini njihovog osiguranja te određivanje preglednosti s ceste na željezničku prugu. Također je ispitana preglednost s ceste na željezničku prugu na tri postojeća željezničko-cestovna prijelaza na prugama M 101 DG – S. Marof – Zagreb Gk i M102 Zagreb Gk – Dugo Selo.

Ključne riječi: pasivno osiguranje, aktivno osiguranje, trokut preglednosti

Abstract

Level crossings are high-risk points where extraordinary events occur, i.e., accidents that bring with them consequences in the form of human casualties, serious injuries, and material damage. To avoid accidents, level crossings must be secured to an adequate level and the required visibility conditions from the road to the railway must be met. In this undergraduate thesis, level crossings are described, while the emphasis is given on safety measures and required visibility at these crossings. Visibility from the road to the railway at three existing level crossings on the lines M 101 DG - S. Marof - Zagreb Gk and M102 Zagreb Gk - Dugo Selo was also examined.

Keywords: passive safety measures, active safety measures, visibility triangle.

Sadržaj

1. Uvod	5
2. Željezničko-cestovni prijelazi.....	2
2.1. ŽCP u razini.....	2
2.2. ŽCP izvan razine	3
3. Načini osiguravanja ŽCP-a u razini.....	5
3.1. Pasivno osiguranje ŽCP-a.....	7
3.2. Aktivno osiguranje ŽCP-a	9
4. Sigurnost na ŽCP-ima u Republici Hrvatskoj	14
5. Parametri određivanja preglednosti s ceste na željezničku prugu	18
6. Analiza preglednosti na postojećim ŽCP-ima.....	23
6.1. ŽCP Jelkovečka.....	24
6.2. ŽCP Selnička.....	26
6.3. ŽCP Vodovodna	29
7. Zaključak	32

1. Uvod

Željezničko-cestovni prijelaz (ŽCP) je mjesto križanja željezničke pruge ili industrijskoga kolosijeka i ceste u istoj razini, a može uključivati i križanje s pješačkom i biciklističkom stazom ili drugim putovima namijenjenim prolasku ljudi, životinja, vozila ili strojeva. Kao takvi predstavljaju točke visokog rizika na kojima dolazi do izvanrednih događaja, odnosno nesreća koje sa sobom nose ozbiljne posljedice u obliku ljudskih žrtava, težih povreda i materijalne štete. Uzroci takvih događaja najčešće su nesmotreni vozači motornih vozila, neoprezni pješaci i biciklisti. Kako bi se izbjegle nesreće, ŽCP-i moraju biti osigurani adekvatnom razinom osiguranja, i mora biti zadovoljena potrebna preglednost s ceste na željezničku prugu.

Tema ovog završnog rada je ispitivanje preglednosti na željezničko-cestovnim prijelazima. Rad je podijeljen na sedam poglavlja.

- Uvod, u kojem je navedena problematika razrađena u ovom radu.
- U drugom poglavlju opisani su različiti tipovi ŽCP-a...
- U trećem poglavlju prikazani su načini osiguravanja prometa na ŽCP-ima.
- U četvrtom poglavlju dani su podaci o sigurnosti na ŽCP-ima u Republici Hrvatskoj.
- U petom poglavlju prikazani su parametri određivanja preglednosti s ceste na ŽCP.
- U šestom poglavlju detaljnije su opisana tri ŽCP-a i ispitana je preglednost istih.
- Zaključak

2. Željezničko-cestovni prijelazi

Željezničko-cestovni prijelaz je mjesto križanja željezničke pruge ili industrijskoga kolosijeka i ceste u istoj razini, a može uključivati i križanje s pješačkom i biciklističkom stazom ili drugim putovima namijenjenim prolasku ljudi, životinja, vozila ili strojeva [1].

Zbog velikih razlika u brzinama kretanja cestovnih i pružnih vozila, njihovih masa, a posebno zaustavnih putova, ta su mjesta vrlo opasna zbog mogućnosti sudara. To je razlog što se ta mjesta osiguravaju na razne načine. Ovisno o vrsti prometnica, razvrstavanju željezničkih pruga i drugih prometnica, intenzitetu prometa na željezničkim prugama i drugim prometnicama, topografskim i urbanističkim uvjetima, propisanim uvjetima za siguran tijek prometa i drugim propisanim uvjetima, križanje željezničke pruge s drugim prometnicama izvodi se kao: križanje u istoj razini i križanje izvan razine [2].

2.1. ŽCP u razini

ŽCP u razini (slika 1) su kompleksni sustavi koji uključuju interakciju između više različitih tipova korisnika kopnenog prijevoza, uključujući strojovođe, osoblje koje upravlja signalizacijom, pješake, bicikliste, motocikliste, vozače automobila i druge. Što se tiče uvjeta izvođenja željezničko-cestovnih prijelaza u razini, oni su prema Pravilniku o uvjetima za određivanje križanja željezničke pruge i drugih prometnica (NN 111/2015) sljedeći.

- Mjesto križanja željezničke pruge i ceste u istoj razini određuje se ovisno o razvrstavanju željezničke pruge i ceste, dopuštenoj infrastrukturnoj brzini na željezničkoj pruzi, topografskim i urbanističkim uvjetima te mjesnim prilikama na mjestu križanja.
- Kolnik ceste na ŽCP-u mora biti u istoj razini s gornjim rubovima tračnica u kolosijeku na duljini od najmanje 3 m s obje strane željezničke pruge mjereno od osi kolosijeka, odnosno od osi krajnjega kolosijeka kada cesta prelazi preko dva ili više kolosijeka.
- Novosagrađeni ŽCP mora biti izveden pod kutom od 90° u odnosu na željezničku prugu. Iznimno, kada to uvjetuju topografski i urbanistički uvjeti ili vodoravna geometrija ceste, ŽCP smije biti izveden i pod kutom manjim od 90° u odnosu na željezničku prugu, do najmanje 60°. S obje strane željezničke pruge, novosagrađena ili rekonstruirana cesta smije biti u uzdužnom nagibu do najviše 3% na duljini od najmanje 20 m [2].



Slika 1. ŽCP u razini

2.2. ŽCP izvan razine

Križanje željezničke pruge i ceste prema Pravilniku o uvjetima za određivanje križanja željezničke pruge i drugih prometnica (NN 111/2015) mora biti izvan razine u sljedećim slučajevima:

- na križanju željezničke pruge i autoceste,
- na križanju željezničke pruge i brze ceste,
- na križanju željezničke pruge za međunarodni promet i državne ceste,
- na križanju glavne (koridorske) željezničke pruge za međunarodni promet i županijske ceste,
- na novosagrađenom križanju postojeće glavne (koridorske) željezničke pruge za međunarodni promet i ceste,
- na križanju željezničke pruge s dopuštenom brzinom vlakova većom od 160 km/h i ceste,
- na križanju željezničke pruge i ceste u kolodvorskom području na prostoru između ulaznih skretnica od kojih počinju kolodvorski kolosijeci
- na križanju željezničke pruge i ceste s intenzivnim željezničkim i cestovnim prometom,
- na križanju željezničke pruge i ceste gdje uslijed specifičnih mjesnih prilika ili drugih razloga nije moguće uspostaviti propisanu sigurnost željezničkog sustava [2].

Intenzivnim cestovnim prometom smatra se prosječni godišnji dnevni promet s više od 7.500 cestovnih vozila u 24 sata, dok se intenzivnim željezničkim prometom smatra prosječni godišnji dnevni promet s više od 75 vlakova u 24 sata [2]. Slika 2 prikazuje ŽCP izvan razine.



Slika 2. ŽCP izvan razine

3. Načini osiguravanja ŽCP-a u razini

Prema Pravilniku o načinu osiguravanja prometa na željezničko-cestovnim prijelazima i pješačkim prijelazima preko pruge [3], osiguravanje prometa na novosagrađenim ŽCP-ima vrši se najmanje:

- uređajem za zatvaranje ŽCP-a na križanju željezničke pruge od značaja za regionalni i lokalni promet s državnom i županijskom cestom (slike 3. i 4. prikazuju uređaje za zatvaranje željezničke pruge u svrhu osiguranja prometa),
- uređajem za davanje znakova kojima se najavljuje približavanje vlaka ili željezničkoga vozila na križanju željezničke pruge od značaja za regionalni i lokalni promet s lokalnom i nerazvrstanom cestom (slika 5. prikazuje svjetlosne uređaje kojima se signalizira dolazak vlaka u svrhu osiguranja prometa).



Slika 3. Osiguranje ŽCP-a polubranikom



Slika 4. Osiguranje ŽCP-a branikom

Osiguravanje prometa na postojećim željezničko-cestovnim prijelazima vrši se najmanje [3]:

- uređajem za zatvaranje ŽCP-a na križanju glavne (koridorske) željezničke pruge od značaja za međunarodni promet sa svim cestama, na križanju spojne i priključne željezničke pruge od značaja za međunarodni promet s državnom, županijskom i lokalnom cestom te na križanju željezničke pruge od značaja za regionalni i lokalni promet s državnom i županijskom cestom,
- uređajem za davanje znakova (slika 5) kojima se najavljuje približavanje vlaka ili željezničkoga vozila na križanju spojne i priključne željezničke pruge od značaja za međunarodni promet s nerazvrstanom cestom i na križanju željezničke pruge od značaja za regionalni i lokalni promet s lokalnom i nerazvrstanom cestom.



Slika 5. Osiguranje ŽCP-a uređajem za davanje svjetlosnih znakova prilikom nailaska vlaka

Promet na ŽCP-ima osigurava se uređajem za zatvaranje željezničko-cestovnoga prijelaza i u sljedećim slučajevima [3]:

- na postojećim ŽCP-ima koji se nalaze na mjestima gdje je propisano da križanje željezničke pruge s cestom mora biti izvan razine, do izvedbe križanja izvan razine,
- na svim ŽCP-ima na dvokolosiječnim, višekolosiječnim i usporodnim željezničkim prugama (slika 6),
- na svim ŽCP-ima s prosječnim godišnjim dnevnim prometom većim od 2.500 cestovnih vozila u 24 sata.



Slika 6. ŽCP na dvokolosiječnoj pruzi osiguran uređajem za zatvaranje i signalnim uređajem

Na ŽCP-ima koji se nalaze u području cestovnih križanja, uređaj za osiguravanje željezničko-cestovnoga prijelaza i uređaj za osiguravanje cestovnoga križanja moraju biti međusobno usklađeni, na način da prijelaz bude slobodan od cestovnih vozila pri nailasku vlaka.

Najveća dopuštena brzina vlakova odnosno željezničkih vozila na ŽCP-ima na kojima se promet osigurava uređajem za osiguravanje prijelaza ne smije biti veća od 160 km/h.

Najveća dopuštena brzina vlakova odnosno željezničkih vozila na ŽCP-ima na jednokolosiječnim željezničkim prugama na kojima se promet osigurava prometnim znacima i propisanom preglednošću s ceste na željezničku prugu ne smije biti veća od 100 km/h. Najveća dopuštena brzina vlakova odnosno željezničkih vozila na ŽCP-ima na dvokolosiječnim, višekolosiječnim i usporednim željezničkim prugama na kojima se promet osigurava prometnim znacima i propisanom preglednošću s ceste na željezničku prugu ne smije biti veća od 50 km/h [3].

Kao što je već spomenuto, ŽCP je mjesto gdje se sijeku željeznička pruga i cestovna prometnica. Na svim ŽCP-ima prednost imaju željeznička vozila nad cestovnim. Neki od razloga zbog koji željeznička vozila imaju prednost su: imaju veću masu od cestovnih vozila, dulji zaustavni put (čak i do 20 puta dulji zaustavni put) i kreću se prisilnom putanjom, što znači da u odnosu na cestovna vozila ne mogu izbjeći sudar na prijelazu. To znači da se pri nailasku željezničkog vozila zaustavlja cestovni promet [3].

Osiguranje cestovnog prometa može se svrstati u dvije skupine [2]:

- pasivno (prometnim znakovima).
- aktivno (uređajima za osiguranje cestovnih prijelaza).

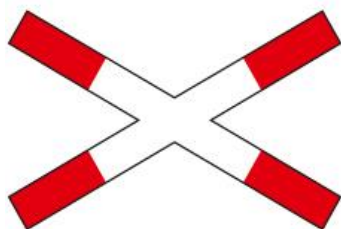
3.1. Pasivno osiguranje ŽCP-a

Pasivno osigurani prijelazi samo obavještavaju vozače cestovnih vozila da se na tom mjestu nalazi željeznički prijelaz. Vozači ne dobivaju nikakve informacije o vlaku koji se približava te se moraju sami uvjeriti u njegov dolazak. Na takvim prijelazima je zadaća prometnih znakova da skrenu pozornost vozača na pružni prijelaz i da im ukažu da prijelaz postoji. Najčešće korišten znak za označavanje prijelaza preko pruge je znak „Andrijin križ“. Čim sudionici u prometu primijete taj znak, moraju ustupiti prednost željezničkim vozilima na pružnom prijelazu [5].

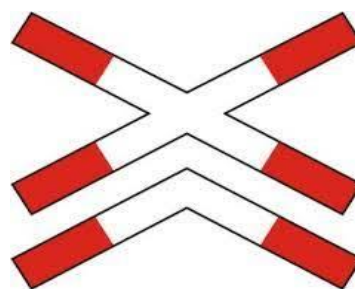
„Andrijin križ“ može biti jednostruki i dvostruki [6]:

- jednostruki se postavlja kada pruga ima jedan kolosijek (slika 7),
- dvostruki se postavlja u slučaju kada pruga ima dva ili više kolosijeka (slika 8).

U praksi, vozači ponekad prije samog prijelaza provjeravaju da nema vlaka te prelaze prijelaz bez zaustavljanja, što se smatra ugrožavanjem sigurnosti prometa i kažnjivo je. Neke zemlje imaju ograničenje brzine na željezničkim prijelazima ili sudionici u prometu moraju usporiti prilikom prelaska pa tako postoji i različit dizajn „Andrijinog križa“ [5].



Slika 7. Jednostruki "Andrijin križ"



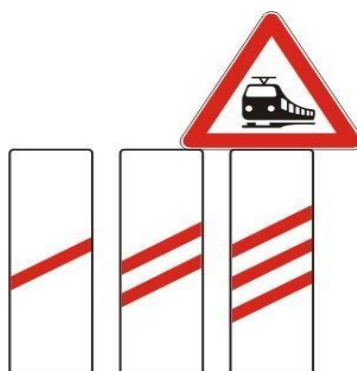
Slika 8. Dvostruki "Andrijin križ"

Uz „Andrijin križ“ nalazi se i znak „STOP“ (slika 9), koji upozorava sudionike u prometu da se zaustave na ŽCP-u i provjere nailazi li vlak [5].



Slika 9. "Andrijin križ" i "STOP"

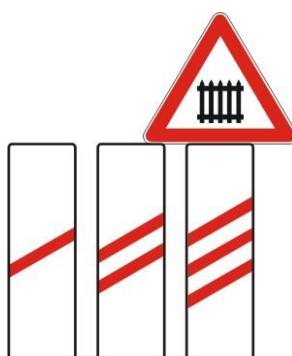
Približavanje ŽCP-u koji nije osiguran branicima ili polubranicima označava se znakom prikazanim na slici 10: "Približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika".



Slika 10. "Približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika"

Znak se postavlja tako da se znak u obliku pravokutnika s tri kose pruge i odgovarajućim znakom opasnosti postavlja na 240 m ispred mjesta križanja ceste i željezničke pruge u razini, znak s dvije kose pruge na 160 m, a znak s jednom kosom prugom na 80 m ispred mjesta križanja ceste i željezničke pruge [6].

Približavanje ŽCP-u koji je osiguran branicima ili polubranicima označava se znakom prikazanim na slici 11: "Približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruges branicom ili polubranikom". Na slici 12 prikazan je pasivno osiguran prijelaz pomoću znaka „STOP“ i jednostrukog „Andrijinog križa“.



Slika 11. Približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge s branicom ili polubranikom



Slika 12. Pasivno osiguran željezničko-cestovni prijelaz

3.2. Aktivno osiguranje ŽCP-a

Aktivnim osiguranjem željezničko-cestovnih prijelaza smatra se svaki način osiguranja koji signalizira dolazak vlaka, bilo da se radi o svjetlosnim signalima, zvučnim signalima ili mehaničkim uređajima. Aktivni se načini osiguranja dijele na sustave kojima se upravlja ručno i na sustave kod kojih postoji automatska promjena stanja (daljinski iz centralne postavnice ili sustavi čiji rad regulira željezničko vozilo svojim prolaskom, isključuje ga ili uključuje) [6] .

Načini aktivnog osiguranja ŽCP-a su sljedeći [3]:

- osiguranje uređajima sa svjetlosno-zvučnim signalima (slika 13),
- osiguranje uređajima sa svjetlosno-zvučnim signalom i mimoilaznom ogradom za pješake,
- osiguranje uređajima sa svjetlosno-zvučnim signalima i polubranicima (slika 14),
- osiguranje uređajima sa ručnim postavljanjem-punim branicima (slika 15).



Slika 13. ŽCP „Horvati“, osiguran svjetlosno-zvučnom signalizacijom



Slika 14. ŽCP sa svjetlosno-zvučnom signalizacijom i polubranicima, Savski Marof



Slika 15. ŽCP osiguran punim branicima, Vodovodna ulica, Zagreb

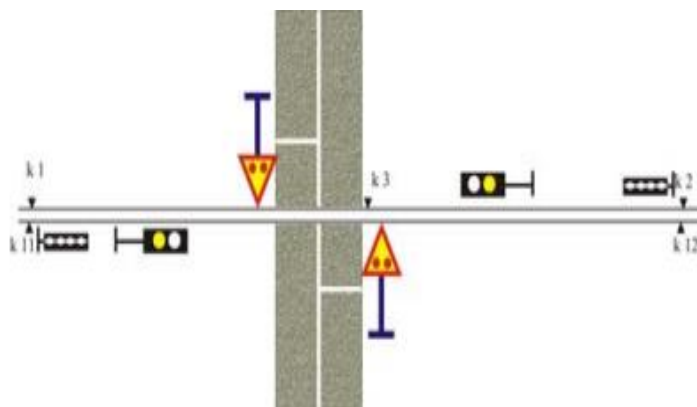
Signalna svjetla imaju oblik dva naizmjenice trepćuća crvena svjetla montirana na signalni stup. Nailaskom vlaka na uključnu točku ŽCP-a uključuje se trepćuća svjetlost i zvono. Dvije signalne svjetiljke trepću naizmjenice, 60 treptaja u sekundi. Broj treptaja, odnosno vrijeme svjetla i tame, razlikuje se od države do države. Signalna svjetla nalaze se jedno pored drugog u vodoravnoj osi na ploči koja ima oblik jednostraničnog trokuta s vrhom okrenutim prema gore čije karakteristike (boja i dimenzije) odgovaraju karakteristikama znakova opasnosti [7].

Koriste se dva tipa signalnih svjetala [7]:

- sa električnim sijalicama (žarulje) i
- sa svjetlećim diodama (LED).

Na nove i na ŽCP-e pri modernizaciji ugrađuje se LED tehnologija zbog bolje pouzdanosti i trajnosti LED dioda [7].

Primjer osiguranja ŽCP-a na jednokolosiječnoj pruzi, gdje vlak kontaktima k1 k11 ili k2 k12 uključuje trepćuću svjetlost i zvono na cestovnim signalima dan je na slici 16. Dvije signalne svjetiljke trepću naizmjenice sa 60 treptaja u sekundi. Zvono je na istom stupu. Svjetla se isključuju 5 sekundi nakon što je i zadnja osovina vagona prešla k3 k13 kolosiječnih kontakata [7].



Slika 16. .Primjer osiguranja ŽCP-a na jednokolosiječnoj pruzi [7].

Branici i polubranici su naprave namijenjene zatvaranju prometa vozila i pješaka u smjeru na koji su poprečno postavljene. Na branicama se svjetlosno trepćuće crveno svjetlo postavlja na sredini branika, a na polubraniku na kraju polubranika. Promjer kruga trepćuća svjetla je minimalno 210 mm [7].

Branik (slika 17) mora biti izrazito dobro obilježen. Stariji način obilježavanja je da se branik naizmjenično oboji crvenom i žutom bojom i označi s tri crvena reflektirajuća stakla, ravnomjerno raspoređena po cijeloj duljini branika. Noviji način obilježavanja je da se branik presvuče reflektirajućim slojem po cijeloj duljini i da na sredini ima trepćuću signalnu svjetiljku [7].



Slika 17. Primjer osiguranja ŽCP-a branicama

Osiguranje branicama najčešće se koristi na mjestima pojačanog prometa i u naseljima. Branici se postavljaju na udaljenosti 3m od najbliže tračnice. Branicama se može upravljati ručno. Uređajem rukuje čuvar cestovnog prijelaza neposredno uz sam prijelaz ili s određene udaljenosti s koje ima dobru preglednost prijelaza. Ako čuvar nije cijelo vrijeme pokraj branika kod napuštanja radnog mjesta mora učvrstiti branike, zaključati ih. Postavljanje branika može

se izvesti daljinski žicovodom ili elektromotorom. Kod daljinskog upravljanja branicima postavljaju se tzv. prerezivni branici [7]. Prije spuštanja branika sudionici u prometu se upozoravaju predzvonjenjem u trajanju od 15 do 25 sekundi [7].

Motke polubranika (slika 18) zatvaraju samo pola ceste i vozilo ne može ostati zarobljeno na željezničko-cestovnom prijelazu. Uključivanje zvona, svjetlosnih signala te spuštanje i dizanje motki polubranika obavlja se automatski, nailaskom vlaka na uključne i isključne točke. Prednost branika nad polubranicima je što zatvaraju cijelu cestu i potpuno je onemogućen promet cestovnim vozilima za vrijeme dok su branici spuštteni, naime nije moguća "vožnja slaloma" kao kod polubranika. To donosi visoki stupanj sigurnosti na željezničko-cestovnim prijelazima, no problem nastaje ako vozilo ostane zarobljeno između branika prilikom spuštanja. Tom problemu doskočilo se izrađivanjem motki branika koje se mogu lomiti [7].



Slika 18. Primjer osiguranja ŽCP-a polubranicima

4. Sigurnost na ŽCP-ima u Republici Hrvatskoj

HŽ Infrastruktura upravlja prugama u Republici Hrvatskoj u duljini od 2.617 km. Omjer kilometara pruga i broja stanovnika zemlje (1.556 osoba po kilometru pruge) stavlja Republiku Hrvatsku u rang s razvijenim europskim zemljama. Na mreži se nalazi 559 kolodvora i stajališta, 1.498 ŽCP-a, 109 tunela i 543 mosta [4].

Svi ŽCP-i i pješački prijelazi u Hrvatskoj su osigurani tako da sudionicima u prometu pružaju sigurnost na određenoj razini [4]. Ukupni broj i način osiguranja ŽCP-a i pješačkih prijelaza preko željezničke pruge (PP) prikazan je u tablici 1 [4].

Tablica 1. Ukupni broj i način osiguranja željezničko-cestovnih i pješačkih prijelaza preko željezničke pruge [4].

ŽCP+PP osigurani PZ (MO)+trokut preglednosti	ŽCP+PP osigurani automatskim ili mehaničkim uređajima			
	Mehanički branici s ručnim postavljanjem	SV+ZV+POL	SV+ZV (MO)	Ukupno ŽCP+PP
906	43	422	127	1498

Značenja skraćenica danih u tablici su sljedeća:

- „PZ (MO) + trokut preglednosti“ - cestovni prometni znakovi I trokut preglednosti (kod pješačkih prijelaza mimoilazne ograde),
- „SV + ZV + POL“ - svjetlosno-zvučni signali i polubranici,
- „SV + ZV (MO)“ - svjetlosno-zvučni signali (kod pješačkih prijelaza i mimoilazne ograde).

Bez obzira što u Hrvatskoj ne postoji neobilježen željeznički prijelaz i dalje se događaju nesreće. U nastavku je prikazana analiza izvanrednih događaja na ŽCP-ima.

Izvanredni događaji se u željezničkom prometu mogu podijeliti na nesreće i teške nesreće [4]. Nesreća je izvanredni događaj u željezničkom prometu sa štetnim posljedicama kao što su teške tjelesne ozljede do četiriju osoba [8]. U 2021. godini dogodilo se ukupno 29 nesreća na ŽCP-ima u Hrvatskoj. Od ukupnog broja nesreća njih 10 se desilo na ŽCP-ima osiguranim prometnim znakovima. Broj nesreća na ŽCP-ima povećan je u odnosu na petogodišnji prosjek za 5,8%. Može se uočiti da najmanje osoba stradava na pješačkim prijelazima. U tablici 2. je dan petogodišnji prikaz broja nesreća na različito osiguranim ŽCP-ima.

Tablica 2. Broj nesreća na ŽCP-ima u razdoblju od 2016. do 2021. godine [4].

Godina		2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.
Na ŽCP- ima	Osiguranima SS-uređajima	8	9	5	9	7	10
	Osiguranima prom. znakovima	17	22	24	15	19	19
	Pješački prijelaz	0	0	1	1	0	0
Ukupno nesreća		25	31	30	25	26	29

Osim tragičnih posljedica po ljudski život i zdravlje, jedna od bitnih posljedica izvanrednih događaja je i materijalna šteta. Najveći dio materijalne štete otpada na lomove branika i polubranika. U 2021. godini zabilježena su 402 loma branika/polubranika na željezničko-cestovnim prijelazima. Branici i polubranici su u većini slučajeva polomljeni neposredno prije prolaska vlaka zbog kojeg su bili spuštene, što može izazvati nesreću. Materijalna šteta počinjena HŽ infrastrukturi procjenjuje se na vrijednost u iznosu od 0,46 milijuna kuna u 2021. godini. Prema podacima u tablici 3, može se zaključiti da broj lomova branika i polubranika opada [4].

Tablica 3. Broj lomova branika/polubranika na ŽCP-ima u razdoblju od 2016. do 2021. godine [4].

Godina	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.
Broj lomova	447	525	452	435	378	402

Teška nesreća je izvanredni događaj u kojem je poginula najmanje jedna osoba, i/ili je teško tjelesno ozlijeđeno pet ili više osoba. Jednako tako teškom nesrećom se smatra i izvanredni događaj u kojem je ostvarena materijalna šteta čija se vrijednost može procijeniti na dva milijuna eura [4]. U 2021. godini dogodilo se 6 teških nesreća na željezničko-cestovnim prijelazima, i to tri na ŽCP-ima osiguranima signalno-sigurnosni uređajima (SS-uređajem), dvije na ŽCP-ima osiguranima prometnim znakovima i jedna na pješačkom prijelazu osiguranom mimoilaznom ogradom [4].

Tablica 4. Broj teških nesreća na ŽCP-ima u razdoblju od 2016. do 2021. godine [4].

Godina		2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.
Na ŽCP- ima	Osiguranima SS-uređajima	0	5	5	3	2	3
	Osiguranima prom. znakovima	2	1	2	2	2	2
	Pješački prijelaz	0	0	0	1	0	1
Ukupno teških nesreća		2	6	7	6	4	6

U 2021. godini u željezničkim nesrećama na ŽCP-ima poginulo je šest osoba, pri tome su poginula tri vozača cestovnog vozila, dva pješaka i jedan biciklist. Prema podacima iz tablice možemo vidjeti da je najmanje osoba stradalo na pješačkim prijelazima. U tablici 5 prikazan je broj smrtno stradalih u vremenskom periodu od 2016.godine do 2021.godine.

Nažalost ne postoji bitna razlika u broju ozbiljnih nesreća između ŽCP-a osiguranih samo prometnim znakovima i ŽCP-a osiguranih SS uređajima. Iako su ŽCP-i osigurani signalno sigurnosnim uređajima najčešće prometniji od ŽCP-a osiguranih prometnim znakovima, može se ustanoviti kako je najveći uzrok nastanka ozbiljnih nesreća manjak pažnje i opreznosti sudionika u prometu.

Tablica 5. Broj smrtno stradalih osoba na ŽCP-ima od 2016. do 2021. godine [4].

Godina		2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.
Na ŽCP- ima	Osiguranima SS-uređajima	0	6	6	3	2	3
	Osiguranima prom. znakovima	2	1	2	2	2	2
	Pješački prijelaz	0	0	0	1	0	1
Ukupno smrtno stradali		2	7	8	6	4	6

Nadalje, u tablici 6 prikazan je broj teže ozlijeđenih osoba na ŽPC-ima. U 2021. godini teže je ozlijeđeno sedam osoba, od kojih je njih pet upravljalo cestovnim vozilom, jedan suvozač i jedan motorist [4].

Tablica 6. Broj teže ozlijeđenih osoba na ŽCP-ima u razdoblju od 2016. do 2021. godine [4].

Godina		2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.
Na ŽCP- ima	Osiguranima SS-uređajima	2	2	1	1	2	3
	Osiguranima prom. znakovima	3	3	4	5	4	4
	Pješački prijelaz	0	0	0	0	0	0
Ukupno teže ozlijeđeni		5	5	5	6	6	7

Najveći dio izvanrednih događaja nastaje zbog nesmotrenog ponašanja osoba koje prelaze preko pruge ili se kreću uz prugu na mjestima na kojima to nije dozvoljeno, što za posljedicu ima smrtni ishod, teške tjelesne ozljede, zastoje u prometu vlakova ili materijalnu štetu.

U 2021. godini zabilježeno je 10 naleta željezničkih vozila na osobe koje su prelazile prugu. U tim naletima četiri osobe su teže ozlijeđene, dok su četiri osobe smrtno stradale

Jedan od bitnih faktora izazivanja željezničkih nesreća je i pokušaj samoubojstva. U 2021. zabilježeno je 19 samoubojstava i 4 pokušaja samoubojstva [4].

Izvanredni događaj jednako tako može biti izazvan i kamenovanjem vlakova. Kamenovanje vlakova je bacanje raznih predmeta na vlak kojim se u opasnost dovode životi putnika, željezničkih radnika i same imovine. Najveći zabilježeni broj kamenovanja vlakova dešava se na relaciji Zagreb, Glavni kolodvor - Dugo Selo (čak 18 od ukupno 54 slučaja).

Izvanredni događaji javljaju se i kao posljedica penjanja na vagone uslijed čega može doći do strujnog udara [4]. Budući da se svi ovi izvanredni događaji ponavljaju iz godine u godinu, HŽ infrastruktura pokušava čim više educirati ljude o opasnostima koje vlakovi nose sa sobom. Oznake zabrane prelaska preko pruge nalaze se na svim propisanim mjestima na otvorenoj pruzi, stajalištima i kolodvorima kako bi upozorili ljude da su te radnje zabranjene radi njihove vlastite sigurnosti [4].



Slika 19. Znak upozorenja na opasnost od strujnog udara

5. Parametri određivanja preglednosti s ceste na željezničku prugu

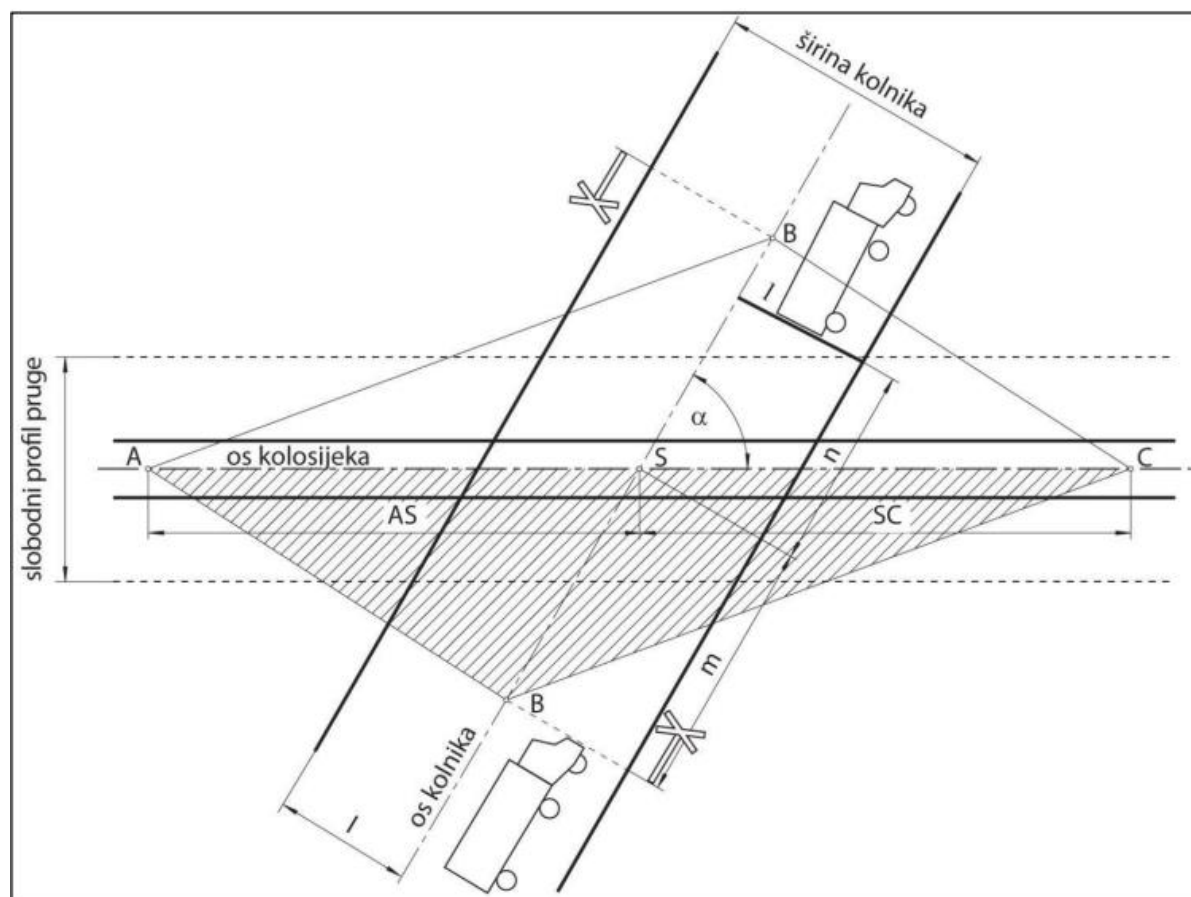
Propisana preglednost je ostvarena kada sudionici u cestovnom prometu ispred ŽCP-a s obje strane željezničke pruge imaju nesmetan vidik na jednu i drugu stranu. Ta preglednost im omogućuje pravovremeno uočavanje nadolazećeg željezničkog vozila odnosno vlaka, i time ostvaruju svoj cilj sigurnog prelaska preko pruge. Nesmetan vidik podrazumijeva da je na udaljenosti za koju je ostvarena propisana preglednost omogućena potpuna vidljivost dijela slobodnog profila kolosijeka željezničke pruge namijenjenog za prometovanje vlakova i ostalih željezničkih vozila [2].

U Republici Hrvatskoj propisana preglednost određena je geometrijskim elementima trokuta preglednosti koji se određuju prema sljedećim parametrima [2]:

- kutovi križanja željezničke pruge i ceste ne smiju biti manji od 20° ,
- nakon pokretanja vozila, vozilo se mora kretati jednoliko ubrzano dok ne postigne brzinu od km/h za ubrzanje od 1 m/s,
- cestovno vozilo se mora zaustaviti prije prelaska preko pruge,
- točka zaustavljanja od koje se ostvaruje preglednost s ceste na željezničku prugu nalazi se u ravnini s prometnim znakom „Andrijin križ“,
- postoji mogućnost različitih dopuštenih brzina prolaska vlakova te različite duljine cestovnih vozila koje prelaze preko ŽCP-a.

Trokut preglednosti omeđen je točkama A, B i C (slika 20). Točka B nalazi se ispred željezničko-cestovnog prijelaza u osi kolnika ceste, u ravnini s prometnim znakom „Andrijin križ“ i prometnim znakom „Stop“. Za točku B se određuje preglednost s ceste na željezničku prugu. Točka B predstavlja preglednost iz cestovnog vozila na prugu.

Točka A i C nalaze se u osi željezničke pruge i na njima se iz točke B na cesti mora uočiti željezničko vozilo na pruzi. Točka S nalazi se u sjecištu osi kolnika ceste i osi željezničke pruge. Linija „l“ predstavlja okomicu na os cestovne prometnice koju vozilo mora proći da bi se našlo izvan željezničkog slobodnog profila, dok je duljina „n“ minimalna udaljenost linije „l“ od točke S, odnosno od sjecišta osi kolnika ceste i osi željezničke pruge. Duljina „m“ predstavlja udaljenost znaka „Andrijin križ“ od sjecišta S [2].



Slika 20. Geometrijski prikaz trokuta preglednosti na ŽCP-u [2]

Minimalne udaljenosti linije I od točke S u ovisnosti o kutu križanja (α°) željezničke pruge i ceste dane su u Tablici 7.

Tablica 7. Minimalne udaljenosti linije I od točke S u ovisnosti o kutu α [2].

Kut križanja osi željezničke pruge i ceste (α°)	Udaljenost linije I od točke S (m)
80–90	3,50
70–79	4,50
60–69	5,50
50–59	6,50
40–49	8,00
30–39	11,00
20–29	17,00

Propisana preglednost s ceste na željezničku prugu postoji ako vozač cestovnog vozila iz vozila ispred ŽCP-a u ravnini s ugrađenim cestovnim prometnim znakom „Andrijin križ“ i

ugrađenim cestovnim prometnim znakom „STOP“ ima nesmetan vidik na željezničku prugu najmanje na duljini koja se određuje prema sljedećem izrazu [2]:

$$L_{ppc} = AS = SC = t_{pcv} \times \frac{v_{dinf}}{3,6} \quad [m] \quad (1)$$

gdje je:

- L_{ppc} – duljina propisane preglednosti s ceste na željezničku prugu,
- t_{pcv} – ukupno vrijeme potrebno da cestovno vozilo najveće dopuštene duljine krene od točke B i svojim posljednjim dijelom prijeđe granicu slobodnog profila željezničke pruge s druge strane prijelaza (s),
- v_{dinf} – dopuštena infrastrukturna brzina na željezničkoj pruzi na području Željezničko-cestovnog prijelaza (km/h) .

Veličina t_{pcv} iz (1) određuje se prema izrazu:

$$t_{pcv} = t_a + t_v \quad (2)$$

gdje je:

- t_a – vrijeme potrebno da cestovno vozilo nakon pokretanja postigne brzinu $V_c=5$ km/h uz pretpostavljeno jednoliko ubrzano kretanje (s)
- t_v – vrijeme vožnje cestovnog vozila od postizanja brzine $V_c=5$ km/h do prelaska linije I zadnjim dijelom vozila (s) [2].

Veličina t_v iz (2) određuje se prema izrazu:

$$t_v = \frac{m + n + d - s}{v_c} \times 3.6 \quad [s] \quad (3)$$

gdje je:

- m - udaljenost prometnog znaka Andrijin križ i prometnog znaka STOP od osi željezničke pruge mjerena po osi ceste (m)
- n - udaljenost crte I od osi željezničke pruge mjerena po osi ceste (m)
- d - najveća dopuštena duljina cestovnog vozila (m)
- s - put koji cestovno vozilo prijeđe od pokretanja iz točke B do postizanja brzine $V_c=5$ km/h.

Najveća dopuštena brzina na željezničkoj pruzi na području željezničko-cestovnog prijelaza, ovisno o stvarnoj preglednosti s ceste na željezničku prugu, određuje se prema sljedećem izrazu [2]:

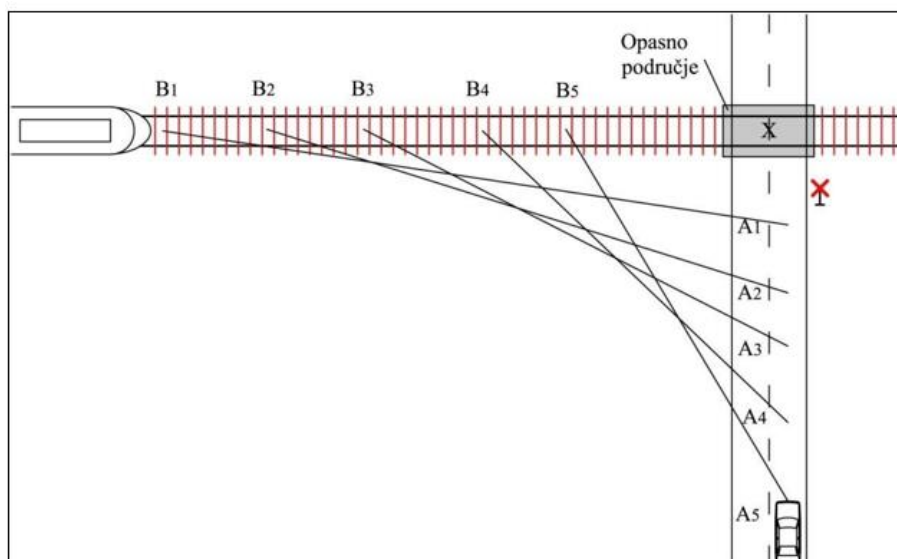
$$V_{\text{žcpmax}} = \frac{L_{\text{spc}}}{t_{\text{pcv}}} \times 3,6 \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right] \quad (4)$$

gdje je:

- $V_{\text{žcpmax}}$ – najveća dopuštena brzina na željezničkoj pruzi na području ŽPC-a (km/h)
- L_{spc} – duljina stvarne preglednosti s ceste na željezničku prugu (m)
- t_{pcv} – ukupno vrijeme potrebno da cestovno vozilo najveće dopuštene duljine krene od točke B i svojim posljednjim dijelom prijeđe granicu slobodnog profila željezničke pruge s druge strane prijelaza (s).

Najveća dopuštena brzina određuje se zasebno za svaki vozni smjer na željezničkoj pruzi i odnosi se na dio željezničke pruge u duljini propisane preglednosti iz smjera nailaska vlaka odnosno željezničkog vozila pa sve do kraja ŽPC-a [2].

Također, postoje situacije gdje nije propisano obavezno zaustavljanje cestovnih vozila prije ŽCP-a, odnosno ŽCP je osiguran znakom Andrijin križ bez znaka STOP. U takvim slučajevima u obzir se uzimaju brzine prometovanja željezničkih i cestovnih vozila odnosno ograničenje brzine navedenih. Takvi slučajevi prikazani su na slici 21 s točkama A1 i B1 za cestovno vozilo koje prometuje najsporijom brzinom i točkama A5 i B5 kao točkama odlučivanja za najbrže cestovno vozilo [1].



Slika 21. Trokut preglednosti ovisno o brzini kretanja cestovnog vozila [1].

S obzirom na objekte koji onemogućavaju pogled na prugu:

- kada se nalaze u trokutu X – A5 – B5 potrebno je ograničiti brzinu cestovnog vozila
- kada se nalaze u trokutu X – A1 – B1 potrebno je ograničiti brzinu željezničkog vozila
- kada se nalaze u raskrižju između dvaju prethodno navedenih trokuta potrebno je ograničiti brzine željezničkog i cestovnog prometa [1].

6. ANALIZA PREGLEDNOSTI NA POSTOJEĆIM ŽCP-ima

U radu su obrađena 3 ŽCP-a (ŽCP Jelkovečka, ŽCP Selnička i ŽCP Vodovodna), na kojima je ispitana postojeća preglednost.

Ispitivanje je provedeno određivanjem položaja točke B za koju se određuje preglednost s ceste na željezničku prugu. Točka B nalazi se ispred ŽCP-a u osi kolnika ceste, u ravnini s prometnim znakom „Andrijin križ“ i prometnim znakom „Stop“.

Nakon definiranja točke B, određena je vrijednost kutova izmjerenih na mjestu križanja osi ceste s prvim kolosijekom. Kut α° uzet je u obzir prilikom određivanja položaja linije „I“ (duljina koju cestovno vozilo mora prijeći da bi se našlo izvan željezničkog slobodnog profila). Zatim su očitane duljine „m“ i „n“, koje su nam potrebne za određivanje vremena t_v koje predstavlja vrijeme vožnje cestovnog vozila od postizanja početne brzine $V_c = 5\text{km/h}$ do prelaska linije „I“ i zadnjim dijelom vozila.

Nakon izračunanog ukupnog vremena potrebnog da cestovno vozilo najveće dopuštene duljine (20 m) od točke B i svojim posljednjim dijelom prijeđe granicu slobodnog profila željezničke pruge s druge strane prijelaza, može se odrediti položaj točaka A i C. To su točke koje se nalaze u osi željezničke pruge koje moraju biti uočljive iz točke B kako bi vozač imao dostatnu preglednost i pravovremeno uočio željezničko vozilo. Položaj točaka A i C određuje se prema formuli (1), gdje je za svaki željeznički prijelaz uzeta njegova maksimalna dopuštena brzina prolaska očitana iz Izvješća o mreži, HŽ INFRASTRUKTURA [9].

U nastavku ovog poglavlja dan je opis svakog pojedinačnog prijelaza te su dani rezultati provedenog ispitivanja i napravljena je usporedba dobivenih duljina preglednosti s duljinama definiranim prema [2], koje su prikazane na slici 22.

TABLICE ZA ODREĐIVANJE DULJINE PREGLEDNOSTI OVISNO O NAJVEĆOJ DOPUŠTENJOJ BRZINI NA ŽELJEZNIČKOJ PRUZI I NAJVEĆOJ DULJINI CESTOVNOGA VOZILA

Udaljenost AS=SC (točke trokuta preglednosti na željezničkoj pruzi) izračunate u ovisnosti o brzini vlaka i udaljenosti točaka trokuta preglednosti na cesti, od sjecišta osi ceste i željezničke pruge prema slici 1. za duljinu cestovnog vozila 20 m

V _{disf} (km/h)	Udaljenost (n+m) izražena u metrima																													
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30						
10	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102						
20	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	180	184	188	192	196	200	204						
30	168	174	180	186	192	198	204	210	216	222	228	234	240	246	252	258	264	270	276	282	288	294	300	306						
40	224	232	240	248	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328	336	344	352	360	368	376	384	392	400	408						
50	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510						
60	336	348	360	372	384	396	408	420	432	444	456	468	480	492	504	516	528	540	552	564	576	588	600	612						
70	391	405	419	433	447	461	475	489	503	517	531	545	559	573	587	601	615	629	643	657	671	685	699	713						
80	447	463	479	495	511	527	543	559	575	591	607	623	639	655	671	687	703	719	735	751	767	783	799	815						
90	503	521	539	557	575	593	611	629	647	665	683	701	719	737	755	773	791	809	827	845	863	881	899	917						
100	559	579	599	619	639	659	679	699	719	739	759	779	799	819	839	859	879	899	919	939	959	979	999	1019						

Slika 22. Tablica za određivanje duljine preglednosti u ovisnosti o brzini vlaka i udaljenosti točaka trokuta preglednosti na cesti, za duljinu cestovnog vozila 20 m.

6.1. ŽCP Jelkovečka

ŽCP Jelkovečka nalazi se na pruzi oznake M 102, Zagreb Gk-Dugo Selo, u području Kolodvora Sesvete. Kilometarski položaj prijelaza na pruzi je km 435+465. Pruga na toj dionici ima četiri kolosijeka, a namijenjena je za prometovanje teretnih i putničkih vlakova, uz ograničenje brzine od 35 km/h [9]. Prema [9], pruga je namijenjena međunarodnom prometu, a cestovna prometnica s kojom se križa je dvotračna gradska cesta [10].



Slika 23. ŽCP Jelkovečka [10]

Obilaskom lokacije utvrđeno je da su najčešći korisnici ovog prijelaza vozači osobnih i teretnih vozila. Prisutno je aktivno osiguranje ŽCP-a pomoću svjetlosno-zvučne signalizacije (slika 24). Prijelaz je označen dvostrukim „Andrijinim križem“ i znakom „STOP“ koji upozorava sudionike na obavezno zaustavljanje. Zapaženo je da udaljenost znaka „STOP“ od prvog kolosijeka iznosi 4,0 m.



Slika 24. ŽCP Jelkovečka osiguran svjetlosno-zvučnom signalizacijom

Prilikom konstruiranja trokuta preglednosti za zadani ŽCP (prilog 1), očitane su sljedeće vrijednosti:

- udaljenost prometnog znaka Andrijin križ i prometnog znaka STOP od osi željezničke pruge mjerena po osi ceste: $m(\text{sjever} - \text{jug}) = 11,75 [m]$
 $m(\text{jug} - \text{sjever}) = 11,88 [m]$,
- udaljenost linije I od osi željezničke pruge mjerena po osi ceste:
 $n(\text{sjever} - \text{jug}) = 10,63$, $n(\text{jug} - \text{sjever}) = 10,50 [m]$.

Korištenjem izraza (3) pri čemu su:

- najveća dopuštena duljina cestovnog vozila: $d = 20 [m]$,
- put koji cestovno vozilo prijeđe od pokretanja iz točke B do postizanja brzine $V_c=5$ km/h: $s = 0,97 [m]$,

dobiveno je vrijeme vožnje cestovnog vozila od postizanja brzine $V_c=5$ km/h do prelaska linije I zadnjim dijelom vozila: $t_v(\text{sjever} - \text{jug}) = (\text{sjever} - \text{jug}) = 29,82 [s]$.

Određeno je vrijeme potrebno da cestovno vozilo nakon pokretanja postigne brzinu $V_c=5$ km/h uz pretpostavljeno jednoliko ubrzano kretanje: $t_a = 1,389 [s]$.

Zatim je primjenom formule (2) izračunato ukupno vrijeme potrebno da cestovno vozilo najveće dopuštene duljine krene od točke B i svojim posljednjim dijelom prijeđe granicu slobodnog profila željezničke pruge s druge strane prijelaza: $t_{pcv} = 31,21$ [s]

Uvrštavanjem proračunanih vrijednosti i dopuštene infrastrukturne brzine na željezničkoj pruzi na području ŽPC-a ($v_{dinf} = 35$ [$\frac{km}{h}$]) u izraz (1) definirana je udaljenost točaka A i C od točke S:

$$L_{ppc} = AS = SC = 303,50$$
 [m].

Kako bi se potvrdio rezultat proračuna, provedena je i linearna interpolacija vrijednosti danih u tablici za određivanje duljine preglednosti (slika 22.). Dobivena je vrijednost $L_{ppc} = AS = SC = 303,10$ [m] te je zaključeno da je rezultat proračuna mjerodavan.

Nakon provedenog ispitivanja preglednosti na ŽCP-u Jelkovečka, može se zaključiti da je uvjet preglednosti definiran Pravilnikom o načinu osiguravanja prometa na željezničko-cestovnim prijelazima i pješačkim prijelazima preko pruge (NN 111/2015) („*Propisana preglednost je ostvarena kada sudionici u cestovnom prometu ispred ŽCP-a s obje strane željezničke pruge imaju nesmetan vidik na jednu i drugu stranu. Nesmetan vidik podrazumijeva da je na udaljenosti za koju je ostvarena propisana preglednost omogućena potpuna vidljivost dijela slobodnog profila kolosijeka željezničke pruge namijenjenog za prometovanje vlakova i ostalih željezničkih vozila.*“ [3]) ispunjen, iako u smjeru jug-sjever u trokut preglednosti zadire gospodarski objekt (Prilog 1).

6.2. ŽCP Selnička

ŽCP Selnička nalazi se na pruzi oznake M102, Zagreb Gk-Dugo Selo. Kilometarski položaj prijelaza je 436+329 kilometara. Radi se o dvokolosiječnoj pruzi koja je namijenjena međunarodnom prometu uz ograničenje brzine od 140 km/h [9], prema [2] uzeta je maksimalna brzina od 50 km/h, a gradska prometnica s kojom se križa je sabirna ulica [10].

Zapaženo je da udaljenost znaka „STOP“ od prvog kolosijeka iznosi 4,0 m.



Slika 25. ŽCP Selnička [10]

Prijelazom najčešće prometuju osobna i teretna vozila.

Prijelaz je aktivno osiguran pomoću polubranika, svjetlosno-zvučne signalizacije i znaka „STOP“ u čijoj ravnini se nalazi i pješački prijelaz (slika 26.)



Slika 26. ŽCP Selnička osiguran svjetlosno-zvučnom signalizacijom i polubranicima

Prilikom konstruiranja trokuta preglednosti za zadani ŽCP (prilog 2), očitane su sljedeće vrijednosti:

- udaljenost prometnog znaka Andrijin križ i prometnog znaka STOP od osi željezničke pruge mjerena po osi ceste: $m(\text{sjever} - \text{jug}) = m(\text{jug} - \text{sjever}) = 7,75 \text{ [m]}$,
- udaljenost linije I od osi željezničke pruge mjerena po osi ceste: $n(\text{sjever} - \text{jug}) = n(\text{jug} - \text{sjever}) = 6,50 \text{ [m]}$.

Korištenjem izraza (3) pri čemu su:

- najveća dopuštena duljina cestovnog vozila: $d = 20 \text{ [m]}$,
- put koji cestovno vozilo prijeđe od pokretanja iz točke B do postizanja brzine $V_c=5 \text{ km/h}$: $s = 0,97 \text{ [m]}$,

dobiveno je vrijeme vožnje cestovnog vozila od postizanja brzine $V_c=5 \text{ km/h}$ do prelaska linije I zadnjim dijelom vozila: $t_v = 23,96 \text{ [s]}$.

Određeno je vrijeme potrebno da cestovno vozilo nakon pokretanja postigne brzinu $V_c=5 \text{ km/h}$ uz pretpostavljeno jednoliko ubrzano kretanje: $t_a = 1,389 \text{ [s]}$.

Zatim je primjenom formule (2) izračunato ukupno vrijeme potrebno da cestovno vozilo najveće dopuštene duljine krene od točke B i svojim posljednjim dijelom prijeđe granicu slobodnog profila željezničke pruge s druge strane prijelaza: $t_{pcv} = 25,35 \text{ [s]}$

Uvrštavanjem proračunanih vrijednosti i dopuštene infrastrukturne brzine na željezničkoj pruzi na području ŽPC-a ($v_{dinf} = 50 \text{ [}\frac{\text{km}}{\text{h}}\text{]})$) u izraz (1) definirana je udaljenost točaka A i C od točke S:

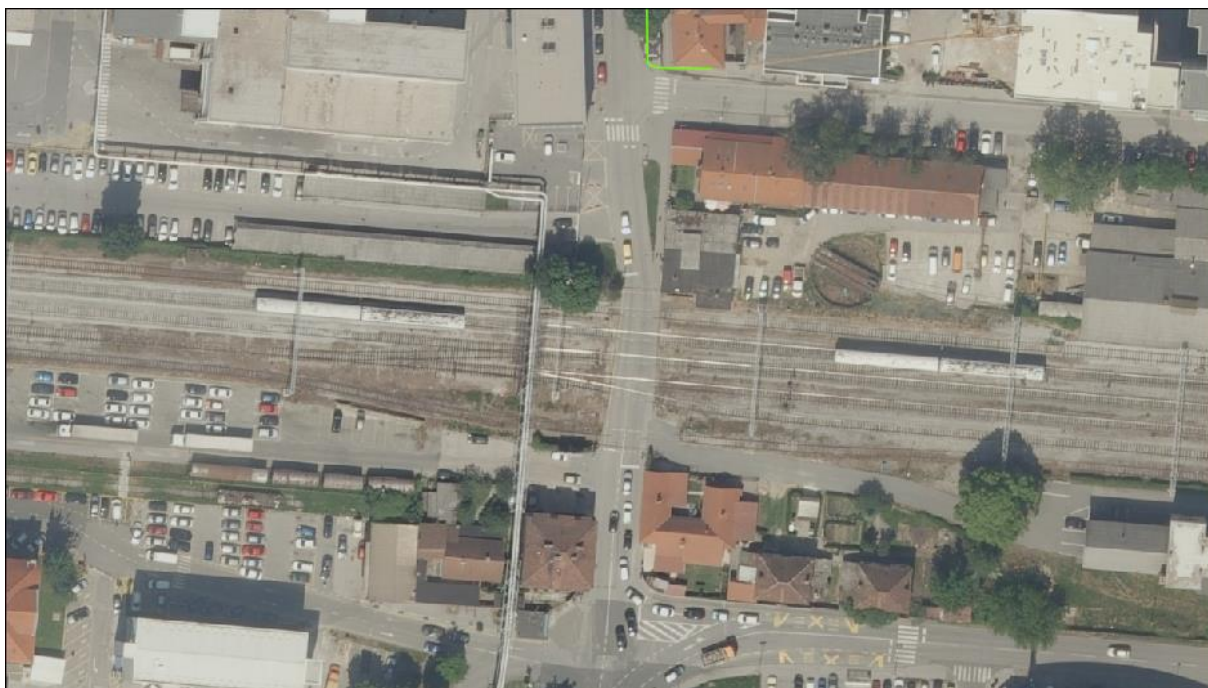
$$L_{ppc} = AS = SC = 352,63 \text{ [m]}.$$

Kako bi se potvrdio rezultat proračuna, provedena je i linearna interpolacija vrijednosti danih u tablici za određivanje duljine preglednosti (slika 22.). Dobivena je vrijednost $L_{ppc} = AS = SC = 352,50 \text{ [m]}$ te je zaključeno da je rezultat proračuna mjerodavan.

Nakon provedenog ispitivanja preglednosti na postojećem ŽCP-u Selnička, može se zaključiti da je uvjet preglednosti definiran Pravilnikom o načinu osiguravanja prometa na željezničko-cestovnim prijelazima i pješačkim prijelazima preko pruge (NN 111/2015) („*Propisana preglednost je ostvarena kada sudionici u cestovnom prometu ispred ŽCP-a s obje strane željezničke pruge imaju nesmetan vidik na jednu i drugu stranu. Nesmetan vidik podrazumijeva da je na udaljenosti za koju je ostvarena propisana preglednost omogućena potpuna vidljivost dijela slobodnog profila kolosijeka željezničke pruge namijenjenog za prometovanje vlakova i ostalih željezničkih vozila.*“ [3]) ispunjen (Prilog 2).

6.3. ŽCP Vodovodna

ŽCP Vodovodna nalazi se na 427+014 kilometru, na gradskoj ulici [10] u gradu Zagrebu na pruzi oznake M101, DG-Savski Marof-Zagreb Gk. Pruga oznake M101 pripada međunarodnom prometu. ŽCP Vodovodna smješten je u neposrednoj blizini Zapadnog kolodvora. Maksimalno dopuštena brzina kretanja vlaka prugom iznosi 55 km/h [9]. Pruga sadrži tri glavna kolosijeka i dvije skretnice. Cestovna prometnica namjenjena je prometovanju vozila u oba smjera te sadrži kolničku traku za kretanje pješaka i biciklista. Zapaženo je da udaljenost znaka „STOP“ od prvog kolosijeka iznosi 4,5 m.



Slika 27. ŽCP Vodovodna [10]

Prijelaz služi za prelazak pješaka, biciklista te motornih vozila. Obilaskom terena utvrđena je velika koncentracija prometa, posebno u jutarnim i popodnevnim satima.

Željeznički prijelaz aktivno je osiguran branicima i znakom „STOP“ (slika 28).



Slika 28. ŽCP Vodovodna osiguran branicima

Prilikom konstruiranja trokuta preglednosti za zadani ŽCP (prilog 3), očitane su sljedeće vrijednosti:

- udaljenost prometnog znaka Andrijin križ i prometnog znaka STOP od osi željezničke pruge mjerena po osi ceste: $m(\text{sjever} - \text{jug}) = 14,75 \text{ [m]}$
 $m(\text{jug} - \text{sjever}) = 19,25 \text{ [m]}$,
- udaljenost linije I od osi željezničke pruge mjerena po osi ceste:
 $n(\text{sjever} - \text{jug}) = 17,50 \text{ [m]}$, $n(\text{jug} - \text{sjever}) = 12,75 \text{ [m]}$.

Korištenjem izraza (3) pri čemu su:

- najveća dopuštena duljina cestovnog vozila: $d = 20 \text{ [m]}$,
- put koji cestovno vozilo prijeđe od pokretanja iz točke B do postizanja brzine $V_c=5 \text{ km/h}$: $s = 0,97 \text{ [m]}$,

dobiveno je vrijeme vožnje cestovnog vozila od postizanja brzine $V_c=5 \text{ km/h}$ do prelaska linije I zadnjim dijelom vozila: $t_v(\text{sjever} - \text{jug}) = 36,92 \text{ [s]}$, $t_v(\text{jug} - \text{sjever}) = 36,74 \text{ [s]}$.

Određeno je vrijeme potrebno da cestovno vozilo nakon pokretanja postigne brzinu $V_c=5 \text{ km/h}$ uz pretpostavljeno jednoliko ubrzano kretanje: $t_a = 1,389 \text{ [s]}$.

Zatim je primjenom formule (2) izračunato ukupno vrijeme potrebno da cestovno vozilo najveće dopuštene duljine krene od točke B i svojim posljednjim dijelom prijeđe granicu slobodnog profila željezničke pruge s druge strane prijelaza: $t_{pcv}(\text{sjever} - \text{jug}) = 38,31 \text{ [s]}$,
 $t_{pcv}(\text{sjever} - \text{jug}) = 38,13 \text{ [s]}$

Uvrštavanjem proračunanih vrijednosti i dopuštene infrastrukturne brzine na željezničkoj pruzi na području ŽPC-a ($v_{dinf} = 55 \left[\frac{km}{h}\right]$) u izraz (1) definirana je udaljenost točaka A i C od točke S:

$$L_{ppc} = AS = SC(sjever - jug) = 585,30 [m] , L_{ppc} = AS = SC(jug - sjever) = 582,50 [m].$$

Kako bi se potvrdio rezultat proračuna, provedena je i linearna interpolacija vrijednosti danih u tablici za određivanje duljine preglednosti (slika 22.). Dobivena je vrijednost $L_{ppc} = AS = SC(sjever - jug) = 585,75 [m]$, a za $L_{ppc} = AS = SC(jug - sjever) = 583,00 [m]$ te je zaključeno da je rezultat proračuna mjerodavan.

Nakon provedenog ispitivanja preglednosti na postojećem ŽCP-u Vodovodna, može se zaključiti da je uvjet preglednosti definiran Pravilnikom o načinu osiguravanja prometa na željezničko-cestovnim prijelazima i pješačkim prijelazima preko pruge (NN 111/2015) („Propisana preglednost je ostvarena kada sudionici u cestovnom prometu ispred ŽCP-a s obje strane željezničke pruge imaju nesmetan vidik na jednu i drugu stranu. Nesmetan vidik podrazumijeva da je na udaljenosti za koju je ostvarena propisana preglednost omogućena potpuna vidljivost dijela slobodnog profila kolosijeka željezničke pruge namijenjenog za prometovanje vlakova i ostalih željezničkih vozila.“ [3]) ispunjen iako u trokut preglednosti za smjer sjever-jug zadiru postojeći gospodarski objekti smješteni obostrano neposredno uz cestovnu prometnicu (Prilog 3).

7. Zaključak

ŽCP-i su mjesta križanja cestovne prometnice i željezničke pruge i kao takvi predstavljaju točke visokog rizika na kojima dolazi do izvanrednih događaja, odnosno nesreća koje sa sobom nose ozbiljne posljedice u obliku ljudskih žrtava, težih povreda i materijalne štete. Kako bi se izbjegle nesreće, ŽCP-i moraju biti osigurani adekvatnom razinom osiguranja i mora biti zadovoljena potrebna preglednost s ceste na željezničku prugu.

U ovom završnom radu opisani su ŽCP-i, načini njihovog osiguranja te određivanje preglednosti s ceste na željezničku prugu. Također je ispitana preglednost s ceste na željezničku prugu na tri postojeća ŽCP-a na prugama M 101 DG – S. Marof – Zagreb Gk (ŽCP Vodovodna) i M102 Zagreb Gk – Dugo Selo (ŽCP Jelkovečka i ŽCP Selnička), prema odredbama Pravilnika o načinu osiguravanja prometa na željezničko-cestovnim prijelazima i pješačkim prijelazima preko pruge (NN 111/2015). Propisana preglednost je ostvarena kada sudionici u cestovnom prometu ispred ŽCP-a s obje strane željezničke pruge imaju nesmetan vidik na jednu i drugu stranu. Nesmetan vidik podrazumijeva da je na udaljenosti za koju je ostvarena propisana preglednost omogućena potpuna vidljivost dijela slobodnog profila kolosijeka željezničke pruge namijenjenog za prometovanje vlakova i ostalih željezničkih vozila. Za svaki analizirani prijelaz konstruirani su trokuti preglednosti s ceste na prugu za kretanje u oba smjera. Rezultati ispitivanja pokazali su da je od analizirana tri ŽCP-a na svima ispunjen uvjet preglednosti definiran Pravilnikom, ali da je samo na ŽCP Selnička u potpunosti osigurana preglednost s ceste na prugu jer na preostalim ŽCP-ima u trokut preglednosti zadiru gospodarski objekti.

Literatura

- [1] Toš, Z.: Signalizacija u željezničkom prometu, Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2013.
- [2] Pravilnik o uvjetima za određivanje križanja željezničke pruge i drugih prometnica (NN 111/2015)
- [3] Pravilnik o načinu osiguravanja prometa na željezničko-cestovnim prijelazima i pješačkim prijelazima preko pruge (NN 111/2015)
- [4] HŽ Infrastruktura, Sustav upravljanja sigurnošću, godišnje izvješće o sigurnosti 2021. godine
- [5] Starčević, M.: Model procjene rizika na željezničko-cestovnim prijelazima; doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2015.
- [6] <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/374252.htm> (16.08.2023.)
- [7] Osiguranje cestovnih prijelaza, Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti, dostupno na <https://www.fpz.unizg.hr/ztos/pred/CPR.pdf> (pristupljeno 19.08.2023)
- [8] Zakon o željeznici (NN 94/13)
- [9] HŽ Infrastruktura, Izvješće o mreži 2024.
- [10] Geoportal zagrebačke infrastrukture prostornih podataka, dostupno na: <https://geoportal.zagreb.hr/Karta> (pristupljeno 1.9.2023.)

Popis priloga

Prilog 1. Ispitivanje preglednosti na ŽCP Jelkovečka

Prilog 2. Ispitivanje preglednosti na ŽCP Selnička

Prilog 3. Ispitivanje preglednosti na ŽCP Vodovodna



ŽPC Selnička

smjer SJEVER-JUG
AS = SC = 352,63m

smjer JUG-SJEVER
AS = SC = 352,63 m

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GRAĐEVINSKI FAKULTET		Studij: prijediplomski
		Usmjerenje: -
CESTE		Tema:
Mentor:	Saša Ahac	Ispitivanje preglednosti na željezničko-cestovnim prijelazima
Kandidat:	Katarina Fanjek, 0082059152	
Mjerilo:	1:500	Sastav priloga: Ispitivanje preglednosti na ŽPC Selnička
Datum:	19.9.2023.	
Broj priloga:	2.	



ŽPC Vodovodna

smjer SJEVER-JUG
AS = SC = 582,30 m

smjer JUG-SJEVER
AS = SC = 585,50 m

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GRAĐEVINSKI FAKULTET		Studij:	prijediplomski
		Usmjerenje:	-
CESTE		Tema:	
Mentor:	Saša Ahac	Ispitivanje preglednosti na željezničko-cestovnim prijelazima	
Kandidat:	Katarina Fanjek, 0082059152	Sastav priloga: Ispitivanje preglednosti na ŽPC Vodovodna	
Mjerilo:	1:500		
Datum:	19.9.2023.		
Broj priloga:	3.		