



Iva Meglič, mag. inž. prom.  
iva.meglic@student.um.si

red. prof. dr. Matjaž Šraml, univ. dipl. inž. str.  
matjaz.sraml@um.si



mag. Ulrich Zorin, univ. dipl. inž. prom.  
ulrich.zorin@dars.si  
DARS, d. d.,  
Ulica XIV. divizije 4, 3000 Celje



doc. dr. Chiara Gruden, dott. mag., Republika Italija  
chiara.gruden1@um.si  
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor



Znanstveni članek  
UDK/UDC: 625.162.4:681.5

# VPLIV ČASOVNIH ZAMIKOV PRENOSA PROMETNIH INFORMACIJ Z UPORABO ITS- IN C-ITS-SISTEMOV

## THE IMPACT OF TIME DELAYS IN TRAFFIC INFORMATION TRANSMISSION USING ITS AND C-ITS SYSTEMS

### Povzetek

Zanesljivo in pravočasno posredovanje prometnih informacij je eden ključnih dejavnikov za zagotavljanje varnosti in pretočnosti prometa na avtocestnem omrežju. V raziskavi so analizirane časovne zakasnitve pri prenosu informacij v okviru inteligentnih transportnih sistemov (ITS) in kooperativnih inteligentnih transportnih sistemov (C-ITS) na slovenskem avtocestnem omrežju s poudarkom na odseku med predoroma Jasovnik in Trojane. Namen raziskave je ovrednotiti učinkovitost obstoječih sistemov obveščanja ter vpliv časovnih zamikov na pravočasno informiranje voznikov ob izrednih dogodkih v predoru.

Analiza temelji na empiričnih podatkih Regionalnega nadzornega centra Vransko za izbrani dan, ki je bil določen na podlagi kriterija običajnih prometnih razmer, brez prisotnosti izrednih dogodkov ali večjih odstopanj od tipičnega prometnega poteka. S tem sta omogočena analiza tipičnega delovanja sistema ITS na obravnavanem odseku ter primerljivost rezultatov z vsakodnevni operativnimi pogoji. V analizi sta bili obravnavani jutranja in popoldanska prometna konica. Primerjani so bili ročni in avtomatski načini aktivacije prometnih portalov ter različni intervali posodabljanja mobilne aplikacije Promet+. Posebna pozornost je bila namenjena deležu voznikov, ki v kritičnem časovnem obdobju niso bili pravočasno obveščeni. Iz rezultatov je razvidno, da povprečni časovni zamik ročne aktivacije pri prometnih portalih znaša 34 sekund, pri kontinuirani posodobitvi aplikacije

Promet+ pa 27 sekund. V primeru avtomatizirane aktivacije so ti časi krajši: 25 sekund pri portalih in 18 sekund pri aplikaciji Promet+. To dokaže, da C-ITS omogoča hitrejši in zanesljivejši prenos informacij v primerjavi z ITS, pri čemer avtomatizacija in krajši intervali posodabljanja bistveno zmanjšujejo zakasnitve ter povečujejo delež pravočasno obveščenih voznikov. Ugotovitve potrjujejo, da integrirana uporaba ITS in C-ITS predstavlja najučinkovitejši pristop za izboljšanje prometne varnosti in odzivnosti sistema.

Ključne besede: Inteligentni transportni sistemi (ITS), kooperativni inteligentni transportni sistemi (C-ITS), hibridna komunikacija, prenos prometnih informacij

## Summary

Reliable and timely transmission of traffic information is crucial for ensuring safety and traffic flow efficiency on motorway networks. This study examines time delays in information transmission within Intelligent Transport Systems (ITS) and Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) on the Slovenian motorway network, focusing on the section between the Jasovnik and Trojane tunnels. The objective is to evaluate the effectiveness of existing notification systems and assess the impact of time delays on the timely notification of drivers in the event of incidents in tunnels.

The analysis is based on empirical data from the Regional Traffic Control Centre in Vransko for a representative day selected according to the criterion of normal traffic conditions, without exceptional events or significant deviations from the typical traffic pattern. Both morning and afternoon peak periods were considered. The study compares manual and automated activation of traffic portals, as well as different update intervals of the Promet+ mobile application. Particular attention is given to the proportion of drivers who were not informed within the critical time window. The results show that the average delay for manual activation of the traffic portals is 34 seconds, and for the continuously updated Promet+ app it is 27 seconds. In the case of automatic activation, these delays are much shorter: 25 seconds for the portals and 18 seconds for the Promet+ app. This indicates that C-ITS enables faster and more reliable information transmission compared to conventional ITS. Automation and shorter update intervals significantly reduce delays and increase the proportion of drivers informed in a timely manner. The findings confirm that the integrated use of ITS and C-ITS is the most effective approach to improving traffic safety and system responsiveness.

Key words: Intelligent Transport Systems (ITS), Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS), Hybrid Communication; Traffic Information Transmission

## 1 UVOD

Prometni sistemi se v sodobnem okolju soočajo z vse večjo kompleksnostjo, kar zahteva napredne pristope k zagotavljanju njihove učinkovitosti, zanesljivosti in predvsem varnosti. V tem okviru predstavljajo inteligentni transportni sistemi (ITS) in kooperativni inteligentni transportni sistemi (C-ITS) ključna koncepta, ki vsak na svoj način prispevata k izboljšanju upravljanja prometa ter zmanjšanju tveganj na cestnem omrežju. ITS temeljijo na integraciji informacijskih in komunikacijskih tehnologij z namenom optimizacije prometnih tokov, povečanja varnosti in zmanjšanja negativnih vplivov prometa na okolje (Chowdhury et al., 2026.; Ferrante et al., 2021). V praksi ITS zajemajo različne infrastrukturne rešitve, kot so sistemi videonadzora, detekcije prometa, spremenljiva prometna signalizacija, vremenske postaje in drugi nadzorni elementi, ki jih upravljajo prometni nadzorni centri. Ti sistemi voznikom posredujejo informacije o prometnih razmerah, omejitvah in morebitnih nevarnostih. Njihova učinkovitost pa je omejena z dejstvom, da komunikacija poteka posredno, preko obsestne signalizacije, kar pomeni, da je pravočasen odziv odvisen od voznikove zaznave in interpretacije podanih informacij. V dinamičnih prometnih situacijah, zlasti na odsekih z večjim tveganjem, kot so območja pred predori, lahko takšne časovne zakasnitve pomembno vplivajo na varnost prometa.

Kot nadgradnja teh pristopov so se razvili C-ITS, ki temeljijo na neposredni izmenjavi podatkov med udeleženci v prometu in infrastrukturo (Deveci et al., 2023; Summala et al., 2000). Z uporabo brezžičnih komunikacijskih tehnologij omogočajo sprotno posredovanje informacij neposredno v vozilo, s čimer se bistveno skrajša čas od zaznave dogodka do posredovanja obvestila vozniku. Takšen način komunikacije omogoča hitrejše odzivanje na prometne razmere, kar je še posebno pomembno pri nenadnih dogodkih in v kritičnih okoljih.

Na evropski ravni ima pomembno vlogo pri uvajanju teh tehnologij pobuda C-ROADS (Pinkelnig et al., 2023), v katero je vključena tudi Slovenija. Ta aktivno uvaja rešitve ITS in C-ITS, predvsem na avtocestnem omrežju. Po podatkih poročila C-ROADS (Pinkelnig et al., 2023) iz leta 2022 je bila infrastruktura ITS-G5 vzpostavljena na približno 34 kilometrih slovenske-

ga omrežja TEN-T, zlasti na avtocesti A1 in hitri cesti H4, pri čemer se omrežje v zadnjih letih dodatno širi. Ključni cilj teh aktivnosti je vzpostavitev hibridne komunikacije med infrastrukturo in vozili (I2V in V2I), ki voznikom omogoča dostop do prometnih informacij v realnem času, med drugim preko mobilne aplikacije Promet+.

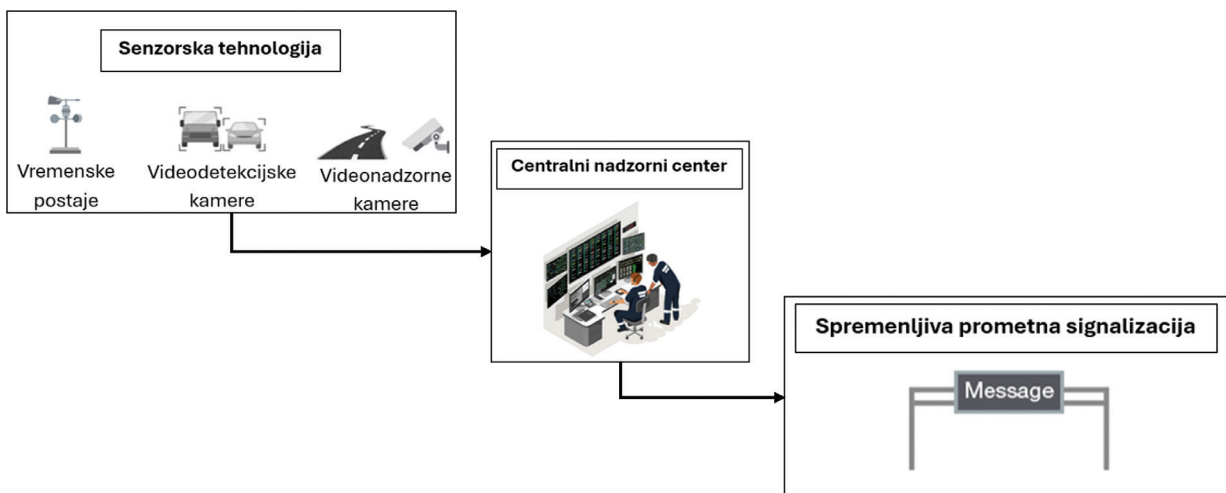
Kljub intenzivnemu razvoju in implementaciji obeh sistemov ostaja odprto vprašanje njune dejanske učinkovitosti v realnih prometnih razmerah. Posebno pomembna je ocena hitrosti prenosa informacij ter deleža uporabnikov, ki so pravočasno obveščeni o prometnih dogodkih. V tem prispevku je analizirano delovanje ITS in C-ITS na izbranem odseku slovenskega avtocestnega omrežja med predoroma Jasovnik in Trojane. Analiza temelji na predhodno objavljeni raziskavi *The Impact of Time Delays in Traffic Information Transmission Using ITS and C-ITS Systems: A Case-Study on a Motorway Section Between Two Tunnels* (Meglič, 2025), pri čemer je vsebina prilagojena slovenskemu strokovnemu prostoru. Na podlagi primerjave časovnih zamikov pri posredovanju informacij ter analize dosega obveščanja je podana ocena njune učinkovitosti obravnavanih sistemov z vidika pravočasnosti posredovanja prometnih informacij voznikom.

## 2 ITS IN C-ITS

### 2.1 Inteligentni transportni sistemi

Inteligentni transportni sistemi (ITS) predstavljajo interdisciplinarno področje, ki združuje informacijske in komunikacijske tehnologije za podporo upravljanju prometa. Njihovi glavni cilji so izboljšanje varnosti, optimizacija prometnih tokov ter povečanje učinkovitosti cestnega omrežja (Garg et al., 2022). ITS se uporabljajo na več področjih, kot so upravljanje prometa, preprečevanje nesreč, cestninjenje, parkirni sistemi in nadzor okoljskih vplivov (Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology, 2016; Asselin-Miller et al., 2016).

Sistemi temeljijo na integraciji cestne infrastrukture, senzorjev in komunikacijskih omrežij, ki omogočajo neprekinjeno zbiranje in izmenjavo prometnih podatkov v realnem času (Böhm et al., 2011). Kot je prikazano na Sliki 1, podatki iz senzorjev, videonadzornih sistemov in prometne signalizacije preko



Slika 1. Koncept prenosa podatkov ITS-sistemov

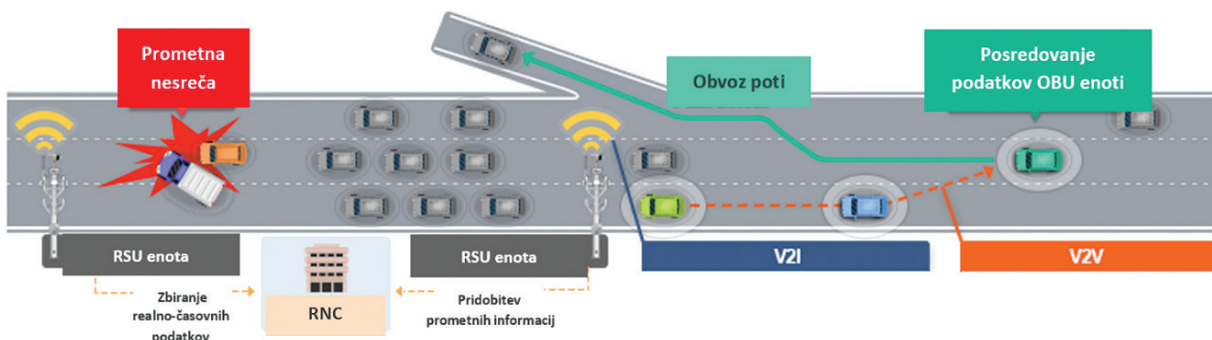
komunikacijskih omrežij potujejo do regionalnih ali nacionalnih nadzornih centrov, kjer se obdelajo in uporabijo za upravljanje prometa.

Na podlagi teh informacij lahko operaterji ročno ali avtomatizirano prilagajajo prometno signalizacijo ter obveščajo udeležence v prometu prek spremenljivih prometnih znakov. Ključen element sistema je komunikacijska infrastruktura, saj pasovna širina in zanesljivost prenosa podatkov neposredno vplivata na hitrost obdelave informacij in posledično na učinkovitost obveščanja (Cerritos College, Japanese ITS, 2024).

## 2.2 Kooperativni inteligentni transportni sistemi

Kooperativni inteligentni transportni sistemi (C-ITS) predstavljajo napredno razširitev ITS, ki omogoča neposredno in avtomatizirano izmenjavo informacij med vozili, infrastrukturo in drugimi udeleženci v prometu. Komunikacija poteka in okviru povezav V2V, V2I/I2V in V2P, kar omogoča hitreje zaznavanje in posredovanje prometnih informacij ter s tem podporo varnejšemu in predvidljivejšemu prometnemu okolju (Weber et al., 2021; Ghorri, 2018).

Glavni namen C-ITS je zagotavljanje pravočasnih in natančnih informacij o prometnih razmerah, kot so nesreče, nevarni odseki ali spremenjene prometne razmere, kar omogoča prilagoditev vedenja voznikov v realnem času (ASECAP, 2021; Austrian Government, Intelligent Transport Systems, 2024). S tem C-ITS neposredno vpliva na učinkovitost prenosa informacij in zmanjševanje reakcijskih časov v prometnem sistemu.



Slika 2. Komunikacija C-ITS-sistema (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2024)

Arhitektura C-ITS, skladna s standardom ISO 21217, je zasnovana večplastno in vključuje dostopni sloj, omrežni in transportni sloj ter aplikacijski (funkcijski) sloj. Ta struktura omogoča interoperabilnost med različnimi ITS-komponentami ter zanesljivi in standardiziran prenos podatkov med ITS-postajami in nadzornimi sistemi (ISO 21217:2020; Böhm et al., 2011). Ključni podarek arhitekture je zagotavljanje učinkovite in pravočasne komunikacije, pri čemer imata pomembno vlogo zanesljivost komunikacijskih poti in možnost uporabe različnih tehnologij, kot so ITS-G5 ter mobilna omrežja (3G-5G).

Interoperabilnost in razširljivost sistema omogočata integracijo različnih naprav in tehnologij ter prilagajanje naraščajočemu številu povezanih vozil in uporabnikov, kar je ključno za delovanje v dinamičnem prometnem okolju.

## 2.3 Hibridna komunikacija

C-ITS deluje na podlagi robustnih komunikacijskih omrežij, ki omogočajo izmenjavo podatkov med OBU-enotami, RSU-enotami in RNC. Ta omrežja vključujejo komunikacijske tehnologije kratkega dosega, kot je ITS-G5, ki temelji na frekvenčnem območju 5,9 GHz, ter tehnologije dolgega dosega, kot so 4G, 5G in satelitska komunikacija, ki omogočajo širšo povezljivost in integracijo z oblakom (ASECAP, 2021). Hibridna komunikacija v C-ITS-sistemih združuje različne dostopne tehnologije in komunikacijske protokole, kar omogoča ustvarjanje fleksibilnega in robustnega sistema (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2024; ASECAP, 2021). Ta pristop vključuje mikrovalovne komunikacije na kratki doseg, kot je ITS-G5, ter mobilna omrežja na dolgi doseg, kot sta 4G in 5G (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2024; ASECAP, 2021). S kombinacijo teh tehnologij se oblikuje prilagodljiv komunikacijski sistem, ki lahko zadostuje različnim operativnim potrebam in scenarijem. Komunikacije na kratki doseg, kot je ETSI ITS-G5, omogočajo izmenjavo podatkov v realnem času med vozili in obcestno infrastrukturo, kar je ključno za takojšnja varnostna opozorila in učinkovito upravljanje prometa (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2024; ASECAP, 2021). Komunikacijska omrežja na dolgi doseg pa omogočajo širšo pokritost in podporo storitvam, ki zahtevajo obsežen prenos podatkov, kot sta upravljanje prometa in oddaljeno spremljanje. Z uporabo hibridnega pristopa sistemi C-ITS izkoriščajo prednosti obeh vrst komunikacij, kar zagotavlja neprekinjeno in zanesljivo izmenjavo podatkov. Ta sposobnost je bistvena za podporo naprednim aplikacijam, kot sta avtomatizirana vožnja in dinamično upravljanje prometa (Austrian Government, Intelligent Transport Systems, 2024; ASECAP, 2021).

## 3 METODOLOGIJA

### 3.1 ITS- in C-ITS-infrastruktura v Sloveniji

Na slovenskem avtocestnem omrežju upravljanje prometa temelji na dveh ključnih inteligentnih transportnih sistemih, in sicer na sistemu za nadzor in vodenje prometa (SNVP) ter na nadzorno-krmilnem sistemu predorov (NKS). Njuno delovanje je integrirano preko naprednega informacijskega sistema Kaži-pot II, ki ga upravlja podjetje DARS. Sistem omogoča kontinuirano zbiranje, obdelavo in distribucijo prometnih podatkov v realnem času, kar zagotavlja pravočasno posredovanje informacij tako upravljavcem kot uporabnikom cestne infrastrukture. Prometne informacije se prek različnih komunikacijskih kanalov posredujejo javnosti, hkrati pa sistem omogoča avtomatizirano

rano obveščanje pristojnih institucij, kot so policija, Direkcija RS za infrastrukturo in ministrstvo, kar bistveno izboljšuje odzivnost ob izrednih dogodkih. SNVP je zasnovan za zgodnje zaznavanje prometnih motenj, vključno z nesrečami, zastoji in drugimi izrednimi situacijami, ter za učinkovito informiranje udeležencev v prometu. Temelji na integraciji različnih tehnoloških komponent, ki omogočajo celovito spremljanje in upravljanje prometnih tokov. Med ključne elemente sodijo videonadzorni sistemi, senzorji za merjenje gostote in hitrosti prometa, mikrovalovni detektorji, vremenske postaje, sistemi za nadzor višinskih omejitev ter spremenljiva prometno-informacijska signalizacija (SPIS). Integrirano delovanje teh komponent omogoča prilagodljivo in usklajeno upravljanje prometa glede na dejanske razmere na cestnem omrežju. Pomemben del sistema je SPIS-signalizacija, ki zagotavlja dinamično obveščanje voznikov (Njord et al., 2006; Ghahremanezhad et al., 2022). Informacije so podane s kombinacijo standardiziranih simbolov in besedilnih sporočil ter vključujejo podatke o vrsti dogodka, njegovi lokaciji, posledicah in priporočenih ukrepih (Njord et al., 2006). Tak pristop omogoča hitro in enotno razumevanje informacij ne glede na jezikovne razlike med uporabniki. Signalizacija je zasnovana v skladu z načeli uporabniškega vmesnika človek-stroj (HMI, Human Machine Interface), kar zagotavlja optimalno količino informacij na ključnih odsekih. V praksi se uporablja v različnih oblikah, kot so portali, polportali in samostojni prikazovalniki, pri čemer portali nad celotno širino vozišča omogočajo učinkovito opozarjanje na nepričakovane dogodke ter prispevajo k večji varnosti in pretočnosti prometa (Zorin, 2010). Na področju kooperativnih inteligentnih transportnih sistemov Slovenija postopno uvaja rešitve, ki temeljijo na povezovanju vozil, infrastrukture in upravljavskih sistemov. Ključen koncept pri tem je hibridna komunikacija, ki združuje kratkosežne komunikacijske tehnologije (npr. ITS-G5) in mobilna omrežja (3G, 4G, LTE ter v prihodnje 5G). Takšen pristop omogoča zanesljivo in neprekinjeno izmenjavo podatkov med vozili, cestno infrastrukturo in nadzornimi centri ne glede na prometne ali vremenske

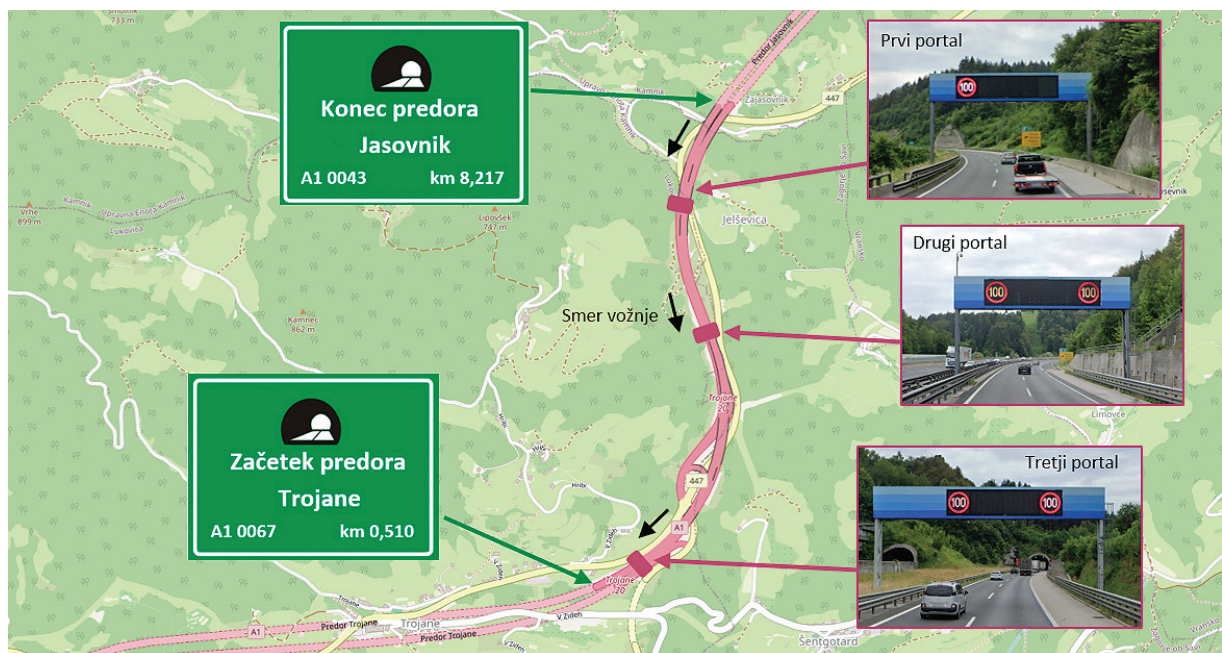
razmere. Pomemben element C-ITS-infrastrukture v Sloveniji je mobilna aplikacija Promet+, ki omogoča dostop do prometnih podatkov v realnem času preko mobilnih omrežij. Aplikacija deluje kot funkcionalni nadomestek vgrajenih enot v vozilih in omogoča neposredno posredovanje informacij uporabnikom. Poleg osnovnega obveščanja o prometnih razmerah podpira tudi virtualno signalizacijo, kar je še posebno pomembno v pogojih zmanjšane vidljivosti, kjer fizična signalizacija ni zadostna. Z razvojem omrežij 5G se pričakujejo še večja zanesljivost, hitrost prenosa podatkov in učinkovitost celotnega sistema, kar predstavlja pomemben korak k razvoju naprednih, povezanih prometnih rešitev (aplikacija Promet+).

## 3.2 Študija primera

Za celovito analizo časovnih zamikov pri prenosu prometnih informacij je bila obravnavana študija primera na avtocestnem odseku med predoroma Jasovnik in Trojane na avtocesti A1 v smeri proti Ljubljani. Izbira tega odseka temelji na njegovi prometni pomembnosti, visokih prometnih obremenitvah ter zahtevnih geografskih in prometnih razmerah, ki pomembno vplivajo na delovanje inteligentnih transportnih sistemov (ITS) in kooperativnih inteligentnih transportnih sistemov (C-ITS). Učinkovitost sistemov je bila presojana z vidika dveh glavnih kazalnikov: deleža voznikov, ki zaradi prepoznega posredovanja informacij niso bili pravočasno seznanjeni s prometnimi razmerami, ter razlik v časovnih zamikih pri različnih načinih prenosa informacij. Pri tem so bili uporabljeni podatki iz tradicionalnih prometno-informacijskih portalov, ki predstavljajo klasične ITS-rešitve, ter podatki iz mobilne aplikacije Promet+, ki ponazarja pristop na osnovi C-ITS.

### 3.2.1 Geografska umestitev

Obravnavani odsek se razteza od stacionaže km 8,212 na odseku 0043 (predor Jasovnik) do stacionaže km 0,510 na odseku 0067 (predor Trojane), v skupni dolžini 2,219 km. Od tega



Slika 3. Obravnavani avtocestni odsek med predoroma Jasovnik in Trojane z označenimi lokacijami portalov

1.709 km pripada odseku 0043 in 0.510 km odseku 0067, kar ustreza razdalji med kilometroma 77.000 in 79.219. Odsek poteka skozi občini Lukovica in Zagorje ob Savi ter predstavlja pomemben prometni koridor med osrednjo Slovenijo in Zasavjem.

Na tem odseku so nameščeni trije ITS-portali, ki omogočajo dinamično upravljanje prometa in obveščanje voznikov v realnem času:

- prvi portal stoji 1,769 km pred vhodom v predor Trojane,
- drugi portal stoji 50 m pred izvozom Trojane (1,177 km pred predorom),
- tretji portal stoji 154 m pred vhodom v predor.

Vsi portali so povezani z Regionalnim nadzornim centrom (RNC) Vransko, ki omogoča daljinsko upravljanje, hitro zaznavanje prometnih razmer in prilagajanje prometne signalizacije.

### 3.2.2 Prometne razmere in vhodni podatki

Začetna faza analize je bila usmerjena v oceno prometne zmogljivosti obravnavanega odseka v obdobjih največjih obremenitev, z namenom določiti, koliko vozil prevozi ta del avtoceste v določenem časovnem intervalu. V ta namen so bili uporabljeni podatki o prometnih tokovih in povprečnih hitrostih, pridobljeni z avtomatskega števca prometa QLTC8 na merilnem mestu Trojane-Blagovica (0067).

Osnova analize je koncept konične ure, ki v prometnem inženirstvu predstavlja časovni interval z največjo prometno obremenitvijo in s tem najzahtevnejše pogoje za vrednotenje zmogljivosti ter ravni prometne storitve. Konična ura je opredeljena kot zaporednih 60 minut z največjim številom vozil v dnevu. Pri določanju tega intervala se običajno uporabljajo podatki iz delovnih dni med torkom in četrtkom, saj ti najbolj zanesljivo odražajo običajne prometne razmere, medtem ko promet ob ponedeljkih in petkih pogosto odstopa od tipičnih vzorcev.

V okviru študije je bila konična ura določena na podlagi 16-urnega štetja prometa, izvedenega 16. oktobra 2024. Datum je bil izbran v sodelovanju s strokovnjaki družbe DARS, saj v tem obdobju niso bili zaznani izredni dogodki, ki bi bistveno vplivali na potek prometa, kar omogoča analizo tipičnega prometnega toka na obravnavanem odseku. Rezultati so pokazali dve izraziti konični obdobji – jutranje med 5.30 in 6.30 ter popoldansko med 14.16 in 15.16 –, ki sta bili uporabljeni kot referenčni obdobji za nadaljnje analize. V jutranji konici je skozi predor Trojane peljalo 2.918 vozil, od tega 1.856 po voznem in 1.062 po prehitevalnem pasu. V popoldanskem obdobju je bilo zabeleženih 1.554 vozil, pri čemer jih je 905 vozilo po voznem pasu in 649 po prehitevalnem pasu. Povprečna hitrost vozil je v obeh primerih bila približno 101 km/h.

Podrobnejši podatki o prometnih tokovih, ki služijo kot vhodni parametri za nadaljnje izračune, so sistematično predstavljeni v pripadajočih tabelah (Preglednica 1 in Preglednica 2).

Čas	Število vozil na voznem pasu	Vsota tovornih vozil nad 7,5 t na voznem pasu	Vsota vozil na prehitevalnem pasu pas	Vsota tovornih vozil nad 7,5 t na voznem pasu	Vsota vozil obeh pasov
5.27-6.27	1.059	309	1.819	6	2.878
5.28-6.28	1.059	300	1.815	6	2.874
5.29-6.29	1.057	308	1.837	6	2.894
5.30-6.30	1.062	307	1.856	6	2.918
5.31-6.31	1.061	298	1.835	6	2.896
5.32-6.32	1.058	299	1.819	6	2.877

**Preglednica 1.** Prometni podatki predora Trojane v času jutranje konične ure dne 16. 10. 2024

Čas	Število vozil na voznem pasu	Vsota tovornih vozil nad 7,5 t na voznem pasu	Vsota vozil na prehitevalnem pasu pas	Vsota tovornih vozil nad 7,5 t na voznem pasu	Vsota vozil obeh pasov
14.13-15.13	905	299	610	5	1.515
14.14-15.14	904	314	637	5	1.541
14.15-15.15	904	318	644	5	1.548
14.16-15.16	905	321	649	5	1.554
14.17-15.17	894	320	637	4	1.531
14.18-15.18	895	323	646	4	1.541

**Preglednica 2.** Prometni podatki predora Trojane v času popoldanske konične ure dne 16. 10. 2024

### 3.2.3 Načini prenosa prometnih informacij

Analiza vključuje štiri osnovne načine prenosa informacij do uporabnikov:

- ročni prenos na ITS-portale,
- avtomatiziran prenos na ITS-portale,
- ročni prenos v mobilno aplikacijo Promet+,
- avtomatiziran prenos v mobilno aplikacijo Promet+.

Pri ročni aktivaciji ITS-portalov se prometni dogodki praviloma zaznavajo prek videonadzornih sistemov, integriranih v sistem za upravljanje in vodenje prometa ter nadzorni sistem predorov. Po zaznavi je v proces vključen fiksni desetsekundni časovni zamik, ki je bil po pojasnilu upravljavca sistema (DARS, d. d.) uveden kot del operativne konfiguracije sistema. Zamik omogoča lokalno obdelavo podatkov pred njihovim prenosom, s čimer se zmanjšuje verjetnost napak ter zagotavlja večja zanesljivost in časovna usklajenost delovanja povezanih podsistemov. Po preteku tega intervala se informacije posredujejo v RNC, kjer se izvede dodatna obdelava v približno treh sekundah, odvisno od lokacije dogodka in sistemskih dejavnikov. Sledita presoja dogodka s strani upravljavca prometa ter ročna aktivacija ustreznega opozorilnega sporočila na prometnih portalih v primeru potrditve njegove relevantnosti. Ker natančni podatki o času posameznih operativnih korakov aktivacije niso na voljo, se v analizi predpostavlja, da identifikacija ustreznih kamer, priprava in aktivacija vsebin na portalih ter potrditev nevarnosti skupaj trajajo približno deset sekund. Nato sledi prenos informacij od RNC do portalov, ki po podatkih za leto 2024 (RNC Vransko) za portale pred predorom Trojane v povprečju traja približno enajst sekund. Celoten proces, od zaznave do prikaza opozorila, tako v povprečju traja približno 34 sekund, pri čemer pomemben delež skupne zakasnitve predstavlja odzivni čas operaterja.

V nasprotju z ročno aktivacijo avtomatiziran prenos informacij do ITS portalov poteka brez človeškega posredovanja. Sistem samodejno zaznava kritične dogodke, kot so vožnja v napačno smer, pojav dima ali požar, ter sproži ustrezne upravljavske ukrepe (npr. prilagoditev omejitve hitrosti, prikaz opozoril ali zaporo predora). V primeru predora Trojane, kjer je implemen-

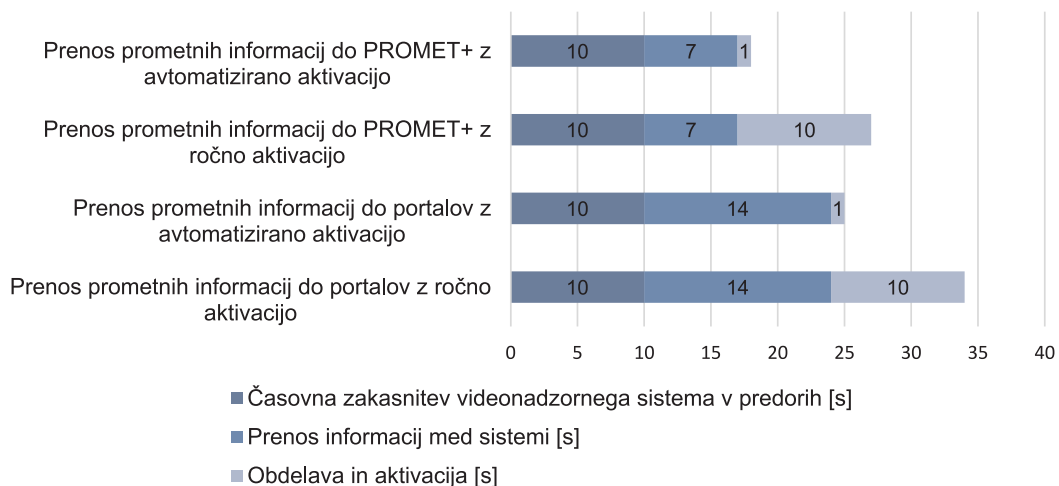
tirana videodetekcija, je v začetni fazi vključen desetsekundni časovni zamik, ki je enak kot pri ročnem postopku aktivacije in predstavlja vnaprej določeno sistemsko zakasnitev pred prenosom podatkov. Po zaznavi nevarnosti podatki v približno treh sekundah prispejo v sistem Kažipot (nacionalni prometnoinformacijski sistem), kjer se obdelajo v približno eni sekundi in samodejno sprožijo generiranje ustrezne vsebine za prometne portale. Uporabljeni časovni parametri temeljijo na informacijah podjetja Realis, razvijalca ITS-sistemov, ki jih uporablja DARS. Nadaljnji prenos do ITS-portalov poteka v enakem časovnem okviru kot pri ročnem postopku in v povprečju traja približno enajst sekund.

Skupni čas od zaznave do prikaza sporočila pri avtomatiziranem načinu znaša približno 25 sekund, kar omogoča hitrejšo in bolj odzivno obveščanje voznikov v primerjavi z ročnim načinom. Pri tem je treba poudariti, da čas trajanja avtomatiziranega procesa ni konstanten, saj je odvisen od dejavnikov, kot so vremenske razmere, obremenjenost komunikacijskega omrežja in konfiguracija sistema.

Podoben princip velja za ročni prenos informacij v mobilno aplikacijo Promet+. Po potrditvi dogodka v RNC operater posreduje podatke v sistem Kažipot, ki deluje kot integracijski vmesnik za povezavo z mobilno aplikacijo. Ta dodatna faza prenosa traja približno štiri sekunde, kar pomeni, da skupna zakasnitev od zaznave do obvestila uporabniku znaša približno 27 sekund.

Najkrajši odzivni čas je dosežen pri popolnoma avtomatiziranem prenosu prek sistema C-ITS v aplikacijo Promet+. V tem primeru se zaznani dogodek samodejno validira v sistemu Kažipot brez posredovanja operaterja. Po validaciji se opozorilo v približno štirih sekundah neposredno posreduje uporabniku. Celoten proces od zaznave do obvestila tako v povprečju traja približno 18 sekund, kar predstavlja najhitrejši način posredovanja informacij ter jasno prednost avtomatiziranih C-ITS-rešitev z vidika pravočasnega obveščanja udeležencev v prometu.

Na podlagi analize prometnih konic in opredelitve različnih načinov posredovanja prometnih informacij je bila izvedena tudi kvantitativna ocena učinkovitosti obveščanja. Analiza obravnava število voznikov, ki o prometnem dogodku niso ob-



Slika 4. Časovni zamik prenosa prometnih informacij do portalov in aplikacije Promet+

veščeni pravočasno in zato nimajo možnosti ustreznega odziva (npr. izbira alternativne poti), kar lahko pomembno prispeva k nastanku zastojev, zlasti na območju pred predorom Trojane.

V prvem delu analize je poudarek na obveščanju prek ITS-portalov, kjer se preučuje vpliv časovnih zakasnitev na pravočasnost posredovanja informacij. Posebej se ocenjuje delež voznikov, ki zaradi teh zakasnitev niso pravočasno informirani, kar omejuje njihovo možnost izbire alternativnih poti in posledično vpliva na prometne razmere.

Število nepravočasno obveščenih voznikov prek portalov se določi z enačbo:

$$N_p = \left( \frac{(d_p + d_{pregl}) \cdot 3600}{V_{povp,i}} \cdot q_k \right) + t_i \cdot q_i \quad (1)$$

kjer je:

- $N_p$  število voznikov, ki niso pravočasno obveščeni o dogodku s portala [voz]
- $d_p$  oddaljenost portala od zaprtega predora oz. dela ceste [km]
- $d_{pregl}$  minimalna oddaljenost od portala za ustrezno preglednost portala [km]
- $V_{povp,i}$  povprečna hitrost vozil v konični uri i [km/h]
- $q_i$  prometna obremenitev v konični uri i [voz/s]
- $t_i$  časovni zamik prenosa informacij do voznikov [s]

Drugi del analize preučuje prenos informacij do mobilne aplikacije Promet+. Analiza bo zajela dva scenarija, kontinuirano posodabljanje, pri katerem aplikacija takoj obvesti voznike o morebitni nevarnosti, in periodično posodabljanje, kjer aplikacija preverja nove informacije sistema vsakih 60 sekund. V obeh primerih se bo ocenil vpliv ročne in avtomatizirane aktivacije prenosa informacij ter bo analizirano, koliko voznikov ni pravočasno obveščenih o izrednem dogodku, ob predpostavki, da imajo vsi nameščeno mobilno aplikacijo Promet+, vključeno zvočno opozorilo in ustrezno nastavljen prikaz vizualnih obvestil na mobilni napravi. Kontinuirano posodabljanje aplikacije Promet+ omogoča takojšnje obveščanje voznikov o izrednih dogodkih. Kljub temu pa zaradi časovnega zamika pri prenosu informacij določeno število voznikov ni pravočasno seznanjenih z izrednim dogodkom v predoru Trojane, preden dosežejo prizadeto območje, v tem primeru predor Trojane. Ta zamik je odvisen od vrste aktivacije ter gostote prometa v času dogodka. Število voznikov, ki niso pravočasno obveščeni z mobilno aplikacijo Promet+ pri kontinuirani posodobitvi, se izračuna po naslednji enačbi:

$$N_{KP+} = t_i \cdot q_i \quad (2)$$

kjer je:

- $N_{KP+}$  število voznikov, ki niso pravočasno obveščeni o dogodku z aplikacijo Promet+ [voz]
- $t_i$  časovni zamik prenosa informacij do voznikov [s]
- $q_i$  število vozil v konični uri i [voz/s]

Zaradi visoke porabe baterije pri kontinuirani posodobitvi aplikacija trenutno deluje s 60-sekundnim intervalom posodobitve. Tak način delovanja vpliva na pravočasnost obveščanja voznikov o izrednih dogodkih, saj lahko med posodobitvijo pride do pomembnih sprememb v prometnem toku. Ker ob 60-sekundnem intervalu ni mogoče natančno določiti trenutka,

kdaj bo aplikacija prejela in obdelala prometno informacijo, se analiza osredotoča na najslabši možni scenarij. Predpostavlja se, da lahko v neugodnem primeru aplikacija Promet+ potrebuje dodatnih 60 sekund za obdelavo podatkov in obveščanje voznikov. V nadaljevanju je ocenjen vpliv tega časovnega zamika na število voznikov, ki zaradi 60-sekundnega intervala posodobitve niso pravočasno obveščeni. Izračun temelji na prometni obremenitvi v konični uri in časovnem zamiku sistema, pri čemer se uporabi naslednja enačba:

$$N_{p+,60sek} = (T_k + 60s) \cdot q_i \quad (3)$$

kjer je:

- $q_i$  prometna obremenitev v konični uri i [voz/s]
- $T_k$  časovni zamik prenosa informacij do voznikov [s]

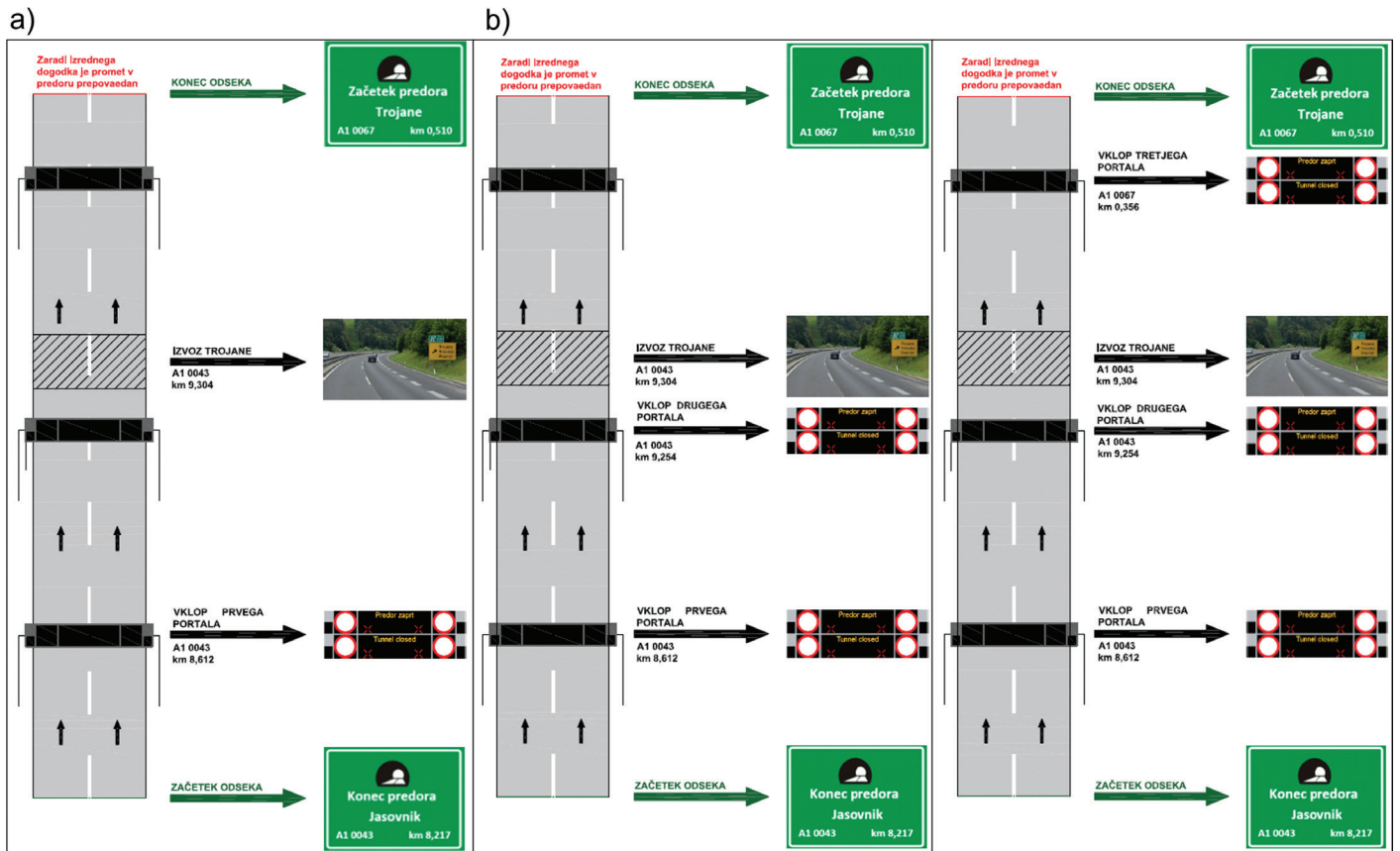
## 4 REZULTATI

### 4.1 Aktivacija SPIS-portalov

Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti. prikazuje tri variante aktivacije portalov ob nastanku izrednega dogodka v predoru Trojane, zaradi katerega je promet skozi predor onemogočen. Prva varianta (Slika 2.a) vključuje samo aktivacijo prvega portala, ki je nameščen 1,769 km pred vhodom v predor, ob zaprtju prikaže obvestilo "Predor zaprt / Tunnel closed". Zaradi njegove lokacije, 0,642 km pred izvozom Trojane, imajo vozniki še vedno možnost pravočasne preusmeritve, kar jim omogoča izogib nepotrebnemu čakanju pred zaporo. Slika 2.b prikazuje sočasno aktivacijo prvega in drugega portala ob izrednem dogodku v predoru Trojane, zaradi katerega je promet skozi predor onemogočen. Drugi portal je nameščen 0,050 km pred izvozom Trojane in 1,177 km pred vhodom v predor. Tako kot pri prvem portalu se tudi tukaj ob zaprtju prikaže obvestilo "Predor zaprt / Tunnel closed", kar voznikom omogoča pravočasno preusmeritev na izvoz Trojane in s tem izbiro alternativne poti. Slika 2.c prikazuje sočasno aktivacijo vseh treh portalov ob izrednem dogodku v predoru Trojane, zaradi katerega je promet skozi predor onemogočen. Tretji portal je nameščen 0,154 km pred predorom, torej že po izvozu Trojane, kar pomeni, da vozniki na tej točki nimajo več možnosti izbire alternativne poti. Tretji portal prikazuje enako vsebino kot prejšnja portala, "Predor zaprt / Tunnel closed", s čimer voznike pravočasno opozarja na zaporo in omogoča zmanjšanje hitrosti ter varnejšo ustavitev pred oviro.

**Napaka! Neveljavno samosklicevanje zaznamka.** prikazuje število voznikov, ki zaradi zamude pri aktivaciji obvestila niso pravočasno obveščeni o zaprtju predora, kar omejuje njihovo možnost izbire alternativne poti. Analiza zajema štiri scenarije za vsako aktivacijo, in sicer ročno ter avtomatizirano aktivacijo v jutranji in popoldanski konici.

Rezultati aktivacije prvega portala (Preglednica 3, drugi stolpec) kažejo, da je ob ročni aktivaciji v jutranji konici največ neobveščenih voznikov, 80, medtem ko jih je v popoldanski konici nekoliko manj, 43. Pri avtomatizirani aktivaciji se število neobveščenih zmanjša, saj sistem hitreje posreduje informacije. V jutranji konici je 73 neobveščenih voznikov, v popoldanski pa 39. Podatki jasno kažejo, da avtomatizirana aktivacija portala povečuje učinkovitost obveščanja in večja verjetnost, da se bodo vozniki pravočasno odločili za alternativno pot. S tem se



Slika 5. Skica različnih aktivacij portalov ob izrednem dogodku v predoru Trojane

zmanjšuje tveganje, da bi vozniki dosegli zaporo in se znašli v neoptimalni situaciji. Razlike med jutranjim in popoldanskim prometom dodatno potrjujejo, da gostota prometa vpliva na širjenje informacij in odzivnost voznikov.

Ob aktivaciji dveh portalov (Preglednica 3, tretji stolpec) vidimo, da je število neobveščenih voznikov nekoliko nižje v primerjavi s prvim primerom, saj je drugi portal bližje predoru. Pri ročni aktivaciji ostane v jutranji konici neobveščenih 63 voznikov, v popoldanski pa 34. Avtomatizirana aktivacija to število zmanjša na 56 voznikov v jutranjem in 30 voznikov v popoldanskem prometnem vrhu. Rezultati potrjujejo, da kombinirana uporaba prvega in drugega portala izboljšuje učinkovitost obveščanja. Čeprav se pri drugem portalu število neobveščenih nekoliko zmanjša, ostaja avtomatizirana aktivacija ključna za

pravočasno informiranje voznikov in zmanjšanje nepotrebnih zastojev.

Četrti stolpec Preglednice 3 prikazuje število voznikov, ki zaradi časovnih zamikov prenosa prometnih podatkov do vseh treh prometnih portalov, niso pravočasno obveščeni o zaprtju predora. Rezultati kažejo, da je število neobveščenih voznikov pri aktivaciji vseh treh portalov nekoliko nižje od aktivacije dveh ali enega portala. Pri ročni aktivaciji ostane v jutranji konici neobveščenih 33 voznikov, v popoldanski pa 18 voznikov. Avtomatizirana aktivacija to število zmanjša na 26 voznikov v jutranjem in 14 voznikov v popoldanskem prometnem vrhu.

Rezultati potrjujejo, da aktivacija vseh treh portalov izboljšuje učinkovitost obveščanja. Čeprav se pri aktivaciji vseh treh

Vrsta aktivacije in konična ura	Število nepravočasno obveščenih voznikov (Portal 1)	Število nepravočasno obveščenih voznikov (Portala 1 + 2)	Število nepravočasno obveščenih voznikov (Portali 1 + 2 + 3)
Ročna aktivacija v jutranji konični uri	80	63	33
Ročna aktivacija v popoldanski konični uri	43	34	18
Avtomatizirana aktivacija v jutranji konični uri	73	56	26
Avtomatizirana aktivacija v popoldanski konični uri	39	30	14

Preglednica 3. Število voznikov, ki niso pravočasno obveščeni o izrednem dogodku pri treh različnih aktivacijah portalov pred predorom Trojane

portalov število neobveščenih nekoliko zmanjša, ostaja avtomatizirana aktivacija ključna za pravočasno informiranje voznikov in varnejšo upočasnitev vozil.

## 4.2 Prenos informacij do mobilne aplikacije Promet+

V tem delu analiza preučuje prenos informacij do mobilne aplikacije Promet+ v dveh scenarijih: v primeru kontinuiranega posodabljanja, pri katerem aplikacija takoj obvesti voznike o morebitni nevarnosti, ter v primeru periodičnega posodabljanja, kjer aplikacija preverja nove informacije sistema vsakih 60 sekund. V obeh primerih, podobno kot za aktivacijo portalov, se bo ocenil vpliv ročne in avtomatizirane aktivacije prenosa informacij ter bo analizirano, koliko voznikov ni pravočasno obveščenih o izrednem dogodku, ob predpostavki, da imajo vsi nameščeno mobilno aplikacijo Promet+, vključeno zvočno opozorilo in ustrezno nastavljen prikaz vizualnih obvestil na mobilni napravi.

voznike (Meglič, 2025). Povprečni časovni zamik ročne aktivacije pri prometnih portalih znaša 34 sekund, pri kontinuirani posodobitvi aplikacije Promet+ pa 27 sekund. Pri avtomatizirani aktivaciji so ti časi krajši, 25 sekund pri portalih in 18 sekund pri aplikaciji Promet+. To potrjuje prednosti avtomatiziranega sistema, ki zmanjšuje zamude pri prenosu informacij.

Podatki potrjujejo, da kontinuirana posodobitev aplikacije Promet+ zagotavlja najvišjo stopnjo obveščanja voznikov. Pri jutranji konični uri ostane neobveščenih le 15 voznikov, pri popoldanski konični uri pa osem voznikov. Nasprotno 60-sekundni interval posodobitev povzroča večjo variabilnost, pri kateri lahko ostane neobveščenih tudi do 71 voznikov. Primerjava rezultatov kaže, da je razlika med ročno in avtomatizirano aktivacijo še posebno izrazita pri prvem prometnem portalu, kjer avtomatizacija zmanjša število neobveščenih voznikov za devet odstotkov. Prav tako je opaziti, da pri kontinuirani posodobitvi aplikacije Promet+ razlika med jutranjo in popoldansko konični uro ni tako izrazita kot pri prometnih portalih, kar kaže na večjo konsistentnost sistema.

Vrsta aktivacije in konična ura	Število nepravočasno obveščenih voznikov (kontinuirana posodobitev)	Število nepravočasno obveščenih voznikov (60-sekundna posodobitev)
Ročna aktivacija v jutranji konični uri	22	71
Ročna aktivacija v popoldanski konični uri	12	38
Avtomatizirana aktivacija v jutranji konični uri	15	63
Avtomatizirana aktivacija v popoldanski konični uri	8	34

**Preglednica 4.** Izračunane vrednosti za različne scenarije aktivacij vsebin prometnih informacij, ki zajemajo kombinacije ročne in avtomatizirane aktivacije v jutranji in popoldanski konici

Rezultati potrjujejo, da avtomatizirana aktivacija izboljša pravočasnost obveščanja voznikov. Pri ročni aktivaciji v jutranji prometni konici obvestilo ne prejme 22 voznikov, v popoldanski konici pa dvanajst voznikov. Pri avtomatizirani aktivaciji pa obvestila ne prejme 15 voznikov v jutranji in osem voznikov v popoldanski konični uri. Pri 60-sekundni posodobitvi aplikacije je več nepravočasno obveščenih voznikov v primerjavi z avtomatizirano aktivacijo. V jutranji konici pri ročni aktivaciji obvestila pravočasno ne prejme približno 71 voznikov, v popoldanski konici pa 38 voznikov. Pri avtomatizirani aktivaciji se to število zmanjša na 63 voznikov v jutranji konici in na 34 voznikov v popoldanski konici, kar kaže na boljšo učinkovitost avtomatiziranega sistema.

## 5 DISKUSIJA

Glavni cilj raziskave je bil oceniti učinkovitost ITS- in C-ITS-sistemov glede na časovne zamike pri prenosu prometnih informacij in dostopnost obvestil za voznike. Upoštevana sta bila tako ročni kot avtomatizirani način aktivacije prometnih obvestil, pri čemer analiza temelji na podatkih iz RNC Vransko za izbran delovni dan, 16. oktober 2024, ki odraža običajne prometne razmere brez prisotnosti izrednih dogodkov.

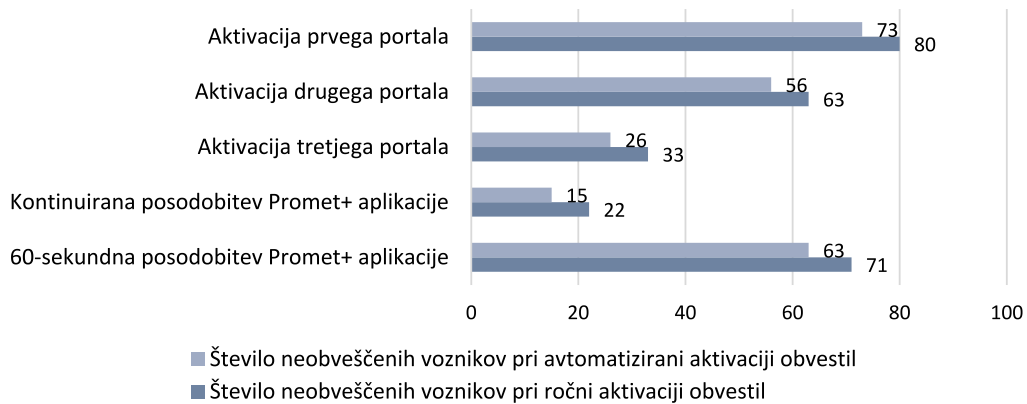
Rezultati kažejo, da avtomatizirana aktivacija bistveno skrajša časovni zamik obveščanja, kar lahko zmanjšuje tveganje za

Dodatno se izkaže, da razlika med kontinuirano posodobitvijo in 60-sekundno posodobitvijo aplikacije Promet+ ni zanemarljiva, saj se število neobveščenih voznikov pri daljšem intervalu posodobitev lahko več kot potroji. To nakazuje, da bi bilo za učinkovitejše obveščanje smiselno uvesti dinamično prilagajanje intervala posodobitev, kjer bi aplikacija zaznavala prometno gostoto in temu primerno posodabljala podatke hitreje v kritičnih razmerah.

Slika 6 jasno prikazuje, da avtomatizirana aktivacija zmanjša število neobveščenih voznikov v vseh primerih, pri čemer je razlika najbolj izrazita pri prvem portalu, kjer se število neobveščenih voznikov zmanjša z 80 na 73.

Ugotovitve kažejo, da najboljše rezultate dosega kombinacija avtomatizirane aktivacije in kontinuirane posodobitve aplikacije Promet+, saj to zagotavlja najhitrejšo in najzanesljivejšo obveščanje. Poleg tega se je oddaljenost prometnih portalov od kritičnega območja izkazala za pomemben dejavnik, saj zmanjšuje razpoložljiv čas za odziv voznika, zlasti v pogojih gostega prometa ali slabe vidljivosti. To pomeni, da integracija avtomatiziranih sistemov in optimizacija lokacije portalov lahko dodatno izboljša prometno varnost in zmanjša tveganje za prometne zastoje ter nalete.

Analiza vpliva frekvence posodobitev obvestil mobilne aplikacije Promet+ je pokazala, da so pogostejše posodobitve ključ-



**Slika 6.** Primerjava števila neobveščenih voznikov pri ročni in avtomatizirani aktivaciji obvestil v jutranji konični uri

nega pomena za zmanjšanje števila neobveščenih voznikov. Čeprav 60-sekundni interval posodobitev zagotavlja pravočasno obveščanje na odprtih odsekih avtoceste, se v dinamičnih prometnih razmerah izkaže za premalo odzivnega. Za izboljšanje odzivnosti bi bilo smiselno implementirati dinamično prilagajanje intervala posodobitev, ki bi omogočilo hitrejši prenos informacij in zmanjšalo število neobveščenih voznikov, zlasti na kritičnih odsekih, kot so predori in območja pogostih zastojev. Skrajšanje intervala na sedem sekund bi omogočilo, da metoda obveščanja doseže enako časovno učinkovitost kot prometni portali, kar bi dodatno izboljšalo odzivnost C-ITS-sistema in povečalo prometno varnost.

Priporoča se kombinacija uporabe ITS- in C-ITS-sistemov, saj imata oba sistema svoje prednosti in slabosti in se dopolnjujeta. Prometni portali so učinkoviti, vendar omejeni na določene avtocestne odseke, medtem ko C-ITS omogoča širše in zgodnejše opozarjanje na celotnem avtocestnem omrežju. Aplikacija Promet+ se posebno izkaže v slabih vremenskih razmerah, saj voznik prejme obvestilo neposredno na zaslon mobilne naprave, kar zmanjša tveganje spregledanih obvestil.

Kljub prednostim sistema C-ITS pa ta ne more v celoti nadomestiti prometnih portalov. Njegova učinkovitost je odvisna od pokritosti mobilnega omrežja, kar lahko v predorih in območjih s šibkim signalom vpliva na pravočasnost obveščanja. Poleg tega vsi vozniki ne uporabljajo mobilnih aplikacij ali med vožnjo ne posvečajo pozornosti obvestilom, kar zmanjšuje doseg sistema v realnih prometnih razmerah. Ena od možnih rešitev za izboljšanje delovanja sistema v predorih oziroma v bližini predorov bi bila uporaba repetitorjev ali prilagojene infrastrukture za zagotavljanje stabilne komunikacijske povezave.

## 6 SKLEP

Inteligentni transportni sistemi (ITS) in kooperativni inteligentni transportni sistemi (C-ITS) predstavljajo ključen tehnološki napredek na področju upravljanja prometa in zagotavljanja varnosti na cestah. Tradicionalni ITS-sistemi, ki temeljijo na obcestni infrastrukturi, zagotavljajo obveščanje voznikov prek prometnih portalov in drugih signalizacijskih sredstev, vendar jih omejujejo časovni zamiki pri prenosu informacij ter potreba voznikov po vizualni prepoznavi sporočil. Nasprotno pa C-ITS-sistemi omogočajo neposredno komunikacijo med in-

frastrukturo in vozili, kar povečuje hitrost in zanesljivost prenosa prometnih informacij.

Prispevek raziskave k področju prometnega upravljanja je v empirični oceni učinkovitosti obstoječih sistemov obveščanja in kvantifikaciji njihovih časovnih zamikov. Analiza podatkov podjetij DARS, d. d., in Realis Ltd. je preučila vpliv hitrosti prenosa prometnih informacij na pravočasno obveščanje voznikov o izrednih dogodkih na avtocestnem odseku pred predorom Trojane v smeri proti Ljubljani. Raziskava je primerjala dva komplementarna sistema: tradicionalni ITS-sistem s prometnimi portali in C-ITS-sistem, ki temelji na mobilni aplikaciji Promet+. Rezultati so pokazali, da kontinuirano posodabljanje informacij v realnem času zagotavlja znatno večjo pravočasnost obveščanja voznikov. Pri uporabi mobilne aplikacije je neobveščenih ostalo le 15 voznikov v jutranji in osem voznikov v popoldanski konični uri, medtem ko je bil ta delež neobveščenih voznikov pri prometnih portalih bistveno višji. Ugotovitve torej potrjujejo, da C-ITS-sistemi omogočajo hitrejši in učinkovitejši prenos informacij v primerjavi s tradicionalnimi ITS-rešitvami.

Glavne ugotovitve raziskave potrjujejo, da C-ITS omogoča boljšo prilagodljivost in hitrejšo odzivanje na prometne razmere. Mobilna aplikacija Promet+ s kontinuiranim posodabljanjem je zagotovila hitrejšo obveščanje v primerjavi z obcestnimi portali, kar prispeva k zmanjšanju zastojev in izboljšanju prometne varnosti.

Kljub obetavnim rezultatom pa ima raziskava določene omejitve. Eden ključnih izzivov je odvisnost C-ITS-sistema od kakovosti mobilnega omrežja, saj lahko pomanjkljiva pokritost vpliva na zanesljivost prenosa podatkov. Prav tako raziskava ni zajela širših vedenjskih vidikov uporabnikov, kot so odzivi voznikov na različne načine obveščanja in stopnja sprejetosti mobilnih aplikacij. Nadaljnje raziskave bi morale vključevati tudi vpliv različnih tipov prometnih dogodkov in vremenskih pogojev na delovanje sistema.

Za učinkovito naslavljanje omenjenih izzivov bi bilo smiselno v nadaljnjih raziskavah eksperimentalno testirati dinamično prilagoditev intervala posodobitev informacij glede na prometne in vremenske razmere. To pomeni, da bi se prometna aplikacija v kritičnih območjih, kot so predori ali cestni odseki z visoko stopnjo nesreč, posodabljala v krajših časovnih intervalih kot na drugih območjih. Prav tako bi razvoj prediktivnih modelov,

ki temeljijo na metodah umetne inteligence in analizi zgozgovinskih prometnih podatkov, lahko omogočil natančnejše napovedovanje prometnih tveganj. Takšni pristopi omogočajo identifikacijo kompleksnih in nelinearnih vzorcev v prometnih podatkih, ki jih klasične analitične metode težje zajamejo, kar je posebno relevantno pri spremenljivih prometnih in okoljskih razmerah. Na tej osnovi bi bilo mogoče podpreti tudi avtomatizirano aktivacijo preventivnih opozoril. S tem bi se lahko izboljšali prometna varnost in pretočnost, hkrati pa bi se potencialno zmanjšal vpliv izrednih dogodkov na prometni tok.

Dolgoročno bi bila v Sloveniji ključna celovita integracija hibridne komunikacije C-ITS-sistema z obstoječimi ITS-sistemi, ob hkratnem izboljšanju prometne infrastrukture in razvoju naprednih prediktivnih modelov. S tem bi se povečali pravčasnost in natančnost prometnih informacij, optimizirala odzivnost na izredne dogodke ter izboljšali varnost in pretočnost prometa na avtocestnem omrežju.

## 7 LITERATURA

Aplikacija Promet+, <https://www.promet.si/sl/aplikacija-promet>, 2026.

Asselin-Miller, N., Biedka, M., Gibson, G., Kirsch, F., Hill, N., White B., Uddin, K., Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report, Ricardo Energy & Environment, London, UK, 2016.

Austrian Government, Intelligent Transport Systems (ITS), Cooperative ITS and telematics, Department of Infrastructure, Transport, Regional Development, Communications and the Arts, 2024, <https://www.infrastructure.gov.au/infrastructure-transport-vehicles/transport-strategy-policy/office-future-transport-technology/intelligent-transport-systems-its-cooperative-its-and-telematics>

Böhm, M., Flechl, B., Menzel, G., Pfliegl, R., Russ, M., Zwick, K., Matiassek, F., Molin, H., Schwammenhöfer, F., IVS-Aktionsplan Österreich: Strategie zur Umsetzung eines Intelligenten Verkehrssystems in Österreich, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT, Dunaj, 2011.

Cerritos College, Japanese ITS - CACS, Cerritos College, <https://www.cerritos.edu/auto/its/jitsc.htm>, 2024.

Chowdhury, M. Sadek, A., What is ITS?, <https://rno-its.piarc.org/en/intelligent-transport-systems/what-its>, 2026.

C-ITS: Cooperative Intelligent Transport Systems and Services, CAR 2 CAR, <https://www.car-2-car.org/about-c-its>, 2024.

Deveci, M., Gokasar, I., Pamucar, D., Zaidan, A. A., Wen, X., Gupta, B. B., Evaluation of Cooperative Intelligent Transportation System scenarios for resilience in transportation using type-2 neutrosophic fuzzy VIKOR, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 172, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103666>, 2023.

Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology, C-ITS Strategy Austria, Vienna, 2016.

Ferrante, E., Giamarelos, O., ITS Reference Handbook for harmonized ITS Core Service Deployment in Europe. European

ITS Platform, Retrieved from [https://www.its-platform.eu/wp-content/uploads/ITS-Platform/AchievementsDocuments/ReferenceHandbook/EUEIP-ReferenceHandbook\\_accessible.pdf](https://www.its-platform.eu/wp-content/uploads/ITS-Platform/AchievementsDocuments/ReferenceHandbook/EUEIP-ReferenceHandbook_accessible.pdf), 2021.

Garg, T, Kaur, G., A Systematic Review on Intelligent Transport Systems, Journal of Computational and Cognitive Engineering, Vol. 2(3), p. 175-188, 2022.

Ghahremannezhad, H., Chengjun c Liu, Traffic Surveillance Video Analytics: A Concise Survey, In Ghahremannezhad Hadi & Chengjun Liu (Eds.), Researchgate. New York, USA, Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/362366364\\_Traffic\\_Surveillance\\_Video\\_Analytics\\_A\\_Concise\\_Survey](https://www.researchgate.net/publication/362366364_Traffic_Surveillance_Video_Analytics_A_Concise_Survey), 2022.

Ghori, M. R., VANET Routing Protocols: Review, Implementation and Analysis, Journal of Physics: Conference, 2018.

ASECAP, Asecap C-ITS Manifesto, Brusel, 2021.

ISO 21217:2020(en), Online Browsing Platform, 2020, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21217:ed-3:v1:en>

Lantech Communications Global, Intelligent Transportation System, Lantech Communications Global, <https://www.lantechcom.tw/global/eng/solutions-ITS.html>

3212 - Radijska postaja in njena frekvenca, ki predvaja prometne in turistične informacije., MEBL Signalizacija, 2024.

Meglič, I., Šraml, M., Zorin, U., Gruden, C., The Impact of Time Delays in Traffic Information Transmission Using ITS and C-ITS Systems: A Case-Study on a Motorway Section Between Two Tunnels, Vehicles 2025, <https://www.mdpi.com/2624-8921/7/4/107>, 2025

Ministry of Land, Infrastructure and Transport, About C-ITS, C-ITS Pilot Project, Cooperative Intelligent Systems, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea Expressway Corporation Research Institute, 2024. <https://www.c-its.kr/english/introduction.do>, 2024.

Njord, J., Peters, J., Freitas, M., Warner, B., Allred, K. C., Bertini, R. L., Warne, T., Safety applications of intelligent transportation systems in Europe and Japan. Washington, DC, 2006.

Nowacki, G., Development and Standardization of Intelligent Transport Systems, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 6, No. 3, 2012.

Pinkelnig, A., Gruber, D. A., C-ROARS Annual pilot overview report 2022. <https://www.c-roads.eu/documents/public-documents/>, 2023.

Summala, H., Brake Reaction Times and Driver Behavior Analysis, Transportation Human Factor, pp. 217-226, 2000.

Weber, J. S., Neves, M., Ferreto, T., VANET simulators: an updated review, Journal of the Brazilian Computer Society, 2021.

Zorin, U., Spremenljiva prometno informativna signalizacija - Dars, <https://www.yumpu.com/xx/document/read/50858538/spremenljiva-prometno-informativna-signalizacija-dars/3>, 2026.