

UPORABA METRIK IN KPI PRI PODATKOVNO PODPRTEM IZBOLJŠEVANJU PROMETNE VARNOSTI

ANA REPAS, MIHA MARIČ

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
ana.repas@student.um.si, miha.maric@um.si

Prometna varnost ostaja pomemben družbeni izziv kljub razvoju digitalnih prometnih rešitev in povečani razpoložljivosti prometnih podatkov. V praksi se pojavlja razkorak med obsežnim zbiranjem podatkov in njihovo sistematično uporabo pri odločanju. Namen raziskave je preučiti vlogo metrik in ključnih kazalnikov uspešnosti pri podatkovno podprtem izboljševanju prometne varnosti v okviru digitalnih prometnih rešitev. Raziskava temelji na študiji primera podjetja, ki razvija sisteme za spremljanje prometa. Vključuje analizo vrst zbranih podatkov, njihove pretvorbe v metrike in ključne kazalnike uspešnosti ter presojo vpliva kakovosti podatkov na zanesljivost odločanja. Ugotovitve kažejo, da učinkovitost podatkovno podprtega upravljanja ni odvisna zgolj od količine zbranih podatkov, temveč predvsem od njihove kakovosti, strukturirane obdelave in jasne povezave med metrikami, ključnimi kazalniki uspešnosti in strateškimi cilji. Raziskava prispeva k zapolnjevanju vrzeli med teoretičnimi koncepti merjenja uspešnosti in njihovo praktično uporabo v kontekstu pametne mobilnosti ter ponuja izhodišča za bolj sistematično operacionalizacijo prometnih podatkov v podporo odločanju na lokalni ravni.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.7.2026.4](https://doi.org/10.18690/um.fov.7.2026.4)

ISBN
978-961-299-177-7

Ključne besede:
prometna varnost,
metrike,
ključni kazalniki
uspešnosti,
podatkovno podprto
odločanje,
pametna mobilnost

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.7.2026.4](https://doi.org/10.18690/um.fov.7.2026.4)

ISBN
978-961-299-177-7

Keywords:
traffic safety,
metrics,
key performance indicators,
data-driven decision-
making,
smart mobility

THE USE OF METRICS AND KPIS IN DATA-DRIVEN IMPROVEMENT OF TRAFFIC SAFETY

ANA REPAS, MIHA MARIČ

University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
ana.repas@student.um.si, miha.maric@um.si

Traffic safety remains an important societal challenge despite the development of digital traffic solutions and the increasing availability of traffic-related data. In practice, a gap exists between extensive data collection and the systematic use of such data in decision-making processes. The purpose of this study is to examine the role of metrics and key performance indicators (KPIs) in data-driven improvement of traffic safety within the context of digital traffic solutions. The research is based on a case study of a company developing traffic monitoring systems. It includes an analysis of the types of collected data, their transformation into metrics and key performance indicators, and an assessment of the impact of data quality on the reliability of decision-making processes. The findings indicate that the effectiveness of data-driven management depends not only on the quantity of collected data but primarily on their quality, structured processing, and a clear connection between metrics, key performance indicators, and strategic objectives. The study contributes to bridging the gap between theoretical concepts of performance measurement and their practical application in the context of smart mobility, while also providing a basis for a more systematic operationalization of traffic data to support decision-making at the local level.

1 Uvod

Prometna varnost je pomembno področje javnega interesa, saj vpliva na varnost udeležencev v prometu, kakovost življenja in trajnostni razvoj mest. Kljub tehnološkemu napredku in razvoju prometne infrastrukture prometne nesreče in nevarne prometne situacije ostajajo pomemben družbeni problem, kar zahteva stalno spremljanje, analizo in izboljševanje prometnovarnostnih ukrepov. V sodobnih prometnih sistemih se poudarek vse bolj premika od reaktivnega obravnavanja prometnih nesreč k proaktivnemu upravljanju prometne varnosti, ki temelji na sistematičnem merjenju, analizi in podatkovno podprtem odločanju (Yamada et al., 2025; Ulpiani et al., 2023).

Po podatkih Agencije za varnost prometa (AVP) je bilo v Sloveniji leta 2024 zabeleženih 20.233 prometnih nesreč, kar predstavlja približno 1-odstotno povečanje v primerjavi z letom 2023. Število prometnih nesreč s smrtnim izidom se je v primerjavi s predhodnim letom zmanjšalo za 14 odstotkov, število smrtnih žrtev pa za 18 odstotkov. Hkrati se je število prometnih nesreč s hudimi telesnimi poškodbami povečalo za 11 odstotkov, število hudo poškodovanih udeležencev pa za 12 odstotkov (Agencija za varnost prometa, 2026). Navedeni podatki kažejo, da prometna varnost ostaja pomemben izziv, zaradi česar se povečuje potreba po novih pristopih k spremljanju in upravljanju prometnih tveganj.

Prostorska porazdelitev kaže, da se je 63 odstotkov nesreč zgodilo v naseljih, sledijo regionalne ceste (15 odstotkov) ter avtoceste in hitre ceste (11 odstotkov). Med najpogostejšimi vzroki prevladujejo nepravilni premiki z vozilom (27 odstotkov), neprilagojena hitrost (19 odstotkov) ter nepravilna stran ali smer vožnje (15 odstotkov), pri čemer sta neprilagojena hitrost in nepravilna smer vožnje odgovorni za več kot 80 odstotkov smrtnih žrtev (Agencija za varnost prometa, 2026).

Začasni in neuradni podatki Prometnega barometra AVP za leto 2025 kažejo, da je bilo zabeleženih 20.824 prometnih nesreč, pri katerih je umrlo 93 oseb, 1.010 udeležencev pa je bilo hudo telesno poškodovanih (Agencija za varnost prometa, 2026). V primerjavi z letom 2024 to pomeni povečanje skupnega števila nesreč ter izrazitejše povečanje števila smrtnih žrtev in hudo poškodovanih. Ker podatki še niso uradno potrjeni, jih v nadaljevanju obravnavamo kot prikaz aktualnega razvoja dogodkov in ne kot podlago za formalno analizo.

V zadnjih letih se v okviru konceptov pametnih mest in pametne mobilnosti hitro povečuje uporaba digitalnih prometnih rešitev, kot so prometni senzorji, radarski prikazovalniki hitrosti, sistemi za štetje prometa in druge naprave za neprekinjeno spremljanje prometnih tokov. Te tehnologije omogočajo zajem velikih količin podatkov o prometnem dogajanju, vedenju udeležencev v prometu in potencialnih prometnovarnostnih tveganjih.

Razvoj takšnih sistemov ustvarja pomembne priložnosti za izboljšanje prometne varnosti, hkrati pa odpira vprašanje, kako zbrane podatke učinkovito vključiti v procese odločanja in načrtovanja prometnovarnostnih ukrepov (Brandt et al., 2021; Qiu et al., 2025). Čeprav se razpoložljivost prometnih podatkov povečuje, statistični pregledi kažejo, da zmanjševanje prometnih tveganj ni neposredno povezano s količino podatkov, temveč predvsem z njihovo kakovostno interpretacijo in učinkovito uporabo (Agencija za varnost prometa, 2026).

Problem raziskave izhaja iz razkoraka med obsežnim zbiranjem prometnih podatkov in njihovo smiselno uporabo pri upravljanju prometne varnosti. Organizacije in lokalne skupnosti pogosto razpolagajo z obsežnimi količinami surovih prometnih podatkov, vendar nimajo jasno opredeljenih metrik in ključnih kazalnikov uspešnosti (ang. *"key performance indicators"*, KPI), ki bi omogočali pretvorbo podatkov v primerljive in za odločanje uporabne informacije. Posledično se prometnovarnostni ukrepi pogosto presojujejo na podlagi posamičnih kazalnikov ali zgolj končnih izidov, kar omejuje možnosti pravočasnega, sistematičnega in ciljno usmerjenega ukrepanja.

V tem kontekstu podatkovno podprto odločanje predstavlja okvir, ki omogoča bolj sistematično uporabo prometnih podatkov pri odločanju. Pri tem se odločitve ne opirajo zgolj na izkušnje ali intuitivne presoje, temveč na analizo podatkov in jasno opredeljene kazalnike. V prometni varnosti takšen pristop omogoča strukturirano vrednotenje prometnih razmer, primerjavo alternativnih ukrepov ter spremljanje učinkov izvedenih posegov skozi čas, pri čemer imajo metrike in KPI vlogo povezovalnega elementa med podatki, analitičnimi modeli in konkretnimi odločitvami (Brandt et al., 2021; Andreotti in Selpi, 2025; Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026).

Raziskovalna vrzel se kaže v omejeni konceptualni in empirični obravnavi metrik ter KPI na področju prometne varnosti. Medtem ko je literatura o metrikah in KPI obsežno razvita predvsem v kontekstu programske opreme, poslovne analitike in splošnega upravljanja uspešnosti, njihova sistematična uporaba v okviru pametne mobilnosti in digitalnih prometnih rešitev ostaja relativno slabo raziskana.

Obstoječe študije se praviloma osredotočajo na posamezne prometne kazalnike ali analitične modele, ne pa na celovit proces pretvorbe surovih prometnih podatkov v strukturirane metrike in KPI ter njihovo vlogo pri dejanskem odločanju na lokalni ravni. Posebej primanjkuje empiričnih študij primerov, ki bi prikazale, kako organizacije v praksi operacionalizirajo prometne podatke in jih uporabljajo kot podporo pri načrtovanju in izvajanju prometno-varnostnih ukrepov (Qiu et al., 2025; Yaibok et al., 2024).

Namen raziskave je preučiti vlogo metrik in KPI pri podatkovno podprtem izboljševanju prometne varnosti v okviru digitalnih prometno-varnostnih rešitev. Raziskava se osredotoča na analizo vrst podatkov, ki jih generirajo digitalni prometni sistemi, način njihove pretvorbe v metrike in KPI ter vlogo kakovosti podatkov pri oblikovanju in uporabi teh kazalnikov.

Poseben poudarek je namenjen tudi preučevanju, kako naročniki digitalnih prometnih rešitev, predvsem lokalne skupnosti, uporabljajo KPI pri odločanju o načrtovanju in izvajanju prometnovarnostnih ukrepov. Raziskava je izvedena kot študija primera podjetja Intermatic, d. o. o., ki razvija in zagotavlja digitalne rešitve za spremljanje prometa.

Raziskava prispeva k zmanjševanju raziskovalne vrzeli med teoretičnimi izhodišči merjenja uspešnosti in njihovo uporabo v praksi. Hkrati ponuja izhodišča za nadaljnje raziskave in praktične izboljšave na področju pametne mobilnosti.

2 Pregled literature

2.1 Prometna varnost kot sistem upravljanja tveganj

Prometna varnost predstavlja kompleksen javni sistem, v katerem se prepletajo infrastrukturni, tehnološki, vedenjski in regulativni dejavniki. Ne gre zgolj za vprašanje posameznih prometnih nesreč, temveč za dinamično delovanje celotnega prometnega omrežja, ki vključuje različne deležnike, institucionalne okvirje in prostorsko-časovne značilnosti. Sodobni pristopi k prometni varnosti zato poudarjajo sistemsko razumevanje tveganj, pri katerem se odgovornost za varnost porazdeli med načrtovanje infrastrukture, upravljanje prometa, institucionalne okvire in vedenje udeležencev v prometu (McCullogh et al., 2025; Evenson et al., 2023).

Sistemi pristop k prometni varnosti izhaja iz razumevanja, da prometne nesreče niso zgolj posledica posameznih napak udeležencev v prometu, temveč rezultat sočasnega delovanja več dejavnikov, kot so infrastruktura, prometna ureditev, tehnične značilnosti vozil, vremenske razmere ter vedenje voznikov in drugih udeležencev. Prometno omrežje zato predstavlja medsebojno povezan sistem, v katerem spremembe na eni ravni, na primer uvedba nove prometne signalizacije ali sprememba prometnega režima, vplivajo na vedenje udeležencev in s tem na celotno dinamiko prometa (Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026; Ulpiani et al., 2023).



Slika 1: Model prometne varnosti kot sistem upravljanja tveganj.

Vir: (prirejeno po Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026; Ulpiani et al., 2023).

Slika 1 prikazuje model prometne varnosti kot sistem medsebojno povezanih elementov. V središču modela so infrastruktura, tehnologija, institucije in vedenje udeležencev, katerih medsebojno delovanje vpliva na prometno varnost.

Infrastruktura vključuje načrtovanje cest in prometno signalizacijo ter druge prostorske ureditve. Tehnologija zajema digitalne rešitve in senzorske sisteme za spremljanje prometa. Institucije predstavljajo okvir odločanja, ki ga določajo občine, predpisi in proračunski mehanizmi. Vedenje pa odraža prilagajanje hitrosti in interakcije med udeleženci v prometu. Model poudarja, da varnost ni izoliran izid posameznega ukrepa, temveč rezultat sočasnega delovanja vseh štirih področij. Spremembe na enem področju vplivajo na druga področja, zato učinkovito upravljanje prometne varnosti zahteva usklajeno in podatkovno podprto delovanje celotnega sistema.

Zaradi takšne medsebojne povezanosti in kompleksnosti prometnega sistema posamezni izolirani ukrepi ali intuitivne odločitve pogosto ne prinesejo pričakovanih učinkov. Učinkovito upravljanje prometne varnosti zahteva strukturiran pristop, ki temelji na sistematičnem zbiranju in analizi podatkov ter na modeliranju prometnih tokov in tveganj. V tem okviru je upravljanje prometne varnosti mogoče razumeti kot proces upravljanja tveganj, katerega cilj je zmanjševanje verjetnosti nastanka nevarnih situacij in omejevanje njihovih posledic.

Tradicionalno vrednotenje prometne varnosti temelji predvsem na kazalnikih končnih izidov, kot so število prometnih nesreč, število smrtnih žrtev in število poškodovanih udeležencev. Takšni kazalniki omogočajo oceno splošnega stanja sistema, vendar so po svoji naravi reaktivni, saj odražajo že nastale posledice. Zaradi nizke frekvence hudih prometnih nesreč in njihove prostorske ter časovne razpršenosti takšni kazalniki pogosto ne omogočajo pravočasnega prepoznavanja tveganj (Feudjio et al., 2025; Andreotti in Selpi, 2025).

Zato sodobna literatura vse več pozornosti namenja nadomestnim oziroma vmesnim kazalnikom prometne varnosti, ki omogočajo zgodnejše zaznavanje nevarnih prometnih vzorcev. Mednje sodijo kazalniki, povezani s hitrostjo, časom do trka (ang. "*time to collision*", TTC), prometnimi konflikti, variabilnostjo vožnje in drugimi mikroskopskimi interakcijami med udeleženci v prometu (Feudjio et al., 2025; Andreotti in Selpi, 2025). Takšni kazalniki omogočajo proaktivno upravljanje

prometne varnosti, saj identificirajo tveganja, še preden se ta odrazijo v obliki prometnih nesreč.

Prehod od reaktivnega k proaktivnemu upravljanju prometne varnosti zahteva sistematičen in podatkovno podprt pristop k odločanju. V kompleksnih javnih sistemih, kot je promet, izbira ukrepov ne more temeljiti zgolj na posamičnih dogodkih ali parcialnih ocenah, temveč mora izhajati iz strukturirane analize alternativ in uporabe merljivih KPI (Brandt et al., 2021). Takšen pristop omogoča primerjavo različnih prometnih scenarijev ter vrednotenje učinkov posameznih ukrepov, kar je še posebej pomembno v okoljih z omejenimi viri in visokimi zahtevami po transparentnosti odločanja (Qiu et al., 2025; McCullogh et al., 2025).

V kontekstu lokalnih skupnosti imajo občine osrednjo vlogo pri načrtovanju in izvajanju prometnovarnostnih ukrepov. Prav na tej ravni je treba proračunska sredstva in investicije v varnostno infrastrukturo skrbno utemeljiti z objektivnimi in merljivimi podatki, saj se odločevalci soočajo z omejenimi finančnimi zmožnostmi ter potrebo po doseganju največje možne stroškovne in varnostne učinkovitosti investicij (Brandt et al., 2021; McCullogh et al., 2025).

Podatkovno podprto odločanje omogoča strukturirano primerjavo alternativ in vrednotenje pričakovanih učinkov posameznih ukrepov, kar je ključno za odgovorno upravljanje javnih sredstev (Qiu et al., 2025). Uporaba ustrezno oblikovanih kazalnikov tako ne predstavlja zgolj analitičnega orodja, temveč mehanizem za transparentno določanje prioritet projektov in strateškega usmerjanja prometnovarnostnih investicij na ravni lokalne uprave (Evenson et al., 2023).

Da bi bilo takšno odločanje mogoče, je treba vzpostaviti jasen merilni okvir. Operacionalizacija systemskega pristopa k prometni varnosti zato temelji na oblikovanju ustreznih metrik in njihovi povezavi v KPI, ki odražajo strateške cilje upravljanja. Metrike predstavljajo kvantitativni opis posameznih prometnih pojavov, medtem ko KPI omogočajo njihovo interpretacijo v kontekstu sprejemanja odločitev (Brandt et al., 2021). S tem se kompleksni prometni pojavi pretvorijo v strukturirane in primerljive informacije, ki podpirajo upravljanje tveganj na operativni in strateški ravni.

Učinkovitost takšnega merilnega sistema je neposredno odvisna od kakovosti podatkov. Prometni sistemi temeljijo na raznolikih in pogosto heterogenih podatkovnih virih, katerih točnost, popolnost in pravočasnost vplivajo na zanesljivost izpeljanih kazalnikov (Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026; Hussain et al., 2025). Brez ustrezne podatkovne osnove tudi dobro zasnovani kazalniki ne morejo zagotoviti verodostojne podlage za upravljanje prometne varnosti.

Razvoj pametne mobilnosti in digitalnih prometnih rešitev je dodatno okrepil možnosti sistemskega merjenja. Sodobni senzorji, radarski sistemi in drugi digitalni viri omogočajo kontinuirano spremljanje prometnih tokov ter vedenjskih vzorcev udeležencev v prometu (Aapaoja et al., 2017; Thabit et al., 2024). To omogoča prehod od občasnega vrednotenja k stalnemu spremljanju stanja sistema ter vzpostavitev integriranega nabora kazalnikov, ki povezujejo makroskopske in mikroskopske ravni analize (Qiu et al., 2025; Yaibok et al., 2024).

Prometna varnost se tako v sodobnem kontekstu razume kot proces sistematičnega upravljanja tveganj, ki temelji na merjenju, analizi in interpretaciji podatkov. V nadaljevanju so podrobneje obravnavani koncepti podatkovno podprtega odločanja, metrik, KPI in kakovosti podatkov kot temeljni elementi sistemskega upravljanja prometne varnosti.

2.2 Podatkovno podprto odločanje

Podatkovno podprto odločanje (ang. "*data-driven decision making*") predstavlja pristop, pri katerem se organizacijske odločitve sistematično opirajo na analizo podatkov in uporabo analitičnih modelov, namesto zgolj na izkušnje ali intuitivno presojo. V javnem sektorju se ta pristop uveljavlja počasneje kot v zasebnem, kar je povezano z omejenimi viri, večjim številom vključenih deležnikov in zahtevnejšim vrednotenjem ustvarjene javne vrednosti (Brandt et al., 2021). Kljub tem omejitvam naraščajoča razpoložljivost podatkov in digitalnih tehnologij vse bolj poudarja potrebo, da javne organizacije svoje odločitve utemeljujejo na preglednih, preverljivih in merljivih dokazih.

V javnem sektorju podatkovno podprto odločanje dosega omejen učinek, kadar ostaja na ravni opisne analize preteklih dogodkov ali napovedovanja prihodnjih trendov. Opisna analitika se osredotoča na vprašanje, kaj se je zgodilo, prediktivna na vprašanje, kaj se bo verjetno zgodilo, medtem ko preskriptivna analitika naslavlja ključno vprašanje, kako na podlagi podatkov usmeriti ukrepanje in doseči željeno spremembo.

Dejanska vrednost podatkovno podprtega odločanja se zato pokaže šele, ko analitični rezultati neposredno podprejo izbiro konkretnih ukrepov. Preskriptivna analitika presega zgolj interpretacijo podatkov in zagotavlja podlago za odločanje o tem, katere ukrepe je glede na razpoložljive dokaze smiselno izvesti. Prehod od analize k implementaciji je v javnem sektorju posebej zahteven, saj poleg tehničnih analitičnih zmogljivosti zahteva jasno opredeljene odgovornosti, legitimnost odločanja in institucionalno sposobnost izvajanja sprejetih odločitev (Brandt et al., 2021).

Ključni izziv podatkovno podprtega odločanja zato ni zgolj analiza podatkov, temveč institucionalizacija njihove uporabe v procesih odločanja. To zahteva jasno opredeljene cilje, odgovornosti in vključitev analitike v operativno upravljanje (McCullogh et al., 2025).

Pri prenosu podatkovno podprtega odločanja v kompleksne sisteme, kot so prometna omrežja, se pojavljajo dodatne omejitve, povezane predvsem z razpoložljivostjo in kakovostjo podatkov. Realni prometni sistemi so pogosto zaznamovani z redkimi, nepopolnimi in heterogenimi podatkovnimi viri, kar otežuje zanesljivo ocenjevanje stanja sistema in podporo odločanju (Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026), vendar je kljub takšnim omejitvam mogoče vzpostaviti uporabne modele za podporo odločanju. To je izvedljivo predvsem ob integraciji različnih podatkovnih virov in uporabi jasno opredeljenih kazalnikov, ki omogočajo primerljivo interpretacijo rezultatov.

V prometnih sistemih je podatkovno podprto odločanje tesno povezano z vrednotenjem učinkov sprejetih ukrepov. V prometni varnosti se učinki ukrepov pogosto vrednotijo z naborom kazalnikov, ki zajemajo vidike učinkovitosti, varnosti in pretočnosti prometnega sistema. Qiu et al. (2025) pri analizi digitalnih prometnih rešitev poudarjajo, da podatkovno podprto odločanje zahteva sistematično

primerjavo alternativ na podlagi vnaprej opredeljenih KPI, saj je le na ta način mogoče kvantitativno ovrednotiti učinke posameznih posegov in podpreti utemeljeno izbiro prometno-varnostnih ukrepov.

Učinkovita uporaba KPI zahteva ustrezno organizacijsko in procesno podporo. V kontekstu pametne mobilnosti podatkovno podprto odločanje ne temelji zgolj na uvedbi novih digitalnih tehnologij, temveč zahteva jasno opredeljene procese, razmejene vloge in odgovornosti ter mehanizme upravljanja, ki omogočajo pretvorbo podatkov v izvedljive ukrepe. Digitalna preobrazba se zato v literaturi obravnava kot celovita organizacijska in procesna sprememba, pri kateri ima informatika oziroma podatkovna infrastruktura povezovalno vlogo med strateškimi cilji in operativnim delovanjem sistema (MacLean in Titah, 2023).

Uvedba podatkovno podprtega odločanja zahteva tudi spremembe v organizacijski kulturi, saj prehod na podatkovno utemeljevanje odločitev pogosto spremljajo napetosti med obstoječimi praksami in novimi pričakovanji. Barbala et al. (2024) ugotavljajo, da brez vzpostavitve skupnega razumevanja vrednosti podatkov in usklajenih načinov njihove uporabe analitika pogosto ostane omejena na podporno ali opisno vlogo.

V javnem sektorju je zato ključnega pomena, da so uporabljeni kazalniki neposredno povezani s strateškimi cilji. Prav ta povezava med cilji, kazalniki in odločitvami predstavlja temelj za razvoj smiselnih metrik in KPI, ki omogočajo sistematično spremljanje prometne varnosti ter vrednotenje učinkov ukrepov skozi čas (Brandt et al., 2021).

Podatkovno podprto odločanje v prometnem sektorju temelji na treh medsebojno povezanih elementih, prikazanih na sliki 2: razpoložljivosti ustreznih podatkov, analitičnih metodah za njihovo obdelavo ter jasno definiranih metrikah in KPI, ki omogočajo pretvorbo podatkov v uporabne informacije za odločanje (Brandt et al., 2021; Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026; Qiu et al., 2025).



Slika 2: Medsebojna povezanost elementov podatkovno podprtega odločanja v prometni varnosti.

Vir: (povzeto po Brandt et al., 2021).

2.3 Metrike in ključni kazalniki uspešnosti (KPI)

Metrike in KPI predstavljajo temeljni instrument za operacionalizacijo podatkovno podprtega odločanja, saj omogočajo strukturirano pretvorbo podatkov v informacije, ki so uporabne za spremljanje stanja sistema, vrednotenje ukrepov in podpora odločanju. V literaturi se metrike razumejo kot kvantitativni opisi posameznih lastnosti sistema, medtem ko KPI predstavljajo namensko izbran nabor metrik, neposredno povezan s cilji upravljanja (Brandt et al., 2021).

Ključna razlika med metrikami in KPI se kaže predvsem v njihovi vlogi pri odločanju. Medtem ko metrike omogočajo podrobno spremljanje posameznih vidikov delovanja sistema, KPI izpostavijo tiste meritve, ki so strateško relevantne za presojo doseganja ciljev (Brandt et al., 2021). Njihova vrednost se pokaže predvsem takrat, ko so neposredno vključeni v odločitvene procese in uporabljeni

kot podlaga za izbiro med alternativnimi rešitvami, s čimer se zmanjšuje tveganje intuitivnega ali nesistematičnega odločanja (Antonczak et al., 2026). V javnem sektorju imajo KPI dodatno funkcijo zagotavljanja preglednosti, primerljivosti in legitimnosti odločitev, zlasti v okoljih z omejenimi viri (Brandt et al., 2021).

Razmerje med metriko in KPI lahko ponazorimo s prispodobno gradnikov in kompasa, prikazano na sliki 3. Metrike so v tem kontekstu »gradniki« – posamezne meritve, ki opisujejo lastnosti sistema (npr. število vozil, ki prevozijo rdečo luč). KPI pa deluje kot »kompas«, ki te gradnike poveže v smiselno smer in nam pove, ali se kot organizacija premikamo proti zastavljenemu strateškemu cilju, kot je nič smrtnih žrtev v naseljih.



Slika 3: Konceptualna prispodoba razmerja med metrikami in KPI.

Vir: (povzeto po Brandt et al., 2021).

V okviru systemskega inženirstva so metrike razumljene kot orodje za podporo upravljanju celotnega življenjskega cikla sistema (ISO/IEC/IEEE 12207, 2017). Literatura s področja zagotavljanja kakovosti poudarja, da morajo biti metrike oblikovane tako, da omogočajo pravočasno zaznavanje odstopanj, podporo nadzoru in sistematično izboljševanje sistema skozi čas. Za zagotavljanje uporabnosti morajo biti metrike preverljive, smiselne, stroškovno učinkovite in prilagojene realnim zmožnostim zajema podatkov. Čeprav se standard primarno nanaša na programske sisteme, so njegova temeljna načela relevantna tudi za prometne sisteme kot kompleksne, podatkovno vodene sisteme.

Posamezne operativne metrike same po sebi ne omogočajo celovite presoje delovanja sistema, saj opisujejo zgolj omejene vidike kakovosti ali učinkovitosti. Šele njihova sistematična agregacija in povezava s cilji v obliki KPI omogoča interpretacijo rezultatov v kontekstu odločanja (Galin, 2018). V prometnih sistemih

to pomeni, da osnovne metrike, kot so hitrost, gostota ali število konfliktov, brez povezave s cilji ne omogočajo celostne presoje prometne varnosti ali učinkovitosti.

KPI imajo zato pomembno vlogo pri vodenju in nadzoru, saj se uporabljajo v okviru periodičnih pregledov delovanja sistema, kjer omogočajo spremljanje doseganja ciljev, prepoznavanje trendov ter pravočasno izvajanje korektivnih ali preventivnih ukrepov (ISO/IEC/IEEE 12207, 2017). S tem KPI delujejo kot povezovalni mehanizem med merjenjem, analizo in sistematičnim izboljševanjem delovanja sistema skozi njegov življenjski cikel.

Slika 4 prikazuje procesno piramido, ki ponazarja postopno pretvorbo surovih prometnih podatkov v informacije s strateško vrednostjo za odločanje. Na dnu piramide se nahajajo surovi podatki, ki jih generirajo digitalne naprave, kot so radarski prikazovalniki hitrosti, sistemi video detekcije in števci prometa. Gre za neobdelane zapise posameznih dogodkov, na primer podatek o hitrosti posameznega vozila, ki sami po sebi še ne omogočajo širšega razumevanja prometnega stanja.

Srednjo raven predstavljajo metrike, pri katerih so podatki že obdelani in agregirani ter pridobijo dodatni kontekst. Primeri vključujejo povprečno hitrost v prometnih konicah, število pešcev v določenem časovnem obdobju ali število kritičnih zaviranj. Takšne metrike omogočajo operativno spremljanje prometnega sistema in prepoznavanje posameznih vzorcev.

Na vrhu piramide se nahajajo KPI, ki predstavljajo sintezo različnih metrik v informacije, uporabne za strateško odločanje. Primer takšnega kazalnika je indeks tveganja določenega križišča, ki lahko služi kot podlaga za utemeljitev prometnovarnostnih ukrepov, kot so spremembe prometne signalizacije ali infrastrukturne prilagoditve.

V praksi organizacije pogosto zbirajo obsežen nabor operativnih metrik, ki niso neposredno usklajene s strateškimi cilji, kar zmanjšuje njihovo uporabnost pri odločanju (Gartner, Inc., 2024). Preobsežen nabor kazalnikov zmanjšuje preglednost in otežuje interpretacijo rezultatov, medtem ko preiščeno izbran in omejen nabor KPI omogoča osredotočeno spremljanje KPI ter bolj učinkovito primerjavo

alternativnih ukrepov (Galin, 2018; Gartner, Inc., 2024a; Gartner, Inc., 2025; Feudjio et al., 2025).



Slika 4: Hierarhična struktura agregacije prometnih podatkov.

Vir: (povzeto po Galin, 2018; Brandt et al., 2021).

Ključno je razumevanje, kaj posamezni kazalniki dejansko merijo. Podobno kot v programskem inženirstvu, kjer se razlikuje med merjenjem kakovosti izdelka in kakovosti procesa, je tudi v prometnih sistemih smiselno razlikovati med različnimi ravni merjenja. Nekateri KPI se osredotočajo na stanje in rezultate delovanja sistema, kot so varnost, pretočnost ali učinkovitost prometa, medtem ko drugi odražajo učinkovitost upravljanja in izvajanja ukrepov skozi čas. Takšna konceptualna ločitev omogoča celovitejšo presojo delovanja sistema, saj podpira razumevanje tako doseženih rezultatov kot tudi procesov, ki do teh rezultatov vodijo (Brandt et al., 2021; Qiu et al., 2025).

KPI v prometnih sistemih je mogoče konceptualno razvrstiti v tri skupine: kazalnike rezultatov, kazalnike procesov in kazalnike tveganja. Kazalniki rezultatov merijo končne učinke delovanja sistema, kot so število prometnih nesreč, stopnja poškodb ali pretočnost, ter se pogosto uporabljajo pri strateškem vrednotenju prometne varnosti (Brandt et al., 2021; Qiu et al., 2025).

Kazalniki procesov spremljajo učinkovitost izvajanja ukrepov in upravljanja sistema ter omogočajo operativni nadzor nad izvajanjem politik in prilagajanje intervencij skozi čas (Brandt et al., 2021). Kazalniki tveganja pa so usmerjeni v zgodnje zaznavanje nevarnih prometnih vzorcev, kot so prometni konflikti, TTC ali prekoračitve hitrosti, ter podpirajo proaktivno upravljanje prometne varnosti (Feudjio et al., 2025; Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026). Takšna razvrstitev omogoča bolj strukturirano oblikovanje KPI ter jasnejšo povezavo med cilji, analitičnimi modeli in odločitvami (Brandt et al., 2021; Qiu et al., 2025).

Neustrezno izbrani ali napačno interpretirani kazalniki lahko vodijo do izkrivljenih sklepov in posledično do neustreznih odločitev (Brandt et al., 2021). Izbor KPI je zato tesno povezan z razpoložljivostjo in kakovostjo podatkov. V prometnih sistemih, kjer so podatkovni viri pogosto nepopolni ali heterogeni, morajo biti KPI oblikovani tako, da omogočajo zanesljivo interpretacijo tudi ob delnih informacijah (Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026).

Poleg tehničnega vidika imajo KPI tudi pomembno vlogo pri upravljanju in izvajanju javnih politik. KPI v javnem sektorju ne služijo zgolj spremljanju uspešnosti, temveč tudi usmerjanju nadaljnjih odločitev in prilagajanju ukrepov (Brandt et al., 2021). KPI tako delujejo kot povezovalni element med strateškimi cilji, analitičnimi modeli in operativnimi odločitvami, kar je posebej pomembno v kompleksnih in dinamičnih sistemih, kot je prometna varnost.

V kontekstu prometne varnosti se teoretični koncepti metrik in KPI konkretizirajo v obliki specifičnih prometnovarnostnih indikatorjev. V literaturi je razvit širok nabor prometnovarnostnih indikatorjev, med katerimi izstopajo nadomestni varnostni kazalniki (ang. *"surrogate safety measures"*), kot so TTC, časovni razmik, stopnja zaviranja in drugi mikroskopski kazalniki interakcij med vozili. Poleg varnostnih indikatorjev se uporabljajo tudi kazalniki prometne učinkovitosti, kot so povprečna hitrost, pretočnost, gostota prometa in zamude.

Novejši pristopi poskušajo povezati varnostne in učinkovitostne vidike v enotne kazalnike. Andreotti in Selpi (2025) predlagata kombinirani indeks varnosti in učinkovitosti, ki združuje elemente TTC in stabilnosti prometnega toka ter omogoča celovitejšo oceno prometnega sistema. Podobno tudi simulacijske študije na ravni

prometnih omrežij uporabljajo sklop KPI za ocenjevanje prometne pretočnosti, zamud in varnostnih konfliktov (Qiu et al., 2025).

V kontekstu prometne varnosti predstavljajo metrike osnovni gradnik merjenja prometnih pojavov, KPI pa ključni instrument za njihovo interpretacijo in uporabo pri odločanju. Njihova ustrezna zasnova in vključitev v odločitvene procese predstavljata predpogoj za sistematično in transparentno upravljanje prometne varnosti (Brandt et al., 2021; Qiu et al., 2025; Andreotti in Selpi, 2025; Yaibok et al., 2024; Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026).

2.4 Kakovost podatkov

Kakovost podatkov predstavlja temeljni pogoj za učinkovito podatkovno podprto odločanje, saj neposredno vpliva na zanesljivost analiz, interpretacijo metrik in uporabnost KPI. Če podatkovna osnova ni zanesljiva, tudi KPI ne morejo delovati kot verodostojna podlaga za odločanje in vrednotenje ukrepov (Brandt et al., 2021).

Pomemben pogoj za učinkovito uporabo metrik in KPI je kakovost vhodnih podatkov. Brez strukturiranega zajema, dosledne obdelave in enotne interpretacije podatkov KPI ne morejo zagotavljati zanesljive podlage za presojo stanja sistema in za sistematično izboljševanje procesov (ISO/IEC/IEEE 12207, 2017; Gartner, Inc., 2024). V takšnih primerih obstaja tveganje, da KPI ustvarjajo navidezno objektivno sliko, kar lahko vodi v napačno identifikacijo problematičnih lokacij ali napačno oceno učinkov ukrepov.

V literaturi se kakovost podatkov obravnava kot večdimenzionalni koncept, ki vključuje lastnosti, kot so točnost, popolnost, doslednost, zanesljivost in pravočasnost podatkov (glej sliko 5). Prav pomanjkljivosti v teh dimenzijah pogosto predstavljajo glavni razlog za neuspeh podatkovno podprtih odločitev, kar pomeni, da modeli kljub formalni pravilnosti lahko vodijo do napačnih sklepov (Hussain et al., 2025). V prometnih sistemih je to še posebej izrazito, saj so prometne razmere dinamične, podatkovni viri pa razpršeni in heterogeni.

V praksi lahko pomanjkljivosti v kakovosti podatkov pomembno vplivajo na vrednosti metrik in posledično na interpretacijo KPI. Na primer, če merilni senzor zaradi tehnične napake sistematično ne zazna dela prometnega toka (*popolnost*), lahko

pride do podcenjevanja prometne obremenitve, kar vpliva na izračun kazalnikov tveganja. Podobno lahko vprašanje *točnosti* pri neustrezno kalibriranih merilnih napravah vodi do sistematičnega odstopanja med dejanskimi in zabeleženimi vrednostmi, kar ustvarja napačno sliko o stanju prometne varnosti.

Pomanjkanje *pravočasnosti podatkov*, denimo pri zamiku obdelave podatkov o prometnih obremenitvah, omejuje možnost proaktivnega odzivanja na aktualne varnostne izzive. Težave z *doslednostjo* merilnih metod med lokacijami ter *zanesljivostjo* naprav v različnih vremenskih pogojih dodatno otežujejo stabilno primerjavo podatkov skozi čas in prostor. V takšnih okoliščinah KPI ne odražajo dejanskega stanja sistema, temveč reproducirajo pomanjkljivosti podatkovne osnove, kar lahko vodi v neustrezno določanje prioritet ukrepov. Takšne nepopolnosti ali nekonsistentnosti se nato prenesejo skozi celoten analitični proces, kar pomeni, da se primarna napaka v podatkih na koncu odrazi kot napačna interpretacija ali napačna strateška odločitev (Hussain et al., 2025).



Slika 5: Dimenzije kakovosti podatkov v kontekstu prometne varnosti.

Vir: (povzeto po Hussain et al., 2025).

V podatkovno intenzivnih okoljih, kot je pametna mobilnost, so izzivi zagotavljanja kakovosti podatkov še posebej izraziti zaradi raznolikosti podatkovnih virov, časovnih in prostorskih razlik ter tehničnih omejitev merilnih naprav. Podatki, pridobljeni iz prometnih senzorjev, radarskih prikazovalnikov hitrosti in sistemov za

štetje prometa, se pogosto razlikujejo po frekvenci zajema, stopnji natančnosti in zanesljivosti. Zaradi tega je treba zagotavljanje kakovosti podatkov obravnavati kot sestavni del merilnega procesa, saj neposredno vpliva na zanesljivost metrik in na smiselno interpretacijo KPI (Galin, 2018). To neposredno vpliva na pravočasnost, konsistentnost in primerljivost podatkov med lokacijami in časovnimi obdobji, kar otežuje stabilno oblikovanje KPI.

Realni prometni sistemi pogosto temeljijo na nepopolnih, heterogenih in delno manjkajočih podatkih, kar omejuje neposredno uporabo klasičnih analitičnih pristopov. Kljub tem omejitvam je mogoče oblikovati uporabne modele za podporo odločanju, vendar le ob eksplicitnem upoštevanju negotovosti podatkov ter prilagoditvi metrik in KPI značilnostim razpoložljivih podatkov. KPI morajo biti zasnovani tako, da so robustni na manjkajoče podatke in omogočajo primerljivo interpretacijo tudi ob delnih opazovanjih (Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026).

Kakovost vhodnih podatkov pomembno vpliva na zanesljivost primerjave alternativnih prometnih scenarijev. Če podatki niso konsistentni ter časovno in prostorsko usklajeni, lahko primerjava različnih ukrepov vodi do izkrivljenih rezultatov in napačnih sklepov o učinkovitosti posameznih rešitev. Zato je zagotavljanje kakovosti podatkov ključno za zanesljivo in primerljivo vrednotenje učinkov prometnih ukrepov (Qiu et al., 2025).

Kakovost podatkov ni zgolj tehnično vprašanje, temveč tudi organizacijski in upravljavski izziv. Zahteva jasno opredeljene procese, razmejene odgovornosti in mehanizme nadzora, kar se v praksi kaže kot vprašanje podatkovnega upravljanja skozi celoten življenjski cikel podatkov (Brandt et al., 2021). Brez takšnega okvira obstaja tveganje, da se podatki sicer zbirajo v velikem obsegu, vendar ne prispevajo k izboljšanju odločanja ali k doseganju strateških ciljev.

Učinkovitost podatkovno podprtega upravljanja prometne varnosti je neposredno odvisna od kakovosti podatkov. Zato pojem kakovosti podatkov vključuje tudi zmožnost integracije različnih virov ter zagotavljanje njihove semantične in časovne skladnosti, brez česar KPI med različnimi lokacijami niso primerljivi. V urbanih prometnih omrežjih so podatki pogosto heterogeni in fragmentirani, saj izvirajo iz različnih virov, kot so senzorji, radarski sistemi, telematske naprave in mobilni podatki. Raziskave poudarjajo, da sta za zanesljivo modeliranje prometne dinamike

nujna integracija različnih podatkovnih virov ter metodologija, ki omogoča robustno oceno prometnega stanja tudi ob omejeni razpoložljivosti podatkov (Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026).

Prav tako raziskave s področja senzornih omrežij opozarjajo, da je načrtovanje in razširjanje mreže merilnih naprav tesno povezano z zaznavo nevarnih lokacij ter zmožnostjo občin, da podatke uporabijo kot podporo odločanju (Hrudkay et al., 2025). To pomeni, da KPI brez zagotovljene točnosti, popolnosti, časovne ustreznosti in konsistentnosti podatkov lahko vodijo v napačno identifikacijo tveganih lokacij in neučinkovite intervencije. Za organizacije, ki upravljajo digitalne prometnovarnostne sisteme, je zato poleg definiranja metrik ključno tudi zagotavljanje točnosti, popolnosti, časovne ustreznosti in konsistentnosti podatkov, saj šele kakovostna podatkovna osnova omogoča razvoj zanesljivih in smiselnih KPI.

Kakovost podatkov predstavlja ključni povezovalni element med zbiranjem podatkov, analitičnimi metodami ter uporabo metrik in KPI. Zanesljivi, ustrezno obdelani in kontekstualizirani podatki omogočajo, da KPI dejansko podpirajo odločanje, vrednotenje ukrepov in načrtovanje izboljšav prometne varnosti. Kakovost podatkov tako predstavlja temeljno izhodišče za podatkovno podprto upravljanje prometne varnosti in za empirično analizo, predstavljeno v nadaljevanju raziskave (Brandt et al., 2021; Galin, 2018; Qiu et al., 2025; Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani, 2026).

2.5 Merjenje in metrike v kontekstu pametne mobilnosti

Merjenje predstavlja ključen element podatkovno podprtega upravljanja kompleksnih sistemov, saj omogoča zagotavljanje objektivnih in primerljivih podatkov, ki služijo kot osnova za odločanje na operativni in strateški ravni. V kontekstu pametne mobilnosti se pomen merjenja dodatno povečuje, saj digitalne prometne rešitve generirajo velike količine podatkov o prometnih tokovih, vedenju udeležencev in prometnovarnostnih tveganjih. Brez sistematičnega pristopa k merjenju ni mogoče zanesljivo oceniti stanja prometne varnosti, spremljati sprememb skozi čas ali presoјati učinkov uvedenih prometno-varnostnih ukrepov.

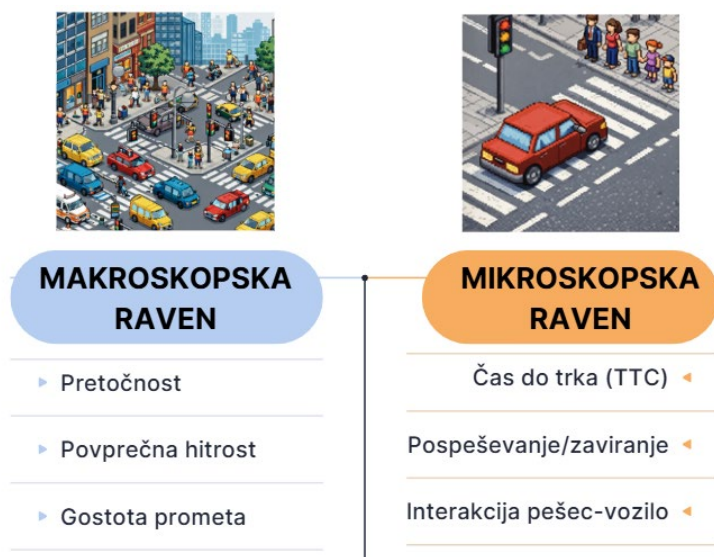
Sodobne raziskave kažejo premik od tradicionalnega vrednotenja prometne varnosti na podlagi števila prometnih nesreč in smrtnih žrtev k uporabi širšega nabora metrik, ki omogočajo zgodnejše zaznavanje tveganj in bolj ciljno usmerjeno ukrepanje (Yamada et al., 2025; Ulpiani et al., 2023).

V prometnih sistemih se metrike in KPI uporabljajo na različnih ravneh analize, kot je prikazano na sliki 6. Na makroskopski ravni se pogosto uporabljajo kazalniki, kot so povprečna hitrost, zamude, pretočnost ali stopnja zasičenosti, ki omogočajo splošno oceno učinkovitosti sistema. Takšni kazalniki omogočajo primerjavo različnih območij in spremljanje dolgoročnih trendov, vendar pogosto ne razkrivajo vzrokov tveganega vedenja (Qiu et al., 2025; Evenson et al., 2023).

Na mikroskopski ravni se merjenje prometne varnosti osredotoča na individualno vedenje udeležencev v prometu in njihove medsebojne interakcije. Takšne metrike vključujejo meritve hitrosti, pospeševanja in zaviranja, razdalje med vozili, TTC ter pogostost in intenzivnost prometnih konfliktov. Mikroskopske metrike omogočajo zgodnejšo identifikacijo nevarnih situacij in boljše razumevanje vpliva infrastrukturnih ureditev ter prometnih ukrepov na dejansko vedenje udeležencev v prometu, kar je posebej pomembno v okoljih, kjer so podatki o prometnih nesrečah redki ali statistično nezanesljivi (Matilya et al., 2025; Pinna et al., 2025; Andreotti in Selpi, 2025).

Makroskopski KPI so posebej pomembni za primerjavo alternativnih prometnih scenarijev, saj omogočajo objektivno in kvantitativno presojo učinkov posameznih rešitev. Če KPI niso vnaprej jasno opredeljeni, primerjava alternativ temelji predvsem na subjektivnih presojah, kar zmanjšuje zanesljivost podatkovno podprtega odločanja (Qiu et al., 2025).

V okviru pametne mobilnosti merjenje temelji na integraciji digitalnih tehnologij, senzorike in analitike, ki omogočajo neprekinjeno zbiranje in obdelavo prometnih podatkov. Takšen pristop pomeni prehod od občasnih, projektno omejenih analiz k stalnemu spremljanju prometnih tokov ter omogoča hitrejšo in bolj prilagodljivo upravljanje prometne varnosti (Hrudkay et al., 2025).



Slika 6: Makroskopska in mikroskopska raven merjenja prometnih sistemov.

Vir: (povzeto po Qiu et al., 2025; Matilya et al., 2025).

Poseben segment merjenja v pametni mobilnosti predstavljajo digitalni prikazovalniki hitrosti, števcji prometa in drugi robni senzorji, ki omogočajo neprekinjeno zbiranje podatkov v realnem času. Takšni sistemi omogočajo prehod od občasnih meritev k stalnemu spremljanju prometnega dogajanja, kar bistveno izboljšuje odzivnost upravljanja prometne varnosti (Hussain et al., 2025; Brandt et al., 2021).

Poleg razlikovanja med makroskopskim in mikroskopskim pristopom se literatura vse bolj osredotoča tudi na vključevanje prostorske in časovne dimenzije merjenja. Razvoj pametnih prometnih sistemov je omogočil prostorsko-časovno analizo prometnih podatkov, ki povezuje prometne metrike z geografskimi informacijami in omogoča identifikacijo prostorskih vzorcev tveganja (Aapaoja et al., 2017; Plazier et al., 2024). Celovito razumevanje prometnih pojavov zahteva povezovanje heterogenih podatkovnih virov in njihovo analizo v prostorsko-časovnem kontekstu, kar omogoča robustnejšo oceno prometnega stanja tudi ob omejeni razpoložljivosti podatkov (Veerakumar in Lee, 2026).

Pomemben premik v merjenju prometne varnosti predstavlja uporaba nadomestnih kazalnikov varnosti (ang. *"surrogate safety measures"*), ki temeljijo na analizi prometnih konfliktov, hitrosti, pospeševanj in drugih vedenjskih vzorcev udeležencev v prometu. Takšne metrike omogočajo proaktivno vrednotenje varnosti tudi v okoljih z nizko pogostostjo prometnih nesreč, kjer klasične statistike ne omogočajo zanesljive presoje stanja (Matović et al., 2025; Andreotti in Selpi, 2025; Marciani in Cossu, 2014).

Poleg merjenja splošnega stanja prometa se v literaturi vse več pozornosti namenja metrikam za vrednotenje učinkov prometnovarnostnih ukrepov. Učinki teh ukrepov se ne odražajo zgolj v zmanjšanju števila nesreč, temveč tudi v spremembah vedenja udeležencev, kot so znižanje hitrosti, zmanjšanje variabilnosti vožnje ali večja skladnost s prometnimi pravili (Yaïbok et al., 2024). Takšne spremembe je mogoče zaznati le z uporabo ustrezno izbranih mikroskopskih in vedenjskih metrik.

Pomemben element merjenja v pametni mobilnosti predstavljajo tudi digitalni opozorilni sistemi, kot so radarski prikazovalniki hitrosti in znaki s spremenljivimi sporočili. Predstavljajo pomemben element sodobnih pristopov k prometni varnosti in inteligentnim prometnim sistemom. Njihova osnovna funkcija je zagotavljanje sprotne povratne informacije voznikom, kar dokazano vpliva na prilagajanje hitrosti in večjo skladnost s prometnimi predpisi (Neupane, 2025). Empirične raziskave kažejo, da se učinki znižanja hitrosti posebej izrazito kažejo pri voznikih, ki pred izpostavitvijo prekoračujejo dovoljene vrednosti, kar potrjuje neposreden vedenjski vpliv takšnih sistemov.

Podobno dinamični opozorilni sistemi na pristopih h križiščem in krožiščem pomembno prispevajo k zmanjšanju vstopnih hitrosti vozil, pri čemer je njihova učinkovitost odvisna od prostorske umestitve, vizualne zasnove in jasnosti sporočila (Cavka et al., 2025; Yang et al., 2024). Uporaba grafičnih simbolov in prilagodljivih sporočil zmanjšuje kognitivno obremenitev voznikov ter izboljšuje zaznavo tveganja (Chen et al., 2013; Huo et al., 2024).

Poleg neposrednega vpliva na vedenje voznikov takšni sistemi omogočajo tudi zajem podatkov o hitrosti, prometnih volumnih in časovnih vzorcih. Integrirani sistemi za spremljanje prometa tako omogočajo sprotno vrednotenje učinkov ukrepov ter

krepijo povezavo med podatki in oblikovanjem prometnih politik (Thabit et al., 2024).

Literatura opozarja, da enodimenzionalni kazalniki pogosto ne zajamejo kompleksnosti prometnih sistemov, saj ločeno obravnavanje učinkovitosti in varnosti lahko vodi do enostranskih odločitev (Andreotti in Selpi, 2025). Zato novejši pristopi zagovarjajo uporabo večdimenzionalnih oziroma kombiniranih kazalnikov, ki hkrati upoštevajo varnostne in učinkovitostne vidike ter omogočajo transparentno obravnavo kompromisov med njimi (Yaibok et al., 2024).

Učinkovitost metrik in KPI je neposredno odvisna od kakovosti in strukturiranosti vhodnih podatkov. Brez dosledne kategorizacije, standardizacije in enotnih definicij merjenje ne podpira odločanja, temveč ostane na ravni poročanja (Gartner, Inc., 2024; Kornaga, 2024).

Da bi bile metrike uporabne in primerljive tudi v praksi, morajo biti zasnovane v skladu z jasno opredeljenimi načeli merjenja, ki vključujejo preverljivost, doslednost in povezavo s cilji sistema (ISO/IEC/IEEE 12207, 2017). Ta načela so posebej relevantna v pametni mobilnosti, kjer prometni sistemi delujejo kot kompleksni, podatkovno vodeni sistemi, odvisni od stalnega zajema in obdelave podatkov.

Kljub pomembni vlogi merjenja literatura opozarja tudi na njegova tveganja. Neustrezna izbira metrik ali njihova napačna interpretacija lahko vodi do poenostavljenih ali zavajajočih zaključkov, kar neposredno vpliva na kakovost sprejetih odločitev (Galin, 2018). Subjektivna razlaga podatkov ali uporaba izoliranih meritev brez ustreznega konteksta je še posebej problematična v prometnih okoljih z visoko stopnjo kompleksnosti in dinamičnosti.

Pri uporabi metrik v prometni varnosti je ključno tudi razumevanje omejitev merjenja. Mousavizadeh in Keyvan-Ekbatani (2026) opozarjata, da so prometni podatki pogosto nepopolni, časovno neenakomerni ali obremenjeni z merilnimi napakami, kar lahko vpliva na zanesljivost rezultatov. Zato mora biti merjenje zasnovano tako, da omogoča transparentno interpretacijo podatkov in upoštevanje njihove negotovosti pri odločanju.

Povezava med merjenjem, metrikami in odločanjem je še posebej izrazita v kontekstu podatkovno podprte prometne varnosti. Metrike imajo smisel le, če so neposredno povezane s cilji upravljanja in podprte z ustreznimi procesi odločanja (Brandt et al., 2021). Merjenje samo po sebi ne vodi do izboljšav, temveč predstavlja podlago za oblikovanje KPI, spremljanje učinkov ukrepov in prilagajanje prometnih politik.

Na podlagi pregledane literature je torej mogoče zaključiti, da sodobno merjenje prometne varnosti temelji na kombinaciji makro- in mikroskopskih metrik, prostorsko-časovne analize ter neprekinjenega zbiranja podatkov z uporabo digitalnih prometnih rešitev. Kljub napredku na področju merjenja pa ostaja odprto vprašanje sistematične pretvorbe teh podatkov v jasno opredeljene in strateško usmerjene KPI. To predstavlja pomembno izhodišče za empirični del raziskave, ki se osredotoča na operacionalizacijo prometnih metrik v podporo podatkovno podprtemu odločanju na lokalni ravni.

3 Raziskava

V raziskavi se bomo osredotočili na podjetje Intermatic, d. o. o., ki deluje na področju digitalnih rešitev za spremljanje prometa in izboljševanje prometne varnosti. Raziskovalni okvir temelji na povezavi med koncepti podatkovno podprtega odločanja, merjenja uspešnosti, metrik in KPI ter kakovosti podatkov v kontekstu pametne mobilnosti.

Osrednji namen raziskave je ugotoviti, kako podjetje Intermatic, d. o. o., zbira in obdeluje prometne podatke ter v kolikšni meri sodeluje pri oblikovanju metrik in KPI za podporo odločanju naročnikov (npr. občin) pri načrtovanju prometnovarnostnih ukrepov. Poseben poudarek je namenjen razumevanju procesa zbiranja, obdelave in uporabe podatkov ter vlogi digitalnih rešitev pri izboljševanju prometne varnosti.

Raziskovalni fokus zajema preučevanje vrst prometnih podatkov, ki jih podjetje zbira z uporabo senzorjev in drugih digitalnih rešitev, ter način njihove obdelave in uporabe. Posebna pozornost je namenjena zagotavljanju kakovosti in zanesljivosti podatkov kot temelju za verodostojno interpretacijo kazalnikov. Raziskava nadalje obravnava, kako se zbrani podatki in kazalniki uporabljajo pri odločanju naročnikov

o prometnovarnostnih ukrepih, ter identificira ključne izzive in razvojne možnosti na področju podatkovno podprtega upravljanja prometne varnosti.

Na podlagi opredeljenega raziskovalnega problema in namena raziskave smo oblikovali naslednja raziskovalna vprašanja:

- *RV1: Kako se v praksi zbirajo, obdelujejo in uporabljajo podatki iz digitalnih prometno-varnostnih rešitev ter v kolikšni meri se pretvarjajo v metrike in ključne kazalnike uspešnosti (KPI)?*
- *RV2: Kakšno vlogo ima kakovost prometnih podatkov pri njihovi interpretaciji in uporabnosti za analizo prometne varnosti?*
- *RV3: Kako se prometni podatki (z ali brez formaliziranih KPI) uporabljajo pri odločanju naročnikov in kateri dejavniki omejujejo podatkovno podprto odločanje?*
- *RV4: Kakšen razkorak obstaja med razpoložljivostjo prometnih podatkov in njihovo dejansko uporabo pri odločanju ter kateri so njegovi ključni vzroki?*

Za pridobitev poglobljenega vpogleda v konkretne prakse podjetja smo uporabili kvalitativni raziskovalni pristop. Metodo zbiranja podatkov je predstavljala polstrukturirani intervju, ki omogoča sistematično obravnavo vnaprej določenih tem, hkrati pa dopušča odprtost za dodatna pojasnila in refleksije intervjuvanca.

Intervju je bil izveden z direktorjem podjetja Intermatic, d. o. o., g. Sašo Živkovičem, ki vodi podjetje z bogato družinsko zgodovino in je kot vodja odgovoren za strateški razvoj digitalnih prometnih rešitev ter njihovo implementacijo pri naročnikih. Podjetje deluje na področju razvoja, proizvodnje in vzdrževanja elektronskih naprav za merjenje in analizo prometa ter je prisotno na slovenskem in mednarodnem trgu s produkti, kot so števci kolesarjev, pešcev in vozil (Countmatic, n. d.).

Intervju je potekal v obliki poglobljenega polstrukturiranega pogovora prek videokonferenčnega orodja. Z dovoljenjem sogovornika je bil pogovor zvočno posnet, nato transkribiran in vsebinsko pregledan. Transkript je bil posredovan intervjuvancu v pregled in potrditev, s čimer smo zagotovili točnost in verodostojnost interpretacije podanih odgovorov.

V nadaljevanju predstavljamo tematske sklope vprašanj, ki so strukturirali intervju. Prepis ohranja izvorni pomen izjav, pri čemer so bile izvedene le manjše jezikovne prilagoditve za izboljšanje berljivosti besedila.

Če za začetek podate malo konteksta – kako bi na kratko opisali dejavnost podjetja in vašo vlogo na področju prometne varnosti?

S. Ž.: »Podjetje je bilo ustanovljeno pred dobrimi 35 leti, ustanovil ga je moj oče kot nadaljevanje obrti na področju razvoja specialne elektronike. Okoli leta 1995 smo se začeli intenzivneje ukvarjati s sistemi za nadzor prometa, predvsem na področju merjenja hitrosti. Takrat smo zastopali enega največjih ponudnikov merilnikov hitrosti in začeli sodelovati tudi s policijo.

V naslednjih letih smo delovali predvsem kot dobavitelj in vzdrževalec sistemov, pri čemer imamo tudi lasten servis. V zadnjem času pa se vedno bolj usmerjamo v razvoj, zato imamo danes ekipo približno 15 zaposlenih, od tega štiri razvijalce. Razvijamo lastno programsko opremo in tudi strojno opremo.

Na področju prometne varnosti delujemo tako pri represivnih kot preventivnih sistemih. Med represivne sodijo merilniki hitrosti, na podlagi katerih kršitelji prejmejo plačilni nalog, med preventivne pa sistemi za opozarjanje na hitrost, kot so prikazovalniki »Vi vozite«. Proizvajamo tudi različne števec prometa – za kolesarje, pešce, vozila ter hibridne števec.

Poleg tega razvijamo tudi podporne programske aplikacije, s katerimi lahko uporabniki spremljajo prometno statistiko, upravljajo naprave, jih nastavljajo ter izvajajo nadgradnje. Velik del upravljanja in servisiranja poteka tudi na daljavo, neposredno iz naše pisarne.

Poleg razvojne ekipe imamo tudi servisno ekipo ter tržne tehnike in inženirje, ki skrbijo za montažo, integracijo sistemov, podporo uporabnikom in vzdrževanje. Sodelujemo z različnimi naročniki, kot so občine, DARS, Direkcija za ceste in policija. Dobavljamo jim naprave in skrbimo za njihovo vzdrževanje, pogosto v okviru letnih pogodb.«

Katera rešitev, ki jo razvijate, je trenutno najbolj uporabljena?

S. Ž.: »Če govorimo o rešitvah, ki jih še razvijamo, te običajno še niso tako razširjene v praksi.«

Potem pa morda med rešitvami, ki jih že ponujate oziroma kjer ste zastopnik – katera je najbolj uporabljena?

S. Ž.: »Trenutno smo najbolj prepoznavni po merilnikih hitrosti. Gre za stacionarne in mobilne merilnike, tako radarske kot laserske, ki jih uporablja policija. Prav tako velika večina merilnikov hitrosti, ki so postavljeni na avtocestah ter na državnih in lokalnih cestah s strani občin, izhaja iz naše ponudbe. Zaradi tega smo na tem področju precej prepoznavni.

Poleg tega smo pred približno 26 leti, okoli leta 2000, v Slovenijo pripeljali tudi prve prikazovalnike »Vi vozite«. Gre za preventivne sisteme, ki voznike opozarjajo na njihovo hitrost in hkrati omogočajo zbiranje prometne statistike.

Kar se tiče razvoja, trenutno razvijamo hibridni števec prometa, ki omogoča štetje in klasifikacijo prometa s pomočjo video detekcije. Prednost te rešitve je, da ne zahteva posegov v cestišče, kot jih na primer zahtevajo nekatere starejše tehnologije, kot so induktivne zanke.

Z enim kompaktnim števcem tako lahko zaznavamo in štejemo različne udeležence v prometu, kot so kolesarji, pešci, vozila in tudi električni skiroji, pri čemer je zaznavanje slednjih še v fazi razvoja. Ta produkt je trenutno v drugi fazi razvoja in ga nameravamo kmalu plasirati na trg.«

Če se zdaj nekoliko bolj osredotočiva na podatke – katere vrste podatkov vaši sistemi zbirajo? Omenili ste že števce kolesarjev, pešcev in skirojev. Lahko navedete konkretne primere podatkov ter pojasnite, kako se ti zbirajo in obdelujejo?

S. Ž.: »Uporabljamo različne tehnologije za zbiranje podatkov. Pri radarskih sistemih merimo predvsem hitrost, pri infrardečih senzorjih zaznavamo objekte, na primer za štetje pešcev, pri video detekciji pa lahko zaznavamo in klasificiramo različne udeležence v prometu, kot so vozila, kolesarji in pešci.

Pri tem praviloma ne gre za zbiranje osebnih podatkov – ne beležimo obrazov ali registrskih tablic, temveč zgolj zaznavamo objekte in njihove lastnosti. Za vsak zaznan objekt se zabeležijo osnovni podatki, kot so čas zaznave, hitrost, smer gibanja in tip objekta. Na podlagi tega se nato izvaja nadaljnja obdelava podatkov.

Izjema so merilniki hitrosti v primeru prekrškov, kjer se zaradi zakonskih zahtev zajame tudi fotografija in registrska tablica vozila. Ti sistemi so tipsko odobreni za nadzor hitrosti in izdajo plačilnih nalogov. Poleg represivne funkcije imajo tudi pomembno vlogo pri umirjanju prometa, hkrati pa omogočajo tudi statistično analizo tako prekrškov kot celotnega prometa.

Osnovni podatki, ki jih zbiramo, so torej datum, ura, hitrost in smer. Pri novejših napravah lahko zbiramo tudi dodatne podatke, kot so temperatura in vremenske razmere. To je posebej uporabno pri analizah, na primer pri števcih kolesarjev, kjer lahko opazujemo povezavo med prometom in vremenskimi pogoji.«

Je obseg podatkov odvisen tudi od naročnika? Na primer, ali lahko naročnik določi, ali želi zbirati le osnovne podatke ali tudi dodatne, kot so vremenski podatki?

S. Ž.: »Da, obseg podatkov je odvisen od naročnika in namena uporabe. Naprave imajo določene osnovne funkcionalnosti, ki jih je mogoče nadgraditi glede na potrebe. Če naročnik potrebuje bolj podrobne meritve, na primer tudi podatke o kakovosti zraka, lahko postavimo namensko merilno postajo.

Različni naročniki imajo različne potrebe. Občine, ki uporabljajo merilnike hitrosti, se na primer osredotočajo na podatke o prekoračitvah hitrosti, povprečnih in maksimalnih hitrostih ter porazdelitvi hitrosti po razredih. Na podlagi teh podatkov spremljajo trende, kot so zmanjševanje povprečne hitrosti ali delež voznikov, ki bistveno prekoračijo omejitve.

Torej je izbor podatkov vedno odvisen od tega, kaj naročnik želi analizirati in kakšen je namen uporabe naprave.«

Kako pa je z dostopom do podatkov? Podatke uporabljate samo vi ali imajo dostop do njih tudi naročniki?

S. Ž.: »Razvili smo spletno aplikacijo, ki omogoča dostop do podatkov. Obstajata dva načina uporabe. Pri manjših naročnikih ali tistih brez lastne infrastrukture podatke gostujemo na našem strežniku. Naročnik dobi uporabniško ime in geslo ter dostopa do aplikacije prek spleta.

V aplikaciji lahko na zemljevidu vidi lokacije naprav, spremlja podatke v realnem času ter izvaja različne analize. Omogočeno je tudi izbiranje časovnih obdobij, primerjave med leti in spremljanje trendov.

Pri večjih naročnikih pa lahko aplikacijo namestimo tudi na njihov strežnik, kjer se nato podatki obdelujejo znotraj njihove infrastrukture.

Podatki se iz naprav prenašajo na strežnik, večinoma prek mobilnega omrežja (modema), in so nato dostopni v aplikaciji.»

Prenos teh podatkov poteka v realnem času?

S. Ž.: »Prenos podatkov poteka prek mobilnega omrežja, običajno v 15-minutnih intervalih. To pomeni, da se podatki vsakih 15 minut prenesejo iz naprave na strežnik, kjer so nato takoj na voljo naročniku za analizo.«

Prej sva omenila tudi določene korelacije. Torej, zbirajo se surovi podatki, ki se v določenih časovnih intervalih prenašajo in so dostopni tako vam kot naročnikom. Morda iz teh podatkov oblikujete tudi kakšne dodatne metrike ali analize, poleg spremljanja korelacij, na primer z vremenom?

S. Ž.: »Iskreno povedano se mi trenutno ne ukvarjamo veliko s poglobljeno analizo podatkov in oblikovanjem ukrepov na podlagi teh analiz. To področje običajno pokrivajo specializirana podjetja, ki izvajajo prometne študije, analize in projektantske naloge.

Mi smo trenutno bolj osredotočeni na razvoj naprav in tehnološki vidik rešitev. V tem segmentu smo najbolj aktivni in temu namenjamo največ pozornosti.

Kljub temu pa z naročniki do določene mere sodelujemo tudi pri interpretaciji podatkov in oblikovanju osnovnih priporočil. To področje želimo v prihodnje še okrepiti, saj vidimo priložnost, da bi naročnikom bolj aktivno pomagali pri uvajanju ukrepov.

Na bolj osnovni ravni to že delamo – predvsem v okviru naših produktov, kjer lahko predlagamo določene ukrepe. Ko pa gre za zahtevnejše posege, kot so projektiranje cest ali večje infrastrukturne spremembe, to prepustimo specializiranim projektantskim podjetjem in prometnim načrtovalcem.

Ti nato uporabijo podatke, ki jih mi zagotovimo, kot osnovo za pripravo študij, priporočil in konkretnih ukrepov za naročnike, kot so občine.»

Kako pa zagotavljate točnost in zanesljivost podatkov? Imate na primer redne servise ali preglede naprav, kot so radarji?

S. Ž.: »Kar se tiče točnosti, že v fazi razvoja izvajamo testiranja naših naprav. Uporabljamo referenčne naprave, s katerimi preverjamo točnost in zanesljivost meritev.

Pri številu prometa in klasifikaciji udeležencev – na primer razlikovanju med kolesarji, motoristi, osebnimi vozili, kombiji ali tovornjaki – izvajamo testiranja v realnem okolju. Dejanske razmere primerjamo z znanimi podatki, bodisi ročno bodisi s pomočjo video posnetkov, in na tej podlagi ocenjujemo stopnjo točnosti.

Kar se tiče merjenja hitrosti, naši merilniki dosegajo zelo visoko natančnost, manj kot 1 km/h odstopanja. Merilniki, ki se uporabljajo za izdajo plačilnih nalogov, pa morajo biti tudi uradno tipsko odobreni. To pomeni, da jih mora potrditi Urad za meroslovje Republike Slovenije, poleg tega pa je obvezna letna kalibracija v akreditiranem laboratoriju. Po pregledu se izda certifikat o ustreznosti, naprava pa se lahko uporablja nadaljnje leto.

Pri ostalih napravah priporočamo redno letno vzdrževanje, ki ga tudi izvajamo. Po potrebi opravimo tudi dodatne preglede glede na stanje in uporabo naprave.»

Kako pa naročniki uporabljajo te kazalnike? Lahko navedete kakšen konkreten primer, kako so na podlagi podatkov sprejeli določene ukrepe?

S. Ž.: »Če pogledamo primer prikazovalnikov hitrosti »Vi vozite«, imajo ti predvsem preventivno funkcijo, saj vplivajo na vedenje voznikov in zmanjšujejo hitrost. Vendar jih vsi vozniki ne upoštevajo, zato se v določenih primerih uvedejo dodatni ukrepi.

Pogosto se na takih lokacijah postavi obišje za radarski merilnik, ki deluje kot preventivni ukrep že sam po sebi. Če to ne zadostuje, se v obišje vgradi tudi dejanski merilnik hitrosti, kar običajno dodatno zmanjša hitrost in umiri promet.

V preteklosti so se pogosto uporabljali tudi fizični ukrepi, kot so ležeči policaji, vendar se je izkazalo, da so ti pogosto dražji in manj učinkoviti v primerjavi z radarskimi sistemi. Poleg tega

vplivajo na vse voznike, tudi tiste, ki vozijo skladno z omejitvami, medtem ko merilniki hitrosti ciljno vplivajo predvsem na kršitelje.

Poleg tega se uporabljajo tudi drugi ukrepi, kot so zožanja cest ali prometni otoki, ki vizualno in fizično vplivajo na umirjanje prometa.

Pri števcih kolesarjev pa imajo podatki pomembno vlogo pri načrtovanju infrastrukture. Načrtovalci sicer predvidevajo, kje je več kolesarskega prometa, vendar pogosto nimajo natančnih podatkov. Z uporabo števec lahko pridobijo konkretne podatke o obremenjenosti posameznih poti.

Ti podatki so uporabni tako pred investicijo, na primer pri načrtovanju kolesarske steze, kot tudi po njej, ko se spremljajo trendi uporabe skozi čas. Na podlagi tega lahko ocenijo uspešnost investicije in ugotavljajo, ali se število kolesarjev povečuje.

Takšni podatki prispevajo tudi k širšim ciljem, kot so spodbujanje trajnostne mobilnosti, zmanjševanje prometnih zastojev in bolj okolju prijazen način transporta.»

Kako vidite razvoj področja merjenja prometne varnosti v prihodnosti? Se bo poudarek še naprej povečeval na zbiranju podatkov ali pričakujete večji premik v smer napovednih modelov?

S. Ž.: »Če prav razumem vprašanje – kako vidimo razvoj tega področja v prihodnosti?«

Da, predvsem v smislu, ali se bo povečala potreba po zbiranju podatkov in ali bodo naročniki te podatke vedno bolj uporabljali pri sprejemanju odločitev.

S. Ž.: »Na področju spodbujanja kolesarskega prometa in trajnostne mobilnosti je še veliko prostora za razvoj, vsaj pri nas in v tem delu Evrope. V zahodni Evropi temu namenjajo precej več pozornosti in imajo tudi večji delež uporabnikov trajnostnih oblik prevoza.

V Sloveniji imamo na tem področju še velik potencial. Smo relativno majhna država, razdalje niso velike, zato smo zelo primerni tako za vsakodnevno uporabo koles kot tudi za kolesarski turizem. Prometna infrastruktura se na tem področju postopno razvija in menim, da bodo meritve in podatki postajali vedno pomembnejši. Pričakujem, da bo vse več ukrepov temeljilo prav na podatkih.

Promet se povečuje, mestna območja so vse bolj obremenjena, kar vodi tudi do težav, kot so slabša kakovost zraka in prometni zastoji. V preteklosti se temu ni posvečalo dovolj pozornosti, zato smo danes v situaciji, ko lahko z bolj premišljenim načrtovanjem in strategijami gradimo bolj trajnostno in uporabnikom prijazno infrastrukturo.

Menim, da bo to področje v prihodnje še pridobivalo na pomenu in da bodo podatki igrali ključno vlogo pri sprejemanju odločitev.»

Za konec bi se dotaknila še vloge umetne inteligence. Verjetno pri samem merjenju nima tako velike vloge, morda pa bolj pri analizi prometnih podatkov. Omenili ste tudi, da bi se v prihodnje lahko bolj usmerili v analizo – kakšno vlogo po vašem mnenju bo imela umetna inteligenca na tem področju?

S. Ž.: »Umetna inteligenca bo imela zelo pomembno vlogo, ne samo pri analizi, ampak tudi pri samem spremljanju prometa.

Že zdaj jo uporabljamo, na primer pri video detekcijskih sistemih za analizo prometa, kjer določeni algoritmi temeljijo na umetni inteligenci. V prihodnje bodo sistemi vedno bolj hibridni in bodo sposobni zaznavati ter obdelovati več različnih vrst podatkov hkrati.

Razvijamo tudi samoučeče sisteme, na primer za klasifikacijo vozil. Pri video detekciji uporabljamo umetno inteligenco za razlikovanje med različnimi udeleženci v prometu, kot so kolesarji, pešci in električni skiroji.

Umetna inteligenca bo imela pomembno vlogo tudi pri analizi in obdelavi podatkov ter pri oblikovanju priporočil in ukrepov. V prihodnje pričakujem, da bo vključena v vse faze – od zbiranja podatkov do njihove interpretacije in podpore odločanju.»

4 Diskusija

Podatkovno podprto odločanje postaja na področju pametne mobilnosti vse pomembnejši pristop k izboljševanju prometne varnosti. Kljub temu samo zbiranje večjih količin prometnih podatkov še ne pomeni tudi njihove učinkovite uporabe. Ključni izziv ostaja, kako podatke ustrezno razumeti, analizirati in jih uporabiti pri sprejemanju odločitev.

V nadaljevanju analiziramo ugotovitve raziskave v kontekstu proučevanega primera ter ovrednotimo vlogo podatkov, metrik in njihove kakovosti pri podpori odločanju. Razprava temelji na ugotovitvah polstrukturiranega intervjuja z direktorjem podjetja Intermatic, d. o. o., g. Sašo Živkovičem, ki ponuja vpogled v razvoj in uporabo digitalnih prometnovarnostnih rešitev. Odgovori na zastavljena raziskovalna vprašanja predstavljajo izhodišče za interpretacijo ugotovitev in oblikovanje predlogov za izboljšave v praksi.

Predlagane usmeritve predstavljajo avtorsko interpretacijo rezultatov v kontekstu proučevanega primera in hkrati nakazujejo širše možnosti za nadaljnji razvoj podatkovno podprtega odločanja na področju prometne varnosti.

Prvo raziskovalno vprašanje je bilo usmerjeno v preučevanje vrst prometnih podatkov, ki jih zbira podjetje Intermatic, d. o. o., načinov njihove obdelave in njihove pretvorbe v metrike oziroma KPI. Izhodišče raziskave temelji na predpostavki, da sama razpoložljivost podatkov še ne zagotavlja njihove uporabnosti pri odločanju. Zato je bilo pomembno razumeti ne le, katere podatke podjetje zbira, temveč tudi, kako se ti podatki nadalje uporabljajo in v kolikšni meri podpirajo proces odločanja.

Intervju kaže, da podjetje z uporabo radarjev, infrardečih senzorjev in video detekcije zbira različne prometne podatke, kot so čas zaznave, hitrost, smer gibanja in tip udeleženca v prometu, v nekaterih primerih pa tudi vremenske podatke. Zbrani podatki se prenašajo v spletno aplikacijo, kjer so naročnikom dostopni za pregled, primerjave in osnovne analize. Navedeno potrjuje, da ima podjetje vzpostavljeno tehnološko infrastrukturo za učinkovito zbiranje, prenos in dostop do prometnih podatkov.

Kljub temu raziskava kaže, da podjetje ne izvaja sistematičnega oblikovanja metrik in KPI kot formaliziranega procesa. Direktor podjetja pojasnjuje, da poglobljena analitika podatkov in snovanje ukrepov trenutno nista del primarne dejavnosti organizacije, saj te naloge praviloma prevzemajo specializirane institucije za prometno načrtovanje in projektiranje. Posledično podjetje deluje predvsem kot ponudnik tehnoloških rešitev, medtem ko se nadaljnja interpretacija podatkov pogosto prenese na druge deležnike.

Analiza kaže, da metrike v praksi sicer obstajajo, vendar so večinoma osnovne in funkcionalno vezane na posamezne naprave. Mednje sodijo povprečna hitrost, maksimalna hitrost, število prekoračitev hitrosti, porazdelitev hitrosti po razredih, število kolesarjev ali pešcev in spremembe prometnih tokov skozi čas. Takšne metrike omogočajo osnovno razumevanje prometnega stanja, vendar še niso vključene v sistematično opredeljen okvir KPI. V praksi bi lahko bile na primer povprečna hitrost, delež voznikov nad omejitvijo ali število kolesarjev na posameznem odseku opredeljene kot KPI, povezani s cilji, kot so umirjanje prometa, izboljšanje prometne varnosti ali spodbujanje trajnostne mobilnosti.

Ugotovitve tako nakazujejo, da sama razpoložljivost podatkov še ne vodi do boljših odločitev. Njihova vrednost za odločanje se vzpostavi šele takrat, ko so ustrezno interpretirani, povezani s cilji in prevedeni v kazalnike, ki omogočajo spremljanje sprememb ter ocenjevanje učinkov ukrepov. Na podlagi pridobljenih ugotovitev ocenjujemo, da podjetje deluje predvsem kot ponudnik tehnoloških rešitev za zbiranje prometnih podatkov, medtem ko analitične storitve in razvoj KPI trenutno niso del njegove dejavnosti. To hkrati nakazuje možnost nadaljnjega razvoja storitev na področju analitike in podpore odločanju.

Tabela 1: Predlog standardiziranih KPI za podporo prometnovarnostnemu odločanju

Področje	Predlagani KPI	Namen odločanja
Varnost	Delež vozil, ki prekoračijo hitrost za več kot 20 km/h.	Identifikacija lokacij, kjer je potrebno nujno umirjanje prometa.
Učinkovitost ukrepov	Sprememba povprečne hitrosti po namestitvi naprave.	Ocena neposrednega učinka preventivnega ali represivnega ukrepa.
Trajnostna mobilnost	Razmerje med številom kolesarjev in motoriziranih vozil.	Podpora načrtovanju in širitvi kolesarske infrastrukture.
Uporaba infrastrukture	Trend števila kolesarjev na posameznem odseku skozi čas.	Ocena uspešnosti investicij v kolesarske poti.
Prometna obremenjenost	Število zaznanih udeležencev v prometu na časovno enoto.	Prepoznavanje prometno obremenjenih lokacij in časovnih obdobj.

(vir: lastna izdelava na podlagi rezultatov raziskave)

Na podlagi ugotovitev raziskave bi bilo priporočljivo oblikovati osnovni nabor standardiziranih KPI, ki bi omogočal bolj sistematično povezovanje prometnih podatkov s cilji prometne varnosti, učinkovitosti ukrepov in trajnostne mobilnosti. Takšni kazalniki bi podjetju in naročnikom omogočili lažjo interpretacijo podatkov,

primerjavo med lokacijami ter spremljanje učinkov ukrepov skozi čas. V tabeli 1 je prikazan primer možnih KPI, ki izhajajo iz vrst podatkov, obravnavanih v raziskavi.

Drugo raziskovalno vprašanje se osredotoča na kakovost prometnih podatkov ter njen vpliv na njihovo interpretacijo in uporabnost pri odločanju. To vprašanje je pomembno, saj so metrike in KPI uporabni le toliko, kolikor so zanesljivi podatki, na katerih temeljijo. Če podatki niso točni, primerljivi ali ustrezno interpretirani, lahko vodijo do napačnih zaključkov in posledično do manj učinkovitih prometnovarnostnih ukrepov.

Intervju kaže, da podjetje kakovost podatkov zagotavlja predvsem na tehnični ravni, medtem ko je njihova širša analitična obravnava manj poudarjena. Pri razvoju naprav izvaja testiranja z referenčnimi napravami, preverja rezultate v realnem okolju in primerja zaznave z ročnimi pregledi ali video posnetki. Pri merilnikih hitrosti, ki se uporabljajo v prekrškovnih postopkih, je nadzor še strožji, saj morajo biti naprave tipsko odobrene, letno kalibrirane in potrjene s certifikatom. Navedeno kaže, da podjetje posebno pozornost namenja tehnični zanesljivosti meritev in pravilnemu delovanju naprav.

Kljub temu ugotovitve kažejo, da je kakovost podatkov v podjetju razumljena predvsem z vidika njihove tehnične točnosti, manj pa kot širši analitični koncept. Za učinkovito uporabo podatkov pri odločanju namreč ni pomembna le natančnost meritev, temveč tudi njihova popolnost, primerljivost med lokacijami, časovna konsistentnost, ustrezna interpretacija konteksta ter jasna povezava med podatki in cilji analize. To pomeni, da tehnična kakovost sama po sebi še ne zagotavlja njihove polne uporabnosti pri odločanju.

Na podlagi ugotovitev ocenjujemo, da podjetje na tehnični ravni zagotavlja dobro osnovo za kakovostne podatke, vendar bi bilo za večjo uporabnost podatkov v prometnovarnostnem odločanju smiselno razviti tudi širši okvir za vrednotenje analitične kakovosti podatkov. Takšen pristop bi lahko vključeval preverjanje popolnosti podatkov, označevanje morebitnih izpadov meritev, dokumentiranje pogojev zbiranja podatkov in standardizirane razlage rezultatov za naročnike.

Tretje raziskovalno vprašanje obravnava način uporabe prometnih podatkov pri načrtovanju in izvajanju prometnovarnostnih ukrepov. To vprašanje je bilo pomembno, ker raziskava ne izhaja zgolj iz vidika zbiranja podatkov, temveč predvsem iz njihove dejanske uporabnosti v procesu odločanja. Pri tem nas je zanimalo, ali in v kolikšni meri podatki vplivajo na sprejemanje konkretnih ukrepov, kot so umirjanje prometa, postavitev merilnikov hitrosti ali načrtovanje kolesarske infrastrukture.

Analiza odgovorov kaže, da prometni podatki predstavljajo pomembno podlago za razumevanje prometnega stanja in podporo pri sprejemanju določenih ukrepov. Pri prikazovalnikih hitrosti »Vi vozite« podatki omogočajo spremljanje hitrosti in oceno potrebe po dodatnih ukrepih, kot so postavitev radarskega ohišja, dejanskega merilnika hitrosti, prometnih otokov ali zožitev cest. Podobno se pri števcih kolesarjev podatki uporabljajo za načrtovanje kolesarske infrastrukture, spremljanje obremenjenosti poti in ocenjevanje uspešnosti investicij. To kaže, da podatki v določeni meri že podpirajo prometno-varnostne odločitve in načrtovanje ukrepov.

Iz navedenega izhaja, da podatki že podpirajo odločanje, vendar predvsem na operativni in osnovni analitični ravni. Podjetje namreč ne izvaja poglobljenih prometnih analiz, temveč jih prepušča specializiranim organizacijam in strokovnjakom. Poleg tega je dejanska uporaba podatkov odvisna tudi od analitične zrelosti naročnikov, njihovega znanja, potreb in pripravljenosti za vključevanje podatkov v proces odločanja. Posledično podatki niso vedno uporabljeni sistematično ali neposredno povezani s prometnovarnostnimi cilji.

Pridobljeni rezultati nakazujejo, da podatki že predstavljajo podporo odločanju, vendar obstaja prostor za bolj strukturirano povezovanje podatkov, kazalnikov in ukrepov. Smiselna razvojna možnost bi bila priprava dodatne podpore za naročnike pri razlagi in uporabi podatkov, na primer v obliki poročil pred in po uvedbi ukrepov, primerjav med lokacijami, opozoril na kritične vrednosti ali priporočil glede na zaznane podatkovne vzorce. Takšen pristop bi lahko prispeval k bolj sistematični in učinkoviti uporabi podatkov v procesu prometnovarnostnega odločanja.

Četrto raziskovalno vprašanje obravnava razkorak med razpoložljivostjo prometnih podatkov in njihovo dejansko uporabo pri odločanju. To vprašanje predstavlja osrednji raziskovalni problem, saj večja količina in dostopnost podatkov še ne

pomenita nujno tudi njihove učinkovite uporabe pri sprejemanju odločitev ali načrtovanju prometnovarnostnih ukrepov.

Rezultati raziskave potrjujejo obstoj tega razkoraka. Podjetje Intermatic, d. o. o., razpolaga s tehnološko razvitimi rešitvami za zbiranje prometnih podatkov, naročnikom omogoča dostop do podatkov prek spletne aplikacije in zagotavlja tehnično zanesljivost naprav. Navedeno potrjuje, da podjetje razpolaga z ustreznimi tehnološkimi zmogljivostmi za podporo procesom zbiranja in upravljanja prometnih podatkov. Kljub temu poglobljena analiza podatkov, oblikovanje ukrepov in razvoj formaliziranih KPI trenutno niso vključeni v standardni nabor storitev, saj je primarna dejavnost podjetja usmerjena predvsem v razvoj in vzdrževanje tehnoloških rešitev. Posledično nadaljnja interpretacija in uporaba podatkov pogosto ostajata v domeni naročnikov ali zunanjih strokovnjakov.

Ugotovitve kažejo, da so ključni vzroki za nastanek tega razkoraka povezani z vlogo podjetja, ki se osredotoča predvsem na tehnološki vidik rešitev, z različno stopnjo analitične zrelosti naročnikov in z odsotnostjo sistematično opredeljenih KPI, ki bi podatke neposredno povezovali s cilji prometne varnosti. K razkoraku dodatno prispeva tudi razmejitev odgovornosti med ponudnikom tehnologije, naročnikom in prometnimi načrtovalci.

Raziskava tako kaže, da ta razkorak ne predstavlja pomanjkljivosti podjetja, temveč širši izziv podatkovno podprtega upravljanja prometne varnosti. Podjetje ima vzpostavljeno ustrezno podatkovno in tehnološko osnovo, vendar bi lahko v prihodnje svojo vlogo nadgradilo tudi z elementi osnovne analitike, interpretacije podatkov in podpore odločanju. Smiselna razvojna možnost bi bila priprava standardiziranega modela poročanja, osnovnega nabora KPI, primerjalnih analiz med lokacijami in orodij za spremljanje učinkov prometnovarnostnih ukrepov skozi čas.

Pomembno področje nadaljnjega razvoja predstavlja tudi uporaba umetne inteligence. Iz intervjuja izhaja, da je umetna inteligenca v podjetju že vključena predvsem pri video detekciji in klasifikaciji udeležencev v prometu, medtem ko bi lahko v prihodnje prevzela pomembnejšo vlogo tudi pri analizi podatkov, prepoznavanju vzorcev, oblikovanju priporočil in podpori odločanju. Ugotovitve nakazujejo, da bi podjetje lahko obstoječe tehnološke rešitve postopno nadgradilo z

naprednejšo analitično podporo in s tem okrepilo svojo vlogo na področju celovitih podatkovno podprtih rešitev za prometno varnost.

Na podlagi celotne analize in odgovorov na raziskovalna vprašanja ugotavljamo, da podjetje Intermatic, d. o. o., predstavlja primer organizacije z razvito tehnološko infrastrukturo za zbiranje in upravljanje prometnih podatkov, vendar z manj razvito formalizirano uporabo teh podatkov v obliki KPI in sistematične analitične podpore odločanju. Čeprav podjetje omogoča učinkovito zbiranje, prenos in osnovno obdelavo podatkov, njihova nadaljnja interpretacija ter vključevanje v procese odločanja pogosto ostajata v domeni naročnikov ali zunanjih strokovnjakov.

Rezultati raziskave potrjujejo, da sama razpoložljivost podatkov še ne zagotavlja njihove učinkovite uporabe pri odločanju. Za doseganje večje uporabne vrednosti so potrebni jasno opredeljeni kazalniki, kakovostna interpretacija, primerljivost podatkov ter njihova neposredna povezava s cilji in prometno-varnostnimi ukrepi. Raziskava tako potrjuje, da ključni izziv na področju prometne varnosti ni v pomanjkanju podatkov, temveč v njihovem sistematičnem vključevanju v procese odločanja. Navedeno poudarja potrebo po prehodu od zgolj tehnološkega zbiranja podatkov k bolj sistematičnemu in celostnemu upravljanju podatkov, metrik ter KPI, ki omogočajo učinkovitejšo podporo prometnovarnostnemu odločanju.

5 Zaključek

Prometna varnost predstavlja pomembno področje sodobnega upravljanja mobilnosti, pri katerem imajo podatki vse pomembnejšo vlogo pri načrtovanju in vrednotenju prometnovarnostnih ukrepov. Razvoj digitalnih prometnih rešitev omogoča zbiranje velikih količin podatkov o prometnih tokovih, vedenju udeležencev v prometu in potencialnih tveganjih. Kljub temu večja količina podatkov sama po sebi še ne zagotavlja boljšega odločanja. Ključni izziv ostaja njihova ustrezna interpretacija in pretvorba v informacije, ki lahko služijo kot podpora pri sprejemanju odločitev.

Namen raziskave je bil preučiti vlogo metrik in KPI pri podatkovno podprtem odločanju na področju prometne varnosti. Raziskava je bila izvedena kot študija primera podjetja Intermatic, d. o. o., pri čemer smo s pomočjo polstrukturiranega

intervjuja analizirali načine zbiranja, obdelave in uporabe prometnih podatkov ter njihovo vlogo pri podpori odločanju.

Raziskava je pokazala, da podjetje razpolaga z razvito tehnološko infrastrukturo za spremljanje prometa in omogoča zbiranje različnih vrst podatkov, kot so hitrost, smer gibanja, čas zaznave in tip udeležencev v prometu. V določenih primerih sistemi vključujejo tudi dodatne informacije, povezane z vremenskimi pogoji. Hkrati se je pokazalo, da pretvorba podatkov v formalizirane metrike in KPI še ni sistematično vzpostavljena.

Pomembna ugotovitev raziskave se nanaša tudi na kakovost podatkov. Podjetje posebno pozornost namenja tehnični zanesljivosti meritev, preverjanju naprav in zagotavljanju pravilnega delovanja sistemov. Ugotovitve hkrati kažejo, da bi bilo smiselno kakovost podatkov obravnavati širše, tudi z vidika njihove popolnosti, primerljivosti, časovne usklajenosti in ustrezne interpretacije.

Prometni podatki se v praksi že uporabljajo kot podpora pri načrtovanju prometnovarnostnih ukrepov, vendar njihova uporaba pogosto ostaja omejena na osnovno analitično raven. Nadaljnja interpretacija podatkov in njihovo povezovanje s konkretnimi cilji odločanja pogosto ostajata v domeni naročnikov ali zunanjih strokovnjakov.

Ena pomembnejših ugotovitev raziskave je obstoj razkoraka med razpoložljivostjo prometnih podatkov in njihovo dejansko uporabo pri odločanju. Ta razkorak ni povezan zgolj s tehnološkimi omejitvami, temveč tudi z organizacijskimi dejavniki, analitično zrelostjo uporabnikov in odsotnostjo formaliziranih kazalnikov, ki bi podatke povezovali s cilji prometne varnosti.

Ugotovitve raziskave potrjujejo, da podatki postanejo uporabni za odločanje šele takrat, ko so ustrezno interpretirani, povezani s cilji in prevedeni v kazalnike, ki omogočajo spremljanje sprememb ter vrednotenje učinkov ukrepov. Raziskava tako prispeva k boljšemu razumevanju vloge metrik in KPI v kontekstu pametne mobilnosti ter odpira možnosti za nadaljnji razvoj bolj sistematičnih pristopov k podatkovno podprtemu upravljanju prometne varnosti.

Med omejitvami raziskave velja izpostaviti, da gre za študijo primera enega podjetja, zato ugotovitev ni mogoče neposredno posploševati na širše okolje. Raziskava temelji na enem intervjuju in predstavlja predvsem poglobljen vpogled v specifičen organizacijski kontekst. V prihodnje bi bilo smiselno raziskavo razširiti na več organizacij ter primerjati različne pristope k uporabi prometnih podatkov in oblikovanju KPI.

Dodatne možnosti predstavljajo tudi raziskave uporabe umetne inteligence pri analizi prometnih podatkov, prepoznavanju vzorcev in podpori odločanju ter razvoj standardiziranih modelov za povezovanje prometnih podatkov s prometno-varnostnimi cilji.

V razmerah hitrega razvoja digitalnih tehnologij in pametne mobilnosti postaja sposobnost pretvorbe podatkov v uporabno znanje vse pomembnejši dejavnik učinkovitega upravljanja prometne varnosti. Raziskava potrjuje, da prihodnji razvoj ne bo odvisen predvsem od količine zbranih podatkov, temveč predvsem od njihove kakovosti, ustrezne interpretacije in sistematične vključitve v odločitvene procese.

Zahvala

Poglavje je nastalo v okviru projekta "Prometna varnost v lokalnem okolju: problemsko-učno sodelovanje z Intermatic, d. o. o.". Operacijo sofinancirata Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in mladino ter Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada plus (ESS+) v okviru javnega razpisa Problemsko učenje študentov v delovno okolje 2024–2027 (PUŠ 2024–2027).

Literatura

- Aapaaja, A., Kostiainen, J., Zulkarnain, & Leviäkangas, P. (2017). ITS service platform: in search of working business models and ecosystem. *Transportation Research Procedia*, 25(7), 1781–1795. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.143>
- Agencija za varnost prometa. (2026). Prometne nesreče in posledice – mesečni prikaz (zadnji vnos podatkov 9. 2. 2026). <https://www.avp-rs.si>
- Andreotti, E., & Selpi. (2025). New microscopic indicators for evaluating traffic efficiency and safety. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 33, 101569. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101569>
- Antoncjak, B., Thompson, T. M., DePaola, M. W., & Rowangould, G. (2026). Comprehensive and spatially detailed passenger vehicle and truck traffic volume data for the United States estimated by machine learning. *Data in Brief*, 64, 112451. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103965>
- Barbala, A. M., Hanssen, G. K., & Sporse, T. (2024). Towards a common data-driven culture: A longitudinal study of the tensions and emerging solutions involved in becoming data-driven in a large public sector organization. *Journal of Systems and Software*, 218, 112185. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.112185>

- Brandt, T., Wagner, S., & Neumann, D. (2021). Prescriptive analytics in public-sector decision-making: A framework and insights from charging infrastructure planning. *European Journal of Operational Research*, 291(2), 379–393. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.09.034>
- Cavka, M., Overall, M. W., Pahari, S., & Gates, T. J. (2025). Evaluating dynamic speed feedback signs at roundabouts in rural-to-urban transition areas on rural highways and freeway exit ramps. *Transportation Research Procedia*, 91, 648–655. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.10.083>
- Chen, E., Liu, J., Wang, Y., & Xiong, J. (2013). A study on variable message signs graphical comparison. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96, 2523–2528. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.283>
- Countmatic. (n. d.). Sašo Živković – intervju s podjetnikom, ekonomistom in direktorjem podjetja Intermatic. <https://count-matic.com/sl/saso-zivkovic/>
- Evenson, K. R., LaJeunesse, S., Keefe, E., & Naumann, R. B. (2023). Mixed-methods approach to describing Vision Zero initiatives in United States’ municipalities. *Accident Analysis & Prevention*, 184(1), 107012. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107012>
- Galín, D. (2018). *Software quality: Concepts and practice*. John Wiley & Sons.
- Gartner, Inc. (2024). How to identify metrics and KPIs to measure IT’s business value contribution. Gartner Research.
- Gartner, Inc. (2024a). Example KPIs and metrics to measure IT’s impact on business outcomes. Gartner Research.
- Gartner, Inc. (2025). Optimize metric and KPI dashboards with the “Three Whats” technique. Gartner Research.
- Hrudkay, K., Čulik, K., Cingel, M., & Madlenak, R. (2025). Public engagement in the design of sensor networks for road Traffic safety prevention in urban environments. *Transportation Research Procedia*, 87(4), 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.04.123>
- Huo, F., Feng, Y., & Fang, F. (2024). Legibility of variable message signs on foggy highway: Effect of text color and spacing. *Displays*, 84, 102789. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2024.102789>
- Hussain, S., Ahonen, V., & Leviäkangas, P. (2025). Assessing the Sustainability Alignment of Smart Mobility Projects. *Transportation Research Procedia*, 84(1), 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.03.059>
- International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2017). *ISO/IEC/IEEE 12207:2017 – Systems and software engineering – Software life cycle processes*.
- Kornaga, K. (2024). Service desk KPIs: Measuring performance with essential metrics. *ITSM Review*.
- MacLean, D., & Titah, R. (2023). Implementation and impacts of IT Service Management in the IT function. *International Journal of Information Management*, 70, 102628. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102628>
- Marciani, M., & Cossu, P. (2014). How the URBeLOG Project Will Enable a New Governance Model for City Logistics in Italian Metropolitan Areas. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 151(4), 230–243. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.022>
- Matilya, N., Zuidgeest, M. H. P., Louw, C., & Nnene, O. A. (2025). Evaluating traffic signal optimisation systems using Multi-Criteria Analyses. *Transportation Research Procedia*, 89, 550–561. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.05.082>
- Matović, B., Damjanović, M., Ilić, V., Gruhonjić, D., & Bogdanović, V. (2025). Identification and ranking of high-risk road segments and intersections in the Municipality of Bačka Palanka. *Transportation Research Procedia*, 91, 806–813. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.10.103>
- McCulloch, E., Richmond, S. A., Pike, I., Fuselli, P., Torres, J., Hagel, B., & Macpherson, A. (2025). Adopting a safe systems approach to road safety: Using the consolidated framework for implementation research to examine injury prevention and transportation professionals’ perceptions of Vision Zero in five Canadian municipalities. *The Open Transportation Journal*, 19, e26671212363303. <https://doi.org/10.2174/0126671212363303241230105828>

- Mousavizadeh, O., & Keyvan-Ekbatani, M. (2026). Multi-reservoir traffic dynamics: Outflow network MFD and state estimation with sparse traffic data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 184, 105504. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2025.105504>
- Neupane, P., Thapa, D., Mishra, S., & Quicksall, J. R. (2025). Enhancing safety in work zones: The influence of speed feedback on driving behavior. *Journal of Safety Research*, 95, 36–49. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2025.08.009>
- Pinna, M., Serra, P., Porcu, E., Ponti, M., & Fancello, G. (2025). An integrated approach for urban road safety analysis. *Transportation Research Procedia*, 90(1), 702–709. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.06.089>
- Plazier, P., Rauws, W., Neef, R., & Buijs, P. (2024). Towards sustainable last-mile logistics? Investigating the role of cooperation, regulation, and innovation in scenarios for 2035. *Research in Transportation Business & Management*, 56, 101198. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101198>
- Qiu, J., Camarcat, L., Koliou, P., Feng, Y., Formosa, N., Zacharopoulos, G., Michalaki, P., Angeloudis, P., & Quddus, M. (2025). Evaluating traffic and safety impacts of diverging diamond interchange replacing roundabouts: A microsimulation study. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 144, 103179. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2025.103179>
- Tezong Feudjio, S. L., Fondzenyuy, S. K., Ngwah, E. C., Wounba, J. F., Usami, D. S., & Persia, L. (2025). Traffic Conflict Approach in Road Safety: A Review of Data Collection Methods. *Transportation Research Procedia*, 90(4), 615–622. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.06.100>
- Thabit, A. S., Kerrache, C. A., & Calafate, C. T. (2024). A survey on monitoring and management techniques for road traffic congestion in vehicular networks. *ICT Express*, 10(6), 1186–1198. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2024.10.007>
- Ulpiani, G., & Vetter, N. (2023). On the risks associated with transitioning to climate neutrality in Europe: A city perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 183, 113448. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113448>
- Veerakumar, V. K., & Lee, C. (2026). Assessing impacts of traffic signal countdown timers on safety and efficiency at signalized intersections. *Journal of Safety Research*, 96(4), 229–238. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2026.01.004>
- Yaibok, C., Suwanno, P., Pornbunyanon, T., Kanjanakul, C., Luatthep, P., & Fukuda, A. (2024). Improving urban intersection safety insights from simulation analysis. *IATSS Research*, 48(4), 523–536. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2024.10.005>
- Yamada, S., Sakashita, A., Tsuchiya, T., & Kato, H. (2025). Average travel speed and traffic accident risk: Evidence from nationwide data for trunk highways and expressways in Japan. *IATSS Research*, 49(3), 425–435. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2025.09.006>
- Yang, Y., Chen, Y., Easa, S. M., Chen, M., & Zheng, X. (2024). Impact of variable message signs on drivers' situation awareness in freeway exit areas. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 105, 395–416. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.07.007>

O avtorjih

Ana Repas je diplomirala na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru, kjer trenutno nadaljuje študij na drugi stopnji programa Organizacija in management informacijskih sistemov. V akademskem okolju aktivno sodeluje kot tutorica, demonstratorica in članica študentskega sveta. Njeno raziskovalno delo je usmerjeno v razvoj in uporabo digitalnih rešitev za podporo poslovnim procesom, trajnostnemu organizacijskemu delovanju ter podatkovno podprtemu odločanju. Sodelovala je pri več raziskovalnih projektih in konferenčnih prispevkih s področja vzpostavitve podpornih e-okolij, digitalne podpore družinskim podjetjem, razvoja talentov, velikih podatkov ter digitalnih rešitev za izboljšanje prometne varnosti. *Ana Repas graduated from the Faculty of Organizational Sciences, University of Maribor and is currently pursuing a master's degree in the Organization and Management of Information Systems program. In the academic environment, she is active as a tutor, demonstrator, and member of the student council. Her*

research focuses on the development and application of digital solutions to support business processes, sustainable organizational performance, and data-driven decision-making. She has participated in several research projects and conference papers related to supportive e-environments, digital support for family businesses, talent development, big data, and digital solutions for improving traffic safety.

Dr. **Miha Marič** je raziskovalec s področja vodenja, managementa in organizacijskih ved. Doktoriral je na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani. Trenutno je zaposlen kot izredni profesor na Univerzi v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede. Njegovi raziskovalni interesi so moč, vodenje, organizacijsko vedenje, kadrovski management, organizacija in management. Je avtor številnih izvirnih znanstvenih člankov, strokovnih člankov, prispevkov na znanstvenih konferencah, znanstvenih monografij ter urednik in recenzent. Sodeluje tudi pri raziskovalnih projektih in svetovalnem delu. *Miha Marič, Ph.D., is a researcher in the field of leadership, management and organizational sciences. He holds a Ph.D. from the Faculty of Economics, University of Ljubljana. He is currently employed as an associate professor at the University of Maribor's Faculty of Organizational Sciences. His research interests are power, leadership, organizational behavior, human resource management, organization and management. He is the author of numerous original scientific articles, professional articles, papers at scientific conferences, scientific monographs, and was an editor and reviewer. He also participates in research projects and consulting work.*