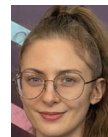




asist. Anamarija Poll, mag. inž. prom.
anamarija.poll@um.si



red. prof. dr. Tomaž Tollazzi, univ. dipl. inž. grad.
tomaz.tollazzi@um.si



doc. dr. Chiara Gruden, dott. mag., Republika Italija
chiara.gruden1@um.si
Univerza v Mariboru,
Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo,
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor



Znanstveni članek
UDK/UDC: 614.86-053.9

INTEGRACIJA PODATKOV O PROMETNIH NESREČAH, SIMULATORJA VOŽNJE IN OČAL ZA SLEDENJE POGLEDA ZA ANALIZO VEDENJA SLOVENSКИH STAREJŠIH VOZNIKOV V PROMETU

INTEGRATION OF TRAFFIC ACCIDENT, DRIVING SIMULATOR AND EYE-TRACKING DATA TO STUDY THE DRIVING BEHAVIOUR OF ELDERLY SLOVENIAN DRIVERS

Povzetek

Prometna varnost starejših voznikov je pomembno področje, ki postaja vse bolj izrazito zaradi naraščajočega deleža starejšega prebivalstva in s tem povezanih sprememb v zaznavanju, odločanju ter odzivanju v prometu. Prispevek temelji na izsledkih magistrskega dela Problematika varnosti starejših voznikov motornih vozil v prometu, v okviru katerega je bila izvedena celovita analiza vedenja starejših voznikov osebnih vozil. Namen prispevka je analizirati značilnosti prometnih nesreč starejših voznikov ter preučiti vpliv infrastrukturnih dejavnikov in vedenjskih vzorcev na njihovo varnost. Raziskava temelji na kombinaciji analize prometnih nesreč starejših voznikov in eksperimentalnega dela, ki vključuje anketiranje udeležencev ter vožnjo v simulatorju skupaj z uporabo očal za sledenje pogleda, pri čemer so starejši vozniki primerjani z drugimi starostnimi skupinami, kar omogoča celostno obravnavo vedenja voznikov. Rezultati kažejo, da imajo starejši vozniki specifične omejitve pri zaznavanju in obdelavi informacij, kar je treba upoštevati in sistematično vključevati pri načrtovanju prometne infrastrukture in prometno-varnostnih ukrepov.

Ključne besede: starejši vozniki, prometna varnost, cestna infrastruktura, analiza prometnih nesreč, simulator vožnje, očala za sledenje pogleda

Summary

Traffic safety of elderly drivers is an important field that is becoming increasingly prominent due to the growing proportion of the ageing population and the associated decreases in perception, decision-making and response in traffic. The article is based on the findings of the first author's master thesis "The road safety problem of elderly drivers", within which a comprehensive analysis of the behaviour of elderly passenger car drivers was conducted. The aim of the article is to analyse the characteristics of traffic accidents involving elderly drivers and to examine the influence of infrastructural factors and behavioural patterns on their safety. The research is based on a combination of traffic accident analysis and an experimental study, which includes a participant survey and a driving simulator trial using also eye-tracking glasses, where elderly drivers are compared with other age groups, enabling a comprehensive assessment of driver behaviour. The results indicate that elderly drivers have specific limitations in perception and information processing, which should be considered and systematically incorporated into the design of traffic infrastructure and road safety measures.

Key words: elderly drivers, road safety, road infrastructure, traffic accident analysis, driving simulator, eye-tracking glasses

1 UVOD

Uporaba osebnega avtomobila pogosto pomeni simbol svobode, neodvisnosti in vključenosti v sodobno mobilno družbo [Mouratidis, 2025], [Urry, 2004]. To še posebno velja za starejše posameznike, katerim uporaba osebnega vozila omogoča ohranjanje samostojnosti, nadzor nad časom in večjo kakovost življenja [Davey, 2006]. Leta 2023 so samo prebivalci Slovenije na domačem in tujem cestnem omrežju z osebnimi avtomobili, registriranimi v Sloveniji, opravili 26,139 mio. pk, kar dodatno potrjuje visoko stopnjo odvisnosti od avtomobilске mobilnosti [Statistični urad Republike Slovenije, 2026]. Vendar pa visoka stopnja avtomobilске mobilnosti poleg številnih prednosti prinaša tudi negativne posledice, predvsem v obliki prometnih nesreč, kar je pomemben družbeni in varnostni problem. Poškodbe v prometu povzročajo znatne gospodarske izgube posameznikom, njihovim družinam in družbi kot celoti, predvsem zaradi stroškov zdravljenja ter izgubljene produktivnosti. Po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije [World Health Organization, 2023] prometne nesreče države v povprečju stanejo približno 3 % bruto domačega proizvoda, medtem ko Evropska komisija [European Commission, 2026] ocenjuje, da socialni in ekonomski stroški prometnih nesreč v državah EU dosegajo približno 2 % BDP.

Z namenom zmanjšanja teh posledic številne države sledijo konceptu Vizije NiČ [Vision Zero Network, 2026], katerega cilj je odprava smrtnih žrtev in hudih poškodb v prometu. Ta pristop temelji na spoznanju, da so človeške napake neizogibne, zato mora biti prometni sistem zasnovan tako, da te napake ne vodijo v najhujše posledice, pri čemer je ključno tudi prilagajanje prometnega sistema različnim skupinam udeležencev [Kim, 2017]. Med njimi so čedalje bolj pomembni starejši vozniki, saj se zaradi naraščajočega deleža starejšega prebivalstva povečuje tudi njihova prisotnost v prometu. V Sloveniji se pomen njihove varnosti prepozna tudi skozi Resolucijo o nacionalnem programu varnosti cestnega prometa za obdobje od leta 2023 do 2030 (ReNPVCP23-30) [Služba Vlade Republike Slovenije za zakonodajo, 2026], kjer so starejši vozniki opredeljeni kot ena pomembnejših ranljivih skupin v cestnem prometu, ter skozi različne preventivne programe in aktivnosti, kot so Senior (AMZS Center varne vožnje) [AMZS, 2026], Osvežitvena vožnja (Zavarovalnica Triglav v sodelovanju z AMZS) [Zavarovalnica Triglav, 2025] ter projekt Sožitje za večjo varnost v cestnem prometu (Javna agencija RS za varnost prometa) [Javna agencija Republike Slovenije za varnost prometa, 2026a], ki so usmerjeni v ohranjanje mobilnosti ter izboljšanje varnosti starejših voznikov.

Starejši vozniki se kot posebna skupina udeležencev v prometu soočajo s številnimi spremembami, povezanimi s procesom staranja, ki lahko vplivajo na varnost njihove vožnje. Proces staranja je povezan z upadom vidnih, kognitivnih in psihomotoričnih sposobnosti, ki so ključne za varno upravljanje vozila [Dobbs, 2005], [Lococo, 2018]. Med pomembnejšimi dejavniki so zmanjšana vidna funkcija, počasnejše procesiranje informacij ter zmanjšana gibljivost, kar lahko vpliva na zaznavanje prometnega okolja in pravočasno odzivanje [Polders, 2015], [Falkenstein, 2020], [Kim, 2023]. Raziskave kažejo [Rimmö, 2002], [Devlin, 2014], [Polders, 2015], da starejši vozniki pogosto prilagajajo svoje vedenje, npr. z izbiro enostavnejših poti, nižjimi hitrostmi ter izogibanjem zahtevnejšim prometnim situacijam. Kljub temu analize prometnih nesreč po svetu ka-

žejo, da se povečano tveganje pri tej skupini izraža predvsem v kompleksnih prometnih okoljih, kot so križišča, vključevanje v promet ter vožnja po cestah brez fizične ločitve smernih vozišč [Chin, 2018], [Cicchino, 2015b]. Pomembno je poudariti, da tveganje ni povezano zgolj s starostjo, temveč predvsem z interakcijo med starostnimi spremembami in zahtevnostjo prometnega okolja. Problematika starejših voznikov je bila obravnavana tudi v nekaterih slovenskih zaključnih delih in evropskih projektih, ki so se osredotočali predvsem na vpliv staranja na vozniške sposobnosti, mobilnost starejših ter njihovo vključevanje v prometno okolje [Kecman, 2023], [Gerbec, 2013], [SAFE MOVE, 2016].

V tem kontekstu se prispevek osredotoča na podrobnejši vpogled v prometno varnost starejših voznikov osebnih vozil v Sloveniji. Motiv raziskave izhaja iz povečanega staranja prebivalstva ter posledično vse večjega deleža starejših voznikov v cestnem prometu, kar kliče k celovitejši obravnavi starejših voznikov v Sloveniji. Zanimanje za to področje dokazujejo že obstoječe raziskave [Kecman, 2023], [Gerbec, 2013], ki večinoma ne vključujejo hkratne primerjave različnih starostnih skupin z uporabo analize prometnih nesreč, eksperimenta s simulatorjem vožnje in z očali za sledenje pogleda ter anketne raziskave.

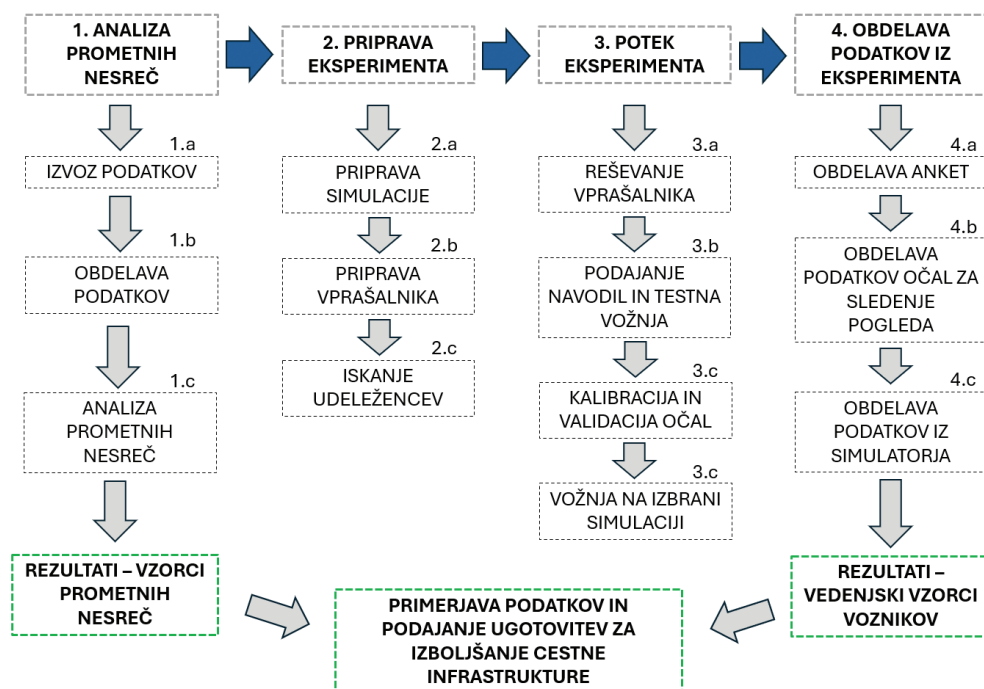
Obravnava temelji na analizi prometnih nesreč ter primerjavi vedenja starejših in mlajših voznikov z namenom prepoznavanja ključnih dejavnikov tveganja in značilnih težav, s katerimi se starejši vozniki soočajo v prometu. Ugotovitve predstavljajo podlago za oblikovanje predlogov za izboljšanje prometne varnosti te skupine voznikov.

Cilj raziskave je bil analizirati vpliv starosti na zaznavanje prometnega okolja, vedenje voznikov in reakcijski čas med vožnjo. Raziskava temelji na kombinaciji analize prometnih nesreč, eksperimenta v simulatorju vožnje z uporabo očal za sledenje pogleda ter anketne raziskave. Na podlagi pregleda literature in predhodnih raziskav so bile oblikovane naslednje hipoteze: H1: Delež starejših voznikov povzročiteljev v prometnih nesrečah se z naraščajočo starostjo povečuje; H2: Starejši vozniki imajo daljši reakcijski čas v primerjavi z mlajšimi vozniki; H3: Križišča predstavljajo za starejše voznike eno izmed prometno najzahtevnejših okolij.

2 METODOLOGIJA

Za celostno obravnavo prometne varnosti je treba uporabljati pristope, ki združujejo analizo dejanskih prometnih dogodkov z eksperimentalnimi metodami preučevanje vedenja voznikov. Takšen pristop, ki je bil uporabljen v tej raziskavi, omogoča celostno obravnavo prometne varnosti starejših voznikov, saj združuje analizo dejanskih prometnih dogodkov z opazovanjem vedenja voznikov. Metodološki pristop raziskave temelji na ugotovitvah in pristopih tujih raziskav s področja prometne varnosti starejših voznikov [Kuniyoshi, 2021], [Cicchino, 2015b], [Karali, 2016] ter je bil prilagojen obravnavanemu raziskovalnemu problemu in razpoložljivim podatkom v Sloveniji. Potek raziskave je shematsko prikazan na Sliki 1. Prikazuje potek od začetne analize prometnih nesreč do končne obdelave podatkov in interpretacije rezultatov.

Raziskava se je začela z analizo prometnih nesreč, v okviru katere je bil izveden izvoz relevantnih podatkov (1.a) iz baze



Slika 1. Metodološki pristop k raziskavi

prometnih nesreč Javne agencije Republike Slovenije za varnost prometa [Javna agencija Republike Slovenije za varnost prometa, 2026b]. Sledila je obdelava podatkov (1.b) in analiza (1.c), ki je omogočila identifikacijo ključnih značilnosti prometnih nesreč, v katerih so bili udeleženi starejši vozniki, ter določitev tipičnih prometnih situacij za nadaljnjo obravnavo. Poseben poudarek je bil namenjen prepoznavanju prometnih okolij in infrastrukturnih značilnosti, kjer so starejši vozniki pogostejše povzročitelji prometnih nesreč.

Na podlagi ugotovitev analize je bila izvedena priprava eksperimenta, ki je vključevala pripravo simulacijskega okolja (2.a), oblikovanje vprašalnika (2.b) ter iskanje in izbor udeležencev (2.c). Scenariji simulirane vožnje so bili oblikovani na podlagi ugotovitev analize prometnih nesreč, pri čemer je bil poudarek na vključevanju prometnih situacij in infrastrukturnih elementov, ki se pogosto pojavljajo pri prometnih nesrečah starejših voznikov. Poseben poudarek je bil na zagotavljanju primerljivosti med različnimi starostnimi skupinami voznikov.

Sledil je eksperiment. Udeleženci so najprej izpolnili vprašalnik (3.a), nato so prejeli navodila in opravili testno vožnjo za seznanitev s simulatorjem (3.b). Pred začetkom meritev je bila izvedena kalibracija in validacija očal za sledenje pogleda (3.c), s čimer je bila zagotovljena ustreznost kakovosti zajema podatkov. Nato so udeleženci opravili vožnjo v izbranem simulacijskem okolju (3.d).

Po zaključku eksperimentalnega dela je sledila obdelava zbranih podatkov, ki je vključevala ločeno obdelavo anketnih podatkov (4.a), podatkov očal za sledenje pogleda (4.b) ter podatkov iz simulatorja vožnje (4.c). Na podlagi združenih rezultatov analize prometnih nesreč in eksperimentalnega dela so bili oblikovani ključni rezultati raziskave.

2.1 Analiza prometnih nesreč

Za potrebe raziskave so bili uporabljeni podatki o prometnih nesrečah v Sloveniji, pridobljeni iz baze prometnih nesreč Javne agencije Republike Slovenije za varnost prometa [Javna agencija Republike Slovenije za varnost prometa, 2026b]. Podatkovna baza vključuje geolocirane podatke o prometnih nesrečah ter združuje informacije različnih institucij, kot so policija, Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS) in Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo. Podatki so dostopni v strukturirani obliki in omogočajo filtriranje glede na časovne, prostorske, infrastrukturne ter prometne značilnosti [Javna agencija Republike Slovenije za varnost prometa, 2026b]. Podatki so bili izvoženi iz podatkovne baze, nato pa obdelani in analizirani v programu Microsoft Excel.

Analiza je bila izvedena za obdobje enajstih let (2012–2022) in je zajemala prometne nesreče, v katerih so bili udeleženi vozniki osebnih vozil. V prvem delu analize je bila obravnavana celotna populacija voznikov, s poudarkom na deležu starejših voznikov ter njihovi udeležbi v prometnih nesrečah. V drugem delu analize pa je bila posebna pozornost namenjena prometnim nesrečam, ki so jih povzročili starejši vozniki osebnih vozil. Analizirani so bili različni dejavniki, ki vplivajo na nastanek prometnih nesreč, med drugim časovni vidik, vremenske razmere, lokacija, tip prometne nesreče, stanje prometa ter prisotnost alkohola, z namenom prepoznavanja značilnih vzorcev prometnih nesreč starejših voznikov ter primerjave njihovih značilnosti glede na različne prometne, časovne in infrastrukturne dejavnike. Namen analize je bil prepoznati značilne vzorce in okoliščine, v katerih se prometne nesreče starejših voznikov najpogosteje pojavljajo. Rezultati analize so služili kot podlaga za nadaljnji eksperimentalni del raziskave ter za identifikacijo ključnih prometnih situacij, relevantnih za preučevanje vedenja voznikov. Za namen tega

prispevka so v nadaljevanju predstavljeni podatki, ki so ključnega pomena za razumevanje vedenja starejših voznikov in same infrastrukture.

2.2 Eksperimentalni del

Eksperimentalni del raziskave je bil izveden v laboratoriju za prometno inženirstvo na Fakulteti za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo (v nadaljevanju FGPA) Univerze v Mariboru. Namen eksperimenta je bil preučiti vedenje voznikov različnih starostnih skupin, s poudarkom na starejših voznikih, v nadzorovanem simulacijskem okolju. Eksperiment je bil izveden s simulatorjem vožnje osebnega vozila, ki omogoča simulacijo različnih prometnih situacij v virtualnem prometnem okolju. Simulacijsko okolje je bilo prilagojeno potrebam raziskave ter zasnovano tako, da omogoča varno in ponovljivo izvedbo eksperimenta za vse udeležence. V raziskavi so bili uporabljeni simulator vožnje in očala za sledenje pogleda (angl. eye-tracking glasses), ki omogočajo natančno spremljanje vedenja voznika ter njegovega vizualnega zaznavanja prometnega okolja. Simulator vožnje omogoča ponovitev enakih prometnih situacij za vse udeležence, s čimer se zagotovi primerljivost rezultatov in izogne vplivu nepredvidljivih dejavnikov, značilnih za realno prometno okolje. Slika 2 prikazuje uporabo simulatorja vožnje in očal za sledenje pogleda med izvedbo eksperimenta.

Eksperimenta se je udeležilo 30 prostovoljcev, razdeljenih v tri starostne skupine: mladi odrasli (25–44 let), srednje odrasli (45–65 let) in starejši (65 let in več). Vsako skupino je sestavljalo deset udeležencev, enakomerno porazdeljenih glede na spol. Vsi udeleženci so imeli veljavno vozniško dovoljenje kategorije B. Pri izboru udeležencev so bile upoštevane določene omejitve, predvsem glede ustreznega vida, saj bi uporaba korekcijskih očal ali prisotnost očesnih bolezni lahko vpliva na kakovost zajema podatkov z očali za sledenje pogleda. Velikost vzorca je bila prilagojena eksperimentalni naravi raziskave ter zahtevnosti izvedbe vožnje simulatorja in meritev z očali za sledenje pogleda. Podobno manjši vzorci udeležencev so pogosto uporabljeni tudi v primerljivih eksperimentalnih raziskavah s področja prometne varnosti in eye-tracking analiz voznikov [Kuniyoshi, 2021], [Le, 2020], [Rumschlag, 2015], [Davenne, 2012].

Eksperiment je bil izveden v več zaporednih fazah. Najprej so udeleženci izpolnili anketni vprašalnik, s katerim so bili zbrani podatki o njihovih voznških navadah, izkušnjah in poznavanju cestnoprometnih predpisov. Po izpolnjevanju vprašalnika so

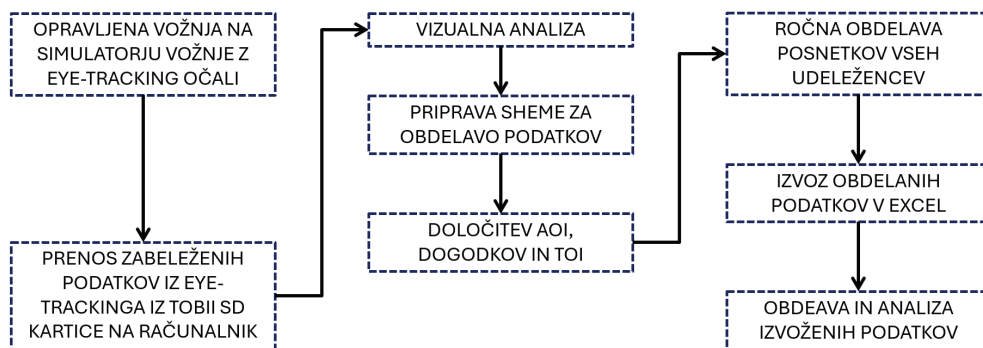


Slika 2. Uporaba simulatorja v eksperimentu

udeleženci prejeli navodila za uporabo simulatorja vožnje ter očal za sledenje pogleda. Pred začetkom meritev je bila izvedena testna vožnja, namenjena seznanitvi z delovanjem simulatorja. Sledili sta namestitvev očal za sledenje pogleda ter izvedba kalibracije in validacije, s čimer je bila zagotovljena ustrezna natančnost meritev. Po uspešno izvedeni kalibraciji so udeleženci opravili vožnjo v vnaprej pripravljenem simulacijskem scenariju. Simulacija je trajala približno šest minut in je vključevala več prometnih situacij, kot so vožnja skozi naselje, semaforizirana križišča, prisotnost pešcev ter nepričakovani odvzemi prednosti. Poseben poudarek je bil na kritičnih situacijah, ki zahtevajo hitro zaznavanje in pravočasno reakcijo voznika.

Med vožnjo so bili zajeti podatki o vedenju voznika, njegovih reakcijah ter vizualnem zaznavanju prometnega okolja, ki so bili kasneje uporabljeni za nadaljnjo analizo.

Zbrani podatki so bili obdelani z namenom primerjave vedenja voznikov različnih starostnih skupin ter identifikacije ključnih dejavnikov, ki vplivajo na prometno varnost starejših voznikov. Podatki iz anketnega vprašalnika so bili najprej pregledani in urejeni ter nato analizirani z uporabo osnovnih opisnih statističnih metod. Rezultati so omogočili vpogled v voznške navade, izkušnje in samooceno voznikov.



Slika 3. Potek obdelave podatkov iz očal za sledenje pogleda

Podatki iz simulatorja vožnje so vključevali informacije o vedenju voznika med vožnjo, kot so hitrost, uporaba pedalov, reakcijski čas ter morebitne napake pri vožnji. Ti podatki so bili analizirani z namenom ugotavljanja razlik med starostnimi skupinami in prepoznavanja kritičnih situacij.

Podatki, pridobljeni z očali za sledenje pogleda, so bili obdelani v več zaporednih korakih, ki so shematsko prikazani na Sliki 3. Postopek je vključeval prenos posnetkov, vizualno analizo, pripravo sheme za obdelovanje podatkov, določitev območij interesa – AOI (angl. Area of Interests), dogodkov (angl. Events) in čas interesa – TOI (angl. Time of Interests), ter končno obdelavo in analizo podatkov.

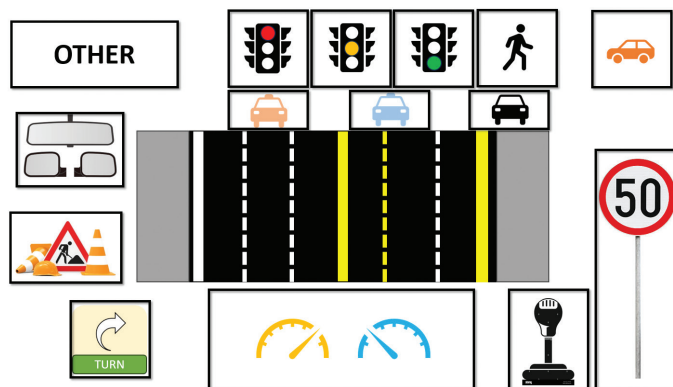
Po izvedbi eksperimenta so bili posnetki vožnje z zabeleženimi točkami pogleda oz. fiksacijami preneseni iz naprave na računalnik ter obdelani s programsko opremo Tobii Pro Lab (Tobii, 2026). V prvi fazi je bil izveden vizualni pregled posnetkov in ocena kakovosti zajetih podatkov, pri čemer so bili v analizo vključeni le posnetki z zadostnim deležem veljavnih podatkov (minimalno 75 %).

AOI, ključni elementi prometnega okolja, so prikazani na Sliki 4:

- Semafor z vsemi njegovimi barvami: ikona semaforja z rdečo, rumeno in zeleno lučjo. V celotni prevoženi situaciji se vozniki srečajo s šestimi semaforji, od teh se trije preklonijo na rdečo;
- Pešci v interakciji in izven interakcije z voznikom (ikona pešca): med vožnjo se vozniki dvakrat srečajo s pešci; prvič, ko pešci prečkajo cestišče, in drugič, ko so pešci prisotni na pločniku ob semaforju, ko v križišču vozniki zavijajo v levo;
- Avtomobili s stranske ceste (ikona oranžnega avtomobila – bočno): avtomobili, ki so na drugih prometnih smereh in s katerimi se srečajo samo v križiščih;
- Nasproti vozeči avtomobili (ikona oranžnega avtomobila – spredaj): avtomobili, ki se vozijo v enaki prometni smeri, a po nasprotnem voznem pasu. Z njimi se vozniki srečujejo konstantno;
- V isto smer vozeči avtomobili (ikona modrega avtomobila): avtomobili, ki se vozijo po levem pasu v isti smeri kot anketiranci. Vozniki se z njimi srečujejo skoraj v celotni situaciji;
- Parkirani avtomobili (ikona črnega avtomobila): avtomobili, ki so parkirani na desnem pasu enake prometne smeri. Vozniki se z njimi srečujejo skoraj v celotni situaciji;
- Oglledala (ikona ogledal): vzvratna ogledala na avtomobilu;
- Delo na cesti (ikona signalizacije za delo na cesti): delo na cesti, kjer je zaprt levi prometni pas. Vozniki se s tem srečajo le enkrat v celotni situaciji;
- Vertikalna signalizacija (ikona prometnega znaka za omejitev hitrosti): vertikalna signalizacija za omejitev hitrosti, s katero se vozniki srečajo dvakrat;
- Menjalnik (ikona menjalnika): menjalnik na simulatorju, katerega nekateri vozniki gledajo, ko menjavajo prestave;
- Merilnika hitrosti in obratov (ikoni s števcema): ločeni ikoni števcema za hitrost in obrate;
- Obvestilo z napisom »TURN« (ikona puščice): obvestilo se pojavi v situaciji, ko morajo vozniki v križišču zaviti ali levo ali desno. Vozniki se z obvestilom srečajo dvakrat, enkrat morajo zaviti desno in enkrat levo;
- Ikona »OTHER«: drugi elementi, ki niso predmet prometa oz. prometne infrastrukture, vendar jih vozniki vseeno opazujejo, npr. opazovanje okolice z naravo, stavbe ipd.;

- Cesta (ikone, ki so v grobem razdeljene na desni in levi vozni pas, ločilni otok ter na levi in desni pločnik): elementi ceste.

Na podlagi teh območij je bila pripravljena shema za nadaljnjo obdelavo podatkov. Za analizo vedenja voznikov so bili definirani tudi dogodki in TOI, ki omogočajo primerljivo obravnavo enakih prometnih situacij pri vseh udeležencih. S tem je bila zagotovljena ponovljivost in primerljivost rezultatov.



Slika 4. Določitev AOI

Sledila je ročna obdelava posnetkov, pri kateri so bile posamezne fiksacije povezane z vnaprej določenimi območji interesa. Na podlagi tega so bili pridobljeni ključni kazalniki vizualnega zaznavanja, kot so:

- število fiksacij (FC),
- povprečno trajanje fiksacije (AFD),
- skupno trajanje fiksacije (TFD),
- trajanje prve fiksacije (FFD).

Za potrebe tega prispevka so bili izpostavljeni predvsem podatki o številu fiksacij, trajanju prve fiksacije in o povprečju trajanja fiksacij. Ti podatki omogočajo neposredno povezavo med vizualnim zaznavanjem in značilnostmi prometne infrastrukture.

Poleg tega je bil za izbrane prometne dogodke določen reakcijski čas, opredeljen kot časovni zamik med pojavom elementa v simulaciji in prvo zaznano fiksacijo nanj. Na koncu so bili obdelani podatki izvoženi v pregledni obliki in uporabljeni za nadaljnjo analizo vedenja voznikov. Pri analizi je bilo upoštevano tudi dejstvo, da očala za slednje pogleda zaznavajo le neposredne fiksacije, medtem ko zaznavanje s perifernim vidom ni zajeto. Rezultati analize prometnih nesreč in eksperimentalnega dela so bili na koncu združeni ter interpretirani z namenom celostnega razumevanja prometne varnosti starejših voznikov.

3 REZULTATI

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati analize prometnih nesreč ter eksperimentalnega dela raziskave. Rezultati eksperimenta vključujejo ugotovitve anketnega vprašalnika in analizo vedenja voznikov v simulatorju vožnje z uporabo očal za sledenje pogleda.

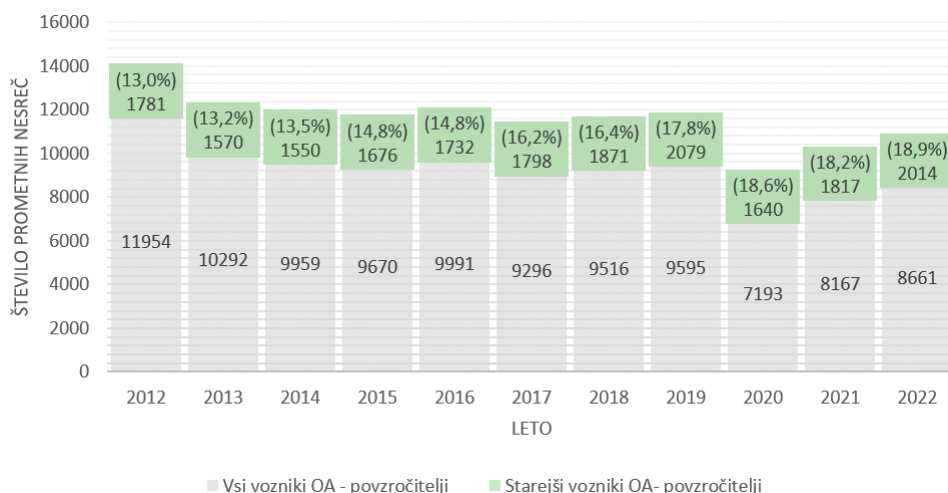
3.1 Analiza prometnih nesreč

Analiza je temeljila na enajstletnem obdobju prometnih nesreč, ki so jih povzročili vozniki osebnih vozil. Slika 5 prikazuje število teh prometnih nesreč. Stolpci prikazujejo število prometnih nesreč po letih, starejši povzročitelji prometnih nesreč pa so dodatno ločeni in prikazani z zeleno barvo in odstotki. Kljub splošnemu upadu števila prometnih nesreč skozi leta opazimo, da se delež starejših voznikov povzročiteljev povečuje. Medtem ko je delež starejših voznikov leta 2012 znašal 13,8 %, se je do leta 2022 povečal na približno 19 %. To kaže na naraščajočo vlogo starejših voznikov v strukturi prometnih nesreč.

zvit trend naraščanja je prisoten tudi pri prometnih nesrečah s hudimi telesnimi poškodbami, medtem ko so deleži pri lažjih poškodbah in nesrečah brez poškodb bolj stabilni, vendar prav tako rahlo naraščajo.

Rezultati nakazujejo, da se s staranjem populacije povečuje delež starejših voznikov med povzročitelji prometnih nesreč, pri čemer je njihov vpliv še posebno izrazit pri prometnih nesrečah z najtežjimi posledicami.

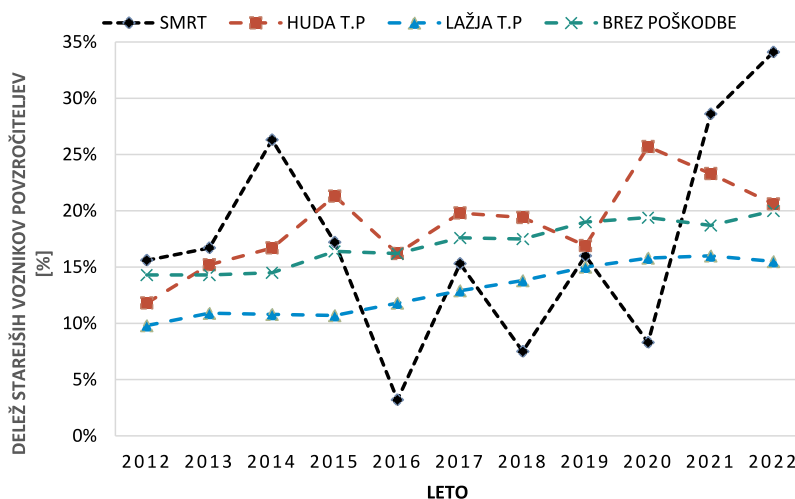
Preglednica 1 prikazuje prometne nesreče starejših voznikov povzročiteljev, ki so se zgodile v obravnavanem obdobju. Večina prometnih nesreč se je zgodila v naseljih (14682), kar je



Slika 5. Prometne nesreče od leta 2012 do 2022 glede na voznike povzročitelje

Slika 6 prikazuje delež starejših voznikov povzročiteljev prometnih nesreč glede na posledice v obdobju 2012–2022. Opaziti je mogoče splošen trend naraščanja deleža starejših voznikov pri prometnih nesrečah. Najbolj izrazit porast je viden pri prometnih nesrečah s smrtnim izidom, kjer delež v zadnjih letih presega 30 %, kar kaže na povečano ranljivost starejših voznikov v najtežjih prometnih situacijah. Podoben, vendar manj izra-

povezano z večjo prometno kompleksnostjo, večjim številom konfliktnih točk ter pogostejšimi manevri in spremembami smeri vožnje. K nastanku prometnih nesreč dodatno prispevajo številna križišča, priključki, parkirišča ter večje število različnih udeležencev v prometu, kot so pešci in kolesarji. Vendar pa se prometne nesreče s smrtnim izidom pogosteje pojavljajo zunaj naselij (66), kar lahko pripišemo višjim hitrostim vožnje.



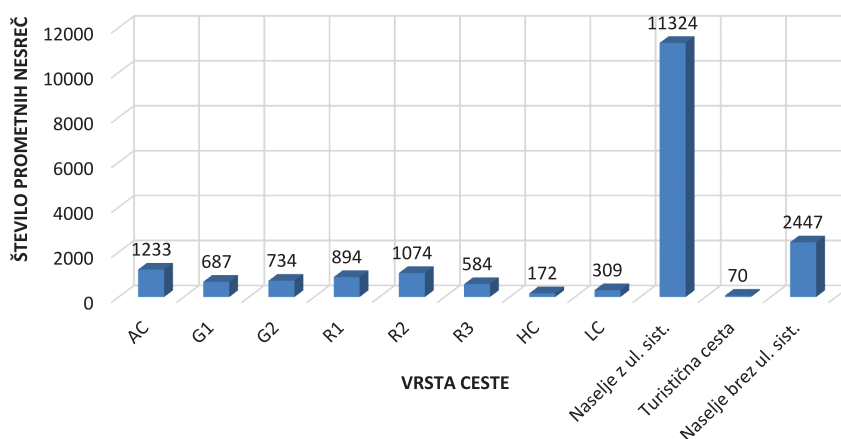
Slika 6. Prometne nesreče glede na resnost poškodb

Število prometnih nesreč	V naseljih	Zunaj naselij
Smrt	41	66
Huda telesna poškodba	382	290
Skupno	14682	4846

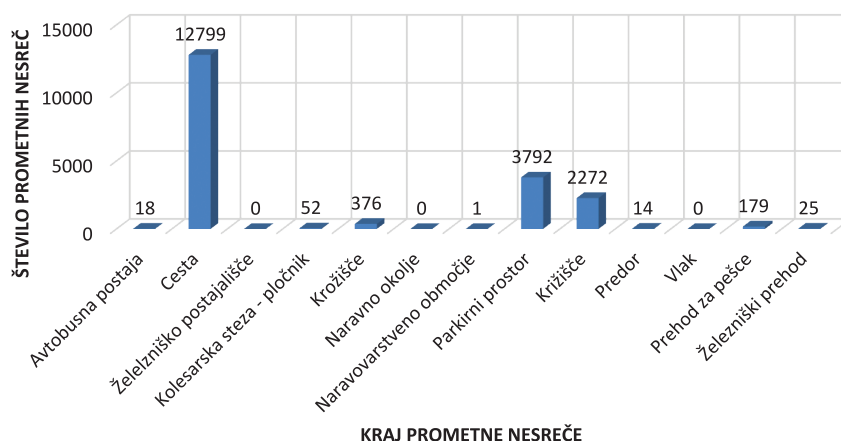
Preglednica 1. Prometne nesreče v naseljih in zunaj naselij

Sliki 7 in 8 prikazujeta dva grafa, na katerih je prikazano skupno število prometnih nesreč, ki so jih povzročili starejši vozniki v obravnavanem obdobju. Slika 7 prikazuje število prometnih nesreč glede na vrsto ceste, slika 8 pa prikazuje število prometnih nesreč glede na lokacijo prometne nesreče. Največ prometnih nesreč so starejši povzročili v naseljih z uličnim sistemom (11324), sledijo prometne nesreče v naseljih brez uličnega sistema (2447) in prometne nesreče na avtocestah (1233). Najmanj prometnih nesreč se zgodi na turističnih cestah (70) in hitrih cestah (172). Večino prometnih nesreč starejši vozniki osebnih avtomobilov povzročijo na cesti (12799), kar ne presega, saj se največji del vožnje odvija prav v tem okolju. Sledijo prometne nesreče na parkirnih prostorih (3792) in v križiščih (2272). Križišča so posebno kritične točke, saj vključujejo večje število prometnih interakcij in zahtevajo hitro zaznavanje ter pravilno odločanje voznika.

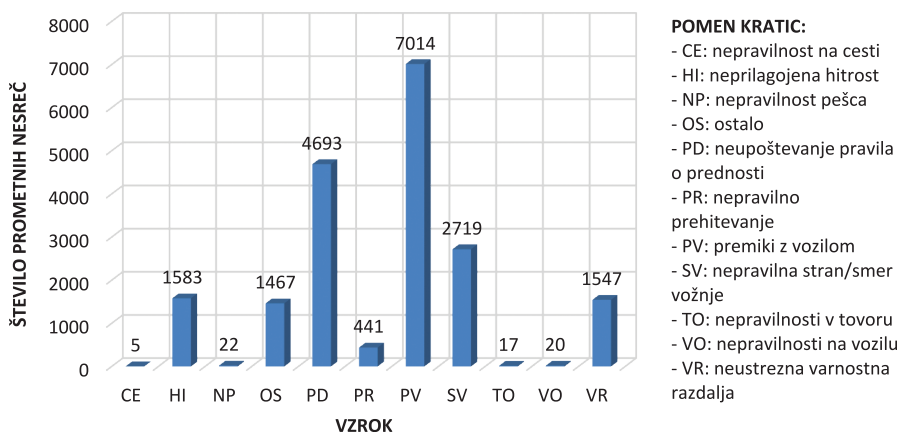
Na Sliki 9 so prikazani podatki o vzroku prometne nesreče, torej zakaj se je prometna nesreča zgodila, na Sliki 10 pa so prikazani podatki o tipu prometne nesreče. Največ prometnih nesreč so starejši vozniki povzročili zaradi premikov vozila (7014), sledijo prometne nesreče zaradi neupoštevanja pravil o prednosti (4693) in pa prometne nesreče zaradi nepravilne smeri oz. smeri vožnje (2719). Najmanj prometnih nesreč je bilo povzročenih zaradi nepravilnosti na cesti (5), zaradi nepravilnosti na tovoru (17) in zaradi nepravilnosti na vozilu (20). Največ prometnih nesreč so starejši vozniki povzročili z bočnim trčenjem (4964), sledijo prometne nesreče s trčenjem v stoječe oz. parkirano vozilo (4357) in prometne nesreče z oplazenjem (3216).



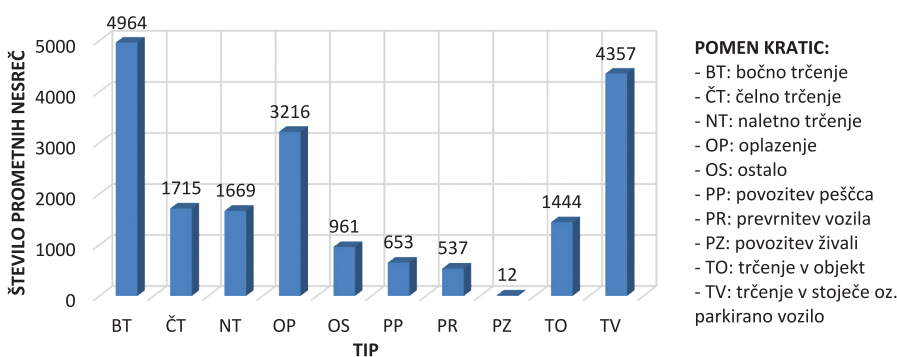
Slika 7. Število prometnih nesreč glede na vrsto ceste



Slika 8. Število prometnih nesreč glede na kraj prometne nesreče



Slika 9. Število prometnih nesreč glede na vzrok prometne nesreče



Slika 10. Število prometnih nesreč glede na tip prometne nesreče

3.2 Eksperiment

V okviru eksperimentalnega dela raziskave so bili z anketnim vprašalnikom zbrani podatki o voznških navadah, zaznavanju prometnih situacij ter poznavanju cestnoprometnih predpisov, ki so pomembni tudi z vidika načrtovanja prometne infrastrukture.

3.2.1 Rezultati ankete

V nadaljevanju so predstavljeni izbrani rezultati anketnega vprašalnika, ki so relevantni za razumevanje vedenja voznikov in njihovega zaznavanja prometne varnosti, s posebnim poudarkom na vidikih, pomembnih za načrtovanje prometne infrastrukture. Poudarek je na primerjavi med starostnimi skupinami.

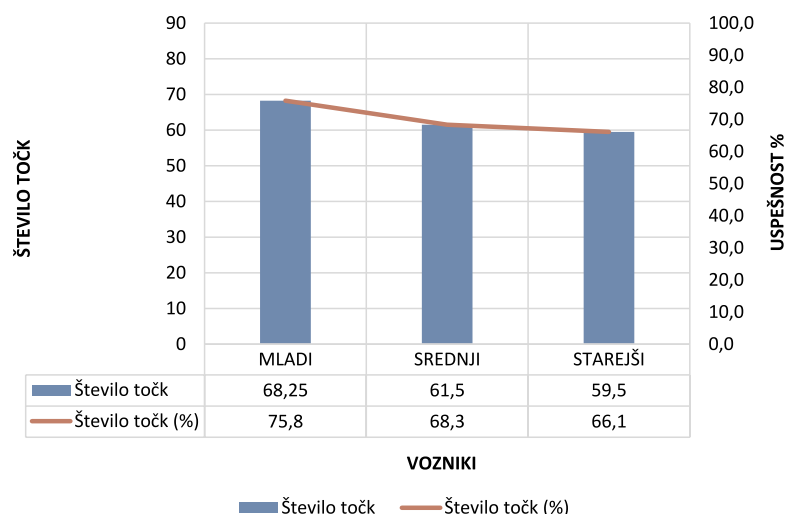
Rezultati kažejo, da starejši vozniki svojo vožnjo v splošnem ocenjujejo kot bolj umirjeno in previdno (90 %). Pogosteje navajajo počasnejšo vožnjo v naseljih (80 %) ter redkejšo prekoračitve hitrosti (30 %) v primerjavi z mlajšimi vozniki (90 %). Za razliko od starejših mlajši vozniki pogosteje poročajo o vožnji nad dovoljeno hitrostjo, predvsem zunaj naselij (90 %) in na avtocestah (70 %). Ne glede na starost pa večina anketirancev ocenjuje, da upoštevajo varnostno razdaljo (90 %) in uporabljajo smernike (80 %). Izrazitejše razlike med starostnimi skupinami pa se kažejo pri zaznavanju prometnih situacij, saj starejši vozniki pogosteje izražajo negotovost pri vožnji v neznanem okolju (70 %).

Rezultati preverjanja znanja cestnoprometnih predpisov kažejo na postopno zmanjševanje uspešnosti z naraščajočo starostjo. Najvišjo uspešnost so dosegli mlajši vozniki (75,8 %), sledijo srednje stari (68,3 %), medtem ko so starejši vozniki dosegli najnižji delež pravih odgovorov (66,1 %), kar prikazuje Slika 11. Posebej izstopajo težave pri razumevanju pravil o prednosti ter pri poznavanju aktualnih prometnih pravil, kar lahko nakazuje na vpliv zastarelega znanja in redkejši izpostavljenosti novim prometnim situacijam.

3.2.2 Rezultati vožnje s simulatorjem in uporabe očal za sledenje pogleda

Rezultati eksperimentalnega dela temeljijo na analizi vedenja voznikov v simulatorju vožnje ter podatkih, pridobljenih z očali za sledenje pogleda. Poudarek je na kazalnikih, kot so reakcijski čas, čas prve fiksacije, povprečno trajanje in število fiksacij, ki omogočajo vpogled v zaznavanje prometnega okolja in odzivanje voznikov.

Rezultati kažejo, da imajo starejši vozniki bistveno daljši reakcijski čas v primerjavi z mlajšimi in srednje starimi vozniki: v povprečju je njihov reakcijski čas daljši za približno 67 %, pri večini obravnavanih dogodkov pa so reagirali najpočasneje. Posebej izrazite razlike se pojavljajo pri zaznavanju manj izpostavljenih elementov, kot so pešci izven neposredne interakcije, kjer so starejši vozniki dosegli najdaljše reakcijske čase: 8,29 s, kar predstavlja več kot dvakrat daljši reakcijski čas v primerjavi z mlajšimi vozniki (3,68 s). Nasprotno so pri kritičnih



Slika 11. Rezultati preverjanja znanja cestnoprometnih predpisov

dogodkih (npr. odvzem prednosti) vsi vozniki reagirali hitreje, kar kaže na večjo zaznavno prioriteto nevarnih situacij. Rezultati nakazujejo, da starejši vozniki počasneje zaznavajo in obdelujejo prometne informacije, kar je posebno problematično v kompleksnih prometnih okoljih.

Analiza trajanja prve fiksacije kaže, da starejši vozniki v primerjavi z mlajšimi vozniki povprečju dlje časa usmerjajo pogled na posamezne elemente (za 75 %), kar kaže na počasnejšo obdelavo informacij. Kljub temu je zanimivo, da so pri nekaterih ključnih elementih, kot so pešci, beleženi krajši časi prve fiksacije (11 % krajši čas v primerjavi z mlajšimi vozniki), kar v kombinaciji z daljšim reakcijskim časom nakazuje na manjšo usmerjenost pozornosti na te elemente. To lahko pomeni, da starejši vozniki določenim elementom ne namenijo dovolj pozornosti, kljub temu da bi bili ti z vidika prometne varnosti ključni.

Preglednica 2 prikazuje, da starejši vozniki v povprečju pogosteje usmerjajo pogled na posamezne elemente, saj so imeli

večje število fiksacij pri več kot polovici analiziranih elementov. Največ pozornosti so vsi vozniki namenili voznemu pasu, kar je pričakovano, medtem ko starejši vozniki pogosteje spremljajo tudi vozila v okolici (43 % in 47 %) in prometno signalizacijo (npr. prometne znake – 42 %). Povečano število fiksacij pri starejših voznikih lahko kaže na večjo potrebo po preverjanju okolice, kar je lahko posledica zmanjšane samozavesti ali večje negotovosti pri vožnji.

Povprečen čas fiksacije se s starostjo povečuje, kar je razvidno iz Preglednice 3. Starejši vozniki so imeli najdaljše čase fiksacij pri večini elementov, za skoraj 50 % daljše v primerjavi z mlajšimi vozniki, kar pomeni, da posameznim informacijam namenijo več časa kot drugi. Daljši čas fiksacije kaže na počasnejšo kognitivno obdelavo informacij, kar lahko vpliva na sposobnost pravočasnega odzivanja v dinamičnih prometnih situacijah.

Skupni rezultati kažejo, da se z naraščajočo starostjo spreminja način vizualnega zaznavanja prometnega okolja. Starejši

Elementi	Mladi [št. fiksacij]	Srednji [št. fiksacij]	Starejši [št. fiksacij]	Skupaj [št. fiksacij]	Delež mladih [%]	Delež srednjih [%]	Delež starejših [%]
Vozeči avti	689	561	938	2188	31	26	43
Parkirani avti	549	367	828	1744	31	21	47
Delo na cesti	34	50	43	127	27	39	34
Levi vozni pas	54	94	95	243	22	39	39
Desni vozni pas	2869	2587	2609	8065	36	32	32
Ločilni otok	45	49	34	128	35	38	27
Menjalnik	22	18	64	104	21	17	62
Obvestilo za zavijanje	55	47	57	159	35	30	36
Ogledala	398	274	250	922	43	30	27
Ostalo	495	336	501	1332	37	25	38

Pešci	241	276	217	734	33	38	30
Pločnik levo	-	1	5	6	0	17	83
Pločnik desno	90	85	166	341	26	25	49
Semafor rdeča	244	208	292	744	33	28	39
Semafor rumena	50	56	58	164	30	34	35
Semafor zelena	315	452	682	1449	22	31	47
Števec za hitrost	482	414	203	1099	44	38	18
Števec za obrate	685	368	203	1256	55	29	16
Prometni znak	63	48	82	193	33	25	42
Skupaj	7380	6291	7327	20998	-	-	-

Preglednica 2. Število fiksacij v skupni prevoženi situaciji

Elementi	Mladi [s]	Srednji [s]	Starejši [s]
Vozeči avti	0,68	1,02	1,20
Parkirani avti	0,28	0,36	0,45
Delo na cesti	0,40	0,64	0,43
Levi vozni pas	0,29	0,53	0,49
Desni vozni pas	1,64	2,06	2,39
Ločilni otok	0,24	0,39	0,44
Menjalnik	0,09	0,08	0,11
Obvestilo za zavijanje	0,17	0,19	0,31
Ogledala	0,18	0,22	0,21
Ostalo	0,18	0,26	0,23
Pešci	0,28	0,32	0,36
Pločnik levo	-	0,01	0,06
Pločnik desno	0,25	0,25	0,30
Semafor rdeča	0,23	0,28	0,27
Semafor rumena	0,20	0,32	0,39
Semafor zelena	0,31	0,48	0,49
Števec za hitrost	0,22	0,26	0,29
Števec za obrate	0,21	0,27	0,26
Prometni znak	0,18	0,30	0,41
Skupaj:	6,04	8,22	9,07

Preglednica 3. Povprečen čas fiksacije v prevoženi simulaciji

vozniki sicer okolično preverjajo pogosteje, vendar posameznim elementom namenjajo več časa, hkrati pa ključne informacije zaznavajo z zamikom. Takšen vzorec kaže na manj učinkovito razporejanje pozornosti, kjer je zaznavanje sicer prisotno, vendar časovno manj optimalno. To lahko privede do zamud pri zaznavi pomembnih prometnih elementov, kar povečuje tveganje v situacijah, kjer je potrebna hitra in pravočasna reakcija.

Za dodatno preverjanje razlik med starostnimi skupinami je bila izvedena statistična analiza rezultatov eksperimentalnega dela. Namen analize je bil ugotoviti, ali med mladimi, srednje starimi in starejšimi vozniki obstajajo statistično značilne razlike pri reakcijskem času ter parametrih sledenja pogleda. Rezultati deskriptivne statistike, ki so prikazani v Preglednici 4, kažejo da se med starostnimi skupinami pojavljajo razlike predvsem pri reakcijskem času ter parametrih trajanja fiksacij. Starejši vozniki so v povprečju dosegli najdaljši reakcijski čas (3,25 s), medtem ko so mlajši vozniki dosegli najkrajšega (1,817 s). Prav tako smo pri starejših voznikih zaznali daljše povprečno trajanje fiksacij kot tudi daljše povprečno trajanje prve fiksacije, kar nakazuje na potrebo po daljšem zaznavanju in obdelavi prometnih informacij.

Sledilo je preverjanje normalnosti porazdelitve podatkov z Anderson-Darlingovim testom, kar je omogočilo izbiro ustreznega statističnega testa za nadaljnjo analizo razlik med starostnimi skupinami. Rezultati testa (Preglednica 5) so pokazali, da podatki ne sledijo normalni porazdelitvi (p -vrednost $< 0,005$), zato je bil za primerjavo med starostnimi skupinami uporabljen neparametrični Mann-Whitneyjev test. Test temelji na preverjanju razlik med medianami dveh vzorcev. Nična hipoteza testa predpostavlja, da sta mediani obravnavanih vzorcev enaki. V primeru p -vrednosti, večje od 0,05 (pri stopnji zaupanja 95 %), nične hipoteze ni mogoče zavrniti, medtem ko jo je pri nižjih p -vrednostih treba zavrniti [Chicco, 2025].

Parametri sledenja pogleda	Deskriptivna statistika	Mladi	Srednji	Starejši
Skupno število fiksacij	Povprečje	42,17	36,58	42,6
	Standardna napaka povprečja	5,43	4,73	5,2
	Najmanjša vrednost	1	1	1
	Mediana	20	14,5	16,5
	Največja vrednost	494	363	357
	Asimetrija porazdelitve	3,73	3,44	2,8
Povprečno trajanje fiksacij	Povprečje	0,3182	0,4312	0,4773
	Standardna napaka povprečja	0,0283	0,0349	0,0414
	Najmanjša vrednost	0	0	0
	Mediana	0,2066	0,0848	0,3148
	Največja vrednost	2,9727	2,5444	3,2141
	Asimetrija porazdelitve	3,78	2,68	2,78
Trajanje prve fiksacije	Povprečje	0,328	0,4657	0,4867
	Standardna napaka povprečja	0,0271	0,0519	0,0439
	Najmanjša vrednost	0	0	0
	Mediana	0,1999	0,2449	0,2548
	Največja vrednost	2,2787	6,2663	2,9483
	Asimetrija porazdelitve	2,55	4,48	2,12
Reakcijski čas	Povprečje	1,817	2,577	3,25
	Standardna napaka povprečja	0,272	0,376	0,587
	Najmanjša vrednost	0	0	0
	Mediana	0,75	0,919	1,274
	Največja vrednost	16,121	27,544	55,288
	Asimetrija porazdelitve	2,88	3,36	5,86

Preglednica 4. Deskriptivna statistika parametrov sledenja pogleda po starostnih skupinah

Skupina in parametri sledenja pogleda	Aritmetična sredina	Standardni odklon	N	Anderson-Darlingova statistika	p-vrednost
Mladi vozniki – FC	42,17	71,78	175	23,224	< 0,005
Srednje stari vozniki – FC	36,58	62,06	172	24,882	< 0,005
Starejši vozniki – FC	42,6	68,16	17	23,619	< 0,005
Mladi vozniki – AFD	0,3182	0,3888	189	24,58	< 0,005
Srednje stari vozniki – AFD	0,4312	0,4804	190	20,874	< 0,005
Starejši vozniki – AFD	0,4773	0,5705	190	22,985	< 0,005
Mladi vozniki – FFD	0,328	0,3736	190	16,287	< 0,005
Srednje stari vozniki – FFD	0,4657	0,7154	190	23,482	< 0,005
Starejši vozniki – FFD	0,4867	0,6045	190	18,236	< 0,005

Mladi vozniki – reakcijski čas	1,817	2,933	116	13,492	< 0,005
Srednje stari vozniki – reakcijski čas	2,577	4,02	114	11,606	< 0,005
Starejši vozniki – reakcijski čas	3,25	6,187	111	13,674	< 0,005

Preglednica 5. Rezultati testa normalne porazdelitve (Anderson-Darlingov test) za mlade, srednje in starejše voznike

Kot je razvidno iz Preglednice 6, rezultati Mann-Whitneyjevega testa kažejo, da pri skupnem številu fiksacij med skupinami ni statistično značilnih razlik, saj interval zaupanja vsebuje vrednost 0, p-vrednost pa je večja od 0,05. Statistično značilne razlike pa so bile ugotovljene pri povprečnem trajanju fiksacij, reakcijskem času ter trajanju prvih fiksacij. Pri tem je posebno pomembno, da so bile razlike izrazite predvsem med mladimi in starejšimi vozniki, medtem ko razlike med srednje starimi in starejšimi vozniki niso bile tako izrazite.

kov povzročiteljev povečuje, kar je mogoče povezati z demografskimi trendi staranja prebivalstva; to je bilo opaženo tudi drugod po svetu [Cicchino, 2015a], [Sagar, 2020], [Cicchino, 2015b]. Ob tem je posebno skrb vzbujajoče, da je delež starejših voznikov relativno visok pri prometnih nesrečah s hudimi telesnimi poškodbami in smrtnim izidom.

Z eksperimentom je bilo ugotovljeno, da imajo starejši vozniki daljši reakcijski čas ter potrebujejo več časa za zaznavanje in

Parametri sledenja pogleda	Primerjava med vozniki	95% interval zaupanja	p-vrednost
Skupno število fiksacij	Mladi-starejši vozniki	(-3,00; 2,99)	0,9462
	Srednje stari-starejši vozniki	(-3,99; 2,00)	0,5087
Povprečno trajanje fiksacij	Mladi-starejši vozniki	(-0,1218; -0,0526)	0
	Srednje stari-starejši vozniki	(-0,0521; 0,0223)	0,5008
Trajanje prve fiksacije	Mladi-starejši vozniki	(-0,0900; 0)	0,0437
	Srednje stari-starejši vozniki	(-0,0600; 0,0399)	0,7376
Reakcijski čas	Mladi-starejši vozniki	(-0,709; -0,020)	0,0103
	Srednje stari-starejši vozniki	(-0,495; 0,169)	0,3913

Preglednica 6. Razlike med starostnimi skupinami po Mann-Whitneyevem testu

To nakazuje, da starejši vozniki prometnega okolja ne spremljajo nujno z večjim številom pogledov, temveč posameznim elementom namenijo več časa. Daljše trajanje prve in povprečne fiksacije kaže na počasnejšo obdelavo prometnih informacij ter večjo kognitivno obremenitev med vožnjo. Hkrati daljši reakcijski čas potrjuje, da starejši vozniki potrebujejo več časa za zaznavo in odzivanje na prometne dogodke, zlasti v kompleksnejših situacijah.

Rezultati tako kažejo, da se s starostjo ne spreminja toliko količina vizualnega spremljanja okolice, temveč predvsem učinkovitost obdelave informacij in hitrost odzivanja. Ker med srednje starimi (45–65 let) in starejšimi vozniki pri določenih parametrih niso bile ugotovljene statistično značilne razlike, rezultati nakazujejo tudi možnost postopnega pojavljanja starostno povezanih sprememb že pri srednje starih voznikih.

4 DISKUSIJA IN ZAKLJUČEK

Prometna varnost starejših voznikov je kompleksno področje, ki ga ni mogoče obravnavati zgolj z vidika posameznika, temveč kot interakcijo med voznikom, vozilom in prometnim okoljem [Polders, 2015], kar kažejo tudi rezultati naše raziskave. Analiza prometnih nesreč je pokazala, da se kljub splošnemu zmanjševanju števila prometnih nesreč delež starejših vozni-

kov obdelavo prometnih informacij, kar so dokazale tudi različne svetovne študije [Polders, 2015], [Lee, 2003], [Ulak, 2017]. Hkrati se kažejo razlike v vizualnem vedenju, saj starejši vozniki določene elemente opazujejo dlje časa, vendar jim v nekaterih primerih namenijo manj pozornosti (npr. pešcem). To nakazuje, da težava ni zgolj v zaznavi, temveč tudi v selekciji in obdelavi relevantnih informacij v prometnem okolju.

Starejši vozniki svoje vedenje pogosto prilagajajo lastnim omejitvam, povezanim s staranjem (npr. počasnejša vožnja, večja previdnost), vendar se hkrati pojavljajo določene pomanjkljivosti v poznavanju prometnih pravil ter večja negotovost v kompleksnejših prometnih situacijah [Polders, 2015], [Okonkwo, 2007], kar smo izvedeli in potrdili z rezultati anket. Ugotovitve in rezultati analize prometnih nesreč in eksperimentalnega dela dajejo dodatno potrditev, da so starejši vozniki posebno ranljivi v prometnih okoljih, ki zahtevajo hitro odločanje in obdelavo večjega števila informacij hkrati.

Rezultati eksperimentalnega dela kažejo, da starejši vozniki za zaznavanje in obdelavo prometnih informacij potrebujejo več časa, kar se odraža v daljših reakcijskih časih in drugačnih vzorcih vizualnega zaznavanja. To pomeni, da mora biti prometno okolje zasnovano na način, ki omogoča enostavnejše in pravočasno razumevanje prometnih situacij. Poseben poudarek je treba nameniti jasni, pregledni in pravočasno zaznavni prome-

tni signalizaciji, ustreznosti preglednosti križišč ter zmanjševanju kompleksnosti prometnega okolja. Smiselna je tudi uporaba bolj kontrastne signalizacije, izboljšanje vidnosti pešcev ter infrastrukturne rešitve, ki zmanjšujejo potrebo po hitrem in kompleksnem odločanju voznikov.

Na podlagi vseh treh sklopov raziskave (analiza prometnih nesreč, eksperiment in anketa) lahko zaključimo, da ključni izziv prometne varnosti starejših voznikov ni zgolj v njihovih zmanjšanih psihofizičnih sposobnostih, temveč predvsem v neusklajenosti med zahtevnostjo prometnega okolja in njihovimi zmoglostmi. V tem kontekstu se kot eden ključnih ukrepov izkazuje ustrezno načrtovanje prometne infrastrukture. Rezultati kažejo, da mora biti prometna infrastruktura zasnovana pregledno, jasno in na način, ki omogoča hitro in pravilno interpretacijo prometnih informacij. Poseben poudarek je treba nameniti pravočasni in kontrastni signalizaciji, zmanjševanju kompleksnosti križišč, izboljšanju vidnosti pešcev ter splošni preglednosti prometnega prostora. Takšen pristop je skladen tudi s konceptom Vizije NIČ [Vision Zero Network, 2026], ki poudarja prilagajanje prometnega sistema človeku in njegovim omejitvam. Pri tem je pomembno poudariti, da prilagajanje infrastrukture starejšim voznikom ne pomeni koristi zgolj za to skupino, temveč prispeva k večji prometni varnosti vseh udeležencev v prometu. Rešitve, kot so bolj pregledna križišča, jasnejša bolj pregledna signalizacija in boljša vidnost ključnih elementov, izboljšujejo razumljivost prometnega okolja za vse voznike ne glede na starost.

Kljub pridobljenim ugotovitvam ima raziskava tudi določene omejitve. Eksperiment je bil izveden v simuliranem okolju, ki sicer omogoča nadzor nad pogoji, vendar ne more v celoti nadomestiti realnega prometnega okolja. Prav tako je velikost vzorca relativno omejena, kar lahko vpliva na splošno posplošljivost rezultatov. Kljub temu kombinacija različnih metod (analiza prometnih nesreč, eksperiment in anketa) omogoča celovit vpogled v obravnavano problematiko. Za nadaljnje raziskave bi bilo smiselno vključiti večji vzorec udeležencev ter primerjati rezultate z realnimi vožnjami (angl. naturalistic driving). Prav tako bi bilo smiselno podrobneje analizirati vpliv posameznih elementov infrastrukture na vedenje starejših voznikov.

5 LITERATURA

AMZS, Program Senior, <https://www.amzs.si/cvv/programi/starejsi-vozniki/program-senior>, 2026.

Chin, H. C., Zhou, M., A study of at-fault older drivers in light-vehicle crashes in Singapore, *Accident Analysis and Prevention*, 112, 50-55, 2018.

Cicchino, J. B., Why have fatality rates among older drivers declined? The relative contributions of changes in survivability and crash involvement, *Accident Analysis and Prevention*, 83, 67-73, 2015a.

Cicchino, J. B., McCartt, A. T., Critical older driver errors in a national sample of serious US crashes, *Accident Analysis and Prevention*, 80, 211-219, 2015b.

Chicco, D., Sichenze, A., Jurman, G., A simple guide to the use of Student's t-test, Mann-Whitney U test, Chi-squared test, and Kruskal-Wallis test in biostatistics, *BioData Mining*, 18, 56, 2025.

Davey, J. A., Older people and transport: coping without a car, *Ageing and Society*, 27, 49-65, 2006.

Davenne, D., Lericollais, R., Sagaspe, P., Taillard, J., Gauthier, A., Espié, S., Philip, P., Reliability of simulator driving tool for evaluation of sleepiness, fatigue and driving performance, *Accident Analysis & Prevention*, 45, 677-682, 2012.

Devlin, A., McGillivray, J. A., Self-regulation of older drivers with cognitive impairment: a systematic review, *Australas J Ageing*, 33, 74-80, 2014.

Dobbs, B. M., Wodzin, E., Vegega, M., Medical Conditions and Driving: A Review of the Literature (1960-2000), raziskovalno poročilo, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), 2005.

European Commission, Socio-economic costs and the value of prevention, https://road-safety.transport.ec.europa.eu/european-road-safety-observatory/statistics-and-analysis-archive/post-impact-care/socio-economic-costs-and-value-prevention_en, 2026

Falkenstein, M., Karthaus, M., Brune-Cohors, U., Age-Related Diseases and Driving Safety, *Geriatrics (Basel)*, 5, 2020.

Gerbec, N., Projektiranje prometnih površin za starejše voznike in pešce, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 2013.

Javna agencija Republike Slovenije za varnost prometa, Sožitje, <https://www.avp-rs.si/management-varnosti-cestnega-prometa/programi-za-vecjo-varnost/sozitie-za-vecjo-varnost-v-cestnem-prometu/>, 2026a.

Javna agencija Republike Slovenije za varnost prometa, Zemljevid prometnih nesreč, <http://nesrece.avp-rs.si/>, 2026b.

Karali, S., Gyi, D. E., Mansfield, N. J., Driving a better driving experience: a questionnaire survey of older compared with younger drivers, *Ergonomics*, 60, 4, 533-540, 2017.

Kecman, A. K., Primerjava voznških vzorcev mlajših in starejših voznikov v simulatorju vožnje, diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana, 2023.

Kim, E., Muennig, P., Rosen, Z., Vision zero: a toolkit for road safety in the modern era, *Inj Epidemiol*, 4, 1, 2017.

Kim, S., Kondo, K., Noguchi, N., Akiyama, R., Ibe, Y., Yang, Y., Lee, B., Decreased Visual Search Behavior in Elderly Drivers during the Early Phase of Reverse Parking, But an Increase during the Late Phase, *Sensors (Basel)*, 23, 2023.

Kuniyoshi, J. R. G., Costa, A. T., Figueira, A. C., Kabbach, F. I., Larocca, A. P. C., Driver's visual perception as a function of

age. Using a driving simulator to explore driver's eye movements in vertical signs, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 11, 100460, 2021. Le, A. S., Suzuki, T., Aoki, H., Evaluating driver cognitive distraction by eye tracking: From simulator to driving, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 4, 100087, 2020.

Lee, H. C., The validity of driving simulator to measure on-road driving performance of older drivers, *Transport Engineering in Australia*, 8, 89-100, 2003.

Lococo, K. H., Staplin, L., Schultz, M. W., The Effects of Medical Conditions on Driving Performance: A Literature Review and Synthesis, raziskovalno poročilo, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), 2018.

Mouratidis, K., Transport and quality of life: The car and its link to subjective well-being, health, and life domains, *Transport Policy*, 168, 101-111, 2025.

Okonkwo, O. C., Crowe, M., Wadley, V. G., Ball, K., Visual attention and self-regulation of driving among older adults, *International Psychogeriatrics*, 20, 2007.

Polders, E., Brijs, T., Vlahogianni, E., Papadimitriou, E., Yannis, G., Leopold, F., Durso, C., Diamandouros, K., ElderSafe - Risks and countermeasures for road traffic of the elderly in Europe, raziskovalno poročilo, European Commission - Directorate-General for Mobility and Transport (DG MOVE), 2015.

Rimmö, P.-A., Hakamies-Blomqvist, L., Older drivers' aberrant driving behaviour, impaired activity, and health as reasons for self-imposed driving limitations, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5, 47-62, 2002.

Rumschlag, G., Palumbo, T., Martin, A., Head, D., George, R., Commissaris, R. L., The effects of texting on driving performance in a driving simulator: The influence of driver age, *Accident Analysis & Prevention*, 74, 145-149, 2015.

SAFE MOVE, SAFE MOVE for older drivers, <https://www.saferrsearch.com/projects/safe-move-older-drivers>, 2026.

Sagar, S., Stamatiadis, N., Wright, S., Green, E., Use of codes data to improve estimates of at-fault risk for elderly drivers, *Accident Analysis and Prevention*, 144, 2020.

Služba Vlade Republike Slovenije za zakonodajo, Resolucija o nacionalnem programu varnosti cestnega prometa za obdobje od 2023 do 2030 (ReNPVCP23-30), <https://pisrs.si/pregled-Predpisa?id=RESO151>, 2026

Statistični urad Republike Slovenije, Potniški kilometri (mio. pkm) prebivalcev Slovenije, opravljeni z osebnimi avtomobili, registriranimi v Sloveniji, na slovenskem in tujem cestnem omrežju, Slovenija, letno, <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/Data/2282001S.px/>, 2026. .

Tobii, Tobii Pro Lab Advanced behavioral research software, <https://www.tobii.com/products/software/behavior-research-software/tobii-pro-lab>, 2026.

Ulak, M. B., Ozguven, E. E., Spainhour, L., Age-Based Stratification of Drivers to Evaluate the Effects of Age on Crash Involvement, *Transportation Research Procedia*, 22, 551-560, 2017.

Urry, J., The 'System' of Automobility, *Theory, Culture & Society*, 21, 25-39, 2004.

Vision Zero Network, What is Vision Zero?, <https://visionzeronetwork.org/about/what-is-vision-zero/>, 2026.

World Health Organization, Road traffic injuries, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>, 2023.

Zavarovalnica Triglav, Osvežitvene vožnje za starejše voznike 2025, <https://vozimse.si/osvezitvena-voznja/>, 2025.