

ŽELJKO MRŠIĆ*, MILE KLANAC**, IVAN ARBUTINA***

Korištenje uređaja za prisilno zaustavljanje motornog vozila, eksperiment u realnim uvjetima

Sažetak

U radu je prikazan eksperiment prolaska vozilima preko uređaja za prisilno zaustavljanje motornih vozila, tzv. ježa, u realnim uvjetima. Osobnim vozilom i kombijem prelazilo se preko „ježa“ u raznim varijantama te su evidentirani i snimani svi relevantni podaci iz vozila, sa zemlje i iz zraka s naglaskom na mogućnosti destabiliziranja vozila nakon prelaska preko „ježa“. Najprije se prelazilo punim profilom vozila sa sva četiri kotača, a potom samo lijevim kotačima s prosječnim opterećenjem i maksimalnim opterećenjima vozila u uvjetima suhog i mokrog kolnika.

U svakoj vožnji „jež“ se pokazao djelotvornim sredstvom jer je došlo do bušenja guma većim brojem „bodlji“, dekompresije pneumatika i sigurnog zaustavljanja vozila. Još je važnije što ni u jednoj vožnji nije došlo ni do najmanjeg destabiliziranja, zanošenja ili gubitka kontrole nad vozilom. Eksperiment je popraćen i anketiranjem svih sudionika, kako gledatelja tako i sudionika, tj. vozača i suvozača koji su predstavljali ekskluzivan uzorak osoba koje su nakon vožnje imale iskustvo u prelasku vozilom preko predmetnog uređaja.

Poduzetim eksperimentom i anketnim upitnikom prikupljeno je mnogo podataka koji se mogu koristiti u budućem radu policije, od čega je možda najvažnije da uporaba uređaja za prisilno zaustavljanje vozila ne predstavlja nikakvu posebnu opasnost za policiju koja ih upotrijebi, za sudionike u prometu prema kojima se primijeni, kao ni za ostale građane. U odnosu na druga policijska sredstva prisile, rezultati eksperimenta čak upućuju na to da se to sredstvo može svrstati među manje opasna kada je riječ o mogućnosti ozljeda ili smrtnog stradavanja građana. Naravno, sve to pod uvjetom da se sredstvo upotrijebi sukladno s propisima i profesionalnim standardima.

Ključne riječi: sigurnost prometa, jež, prisilno zaustavljanje, dekompresija pneumatika, destabilizacija vozila.

* dr. sc. Željko Mršić, prof. struč. stud. u trajnom izboru, Veleučilište kriminalistike i javne sigurnosti, Zagreb, Hrvatska.

** Mile Klanac, dipl. ing., Veleučilište kriminalistike i javne sigurnosti, Zagreb, Hrvatska.

*** Ivan Arbutina, str. spec. krim., Veleučilište kriminalistike i javne sigurnosti, Zagreb, Hrvatska.

1. UVOD

Uređaj za prisilno zaustavljanje motornih vozila jedno je od 13 sredstava prisile iz čl. 81. Zakona o policijskim poslovima i ovlastima.¹ Tko prati televizijske programe, čita novine i internetske portale i svjestan je sigurnosne situacije u inozemstvu i tuzemstvu, uključujući tzv. migrantsku krizu, bujanje tržišta narkoticima i druge kriminalne aktivnosti, mogao bi pomisliti da se to sredstvo relativno često koristi u policijskoj praksi. No to nije tako. Unatoč čestim bombastičnim naslovima i tekstovima na raznim portalima i u drugim javnim medijima,² taj se uređaj u policijskoj praksi koristi vrlo rijetko ili nikako. Razlozi nisu jasni, osim ako nije riječ o iracionalnom strahu kada ovlaštenu rukovoditelj naredi uporabu tog sredstva uz opravdanje da je riječ o opasnoj napravi. Zakon o policijskim poslovima i ovlastima u čl. 86. propisuje da je „uporaba uređaja za prisilno zaustavljanje vozila dopuštena radi sprječavanja:

1. bijega osobe koja je zatečena u kaznenom djelu za koje se progoni po službenoj dužnosti,
2. bijega osobe koja je lišena slobode ili za koju postoji nalog za lišenje slobode,
3. nezakonitog prelaska državne granice vozilom,
4. nedopuštenog pristupa vozilom do objekta ili prostora gdje se nalaze osobe koje policijski službenik osigurava,
5. daljnje vožnje osobe koja je prije toga bila zaustavljena i nije poštovala naredbu policijskog službenika.“³

Iz zakonskog opisa razvidno je da zakonodavac nije postavio nikakve posebne uvjete za primjenu tog sredstva. Čak bi se moglo reći da je taj zakonski uvjet postavljen relativno nisko, tako da propisuje njegovu primjenu za počinjeni prekršaj iz Zakona o sigurnosti prometa na cestama, odnosno prema osobi „koja je prije toga bila zaustavljena i nije poštovala naredbu policijskog službenika“. Ta se točka može djelomično ili potpuno poistovjetiti s prekršajem za koji je propisana novčana kazna od 390 do 920 eura (uz zaštitnu mjeru i negativne bodove),⁴ koji glasi: „Sudionici u prometu moraju postupati po zahtjevima izraženim pomoću znakova ili po naredbi policijskih službenika ili drugih osoba koje, na temelju ovlaštenja iz Zakona o sigurnosti prometa na cestama, nadziru i upravljaju prometnom na cestama“. Iz kriminalističkog rakursa, operativno-taktičke radnje u sklopu kojih se provodi policijska

¹ Zakon o policijskim poslovima i ovlastima, NN 76/09., 92/14. i 70/19.

² <https://www.jutarnji.hr/tag/policijska-potjera>,
<https://www.vecernji.hr/tag/policijska-potjera-12003>,
<https://net.hr/tema/policijska-potjera>,
<https://slobodnadalmacija.hr/split-i-zupanja/obala/dramaticna-nocna-potjera-od-trogira-do-splita-muskarac-bjezao-policiji-prosao-dva-crvena-kazna-ce-bit-drakonska-1450922>,
<https://www.telegram.hr/tema/policijska-potjera/>,
<https://www.vecernji.hr/vijesti/video-filmska-potjera-u-zagorju-vozac-bjezao-od-policije-pa-zavrasio-u-kanalu-ozlijedenog-prijatelja-ostavio-u-vozilu-1828932>,
<https://www.jutarnji.hr/vijesti/crna-kronika/droga-letjela-drzicevom-mladic-sinoc-u-zagrebu-bjezao-policiji-iz-auta-bacao-sve-sto-je-stigao-15540199>,
<https://www.facebook.com/DNEVNIK.hr/videos/potjera-u-zagrebu-ukradenim-automobilom-bje%C5%BE-ao-policiji/1066884742106840/>
i brojni drugi medijski naslovi i tekstovi.

³ Zakon o policijskim poslovima i ovlastima, op. cit.

⁴ Zakon o sigurnosti prometa na cestama, NN 67/08., 48/10., 74/11., 80/13., 158/13., 92/14., 64/15., 108/17., 70/19., 42/20., 85/22., 114/22., 133/23., čl. 32.

ovlast uporabe uređaja za prisilno zaustavljanje motornih vozila determinirane su kretanjem motornog vozila koje treba zaustaviti. U prve dvije zakonske točke to je bijeg, pa nezakoniti prelazak državne granice, potom nedopušteni pristup i daljnja (neovlaštena) vožnja. Determinanta je u svim slučajevima vozilo u pokretu pa je jedini racionalan izbor za njegovo prisilno zaustavljanje potjera, blokada ili zasjeda, ovisno o situaciji na terenu.

Pravilnikom o načinu postupanja policijskih službenika⁵ razrađene su zakonske odredbe te izgled, postupak i način primjene tog uređaja, a najvažnije je što se njime određuje i tko te u kojoj operativno-taktičkoj radnji nalaže njegovu uporabu.

Stari Pravilnik,⁶ koji više nije na snazi, u čl. 135. propisivao je da „uporabu uređaja za prisilno zaustavljanje motornog vozila kod zasjede i potjere nalaže nadležni rukovoditelj“. Problem je bio u tomu što nije bilo jasno definirano tko je taj „nadležni rukovoditelj“ pa se uobičajilo da je to voditelj „operativnog dežurstva“, odnosno „operativno-komunikacijskih centara“ odgovarajuće razine. Kako su oni u pravilu boravili u prostorijama dežurstva, a ne na terenu, nisu imali dovoljno jasan uvid u situaciju na terenu pa ne čudi što se nisu usuđivali donijeti odluku o uporabi tog uređaja. No stupanjem na snagu novog Pravilnika iz 2022. dogodile su se znatne promjene pa je člankom 147. propisano da „uporabu uređaja za prisilno zaustavljanje motornog vozila kod blokade i potjere nalaže rukovoditelj provođenja ove radnje“. Dakle, to može biti i vođa ophodnje koja je u potjeri, pa i pojedinac, primjerice motorist ako je sam u potjeri. Važno je razlikovati činjenicu da osoba koja nalaže ne mora biti i ona koja tehnički primjenjuje mjeru, odnosno razvlači „ježu“. Proizlazi da je donositelj Pravilnika, odnosno ministar unutarnjih poslova odluku o uporabi uređaja prepustio rukovoditelju koji neposredno sudjeluje u aktivnosti, primjerice potjeri, što je i logično jer on ima najbolji uvid u događaj. Također, proizlazi da je „prvi rukovoditelj Ministarstva“, ministar, koji je potpisnik Pravilnika i odgovoran je za „zakonito i pravilno izvršavanje propisa iz njegovog djelokruga“⁷ u cijelom Ministarstvu, tom promjenom htio olakšati uporabu ovog uređaja. Situacija se može usporediti s uporabom vatrenog oružja kao „najpogibelnijeg“ sredstva prisile, o čijoj uporabi odluku donosi svaki policijski službenik po vlastitoj prosudbi, a ne nikakav „nadležni“ rukovoditelj pa ni „rukovoditelj provođenja radnje“. Dakle, svaki policijski službenik već dan nakon isteka vježbeničkog staža.

No „jež“ se i dalje ne koristi ili se koristi iznimno rijetko, za što ne postoji nikakvo racionalno objašnjenje. Valja napomenuti da su ovlasti dodijeljene policijskim službenicima da ih primjenjuju kada su ispunjene zakonske pretpostavke, a ne da ih izbjegavaju primijeniti. Neprimjenjivanje bilo koje ovlasti kad je zakonom propisana njezina primjena povlači disciplinsku odgovornost policijskih službenika i može se usporediti sa situacijom da policijski službenik zatekne osobu u počinjenju kaznenog djela i odluči ne primijeniti svoje zakonske ovlasti, nego se iz straha ili drugog razloga okrene i napusti poprište događaja kao da se to njega ne tiče. Tako se nesumnjivo može počinuti ne samo određeni disciplinski prijestup, nego i neko od službeničkih kaznenih djela koje se može počinuti „nečinjenjem“, odnosno propuštanjem dužne radnje.

Vrlo je vjerojatno da su svi uređaji za prisilno zaustavljanje motornih vozila u Ministarstvu unutarnjih poslova nabavljeni u legalnom postupku te da imaju valjane sigurnosne

⁵ Pravilnik o načinu postupanja policijskih službenika, NN 20/22., 37/23., 114/23., čl. 146. – 148.

⁶ Pravilnik o načinu postupanja policijskih službenika, NN 89/10.

⁷ Zakon o sustavu države uprave, NN 66/19., 155/23., čl. 32. st. 1.

certifikate i jamstva. Kako Ministarstvo zasigurno ne bi nabavljalo vatreno oružje za koje nije sigurno hoće li ili neće opaliti kada to bude potrebno, odnosno za koje nije sigurno hoće li ili neće pogoditi mjesto u koje se cilja, tako je opravdano vjerovati da su nabavljeni „ježevi“ koji imaju valjane sigurnosne certifikate i garancije da će u kontroliranim uvjetima probušiti gume na spornom vozilu a da ne prouzroče neplaniranu opasnost, nekontrolirano kretanje tog vozila i ugrozu sudionika.

Naime, svrha uređaja za prisilno zaustavljanje motornog vozila jest kontrolirana i postupna dekompresija pneumatika koja dovodi do pouzdanog i sigurnog zaustavljanja vozila u bijegu, bez destabilizacije i gubitka upravljivosti nad vozilom.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj je ovog istraživanja utvrditi:

- vrijeme potrebno za potpunu dekompresija pneumatika
- kako dekomprimirani pneumatici utječu na stabilnost i upravljivost vozila u njegovom pravocrtnom kretanju
- kako prekoračenje najveće dopuštene mase vozila utječe na upravljivost vozila s dekomprimiranim pneumaticima i njegov zaustavni put.

Kao kumulativni cilj istraživanja može se postaviti odgovor na pitanje je li i koliko uređaj za prisilno zaustavljanje motornih vozila opasan za korištenje.

3. METODE ISTRAŽIVANJA

U istraživanju su korištene metode **eksperimenta** u realnim uvjetima i **anketiranja** svih sudionika, a posebno vozača i suvozača koji su se mijenjali u svakoj vožnji. Jedini stalni član posade bio je policijski službenik koji je upravljao uređajima postavljenim u kabini vozila i ispunio je samo jedan anketni upitnik.

Za bilježenje podataka u testnim vozilima nalazili su se sustav nadzora tlaka zraka u pneumaticima i videooprema koja je bilježila telemetrijske podatke o brzini kretanja vozila, grafikone brzina kretanja vozila u jedinici vremena, lokaciju odnosno rutu kretanja, kao i G silu koja je djelovala na vozilo tijekom kretanja od starta do konačnog zaustavljanja.

Uz snimanje iz vozila, eksperiment je sniman i fotografiran sa zemlje i iz zraka (dronom), a proveden je u dva navrata.

Prvi je eksperiment proveden 9. listopada 2024. na poligonu vojarne Croatia u Zagrebu, neposredno uz Sajmišnu cestu, pri čemu je izvedeno testiranje brzinama 50, 70 i 80 km/h. Vozila su pritom bila opterećena masom triju osoba – vozača, suvozača i manipulatora tehničkim uređajima u i na vozilu. Provedeno je ukupno 12 vožnji osobnim vozilom i kombijem, što punim profilom, što poluprofilom (samo lijevim kotačima) na suhom i mokrom kolniku. Mokri je kolnik osiguran uporabom tzv. vodenog topa, tj. cisterne opremljene odgovarajućim mlaznicama.

Drugi je eksperiment proveden 14. siječnja 2025. na poligonu Tehničko-remontnog zavoda Zrakoplovno-tehničkog centra u Velikoj Gorici, koji je u zakupu Centra za vozila Hrvatske. Naime, poligon vojarne Croatia nije dovoljno dug da se postigne veća brzina pod maksimalnim opterećenjem vozila, što je omogućavao poligon RRC-a koji je dug 2000 metara i širok 12 metara. Provedene su ukupno četiri vožnje osobnim vozilom i kombijem – što punim profilom, što poluprofilom – brzinom od 120 km/h pod opterećenjem sedam osoba u

osobnom vozilu i 27 osoba u kombiju. Masa osoba koje su nedostajale, uz tri stalna člana posade, simulirana je ekvivalentnim masama vreća s pijeskom.

Potrebno je napomenuti da su autori pretraživanjem interneta i na druge načine pokušali doznati više o takvim eksperimentima provedenim u prošlosti i u inozemstvu i u tuzemstvu. Nisu pronađene informacije o takvim aktivnostima u inozemstvu, ali došlo se do podataka da su u vremenskom okviru od 20-ak godina nekoliko sličnih pokusa izvele specijalna, interventna i prometna policija MUP-a RH na poligonu Grobnik i drugim lokacijama. No to nije rađeno sukladno sa znanstvenom metodologijom, a rezultati nisu prezentirani ni stručnoj ni široj javnosti. U razgovoru su neki od sudionika tvrdili da u pokusima koji su im poznati nije identificirana nikakva opasnost od korištenja tih uređaja.

4. UREĐAJI I OPREMA KORIŠTENI ZA PROVOĐENJE POKUSA

4. 1. Uređaj za prisilno zaustavljanje motornog vozila

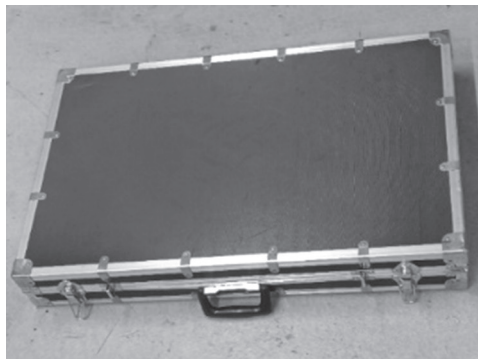
Uređaj za prisilno zaustavljanje vozila mogao bi se nazvati i uređajem za kontroliranu i postupnu dekompresiju pneumatika, koja dovodi do pouzdanog i sigurnog zaustavljanja vozila u bijegu. Vrlo je jednostavan i sastoji se od plastične podloge na kojoj se nalaze šuplji šiljci (nalik igli za injekcije, ali znatno većeg promjera). Plastična podloga sa šiljcima je sklopiva, poput harmonike, i transportira se u za nju izrađenom koferu. Koristi se tako da policijski službenik ili izbací uređaj koji se inercijom razvuče poprečno u odnosu na kolnik ili se pozicionira s druge strane kolnika pa se u prikladnom trenutku povuče preko kolnika. Tako se i povlači s kolnika nakon što njime prođe vozilo koje predstavlja prijetnju. Uređaj je opremljen uzicom za povlačenje duljine 10-ak metara, što je dovoljno za njegovo povlačenje sa suprotne strane kolnika javne ceste prosječne širine. Stoga policijski službenik nije izložen opasnosti jer ne treba pretrčavati kolnik i vući uređaj za sobom, što se nikako ne preporučuje. Dio taktike postupanja u takvim situacijama jest i odabir mjesta za postavljanje uređaja, što uključuje i zaklon za policijskog službenika.

Potrebno je dodati da neke policije u razvijenijim državama koriste znatno suvremenije takve uređaje, od toga da se uređaj aktivira i deaktivira daljinski, odnosno da se šiljci daljinskim upravljanjem izvlače i uvlače, do toga da se eksperimentira sa sposobnostima kontrole i zaustavljanja na daljinu nesuradničkih vozila koja predstavljaju prijetnju s pomoću elektromagnetskih valova koji ometaju ključne komponente automobila, prisiljavajući ga na usporavanje i zaustavljanje.⁸

⁸ Adelina Tumbarska, Non-lethal technologies for forced stopping potentially dangerous vehicles and vessels, chrome-extension://efaidnbmnmbpcjpcglclefindmkaj/https://stumejournals.com/journals/confsec/2021/2/71.full.pdf

Public safety increased with the ability to remotely disable vehicles, <https://cordis.europa.eu/article/id/119900-public-safety-increased-with-the-ability-to-remotely-disable-vehicles>, pristupljeno 13. 10. 2025.

Slike 1, 2: Uređaj za prisilno zaustavljanje motornih vozila



Na slikama je vidljiv izgled uređaja prije njegove uporabe, a može se koristiti višekratno. Prilikom prelaska kotača motornog vozila preko uređaja ne dolazi do oštećenja plastične podloge u kojoj se nalaze šiljci. U koferu, u kojem se uređaj transportira, nalaze se zamjenski šiljci koji se jednostavno postavljaju na mjesto onih koje su kotači pokupili pa je uređaj brzo ponovno potpuno spreman za novu uporabu.

U operativnoj uporabi hrvatske policije tri su modela tih uređaja – RB10, RB7 i RB5. U oznaci modela brojka predstavlja dužinu u metrima. Na modelu dužine 10 metara nalazi se 240 šiljaka, model dužine 7 metara ima 170 šiljaka, a onaj od 5 metara ima 120 šiljaka. Ovisno o intenzitetu razvlačenja, širina razvučenog uređaja može varirati. Optimalna širina razvlačenja iznosi oko 185 milimetara. Uređaj funkcionira tako da se, vodeći računa o sigurnosti ostalih sudionika u prometu, razvuče na kolniku neposredno prije nailaska motornog vozila koje je potrebno prisilno zaustaviti.

U ovom je istraživanju korišten uređaj za prisilno zaustavljanje motornih vozila – model RB7 (slika 3).

Slika 3: Prikaz uređaja za prisilno zaustavljanje motornog vozila koji je spreman za uporabu



Prilikom prelaska motornog vozila preko uređaja kotač najprije nagazi na podignuti rub uređaja,⁹ šuplji šiljci probijaju pneumatik, izvlače se iz plastične podloge i ostaju u pneumaticu. Do dekompresije pneumatika dolazi kontrolirano kroz unutarnju šupljinu šiljka (slike 4, 5, 6, 7, 8).

Slika 4: Prikaz prelaska vozila preko uređaja za prisilno zaustavljanje motornog vozila



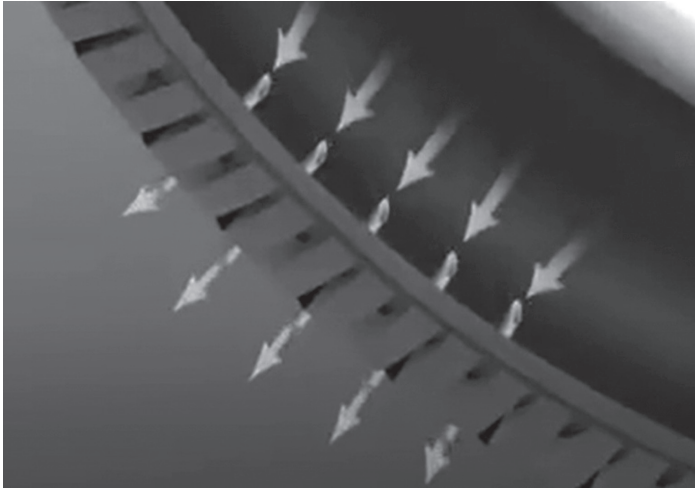
Slika 5: Prikaz pneumatika i uređaja¹⁰



⁹ Rubovi uređaja su u zraku 1 do 1,5 cm u obliku dječje klackalice tako da prvi kontakt između pneumatika i uređaja podigne središnji dio uređaja sa šiljcima i usmjeri ga okomito na gumu, što jamči učinkovito bušenje gume.

¹⁰ <https://www.fedsig.com/product/stinger-spike-system> (17. 1. 2025.)

Slika 6: Prikaz načina izlaska zraka iz pneumatika¹¹



Slike 7, 8: Prikaz vanjske i unutarnje strane pneumatika nakon prelaska preko uređaja



Proizvođač uređaja modela RB10, RB7, RB5 u uputama za uporabu navodi da će pneumatik pri prelasku preko uređaja u prosjeku pokupiti 4 do 6 šiljaka i ispuhati se za 12 do 20 sekundi.¹²

4. 2. Sustav nadzora tlaka zraka u pneumatiku

Zadaća TPMS-a (Tire pressure monitoring system), odnosno sustava nadzora tlaka zraka u pneumaticima jest upozoravanje vozaču na gubitak tlaka u pneumaticima. Postoje dvije vrste sustava – direktni i indirektni. Indirektni sustavi TPMS-a mjere broj okretaja

¹¹ <https://www.youtube.com/watch?v=9Wqx-PTeWUw> (17. 1. 2025.)

¹² <https://www.fedsig.com/product/stinger-spike-system> (17. 1. 2025.)

kotača, a računalni sustav vozila taj broj uspoređuje s drugim parametrima te na osnovi toga prepoznaje je li u kotaču došlo do pada tlaka zraka. Direktni sustavi TMPS-a mjere specifičnu razinu tlaka zraka u svakom kotaču i podatke šalju u upravljački modul vozila, pa ako je tlak zraka niži od potrebnog, na kontrolnoj ploči pali se lampica i vozaču signalizira pad tlaka zraka u nekom od kotača.

Jedan od ciljeva ovog istraživanja bilo je mjerenje vremena potrebnog za potpunu dekompresiju pneumatika. Za mjerenje tlaka zraka u pneumaticima korišten je interni vanjski senzor, model BL8M5.¹³ Model senzora funkcionira tako da se na kotač umjesto kapica ventila postave senzori tlaka zraka koji kod dekompresije pneumatika podatke šalju u internu centralnu jedinicu koja se nalazi u vozilu. Centralna jedinica koja prikuplja podatke putem bluetootha šalje ih na mobitel, na koji je instalirana Android aplikacija BL8 TMPS. Mobilna aplikacija u realnom vremenu pokazuje pad tlaka u pojedinom kotaču, odnosno putem snimke zaslona mobitela s uključenom aplikacijom nakon eksperimenta mjereno je vrijeme koje je proteklo od trenutka kada je došlo do probijanja, odnosno bušenja pneumatika do njegove potpune dekompresije (0,00 bara) (slike 9, 10, 11).

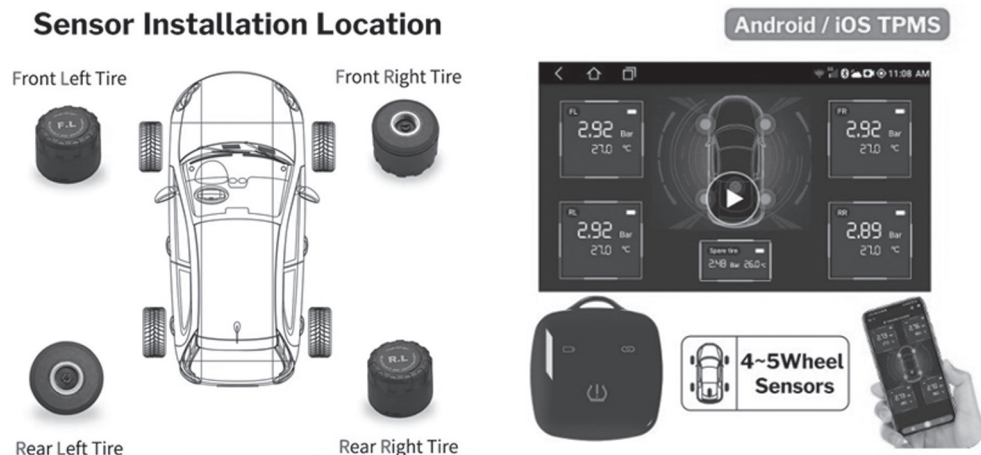
Slika 9: Prikaz vanjskog senzora tlaka zraka u modelu BL8M5¹⁴



¹³ https://www.aliexpress.com/item/1005004638616536.html?srcSns=sns_WhatsApp&spreadType=social-Share&bizType=ProductDetail&social_params=60817969482&aff_fcid=0c7b3ed626394f22a920c73675c90986-1729327796923-05800-_EJCjFjb&tt=MG&aff_fsk=_EJCjFjb&aff_platform=default&sk=_EJCjFjb&aff_trace_key=0c7b3ed626394f22a920c73675c90986-1729327796923-05800-_EJCjFjb&shareId=60817969482&businessType=ProductDetail&platform=AE&terminal_id=b7ffeb696ee54d80a-3ce2e187efa0d24&afSmartRedirect=y (18. 1. 2025.)

¹⁴ <https://www.aliexpress.com/item/1005004599735804.html> (18. 1. 2025.)

Slike 10, 11: Shematski prikaz sustava senzora i prikaz sustava u Android aplikaciji¹⁴



U svakoj testnoj vožnji pneumatice na svim kotačima osobnog automobila bili su napumpani na 2,4 bara, dok su pneumatice kombija bili napumpani na 4,00 bara. Tlak zraka mjereno je digitalnim mjeračem koji se nalazio na kompresoru kojim su pneumatice pumpane prije svake testne vožnje. Nakon montiranja kotača na automobil i postavljanja senzora tlaka zraka na kapicu ventila, prije svake vožnje provjeren je tlak zraka preko aplikacije na mobitelu. Osim pada tlaka zraka u pneumaticima, senzori su mjerili i temperaturu zraka u pneumaticima (slike 12, 13).

Slike 12, 13: Prikaz podataka o padu tlaka zraka u osobnom automobilu i kombiju



¹⁴ <https://www.aliexpress.com/item/1005004599735804.html> (18. 1. 2025.)

4. 3. Videooprema za snimanje testnih vožnji

Osim mjerenja i snimanja tlaka zraka u pneumaticima, kretanje automobila u testnim vožnjama snimano je videokamerama koje su se nalazile u vozilu i izvan njega.

U vozila je postavljena GoPro kamera koje je snimala njihovu putanju u odnosu na zadani orijentir. Osim toga, kamera bilježi i telemetrijske podatke o brzini kretanja vozila, prikazuje grafikon brzine kretanja u jedinici vremena, lokaciju (teren kojim se vozilo kretalo), odnosno rutu kretanja, kao i G silu koja je djelovala na vozilo tijekom kretanja, od starta do konačnog zaustavljanja (slika 14).

Slika 14: Prikaz telemetrijskih podataka iz GoPro kamere



U testnim vožnjama na parkiralištu vojarne Croatia u Zagrebu videokamera koja se nalazila uz desni rub gledano iz smjera dolaska vozila do uređaja za prisilno zaustavljanje, a bila je postavljena 15 metara prije uređaja, snimala je kretanje vozila otraga na putu od prelaska preko uređaja do ulaska u lijevi zavoj. Videokamera koja se nalazila u visini uređaja za prisilno zaustavljanje, uz desni rub gledano iz smjera dolaska vozila, snimala je trenutak prelaska vozila preko uređaja. Na liniji koja je bila orijentir za pravocrtno kretanje vozila, na kraju poligona na kojem je obavljena testna vožnja, na udaljenosti 130 metara od uređaja za prisilno zaustavljanje nalazila se kamera koje je snimala frontalno kretanje vozila (slika 15). Iz bespilotne letjelice snimano je kretanje vozila od prelaska preko uređaja do konačne zaustavne pozicije, koja je od uređaja bila udaljena oko 270 metara.

Slika 15: Kombi ispred uređaja prikazan iz četiri različite pozicije kamera



U vozilu se nalazila kamera koje je snimala brzinomjer prilikom izvođenja pokusa. Snimke brzine kretanja s brzinomjera, u kombinaciji s telemetrijskim podacima s GoPro kamere (brzina kretanja, grafikon brzine kretanja u jedinici vremena, trenutna lokacija vozila) i podacima koje su slali senzori tlaka zraka, u realnom su vremenu precizno pokazivali poziciju vozila na testnoj putanji, njegovu brzinu i tlak zrak u pneumaticima (slika 16).

Slika 16: Prikaz pozicije vozila na testnoj putanji, brzine kretanja i tlaka zrak u pneumaticima



Slika 18: Prikaz piste Zrakoplovno-tehničkog centara d.d. Velika Gorica



4.5. Vrste vozila korištenih u eksperimentu

U testnim vožnjama korištena su službena policijska vozila – kombi marke Mercedes Sprinter, godina proizvodnje 2023., mase 2310 kilograma, najveće dopuštene mase 3500 kilograma, dopuštene nosivosti 1190 kilograma i dimenzija pneumatika 235/65 R16 te osobni automobil Ford Fokus, godina proizvodnje 2023., mase 1507 kilograma, najveće dopuštene mase 2035 kilograma, dopuštene nosivosti 528 kilograma i dimenzija pneumatika 205/60/R16.

Za testne vožnje korišteni su rabljeni pneumatici (raznih proizvođača) s dubinom uto-
ra od 4 do 7 milimetara.

Prije svake testne vožnje svi pneumatici na osobnom automobilu bili su napumpani na 2,4 bara, dok je tlak zraka u svim pneumaticima kombija iznosio 4,00 bara. Tlak zrak u pneumaticima mjereno je digitalnim mjeracem koji se nalazio na kompresoru kojim su pneumatici pumpani prije svake testne vožnje.

5. METODOLOGIJA IZVOĐENJA TESTNIH VOŽNJI

Ukupno je izvedeno 16 testnih vožnji, od toga devet osobnim automobilom i sedam kombijem. I jednim i drugim automobilom vožnje su izvedene tako da je vozilo u prvoj varijanti preko uređaja za prisilno zaustavljanje prelazilo svim kotačima, dok su u drugoj varijanti vozila preko uređaja prelazila samo jednom stranom, odnosno samo lijevim kotačima.

Testiranje na parkiralištu pokraj vojarnje Croatia u Zagrebu, Sajmišna cesta bb, obavljeno je za brzine od 50, 70 i 80 km/h. U vrijeme izvođenja testnih vožnji bio je sunčan dan, a kolnik je bio suh. Oba testna vozila u jednoj su vožnji pri brzini od 80 km/h svim kotačima preko uređaja prešla na mokrom kolniku. Uvjeti mokrog kolnika stvoreni su tako da je testna površina prije vožnje polivena vodom iz tzv. vodenog topa.

Testiranje na pisti Zrakoplovno-tehničkog centara d.d. Velika Gorica, Sisačka 39e, obavljeno je brzinama od 120 km/h. U vrijeme izvođenja vožnji bio je sunčan dan, a pista je bila suha. U svakoj vožnji u vozilu su se nalazile tri osobe, a bilo je dodatno opterećeno vrećama s pijeskom mase 25 kilograma. Osobni automobil uz tri osobe dodatno je bio opterećen s 12 vreća pijeska, što odgovara ekvivalentu opterećenja od sedam osoba prosječne mase 75 kilograma.

U obje testne vožnje pri brzini od 120 km/h kombi je uz tri osobe bio dodatno opterećen sa 72 vreće pijeska, što odgovara ekvivalentu opterećenja od 27 osoba prosječne mase 75 kilograma. S obzirom na najveću dopuštenu masu od 3500 kilograma, kombi je bio opterećen 853 kilograma iznad najveće dopuštene mase.

U svakoj testnoj vožnji u vozilu su se nalazile tri osobe. Za svaku vožnju mijenjali su se vozači i suvozači, dok je treći član posade, koji je bio zadužen za postavljanje, ujednačavanje i praćenje tehničkih elemenata i uređaja u vozilu, uvijek bio ista osoba. Tijekom izvođenja testa sve osobe u vozilu bile su vezane sigurnosnim pojasom, a na glavi su imale zaštitne kacige.

Prije svake vožnje vozači su dobili kratke upute koje su se odnosile na brzinu kretanja vozila i prelazak vozila preko uređaja te na upravljanje i usporavanje vozila nakon prelaska preko uređaja.

U svim pokusima pri brzinama od 50, 70 i 80 km/h, koji su se izvodili na parkiralištu pokraj vojarnje Croatia, vozači su trebali pratiti liniju spajanja dvaju kolničkih zastora koja je bila orijentir za pravocrtno kretanje vozila, stošće – čunjeve koji su bili orijentir za kretanje u zavoju te liniju parkirališnih mjesta koja je bila orijentir za kretanje vozila od izlaska iz zavoj-a do mjesta na kojem su se mijenjali dekomprimirani pneumatici. Prije testiranja oba vozila pri brzinama od 50 km/h vozači su dobili upute da ne koče od prelaska preko uređaja do ulaska u lijevi zavoj. Prilikom testiranja vozila pri brzinama od 70 i 80 km/h vozači su nakon prelaska preko uređaja trebali lagano kočiti do ulaska u lijevi zavoj. Preporučeni intenzitet kočenja bio je takav da vozilo prije ulaska u zavoj smanji brzinu kretanja na onu kojom može sigurno proći zavoj. Intenzitet i način kočenja do postizanja brzine kojom je vozilo ulazilo u zavoj ovisio je o osobnim karakteristikama svakog vozača.

U svim pokusima pri brzinama od 120 km/h, koji su se izvodili na pisti Zrakoplovno-tehničkog centara d.d., vozači su se trebali kretati sredinom piste.

U testiranju prelaska osobnog automobila preko uređaja pri brzinama od 120 km/h vozači su dobili upute da ne koče od prelaska preko uređaja do zaustavljanja.

Prilikom testiranja kombija pri brzinama od 120 km/h vozači su nakon prelaska preko uređaja trebali lagano kočiti. Preporučeni intenzitet kočenja bio je približno sličan prosječnom kočenju prilikom zaustavljanja zbog promjene svjetla na semaforu.

Promjena vozača i suvozača provedena je kako bi što veći broj sudionika eksperimenta stekao iskustvo vožnje preko uređaja za prisilno zaustavljanje, imajući na umu da će se tako moći prikupiti relevantniji uzorak iskustava za naknadno ispunjavanje anketnog upitnika. Nakon svake vožnje vozači i suvozači upitani su o eventualnim problemima i dojmovima te su ispunili anketni upitnik.

5. 1. Načini bilježenja rezultata testnih vožnji

Nakon svake testne vožnja s centralne jedinice, gdje su se prikupljali podaci koje šalju senzori tlaka zraka koji su se nalazili na kapiicama ventila, preko mobilne aplikacija BL8 TMPS skinuti su i pohranjeni podaci vezani uz pad tlaka u pneumaticima kotača koji su dekomprimirani prilikom prelaska preko uređaja. Na vozilu su fotografirani dekomprimirani kotači. Kada je kotač demontiran, u posebno pripremljeni obrazac upisani su podaci o rednom broju testne vožnje i vrsti vozila koje je korišteno, stanju kolnika (suho, mokro), brzini kretanja vozila, vrsti prelaska preko uređaja (svi kotači ili samo lijevi), marki pneumatika, dubini utora na pneumatiku, poziciji na kojoj se kotač nalazio i broju šiljaka koji je pneumatik pokupio. Broj šiljaka u svakom pneumatiku koji je bio dekomprimiran dokumentiran je fotografijom s vanjske i unutarnje strane.

Snimke kamera koje su se nalazile u vozilu, kao i onih koje su bile postavljene na testnoj putanji vozila te snimke koje su nastale iz bespilotne letjelice nisu skidane nakon svake testne vožnje nego nakon završetka svih testiranja.

5. 2. Tabelarni prikaz rezultata testnih vožnji

U tablici 1 prikazani su rezultati svih 16 testnih vožnji. U prvom stupcu nalaze se broj pokusne vožnje, vrsta vozila koje je korišteno i stanje kolnika. U drugom stupcu navedena je brzina kretanja vozila u pokusu. U trećem stupcu navedena je vrsta prelaska vozila preko uređaja (prelazak sa svim ili samo lijevim kotačima). U četvrtom stupcu navedena je marka pneumatika, a u petom dubina utora na pneumatiku. U šestom stupcu navedeni su pozicija pneumatika i broj šiljaka koje je dekomprimirani pneumatik pokupio (npr. PL-4, prednji lijevi – 4 šiljaka), dok je u sedmom stupcu navedeno vrijeme pražnjenja pneumatika (u sekundama). Ako pneumatik u pokusnoj vožnji nije dekomprimiran, u nastavku iza skraćenice njegove pozicije (PL, PD, ZL, ZD) nije naveden broj šiljaka, a u šestoj koloni nema vremena pražnjenja (tablica 1).

Tablica 1: Prikaz rezultata testnih vožnji

Broj pokusa, vrsta vozila i stanje kolnika	Brzina kretanja	Vrsta prelaska (svi kotači ili samo lijevi)	Marka pneumatika	Dubina utora na pneumatiku (mm)	Pozicija kotača i broj šiljaka	Vrijeme dekompresije pneumatika (sekunde)
P-1. Osobni automobil	50 km/h	Svi kotači	Kleber	6	PL-4	21
				5	PD-3	22
				6	ZL-1	86
					ZD-	
P-2. Osobni automobil	50 km/h	Samo lijevi kotači	Fulda	7	PL-5	34
					PD-	
					ZL-	
					ZD-	

P-3. Osobni automobil	80 km/h	Svi kotači	Sava	7	PL-3	18
				6.5	PD-4	21
					ZL-	
					ZD-	
P-4. Osobni automobil	80 km/h	Samo lijevi kotači	Sava	7	PL-3	18
					PD-	
					ZL-	
					ZD-	
P-5. Osobni automobil (mokar kolnik)	80 km/h	Svi kotači	Sava	6.5	PL-4	20
				6	PD-4	20
					ZL-	
					ZD-	
P-6. Osobni automobil	70 km/h	Svi kotači	Sava	6.5	PL-4	17
				6	PD-4	48
					ZL-	
					ZD-	
P-7. Osobni automobil	70 km/h	Samo lijevi kotači	Kleber	5.5	PL-4	22
					PD-	
					ZL-	
					ZD-	
P-8. Osobni automobil pod opterećenjem	120 km/h	Svi kotači	Fireston	5	PL-3	28
				5	PD-3	30
					ZL-	
			Sava	5	ZD-1	78
P-9. Osobni automobil pod opterećenjem	120 km/h	Samo lijevi kotači	Toyo	6	PL-5	26
					PD-	
			Dunlop	4	ZL-1	82
					ZD-	
P-10. Kombi vozilo	50 km/h	Svi kotači	Petlas	5	PL-3	55
				5	PD-3	55
					ZL-	
					ZD-	

P-11. Kombi vozilo	50 km/h	Samo lijevi kotači	Michelin	6	PL-4	34
					PD-	
					ZL-	
					ZD-	
P-12. Kombi vozilo	80 km/h	Svi kotači	Michelin	4	PL-3	67
				5	PD-5	32
					ZL-	
					ZD-	
P-13. Kombi vozilo	80 km/h	Samo lijevi kotači	Sava	7	PL-4	34
					PD-	
					ZL-	
					ZD-	
P-14. Kombi vozilo (mokar kolnik)	80 km/h	Svi kotači	Hankook	5	PL-5	31
				6	PD-5	20
					ZL-	
					ZD-	
P-15. Kombi vozilo pod opterećenjem	12 km/h	Svi kotači	Michelin	4	PL-5	34
				5	PD-5	40
					ZL-	
					ZD-	
P-16. Kombi vozilo pod opterećenjem	120 km/h	Samo lijevi kotači	Michelin	5	PL-4	48
					PD-	
					ZL-	
					ZD-	

Iz rezultata prikazanih u tablici 1 vidljivo je da je u obje varijante prelaska osobnog vozila i kombija preko uređaja za prisilno zaustavljanje vozila (svi kotači ili samo lijevi) u tri pokusa došlo do dekompresije pneumatika zadnjeg kotača samo na osobnom automobilu (pokus broj 1, ZL-1 šiljak, prelazak osobnog svim kotačima pri brzini od 50 km/h, pokus broj 8, ZD-1 šiljak, prelazak osobnog svim kotačima pri brzini od 120 km/h, pokus broj 9, ZL-1 šiljak, prelazak osobnog svim kotačima pri brzini od 120 km/h), što u ukupnom broju od 16 pokusa iznosi 18,75%. Ni u jednoj varijanti pokusa s kombijem nije došlo do dekompresije njegovih zadnjih kotača.

Prilikom prelaska osobnog automobila preko uređaja svim kotačima pneumatici prednjih kotača pokupili su 3 ili 4 šiljka.

Prosječan broj šiljaka u pneumaticima prednjih kotača pri prelasku osobnog automobila preko uređaja svim kotačima iznosio je 3,60.

Pri prelasku osobnog automobila preko uređaja s dva kotača (lijevi kotači) prednji kotači pokupili su 3, 4 ili 5 šiljaka. Prosječan broj šiljaka u pneumatiku prednjeg kotača (lijevi kotač) u prelasku preko uređaja s dva kotača iznosio je 4,25.

Pneumatici na osobnom automobilu prije početka vožnje bili su napumpani na 2,4 bara. Prema snimkama pada tlaka zraka u gumama, prosječno vrijeme pražnjenja pneumatika na prednjim kotačima osobnog automobila iznosilo je 24,64 sekunde.

Iz prikazanih rezultata vidljivo je da pri prelasku osobnog automobila preko uređaja za prisilno zaustavljanje vozila samo s dva kotača (lijevi kotači) pneumatici u prosjeku pokupe nešto više šiljaka (prosječno 4,25 šiljaka) nego kada vozilo preko uređaja prijeđe svim kotačima (prosječno 3,60 šiljaka).

Od ukupno 16 prelazaka osobnog vozila i kombija preko uređaja za prisilno zaustavljanje vozila (svi kotači ili samo lijevi) u tri pokusa došlo je do dekompresije pneumatika zadnjeg kotača, i to samo na osobnom automobilu. Pri prelasku preko uređaja u sva tri slučaja pneumatici su pokupili po jedan šiljak. Prema snimkama pada tlaka zraka u gumama, prosječno vrijeme pražnjenja pneumatika na zadnjim kotačima osobnog automobila s jednim pokupljenim šiljkom iznosilo je oko 82 sekunde.

Pri prelasku kombija preko uređaja svim kotačima pneumatici prednjih kotača pokupili su 3 ili 5 šiljaka. Prosječan broj šiljaka u pneumaticima prednjih kotača u prelasku svih kotača preko uređaja iznosio je 4,25.

Pri prelasku kombija preko uređaja s dva kotača (lijevi kotači) pneumatici su pokupili po 4 šiljaka. Prosječan broj šiljaka u pneumatiku prednjeg kotača u prelasku preko uređaja s dva kotača iznosio je 4.

Pneumatici na kombiju bili su napumpani na 4 bara. Prema snimkama pada tlaka zraka u gumama, prosječno vrijeme pražnjenja pneumatika na prednjim kotačima kombija iznosilo je 40,90 sekundi.

Iz prikazanih rezultata koji se odnose na prosječan broj pokupljenih šiljaka pri prelasku kombija preko uređaja vidljivo je da u obje varijante prelaska (svi kotači ili samo dva kotača) prosječan broj šiljaka iznosi 4.

Kad se kompariraju prelasci oba vozila svim kotačima preko uređaja, vidljivo je da je prosječan broj pokupljenih šiljaka nešto veći kod prednjih pneumatika kombija. Prosječan odnos pokupljenih šiljaka kombija u odnosu na osobni automobil iznosi 4,25 : 3,60 šiljaka.

Tlak zraka u pneumaticima osobnog automobila iznosio je 2,4 bara, a u kombiju 4,0 bara, iz čega je vidljivo da je tlak zraka u pneumaticima kombija bio veći za 40%.

Prosječno vrijeme pražnjenja pneumatika na osobnom automobilu iznosilo je 24,64 sekunde, a na kombiju je to bilo 40,90 sekundu, iz čega proizlazi da je pražnjenje pneumatika u kombiju trajalo u prosjeku 39,75% dulje u odnosu na pražnjenje pneumatika u osobnom automobilu, što približno odgovara razlici u tlaku zraka prije bušenja guma.

Iz navedenih vrijednosti vidljivo je da vrijeme dekompresije pneumatika ovisi o dimenzijama pneumatika i tlaku zraka u pneumatiku.

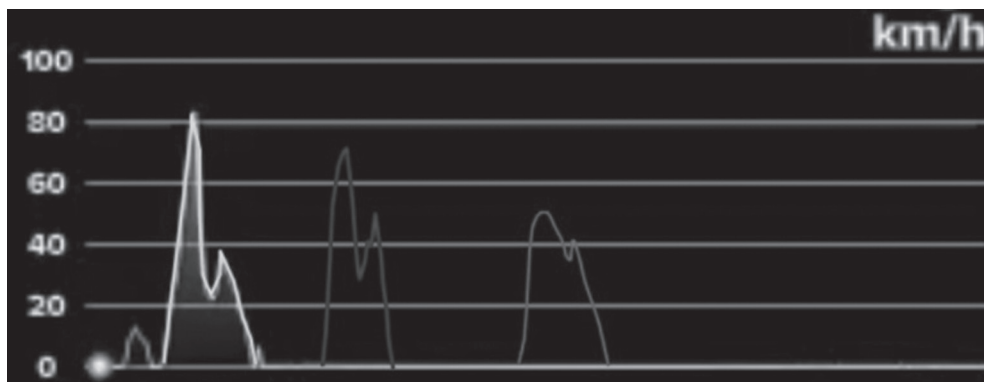
Iz tabelarnog prikaza vidljivo je da vrijeme pražnjenja pneumatika istih dimenzija s istim brojem pokupljenih šiljaka nije uvijek isto. Razlika u trajanju (sekunde) njihova pražnjenja nastaje zato što u probijanju pneumatika kod dijela šiljaka njihov puni unutarnji profil ne bude u cijelosti slobodan za izlazak zraka jer dijelom ostane zatvoren trganjem plastike koja je prije toga šiljak držala u postolju uređaja.

Iz videosnimki koje prikazuju kretanja vozila nakon prelaska preko uređaja za prisilno zaustavljanje u svim je pokusima vidljivo da nije dolazilo do destabilizacije i zanošenja, što znači da se vozilom moglo upravljati, kako u pravocrtnom kretanju tako i u kretanju zavojem. Navedeno vrijedi za sve brzine pri kojima su pokusi izvedeni, kako za pokuse na suhom tako i za one na mokrom kolniku.

6. KRETANJE, USPORAVANJE I ZAUSTAVLJANJE VOZILA NAKON PRELASKA PREKO UREĐAJA

Iako su vozači prije vožnje dobili upute o načinu i intenzitetu usporavanja vozila nakon prelaska preko uređaja za prisilno zaustavljanje vozila, iz telemetrijskih podataka GoPro kamera, odnosno grafikona prikaza brzine kretanja vozila u jedinici vremena i trenutačne lokacije vozila razvidno je da intenzitet ubrzanja i usporenja vozila ovisi isključivo o osobnim karakteristikama vozača, a nikako o trenutačnom stupnju dekompresije pneumatika (slika 19).

Slika 19: Prikaz intenziteta usporenja vozila prije ulaska u zavoj i njegovo ubrzanje te usporavanje nakon izlaska iz zavoja pri brzinama kretanja od 80, 70 i 50 km/h



U testiranju na parkiralištu vojarne Croatia pri brzinama od 50, 70 i 80 km/h, nakon prelaska preko uređaja vozila su se kretala pravocrtno sljedećih 105 metara, potom su ulazila u oštar lijevi zavoj (označen stošcima – čunjićima) radijusa zakrivljenosti 20-ak metara i dužine 50-ak metara, a nakon izlaska iz zavoja sljedećih 120 metara (do mjesta zamjene guma) nastavila su se pravocrtno kretati.

Pri brzinama kretanja od 50 km/h, od prelaska preko uređaja do ulaska u lijevi zavoj, vozila su kočila samo motorom. Na putu dugom oko 105 metara u 10-ak sekundi ostvarila su prosječno usporenje od $b_{usp.} = 1.39 \text{ m/s}^2$.

Pri brzinama kretanja od 70 km/h, od prelaska preko uređaja do ulaska u lijevi zavoj, vozila su lagano kočila. Na putu dugom oko 105 metara u 8 sekundi ostvarila su prosječno usporenje od $b_{usp.} = 2.43 \text{ m/s}^2$.

Pri brzinama kretanja od 80 km/h, od prelaska preko uređaja do ulaska u lijevi zavoj, vozila su lagano kočila. Na putu dugom oko 105 metara u 7 sekundi ostvarila su prosječno usporenje od $b_{usp.} = 3.17 \text{ m/s}^2$, što odgovara prosječnom kočenju prilikom zaustavljanja zbog promjene svjetla na semaforu.

Usporenja pri brzini od 70 i 80 km/h odgovaraju usporenju koje odgovara gravitaciji

od 0,14 do 0,20 G. Usporedbe radi, u frontalnom naletu automobila na betonski zid pri brzini od 50 km/h ostvari se prosječno usporenje od 20 G.

Prosječna brzina kojom su vozila ulazila u oštar lijevi zavoj radijusa zakrivljenosti 20-ak metara iznosila je 30 km/h. Prosječno bočno ubrzanje koje su vozila mogla imati pri prolasku zavojem iznosilo je $b = 3,47 \text{ m/s}^2$. To bočno ubrzanje predstavlja oštru vožnju, ali i pri takvom ubrzanju u zavoju uslijed dekompresije pneumatika nije došlo do destabilizacije, zanošenja ili gubitka upravljivosti vozila.

Pri brzinama kretanja od 50, 70 i 80 km/h, na putu dugom oko 105 metara, prije ulaska u oštar lijevi zavoj radijusa zakrivljenosti 20-ak metara vozila su uz kočenje motorom ili samo laganim kočenjem zavojem prolazila prosječnom brzinom od 30 km/h, a da pri tome uslijed dekompresije pneumatika nije došlo do destabilizacije, zanošenja ili gubitka upravljivosti vozila.

Prilikom testiranja na pisti Zrakoplovno-tehničkog centra d.d. pri brzinama od 120 km/h, nakon prelaska osobnog automobila preko uređaja, do mjesta zaustavljanja automobil je kočio samo motorom. Na putu dugom oko 400 metara u oko 19 sekundi ostvareno je prosječno usporenje od $b_{usp.} = 1.75 \text{ m/s}^2$.

Kombi je pri brzinama od 120 km/h, nakon prelaska preko uređaja, do mjesta zaustavljanja lagano kočio. Na putu dugom oko 250 metara u oko 12 sekundi ostvareno je prosječno usporenje od $b_{usp.} = 2.78 \text{ m/s}^2$, što odgovara prosječnom kočenju prilikom zaustavljanja zbog promjene svjetla na semaforu.

Oba navedena prosječna usporenja pri brzini od oko 120 km/h odgovaraju usporenju koje odgovara gravitaciji od 0,18 do 0,28 G. Usporedbe radi, u frontalnom naletu automobila na betonski zid pri brzini od 50 km/h ostvari se prosječno usporenje od 20 G.

7. KOMPARACIJA VRIJEDNOSTI IZ UPUTA PROIZVOĐAČA UREĐAJA I REZULTATA TESTNIH VOŽNJI

Proizvođač uređaja koji su korišteni u testiranju (model RB7) u uputama za uporabu navodi da će pneumatik pri prelasku preko uređaja prosječno pokupiti 4 do 6 šiljaka i ispuhati se za 12 do 20 sekundi.¹⁵

Iz rezultata testiranja vidljivo je da su pneumatici prednjih kotača osobnog automobila u prosjeku pokupili 3,60 šiljaka, a kombiji 4,25 šiljaka, što je za osobni automobil ispod donje granice, a za kombi je na donjoj granici koju navodi proizvođač.

Prosječno vrijeme pražnjenje prednjih pneumatika na osobnom automobilu iznosilo je 24,64 sekunde, a na kombiju je bilo 40,90 sekundu. Iz uputa proizvođača vidljivo je da će se pneumatik ispuhati za 12 do 20 sekundi.

Iz uputa proizvođača koje se odnose na vrijeme pražnjenja nakon bušenja pneumatika nije vidljivo na koji se iznos tlaka zraka u pneumaticima odnosi vrijeme od 12 do 20 sekundi te odnosi li se ono na trenutak kada tlak zraka u pneumaticima bude jednak nuli. Iz testnih rezultata jasno je da vrijeme pražnjenja pneumatika uvelike ovisi o njegovim dimenzijama, kao i broju bodlji koje pneumatik pokupi.

Dulje prosječno vrijeme dekompresije pneumatika dobiveno u testnim vožnjama, u odnosu na vrijeme koje deklarira proizvođač uređaja, upućuje na to da se pneumatici prazne

¹⁵ <https://www.fedsig.com/product/stinger-spike-system> (17. 1. 2025.)

i sporije od onoga što je naveo proizvođač, a to osigurava kontroliranu i postupnu dekompresiju te usporavanje vozila na sigurnu brzinu. Vozaču to omogućuje kontrolirano zaustavljanje bez destabilizacije i iznenadnoga gubitka upravljivosti nad vozilom.

8. ZAKLJUČAK

Rezultati eksperimenta pokazali su da je uređaj za prisilno zaustavljanje motornih vozila (tzv. jež) djelotvorno sredstvo za prisilno zaustavljanje motornih vozila.

Pokazali su, također, da uporaba uređaja uzrokuje kontroliranu i postupnu dekompresiju pneumatika, što omogućuje vozaču kontrolirano zaustavljanje, bez destabilizacije i gubitka upravljivosti nad vozilom. Iz toga proizlazi da je to sigurno sredstvo koje ne predstavlja opasnost za sudionike u prometu na koje se primjenjuje, kao ni za ostale građane.

Činjenica je da se eksperiment odvijao u kontroliranim uvjetima, da su površine na kojima se odvijao odabrane tako da se vodilo računa o mogućnostima da eksperiment završi nepovoljnim rezultatom, odnosno slijetanjem, prevrtanjem vozila, mogućim stradavanjem posada testnih vozila, pa i pasivnih promatrača. Zbog toga su bili važni dužina i širina poligona, pozicioniranje promatrača, izostanak bilo kakvog raslinja ili objekata uz poligon koji bi u tim slučajevima mogli pridonijeti stradavanju sudionika. Zbog toga su i poduzimane dodatne mjere sigurnosti, kao što je zaštitna kaciga koju su posade testnih vozila imale na glavi jer bi uz aktivne i pasivne sustave sigurnosti vozila (sigurnosni pojas, zračni jastuci i dr.) jamčile što manju štetu. Također, svi su sudionici, aktivni i pasivni, informirani o eksperimentu i svim njegovim elementima kako bi dali svoj „informirani pristanak“ za sudjelovanje. Valja napomenuti da će se rezultati anketnog upitnika u vezi s tim obraditi u zasebnom članku koji će biti naknadno objavljen jer je upitan već obujam ovog članka, odnosno prelazi uobičajene gabarite. Svakoj je razumnoj osobi jasno da uporaba bilo kojeg sredstva prisile može završiti tragično. Svjedoci smo da je i primjena tjelesne snage kao najblažeg sredstva prisile i u našoj, nacionalnoj policijskoj praksi završavala tragično, primjerice prisiljavanje na poslušnost uporabom tzv. koljenice, čega se, vjerujemo, sjeća velik broj policijskih službenika. Tragično može završiti i uporabe palice, službenog psa, kemijskih sredstava, sve do vatrenog oružja i posebnih vrsta oružja. Uvijek treba imati u vidu da su sredstva prisile, koriste li se u skladu sa zakonom, reakcija na nepoštovanje zakona počinitelja prema kojima se primjenjuju. To znači da se sve posljedice koje iz toga mogu proizići mogu izravno pripisati osobi na koju se ta sredstva primjenjuju. Naime, ta osoba ima izbor između zakonitog i nezakonitog postupanja, a pred policijskim službenicima koji ureduju jedini je zakoniti put uporaba nekog od sredstva prisile. Alternativa je njegovo nezakonito ponašanje, što nije opcija. Može se očekivati da i neka buduća uporaba uređaja za prisilno zaustavljanje motornog vozila završi tragično. No to može biti rezultat slijeda određenih nesretnih okolnosti, panične reakcije vozača i sl., a nikako posljedica zakonite primjene uređaja za prisilno zaustavljanje motornog vozila kako je to propisano. Eksperimentom je dokazano da je primjena tog uređaja, kako je to prezentirano u ovom članku, potpuno sigurna metoda prisilnog zaustavljanja motornih vozila.

Može biti upitno samo koliko je to opasno za policijske službenike koji ga primjenjuju. No ta tema prelazi okvire ovoga rada koji je ionako preopširan i može biti tema nekoga novog eksperimenta.

Istraživači ove problematike u budućnosti mogu poći od rezultata ovog eksperimenta te ga nadopuniti tako da se testira prelazak preko „ježa“ vozilima sa zadnjom vučom, na neasfaltiranim površinama, prelazak kočenim kotačima, teretnim vozilima i slično.

Ovako provedenim eksperimentom utvrđeno je da nema razloga ni za kakav racionalan ili iracionalan strah od uporabe ovog uređaja. Prikupljano je mnogo objektivnih, tehničkih podataka, ali i subjektivnih stavova i mišljenja sudionika eksperimenta, kako promatrača tako i aktivnih sudionika koji su stekli jedinstveno iskustvo prolaska vozilima preko tog uređaja. Prikupljeni podaci mogu se iskoristiti za primjerenije normativno uređenje ovog pitanja, kreiranje bolje policijske prakse u budućnosti, kao i u mogućoj izradi standardnog operativnog postupka primjene uređaja za prisilno zaustavljanje motornog vozila. Pri tome posebnu pozornost treba posvetiti sigurnosti policijskih službenika koji se mogu naći u situaciji da primjene taj uređaj, odnosno primijene ga na siguran način. To podrazumijeva i pojačane napore u jasnijem normiranju tog područja, a posebno u intenzivnijoj obuci i uvježbavanju policijskih službenika u tehnikama neposredne primjene te ovlasti.

LITERATURA

1. Zakon o sigurnosti prometa na cestama, NN 67/08., 48/10 – OUSRH, 74/11., 80/13., 158/13., 92/14., 64/15., 108/17., 70/19., 42/20., 85/22., 133/23. – Odluka i Rješenje USRH-a, 89/14. – OUSRH i 92/14., 64/15., 108/17. i 70/19.
2. Zakon o policijskim poslovima i ovlastima, NN 76/09., 92/14. i 70/19.
3. Pravilnik o načinu postupanja policijskih službenika, NN 20/22.

Internetski izvori

1. Adelina Tumbarska <https://www.fedsig.com/product/stinger-spike-system>
2. <https://www.youtube.com/watch?v=9Wqx-PTeWUw> (17. 1. 2025.)
3. <https://www.fedsig.com/product/stinger-spike-system> (17. 1. 2025.)
4. https://www.aliexpress.com/item/1005004638616536.html?srcSns=sns_WhatsApp&spreadType=socialShare&bizType=ProductDetail&social_params=60817969482&aff_fcid=0c7b3ed626394f22a920c73675c90986-1729327796923-05800-EJCjFjb&tt=MG&aff_fsk=EJCjFjb&aff_platform=default&sk=EJCjFjb&aff_trace_key=0c7b3ed626394f22a920c73675c90986-1729327796923-05800-EJCjFjb&shareId=60817969482&businessType=ProductDetail&platform=AE&terminal_id=b7ffeb696ee54d80a3ce2e187efa0d24&afSmartRedirect=y (18. 1. 2025.)
5. <https://www.aliexpress.com/item/1005004599735804.html> (18. 1. 2025.)
6. Brown A., Lapamong S, Swanson K., Brennan S.(2011.) *Modeling of planar vehicle dynamics during gradual Tire deflation. Department of Mechanical and Nuclear Engineering*, Penn State University, University Park, Pennsylvania, USA
https://dl1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/111299201/2011_Brown_IAVSD_Tire_Pressure_Dynamics-libre.pdf?1707445546=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DModeling_of_Planar_Vehicle_Dynamics_Duri.pdf&Expires=1737976197&Signature=MW2GDQVY2v49HxDXZY7GUaYLDZ7KR1IbZwNdqKOWxU-7BEo-w~gNExsXub04B3RizI7j4mtO62HKnexaMj8CGcpc0QtBTmV99GHvIpDoR7iOF1iNbKzd4rBjVOx1UMbG44tnUy1dtA4FzOKPThJwBF7HS1nLatj-12DrO-w8RsLRj41UsVQdHGQABWL5pDZ2znRrxgrih1bgTKHvaRVAa4QCZN-8pxwaQHZJ7NzrMA6ovAkSsNEEY6hs21-hTW4ussMwe-v4faYAbAEMtIYQP-Mu7ofK4QkGyOPvx3NESmwFSVaxE~vtQGH~17Zh7Vwdl8-p6H85nT9jYy65z5mD-l3w__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA (18. 1. 2025.)
7. S. Patwardhan and M. Tomizuka: *Experiments of Tire Blow-out Effects and Hazard Reduction Control for Automated Vehicle Lateral Control System*. Baltimore, MD: s.n., 1994. Proceedings of the American Control Conference. pp. 1207-1209.

8. W. Blythe, T. Day, and W. Grimes: 1998: *3-Dimensional Simulation of Vehicle Response to Tire Blow-outs*. Detroit, Michigan : SAE International.
9. *Public safety increased with the ability to remotely disable vehicles*, <https://cordis.europa.eu/article/id/119900-public-safety-increased-with-the-ability-to-remotely-disable-vehicles>

Abstract

Željko Mršić*, Mile Klanac**, Ivan Arbutina***

Use of a Spike Strip (Vehicle Stopping Device) – Field Experiment Under Real Conditions

This paper shows an experiment of vehicles passing over a tire deflation device, commonly known as a “spike strip”, in real-life conditions. The “spike strip” was ran over in various various ways using a personal vehicle and a van. All relevant data was recorded from within the vehicles, the ground and the sky with special emphasis on the possibility of vehicle destabilization after crossing the “spike strip”. At first, at different speeds and under different loads, the full profile of the vehicle crossed with all four tires, and then only with the left wheels, in both dry and wet road conditions.

Each test drive showed the “spike strip” to be an efficient device (means?) for forced stop of the fleeing vehicle, the spikes rupturing the tires, decompressing them and leading to a safe stop. Not one test drive led to even slightest destabilization, drifting or loss of control of the vehicle.

All participants of the experiment were interviewed, with special emphasis on the drivers and co-drivers of the vehicles who represented an exclusive experimental group who experienced going over the “spike strip”.

This experiment and the follow-up interview collected many technical data and personal stances which can be used in further police work. The most important finding is that the use of tire deflation device does not pose any danger for the police officers that deploy it, passengers of the targeted car, nor the rest of the public. In relation to other police means of coercion, the results of the experiment even suggest that, in terms of the possibility of injury or death of citizens, this means can be classified as one of the less dangerous ones. This implies the correct use in accordance with regulations and professional standards.

Keywords: traffic safety, spike strip, forced stop, tire decompression, vehicle destabilization.

* Željko Mršić, PhD, Professor of Professional Studies with Tenure, University of Applied Sciences in Criminal Investigation and Public Security, Zagreb, Croatia.

** Mile Klanac, M. Eng., University of Applied Sciences in Criminal Investigation and Public Security, Zagreb, Croatia.

*** Ivan Arbutina, Professional Specialist in Criminal Investigation, University of Applied Sciences in Criminal Investigation and Public Security, Zagreb, Croatia.