

Primjena solarnih prometnica u razvoju održive mobilnosti na dijelu dionice A6 Rijeka-Zagreb

Štrk, Helena

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:615602>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-20**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Diplomski rad br. 164/OMIL/2023

Primjena solarnih prometnica u razvoju održive mobilnosti

Helena Štrk, 0242036468

Koprivnica, rujan 2023. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za logistiku i održivu mobilnost

Diplomski rad br. 164/OMIL/2023

Primjena solarnih prometnica u razvoju održive mobilnosti

Studentica

Helena Štrk, 0242036468

Mentor

prof. dr. sc. Ljudevit Krpan

Koprivnica, rujan 2023. godine

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za logistiku i održivu mobilnost		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Održiva mobilnost i logistika		
PRISTUPNIK	Helena Štrk	MATIČNI BROJ	0242036468
DATUM	31.08.2023.	KOLEGIJ	Održiva regionalna i urbana mobilnost
NASLOV RADA	Primjena solarnih prometnica u razvoju održive mobilnosti na dijelu dionice A6 Rijeka - Zagreb		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Application of solar roads in the development of sustainable mobility on part of the section A6 Rijeka - Zagreb		
MENTOR	Ljudevit Krpan	ZVANJE	prof. dr. sc.
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv. prof. dr. sc. Predrag Brlek, predsjednik 2. prof. dr. sc. Ljudevit Krpan (mentor) 3. prof. dr. sc. Krešimir Buntak, član 4. doc. dr. sc. Vesna Sesar, zamjenski član 5.		

Zadatak diplomskog rada

BROJ 164/OMIL/2023

OPIS

Pristupnica će u diplomskom radu analizirati i ocijeniti nepovoljan utjecaj zimskih uvjeta na prometni tok na autocestama. Detaljno će se analizirati dionica autoceste A6 Rijeka - Zagreb na potezu od čvora Orehovice do čvora Bosiljevo II. Istaknuti će se obavezni prometni, infrastrukturni i suprastrukturni elementi koji se moraju osigurati za promet motornih vozila na autocestama.

Posebna naglasak istraživanja biti će na definiranju preduvjeta koji se trebaju ispuniti za formiranje tzv. "solarnih cesta" s ciljem povećanja prometne prohodnosti (grijanjem prometnica tijekom zimskih uvjeta) kao i osiguranja preduvjeta za ugradnju vlastitih punionica za električna vozila na odmorištima duž autocesta.

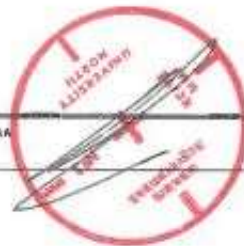
Sve analize i ocjene morati će se provesti primjenom odgovarajućih znanstvenih metoda istraživanja. Primjerice, metodom anketiranja će se analizirati mogući utjecaj uspostava "solarnih prometnica" na okolno stanovništvo i ostale korisnike.

ZADATAK URUČEN

4.9.2023

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE
SIEVER



Predgovor

Na samom početku želim iskoristiti priliku i zahvaliti se prof. dr. sc. Ljudevitu Krpanu koji me vodio kroz postupak izrade ovog rada, njegove kritike, komentari i savjeti djelovale su motivirajuće tijekom oblikovanja i realizacije istog.

Također, zahvaljujem se svim profesorima i njihovim asistentima kao i djelatnicima Sveučilišta Sjever koji su tijekom mog diplomskog obrazovanja pokazali savjesnost u svom radu i prenijeli svoje teorijsko znanje uz iskustvo iz prakse.

Naposljetku želim se zahvaliti svojoj obitelji i prijateljima koju su tijekom mog obrazovnog puta bili uz mene pruživši mi podršku u teškim trenucima i dijelili samom sretno trenutke.

Sažetak

U diplomskom radu govori se o primjeni solarnih prometnica u razvoju održive mobilnosti, gdje je prikazan primjer primjene na hrvatskoj autocesti A6 Rijeka – Zagreb od čvora Delnice do čvora Oštrovica u oba smjera, te njima pripadajućim odmorištima.

Primjena solarnih prometnica generalno je opširna, a najpoznatija jest ona koja se koristi kao dio krovne konstrukcije. Svaki oblik primjene zasigurno može pozitivno djelovati na različite načine, stoga, u ovom radu će se prikazati djelovanje solarnih panela koji mogu doprinijeti u više sfera.

Prije svega solarne prometnice mogu pozitivno utjecati na održivu mobilnosti, shodno navedenom objasniti će se pojam održive mobilnosti, te njeno djelovanje u EU i RH. Također, prikazati će se i primjeri gradova u RH gdje je ista istaknuta.

Ovaj rad opisuje primjenu solarnih prometnica s primjerom dionice koja tijekom zimskog razdoblja ima istaknut problem s prometovanjem, a koje je otežano zbog količine snijega i leda. Prema tome, prikazati će se zimski uvjeti na autocestama, što je to redovito održavanje, kakav je utjecaj na okoliš radi istog, te će se analizirati zimski uvjeti na dionici koja se uzela kao primjer primjene solarnih prometnica.

Da bi pojam solarnih prometnica bio jasniji, isti će se opisati pojmovno i istaknuti će se njegova primjena uz primjere iz Kine i Francuske. U završnom dijelu uz analizu postojećeg stanja područja obuhvata po prethodno navedenoj dionici, te prijedloga poboljšanja održive mobilnosti doći će se do primjene fotonaponskih ćelija kako na prometnici tako i na odmorištima.

Ključne riječi: održiva mobilnost, solarne prometnice, solarni paneli, fotonaponske ćelije

Summary

The thesis talks about the application of solar roadways in the development of sustainable mobility, where an example of application on the Croatian highway A6 Rijeka - Zagreb from the Delnice junction to the Oštrovica junction in both directions is presented, as well as the associated rest stops.

The application of solar roads is generally extensive, and the most famous is the one used as part of the roof structure. Each form of application can certainly have a positive effect in different ways, therefore, this paper will show the effect of solar panels that can contribute in several spheres.

First of all, solar roads can have a positive effect on sustainable mobility, according to the above, the concept of sustainable mobility will be explained, as well as its operation in the EU and the Republic of Croatia. Also, examples of cities in the Republic of Croatia where it is highlighted will be shown.

This paper describes the application of solar roads with the example of a section that during the winter period has a prominent problem with traffic, which is difficult due to the amount of snow and ice. Therefore, the winter conditions on the highways will be shown, what is regular maintenance, what is the impact on the environment due to it, and the winter conditions on the section that was taken as an example of the application of solar roads will be analyzed.

To make the concept of solar roads clearer, it will be described conceptually and its application will be highlighted with examples from China and France. In the final part, along with the analysis of the current state of the area covered by the previously mentioned section, and proposals for improving sustainable mobility, the application of photovoltaic cells will be reached both on the road and at rest areas.

Keywords: sustainable mobility, solar roads, solar panels, photovoltaic cells

Popis korištenih kratica

A6	Naziv dionice Hrvatske autoceste smjer Rijeka – Zagreb
AC	Autocesta
DTT	Deloitte savjetodavne usluge d.o.o.
EFRR	Europski fond za regionalni razvoj
EU	Europska unija
FPZ	Fakultet prometnih znanosti
GWh	Gigavatsat
h	Sat – vremenska jedinica
KF	Kohezijski fond
m	mjerna jedinica za metar
MW	Megavat
POUM	Plan održive urbane mobilnosti
RH	Republika Hrvatska
SAD	Sjedinjene Američke Države
TEN-T	Transeuropska mreža
W	Vat – mjerna jedinica za snagu
ZSPC	Zakon o sigurnosti prometa na cestama

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
1.1.	Problem i predmet istraživanja.....	1
1.2.	Znanstvena hipoteza.....	2
1.3.	Svrha i cilj istraživanja.....	2
1.4.	Pregled i ocjena dosadašnjih istraživanja.....	2
1.5.	Metode istraživanja.....	3
1.6.	Očekivani doprinos istraživanja.....	3
1.7.	Struktura rada.....	4
2.	Održiva mobilnost.....	5
2.1.	Održiva mobilnost u EU.....	8
2.2.	Održiva mobilnost u RH.....	10
2.2.1.	<i>Zakonska regulativa RH u domeni održive mobilnosti.....</i>	11
2.2.2.	<i>Gradovi u RH s istaknutom održivom mobilnošću.....</i>	12
3.	Zimski uvjeti na autocestama.....	18
3.1.	Redovito održavanje.....	21
3.2.	Utjecaj na okoliš.....	23
3.3.	Zimski uvjeti na dionici A6 Rijeka – Zagreb od čvora Oštrovica do čvora Delnice u vremenskom razdoblju od 2016. do 2023. godine.....	25
4.	Solarne prometnice.....	27
4.1.	Fotonaponske ćelije.....	30
4.2.	Primjena fotonaponskih sustava na prometnoj infrastrukturi.....	33
4.3.	Primjeri solarnih prometnica iz Kine i Francuske.....	34
4.3.1.	<i>Solarne prometnice – primjer Kina.....</i>	34
4.3.2.	<i>Solarne prometnice – primjer Francuska.....</i>	36
5.	Primjena fotonaponskih ćelija na dionici A6 potez čvor Oštrovica – čvor Delnice.....	37
5.1.	Područje obuhvata.....	37
5.1.1.	<i>Analiza postojećeg stanja područja obuhvata.....</i>	37
5.1.2.	<i>Prijedlog poboljšanja održive mobilnosti.....</i>	38
5.2.	Primjena fotonaponskih ćelija na području obuhvata prema prijedlogu poboljšanja.....	39
5.2.1.	<i>Prometnica.....</i>	39
5.2.2.	<i>Odmorišta.....</i>	41
6.	Zaključak.....	49
	Literatura.....	51
	Popis slika.....	57
	Popis tablica.....	58
	Prilozi.....	59

1. Uvod

Održivi razvoj, pojam kojim se ističe potreba za napretkom kako u gospodarskom tako i u socijalnom smislu, s tim da pritom bude osigurana zaštita okoliša i prirodnih izvora važnih za razvoj budućih naraštaja.

Brojni nepovoljni čimbenici na globalnoj razini utjecali su na buđenje svijesti ljudi, naglasak jest na održivosti u svim sferama života koja se sve više potiče i u Hrvatskoj, ali još uvijek u nedovoljnoj mjeri.

Raznim načinima moguće je ostvariti održivi razvoj, a jedan od njih uključuje i korištenje solarnih panela čija primjena je doista široka. Naime, solarni paneli najčešće su poznati kao dio krovne konstrukcije, građevine za proizvodnju električne energije, a poznat je i podatak o znatnim uštedama koje je moguće ostvariti korištenjem istih.

Spoj solarnih panela i krovne konstrukcije donose brojne pozitivne učinke, ali što ako spojimo solarne panele i prometnice? Primjenom solarnih prometnica, koje zauzimaju znatno veću površinu, moguće je doprinijeti održivoj mobilnosti, očuvanju okoliša te kvaliteti vožnje.

1.1. Problem i predmet istraživanja

Problem istraživanja ovog diplomskog rada jest nepovoljan utjecaj zimskih uvjeta na prohodnost autoceste A6 Rijeka – Zagreb. Problem istraživanja definiran je prostorno, vremenski i pojmovno. Naime, prostorni obuhvat odnosi se na kritični dio autoceste to jest dionicu od čvora Oštovice do čvora Delnice, vremenski analizira se period od proteklih osam godina i pojmovno odnosi se na vrednovanje utjecaja zimskih uvjeta na kvalitetu vožnje i utjecaja na okoliš.

Predmet istraživanja jest primjena solarnih prometnica u razvoju održive mobilnosti na navedenoj dionici putem analize utjecaja zimskih uvjeta na prohodnost autoceste.

1.2. Znanstvena hipoteza

Hipoteza ovog rada je: Korištenjem solarnih prometnica u potpunosti će se spriječiti zatvaranje dionice od čvora Oštrovica do čvora Delnice radi zimskih uvjeta na cesti, a ujedno će se smanjiti i korištenje sipina protiv snijega i leda za 50%.

1.3. Svrha i cilj istraživanja

Svrha ovog diplomskog rada jest naglasiti važnost održive mobilnosti kroz primjenu solarnih prometnica na dijelu autoceste Rijeka – Zagreb. Naime, u skladu s vremenom ali i potrebama koje ono nosi, nužno je ostvariti određene mjere potrebne za održavanje čovjekove već u znatnoj mjeri narušene okoline, ali i osigurati svjetliju budućnost koliko je to moguće za buduće naraštaje.

Primarni cilj ovog rada jest analizirati i ocijeniti primjenu solarnih prometnica na spomenutom dijelu autoceste Rijeka – Zagreb za vrijeme zimskih uvjeta na cestama.

1.4. Pregled i ocjena dosadašnjih istraživanja

Dosadašnja istraživanja na temu primjene solarnih prometnica su podijeljena, u smislu pronalaska stručne literature i izvora koji su vjerodostojni. Naime, najvjerodostojniji izvor jest službena stranica osnivača tvrtke „*Solar Roadways*“ prvog projekta koji uključuje primjenu solarnih prometnica, svojim dugogodišnjim radom pokušavaju osvijestiti nužnost za solarnim prometnicama u cilju očuvanja okoliša, to jest ostvarivanja održive mobilnosti. Među vjerodostojnim izvorima istraživanja nalaze se i poneki članci čiji autori konkretno opisuju rad fotonaponskih ćelija.

Međutim, bitno je naglasiti kako tema o solarnim prometnicama i nije dovoljno detaljno razrađena, postoji nekoliko različitih vrsta solarnih panela koji se mogu koristiti i sama primjena ovisi o svojstvima panela i područja na kojima se isti primjenjuju. Shodno navedenom, postoje projekti koji nisu polučili dobre rezultate iz brojnih inih razloga radi čijeg neslavnog poduhvata postoje brojni članci u kojima se primjena solarnih prometnica propitkuje i daju se negativni osvrti od strane brojnih nestručnih osoba čime se njihovi članci mogu ocijeniti kao nevjerodostojnima.

Dosadašnja istraživanja istaknula su princip rada fotonaponskih ćelija i pojedina mjesta primjene, ali još uvijek se teško pronalaze izvori ili ih uopće nema, koji govore nešto više o konkretnim iznosima potrebnim za određeni projekt, koji su sve pogodnosti proizašle nakon određenog vremena primjene.

1.5. Metode istraživanja

Formiranjem ovog rada, prikupljanjem podataka te kroz istraživanje problematike uz kombinaciju znanstvenih metoda došlo se do bitnih činjenica. Kroz metodu apstrakcije prikazani su najvažniji elementi u vidu zaključaka opisani u jedinstvenom obliku prema shvaćanju autora.

Nadalje, metodom generalizacije nakon završetka istraživanja određenih pojmova izvedeni su uopćeni zaključci. Vršena je analiza povijesnih podataka učestalosti zatvaranja dionice A6 Rijeka – Zagreb u dijelu od čvora Oštrovica do čvora Delnice tijekom zimskih uvjeta. Prikupljeni podaci su se analizirali i korištenjem metoda indukcije i dedukcije donijeli su se zaključci.

Metodom usporedbe, prikazan je odnos prethodnih stanja i novonastalih nakon poduzetih mjera. Kroz metodu deskripcije opisani su pojmovi koji su dio teme istraživanja, kako bi čitatelju bila jasnija tematika rada.

Završno, korištena je metoda dokazivanja i opovrgavanja tijekom pisanja rada radi zaključnog definiranja jesu li postavljene hipoteze potvrđene ili ne.

1.6. Očekivani doprinos istraživanja

Ovim istraživačkim radom odrediti će se dobre i negativne strane u primjeni solarnih prometnica usmjerene na održivu mobilnost, sukladno proučenim primjerima koji su realizirani. Istaknuti će se problemi na dionici A6 Rijeka – Zagreb točnije od čvora Oštrovica do čvora Delnice (u oba smjera) te sukladno obavljenom istraživanju dati rješenja za poboljšanja, u nadi da jednog dana ova tema rada da ideju za projekt čija realizacija može biti velika investicija, ali gledajući dugoročno za boljitak trenutnih i budućih generacija može doprinijeti održivoj mobilnosti i okolišu.

1.7. Struktura rada

Strukturno rad je podijeljen u šest dijelova, u prvom dijelu jest uvod gdje je istaknut problem i predmet istraživanja, hipoteza, te svrha i cilj istraživanja. Također, opisane su metode istraživanja, očekivani doprinos istraživanja i struktura rada. U drugom dijelu razrađena je održiva mobilnost općenito i konkretno u EU i RH s osvrtom na zakonsku regulativu i gradove u kojima je primijenjena održiva mobilnost. Treći dio rada odnosi se na zimske uvjete na autocestama, dok u četvrtom dijelu su konkretizirane solarne prometnice pojmovno, istaknuta je njihova primjena te primjeri. U petom dijelu rada opisana je primjena solarnih prometnica s primjerom dijela dionice od čvora Delnice do čvora Oštrovica kao dijela autoceste A6 Rijeka – Zagreb i u posljednjem dijelu rada nalazi se zaključak gdje autor iznosi svoju završnu riječ na temelju provedenog istraživanja.

2. Održiva mobilnost

Koncept održive mobilnosti proizlazi iz šireg koncepta održivog razvoja, definiran kao razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe. Pojam održiva mobilnost nastao je pet godina kasnije, sljedeći opći cilj povezan je s održivim prijevozom, kako bi se osiguralo da transportni sustavi zadovoljavaju društvene, gospodarske i ekološke potrebe uz istodobno smanjivanje njihovih neželjenih učinaka. Sve glavne definicije koje se nalaze u literaturi naglašavaju da nije dovoljno pozivati se samo na aspekte okoliša, iako su od primarne važnosti, već se moraju uzeti u obzir društveni i gospodarski učinci. Štoviše, strategije za ostvarenje cilja održive mobilnosti ne mogu se ograničiti na proizvodnju to jest uporabu manje onečišćujućih prometnih sustava, iako je to od temeljne važnosti. Promicanje održive mobilnosti jedan je od najraširenijih ciljeva prometne politike, na svim teritorijalnim razinama, bez obzira na „političku boju“ donositelja odluka. [10]

Održivi razvoj može se opisati kao proces postizanja ravnoteže između ekonomskih, društvenih i ekoloških zahtjeva kako bi se zadovoljile potrebe sadašnje populacije bez ugrožavanja sposobnosti budućih populacija kako bi zadovoljili svoje životne potrebe. Održivi razvoj je socio-ekološki proces koji karakterizira zadovoljavanje ljudskih potreba uz zadržavanje kvalitete prirodnog okoliša. [14]

Kako bi se podržalo održivo i životno urbano okruženje, privatni, javni i nemotorizirani prijevoz moraju se funkcionalno nadopunjavati formiranjem uravnoteženih integriranih sustava. Međutim, u mnogim gradovima danas, prijevoz karakterizira dominacija automobila, to znači da postoji visoka auto-ovisnost u putovanju. [11]

Javna infrastruktura ima duboke implikacije na ljudski razvoj i prosperitet. Vozila mogu poboljšati prostornu dostupnost, ona učinkovitije prevoze pojedince s njihove početne do željene lokacije. [3]

Prometna gužva prepoznata je kao problem u gotovo svim velikim svjetskim gradovima, a smatra se da je trenutno neograničeno korištenje osobnih automobila ključni aspekt ovog problema. Zbog prometnih gužvi, više vremena putovanja i potrošnje energije mora se gubiti na cestama, što zauzvrat može uzrokovati nesreće i onečišćenje zraka. Za rješavanje takvih problema uzrokovanih neograničenom upotrebom osobnih automobila, potrebno je primijeniti neke praktične mjere za postizanje održivosti prijevoza učinkovito, djelotvorno i na politički izvediv način. [7]

Ulaganja u mobilnost pomažu nam da slobodno putujemo gdje god želimo ići. Ulaganja u mobilnost uglavnom su kapitalni objekti poput dodane trake autoceste, produžetak željeznice ili

biciklističku stazu. Ulaganja u mobilnost također mogu uključivati bolju sigurnost koju transportni sustav čine učinkovitijim i produktivnijim, kao primjerice sinkronizacija semafora ili poboljšanje brzine, pouzdanosti ili učestalosti prijevoza.[9]

Održivo poboljšanje prometa i stanja, konsolidacija vrsta prometa i revitalizacija prometa podzemne željeznice ustupili su mjesto izgradnji mnogih više autobusnih kolodvora i terminala tijekom prethodnih desetljeća.[2]

Pojam održive mobilnosti daleko nadilazi smanjenje emisija. Prometni sektor ima potencijal poboljšati živote i sredstva za život milijardi ljudi. Međutim, osim što zadovoljava današnje potrebe ljudi, sektor mora biti spreman odgovoriti na očekivanja budućih generacija: to je bit održivog razvoja. Vijeće ministara prometa Europske unije definiralo je održivi prometni sustav kao onaj koji „omogućuje da osnovni pristup i razvojne potrebe pojedinaca, tvrtki i društva budu zadovoljene sigurno i na način koji je u skladu sa zdravljem ljudi i ekosustava, te promiče pravednost unutar i između uzastopnih generacija.” Ujedinjeni narodi definirali su održivi promet kao "pružanje usluga i infrastrukture za mobilnost ljudi i dobara—unapređujući gospodarski i društveni razvoj za dobrobit današnjih i budućih generacija—na način koji je siguran, pristupačan, pristupačan, učinkovit i otporan , istovremeno smanjujući emisije ugljika i druge emisije te utjecaj na okoliš.” Niz inovativnih trendova mobilnosti, uključujući zajedničku mobilnost i pružanje pristupačnih i održivih opcija mobilnosti za ljude, može pomoći u postizanju globalnih ciljeva održivosti.[54]

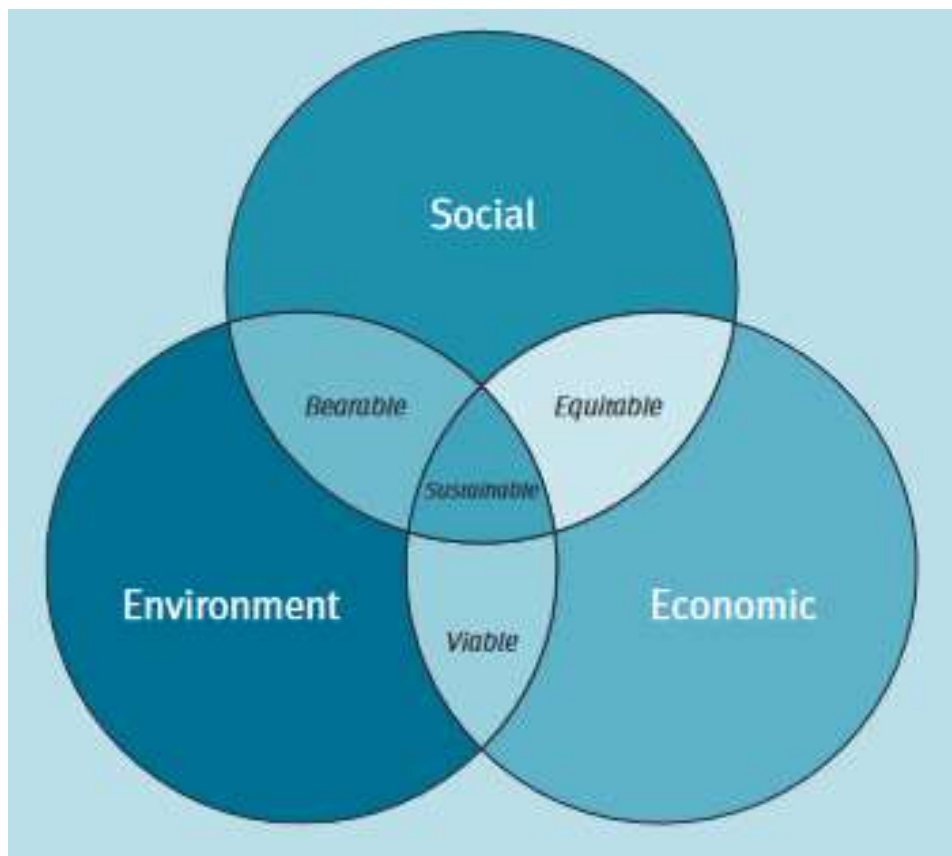
Održiva urbana mobilnost zahtijeva promjenu svijesti: gdje prijevoz osobnim automobilima i kamionima ustupa mjesto različitim načinima javnog prijevoza. Kao što su biciklističke i pješačke staze, električna vozila, dijeljenje automobila i željeznički teretni promet. Sve više i više gradova diljem svijeta suočava se s izazovom. Stvaranje rješenja koja osiguravaju vitalni protok ljudi, dobara i usluga. Uz ublažavanje klimatskih promjena i stvaranje klimatski sigurnih gradova.[42]

Ljudi u svijetu, gotovo u potpunosti, ne mogu stići tamo gdje žele, a da prije toga zapravo ne koriste prijevozna sredstva – i zato održiva mobilnost postaje toliko važna usred klimatskih promjena. Prijevoz nije samo način prelaska s jednog mjesta na drugo, već služi i kao način da se pomogne ljudima da ostvare svoje životne ciljeve i možda čak rade na pomoći planetu u cjelini. Zbog toga su prijevoz i održiva mobilnost sami po sebi jedne od prepreka koje je najteže prevladati jer globalne temperature nastavljaju rasti, a zemlje počinju sve ustrajnije boriti se s klimatskim promjenama. Održiva mobilnost pokazala se izazovom jer se čini da je više od jedne vrste prijevoza potrebno u svačijem svakodnevnom životu: kao što je korištenje automobila, vlakova, autobusa, kamiona i više. Sva ta vozila imaju utjecaj na okoliš i njima se treba posvetiti pozornost za održivu mobilnost. Jedan od glavnih ciljeva održive mobilnosti je iskorištavanje obnovljivih

izvora energije ili materijala koji sadrže manje ugljika kako bi se osiguralo da prijevoz postane više usklađen s trenutnim potrebama klimatskih promjena.[27]

Složenije definicije priznaju da istinska održivost mora uravnotežiti konkurenciju ciljeva, uključujući trostruku krajnju crtu "ljudi, planet i profit" ili "pravičnost, ekologija, i ekonomiju." Ove definicije prepoznaju da ne možemo postići ekološki cilj, kao što je to kao neutralnost ugljika, bez istodobnog održavanja stabilnog društva i produktivnog gospodarstva kako je prikazano na slici broj jedan. Primjerice iako je uporaba nafte zagađujućeg, ograničenog resursa, ekološki neodrživa neposredna zabrana njezine uporabe društveno je neodrživa i ekonomski. Današnje gospodarstvo toliko ovisi o nafti da iznenada zabrana bi rezultirala ogromnim društvenim nemirima i siromaštvom, a oboje bi imati strašne ekološke posljedice. Održivost stoga nikada nije krajnje stanje, već proces kretanja prema boljem svijetu, sve što održivost povezuje nalazi se na slici jedan.[9]

Slika 1. Održivost – poveznica društva, ekonomije i okoliša



Izvor: J. Tumlin: Sustainable transportation planning, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2012.

2.1. Održiva mobilnost u EU

Opći cilj politike održive mobilnosti jest uskladiti gospodarski rast i socijalne zahtjeve za mobilnost s utjecajem na okoliš i druge troškove kretanja prometa, uzimajući u obzir međunarodnu dimenziju prijevoza. Politika održive mobilnosti Europske unije usmjerena je na prometne sustave i obrasce te osigurava sredstva za postizanje gospodarskih i socijalnih potreba, učinkovito i pravično, uz istodobno smanjenje nepotrebnih negativnih učinaka i njihovih povezanih troškova, tijekom relevantnog prostora i vremenskih raspona.[39]

Europska unija poduzima ambiciozne korake kako bi se promicala održiva mobilnost. To uključuje ciljeve za smanjenje emisija stakleničkih plinova za 60% do 2050. u usporedbi s razinama iz 1990. godine, a kroz promicanje električnih vozila i vozila na alternativna goriva, poboljšanje infrastrukture za pješčenje i vožnju biciklom te promicanje održive mobilnosti. Cilj EU je smanjiti emisije, poboljšati kvalitetu zraka i učiniti veće gradove pogodnijima za život promicanjem održive mobilnosti. Održiva mobilnost kritično je pitanje za Europsku uniju kako bi države članice smanjile svoj ugljični trag i poboljšati kvalitetu života svojih građana. EU nastoji smanjiti emisije iz prometnog sektora i promovirati korištenja održivih načina prijevoza. Strategija održive mobilnosti ambiciozna je i dugoročna te su potrebni stalni naponi i suradnja među državama članicama kako bi se cilj održive budućnosti ostvario.[30]

Kohezijsku politiku za razdoblje od 2021. do 2027. godine kojom se upravlja jednom trećinom sedmogodišnjeg proračuna Europske unije (preko 330 milijardi eura) čine sredstva: Europskog fonda za regionalni razvoj, Kohezijskog fonda, Europskog socijalnog fonda plus, Fonda za pravednu tranziciju. Europski fond za regionalni razvoj doprinosi smanjivanju razlika između razina razvijenosti različitih regija i smanjivanju zaostalosti regija u najnepovoljnijem položaju, među kojima se posebna pozornost poklanja regijama koje su izložene ozbiljnim i trajnim prirodnim ili demografskim poteškoćama, kao što su najsjevernije regije s vrlo niskom gustoćom naseljenosti te otočne, pogranične i planinske regije. Europski fond za regionalni razvoj reguliran je sektorskom Uredbom (EU) 2021/1058 Europskog parlamenta i Vijeća od 24. lipnja 2021. o Europskom fondu za regionalni razvoj i Kohezijskom fondu.[35]

Europski fond za regionalni razvoj namijenjen je za pomoć u otklanjanju glavnih regionalnih neuravnoteženosti u EU. EFRR doprinosi smanjivanju razlika u stupnju razvijenosti među različitim regijama i zaostalosti regija u najnepovoljnijem položaju, među kojima posebnu pozornost treba pokloniti regijama koje su izložene ozbiljnim i trajnim prirodnim ili demografskim

poteškoćama, uključujući osobito poteškoće koje proizlaze iz demografskog pada, kao što su najsjevernije regije s vrlo niskom gustoćom naseljenosti, otoci te pogranične i planinske regije.[25]

Iz EFRR-a podupire se sljedeće:[25]

- ulaganja u infrastrukturu,
- aktivnosti za primijenjeno istraživanje i inovacije, uključujući industrijsko istraživanje,
- eksperimentalni razvoj i studije izvedivosti,
- ulaganja u pristup uslugama,
- produktivna ulaganja u MSP-ove i ulaganja usmjerena na očuvanje postojećih radnih mjesta i otvaranje novih radnih mjesta,
- oprema, softver i nematerijalna imovina,
- umrežavanje, suradnja, razmjena iskustava i aktivnosti koje uključuju inovacijske klastere, među ostalim i između poduzeća, istraživačkih organizacija i tijela javne vlasti,
- informacije, komunikacija i studije,
- tehnička pomoć.

Kohezijski fond osnovan je kako bi se doprinijelo općem cilju jačanja ekonomske, socijalne i teritorijalne kohezije EU pružanjem financijskih doprinosa u područjima okoliša i transeuropskih mreža u području prometne infrastrukture.[35]

Kohezijski fond reguliran je sektorskom Uredbom (EU) 2021/1058 Europskog parlamenta i Vijeća od 24. lipnja 2021. o Europskom fondu za regionalni razvoj i Kohezijskom fondu. Kohezijski fond osnovan je kako bi se doprinijelo općem cilju jačanja ekonomske, socijalne i teritorijalne kohezije Unije pružanjem financijskih doprinosa u područjima okoliša i transeuropskih mreža u području prometne infrastrukture, kako je utvrđeno u Uredbi (EU) br. 1315/2013 Europskog parlamenta i Vijeća.[25]

Iz Kohezijskog fonda podupire se sljedeće:[25]

- ulaganja u području okoliša, uključujući ulaganja povezana s održivim razvojem i energijom koja donose koristi za okoliš, uz poseban naglasak na obnovljivoj energiji,
- ulaganja u TEN-T,
- tehnička pomoć,
- informacije, komunikacija i studije.

2.2. Održiva mobilnost u RH

Izrada i realizacija POUM-a u hrvatskim gradovima u skladu je s prometnom politikom Europske Unije koja je 2009. godine objavila akcijski plan urbane mobilnosti. Usvojena je i Europska strategija 2020 po kojoj gradovi bez obzira na broj stanovnika imaju ključnu ulogu u izradi i realizaciji POUM-a jer je gradski promet najznačajniji potrošač energije i uzrok emisije stakleničkih plinova.[1]

Strateški plan koji se nadovezuje na postojeću praksu u planiranju i uzima u obzir integracijske, participacijske i evaluacijske principe kako bi zadovoljio potrebe stanovnika gradova za mobilnošću, sada i u budućnosti, te osigurao bolju kvalitetu života u gradovima i njihovoj okolini.[58]

POUM predstavlja inovativni način planiranja gradskog prometa koji na održivi način zadovoljava ponajprije potrebe ljudi i stavlja naglasak na uključivanje i sudjelovanje građana i ostalih sudionika u prometnom planiranju. POUM planira usklađivanje odluka u sektorima prometa, prostornog planiranja, gospodarskog razvoja, društvene djelatnosti, sektoru zdravstva, energetike, sigurnosti itd. Planovi održive mobilnosti pored uključivanja svih resursa moraju uključivati sve oblike i načine prijevoza u gradu, javni i privatni, putnički i robni, motorizirani i nemotorizirani. Veliku ulogu u Planovima mobilnosti ima parkiranje jer uređenje mjesta i pravila upravljanja parkirnim mjestima i ponuda parkirnih mjesta ima veliki utjecaj na korištenje osobnog ili javnog prijevoza.[1]

Osnovne karakteristike POUM-a su sljedeće:[58]

- jasna vizija, svrha i mjerljivi ciljevi,
- održivost koja će uravnotežiti ekonomski razvoj, društvenu pravednost i kvalitetu okoliša,
- integrirani pristup - koji uzima u obzir praksu i politike različitih sektora i razina uprave,
- revizija transportnih troškova i koristi - uzimajući u obzir ukupne društvene troškove i koristi,
- participacijski pristup - koji uključuje građane i sudionike od početka do kraja procesa planiranja.

2.2.1. Zakonska regulativa RH u domeni održive mobilnosti

EU ističe da se SUMP treba prilagoditi specifičnim potrebama i postojećim praksama planiranja u svakoj državi članici i njihovim lokalnim vlastima.[12]

Legislativa i zakonske osnove za provođenje SUMP-a su:[12]

- Zelena knjiga (*Green Paper*),
- Bijela knjiga (*White Paper*),
- Izvješće o Akcijskom planu o urbanoj mobilnosti – 2008. godina,
- Stukturni i kohezijski fondovi za sufinanciranje,
- *Urban Mobility Package* – 2013. godina,
- *Guidelines*.

Politika održive mobilnosti u Republici Hrvatskoj - SUMP-ovi u Hrvatskoj nisu:[12]

- zakonski definirani,
- nisu donesene nacionalne smjernice za njihovu pripremu,
- nisu povezani s nacionalnim izvorima financiranja.

Iako postoje ciljevi održivosti i politička potpora za SUMP, sudjelovanje javnosti i tehničke mogućnosti za pripremu SUMP-a su ograničene.[12]

2.2.2. Gradovi u RH s istaknutom održivom mobilnošću

U nastavku rada istaknuti su gradovi u Hrvatskoj koji primjenjuju održivu mobilnost, opisane su pojedinosti karakteristične za svaki grad pojedinačno.

□ Grad Koprivnica

Kroz Plan održive urbane mobilnosti Grada Koprivnice - SUMP s planskim razdobljem do 2022. godine definirane su strateške mjere za razvoj prvenstveno održivih oblika prometovanja. U održive oblike prometovanja svrstavaju se vidovi prometa koji imaju manji utjecaj na okoliš, koriste održive izvore energije, koji su energetske učinkovitiji te povećavaju kvalitetu života građana. U skladu s razvojem održivih oblika prometovanja također je predložena i optimizacija prometa motornih vozila s ciljem postizanja što većeg stupnja energetske učinkovitosti te smanjenja buke i emisije stakleničkih plinova. S ciljem postizanja održivog i suvremenog prometnog sustava izabrano je pet ključnih strateških poglavlja koja će kroz pakete mjera omogućiti ravnopravan razvoj svih grana prometa s naglaskom na održive oblike prometovanja te energetske i ekološku učinkovitost prometnog sustava Grada Koprivnice.[36]

Strateška poglavlja su definirana prema važnosti i potrebama Grada Koprivnice:[36]

1. Održivo prometno – prostorno planiranje:

- Horizontalna i vertikalna usklađenost Plana s prostorno-planskom dokumentacijom,
- Infrastruktura proizašla iz cjelovitog planiranja prometnog sustava,
- Definiranje uvjeta kod izrade prostornih planova i prometnih planova te prometnih projekata,
- Uključivanje građana u proces planiranja i edukacije o sigurnom i zdravom prometovanju sa što manjim utjecajem na okoliš,
- Promocija Koprivnice kao održivog grada s visokom kvalitetom života,
- „Kampus nulte emisije CO₂“ kao prostor novog razvoja grada.

2. Pješački i biciklistički promet:

- Glavni pješačko-biciklistički pravci,
- Unaprjeđenje povezanosti elemenata gradske biciklističke mreže i povećanje stupnja izravnosti pješačko-biciklističke infrastrukture,
- Unaprjeđenje sustava javnih bicikala,
- Implementacija popratnih biciklističkih sadržaja,
- Uređenje prostora zajedničke namjene (engl. *Shared space*) u središtu grada,
- Plan uređenja trgova kao interesnih područja (mjesto boravka, mjesto druženja),
- Edukacija o prometnim pravilima i sigurnom sudjelovanju u prometu.

3. Javni prijevoz i intermodalnost:

- Uvođenje integriranog prijevoza putnika,
- Uvođenje sustava integriranih karata,
- Sustav informiranja o vremenu putovanja (ICT aplikacija),
- Sustav upravljanja mobilnošću za potrebe zaposlenika gradske uprave i gradskih poduzeća s tendencijom proširenja na ostala poduzeća na području grada,
- Uvođenje paratranzita – prijevoza na poziv.

4. Elektromobilnost:

- Sustav električnog javnog prijevoza,
- Sustav električnih vozila za zaposlenike gradske uprave i poduzeća, u službene svrhe (engl. *Car sharing*),
- Popularizacija električnih i hibridnih vozila,
- Sustav brzih punionica za električna vozila,
- Kampus Zero CO2.

5. Optimizacija automobilske prometa:

- Regulacija i organizacija prometnih tokova motornih vozila,
- Uređenje parkirališta i parkirne politike,
- Uvođenje zona smirenog prometa i zona 30 km/h u središtu grada, unutar stambenih zona te u blizini odgojno-obrazovnih ustanova,

- Optimizacija sustava dostavnog prometa,
- Popularizacija *carpooling* i *car sharing* sustava za zaposlenike svih poduzeća na području grada.

Važno je naglasiti da se u svim većim i razvijenijim gradovima planovi održive urbane mobilnosti izrađuju i donose na temelju prometne studije. Posljednja prometna studija Grada Koprivnice izrađena je 1998. godine. Od tada do danas su se prometne prilike u gradu i njegovom širem području značajno promijenile pa se studija iz 1998. godine ne može koristiti kao relevantna stručna podloga za izradu Plana održive mobilnosti Grada Koprivnice - SUMP- a. Iz tog razloga Planom se predlažu određene mjere i rješenja koja su inače sastavni dio prometne studije. Naknadnom izradom prometne studije Plan će se uskladiti s njenim zaključcima.[36]

□ **Grad Sisak**

U postupku izrade Plana održive urbane mobilnosti Grada Siska, konzultanti (FPZ i DTT) preuzeli su obavezu izrade tri varijantna rješenja. Na temelju triju predloženih varijanti planova održive urbane mobilnosti, dionici na projektu usuglasili su se u vezi provedbe sva tri varijantna rješenja i njima pripadajućih mjera.[37]

Stoga Plan održive urbane mobilnosti Grada Siska realizirati prema sljedećim vremenskim etapama:[37]

- do kraja 2017;
- do kraja 2020;
- do kraja 2030

Planom održive urbane mobilnosti obuhvaćena slijedeća područja aktivnosti:[37]

- poboljšanje mobilnosti i dostupnosti, te promjenu modalne raspodjele;
- razvoj i poticanje korištenja nemotoriziranog prometa (pješački i biciklistički);
- poboljšanje javnog gradskog prijevoza i integracija prometnih podsustava (autobusni prijevoz, prijevoz taksijem, Park&Ride, javni bicikli, turistički vlakić, dijeljenje vozila, željeznica);
- poboljšanje dostavnog prometa;
- poboljšanje sigurnosti u cestovnom prometu;
- poboljšanje prometne infrastrukture;

- upravljanje prometnom infrastrukturom (automatsko upravljanje prometom i inteligentni transportni sustavi, prioritet javnog prijevoza);
- cjelovito rješavanje politike parkiranja;
- definiranje mjera Plana održive urbane mobilnosti, indikatora postignuća, troškova plana prema nositeljima i procijenjenom iznosu;
- smanjenje utjecaja na okoliš;
- prijedlog potencijalnih dionika iz javnog i privatnog sektora i odnosi s javnošću.

Kroz razradu prijedloga rješenja i mjera usmjerenih prema poticanju održivih oblika prometovanja u svim oblicima prometa, nastojao se je definirati smjer prometne politike usmjeren prema uspostavi održivog, efikasnog i energetski učinkovitog prometnog sustava na području Grada Siska u budućnosti. U tom smislu, razrada odabrane varijante (varijantnih rješenja) obuhvaća definiranje cestovne prometne mreže, koncept sustava vođenja prometnih tokova (jednosmjernih ulica) u gradskom središtu, koncept rješenja dostavnog i teretnog prometa, koncept pješačkih zona u kojima je dozvoljeno kretanje vozila javnog gradskog prijevoza, koncept zona namijenjenih isključivo za kretanje pješaka i biciklista, koncept biciklističkog prometa, prijedloge rekonstrukcije ulica i raskrižja u cilju poboljšanja odvijanja prometa i povećanja sigurnosti u prometu, prijedloge unaprjeđenja sustava svjetlosno-signalnih uređaja na raskrižjima, prijedlog implementacije centra za upravljanje prometom (TMS) i ostale ITS opreme, sveobuhvatni koncept uređenja uličnog i izvanuličnog parkiranja (*Park&Ride* sustava) s prijedlogom tarifnih odredbi.[37]

Rješenja su prvenstveno fokusirana na glavnu prometnu mrežu u središnjem dijelu Grada, ali su u skladu sa uočenim problemima, obrađen je i dio sekundarne prometne mreže (primjerice, ulice kojima prometuju vozila javnog gradskog prijevoza). Posebna pažnje posvećena je zonama koje su značajni atraktori putovanja poput gradske tržnice, gradske bolnice i trgovačke zone. U planu je posebno obrađena potreba za mobilnošću najranjivijih skupina sudionika u prometu (školske djece, starijih osoba i osoba smanjene pokretljivosti). Plan u segmentu javnog gradskog prijevoza predviđa potrebu zamjene voznog parka modernijim i ekološki prihvatljivijim vozilima. Također je predloženo uvođenje sustava informiranja putnika u vozilima i na stajalištima, te prijedlog unaprjeđenja sustava prodaje i naplate karata. Za plan je izrađena i strategija komunikacije s javnošću odnosno način senzibiliziranja javnosti s prijedlozima plana. Nastavno u slijedećem poglavlju razrađena su detaljnija rješenja s podloženim mjerama plana, troškovima, te indikatorima za praćenje provedbe pojedinih mjera.[37]

□ **Grad Varaždin**

Plan urbane mobilnosti temelji se na analizi postojećeg stanja mobilnosti u Gradu Varaždinu, identificirajući prilike i probleme, te analizirajući najbolja rješenja za dostizanje postojećih zacrtanih ciljeva koji su usklađeni s europskim i nacionalnim strategijama koje definiraju mobilnost.[41]

Plan je strateški dokument kojim se utvrđuje kratkoročni (2020.), srednjoročni (2025.) i dugoročni (2030.) prometni razvoj u Gradu Varaždinu i koji predstavlja kvalitativni pomak u odnosu na postojeće stanje, a to je povećanje kvalitete i efikasnosti prometnog sustava. S obzirom na sve navedeno, definicija jasnih općih i specifičnih ciljeva smatra se ključnom fazom procesa strateškog planiranja. Opći ciljevi sadržavaju sve specifične ciljeve koji se odnose na organizacijski, infrastrukturni, politički, ekološki, edukaciji i ostale segmente. Definiranjem ciljeva ključni je korak u stvaranju nove vizije prometnog sustava koji je održiv, integriran, pametan, energetski učinkovit, ekološki prihvatljiv i društveno osjetljiv. Opći ciljevi plana urbane mobilnosti Grada Varaždina su: Povećanje dostupnosti i kvalitete javnog gradskog prijevoza, povećanje sigurnosti u prometnom sustavu, povećanje atraktivnosti i kvalitete nemotoriziranog prometa, reduciranje negativnih posljedica prometnog sustava i integracija pametne mobilnosti u prometni sustav. Specifični ciljevi definirani su posebno za svaki opći cilj. Funkcija specifičnih ciljeva je ostvarenje općeg cilja, gdje specifični ciljevi detaljnije i jasnije definiraju područje i način intervencije u prometni sustav. [41]

Opći ciljevi su sljedeći:[41]

Opći cilj 1. Povećanje dostupnosti i kvalitete javnog prijevoza - na području obuhvata Plana prvenstveno je potrebno povećati udio svih putovanja u korist javnog prijevoza.

Opći cilj 2. Povećanje sigurnosti u prometnom sustavu – analizom i definiranjem „crnih točaka“ u prometnoj mreži Grada Varaždina, te implementacijom različitih mjera potrebno je reducirati broj prometnih nesreća svih vrsta.

Opći cilj 3. povećanje atraktivnosti i kvalitete nemotoriziranog prometa - na području obuhvata Plana također je potrebno povećati udio svih putovanja u korist nemotoriziranog prometa (pješačenje i bicikliranje).

Opći cilj 4. Reduciranje negativnih posljedica prometnog sustava – analizom strateških dokumenata EU i Republike Hrvatske utvrđeni su veliki negativni utjecaji prometnog sustava na okoliš, zdravstveno stanje, financijsko stanje i sigurnost stanovnika.

Opći cilj 5. Integracija pametne mobilnosti u prometni sustav – Razvojem novih tehnologija, sam prometni sustav počeo se rapidno mijenjati. Informacijsko-komunikacijske tehnologije, ITS (inteligentni transportni sustavi), novi sustavi pogona za motorna vozila, ekonomija dijeljenja i dr. podloga su za razvoj pametne mobilnosti. Pametna mobilnost sastavni je dio koncepta „*Smart City*“¹ i odnosi se na primjene novih tehnologija u prometnom sustavu.

¹ *Smart City* – eng. Pametni grad

3. Zimski uvjeti na autocestama

Zimski uvjeti na cesti opisani su uvjetima kada je kolnik prekriven snijegom ili kada je na kolniku poledica, primjer prikazan na fotografiji broj dva. Za vrijeme zimskih uvjeta na cestama zabranjuje se promet motornim vozilima koja nemaju propisanu zimsku opremu i teretnim automobilima s priključnim vozilom.[31]

Slika 2. Zimski uvjeti na dionici A6 Rijeka - Zagreb



Izvor: autor – vijadukt Zalesina na dionici A6 iz smjera Zagreba u smjeru Rijeke, dana 21.01.2023. godine

Člankom 193. Zakona 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 (u daljnjem tekstu ZSPC) pod ograničenjima prometa stoje dužnosti vozača vozila, stoga, vozač motornog vozila dužan je, prije uključivanja u promet, očistiti zaleđena vjetrobranska stakla i snijeg, led ili vodu na vozilu. Isto tako, ukoliko se ostvare zimski uvjeti ministar nadležan za poslove prometa može u određeno vrijeme i na određenoj cesti ili dijelu ceste propisati obvezno posjedovanje zimske opreme, za pojedine vrste i kategorije vozila, bez obzira postoje li na tim cestama zimski uvjeti. Godine 2020.

ministar je donesao Odluku o obaveznoj uporabi zimske opreme na zimskim dionicama javnih cesta u Republici Hrvatskoj NN 121/2020, sukladno spomenutom članku iz ZSPC-a, na slici broj tri nalazi se popis autocesta proglašanih zimskim dionicama.

Slika 3. Popis zimskih dionica - autoceste

Ovom Odlukom određuje se obvezna uporaba zimske opreme na zimskim dionicama javnih cesta u Republici Hrvatskoj i to u razdoblju od 15. studenoga tekuće godine do 15. travnja iduće godine.		
II.		
Zimske dionice su:		
AUTOCESTE		
Oznaka ceste	Opis ceste	Duljina (km)
A1	Zagreb (čvorište Lučko, A3) – Karlovac – Bosiljevo – čvorište Maslenica	242,4
A2	G. P. Macelj (granica Rep. Slovenije) – Trakošćan – Krapina – Zagreb (čvorište Jankomir, A3)	61,00
A3	G. P. Bregana (granica Rep. Slovenije) – Zagreb – Sl. Brod – G.P. Bajakovo (granica Rep. Srbije)	306,00
A4	G. P. Goričan (granica Rep. Mađarske) – Varaždin – Zagreb (čvorište Ivanja Reka, A3)	97,00
A5	Čvorište Osijek – Dakovo – čvorište Sredanci (A3)	51,8
A6	Čvorište Bosiljevo 2 (A1) – Delnice – Rijeka (čvorište Orehovica, A7)	81,00
Ukupno kilometara autocesta		839,2

Izvor: Odluka o obaveznoj uporabi zimske opreme na zimskim dionicama javnih cesta u Republici Hrvatskoj NN 121/2020

Kroz godine ZSPC se mijenjao i kazne za nepoštivanje propisanih temeljnih načela i ponašanja u prometu su se drastično podigle. Stoga, ukoliko vozač vozila postupi suprotno članku 193. stavku 2. ZSPC-a, to jest ukoliko ne očistiti zaleđena vjetrobranska stakla i snijeg, led ili vodu na vozilu, sukladno članku 193. stavku 6. ZSPC-a kaznit će se novčanom kaznom u visini od 130,00 eura.

Novčane kazne za vozače vozila doista su rigorozne i samom svojom visinom već djeluju preventivno na način da je osviještenost u poštivanju prometnih pravila na zavidnoj razini posebice kada se radi o obrtima i pravnim osobama. Naime, kazne za njih su puno veće u odnosu na fizičke osobe, shodno navedenom, ukoliko pravna ili fizička osoba obrtnik naredi ili dopusti da se u prometu na cestama koristi vozilo koje nema propisanu zimsku opremu ili teretni automobil s priključnim vozilom kazniti će se novčanom kaznom u iznosu od 660,00 do 1990,00 eura sukladno članku 193. stavku 4. ZSPC-a. Naravno u skladu s prethodno navedenim, i odgovorne osobe u pravnoj osobi te u tijelu državne vlasti ili tijelu jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave mogu biti kažnjene u iznosu od 190,00 do 660,00 eura sukladno članku 193. stavku 5. ZSPC-a.

Ako policijski službenik zatekne vozilo koje se kreće cestom na kojoj je kretanje te vrste vozila zabranjeno ili se kreće bez zimske opreme na dijelu ceste i u vrijeme kada je zimska oprema

obvezna, naredit će vozaču da odmah prekine kretanje vozilom ili da vozilom nastavi kretanje na cesti na kojoj je kretanje te vrste vozila dopušteno, odnosno da upotrijebi zimsku opremu. Ako vozač ne postupi po naredbi sukladno prethodno navedenom, policijski službenik ili inspektor cestovnog prometa isključit će vozilo iz prometa. Isključenje vozila iz prometa traje sve dok se ne otklone razlozi zbog kojih je vozilo isključeno. Uz zapisnik o obavljenom tehničkom pregledu vozila ili zapisnik o obavljenom tehničkom pregledu vozila na cesti isključeno vozilo moguće je odvesti do mjesta gdje se može otkloniti neispravnost ili nedostatak. Pravo ponovnog sudjelovanja vozila u prometu, nakon isključenja vozila, dokazuje se zapisnikom o obavljenom tehničkom pregledu vozila, kojim je utvrđena ispravnost vozila. Novčanom kaznom u iznosu od 260,00 eura kaznit će se za prekršaj vozač ako upravlja vozilom u prometu na cestama koje je isključeno iz prometa a da u vozilu ne posjeduje zapisnik o obavljenom tehničkom pregledu vozila ili zapisnik o obavljenom tehničkom pregledu vozila na cesti kojem mu je dana mogućnost odvoženja vozila do određenog mjesta gdje se može otkloniti neispravnost ili nedostatak, odnosno zapisnik o tehničkom pregledu, kojim je utvrđena ispravnost vozila, sukladno članku 290. Zakona o sigurnosti prometa na cestama.

Člankom 72. i 104. Pravilnika o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14 i 64/15 propisano je kakvi pneumatici kao dio opreme vozila moraju biti u cjelogodišnjem razdoblju, dok je zimskom razdoblju poseban naglasak. Shodno navedenom, zimski pneumatik je pneumatik čiji je profil, sastav i struktura gazećeg sloja konstruirana tako da po blatu, zimskim i snježnim uvjetima postiže bolje rezultate od ostalih cestovnih pneumatika. Zimski pneumatici označeni su oznakama M+S, M.S. ili M&S. Zimskom opremom motornih vozila kategorije M i N čija najveća dopuštena masa nije veća od 3,5 t sukladno ovom Pravilniku, smatraju se zimski pneumatici (M+S) na svim kotačima ili ljetni pneumatici s najmanjom dubinom profila od 4 mm i s lancima za snijeg koji se postavljaju na pogonske kotače. Zimskom opremom autobusa sukladno ovom Pravilniku, smatraju se lanci ili zimski pneumatici (M+S) postavljeni na pogonske kotače, a autobusi i teretna vozila koja ne mogu postaviti lance na pogonske kotače moraju imati zimske pneumatike (M+S) na pogonskim kotačima. Pneumatici s čavlima ne smiju se postavljati na motorna vozila.

3.1. Redovito održavanje

Redovito održavanje čini skup mjera i radnji koji se obavljaju tijekom većeg dijela godine ili cijele godine na cestama uključujući i sve objekte i instalacije, sa svrhom održavanja prohodnosti i tehničke ispravnosti cesta i sigurnosti prometa na njima.[20]

Zakon o cestama NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14, 110/19, 144/21, 114/22, 114/22, 04/23 propisuje uređenje pravnog statusa javnih i nerazvrstanih cesta, način njihova korištenja, razvrstavanje, planiranje, građenje, upravljanje, mjere, financiranje kao i nadzor javnih cesta. Člankom 26. spomenutog Zakona opisani su poslovi održavanja javnih cesta, među kojima se podrazumijeva:

- planiranje održavanja i mjera zaštite javnih cesta i prometa na njima,
- redovito i izvanredno održavanje javnih cesta,
- ustupanje radova redovitog i izvanrednog održavanja javnih cesta,
- stručni nadzor i kontrola kakvoće ugrađenih materijala i izvanrednih radova održavanja javnih cesta,
- osiguranje uklanjanja oštećenih i napuštenih vozila i drugih stvari s javne ceste,
- ophodnja.

Također istim člankom je propisan popis radova redovitog i izvanrednog održavanja, opseg pojedinih radova i rokovi izvođenja tih radova, pravila i tehničke uvjete za izvođenje radova u ljetnom i zimskom razdoblju te pravila za ophodnju javnih cesta propisuje ministar.[20]

Pravilnikom o održavanju cesta NN 90/2014 uređuje se popis poslova redovitog i izvanrednog održavanja cesta, opseg pojedinih radova i rokovi izvođenja tih radova kojih su izvođenje dužne osigurati pravne osobe (upravitelji cesta) koje upravljaju javnim cestama, Pravilnik se primjenjuje na sve ceste, javne i nerazvrstane, osim u dijelu kojim je u suprotnosti s propisima kojima se uređuje komunalno gospodarstvo. Upravitelji cesta u obvezi su osigurati da se ceste održavaju na način da se prilikom održavanja omogući siguran promet na njima, da se očuvaju temeljna svojstva i poboljšaju njihove prometne, tehničke i sigurnosne značajke, zaštite od štetnog utjecaja cestovnog prometa, te da se očuva njihov okoliš i uredan izgled.

U članku 13. Pravilnika o održavanju cesta NN 90/2014 stoji što sve podrazumijeva redovito održavanje cesta, a među kojima se nalaze nadzor i pregled cesta i objekata, redovito održavanje prometnih površina, čišćenje ceste, interventni radovi te zimska služba.

Čišćenje ceste važan je dio kojim se utječe na sigurnost prometa na cestama, upravitelj ceste u obvezi je osigurati da izvođač radova održavanja ceste sve sastavne dijelove javne ceste očisti na način da odstrani sve što može utjecati na sigurnost prometa, njegovu funkcionalnost i

uređeni izgled ceste te zaštitu okoliša. tako je i naglašeno u članku 30. Pravilnika o održavanju cesta NN 90/2014. Čišćenje ceste usko je vezano uz zimsku službu posebice tijekom zimskog razdoblja, tako u članku 31. istog Pravilnika definiran je pojam zimske službe, to je pojam i uobičajeni izraz za cijeli niz radnji, mjera, postupaka i aktivnosti u zimskom razdoblju, koje imaju zadaću osigurati mogućnost odvijanja prometa cestama uz najveću moguću sigurnost sudionika u prometu i prihvatljive troškove.

U zimskom razdoblju koje, u pravilu, traje od 15. studenog tekuće do 15. travnja sljedeće godine, ceste se održavaju u skladu s izvedbenim programom zimske službe. Izvedbeni program zimske službe donosi upravitelj ceste, na prijedlog izvođača radova redovnog održavanja ceste, koji ga je dužan podnijeti na prihvaćanje upravitelju ceste najkasnije do 15. listopada tekuće godine. Izvedbenim programom zimske službe utvrđuje se osobito: organizacijska shema ustroja, nadležnosti i odgovornosti izvođača zimske službe, raspored mjesta stalne pripravnosti, karta cestovne mreže s označenim razinama prednostima i polaznim i završnim točkama djelovanja zimske službe, raspored mehanizacije, opreme, materijala za posipanje te radne snage potrebne za izvođenje planiranih radova, raspored dežurstva, obvezne prisutnosti, stupnjevi pripravnosti te raspored radnih skupina, nacrt posipanja protiv poledice i uklanjanja snijega, mjesta i način isključivanja pojedinih vrsta vozila u zimskim uvjetima, način prikupljanja podataka i shema obavještavanja o stanju i prohodnosti javnih cesta.[18]

Pripremni radovi zimske službe izvode se prije početka zimskoga razdoblja u cilju omogućavanja njezinog učinkovitog djelovanja. Pripremni radovi obuhvaćaju prvenstveno radove i aktivnosti na: pripremi mehanizacije, prometne signalizacije i opreme, posipnog materijala, pripremi javnih cesta i njenog neposrednog okoliša (postavljanje dopunske prometne signalizacije na opasnim mjestima, postavljanje snježnih kolaca, postavljanje naprava i provođenje mjera za zaštitu od snježnih zapuha i sl.), osposobljavanju i stručnom usavršavanju svih radnika koji sudjeluju u obavljanju zimske službe.[18]

U slučajevima pojave snijega na cestama osnovni cilj je održavanje prohodnosti cesta. Takvo održavanje prohodnosti pojedinih cesta određeno je, prema razini prednosti koja je utvrđena godišnjim planom, a ovisno o vrsti ceste, gustoći i strukturi prometa, zemljišno-klimatskim uvjetima i lokalnim potrebama, u tablici broj jedan prikazana je prva razina prednosti koja se odnosi na autoceste, gdje je istaknuto vrijeme osiguranja prohodnosti kao i postupanje ovisno o intenzitetu snježenja.[29]

Tablica 1. Razvrstavanje cesta u odnosu na razine prohodnosti i osiguranje prohodnosti u zimskim uvjetima

Razina prohodnosti	Vrsta javne ceste	Osiguranje prohodnosti	Intenzitet snježenja	
			Prosječni	Iznadprosječni
I.	Autoceste i brze ceste	24 sata	Osiguranje prohodnosti kolnika, važnijih raskrižja, prilaza većim odmoristima i zaustavnih traka	Osiguranje prohodnosti jednog prometnog traka i prilaza većim parkiralištima

Izvor: obrada autora prema Pravilniku o održavanju cesta NN 90/2014

3.2. Utjecaj na okoliš

Zasigurno sipine kojima se održava sigurnost na cestama tijekom zimskih razdoblja loše utječu na okoliš, propisana je obveza posipavanja dionica na kojima postoji opasnost od nastajanja poledice, u ovom dijelu rada opisati će se obveze postupanja sprječavanja opasnosti ali i njihov utjecaj na okoliš.

Kako je opisano u članku 36. Pravilnika o održavanju cesta NN 90/2014 u zimskom razdoblju i u slučajevima kada postoji opasnost od nastanka poledice na cesti, izvođač radova održavanja ceste dužan je pojedine opasne dijelove ceste posipati sredstvima koja sprječavaju nastajanje poledice. Mjesta i način posipanja tih sredstava određuje se u odnosu na zemljišno-klimatske uvjete, položaj, nagib i značaj ceste te druge lokalne uvjete. Na dijelu ceste gdje se poledica učestalo pojavljuje upravitelj ceste dužan je osigurati da izvođač redovnog održavanja ceste pravovremeno postavi dopunsku prometnu signalizaciju koja upozorava na moguću opasnost (prije svega na autocestama i glavnim cestovnim pravcima) ili da stalno poduzima mjere i radnje u cilju sprečavanja nastajanja poledice na kolniku. Upravitelj ceste dužan je osigurati da izvođač redovnog održavanja ceste otapajuća sredstva za snijeg i led koja su štetna za okoliš upotrebljava samo u minimalnim količinama. Za posipanje navedenih otapajućih sredstava dozvoljeno je upotrebljavati samo takve uređaje koji omogućavaju precizno doziranje količine posipa. Kod određivanja količine posipa potrebno je uzimati u obzir količinu otapajućeg sredstva koji se već nalazi na kolniku.

Iako je zakonom obveza minimalnog korištenja otapajućih sredstava za snijeg i led kao i soli i pijeska, svjedoci smo da radi veće količine snijega i stvaranja poledice zbog nižih temperatura

nužna su češća posipavanja na dionici A6, Rijeka –Zagreb između čvorova Oštovice i čvora Delnice.

Cestovna sol može imati brojne negativne utjecaje na okoliš jer uništava biljna i životinjska staništa. Kada počne proces otapanja, slana otopljena voda ulazi u kanalizacijski sustav. Zatim prolazi kroz postrojenje za pročišćavanje vode i vraća se u naše vodene putove. Kada se slanost vode podigne, sadržaj kisika opada, što otežava napredak divljih životinja. Kontakt sa soli za odleđivanje dovodi do upale životinjskih šapa, osobito pasa i mačaka. Vozila raspršuju sol na stranu ceste tijekom vožnje čime se zagađuje tlo i kontaminira pitku vodu, dok sustavi odvodnje ponekad nisu u mogućnosti profiltrirati cijelu količinu, posebice kada su u pitanju vijadukti i mostovi. [40]

Kada je riječ o korištenju otapajućih sredstava ona negativno utječu i na vozila koja korodiraju, ali uništava se i infrastruktura. Studija Državnog sveučilišta Washington procjenjuje da SAD troši 5 milijardi dolara godišnje na popravljavanje infrastrukture oštećene solju. To uključuje popravljavanje cesta, mostova, zgrada ali bitno je naglasiti da i održavanje voznog parka vozila za uklanjanje snijega podliježu oštećenjima, sve to ima loš utjecaj na okoliš. [40]

Na području Primorsko-goranske županije u planinskim i gorskim predjelima zime su hladne i popraćene s većom količinom snijega. Pravilnikom o održavanju cesta (NN 90/14) utvrđeno je da zimsko razdoblje u pravilu traje od 15. studenog tekuće do 15. travnja sljedeće godine, te da se ceste održavaju u skladu s Izvedbenim programom zimske službe na temelju čega se može zaključiti kako gotovo pola godine je potrebno tretirati cestu otapajućim sredstvima, s obzirom da je većim dijelom u tom vremenskom razdoblju temperatura ispod ništice gdje postoji opasnost od poledice.[45]

Dugoročni učinci korištenja soli na cesti su opasni, utječući na cijele ekosustave, stoga, potrebno je pravovremeno doći do rješenja kojima se omogućuje očuvanje ekosustava, te smanjenje negativnog utjecaja na okoliš.

3.3. Zimski uvjeti na dionici A6 Rijeka – Zagreb od čvora Oštrovica do čvora Delnice u vremenskom razdoblju od 2016. do 2023. godine

Područje dionice A6 Rijeka – Zagreb od čvora Oštrovica do čvora Delnice područje je koje je okarakterizirano kao gorsko i planinsko područje, gdje je tijekom zime uobičajena veća količina snijega i temperature oko ništice.

Specifičnost Gorskog kraja jest da su najhladniji prostori u RH. Tijekom godine mnogo je dana s maglom i povećanom naoblakom. Zime su duge i hladne s mnogo snijega. Ljeta su kratkotrajna i svježja. Često pada kiša. Na najvišim vrhovima planina jako je hladno i ima dosta snijega pa se često govori o planinskoj klimi.[28]

Kako se radi o autocesti na zahtjevnom području, tijekom zime potreban je poseban angažman oko održavanja sigurnosti prometa na cestama, a nerijetko se dogodi da dionicom od čvora Delnice do čvora Oštrovica, točnije naplatnih kućica Kikovica nije moguće prometovati u oba smjera radi zimskih uvjeta na cesti. U nastavku je tabelarni prikaz pod rednim brojem dva, zatvaranja dionice u posljednjih sedam godina.

Tablica 2. Zatvaranje AC A6 – čvor Kikovica – čvor Delnice radi zimskih uvjeta

GODINA	BROJ ZATVARANJA	VREMENSKO TRAJANJE (h)
2016.	15	171:30
2017.	13	202:18
2018.	18	316:30
2019.	5	42:05
2020.	5	71:20
2021.	9	118:55
2022.	10	100:50
2023.	6	103:05
Ukupno u 8 godina:	81	1126,30

Izvor: Obrada autora prema dostavljenim podacima od strane Hrvatskih autocesta d.o.o. (prilog 2)

Iz priložene tablice može se zaključiti da prometnica najvišeg ranga se vrlo često zatvara što za istu ne bi trebao biti slučaj. Zatvaranje dionice svaki put u promatranom razdoblju bio je u oba smjera, a u razdoblju od osam godina (uz napomenu da su za 2023. godinu ubrojani samo podaci od početka godine) dionica se zatvorila 81 put od čega ukupno je vremenski trajalo 1126 sati i 30 minuta što je gotovo 47 dana.

Prilikom zatvaranja promatrane dionice vozila se usmjeravaju na prometovanje starom cestom. U zimskim mjesecima, dan traje kraće, prethodna vožnja autocestom umara vozače, stara

cesta je preopterećena slijevanjem svog prometa sa autoceste, a redovito su prisutne i padaline čime je narušena sigurnost i kvaliteta vožnje.

Svi navedeni razlozi, ali i karakteristike stare ceste, poput užeg profila naspram autoceste i prisutnih serpentina mogu utjecati na smanjenje koncentracije vozača i povećanje narušenosti stanja sigurnosti prometa na cesti.

Osim što je izuzetno opasno tijekom putovanja narušena je kvaliteta vožnje, a redovito održavanje loše utječe na okoliš i vozila.

Kako bi se umanjili nedostaci, povećala kvaliteta vožnje i umanjio negativan utjecaj na okolno područje to jest okoliš, primjenom solarnih prometnica mogli bi se postići željeni rezultati u vidu umanjenja negativnih utjecaja. Solarne ceste su prometne infrastrukture koje mogu proizvoditi električnu energiju zahvaljujući solarnim ćelijama smještenim ispod poluprozirnog sloja i osigurati brojne pogodnosti između kojih je i grijanje cestovne površine tijekom zimskih uvjeta na cestama. Fotonaponska cesta je sustav kolnika koji može pretvoriti sunčevu svjetlost u električnu energiju zahvaljujući fotonaponskom učinku. [5]

4. Solarne prometnice

U ovom poglavlju pokušati će se približiti mogućnosti koje nude solarne prometnice, solarni paneli koji se koriste za prekrivanje postojećih prometnica pune su koristi opisanih u nastavku.

Prometnice su važan dio prometne infrastrukture, služeći kao okosnica za bolju mobilnost ljudi i robe. Budući da prometnice uvelike utječu na gospodarski rast i razvoj zajednica, najnovija istraživanja usmjerena su na planiranje, projektiranje i izgradnju prometnica kako bi se smanjio utjecaj na okoliš, povećala održivost i poboljšala učinkovitost prometnog toka. Međutim, zbog sve većih zahtjeva za smanjenim stresom vozača, neovisnom mobilnošću za nevozače i povećanom sigurnošću, potrebna su daljnja istraživanja o razvoju novih prometnica koje se mogu prilagoditi budućim vozilima poput električnih ili samoupravljajućih vozila.[4]

Solarna prometnica je bilo koja prometnica koja ima neku od vrsta solarnih ploča koja je pričvršćena na površinu iste, stvarajući tako električnu energiju dok također podržava sve vrste vozila koja se po njoj kreću.[32]

Korištenje fotonaponskih ćelija koje sunčevu energiju pretvaraju u električnu masovno se koriste u cijelom svijetu. Ponekad na prvi pogled neobične ideje su u stvari dobro zamišljene, samo treba pronaći način za njihovu ekonomski isplativu implementaciju u praksi. Takva je i ideja koja dolazi iz SAD-a, u kojoj se želi napraviti površina ceste od solarnih fotonaponskih ćelija, a proizvedena struja bi se mogla koristiti za okolna domaćinstva, tvornice, napajanje elektromobila koji voze po cesti ili u hladnijim krajevima za zagrijavanje površine ceste kako bi se uklonio led i snijeg.[22]

Američki osnivači tvrtke „*Solar Roadways*“, Scott i Julie Brusaw 2006. godine započeli su svoj osnutak s ciljem stvaranja solarnih prometnica to jest transformaciju asfaltiranih prometnica u ceste za generiranje energije. Njihov projekt koristi modularne solarne panele prekrivene kaljenim staklom kao zamjenu za standardni asfalt, a prva javna instalacija ove tehnologije predstavljena je 2016. godine u američkom gradu Sandpoint (Idaho). Iako je najavljen i plan za postavljanje ovih solarnih panela na dijelu mitske ceste *Route 66* u Missouriju, čini se da je projekt zaustavljen zbog složenih administrativnih procedura. No tvrtka *Solar Roadways* nastavlja svoju misiju, a u svom nedavnom priopćenju navode kako pregovaraju s potencijalnim ulagačima iz Južne Koreje, Australije, Dubaija, Abu Dhabija i Austrije.[46]

Prototip solarnih panela proizveo je *Solar Roadways* koristeći vlastiti proces, za primjene na kolniku te se očekivalo da solarni kolnik ispunjava sljedeće zahtjeve:[13]

- Sposoban generirati vlastitu energiju iz solarnog panela, solarne topline ili vibracija vozila.
- Olakšati učinkoviti prijenos, skladištenje i distribuciju generirane energije.
- Biti izgrađen od recikliranih ili drugih održivih materijala.
- Biti modularni u dizajnu tako da se oštećeni ili istrošeni dio može brzo i jednostavno zamijeniti.
- Izdržati opetovano teško prometno opterećenje i biti strukturno izdržljiv.
- Ispuniti ili premašiti sigurnosne standarde postojećih kolničkih sustava.
- Usmjeriti otjecanje vode ili propusnošću ili projektiranim zadržavanjem i filtriranjem.
- Biti troškovno učinkovit, to jest koristiti proizvodnju električne energije i umanjiti troškove za oborinske vode čime umanjuju početne troškove.

Tvrtka je osmislila solarni cestovni panel šesterokutnog oblika, ta solarna ploča sadrži ugrađeni mikroprocesor koji kontrolira grijaće elemente (kako bi se spriječilo nakupljanje snijega/leda), LED diode (za osvjetljavanje cestovnih linija, stvaranje riječi, grafike itd.) i bežično komunicira s drugim pločama i vozilima. Mikroprocesor nadzire ugrađene senzore temperature i senzor svjetla. Koristi se navedenim informacijama kako bi odredilo kada treba uključiti grijaće elemente i koliko će svijetliti LED diode. Također pohranjuje 8000 LED uzoraka koji se mogu pozvati u bilo kojem trenutku. Primjer panela nalazi se na slici broj četiri.[34]

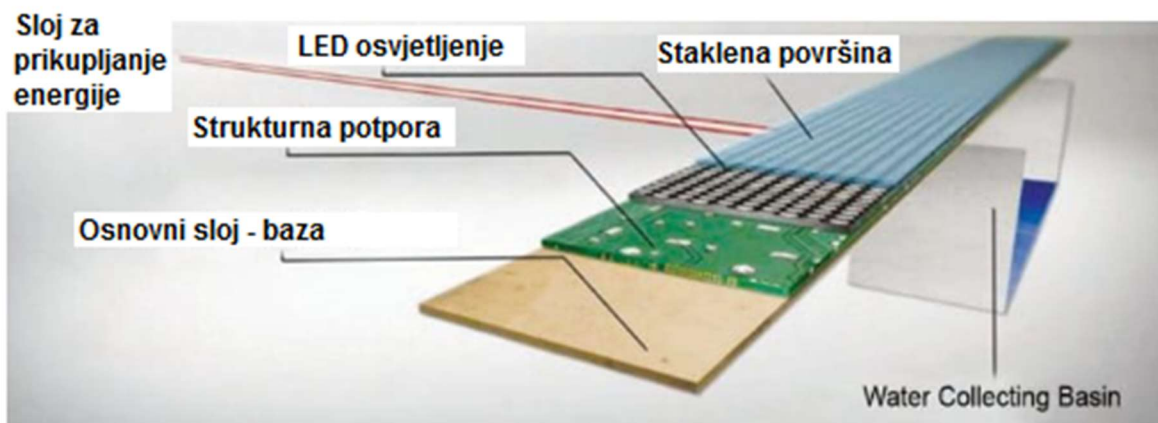
Slika 4. Šesterokutni solarni panel



Izvor: <https://solarroadways.com/product/product/> 10.07.2023.

Projekt ‘*Solar Roadway*’ (Solarna cesta) u SAD-u, jest o cestama izrađenim od solarnih fotonaponskih ćelija. Za pokus u praksi je u sjevernom Idahou prekriven parking fotonaponskim ćelijama. Taj projekt financirala je Uprava za ceste iznosom od 750.000 dolara, a instalacija solarnog parkinga ima instaliranu snagu od 5.700 W. Solarni paneli s kojima bi trebala biti pokrivena cesta, odnosno parking, napravljen je posebnom tehnikom, a ima tri sastavna dijela. Prozirni omotač koji je površinski sloj s ugrađenim solarnim ćelijama, LED svjetlima (za oznake na cesti) i grijačima za otapanje leda i snijega. Potom dolazi sloj elektronike za kontrolu rasvjete i komunikacija, te na kraju zadnji sloj ploče za distribuciju energije dalje do potrošača. U nastavku se nalazi slika broj pet s primjerom gdje su naznačene komponente panela: staklena površina, LED osvjetljenje, strukturna podloga, baza te sloj za prikupljanje energije.[22]

Slika 5. Komponente panela



Izvor: obrada autora prema <https://www.electronicb2b.com/industry-buzz/solar-roads-feasible-india/> 11.07.2023.

Sunčeva energija je neograničen i čist obnovljivi izvor energije, koji postupno zamjenjuje neobnovljive izvore energije. Proizvodnja solarne energije postala je jedan od najbrže rastućih obnovljivih izvora energije. Kako cijena solarnih panela stalno opada, a provode se različite politike poticaja, stopa rasta fotonaponske energije raste. Fotonaponska energija se smatra jednom od energetskih alternativa koja najviše obećava, zahvaljujući svojoj sveprisutnoj i održivoj prirodi. [15]

Solarne prometnice zasigurno su svjetla budućnost u vidu održive mobilnosti, donose brojne pogodnosti u vidu modernijeg i razvijenijeg sustava upravljanja prometnim sustavom.

4.1. Fotonaponske ćelije

Fotonaponski efekt počeo je 1839. godine promatrati Henri Becquerel i na početku dvadesetog stoljeća bio je predmetom mnogih istraživanja. Jedina Nobelova nagrada koju je dobio Albert Einstein bila je za istraživanje solarne energije. 1954. su Bell Labs u SAD-u predstavili prvi fotonaponski članak koji je generirao upotrebljivu količinu električne energije, a do 1958. počelo je ugrađivanje u komercijalne aplikacije (osobito za svemirski program).[24]

Fotonaponske ćelije mogu generirati električnu energiju iz solarne energije bez emisije onečišćenja ili stakleničkih plinova, pružajući održivo rješenje za dobivanje energije. Oni su privukli globalni interes, jer su zemlje postavile ciljeve smanjenja emisije stakleničkih plinova kao odgovor na Pariški sporazum od 2016. godine. Fotonaponske ćelije obično pokrivaju velika

područja kako bi dobili odgovarajuću sunčevu energiju i stoga su obično ograničeni na udaljena otvorena područja.[16]

Solarna ćelija (koja se naziva i fotonaponska ćelija) je uređaj koji može pretvoriti svjetlosnu energiju u električnu koristeći fotonaponski učinak. Fotonaponski tehnologija koristi fotone sadržane u sunčevoj svjetlosti na određenim valnim duljinama za pobuđivanje elektrona u poluvodiču.[6]

Velika većina solarnih ćelija proizvedena je od silicija - s povećanjem učinkovitosti i smanjenjem troškova jer se materijali kreću od amorfnih (nekristalnih) do polikristalnih do kristalnih (pojedinačnih kristalnih) silikonskih oblika. Za razliku od baterija ili gorivih ćelija, solarne ćelije ne koriste kemijske reakcije i ne zahtijevaju gorivo za proizvodnju električne energije, a za razliku od električnih generatora, nemaju pokretne dijelove.[43]

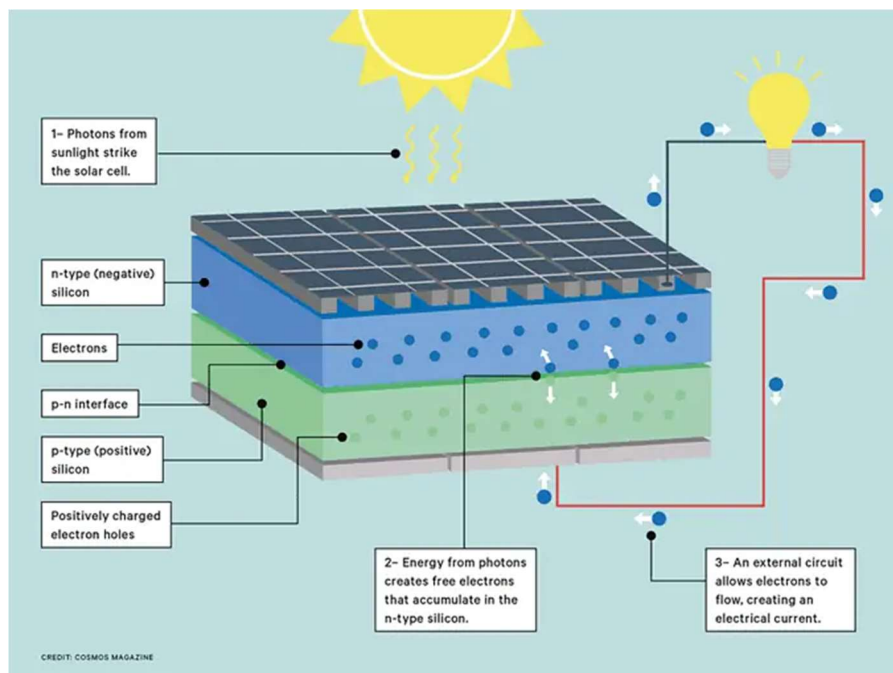
Solarne ćelije mogu se rasporediti u velike skupine koje se nazivaju nizovi. Ti nizovi, sastavljeni od više tisuća pojedinačnih ćelija, mogu funkcionirati kao središnje električne elektrane, pretvarajući sunčevu svjetlost u električnu energiju za distribuciju industrijskim, komercijalnim i stambenim korisnicima. Solarne ćelije koriste se u brojnim potrošačkim proizvodima, kao što su elektroničke igračke, ručni kalkulatori i prijenosni radio uređaji. Solarne ćelije koje se koriste u uređajima ove vrste mogu koristiti umjetno svjetlo (npr. od žarulja sa žarnom niti i fluorescentnih svjetiljki), kao i sunčevu svjetlost.[43]

Zatvorimo li strujni krug između fotonaponske ćelije i nekog potrošača, struja će poteći i potrošač će biti opskrbljen električnom energijom. Fotonaponske ćelije zbog svojih električkih svojstava proizvode istosmjernu struju. Komponente kao što su izmjenjivači i baterije reguliraju, pohranjuju i isporučuju električnu energiju krajnjim potrošačima.[24]

Nedavno su ceste na solarni pogon koje uključuju ugrađene module kristalnog silicija privukle veliko zanimanje jer se mogu koristiti za prijevoz i proizvodnju električne energije. Nekoliko primjera konačno se pokreće diljem svijeta kako bi se asfaltne ceste zamijenile solarnim pločama.[8]

Fotonaponska ćelija kao djelić panela igra veliku ulogu, u svojim malim proporcijama složena je u sendvič obliku u četiri dijela. Kao što je vidljivo na slici pod rednim brojem šest, s gornje i donje strane sastoji se od tankih traka metalnih elektroda. Oni izvlače energiju proizvedenu unutar solarne ćelije i provode je prema vanjskom krugu. U prostoru između metalnih elektroda jest dio gdje se fotoni od sunca pretvaraju u upotrebljivu električnu energiju, a sastoji se od dva različita sloja silicija: negativnog (plavi dio na slici) i pozitivnog silicija (zeleni dio na slici).[23]

Slika 6. Postupak djelovanja fotonaponske ćelije



Izvor: <https://cosmosmagazine.com/technology/how-solar-cells-turn-sunlight-into-electricity/>
03.07.2023.

Iako je ukupna proizvodnja fotonaponske energije mala, vjerojatno će se povećavati kako se resursi fosilnih goriva smanjuju. Zapravo, izračuni temeljeni na projiciranoj svjetskoj potrošnji energije do 2030. godine sugeriraju da bi globalne potrebe za energijom ispunili solarni paneli koji rade na 20 posto učinkovitosti i pokrivaju samo oko 496,805 četvornih kilometara (191,817 četvornih milja) Zemljine površine. Materijalni zahtjevi bili bi ogromni, ali izvedivi, jer je silicij drugi najzastupljeniji element u Zemljinoj kori. Ti su čimbenici naveli zagovornike sunca da predvide buduću "solarnu ekonomiju" u kojoj su praktički sve energetske potrebe čovječanstva zadovoljene jeftinom, čistom, obnovljivom sunčevom svjetlošću.[43]

4.2. Primjena fotonaponskih sustava na prometnoj infrastrukturi

U ovom dijelu rada reći će se nešto o primjeni fotonaponskih sustava na prometnoj infrastrukturi, iako u Hrvatskoj još uvijek nema primjera primjene, u razvijenijim državama poput Nizozemske infrastrukturno se počinje sve više pojavljivati. Fotonaponske sustave moguće je koristiti na svim cestovnim prometnim površinama, a moguće ih je koristiti i kao nadogradnja prometne površine stvarajući primjerice umjetni hlad.

Primjerice „*Novergy Solar*“ popularan je proizvođač solarnih parkirnih sustava u Indiji. Proizvode rješenja solarnih panela prilagođenog dizajna na globalnoj razini. Solarni parkirni sustavi jedna su od popularnijih ponuda tvrtke, koja koristi parkirno mjesto za dvostruku svrhu proizvodnje solarne energije uz zaštitu vozila.[56]

Navedena tvrtka nudi niz rješenja za solarnu energiju koja uključuju elektrane, krovne i vlastite elektroenergetske sustave, solarne panele, rješenja solarne rasvjete, crpna rješenja, solarne telekomunikacijske sustave, solarnu mikromrežu, hibridne kombinacije i slično. Analiziraju svaki zahtjeva projekta, a zatim pružaju najprikladnije rješenje u interesu kupca.[55]

Osim što je primjena solarnih panela dobra za parkirališta, isto tako postoje projekti za biciklističke staze, grad oko 25 kilometara od Amsterdama u Nizozemskoj pod nazivom Krommenie mjesto je postavljanja prve solarne biciklističke staze na svijetu. Biciklistička staza može proizvesti dovoljno zelene električne energije za napajanje tri kuće. Tri kuće možda se doimaju malo, ali s obzirom da je staza duga samo 70 metara moglo bi se reći kako je to ipak hvale vrijedan poduhvat koji potiče održivost.[38]

Iako se solarni paneli uglavnom koriste kao materijal za uštedu, u Nizozemskoj napravljen je umjetnički projekt - jedinstvena osvijetljena biciklistička staza koja svijetli u mraku pomoću tisuća svjetlucavih kamenčića koji koriste tehnologiju LED svjetla na solarnu energiju. Inspiriran Van Goghovom slikom "Zvezdana noć", umjetnik Daan Roosegaarde udružio se s tvrtkom *Heijmans Infrastructure* kako bi stvorio jedan kilometar dugu biciklističku stazu Van Gogh-Roosegaarde u gradu Eindhovenu u Nizozemskoj. Svjetleće kamenje se tijekom dana puni sunčevom svjetlošću, a noću emitira svjetlost, tvoreći različite uzorke na stazi koji su vidljiviji u mraku. Interaktivna biciklistička staza duga je 600 metara i proteže se u područje Eindhovena gdje je Van Gogh živio od 1883. do 1885. godine.[59]

Odmorišta na autocestama su savršen primjer gdje se također može iskoristiti mogućnost prikupljanja energije putem solarnih panela, kao prema primjeru natkrivenih parkirališta ili parkirališna površina prekrivena navedenom tehnologijom moguće je tako pristupiti i odmorištima

na autocestama, a prikupljenu energiju moguću je koristiti za brojne pogodnosti među kojima je danas vrlo aktualna – za punjenje električnih automobila.

Tako su u Kuala Lumpuru, glavnom gradu Malezije krajem 2018. godine napravili prvo odmorište na autocesti u njihovoj zemlji koje koristi solarnu fotonaponsku zelenu tehnologiju. Prikupljenu energiju koju koriste kao alternativni izvor energije za napajanje uslužnog objekta na odmorištu koje je na taj način dobilo uštedu električne energije do 51% tijekom dana. Paneli su postavljeni na krov glavnog restorana s hranom, šetnice i natkrivena parkirališta za autobuse na odmorištu.[53]

4.3. Primjeri solarnih prometnica iz Kine i Francuske

U nastavku opisani su primjeri solarnih prometnica u Kini i Francuskoj, inovativne ideje za održivost i ekološki prihvatljive prometnice.

4.3.1. Solarne prometnice – primjer Kina

Kina je poznata kao jedna od moćnijih država u svijetu, kao jaka i razvijena zemlja suočena je s brojnim poteškoćama onečišćenja koja su prouzrokovana raznim utjecajima. Kako su suočeni s ekološkim problemima okrenuli su se uspostavljanju ogromne količine infrastrukture za obnovljivu energiju – od kojih je nacionalna solarna autocesta posebno inovativan primjer koji je prikazan na slici pod rednim brojem sedam.[57]

Slika 7. Solarna autocesta u Kini



Izvor: <https://www.nsenergybusiness.com/features/china-solar-highway-energy/#>

12.06.2023.

Solarnu autocestu, točnije dio autoceste prikazan na slici iznad krajem 2017. godine Kina je održala otvorenje dionice duge jedan kilometar u glavnom gradu pokrajine Shandong Jinanu, južno od Pekinga. Cesta se prostire na 5.875 kvadratnih metara i sposobna je generirati do 1 GWh svake godine što je dostatno za napajanje u prosjeku oko 800 domova. Međutim, plan kineske vlade jest koristiti električnu energiju koju stvara njezina solarna autocesta za napajanje ulične rasvjete, reklamnih panoa i kamera za video nadzor, kao i za zagrijavanje površine cesta kako bi se otopio snijeg koji se nakupi na njima.[57]

U prvih 14 tjedana rada, cesta je proizvela 96 MW energije. Sastoji se od zaštitnog površinskog sloja od prozirnog betona, koji navodno može podnijeti pritisak 10 puta veći od standardnog asfalta. Ispod toga je srednji sloj baterija na solarni pogon, koje generiraju električnu energiju za cestu, iznad vodootpornog izolacijskog sloja kako bi se spriječila bilo kakva vlaga s tla ispod. Procjenjuje se da će otprilike 40.000 automobila moći voziti preko solarne autoceste svaki dan, s dvije trake na izbor uz traku za hitne slučajeve kako bi se smanjile gužve.[57]

Procjene cijena za projekt variraju, ali većina se kreće oko iznosa od 2,7 milijuna dolara (2,1 milijun funti), uz pretpostavku da autocesta košta oko 458 dolara (347 funti) po kvadratnom metru – 90 puta više od 5 dolara po kvadratnom metru za obične ceste.[57]

4.3.2. Solarne prometnice – primjer Francuska

Solarna prometnica u Francuskoj zanimljiv je primjer, posebice iz razloga što se radi o solarnoj prometnici koja je prva kao takva izgrađena na svijetu. Iako jest prva, i senzacija, upitna je uspješnost projekta s obzirom da se radi o prometnici koja se i ne proteže previše osunčanim mjestom Tourouvre-au-Perche u duljini od jednog kilometra. Bez obzira na tu nelogičnost, pozitivna strana projekta jest u tome što je od prikupljene energije omogućeno napajanje za javnu rasvjetu navedenog mjesta od otprilike 3.400 stanovnika.[47]

Cestu, nazvanu *Wattway*, svečano je otvorila ministrica ekologije Ségolène Royal, koja je ranije rekla da želi izgraditi 1000 km cesta od solarnih ploča u Francuskoj, a financirana od strane države - prekrivena je s 2800 četvornih metara solarnih panela za proizvodnju električne energije.[51]

Francuska je uložila 5,2 milijuna dolara na kilometar ceste postavljanjem solarnih panela. Što za razliku od kineskog primjera je izuzetno skuplja investicija. Naposljetku, projekt je podbacio, materijal korišten za izgradnju nije bio dovoljno otporan na vanjske uvjete, nije ni ekonomski isplativo ni energetske učinkovito. Nepune tri godine nakon što je cesta puštena u promet, dogodila su se oštećenja, dijelovi su ulegli i nije ih bilo moguće spasiti radi dotrajalosti. Što se tiče energetske učinkovitosti, ona nije postignuta iz razloga što nije održavana urednost u vidu čišćenja lišća koje se nalazilo na istoj, proizvedena energija jest upola manja od očekivane.[44]

Nažalost, ovaj primjer u Francuskoj nije donio najbolje rezultate, za bolji uspjeh bila su potrebna održavanja prometnice, čišćenje te zamjena oštećenih dijelova.

5. Primjena fotonaponskih ćelija na dionici A6 potez čvor Oštrovica – čvor Delnice

U nastavku rada obrađena je primjena fotonaponskih ćelija to jest solarnih panela na dionici u Hrvatskoj, temeljena na dosadašnjem istraživanju.

5.1. Područje obuhvata

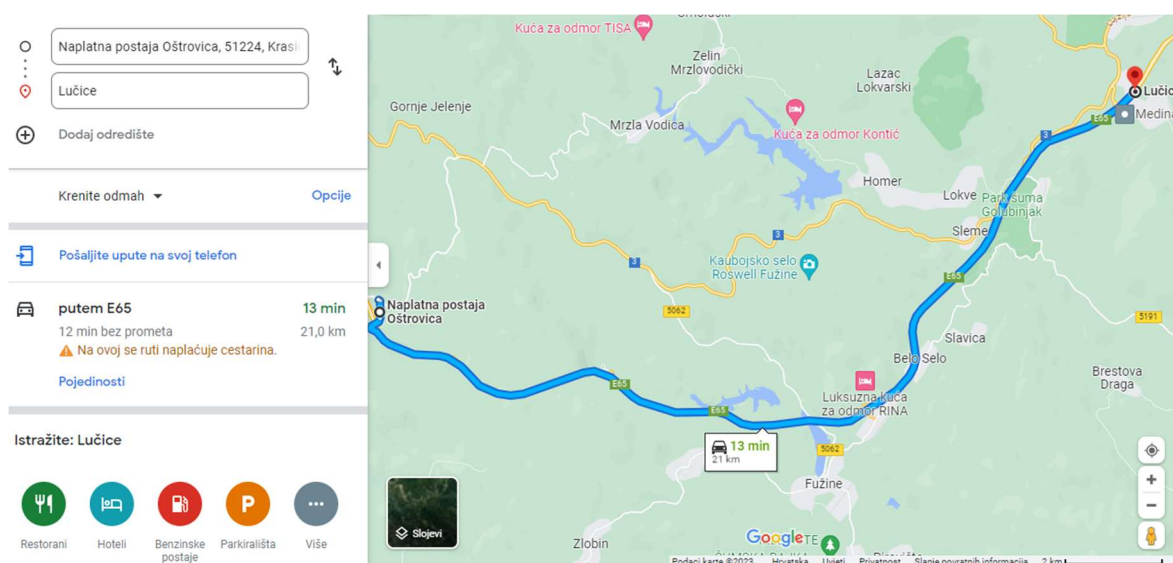
Kako bi primjena solarnih panela omogućila najbolju iskoristivost mogućnosti koje nude, odabrano je područje na dionici A6 potez od čvora Oštrovice do čvora Delnice u oba smjera. Razlog odabira poteza jest radi specifičnosti tijekom zimskog dijela godine. Naime, u tom razdoblju područje je najkritičnije za prometovanje za razliku od ostalih dijelova na dionici A6 zbog zimskih uvjeta u vidu niskih temperatura, a nerijetko i padalina.

5.1.1. Analiza postojećeg stanja područja obuhvata

Područje obuhvata od čvora Oštrovice do čvora Delnice iznosi 21 kilometar kao što je prikazano na slici pod rednim brojem osam. U oba smjera područja obuhvata moguće je prometovati na dvije prometne trake po smjeru.

Navedena dionica specifična je po broju tunela, ali i njihovoj duljini, čiji podaci su prikazani u tablici pod rednim brojem tri.

Slika 8. Područje obuhvata čvor Oštrovica – čvor Delnice



Izvor: obrada autora korištenjem Google karti

Tablica 3. Podaci o duljini tunela dionice od čvora Delnice do čvora Oštrovica

Naziv tunela	Smjer	Duljina
Sopač	Oba	775 m
Sleme	Oba	858 m
Vrata	Oba	262 m
Tuhobić	Oba	2.143 m
Hrasten	Oba	278 m
Ukupno:		4.316 m

Izvor: obrada autora prema <https://www.hac.hr/hr/interaktivna-karta> 08.07.2023.

U posljednjih sedam godina uz zimsko razdoblje 2023. godine dionica se zatvorila 81 put čije vremensko razdoblje je trajalo gotovo 47 dana. Razlog zatvaranja dionice bili su zimski uvjeti. Radi zatvaranja dionice cijeli promet usmjeri se na staru cestu – Lujzijanu od Delnica prema Rijeci čime bi se uvelike produljilo vrijeme putovanja i narušila bi se kvaliteta putovanja.

5.1.2. Prijedlog poboljšanja održive mobilnosti

Kako bi se pozitivno utjecalo na održivu mobilnost, misleći pritom na stanje okoliša i kvalitetu vožnje, tada bi se korištenjem Europskog fonda za regionalni razvoj kao i Kohezijskog fonda mogla povući europska sredstva za sufinanciranje za gradnju solarne prometnice na dijelu dionice A6 Rijeka – Zagreb.

Prema ranije spomenutom primjeru solarne prometnice u Kini, kojoj je za dvije prometne trake u duljini od jednog kilometra bilo potrebno prema procjenama oko 2,7 milijuna dolara. U Hrvatskoj kao prijedlog za primjenu na dionici od čvora Delnice do čvora Oštrovica potrebno je ukupno 33 kilometra i 368 metara, točnije 16 kilometara i 684 metara po svakom smjeru (navedene brojke dobivene su izračunom pomoću prethodno prikupljenih podataka - duljina predložene dionice od 21 kilometar, koja je umanjena za ukupnu duljinu svih tunela od 4.316 m iz tablice broj tri iznosi 16 kilometara i 684 metra za jedan smjer).

Predlaže se prekrivanje prometne trake između zaustavne i pretjecajne trake u oba smjera solarnim panelima. Za prekrivanje navedenih prometnih traka potrebno je uložiti otprilike oko 45.046.800,00 dolara prema primjeru iz Kine (navedeni podatak dobiven prema podacima iz Kine, gdje je za duljinu od jednog kilometra i dvije prometne trake bilo potrebno izdvojiti oko 2,7 milijuna dolara, a koji broj je pomnožen s brojem duljine prometnog traka koji je potrebno prekriti u jednom smjeru što iznosi 16.684,00 metara).

Na predmetnoj dionici prema podacima Hrvatskih autocesta, u oba smjera nalaze se po jedno odmorište, u smjeru prema Rijeci nalaze se odmorište Lepenica i ima uslužne objekte, među

ponudom odmorišta valja istaknuti punionice za električna vozila. U smjeru prema Delnicama nalazi se odmorište Tuhobić, koje također ima uslužne objekte, za razliku od Lepenica, Tuhobić nema punionice za električna vozila.[49]

Prema primjeru iz Malezije koji je ranije spomenut u ovom radu, predlaže se uređenje odmorišta, na način da se umjesto prekrivanja krovništa uslužnih objekata prekrije cesta koja povezuje odmorište i autocestu, te da se solarni paneli postave na šetnjice. Parkirna mjesta urediti na način da zadrže postojeće stanje uz dodavanje nadstrešnica koje će imati solarne panele, tako da se maksimalno iskoristi prostor radi prikupljanja energije, dok će vozila moći biti natkrivena, što je pogodno tijekom ljetnih mjeseci ili padalina na odmorištu Tuhobić, dok je prijedlog za odmorište Lepenica postaviti solarne panele direktno na parkirna mjesta.

5.2. Primjena fotonaponskih ćelija na području obuhvata prema prijedlogu poboljšanja

U nastavku rada opisati će se primjena fotonaponskih ćelija prema prijedlogu poboljšanja, te će se istaknuti mogućnosti kojima bi solarni paneli pridonijeli razvoju održive mobilnosti na dijelu dionice A6 od čvora Delnice do čvora Oštovice.

5.2.1. Prometnica

Na predmetnom dijelu autoceste prijedlog je za primjenu solarnih prometnica jer tijekom zimskih razdoblja niske su temperature, a snijeg se dugo zadržava, razlozi su to radi kojih je narušena održiva mobilnost, dok upotreba sipina onečišćuju okoliš. U nastavku pod rednim brojem devet nalazi se slika dijela dionice koja obuhvaća oba smjera u postojećem stanju te slika pod rednim brojem deset gdje je istaknuta prometna traka u svakom smjeru, na kojima se preporuča primjena solarnih panela.

Slika 9. Postojeće stanje dijela dionice na području oko Slemena u smjeru prema Rijeci



Izvor: <https://novac.jutarnji.hr/novac/aktualno/autocesta-rijeka-zagreb-dobiva-kredit-od-70-mileura-evo-na-sto-ce-se-potrositi-taj-novac-9795373> 07.07.2023.

Slika 10. Pozicije prometnih traka koje je potrebno obložiti solarnim panelima (okolica Slemena)



Izvor: obrada autora prema: <https://novac.jutarnji.hr/novac/aktualno/autocesta-rijeka-zagreb-dobiva-kredit-od-70-mileura-evo-na-sto-ce-se-potrositi-taj-novac-9795373> 07.07.2023.

Pozicija prometne trake do zaustavne u oba smjera određena je iz razloga što je to traka iz koje je moguće izaći s autoceste, prema primjeru redovitog održavanja prohodnosti cesta koje obavljaju zimske službe gdje je cilj osigurati prohodnost i mogućnost izlaza sa autoceste.

Postavljanjem solarnih panela na označene trake postigle bi se brojne pozitivne mogućnosti, tijekom zimskog razdoblja, po potrebi bilo bi omogućeno grijanje prometnice kojom prilikom bi se topio snijeg i ne bi bilo potrebe za privremenim zatvaranjem. Također, omogućilo bi se smanjenje korištenja sipina na navedenom području, a ukoliko bi se grijači ugradili na pretjecajnu traku (povezani sa solarnim panelima), apsolutno bi se sipine mogle izbaciti iz primjene, čime bi se postigli pozitivniji učinci i na okoliš.

Kilometraža koju bi zauzele prometnice može proizvesti ogromnu količinu energije, samo od prometnice obložene solarnim panelima kroz godinu dana moglo bi se proizvesti gotovo 17 GWh električne energije prema primjeru projekta iz Kine, shodno navedenom, takva prometnica može generirati toliko energije kojom se može napajati oko 13.600 domova. Svakako, energiju treba usmjeriti na grijanje dionice obložene solarnim panelima, a višak energije usmjeriti na rasvjetu, reklamne panoe ili pomoćne objekte.

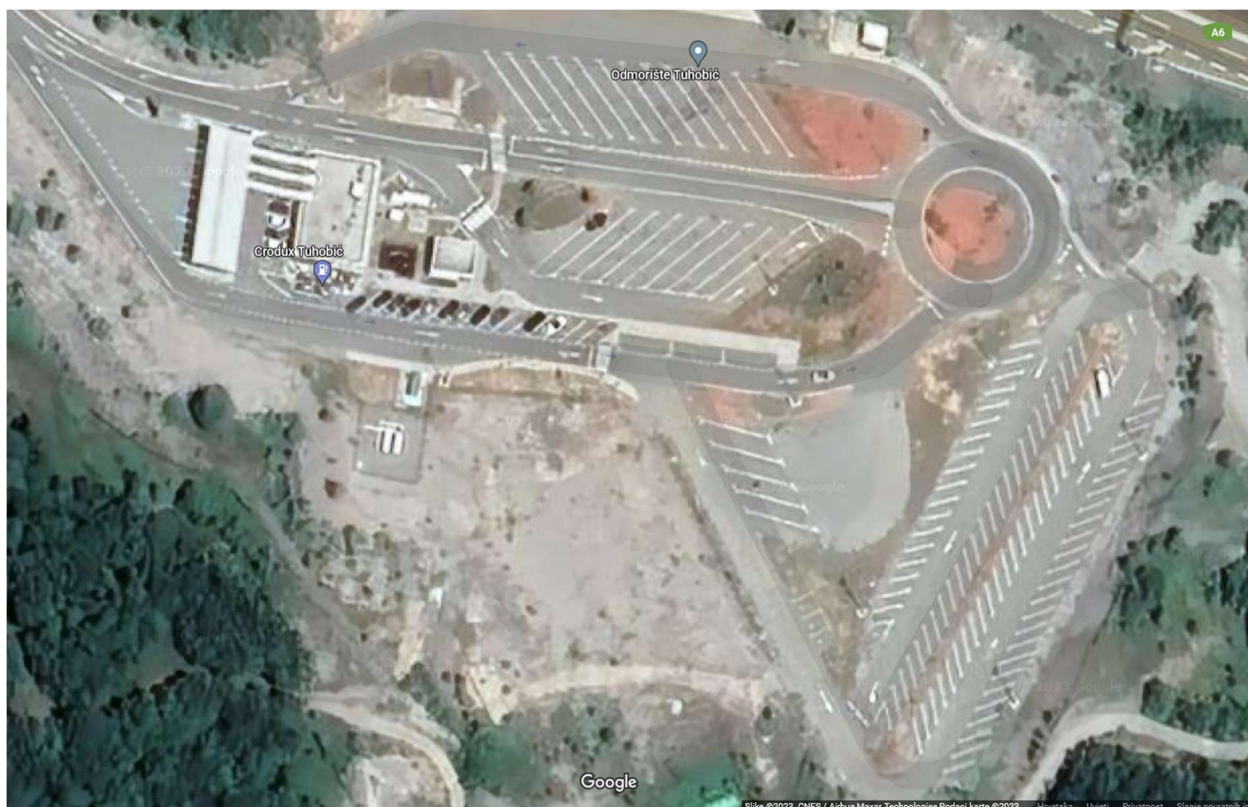
5.2.2. Odmorišta

Odmorišta su specifična, posebice tijekom zimskih mjeseci, odmorište Tuhobić i Lepenica nalaze se na mjestima gdje je uobičajena veća količina snijega radi čega često ne budu pristupačna sva parkirna mjesta zbog količine koja se zadržava na odmorištu.

Na slici pod rednim brojem jedanaest prikaz je odmorišta Tuhobić, koje je poprilično veliko, duljina prometnice koja vodi kroz odmorište od početka ulaza do kraja izlaza odmorišta iznosi oko 2.034 metara, uzimajući u obzir samo nužne dijelove odmorišta kako bi se moglo prometovati bez većih poteškoća, tada će se kao prijedlog uzeti duljina od 1.707 metara (podaci dobiveni korištenjem Geoportala [26]).

Ukupna površina parkinga iznosi otprilike 3.790 m^2 , kako bi se ostvarila mogućnost najisplativije i najbolje opcije za iskoristivost površine parkinga osiguranog solarnim panelima na nadstrešnici odabrane su dvije površine u ukupnom iznosu od oko 932 m^2 (podaci o površini dobiveni putem Geoportala [26]).

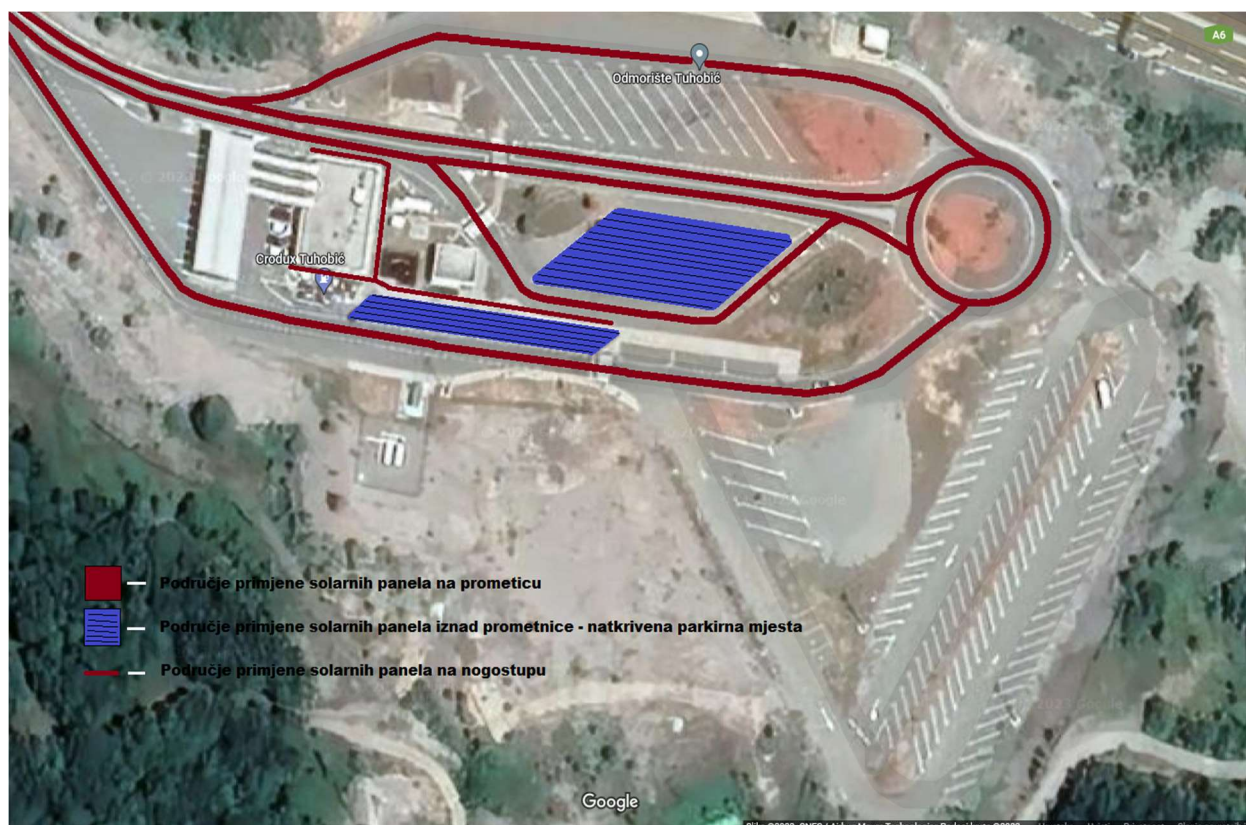
Slika 11. Tlocrtni prikaz odmorišta Tuhobić



Izvor: obrada autora prema Google kartama – odmorište Tuhobić

Na slici broj pod rednim brojem dvanaest prikaz je predloženih pozicija postavljanja solarnih panela, kojom prilikom se obuhvatilo minimalno i dostatno zauzimanje područja ceste (za potrebe tijekom zimskog razdoblja) kojom se kreću vozila kao i nogostupa dostatnog za kretanje do uslužnog objekta bez poteškoća. Također, predložena je i primjena solarnih panela na novopostavljenu konstrukciju nad 15 parkirnih mjesta za osobna vozila te nad 8 parkirnih mjesta za teretna vozila ili autobuse.

Slika 12. Tlocrtni prikaz odmorišta Tuhobić s naznačenim područjem primjene solarnih panela



Izvor: obrada autora prema Google kartama – odmorište Tuhobić

Krovne solarne panele, potrebno je postaviti na 932 m^2 novopostavljene konstrukcije – nadstrešnice čija cijena za 250 m^2 konstrukcije nad parkirnim mjestima za osobna vozila iznosi oko 7.500,00 eura (oko 8.346,00 dolara), te na nadstrešnicu od 682 m^2 konstrukcije nad parkirnim mjestima za autobuse/teretna vozila, što iznosi oko 34.100,00 eura (oko 37.947,00 dolara).[60] Kada govorimo o postavljanju krovnih solarnih panela, tada je iznos za postavljanje oko 146.410,00 eura (oko 162.932,00 dolara).[61]

Prema primjeru iz Kine, iznos potreban za dio projekta na odmorištu Tuhobić – postavljanje krovnih panela na konstrukciju kao i same konstrukcije iznad odabranih parkirališnih površina iznosi oko 209.225,00 dolara, dok je za postavljanje solarnih panela na prometnice odmorišta potrebno oko 2.304.450,00 dolara.

Danas je na cestama sve češće moguće vidjeti električna i hibridna vozila. Kako je vidljivo na slici broj trinaest, odmorište Lepenica ima u ponudi punionice za električna vozila dok kod odmorišta Tuhobić to nije slučaj.

Slika 13. Podaci o sadržajima koje nude odmorišta na AC A6 Rijeka - Zagreb

Km + m	Naziv odmorišta	Pregled sadržaja	Smjer
30+000	Kupjak		oba smjera
57+400	Lepenica		Rijeka
60+300	Tuhobić		Bosiljevo
76+200	Cernik - Čavle		Bosiljevo
76+200	Cernik - Čavle		Rijeka

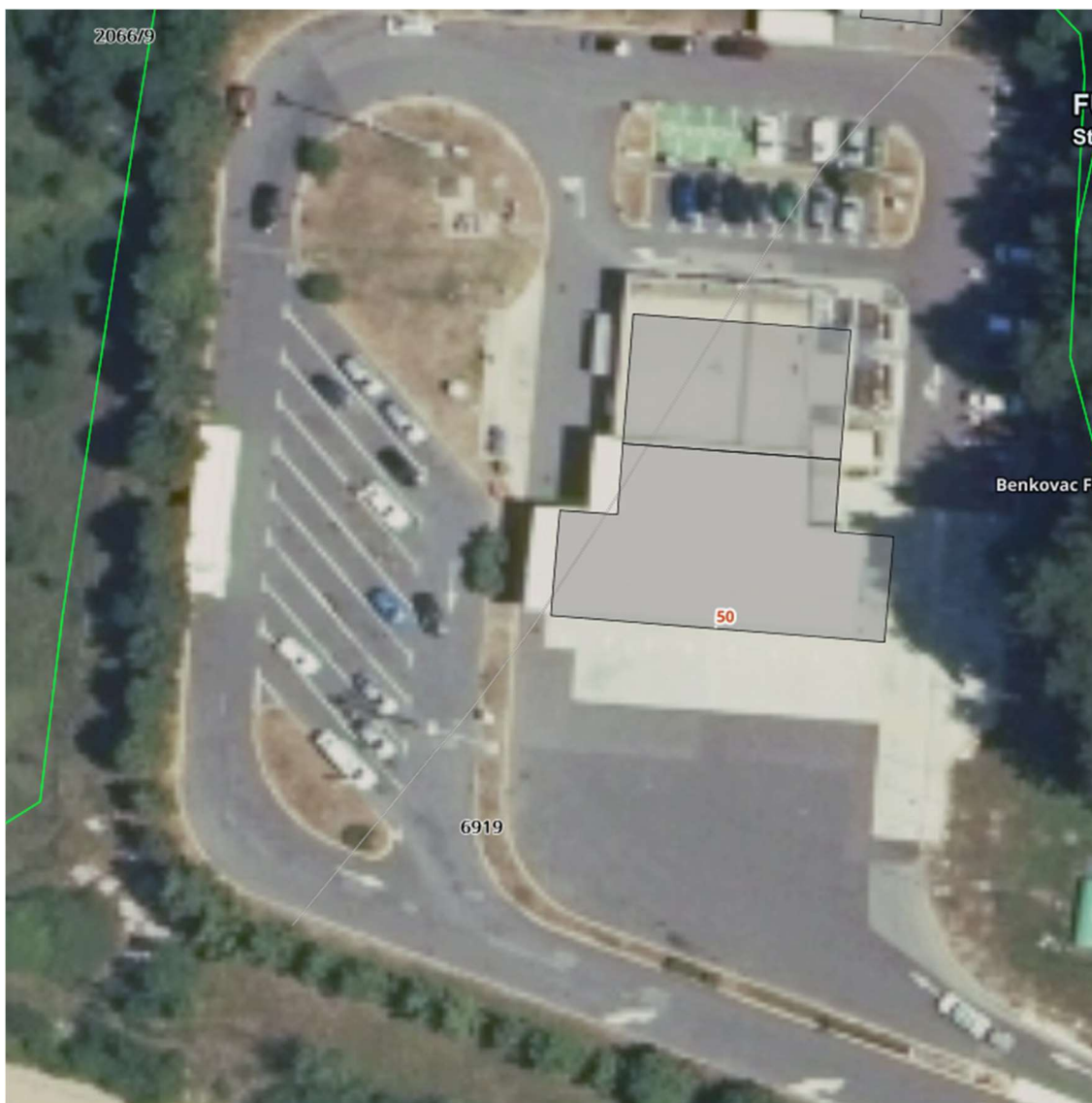
Izvor: obrada autora prema <https://www.hac.hr/hr/servisne-informacije/informacije-o-odmoristima?rests=1> 10.07.2023.

Odmorište Tuhobić nema punionice za električna vozila, shodno navedenom, predlaže se uvođenje pet parkirnih mjesta s mogućnošću prilaza stanicama za napajanje.

Na slici pod rednim brojem četrnaest prikaz je odmorišta Lepenice, duljina prometnice koja vodi kroz odmorište od početka ulaza do kraja izlaza odmorišta iznosi oko 1.803 metara, uzimajući u obzir samo nužne dijelove odmorišta kako bi se moglo prometovati bez većih poteškoća, tada će se kao prijedlog uzeti duljina od 1.580 metara (podaci dobiveni korištenjem Geoportala [26]).

Ukupna površina parkinga iznosi otprilike 1.162 m^2 , kako bi se ostvarila mogućnost najisplativije i najbolje opcije za iskoristivost površine parkinga osiguranog solarnim panelima odabrane su tri površine u ukupnom iznosu od oko 862 m^2 (podaci o površini dobiveni putem Geoportala [26]).

Slika 14. Tlocrt odmorišta Lepenica – u smjeru prema Rijeci



Izvor: obrada autora prema Geoportalu <https://geoportal.dgu.hr/> 09.07.2023.

Na slici broj petnaest prikaz je predloženih pozicija postavljanja solarnih panela, kojom prilikom se obratilo pozornost prema potrebama tijekom zimskog razdoblja. Iz prikaza vidljivo je šrafirano područje primjene solarnih panela na tri površine parkirališnih mjesta koja obuhvaćaju 4 parkirna mjesta za autobuse, 5 za teretna vozila i 18 mjesta za osobna vozila od čega je 4 označeno kao mjesta za električna vozila.

Slika 15. Tlocrtni prikaz odmorišta Lepenica s naznačenim dijelovima primjene solarnih panela



Izvor: obrada autora prema Geoportalu <https://geoportal.dgu.hr/> 09.07.2023.

Prema primjeru iz Kine, iznos potreban za dio projekta na odmorištu Lepenica - oblaganja parkirnih mjesta iznosi oko 394.796,00 dolara, dok je za postavljanje solarnih panela na cestu potrebno oko 2.133.000,00 dolara.

Primjenom ovih prijedloga, povećala bi se prohodnost na samom odmorištu, prikupljenom energijom bilo bi osigurano napajanje uslužnih objekata, a tijekom zimskih mjeseci grijala bi se cesta čime bi se topio snijeg i izbjeglo potrebu za čišćenjem i sipinama.

Za realizaciju prijedloga primjene solarnih prometnica na dionici autoceste A6 Rijeka – Zagreb od čvora Oštrovica do čvora Delnice u oba smjera, kao i njoj pripadajućih odmorišta potrebno je izdvojiti oko 50.088.271,00 dolara kao što je vidljivo na tablici pod rednim brojem četiri.

Tablica 4. Okvirni iznos projekta za primjenu solarnih prometnica na dionici A6 od čvora Oštrovica do čvora Delnice u cilju razvoja održive mobilnosti

	Prometna traka/cesta/objekt	Iznos u dolarima
Dionica A6 Rijeka – Zagreb Od čvora Oštrovica do čvora Delnice	U cijeloj duljini od jednog do drugog čvora – oba smjera – jedan prometni trak	45.046.800,00
Odmorište Tuhobić	Prometna traka za ulaz, prometna traka za izlaz i cesta (unutar odmorišta)	2.304.450,00
	Nadstrešnice – konstrukcije nad parkirnim mjestima za dvije površine	46.293,00
	Krovni solarni paneli	162.932,00
Odmorište Lepenica	Prometna traka za ulaz, prometna traka za izlaz i cesta (unutar odmorišta)	2.133.000,00
	Solarni paneli za prekrivanje tri površine parkirnih mjesta	394.796,00
UKUPNO:		50.088.271,00

Izvor: obrada autora

Za realizaciju projekta primjene solarnih prometnica na dionici autoceste A6 Rijeka – Zagreb od čvora Oštrovica do čvora Delnice u oba smjera, kao i njoj pripadajućih odmorišta potrebno je izdvojiti oko 50.088.271,00 dolara.

Kao što su već ranije u radu istaknuti, smjerovi u koje Europski fondovi ulažu mogu se iskoristiti za subvencioniranje radi realizacije projekta. Europski fond za regionalni razvoj podupire razvoj infrastrukture, aktivnosti za inovacije i istraživanje kao i eksperimentalni razvoj i tehničku pomoć, što je pogodno za ovakvu vrstu projekta. Ovdje je i Kohezijski fond koji podupire ulaganje u održivi razvoj ali i pruža doprinose u područjima okoliša i transeuropskih mreža.

Autocesta A6 jest dio transeuropske mreže, kritični dio dionice obrađen u ovom radu jest vrlo opasan tijekom zimskih mjeseci, događaju se prometne nesreće radi leda i snijega, narušena je kvaliteta vožnje, a okoliš se onečišćuje sipinama protiv leda i snijega.

Subvencioniranjem iz europskih fondova i realizacijom projekta postigli bi se brojni pozitivni učinci, više ne bi bilo potrebe za zatvaranjem dionice, a umanjio bi se broj prometnih nesreća prouzrokovanih snijegom i ledom te bi se očuvao okoliš od loših utjecaja sipina.

6. Zaključak

Primjena solarnih prometnica na bilo kojoj od prometnih površina oblik je razvoja održive mobilnosti. Prije svega tu je prisutna praktičnost, a uz malo mašte i primjenu solarne tehnologije moguće je dobiti i prava moderna umjetnička djela. Osim što je moguće postići zanimljiva vizualna umijeća takva vrsta prometnica može doprinijeti financijskim pogodnostima, ali i sigurnosnim. Sve su to pozitivni učinci koji su usmjereni na održivu mobilnost.

Kada govorimo o održivoj mobilnosti može se reći kako je to relativno mlad pojam nastao radi osviještenosti koja je polučena raznim negativnim utjecajima zbog zadovoljavanja potreba prošlih i sadašnjih generacija, u raznim oblicima, a među najzastupljenijima jest cestovni promet. Cestovna infrastruktura prije svega vizualno narušava okolinu, a onda održavanjem ima i loš utjecaj na nju. Potrebe za cestovnom infrastrukturom raste jer raste i broj vozila na cestama, prometnice su opterećene, a izgradnja dodatnih prometnih trakova nije uvijek najbolje rješenje, ponekad je i nemoguće. Stoga, cilj je cestovnu mrežu prilagoditi potrebama što je više moguće, a da pritom, gledajući na održivu mobilnost, potrebe sadašnje i budućih generacija bude izvršena uz što manje posljedice na način da se postignu pozitivna rješenja.

Zakoni i pod zakonski akti također doprinose održivoj mobilnosti, u brojnim sferama. Primjerice, za redovito održavanje autocesta tijekom zimskog dijela godine u RH posebno je propisan način izvršenja održavanja, kojom prilikom je pozornost usmjerena i na okoliš, ali ne u potpunosti. Navedeno je kako je potrebno koristiti sipine to jest otapajuća sredstva za snijeg i led koja su štetna za okoliš s napomenom da se upotrebljava samo u minimalnim količinama. Svakako niti minimalne količine nisu poželjne posebice jer iste ne mogu spriječiti i zatvaranje dionica radi snijega i leda.

Dionica na autocesti A6 Rijeka – Zagreb od čvora Oštovice do čvora Delnice savršen je primjer gdje je izostala održiva mobilnost kada je u pitanju zimsko razdoblje s padalinama. Navedena dionica nalazi se u području koje je gorsko – planinsko i kao takvo obiluje padalinama i niskim temperaturama zimi. Analizirajući statističke podatke o broju zatvaranja predmetne dionice u oba smjera došlo se do zaključka kako je u nepunih osam godina navedena prometnica prve kategorije bila zatvorena 81 put, a ukupnim zbrojem vremena zatvaranja utvrđeno je da je trajanje bilo gotovo 47 dana i to zbog zimskih uvjeta na cesti.

Autocesta Rijeka – Zagreb je duga i prosječno vrijeme putovanja vozilom je oko dva sata u punoj duljini, ukoliko dođe do zatvarana dionice između čvorova Oštovice i Delnice zbog zimskih uvjeta, vozači su primorani voziti starom cestom – Lujzijanom. Lujzijana je zahtjevna cesta i sav promet sa autoceste, uključujući i lokalni sveden je na jednu prometnu traku po smjeru, osim što

je velika opterećenost, tu je prisutna i slaba preglednost, padaline te umor kod vozača koji mogu utjecati na sigurnost u prometu i razvoj eventualnih prometnih nesreća. Problemi su to koji zahtijevaju unapređenje navedene dionice.

Shodno navedenom, korištenje obnovljivih izvora energije poput solarnih panela na ključnom dijelu prometnice može se doprinijeti prije svega povećanju sigurnosti, a onda uz to dolaze i razne druge pogodnosti, poput dobivanja energije, natkrivenih površina ili zanimljivih konstrukcija koje mame poglede svojom oblikom tvoreći umjetnička djela.

Primjenom solarnih panela na dionici između čvora Oštrovica i čvora Delnice omogućilo bi se grijanje prometnih traka u oba smjera, kao i nužnih dijelova za prometovanje odmorištima, čime bi se izbjegla potreba za čišćenjem snijega. Kao željeni rezultat postiglo bi se sprječavanje zatvaranja tog ključnog dijela autoceste radi zimskih uvjeta, izbjegla bi se potreba za sipinama protiv snijega i leda povećala bi se kvaliteta vožnje, te bi se postigle energetske uštede.

U svrhu izrade ovog diplomskog rada, postavljena je hipoteza:

„Korištenjem solarnih prometnica u potpunosti će se spriječiti zatvaranje dionice od čvora Oštrovica do čvora Delnice radi zimskih uvjeta na cesti, a ujedno će se smanjiti i korištenje sipina protiv snijega i leda za 50%.“

Istraživanjem je utvrđeno kako je hipoteza rada u potpunosti potvrđena, ukoliko bi se prema prijedlogu u ovom radu primijenile solarne prometnice na navedenom dijelu dionice postigla bi se prohodnost na istoj. Grijači solarnih panela topili bi snijeg i led, ne bi bilo potrebe za čišćenjem snijega, a ujedno bi se umanjilo korištenje posipnog materijala za otapanje snijega i leda za pedeset posto. Korištenje sipina u tom postotku umanjile bi se jer je predložena primjena na samo jednom prometnom traku po smjeru.



IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Helena Štrk (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Primjena solarnih promećnica u razvoju održive mobilnosti (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)

Sukladno čl. 83. Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Sukladno čl. 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.

Literatura

Knjige, članci i ostalo:

- [1.] A. Deluka-Tibljaš, S. Šurdonja, D. Marković: Primjena načela održive mobilnosti na unaprjeđenju prometnih uvjeta manjih gradova, br. 1, 2017. godina, dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/201816>
- [2.] A. Edril: An Overview of Sustainability of Transportation Systems: A Quality Oriented Approach, Vol. 25 br. 2, 2018. godina, dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/205930>
- [3.] C. Pizzinni, E. D'Amico, K. Gotz, M. Lienkamp: Driving Sustainable Development: The Power of Vehicle-Based Services in Rural Sub-Saharan Africa, br. 15, 2023. godina, dostupno na: <https://doi.org/10.3390/su151511834>
- [4.] D. Fernandez, A. Sebastian, P. Raby, M. Genedy, E. C. Ahn, M. M, Reda Taha, S. Dessouky, S. Ahmed: Roadway Embedded Smart Illumination Charging System for Electric Vehicles, br. 16(2), 2023. godina, dostupno na: <https://doi.org/10.3390/en16020835>
- [5.] D. Vizzari, E. Chailleux, S. Lavaud, E. Genesseeux, S. Bouron: Fraction Factorial Design of a Novel Semi-Transparent Layer for Applications on Solar Roads, br. 5 (1), 2020, dostupno na: <https://doi.org/10.3390/infrastructures5010005>
- [6.] D. Widhiyanuriyawan, N. Hamidi, R. Hatib, Z. Arifin: Nickel Oxide/Graphene Oxide (NiO/GO) as Double Hole Transport Layer in Perovskite Solar Cell, Vol. 29 br. 6, 2022. godina, dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/284899>
- [7.] F. Han, J. Wang, L. Huang, Y. Li, L. He: Modeling Impacts of Implementation Policies of Tradable Credit Schemes on Traffic Congestion in the Context of Traveler's Cognitive Illusion, br. 15, 2023. godina, dostupno na: <https://doi.org/10.3390/su151511643>
- [8.] F. Khan, B. D. Rezgui, J. H. Kim: Reliability Study of c-Si PV Module Mounted on a Concrete Slab by Thermal Cycling Using Electroluminescence Scanning: Application in Future Solar Roadways, br. 13 (2), 2020. godina, dostupno na: <https://doi.org/10.3390/ma13020470>
- [9.] J. Tumlin: Sustainable transportation planning, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2012. godine, dostupno na: <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/5917/38/L-G-0000591738-0002327046.pdf>

- [10.] M. Gallo, M. Marinelli: Sustainable Mobility: A Review of Possible Actions and Policies, MDPI, br. 12, 11. rujna 2020. godine, dostupno na: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7499>
- [11.] M. Poljak, A. Poliakova, M. Jaskiewicz, J. Hammer: The need of public passenger transport integration, Vol. 71 br. 5, 2020. godina, dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/245522>
- [12.] M. Šoštrić: Plan održive mobilnosti (SUMP) unutar nacionalne legislative, 2019. dostupno na: https://civinet-slohr.eu/wp-content/uploads/2015/09/2_Nacionalna-legislativa-i-SUMP-ovi_Marko-Sostaric.pdf
- [13.] R. A. Coutu, Jr, D, Newman, M. Munna, J. H. Tschida, S. Brusaw: Engineering Tests to Evaluate the Feasibility of an Emerging Solar Pavement Technology for Public Roads and Highways, br. 8 (1), 2020, godina, dostupno na: <https://doi.org/10.3390/technologies8010009>
- [14.] S. Vilke, I. Ostrović: Sustainability and New Tehnologies in Urban Transport and Mobility, Vol. 56 br. 1, 2019. godina, dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/224136>
- [15.] U. Munkhbat, Y. Choi: GIS-Based Site Suitability Analysis for Solar Power Systems in Mongolia, br. 11 (9), 2021. godina, dostupno na: <https://doi.org/10.3390/app11093748>
- [16.] Y. Dai, Y. Yin, Y. Lu: Strategies to Facilitate Photovoltaic Applications in Road Structures for Energy Harvesting, br. 14(21), 2021. godina, dostupno na: <https://doi.org/10.3390/en14217097>

Zakoni:

- [17.] Odluka o obaveznoj uporabi zimske opreme na zimskim dionicama javnih cesta u Republici Hrvatskoj NN 121/2020
- [18.] Pravilnik o održavanju cesta NN 90/2014
- [19.] Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14 i 64/15
- [20.] Zakon o cestama NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14, 110/19, 144/21, 114/22, 114/22, 04/23
- [21.] 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

Internet izvori:

- [22.] <https://automania.hr/solarna-cesta-izradena-od-fotonaponskih-celija-proizvodit-ce-elektricnu-struju/> pristupljeno dana 09.07.2023. godine
- [23.] <https://cosmosmagazine.com/technology/how-solar-cells-turn-sunlight-into-electricity/> pristupljeno dana 03.07.2023. godine
- [24.] <https://eko.zagreb.hr/fotonaponske-celije/87> pristupljeno dana 03.07.2023. godine
- [25.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1058&from=HR> pristupljeno dana 13.06.2023. godine
- [26.] <https://geoportal.dgu.hr/> pristupljeno dana 09.07.2023. godine
- [27.] <https://greenly.earth/en-us/blog/company-guide/what-is-sustainable-mobility> pristupljeno dana 11.06.2023. godine
- [28.] <https://hr.izzi.digital/DOS/54720/55510.html> pristupljeno dana 09.07.2023. godine
- [29.] <https://www.iusinfo.hr/aktualno/u-sredistu/odrzavanje-cesta-u-zimskom-razdoblju-prema-relevantnim-propisima-36917> pristupljeno dana 10.07.2023.
- [30.] <https://inovacijskaplatforma.hr/hr/vijest/odrziva-mobilnost-u-europskoj-uniji-korak-prema-zelenijoj-buducnosti> pristupljeno dana 26.06.2023.
- [31.] <https://mup.gov.hr/policijske-uprave/zimski-uvjeti-na-cestama-147758/145128> pristupljeno dana 10.07.2023. godine
- [32.] <https://news.energysage.com/solar-roadways-what-you-need-to-know/> pristupljeno dana 10.07.2023. godine
- [33.] <https://novac.jutarnji.hr/novac/aktualno/autocesta-rijeka-zagreb-dobiva-kredit-od-70-mileura-evo-na-sto-ce-se-potrositi-taj-novac-9795373> pristupljeno dana 07.07.2023. godine
- [34.] <https://solarroadways.com/product/product/> pristupljeno dana 10.07.2023. godine
- [35.] <https://strukturnifondovi.hr/eu-fondovi/eu-fondovi-2021-2027/> pristupljeno dana 12.06.2023. godine
- [36.] <https://sump-central.eu/wp-content/uploads/2020/11/SUMP-Koprivnica.pdf> pristupljeno dana 07.07.2023. godine
- [37.] <https://sump-central.eu/wp-content/uploads/2020/11/SUMP-Sisak.pdf> pristupljeno dana 07.07.2023. godine

- [38.] <https://technabob.com/blog/2014/11/03/solar-bike-path/> pristupljeno dana 31.06.2023. godine
- [39.] https://transport.ec.europa.eu/system/files/2016-09/2004_sustainable_mobility.pdf pristupljeno dana 12.06.2023. godine
- [40.] <https://utopia.org/guide/road-salt-environment/#:~:text=Road%20salt%20can%20have%20many%20negative%20impacts%20on,rust.%20...%204%20Hurts%20our%20furry%20friends.%20> pristupljeno dana 10.07.2023. godine
- [41.] https://varazdin.hr/upload/2019/02/plan_urbane_mobilnosti_citywalk_varazdin_2018_5c593d72077ed.pdf pristupljeno dana 07.07.2023. godine
- [42.] https://wwf.panda.org/projects/one_planet_cities/sustainable_mobility/ pristupljeno dana 11.06.2023. godine
- [43.] <https://www.britannica.com/technology/solar-cell> pristupljeno dana 03.07.2023. godine
- [44.] <https://www.businessinsider.com/first-solar-road-france-failure-photos-2019-8#colas-the-company-that-built-the-road-said-in-2016-that-the-solar-panels-were-covered-with-resin-containing-sheets-of-silicon-to-make-them-capable-of-withstanding-all-traffic-but-since-the-opening-panels-have-come-loose-or-broken-into-little-pieces-7> pristupljeno dana 12.06.2023. godine
- [45.] <https://www.ceste-rijeka.hr/zimska-služba#:~:text=Pravilnikom%20o%20odr%C5%BEavanju%20cesta%20%28NN%2090%2F14%29%20utvr%C4%91eno%20je,odr%C5%BEavaju%20u%20skladu%20s%20Izvedbenim%20programom%20zimske%20slu%C5%BEbe.> pristupljeno dana 09.07.2023. godine
- [46.] <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/601/solarne-ceste-kao-ceste-buducnosti> pristupljeno dana 09.07.2023. godine
- [47.] <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/601/solarne-ceste-kao-ceste-buducnosti#An%20Kilometar%20Francuske%20Solarne%20Ceste%20S%202.880%20solarnih%20Panela> pristupljeno dana 12.06.2023. godine
- [48.] <https://www.electronicshobby.com/industry-buzz/solar-roads-feasible-india/> pristupljeno dana 11.07.2023. godine
- [49.] <https://www.hac.hr/hr/interaktivna-karta> pristupljeno dana 08.07.2023. godine
- [50.] <https://www.hac.hr/hr/servisne-informacije/informacije-o-odmoristima?rests=1> pristupljeno dana 10.07.2023. godine

- [51.] <https://www.independent.co.uk/climate-change/news/world-s-first-solar-highway-opens-in-france-a7491046.html> pristupljeno dana 12.06.2023. godine
- [52.] <https://www.iusinfo.hr/aktualno/u-sredistu/odrzavanje-cesta-u-zimskom-razdoblju-prema-relevantnim-propisima-36917> pristupljeno dana 10.07.2023. godine
- [53.] <https://www.malaymail.com/news/malaysia/2019/04/25/machap-highway-rest-area-in-johor-is-countrys-first-to-use-solar-panels/1746837> pristupljeno dana 12.06.2023. godine
- [54.] <https://www.neste.com/media/sustainable-mobility/what-is-sustainable-mobility> pristupljeno dana 11.06.2023. godine
- [55.] <https://www.novergysolar.com/> pristupljeno dana 31.06.2023. godine
- [56.] <https://www.novergysolar.com/solutions/solar-parking-custom-designed-solutions/> pristupljeno dana 31.06.2023. godine
- [57.] <https://www.nsenergybusiness.com/features/china-solar-highway-energy/#> pristupljeno dana 12.06.2023. godine
- [58.] https://www.rupprecht-consult.eu/fileadmin/migratedRupprechtAssets/Documents/SUMP_Brochure_HR_web.pdf pristupljeno dana 05.07.2023. godine
- [59.] https://www.solaripedia.com/13/413/6575/solar_bike_path_planning.html pristupljeno dana 13.07.2023.godine
- [60.] <https://www.trebam.hr/cijene/nadstresnice/nadstresnice-za-terase-cijena> pristupljeno dana 10.07.2023. godine
- [61.] <https://www.trebam.hr/cijene/solarno-grijanje/solarna-elektrana-cijena> pristupljeno dana 10.07.2023. godine

Popis slika

Slika 1. Održivost – poveznica društva, ekonomije i okoliša.....	7
Slika 2. Zimski uvjeti na dionici A6 Rijeka - Zagreb.....	18
Slika 3. Popis zimskih dionica - autoceste	19
Slika 4. Šesterokutni solarni panel	29
Slika 5. Komponente panela	30
Slika 6. Postupak djelovanja fotonaponske ćelije	32
Slika 7. Solarna autocesta u Kini.....	35
Slika 8. Područje obuhvata čvor Oštrovica – čvor Delnice	37
Slika 9. Postojeće stanje dijela dionice na području oko Slemena u smjeru prema Rijeci	40
Slika 10. Pozicije prometnih traka koje je potrebno obložiti solarnim panelima (okolica Slemena)	40
Slika 11. Tlocrtni prikaz odmorišta Tuhobić.....	42
Slika 12. Tlocrtni prikaz odmorišta Tuhobić s naznačenim područjem primjene solarnih panela	43
Slika 13. Podaci o sadržajima koje nude odmorišta na AC A6 Rijeka - Zagreb.....	44
Slika 14. Tlocrt odmorišta Lepenica – u smjeru prema Rijeci	45

Popis tablica

Tablica 1. Razvrstavanje cesta u odnosu na razine prohodnosti i osiguranje prohodnosti u zimskim uvjetima	23
Tablica 2. Zatvaranje AC A6 – čvor Kikovica – čvor Delnice radi zimskih uvjeta.....	25
Tablica 3. Podaci o duljini tunela dionice od čvora Delnice do čvora Oštovice.....	38
Tablica 4. Okvirni iznos projekta za primjenu solarnih prometnica na dionici A6 od čvora Oštovice do čvora Delnice u cilju razvoja održive mobilnosti	47

Prilozi

Prilog broj 1 - zamolba upućena poduzeću Hrvatske autoceste d.o.o. za dostavljanje podataka nužnih za obradu u ovom diplomskom radu.

Prilog broj 2 – statistički podaci dostavljeni u obliku Microsoft Excel dokumenta o zatvaranju dionice od čvora Oštovice do čvora Delnice u razdoblju od 2016. godine do trećeg mjeseca u 2023. godine.

Prilog broj 1



Helena Strk <hstrk1@gmail.com>
prima info

5. lip 2023. 21:10 ☆ ↶ ⋮

Poštovani,

studentica sam druge godine diplomskog studija Održive mobilnosti i logističkog menadžmenta i pripremam diplomski rad pod nazivom "Primjena solarnih prometnica u razvoju održive mobilnosti". Za potrebe pisanja ovog diplomskog rada potrebni su mi Vaši statistički podaci radi obrade istih i dokazivanja postavljenih hipoteza.

Shodno navedenom, molila bih Vas pomoć i dostavu podataka za razdoblje od 2013. do 2023. godine gdje su vidljivi podaci o broju zatvaranja po mjesecima dionice A6 čvor Kikovica - čvor Delnice u oba smjera radi zimskih uvjeta na cestama.

U nadi dostave traženih podataka, srdačan pozdrav,

Helena Štrk
Studentica diplomskog studija Održive mobilnosti i logističkog menadžmenta



info
prima ja

16. lip 2023. 08:52 ☆ ↶ ⋮

Poštovana,

s obzirom da je do 2021.godine predmetna dionica bila pod upravljanjem drugog upravitelja, odnosno tvrtke Autocesta Rijeka-Zagreb d.d., nismo u mogućnosti dostaviti Vam podatke za cijeli traženi period.

S toga, u privitku dostavljamo raspoložive podatke, a koji se odnose na zatvaranje dionice autoceste A6, između čvora Bosiljevo 2 i čvora Kikovica, uzorkovane nastupanjem zimskih uvjeta na autocesti. Radi se o podacima za period 2016.-03.2023.g.

S poštovanjem,
Hrvatske autoceste d.o.o.

Ova poruka sadrži podatke povjerljive prirode, isključivo namijenjene osobama označenima kao primateljima te se pristup od strane bilo koje druge osobe smatra neovlaštenim. Ukoliko niste označeni primatelj, svaka distribucija, kopiranje, umnožavanje ili otkrivanje sadržaja trećim osobama je strogo zabranjeno i smatra se protuzakonitim. Ukoliko ste dobili ovu poruku, a niste označeni primatelj, molimo Vas da što prije obavijestite pošiljatelja poruke i uništite sve postojeće kopije. Ova napomena također potvrđuje da je ova elektronička poruka testirana na postojanje računalnih virusa.

The information in this email is confidential and it is intended solely for the addressee. Access to this email by anyone else is unauthorized. If you are not the intended recipient, any distribution, copying, duplication or disclosure is prohibited and may be unlawful. If you have received this email in error, please notify the sender immediately and destroy it, and all copies of it. This footnote also confirms that this email message has been swept for the presence of computer viruses.

Jedan privitak • Skenirao Gmail



Prilog broj 2

2016. godina				
Autocesta A6, dionica čv. Kikovica - čv. Delnice				
zatvaranja zbog zimskih uvjeta				
dionica	smjer	datum zatvaranja		
		od	do	Σ
Kikovica - Bosiljevo	oba	2.1.16. 18:45	3.1.16. 23:45	29:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	4.1.16. 9:00	4.1.16. 20:00	11:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	6.1.16. 14:15	7.1.16. 3:00	12:45:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	15.1.16. 7:30	15.1.16. 12:15	4:45:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	3.2.16. 21:15	4.2.16. 7:30	10:15:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	10.2.16. 15:00	10.2.16. 17:00	2:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	12.2.16. 6:30	12.2.16. 15:00	8:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	13.2.16. 1:30	13.2.16. 8:15	6:45:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	15.2.16. 17:00	16.2.16. 5:00	12:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	16.2.16. 13:40	17.2.16. 10:00	20:20:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	20.2.16. 3:00	20.2.16. 8:00	5:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	24.2.16. 5:00	24.2.16. 9:30	4:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	26.2.16. 1:15	26.2.16. 6:30	5:15:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	3.3.16. 10:00	4.3.16. 9:30	23:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	11.11.16. 16:20	12.11.16. 8:15	15:55:00
			Σ	171:30:00

2017. godina				
Autocesta A6, dionica čv. Kikovica - čv. Delnice				
zatvaranja zbog zimskih uvjeta				
dionica	smjer	datum zatvaranja		
		od	do	Σ
Kikovica - Bosiljevo	oba	3.1.17. 1:15	3.1.17. 10:30	9:15:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	13.1.17. 17:00	14.1.17. 9:00	16:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	16.1.17. 10:00	19.1.17. 7:00	69:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	6.2.17. 18:30	7.2.17. 6:10	11:40:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	17.2.17. 23:00	18.2.17. 7:10	8:10:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	24.2.17. 19:20	25.2.17. 7:45	12:25:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	13.11.17. 5:15	14.11.17. 5:00	23:45:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	26.11.17. 3:20	26.11.17. 9:30	6:10:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	29.11.17. 20:15	30.11.17. 6:15	10:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	30.11.17. 18:10	1.12.17. 5:30	11:20:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	1.12.17. 6:47	1.12.17. 8:30	1:43:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	9.12.17. 1:00	9.12.17. 13:30	12:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	15.12.17. 22:10	16.12.17. 8:30	10:20:00
			Σ	202:18:00

2018. godina				
Autocesta A6, dionica čv. Kikovica - čv. Delnice				
zatvaranja zbog zimskih uvjeta				
dionica	smjer	datum zatvaranja		
		od	do	Σ
Kikovica - Bosiljevo	oba	1.1.18. 18:40	1.1.18. 23:30	4:50:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	19.1.18. 18:00	19.1.18. 23:00	5:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	2.2.18. 10:30	4.2.18. 3:00	40:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	6.2.18. 22:30	7.2.18. 12:00	13:30:00
Kikovica - Delnice	oba	7.2.18. 22:45	8.2.18. 6:00	7:15:00
Kikovica - Delnice	oba	10.2.18. 23:35	11.2.18. 9:00	9:25:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	12.2.18. 18:00	13.2.18. 21:30	27:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	18.2.18. 5:30	19.2.18. 0:00	18:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	21.2.18. 10:45	22.2.18. 13:15	26:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	22.2.18. 18:15	23.2.18. 13:15	19:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	26.2.18. 6:00	28.2.18. 8:30	50:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	1.3.18. 18:00	2.3.18. 9:30	15:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	5.3.18. 19:45	6.3.18. 8:00	12:15:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	18.3.18. 19:30	19.3.18. 9:15	13:45:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	21.3.18. 1:20	21.3.18. 9:30	8:10:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	19.11.18. 20:10	20.11.18. 10:00	13:50:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	8.12.18. 10:00	8.12.18. 12:30	2:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	14.12.18. 5:30	15.12.18. 9:30	28:00:00
			Σ	316:30:00

2019. godina				
Autocesta A6, dionica čv. Kikovica - čv. Delnice				
zatvaranja zbog zimskih uvjeta				
dionica	smjer	datum zatvaranja		
		od	do	Σ
Kikovica - Bosiljevo	oba	18.1.19. 9:00	18.1.19. 16:00	7:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	22.1.19. 15:30	23.1.19. 6:00	14:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	28.1.19. 3:00	28.1.19. 6:00	3:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	18.3.19. 11:20	18.3.19. 16:10	4:50:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	13.12.19. 17:45	14.12.19. 6:30	12:45:00
			Σ	42:05:00

2020. godina				
Autocesta A6, dionica čv. Kikovica - čv. Delnice				
zatvaranja zbog zimskih uvjeta				
dionica	smjer	datum zatvaranja		
		od	do	Σ
Kikovica - Bosiljevo	oba	4.2.20. 12:40	4.2.20. 13:20	0:40:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	26.2.20. 17:30	27.2.20. 0:30	7:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	25.3.20. 23:20	26.3.20. 18:30	19:10:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	2.12.20. 8:00	3.12.20. 10:00	26:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	25.12.20. 18:00	26.12.20. 12:30	18:30:00
			Σ	71:20:00

2021. godina				
Autocesta A6, dionica čv. Kikovica - čv. Delnice				
zatvaranja zbog zimskih uvjeta				
dionica	smjer	datum zatvaranja		
		od	do	Σ
Kikovica - Bosiljevo	oba	5.1.21. 17:45	6.1.21. 13:15	19:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	10.1.21. 11:00	11.1.21. 15:00	28:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	24.1.20. 13:00	25.1.20. 1:00	12:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	25.1.21. 14:00	25.1.21. 19:00	5:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	31.1.21. 12:30	1.2.21. 6:15	17:45:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	14.3.21. 14:20	14.3.21. 21:45	7:25:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	6.4.21. 8:00	6.4.21. 19:30	11:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	13.4.21. 5:00	13.4.21. 12:00	7:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	8.12.21. 22:00	9.12.21. 8:45	10:45:00
			Σ	118:55:00

2022. godina				
Autocesta A6, dionica čv. Kikovica - čv. Delnice				
zatvaranja zbog zimskih uvjeta				
dionica	smjer	datum zatvaranja		
		od	do	Σ
Kikovica - Bosiljevo	oba	5.1.22. 20:45	6.1.22. 9:45	13:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	19.2.22. 23:15	20.2.22. 6:00	6:45:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	21.2.22. 18:30	21.2.22. 22:00	3:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	25.2.22. 19:00	26.2.22. 0:20	5:20:00
Kikovica - Delnice	oba	27.2.22. 12:50	28.2.22. 3:30	14:40:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	9.4.22. 16:00	9.4.22. 20:50	4:50:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	20.11.22. 2:00	20.11.22. 14:30	12:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	22.11.22. 10:00	23.11.22. 7:30	21:30:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	1.12.22. 19:45	2.12.22. 5:00	9:15:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	10.12.22. 17:30	11.12.22. 3:00	9:30:00
			Σ	100:50:00

2023. godina				
Autocesta A6, dionica čv. Kikovica - čv. Delnice				
zatvaranja zbog zimskih uvjeta				
dionica	smjer	datum zatvaranja		
		od	do	Σ
Kikovica - Bosiljevo	oba	16.1.23. 7:15	16.1.23. 11:30	4:15:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	17.1.23. 14:00	17.1.23. 19:00	5:00:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	21.1.23. 12:30	22.1.23. 12:45	24:15:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	22.1.23. 19:30	23.1.23. 15:20	19:50:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	25.2.23. 22:00	27.2.23. 8:15	34:15:00
Kikovica - Bosiljevo	oba	1.3.23. 16:00	2.3.23. 7:30	15:30:00
			Σ	103:05:00