

Утицај микромобилности на загађење животне средине

Јелица Комарица^а

^а Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду

ПОДАЦИ О РАДУ

DOI: 10.31075/PIS.69.01.06

Стручни рад

Примљен: 17/01/20203

Прихваћен: 25/02/2023

Кореспондент аутор:

j.komarica@sf.bg.ac.rs

Кључне речи:

друмски саобраћај
загађење животне средине
возила микромобилности
прихватљивост од стране јавности
видовна расподела

РЕЗИМЕ

Повећана емисија загађујућих материја и емисија буке од стране моторних возила, доприносе смањењу квалитета ваздуха и живота свих становника. Једно од могућих решења проблема еколошког загађења градова јесте употреба возила микромобилности. Микромобилност, подразумева употребу малих превозних средстава која имају нулту емисију и не емитују буку. Резултати досадашњих истраживања указују да употреба „микро“ возила може значајно допринети смањењу еколошког загађења, узимајући у обзир њихове карактеристике и врсту погона уз помоћ ког се крећу. Имајући у виду претходно наведено, циљ овог рада јесте анализа утицаја возила микромобилности на животну средину као и анализа фактора који утичу на прихватљивост употребе овог вида мобилности од стране јавности. Резултати истраживања указују да возила микромобилности могу имати значајан потенцијал у смањењу еколошког загађења, при чему могу утицати и на промену видовне расподеле кретања. Свеобухватна анализа утицаја возила микромобилности приказана у раду, може представљати корисну основу за доношење одлука приликом дефинисања стратегија за смањење загађења животне средине.

1. Увод

Многи градови, а нарочите урбане зоне, суочавају се са проблемом саобраћајног загушења и њеним негативним утицајима. Поред многобројних негативних ефеката са економског и друштвеног аспекта, попут дужег времена путовања, повећаног ризика од настанка саобраћајних незгода, повећања трошкова горива и амортизације возила, саобраћајно загушење има значајан утицај на животну средину. Повећана употреба путничких аутомобила са унутрашњим сагоревањем и њихов све већи број, доприносе зависности од фосилних горива и емисија издувних гасова. Већина емисија гасова стаклене баште из транспорта чине емисије угљен-диоксида (CO₂) које су резултат сагоревања горива на бази нафте, попут бензина и дизел горива, у моторима са унутрашњим сагоревањем (EPA, 2020). Према извештају USEPA (2022) [2] концентрација CO₂ у укупној емисији гасова стаклене баште у Сједињеним Америчким Државама (САД) у 2020. години износила је 78,8%, док је концентрација CH₄ била 10,9%, а N₂O 7,1%. Остали гасови су учествовали са уделом од 3,2%. Узимајући у обзир ову поделу, емисије из транспортног сектора су чиниле највећи део (27,2%)

укупних емисија гасова стаклене баште у САД у 2020. Са друге стране, посматрајући градове у Европи, од 2014. до 2020. године, нешто мање од две трећине свих пријављених прекорачења стандарда квалитета ваздуха било је повезано са већим интензитетом саобраћаја у урбаним срединама и у близини главних саобраћајница, најчешће због емисије азотних оксида (NO_x). Друмски саобраћај је био кључни извор загађења ваздуха у западној и северној Европи, у шест земаља, и то Аустрији, Данској, Финској, Холандији, Португалу и Уједињеном Краљевству, које су истакле друмски саобраћај као једини извор прекорачења поменутих стандарда [3].

У Републици Србији је према годишњем извештају Агенције за заштиту животне средине [4] за 2021. годину, друмски саобраћај имао удео од 38% у укупним емисијама азотних оксида, док је удео саобраћаја у емисијама PM_{2.5} честица износио 8%. Београд, главни град и уједно један од већих градова Европе, током 2021. године, имао је прекомерно загађен ваздух, углавном због повећаних концентрација PM₁₀, PM_{2.5} и NO₂ честица од стране друмског саобраћаја.

Будући да друмски саобраћај узрокује тако важан део емисија у урбаним срединама и да су економски губици због загушења значајни, градови се суочавају са изазовом дизајнирања транспортних политика како би се смањили екстерни ефекти загађења и саобраћајног загушења.

Деценијама уназад, предлагане су различите стратегије за смањење емисије загађујућих материја, међу којима су прерасподела намене површина, промовисање енергетски ефикаснијих и еколошки одрживих возила [5]. С тим у вези, употреба возила микромобилности се неретко предлаже као један од могућих решења за смањење еколошког загађења од стране многих истраживача, имајући у виду њихове карактеристике попут нулте емисије и решавање проблема „првог и последњег километра“.

Имајући у виду наведено, циљ овог рада јесте да се изврши анализа утицаја возила микромобилности на животну средину као и анализа фактора који утичу на прихватљивост употребе овог вида мобилности од стране јавности. Фокус је на разумевању ставова корисника „микро“ возила и оних који то нису, по питању загађења животне средине у Београду, изазване возилима у друмском саобраћају.

2. Микромобилност и еколошко загађење

2.1. Микромобилност и „микро“ возила

Просторно ширење градова, са неизбежним повећањем саобраћајног загушења са једне стране, и све већом потребом за путовањем са друге, условило је појаву различитих видова транспорта са идејом балансирања захтева корисника и понуде саобраћајног система [6]. Микромобилност, као један од њих, представља релативно нов концепт мобилности у оквиру транспортног система. Заснива се на употреби малих превозних средстава за мобилност, намењених за превоз једне или две особе или за прелазак „последњег километра“. Поред два главна представника (е-тротинета и е-бицикала), у возила микромобилности могу се уврстити електрични скутери са седиштем (е-мопед), самобалансирајућа плоча - хаверборд (hoverboard), електрични скејтборд, електрични ролери итд [7]. Ова возила омогућавају лакше кретање кроз градове, поготово у условима саобраћајног загушења, пружајући корисницима флексибилну услугу, у складу са њиховим потребама.

Карактеристике „микро“ возила (Табела 1), које уједно представљају и њихову предност у односу на остале видове превоза, су ниска цена, мале димензије, мале тежине, специфична брзина, добра управљивост итд. чиме се намећу као погодна решења за прелазак „првог“ и „последњег“ километра. Због својих карактеристика, не захтевају велика улагања по питању инфраструктуре, имајући у виду да се ова возила могу кретати бицикличким тракама на мрежи саобраћајница.

Табела 1. Карактеристике „микро“ возила

Тип возила	Брзина [km/h]	Домет [km]	Тежина [kg]	Носивост [kg]
Е – бицикл	32 - 45	25 - 55	25	130
Е – тротинет	15 - 40	25 - 40	11	100 - 120
Е – скутер са седиштем	30 - 45	25 - 50	15 - 25	100
Е - скејтборд	15 - 45	20 - 32	6.8 - 12.8	90 - 150
Хаверборд	10 - 13	16 - 24	8 - 14	55 - 100

Извор: (SAE International, 2019) [8]

Поред наведеног, најзначајнија карактеристика „микро“ возила на електрични погон односи се на њихову еколошку ефикасност. Иако укупни производни процес (пре свега производња батерије) негативно утиче на животну средину, свеобухватни утицај на животну средину „микро“ возила у односу на возила са унутрашњим сагоревањем је вишеструко мањи. „Микро“ возила на електро-погон имају нулту емисију и значајна смањења емисије CO₂ која се потенцијално могу постићи ако се путовања која се обављају путничким аутомобилима, реализују овим возилима. Међутим, неопходно је јасно сагледати и извор електричне енергије „микро“ возила [9].

2.2. Потенцијално решење еколошког загађења

Еколошка корист од возила микромобилности је да не емитују или су им ограничене директне емисије CO₂ у ваздух, када се посматрају из перспективе „од резервоара до точкава“ и да емитују релативно мање других аерозагађивача у односу на возила са „СУС“ мотором [10]. Другим речима, ова возила не емитују загађујуће материје из издувне цеви електро-мотора, што их чини одрживим и еколошки прихватљивијим у односу на остале видове превоза (путнички аутомобил, јавни превоз итд.), чему сведоче истраживања приказана у наставку.

Zhang и др. (2001) [11] су спровели истраживање утицаја електричних бицикала, као потенцијалне замене за бензинске моторе, на животну средину у Шангају (Кина), путем LCA (Life Cycle Assessment) анализе. Резултати истраживања су указали да е-бицикл нема боље перформансе од мотоцикла са свих аспеката животне средине, али да троши знатно мање енергије од мотоцикла током свог животног циклуса и емитује мање GWP честица у ваздух. Слично томе, употребом LCA анализе, Luo и др. (2019) [12] су у САД спровели истраживање које се базирало на компаративној анализи утицаја дељених е-бицикала које је неопходно при завршетку коришћења вратити на станицу за то намењену, и е-бицикала које при завршетку путовања корисник може оставити било где унутар дефинисане зоне. Резултати указују да е-бицикли без дефинисаних станица имају фактор емисије гасова стаклене баште CO₂ за 82% веће у односу на систем е-бицикала базираних на станицама.

Разлог томе, наводи се сакупљање и дистрибуција дељених е-бицикала који чини 36% и 73% емисија полутаната код система е-бицикала базираних на станицама и система без станица, респективно. Као главни закључак, аутори су навели да би најмање 34% путовања путничким аутомобилом требало заменити дељеним е-бициклима да би се постигло смањење емисије GHG. Поред наведеног, Moreau и др. (2020) [13] су спровели истраживање упоређивањем утицаја дељених електричних тротинета на животну средину у Бриселу и дошли су до закључка да би електрични тротинети били погодније еколошко решење у односу на остале видове превоза, уколико би њихов животни век био минимум 9,5 месеци, јер би у супротном њихово коришћење узроковали идентичну вредност емисија CO₂ као и остали видови превоза које су корисници заменили е-тротинетима.

Насупрот поменутиим студијама, Wortmann и др. (2021) [14] су у својој студији у Берлину истраживали утицај е-мопеда на животну средину у односу на путничке аутомобиле. Њихова студија се састојала из три сценарија који су се односили на моделирање флоте возила од 2.500, 10.000 и 50.000 дељених е-мопеда, респективно. Резултати указују да први сценарио нуди најмањи утицај на животну средину по километру без обзира на извор електричне енергије. Када се величина флоте повећа на 10.000, ове емисије се благо повећавају за 2,6% у просеку. За 50.000 возила ова вредност расте за 20,1% у поређењу са првим сценаријем. Са само обновљивим извором енергије, заједничке флоте добијају додатне предности због смањења емисије током периода коришћења, посебно у погледу потенцијала глобалног загревања и еутрофикације.

2.2.1. Животни циклус „микро“ возила

Иако поменута „микро“ возила на електрични погон немају емисију из издувних цеви (или је у знатно мањим количинама у односу на СУС моторе), то није довољан доказ о њиховом утицају на животну средину. С тога, уз фазу употребе ових возила, неопходно је извршити анализу њиховог утицаја укључујући материјал од којих се производе, енергију коју користе, као и њихов животни век. Имајући у виду да је један од најефикаснијих инструмената за процену утицаја „микро“ возила са електричним погоном на животну средину, тзв. LCA (Life Cycle Assessment), у наставку ће бити више речи о потенцијалу истог у квантификацији ефеката поменутих возила. Животни циклус LCA, дакле, разматра све животне фазе, од вађења сировина, производње, транспорта и употребе до краја животног века возила (рециклирање у циљу обнављања сировина) (Слика 1).



Слика 1. Животни циклус „микро“ возила на електрични погон

Упоредном анализом животног циклуса е-бицикала и мотоцикала са мотором на безин, аутори Zhang и др. (2001) [11] су дошли до резултата да 61% емисија настаје услед процеса производње материјала и батерија када су у питању емисије из воде, које укључују чврсте материје, растворене чврсте материје и тешке метале. Насупрот томе, оперативне емисије у ваздуху система е-бицикала су 91,1% од укупних, услед производње електричне енергије из угља, док је тај проценат код мотоцикала 99,0%. Слично томе, Felipe-Falgas и др. (2022) [15] су извршили компаративну анализу утицаја на животну средину од стране е-тротинета, е-бицикла и е-мопеда у Барселони. Резултати њихових истраживања указују да је е-тротинет једно од најмање штетних возила у погледу емисије CO₂, при чему 92% CO₂ емитовано из његовог животног циклуса потиче од фазе производње и фазе која се односи на крај животног циклуса, док је фаза употребе допринела само 8% емисије истог. Са друге стране, дељени електрични мопеди су после е-тротинета, емитовали загађујуће материје CO₂ који се односе на услугу дељења са 48%. Слично томе, емисије CO₂ емитоване од стране дељених бицикала чине 55% укупне емисије.

Schelte и др. (2021) [16] су у свом истраживању утврдили да је потенцијал глобалног загревања (GWP) дељених е-мопеда 20g CO₂-eq./pkm у најбољем сценарију, када се пуне соларном енергијом, а батерије мењају са комбија на електро погон. Са друге стране, у најгорем сценарију који подразумева 40% краћи век трајања е-мопеда и замену батерије са комбија на дизел погон, уз пуњење батерије мешавином електричне енергије, резултира GWP-ом од 58g CO₂-eq/pkm. У првом случају, GWP-ом доминира фаза употребе, посебно мешавина електричне енергије за пуњење батерије е-мопеда, учесталост замене батерија и тип возила који се користи за замену батерија. Поред фазе употребе, производња е-мопеда, посебно алуминијумских делова и батерије, је важан фактор утицаја на животну средину.

2.2.2. Еколошки утицај „микро“ возила на видовну расподелу кретања

Претходно приказана истраживања дала су допринос бољем разумевању утицаја микровозила на животну средину, узимајући у обзир читав животни циклус возила на електро-погон. Међутим,

ниједна од поменутих студија се није бавила утицајем ових возила на транспортни сектор. Да би се проценио тај утицај, и утврдио значај ових возила као еколошки прихватљивог вида превоза, неопходно је узети у обзир који од видова превоза „мењају“ микро возила у видовној расподели. Разлог томе, јесте различити еколошки утицај који ће се знатно разликовати уколико употреба „микро“ возила замени пешачење и путнички аутомобил. Дакле, глобални утицај микромобилности на животну средину на крају зависи и од тога који вид превоза „микро“ возила замењују.

Имајући то у виду, Табела 2 указује да су возила на електрични погон у већини студија заменила кретања пешице, а затим јавни превоз. Путнички аутомобили и даље остају доминантан вид кретања, са најмањим процентом преласка са истих на једно од „микро“ возила на електрични погон.

Табела 2. Утицај „микро“ возила на видовну расподелу

Аутори	Град/ Држава	Резултати истраживања
(Winslott Hiselius & Svenssona, 2014) [17]	Шведска	Е-бицикли су заменили кретања путничким аутомобилом 47-67%, пешачење 3-12% и 4-16% јавним превозом.
(Chery и др., 2016) [18]	Кунминг/ Кина	Е-бицикли су заменили 50% путовања јавним превозом и 10% путовања путничким аутомобилом.
(Moreau и др., 2020) [13]	Брисел/ Белгија	Дељени и лични е-тротинети су заменили 29,2% и 30,2% јавним превозом, 26,7% и 28,4% путничким аутомобилом, 26,1% и 21,1% пешачењем, респективно.
(Aguilera-Garcia и др., 2021) [19]	Шпанија	Дељени е-мопед је заменио 44.7-55.4% путовања јавним превозом и 14.3%-26.3% путничким аутомобилом.
(Christoforou и др., 2021) [20]	Париз/ Француска	Е-тротинети су заменили 72% кретања пешице и јавним превозом.
(Fukushige и др., 2021) [21]	Сакраменто/ Калифорнија	Дељени е-бицикли су заменили 33% кретања пешице, 20% кпутничким аутомобилима, 5% јавним превозом.
(Reck и др., 2022) [22]	Цирих/ Швајцарска	Дељени е-тротинети су заменили 51% кретања пешице, 19% јавним превозом и 12% путничким аутомобилом.

Како би се утврдио утицај возила на количину емисија полутаната, неопходни су фактори емисије конвенционалних возила и „микро“ возила на електро погон, како би се упоредиле емисије којима доприносе „микро“ возила и возила која су у видовној расподели заменила. Имајући у виду да је у већини случајева пешачење, вид кретања који је највише замењен употребом „микро“ возила [23], евидентно је да ће емисије полутаната у том случају бити у порасту. Са друге стране, Reck и др. (2022) [22] указује на то да лични е-тротинети и е-бицикли емитују мање CO₂ од вида превоза које замењују, док дељени е-тротинети и е-бицикли емитују више CO₂ од вида превоза које замењују (Табела 2), што потврђује и студија коју су спровели Moreau и др. (2020) [13].

3. Методологија истраживања

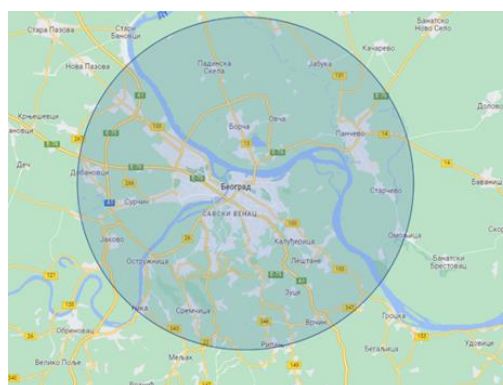
3.1. Подручје истраживања

Доступни подаци о попису становништа из 2022. године, указују да број становника у широј околини Београда износи 1.685.563, при чему се може закључити да је дошло до пораста броја становника за 1,55%, односно за 26.123 у односу на попис из 2011. године. Услед недостатка осталих података, према попису становништва из 2011. године, број становника у Београду износи 1.166.763, док у широј околини живи 1.659.440 који генеришу око 3,1 милиона кретања по дану.

Имајући у виду наведено, предмет истраживања представља шире подручје града Београда, и то радијус од 20km од Трг-а Славија који се налази у ужем центру града. На наредним сликама (Слика 2 – 3) приказана је макро и микро локација предметне зоне истраживања.



Слика 2. Макролокација истраживања (радијус од 20 km)



Слика 3. Микролокација истраживања (радијус од 20 km)

Како се возила микромобилности највише примењују у централној градској зони, подручје истраживања је обухватало циљну ужу централну зону, укључујући и остале делове ширег подручја Београда, са циљем да се подстакну и остали корисници да пређу на употребу еколошки прихватљивијих возила као што су „микро“ возила. Подручје истраживања обухватало је територију свих београдских општина, сем општина Гроцка, Лазаревац и Младеновац.

3.2. Прикупљање података и статистичка анализа

Подаци о ставовима корисника прикупљени су употребом анкете у временском периоду од децембра 2022. године до јануара 2023. Упитник је послат појединим предузећима и факултетима, као и студентима, пензионерима и организацијама незапослених у Београду ради добијања репрезентативног узорка. Циљну групу су чинили становници Београда, узимајући у обзир становнике централне зоне Београда али и оне који то нису. Анкета је прослеђена становницима и корисницима територије града, обухватајући 20 km од кружног тока на Тргу Славија. Након што су из укупног узорка уклоњени некомплетни упитници са нелогичним одговорима, валидан узорак коришћен у даљој анализи чинио је 134 испитаника. Нелогичност је утврђена контролним питањима.

Прикупљени подаци су анализирани коришћењем софтвера IBM SPSS 22. IBM SPSS 22 је систем за свеобухватну анализу података. Имајући у виду функције IBM SPSS 22 софтвера, у овом раду су коришћене стандардне методе дескриптивне статистике.

4. Резултати

За потребе овог истраживања прикупљен је узорак од 134 испитаника. Детаљном анализом видовне расподела према учесталости, могло се уочити да су путнички аутомобил (4,2%), јавни превоз (3,6%) и кретање пешице (3,6%) најзаступљенији вид кретања приликом свакодневног одласка на посао. Кретања у остале сврхе имају највећу заступљеност истих категорија са расподелом кретања који чине путнички аутомобил (3,3%), јавни превоз (2,6%) и пешице (3,6%), док су остале категорије у видовној расподели занемарљиве. Међутим, видови кретања који се никада не користе од стране испитаника са сврхом одласка на посао и у остале сврхе, укључују доминатно учешће (респективно) мотоцикл/мопеда (11,0%;10,7%), електричног бицикла (11,4%;11,2%), електричног тротинета (11,3%;11,0%) и категорије остало (10,4%;9,2%) у видовној расподели. Овај резултат је очекиван имајући у виду чињеницу да је у последњих неколико година дошло до повећања стопе моторизације и транспортних захтева које остварују путнички аутомобили. Међутим, због недовољне развијености бициклистичке инфраструктуре, недостатка закона о е-скутерима и неразвијеног заједничког система е-бицикла и е-скутера у Београду, постоји ограничен потенцијал ових видова транспорта, при чему је и њихово учешће у видовној расподели занемарљиво.

Табела 3 приказује ставове испитаника по питању утицаја друмског саобраћаја на загађење животне средине, узимајући у обзир буку и загађујуће

материје (полутанте) које емитују друмска возила. Резултати указују да у оба случаја највише испитаника сматра да друмски саобраћај у веома великој мери утиче на загађење животне средине (41,4% и 35,1% респективно).

Табела 3. Ставови испитаника о загађењу животне средине од стране саобраћаја

Интензитет загађења	Емисије буке	Емисије загађујућих честица (CO, CO ₂ , итд.)
У веома великој мери	41,4%	35,1%
У великој мери	23,3%	20,1%
У средњој мери	25,6%	16,4%
У малој мери	4,5%	17,9%
У веома малој мери	5,3%	10,4%

Имајући у виду приказане ставове испитаника по питању загађења животне средине од стране друмског саобраћаја, испитаницима је постављено питање „Да ли сматрате да је неопходно предузети одређене мере по питању смањења загађења животне средине који потиче од моторних возила у друмском саобраћају?“. Од укупног броја испитаника, 79% сматра да је неопходно предузети одређене мере, док 21% сматра да мере нису неопходне. Испитаници који су таквог става и мишљења да није потребно предузети одређене мере за смањење загађења животне средине од стране друмских возила, нису даље разматрани у истраживању.

Посматрајући узорак испитаника који су става да је неопходно предузети одређене мере за смањење загађења животне средине, њих 15% користи један од понуђених типова „микро“ возила (електрични бицикл (10;53%), електрични тротинет (8;42%) и електрични скутер (1;5%)), док преосталих 85% испитаника не користи ова возила за реализовање својих кретања.

Како би се испитао евентуални утицај еколошких бенефита којима би допринела употреба „микро“ возила у односу на возила са СУС мотором, извршена је анализа потенцијалних разлога употребе микро возила која је приказана на Графикону 1.



Графикон 1. Ставови испитаника о разлозима употребе „микро“ возила

На основу ранга значајности, може се закључити да је најзначајнији разлог употребе ових возила краће време путовања (56,3%), а да је подједнаког интензитета, најмање значајан утицај безбедности приликом путовања. Међутим, посматрајући утицај еколошких бенефита, може се уочити да он представља доминантан разлог по рангу „значајан“ и „средње значајан“ за употребу ових возила и уједно по тим критеријумима има највећи проценат одговора (37,5% и 31,3% респективно).

Ставови испитаника који не користе возила „микро“ мобилности, а сматрају да је неопходно предузети мере за смањење загађења животне средине, су од кључног значаја. С тога, у Табели 4 су приказани процентуално одговори испитаника у зависности од понуђених разлога за њихово не коришћење. Највећи број испитаника се изјаснио да је највећи разлог за не коришћење „микро“ возила непостојање/недефинисана инфраструктура (38,9%), потом (не)безбедност корисника „микро“ возила (27,8%) и цена „микро“ возила (25,6%).

Табела 4. Ставови испитаника о разлозима не коришћења „микро“ возила

Понуђени одговори (разлози)	Ставови испитаника (%)
Непостојање/неадекватна инфраструктура за кретање „микро“ возила	38,9%
(Не)Безбедност корисника возила микромобилности	27,8%
Цена возила микромобилности	25,6%
Неповољан тип терена	3,3%
Недефинисана законска регулатива	4,4%

Имајући у виду да сви наведени разлози, сем типа терена, могу бити прилагођени, односно дефинисани, циљ даље анализе био је да се утврди да ли би испитаници променили став по питању употребе „микро“ возила, ако би наведени разлози (сем типа терена) били дефинисани, уз давање значаја еколошких бенефита „микро“ возила. На основу постављеног питања о промени става везаног за употребу „микро“ возила уз дефинисање горе поменутих разлога и еколошког значаја истих, 75% испитаника је променило свој став и прихватило да под наведеним условима користи „микро“ возила, док је преосталих 25% остало при првобитном ставу.

У циљу могуће процене еколошког утицаја „микро“ возила на загађење животне средине, на наредним графиконима су приказане првобитне видовне расподеле кретања испитаника по сврхама, који су променили свој став и прихватили да користе „микро“ возила током својих кретања. Издвојене су две учесталости кретања, свакодневно и никада како би било могуће сагледати које су категорије возила испитаници доминантно користили пре промене става, а које категорије нису никада користили, стављајући фокус на електричне тротинете и електричне бицикле.



Графикон 2. Компаративна анализа учесталости кретања са сврхом одласка на посао/школу/факултет



Графикон 3. Компаративна анализа учесталости кретања у остале сврхе (рекреација/забава/посета)

На Графиконима 2 – 3 је могуће уочити да су испитаници који су променили свој став, у највећем проценту користили путнички аутомобил у обе сврхе тј. одлазак на посао/школу/факултет и у остале сврхе (38,8% и 34,2% респективно), за реализацију својих кретања. Затим, када су у питању свакодневна кретања са сврхом одласка на посао/школу/факултет највећи број кретања је реализован јавним превозом (30,6%), а потом пешице (26,5%), уз занемарљив проценат кретања бициклом и осталим видовима (по 2,0%), и без реализованих кретања електричним бициклима и тротинетима. Слична је расподела и код свакодневних кретања у остале сврхе, с тим да је поред путничког аутомобила подједнако доминантан вид кретања пешице (34,2%), а потом јавни превоз (26,3%). Са друге стране, видови кретања који никада нису коришћени за реализовање кретања у обе анализиране сврхе, доминантно представљају неке од видова „микро“ возила и то електрични бицикл и електрични тротинет, као и бицикл који је еколошки и најприхватљивији.

Имајући у виду претходно наведено, може се доћи до закључка да уколико би испитаници користили „микро“ возила у замену за путнички аутомобил (узимајући у обзир да је циљ промене њиховог става био са еколошког аспекта) који уједно и емитује највише загађујућих материја, значајно би допринели смањењу еколошког загађења животне средине. Са друге стране, ако би корисници своја кретања која реализују пешице, заменили „микро“ возилима, тиме би се утицало на повећање еколошког загађења и самим тим примена ових возила не би представљала адекватно решење за смањење загађења животне средине.

На питање „Којим „микро“ возилом бисте реализовали своја путовања?“, 68,6% испитаника је одговорило да би то био електрични бицикл, затим електрични тротинет (14,3%), електрични скутер (15,7%) и хаверборд (1,4%). Са друге стране, када су у питању сврхе кретања, важно је истаћи да би 56,8% испитаника своја кретања „микро“ возилима реализовала са сврхом одласка на посао/школу/факултет, док би 43,2% испитаника своја кретања истим реализовало у остале сврхе (рекреација/забава/посета).

5. Закључак

Саобраћајно загушење деценијама уназад представља проблем многих урбаних зона како са друштвеног и економског, тако и са еколошког аспекта. Све већа употреба возила са СУС мотором, за последицу има све веће загађење животне средине, емитавањем загађујућих честица и буке. С тим у вези, употреба возила микромобилности се неретко предлаже као један од могућих решења за смањење еколошког загађења од стране многих истраживача.

На основу прегледа релевантне литературе из анализираних стручних области, могло се доћи до закључка да „микро“ возила могу имати значајан потенцијал у смањењу еколошког загађења, што може зависити од неколико главних фактора. Наиме, уколико се у обзир узму само емисије издувних гасова из „микро“ возила на електро-погон у односу на емисије из возила са СУС мотором, може се закључити да су „микро“ возила у потпуности еколошки прихватљив вид превоза, с обзиром да имају нулту емисију или је та емисија ограничена до прихватљивих вредности. Међутим, употреба „микро“ возила представља само једну фазу животног циклуса истих, док се у обзир морају узети и фазе као што су производња и крај животног циклуса (рециклажа) како би се на свеобухватан начин проценио утицај „микро“ возила на животну средину. С тим у вези, многи истраживачи су посматрајући различите категорије „микро“ возила дошли до сличних закључака, и то да ће поменута возила бити еколошки прихватљива уколико

електрична енергија потиче из обновљивих извора, такође, наводи се и материјал од којег су произведена возила и њихове батерије као веома значајан фактор који може допринети позитивном еколошком утицају. Такође, да би се у потпуности одредио утицај и утврдио значај „микро“ возила као еколошки прихватљивог вида превоза, неопходно је узети у обзир који од видова превоза „мењају“ микро возила у видовној расподели.

Резултати спроведеног истраживања, указују да је став испитаника по питању употребе возила микромобилности у циљу смањења загађења животне средине позитиван и да су као значајне разлоге за њихову употребу навели еколошке бенефите. Са друге стране, проценат испитаника који не користи „микро“ возила за своја кретања спреман је да прихвати кретање овим видом мобилности уколико би разлози због којих их првобитно не користе били испуњени, имајући у виду еколошке бенефите ових возила. Овако добијени резултати, могу представљати корисну основу уз дефинисање правца будућих истраживања по питању употребе „микро“ возила са еколошког аспекта уместо постојећих видова кретања. На тај начин би се дошло до прецизнијих резултата колико нови вид мобилности може допринети смањењу загађења животне средине.

The impact of micromobility on environmental pollution

Jelica Komarica, M.Sc. T.E.

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade

Abstract: Increased emissions of polluting materials and noise emissions by motor vehicles, contributing to the reduction of air quality and life of all residents. One of the possible solutions to the problem of environmental pollution in cities is the use of micromobility vehicles. Micromobility implies the use of small vehicles that have zero emissions and do not emit noise. The results of previous research indicate that the use of "micro" vehicles can significantly contribute to the reduction of environmental pollution, taking into account their characteristics and the type of drive they carry. Bearing in mind the above, the goal of this work is to analyze the impact of micromobility vehicles on the environment, as well as the analysis of factors that influence the acceptability of the use of this type of mobility by the public. The results of the research indicate that micromobility vehicles can have a significant potential in reducing environmental pollution, which can influence changes in modal shift. A comprehensive analysis of the impact of micromobility vehicles presented in the paper can be a useful basis for decision-making when defining a strategy for reducing environmental pollution.

Keywords: road traffic, environmental pollution, micromobility vehicles, acceptability by the public, modal shift

Литература

- [1] EPA. (2020). *Sources of Greenhouse Gas Emissions | US EPA*. <https://www.epa.gov/ghgemissions/sourcesgreenhouse-gas-emissions> (accessed Mar. 10, 2023).
- [2] USEPA (United States Environmental Protection Agency). (2022). *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2020*. <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-04/us-ghg-inventory-2022-main-text.pdf>
- [3] EEA (European Environment Agency). (2023). *Emissions from road traffic and domestic heating behind breaches of EU air quality standards across Europe — European Environment Agency*. <https://www.eea.europa.eu/highlights/emissions-from-road-traffic-and>
- [4] СЕПА Република Србија, М. заштите животне средине (Агенција за заштиту животне средине). (2022). *Годишњи извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији 2021. Године*. http://www.sepa.gov.rs/download/Vazduh_2021.pdf (accessed Mar. 10, 2023).
- [5] Inturri, G., Ignaccolo, M., Le Pira, M., Capri, S., & Giuffrida, N. (2017). Influence of Accessibility, Land Use and Transport Policies on the Transport Energy Dependence of a City. *Transportation Research Procedia*, 25, 3273–3285. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.165>
- [6] Milenković, M., Glavić, D., & Maričić, M. (2019). Determining factors affecting congestion pricing acceptability. *Transport Policy*, 82, 58-74.
- [7] Timić, T., Glavic, D., & Milenković, M. (2020). Micromobility – vehicles, multimodality, infrastructure. *Journal of Road and Traffic Engineering*, 66(4), 59-64. <https://doi.org/10.31075/PIS.66.04.07>
- [8] SAE International. (2019). *SAE J3194™ TAXONOMY & CLASSIFICATION OF POWERED MICROMOBILITY VEHICLES POWERED MICROMOBILITY VEHICLE*. https://www.sae.org/standards/content/j3194_201911/
- [9] Glavić, D., & Milenković, M. (2021) Komercijalna eksploatacija saobraćajne infrastrukture. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
- [10] Milakis, D., Gebhardt, L., Ehebrecht, D., & Lenz, B. (2020). *Is micro-mobility sustainable? An overview of implications for accessibility, air pollution, safety, physical activity and subjective wellbeing*.
- [11] Zhang, C., Wang, C., Sullivan, J., Han, W., & Schuetzle, D. (2001). Life cycle assessment of electric bike application in Shanghai. *SAE Technical Papers*. <https://doi.org/10.4271/2001-01-3727>
- [12] Luo, H., Kou, Z., Zhao, F., & Cai, H. (2019). Comparative life cycle assessment of station-based and dock-less bike sharing systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 180–189. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2019.03.003>
- [13] Moreau, H., de Meux, L. de J., Zeller, V., D'Ans, P., Ruwet, C., & Achten, W. M. J. (2020). Dockless e-scooter: A green solution for mobility? Comparative case study between dockless e-scooters, displaced transport, and personal e-scooters. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/SU12051803>
- [12] Hwang, J. J. (2010). Sustainable transport strategy for promoting zero-emission electric scooters in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 1390–1399. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.01.014>
- [14] Wortmann, C., Syré, A. M., Grahle, A., & Göhlich, D. (2021). Analysis of electric moped scooter sharing in berlin: A technical, economic and environmental perspective. *World Electric Vehicle Journal*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/wevj12030096>
- [15] Felipe-Falgas, P., Madrid-Lopez, C., & Marquet, O. (2022). Assessing Environmental Performance of Micromobility Using LCA and Self-Reported Modal Change: The Case of Shared E-Bikes, E-Scooters, and E-Mopeds in Barcelona. *Sustainability (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/su14074139>
- [16] Schelte, N., Severengiz, S., Schünemann, J., Finke, S., Bauer, O., & Metzen, M. (2021). Life cycle assessment on electric moped scooter sharing. *Sustainability (Switzerland)*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/SU13158297>
- [17] Winslott Hiselius, L., & Svensson, Å. (2014). *Could the increased use of e-bikes (pedelecs) in Sweden contribute to a more sustainable transport system?* <https://doi.org/10.3846/enviro.2014.119>
- [18] Cherry, C. R., Yang, H., Jones, L. R., & He, M. (2016). Dynamics of electric bike ownership and use in Kunming, China. *Transport Policy*, 45, 127–135. <https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2015.09.007>
- [19] Aguilera-García, Á., Gomez, J., Sobrino, N., & Díaz, J. J. V. (2021). Moped scooter sharing: Citizens' perceptions, users' behavior, and implications for urban mobility. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/su13126886>
- [20] Christoforou, Z., Gioldasis, C., de Bortoli, A., & Seidowsky, R. (2021). Who is using e-scooters and how? Evidence from Paris. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 92. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2021.102708>
- [21] Fukushima, T., Fitch, D. T., & Handy, S. (2021). Factors influencing dock-less E-bike-share mode substitution: Evidence from Sacramento, California. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 99, 102990. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2021.102990>
- [22] Reck, D. J., Martin, H., & Axhausen, K. W. (2022). Mode choice, substitution patterns and environmental impacts of shared and personal micro-mobility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 102. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2021.103134>
- [23] Milenković, M., Glavić, D., Trifunović, A., & Komarica, J. (2023). User's willingness to accept the shared dockless e-scooter system: Belgrade case study. *9th Transport Research Arena TRA Lisbon 2022, Portugal*