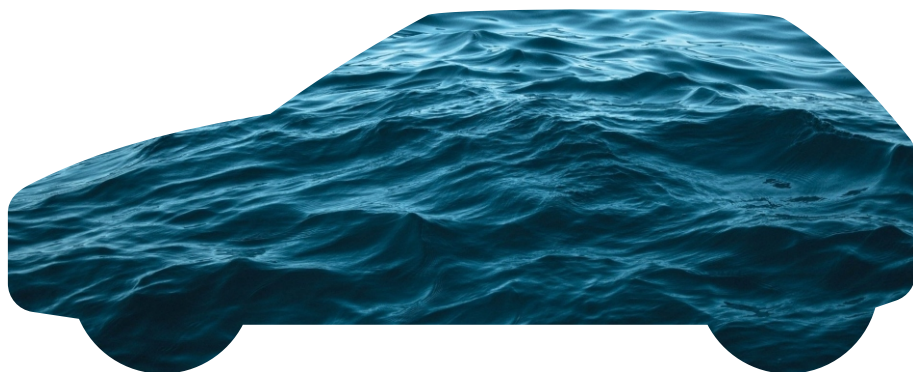


Иван Благојевић  
Саша Митић

# ВОЗИЛА И ЖИВОТНА СРЕДИНА



# **ВОЗИЛА И ЖИВОТНА СРЕДИНА**

Друго издање

## **Аутори:**

Проф. др Иван А. Благојевић

Проф. др Саша Р. Митић

## **Рецензенти:**

Проф. др Бранислав Ракићевић

Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Владимир Поповић

Универзитет у Београду, Машински факултет

## **Издавач:**

Универзитет у Београду

Машински факултет

Краљице Марије 16

11120 Београд 35

Телефон: +381 11 3370 760

Факс: +381 11 3370 364

[www.mas.bg.ac.rs](http://www.mas.bg.ac.rs)

## **За издавача:**

Декан проф. др Радивоје Митровић

## **Главни и одговорни уредник:**

Проф. др Милан Лечић

Број Одлуке Декана 05/2020 од 19. фебруара 2020.

## **Тираж:**

100 примерака

## **ISBN:**

978-86-6060-038-9

## **Штампа:**

Планета принт, Београд

*Забрањено прештампавање и фотокопирање.*

*Сва права задржава издавач и аутори.*



# Садржај

1. Увод .....	3
2. Потрошња и уштеда нафте као погонског горива .....	9
3. Издувна емисија .....	33
4. Алтернативна погонска горива .....	55
5. Хибридна електрична возила .....	101
6. Електрична возила .....	131
7. Основе буке и вибрација .....	151
8. Возила на крају животног века .....	221
9. Савремени материјали .....	249

# Предговор

Књига **Возила и животна средина** представља уџбеник за истоимени предмет који се изучава у оквиру мастер студија на Машинском факултету Универзитета у Београду. Књига може користити не само студентима који похађају наставу из поменутог предмета, већ и онима којима заштита животне средине представља стручни изазов и морални императив.

Књига садржи девет поглавља од којих је прво, уводно разматрање, посвећено општим утицајима и последицама које возило и његова употреба имају на животну средину. Друго поглавље бави се проблемима потрошње и уштеде нафте као сировине за фосилна погонска горива, док се треће поглавље односи на издувну емисију као најутицајнији фактор загађења моторним возилом. Четврто поглавље односи се на алтернативна горива (као што су водоник и биогорива) али и она која нису обновљива (као што су течни нафтни гас и компримовани природни гас). Пето поглавље даје приказ хибридних електричних возила као тренутно најраспрострањенијег вида алтернативног погона, док је шесто посвећено електричним возилима као перспективном превозном средству са нултом издувном емисијом. Седмо поглавље односи се на основне поставке буке и вибрација и њихов утицај на животно окружење, односно човека. Возило на крају животног циклуса тема је осмог поглавља, при чему је највећа пажња посвећена рециклирању возила. У том смислу, употреба еколошки прихватљивих савремених материјала са напредним карактеристикама посебно је објашњена у деветом поглављу. Како је то подељено и предавањима из предмета *Возила и животна средина*, поглавље два, три, четири, пет и шест припремио је Иван Благојевић, док је поглавља седам, осам и девет припремио Саша Митић. Како би се концепт очувања животне средине задржао у сваком смислу, књига је штампана на рециклираном папиру.

Аутори се захваљују рецензентима Браниславу Ракићевићу и Владимиру Поповићу, као и колегама Драгану Стаменковићу и Милошу Маљковићу који су извршили неопходну техничку припрему и тиме улепшали ову књигу. Захвални смо и колеги Милошу Нишевићу који је дао посебан допринос у прикупљању опсежне грађе за део који се односи на обновљива алтернативна горива.

Ауторима ће бити велико задовољство уколико се студентима и осталим читаоцима ове књиге, осим стечених знања, пробуди савест и унапреди свест о екологији. Очување животне средине мора бити тежња сваког појединца и то као његов дуг према човечанству коме припада и његова заоставштина будућим генерацијама.

Аутори

**Људска популација, потребе и технологија  
су довеле до тога да мајка Земља више  
не прихвата наше присуство без свог одговора.**

*Тензин Гјатсо, XIV Далај лама*

# 1

## УВОД

Од када је први пут направљен, аутомобил је прешао огроман пут од преко 130 година, и на том путу доживео праву еволуцију у техничко-технолошком и естетском смислу. Човечанство је мењало аутомобил, али је и аутомобил мењао човечанство. Човек га је све више волео, али и све мање разумео.

Временом, моторна возила постала су масовно средство транспорта, а њихова распрострањеност достигла је неслућене размере. Осим тога, производња возила постала је основни покретач прогреса и економског развоја. На тај начин, возило има веома значајну друштвено-економску улогу при чему ангажује огромне ресурсе за сопствену производњу и задовољава нарастајуће потребе за мобилношћу људи и робе. Међутим, вишеструко негативан утицај моторних возила, односно њихове употребе на животну средину намеће озбиљне проблеме са којима се човечанство суочава. Док нам са једне стране стижу позитивни ефекти повећања броја возила, са друге стране се штетни не могу у потпуности ни сагледати.

Утицаји употребе моторних возила на животну средину у односу на ефекте (последнице) које производе могу се сврстати у три категорије:

- Директни утицаји – узрокују непосредне ефекте коришћења моторног возила на животну средину, при чему је узрочно-последична веза недвосмислена и у потпуности разумљива. На пример, у директне штетне утицаје могу се уврстити бука и емисија угљен-диоксида;

- Индиректни утицаји – узрокују секундарне ефекте коришћења моторног возила на животну средину. Ови утицаји су најчешће са већим последицама него у случају директних утицаја, при чему се узрочно-последична веза теже може успоставити. На пример, издувна емисија која је последица непотпуног сагоревања у моторима са унутрашњим сагоревањем (СУС) је индиректно повезана са респираторним, кардиоваскуларним, па и малигним проблемима у људском организму, али није једини узрок томе;
- Кумулативни утицаји – узрокују додатне, мултиплицирајуће и комбиноване ефекте коришћења моторног возила. Они узимају у обзир различите ефекте директних и индиректних утицаја на екосистем, који су обично непредвидиви. Климатске промене, са својим сложеним узроцима и последицама, су последица кумулативних утицаја неколико природних и антропогених фактора, у којима употреба моторних возила има одређену улогу.

Утицаји моторног возила на животну средину могу се поделити и у односу на фазе његовог животног циклуса. Свој утицај возило започиње самим процесом производње, при чему се у обзир узима и производња свих делова, као и производња самих материјала, док се завршавају на отпаду одбацивањем возила и/или рециклирањем. Загађења долазе и од процеса прераде руде ради добијања сировина, као што је то случај приликом добијања челика од руде гвожђа. Ефекат овог загађења је свакако мањи уколико постоји могућност рециклирања, што је у случају челика, алуминијума и бакра, који чине највећи део масе возила, у великој мери изводљиво. Употребом рециклираних материјала смањује се утрошена енергија и штетна емисија приликом производње. Не треба заборавити ни радне течности, као и одбачене акумулаторске батерије које се третирају као опасан отпад са могућношћу рециклирања. Ипак, између почетка и краја животног циклуса настаје највећи део негативних утицаја који су повезани са кретањем возила, односно сагоревањем горива.

Начин управљања моторним возилом и ефикасност његовог коришћења има веома великог утицаја на животну средину. Произвођачи возила улажу велика средства у развој возила како би се потрошња горива смањила за неколико процената, док возач својим понашањем може да је увећа и до 50%. Оптимална употреба моторних возила, као и других расположивих транспортних средстава представља један од највећих изазова у смањењу штетних ефеката по животну средину. Ти проблеми се решавају рационалним коришћењем транспортних средстава у склопу индивидуалног и системског приступа организацији самог транспорта. Тако, на пример, издувна емисија и утрошак горива једног аутомобила у коме се превози само једна особа (возач) мањи су него код аутобуса који превози више десетина путника. Међутим, уколико се количина емитованих штетних

материја и утрошеног горива сведе по путнику (подели са бројем путника) добија се сасвим другачија слика у коме је аутомобил (кога покреће мотор СУС) само комфортно, али у еколошком и економском погледу неефикасно транспортно средство. У том смислу едукација и предности других видова транспорта могу имати велику улогу.



Поменути утицаји моторних возила остављају последице на животну средину и то у следећим сферама које су издвојене као најважније:

- **Климатске промене** – употребом моторних возила сваке године се у атмосферу ослободује огромне количине штетних гасова и то: угљен-моноксид, угљен-диоксид (не сматра се загађивачем, већ фактором настанка ефекта „стаклене баште“), азотни оксиди, несагорели угљоводоници, сумпорна једињења, честице чађи и олово. Води се стална расправа о томе у ком обиму наведена загађења имају утицаја на климатске промене, а о самој природи загађења се знатно мање говори. Неки гасови, нарочито азотни оксиди, такође учествују у трошењу стратосферског озонског омотача који представља природну заштиту земљине површине од ултраљубичастиг зрачења;
- **Квалитет ваздуха** – као што је већ речено, моторна возила погоњена мотором СУС су извор многих штетних гасова који утичу на квалитет ваздуха изазивајући последице по људско здравље. Отровна аерозагађења повезана су са малигним, кардио-васкуларним, респираторним и неуролошким обољењима. Удисање угљен-моноксида спречава везивање кисеоника у крви и може бити веома штетно. Азот-диоксид смањује функционалност плућа, утиче на респираторни имуни систем и повећава ризик од

респираторних проблема. Емисија сумпор-диоксида и азотних оксида у атмосфери формира различита кисела једињења која са водом из облака формирају „киселе кише“ које смањују принос пољопривредних усева и уништавају шуме. Честице смога формирају се акумулацијом угљен-моноксида, озона, угљоводоника, азотних оксида, сумпорних оксида, нестабилних органских једињења, воде и честица чађи. Осим последица које смог оставља на квалитет ваздуха, велики проблем представља и ограничена видљивост. Честице чађи које избацују издувни системи моторних возила могу узроковати респираторне проблеме, иритацију коже, упалу очију, згрушавање крви и различите врсте алергија;

- **Бука и вибрације** – бука представља укупан ефекат неправилних и хаотичних звукова, како на човека, тако и на животиње. У основи, бука је непожељан звук. Дуготрајна изложеност буци (изнад 75 dB) изазива оштећење слуха и утиче на психичко расположење. Такође, бука коју емитују моторна возила повећава ризик од кардиоваскуларних болести. Бука околине у насељеним местима је најчешће резултат друмског саобраћаја и представља кумулативну буку свих возила која у њему учествују (од 45 до 65 dB). Вибрације које се јављају у моторним возилима имају утицај на саме путнике и при одређеним фреквенцијама негативно утичу на њихово здравље, поготову при дугој изложености. Нелагодности у виду мучнине и вртоглавице су последица осцилација неповољних за људски организам;
- **Квалитет воде и земљишта, као и распрострањеност живог света на планети** – у мањој мери, али ништа мање важне су и последице које моторна возила кроз читав свој животни циклус остављају на квалитет воде и земљишта, као и на распрострањеност живог света на планети. Осим загађења приликом употребе, овде треба истаћи и добијање и транспорт нафте и других енергетских ресурса, како за производњу возила, тако и за њихово кретање. Инфраструктура фабрика које производе возила и компоненте, као и саобраћајна инфраструктура за њихово кретање фактори су који утичу на поменути квалитет. Индиректни и кумулативни утицаји су овде нарочито изражени, а последице могу бити, и најчешће јесу, далекосежне.

На основу свега наведеног може се закључити да је однос моторних возила и животне средине вишедимензионалан. Неки елементи тог односа још увек нису довољно истражени, а нека нова сазнања могу довести до крупних промена у политици према животној средини, као што је то било са откривањем појаве „киселих киша“ седамдесетих и осамдесетих година



двадесетог века. Деведесете године прошлог века карактеристичне су за почетак решавања глобалних питања која се тичу животне средине, обједињених са нарастајућом забринутошћу за антропогене ефекте и климатске промене. Транспорт је постао важан елемент концепта одрживости, а законска регулатива јако оружје за решавање нагомиланих проблема. То је изазвало и измештање „прљавих“ технологија у неразвијене или мање развијене земље које нису биле у стању да донесу одговарајуће прописе, што је указивало на чињеницу да је глобално решење далеко и веома тешко. Велики допринос дао је Протокол из Кјота (Јапан) чије је потписивање у организацији Конвенције Уједињених Нација за климатске промене (UNFCCC) започело 11. децембра 1997. године као подршка међународном споразумом о климатским променама. Кјото протокол дефинише обавезујуће циљне вредности за смањење емисије издувних гасова који изазивају ефекат „стаклене баште“, а Република Србија га је ратификовала 2007. године.



Свакако, борба између интереса крупног капитала и настојања да се животна средина заштити, односно заустави њено нарушавање, не може се решити протоколима - она је њиме само започета и сигурно ће бити веома дуга и тешка, са неизвесним исходом. Очување животне средине јесте велики задатак и изазов, али и обавеза свих нас. Тај задатак је решавање једначине са више непознатих и много променљивих, једначине којом се успоставља равнотежа између планете Земље са једне и људи који на њој живе са друге стране. За решавање те једначине потребни су знање, свест и храброст, а када се стекну и поседују, потребно их је само преносити даље. У решењу ове једначине треба да учествују сви, без изузетака, јер је то обавеза коју појединац треба да има према човечанству.

Део информација које су нам потребне да бисмо започели борбу за очување животне средине налази се на страницама ове књиге. Оне се не односе само на поменуте утицаје и последице коришћења моторних возила на животну средину, већ и на могућа решења којима се негативни утицаји и њихове последице могу смањити или, у неким случајевима, потпуно поништити. Надамо се да ће читаоци ове књиге стећи нова знања која ће у њима пробудити еколошку свест, а када се знање и свест удруже, храброст ће доћи сама.

***Уништење је човекова воља,  
баш као и превенција.***

*Бабу Раџан, фотограф*

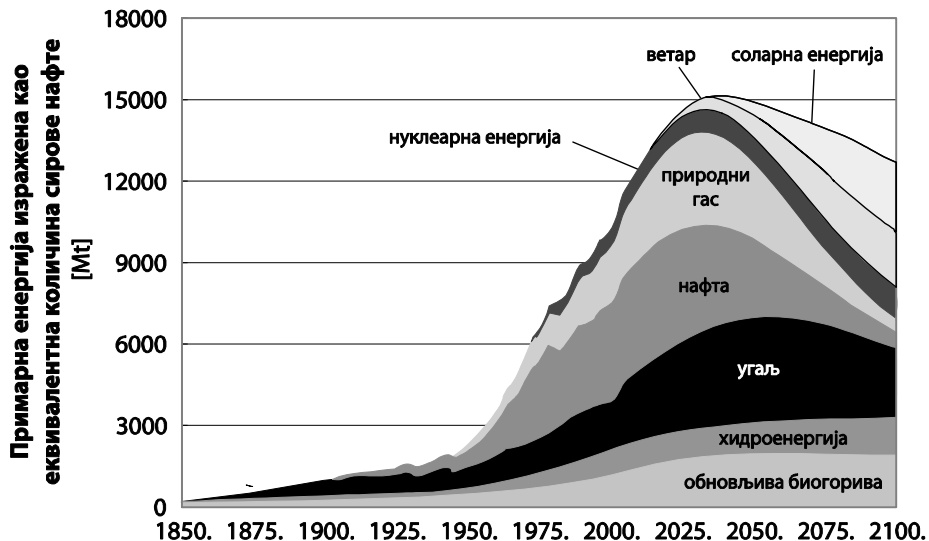
# **2 ПОТРОШЊА И УШТЕДА НАФТЕ КАО ПОГОНСКОГ ГОРИВА**

## **2.1 Глобална потрошња и значај уштеде**

Нафта, угаљ и природни гас представљају три основна енергента данашњице. Извори као што су нуклеарна енергија, геотермални извори и ветар су присутни у знатно мањем уделу док се тзв. алтернативна горива и иновативне технологије јављају тек у траговима. Нажалост, нафта није обновљиви извор енергије. Према прогнозама, драстичне промене десиће се 2040. године (слика 2.1). Наиме, до те године производња сирове нафте биће у порасту после чега ће уследити нагли пад, тако да се очекује да ће 2100. године главни извори енергије бити угаљ, обновљива течна и гасовита биогорива, соларна енергија, енергија ветра, као и хидроенергија и нуклеарна енергија.

Сирова нафта је фосилно гориво настало разлагањем остатака живих материја чије је таложење започело пре више од 400 до 600 милиона година. Изумрле живе материје (најчешће биљног порекла) полако су прекриване седиментима. Временом, нагомилани седименти формирали су широк слој који се трансформисао у камен. Овако заробљене изумрле материје, изложене високом притиску и температури, временом су се трансформисале у угљоводонике или угаљ, у зависности од њихове природе. Наведени процес трајао је милионима година. Зато је сирова нафта, као и остала фосилна горива, необновљив извор енергије на који се у даљој будућности неће моћи рачунати. Такође, присутан је и проблем њене

неравномерне расподеле као природног богатства, односно чињенице да је за многе земље увозни енергент чија је цена променљива.



Слика 2.1. Прогноза енергетских потреба до 2100. године

Процене из 2014. године указују да 98% моторних возила на планети користи моторе СУС који се погоне горивима на бази угљоводоника, при чему се наведени проценат неће битно променити у наредних десет до петнаест година. Сагоревање представља хемијску реакцију између горива и ваздуха, при чему се ослобађа топлота која се у моторима СУС претвара у механичку енергију и тиме омогућава кретање возила.

Статистички подаци говоре да је број моторних возила у свету 2014. године износио преко 1,23 милијарде (слика 2.2). Тај број је 1970. године био око пет пута мањи, док се за само 16 година (до 1986. године) овај број удвостручио. Већ 2009. године премашен је број од милијарду моторних возила на планети. Дакле, само за пет година (од 2009. до 2014. године) број возила се увећао за више од 200 милиона, односно више од 20%. Процене су да ће до 2035. године број возила на планети достићи две милијарде.

Овакве прогнозе свакако нису охрабрујуће с обзиром на потрошњу ограничених извора енергије, пре свега нафте која данас још увек представља водећи енергент за моторна возила у свету, али и због глобалног загађења наше планете услед издувне емисије мотора СУС.

Треба нагласити да су истраживања доказала да са порастом потрошње горива у току вожње расте и издувна емисија штетних гасова и то у различитим износима према већ наведеним врстама гасова. Тако, на пример, при разлици у потрошњи горива од 21%, узрокованој различитим

## Литература

Andure, M.W., Jirapure, S.C., Dhamande, L.P., *Advance automobile material for light weight future – A review*, International Conference on Benchmarks in Engineering Science and Technology ICBEST 2012, 15-22.

*Automotive metal components for car bodies and chassis – Global market study*, Roland Berger, 2017.

Blain, P., *Steel perspectives for the automotive industry*, OICA, 2012.

Cha, S.C., Hong, S.H., Kim, I., Kim, M.Y., Park, J. (2016) *CALPHAD-based alloy design for advanced automotive steels - Part I: Development of bearing steels with enhanced strength and optimized microstructure*, CALPHAD – Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry, Vol. 54, 165-171.

Ghassemieh, E., *Materials in automotive application – State of the art and prospects*, in *New trends and developments in automotive industry* (ed. Chiaberge, M.), 365-394, Rijeka: Intech, 2011.

Holmes, M. (у штампи) *High volume composites for the automotive challenge*, Reinforced plastics.

Kašpar, J., Fornasiero, P. (2003) *Nanostructured materials for advanced automotive de-pollution catalysts*, Journal of Solid State Chemistry, Vol. 171, 19-29.

Kuziak, R., Kawalla, R., Waengler, S. (2008) *Advanced high strength steels for automotive industry*, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol. 8, No. 2, 103-117.

Marathe, S.R., *Light Weighting in Automotive Industry*, ARAI, 2013.

Patil, A., Patel, A., Purohit, R. (2017) *An overview of polymeric materials for automotive applications*, Materials Today – Proceedings, Vol. 4 3807-3815.

*Steels for hot stamping - Usibor and Ductibor*, Arcelor Mittal, 2017.

US Department of Energy, *Lightweight automotive materials*, Quadrennial Technology Review 2015.

Живковић, А. (2004) *Weldox и Hardox челици Особине, препоруке за резање и заваривање*, Заваривање и заварене конструкције, 1/2004, 23-28.

Прокић Цветковић, Р., Поповић, О., *Машински материјали 1*, Београд: Машински факултет, 2012.

