

**GOCE DELCEV UNIVERSITY, STIP, NORTH MACEDONIA  
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING**

**ETIMA 2025**  
**THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE**  
**24-25 SEPTEMBER, 2025**



**TECHNICAL SCIENCES APPLIED IN ECONOMY,  
EDUCATION AND INDUSTRY**



УНИВЕРЗИТЕТ  
**ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ**  
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ  
ФАКУЛТЕТ



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“, ШТИП  
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

GOCE DELCEV UNIVERSITY, STIP  
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING

ТРЕТА МЕЃУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА  
THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE

**ЕТИМА / ETIMA 2025**

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ  
CONFERENCE PROCEEDINGS

24-25 септември 2025 | 24-25 September 2025

**ISBN: 978-608-277-128-1**

**DOI: <https://www.doi.org/10.46763/ETIMA2531>**

**Главен и одговорен уредник / Editor in Chief**

проф.д-р Сашо Гелев  
Prof.d-r Saso Gelev

**Јазично уредување / Language Editor**

Весна Ристова (македонски) / Vesna Ristova (Macedonian)

**Техничко уредување / Technical Editing**

Дарко Богатинов / Darko Bogatinov

**Издавач / Publisher**

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип / Goce Delcev University, Stip  
Електротехнички факултет / Faculty of Electrical Engineering

**Адреса на организационен комитет / Address of the organizational committee**

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип / Goce Delcev University, Stip  
Електротехнички факултет / Faculty of Electrical Engineering

Адреса: ул. „Крсте Мисирков“ бр. 10А / Address: Krste Misirkov, 10A

Пош. фах 201, Штип - 2000, С. Македонија / PO BOX 201, Stip 2000, North Macedonia

E-mail: conf.etf@ugd.edu.mk

**CIP - Каталогизација во публикација**

**Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје**

62-049.8(062)

004-049.8(062)

**МЕЃУНАРОДНА конференција ЕТИМА (3 ; 2025 ; Штип)**

Зборник на трудови [Електронски извор] / Трета меѓународна конференција ЕТИМА 2025, 24-25 септември 2025 ; [главен и одговорен уредник Сашо Гелев] = Conference proceedings / Third international conference, 24-25 September 2025 ; [editor in chief Saso Gelev]. - Текст во PDF формат, содржи 357 стр., илустр. - Штип : Универзитет "Гоце Делчев", Електротехнички факултет ; Штип : "Goce Delchev" University, Faculty of Electrical engineering, 2025

Начин на пристапување (URL): <https://js.ugd.edu.mk/index.php/etima/en>. - Наслов преземен од екранот. - Опис на изворот на ден 30.10.2025. - Трудови на мак. и англ. јазик. - Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-277-128-1

а) Електротехника -- Примена -- Собири б) Машинство -- Примена -- Собири  
в) Автоматика -- Примена -- Собири г) Информатика -- Примена -- Собири

COBISS.MK-ID 67297029



Трета меѓународна конференција ЕТИМА  
24-25 Септември 2025  
Third International Conference ETIMA  
24-25 September 2025

**ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР  
ORGANIZING COMMITTEE**

**Драган Миновски / Dragan Minovski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Сашо Гелев / Saso Gelev**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Тодор Чекеровски / Todor Cekerovski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Маја Кукушева Панева / Maja Kukuseva Paneva**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Билјана Читкушева Димитровска / Biljana Citkuseva Dimitrovska**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Дарко Богатинов / Darko Bogatinov**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia





Трета меѓународна конференција ЕТИМА  
24-25 Септември 2025  
Third International Conference ETIMA  
24-25 September 2025

**ПРОГРАМСКИ И НАУЧЕН ОДБОР  
SCIENTIFIC COMMITTEE**

**Антонио Курадо / António Curado**

Политехнички институт во Виана до Кастело, Португалија  
Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal

**Стелијан – Емилијан Олтеан / Stelian –Emilian Oltean**

Факултет за инженерство и информатичка технологија,  
Медицински универзитет Георге Емил Паладе, фармација, наука и технологија  
во Таргу Муреш, Романија  
Faculty of Engineering and Information Technology, George Emil Palade  
University of Medicine, Pharmacy, Science, and Technology of Targu Mures, Romania

**Митко Богданоски / Mitko Bogdanoski**

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија  
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

**Верица Тасеска Ѓоргиевска / Verica Taseska Gjorgievska**

Македонска академија на науките и уметностите, Северна Македонија  
Macedonian Academy of Sciences and Arts, North Macedonia

**Југослав Ачкоски / Jugoslav Ackoski**

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија  
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

**Димитар Богатинов / Dimitar Bogatinov**

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија  
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

**Со Ногучи / So Noguchi**

Висока школа за информатички науки и технологии  
Универзитет Хокаидо, Јапонија  
Graduate School of Information Science and Technology  
Hokkaido University, Japan

**Диониз Гашпаровски / Dionýz Gašparovský**

Факултет за електротехника и информатички технологии,  
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology  
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

**Георги Иванов Георгиев / Georgi Ivanov Georgiev**  
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија  
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

**Антон Белан / Anton Belán**  
Факултет за електротехника и информациони технологии  
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology  
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

**Ивелина Стефанова Балабанова / Ivelina Stefanova Balabanova**  
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија  
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

**Бојан Димитров Карапeneв / Boyan Dimitrov Karapenev**  
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија  
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

**Сашо Гелев / Saso Gelev**  
Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Влатко Чингоски / Vlatko Cingoski**  
Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Божо Крстајиќ / Bozo Krstajic**  
Електротехнички факултет  
Универзитет во Црна Гора, Црна Гора  
Faculty of Electrical Engineering,  
University in Montenegro, Montenegro

**Милован Радуловиќ / Milovan Radulovic**  
Електротехнички факултет  
Универзитет во Црна Гора, Црна Гора  
Faculty of Electrical Engineering,  
University in Montenegro, Montenegro

**Гоце Стефанов / Goce Stefanov**  
Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Мирјана Перик / Mirjana Peric**  
Електронски факултет  
Универзитет во Ниш, Србија  
Faculty of Electronic Engineering,  
University of Nis, Serbia

**Ана Вучковиќ / Ana Vuckovic**

Електронски факултет,  
Универзитет во Ниш, Србија  
Faculty of Electronic Engineering,  
University of Nis, Serbia

**Тодор Чекеровски / Todor Cekerovski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Далибор Серафимовски / Dalibor Serafimovski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Мирослава Фаркаш Смиткова / Miroslava Farkas Smitková**

Факултет за електротехника и информации технологии  
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology  
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

**Петер Јанига / Peter Janiga**

Факултет за електротехника и информации технологии  
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology  
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

**Јана Радичова / Jana Raditschová**

Факултет за електротехника и информации технологии  
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology  
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

**Драган Миновски / Dragan Minovski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Василија Шарац / Vasilija Sarac**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Александар Тузаров / Aleksandar Tudzarov**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Владимир Талевски / Vladimir Talevski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Владо Гичев / Vlado Gicev**

Факултет за информатика,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Computer Science,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Марија Чекеровска / Marija Cekerovska**

Машински факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Mechanical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Мишко Цидров / Misko Dzidrov**

Машински факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Mechanical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Александар Крстев / Aleksandar Krstev**

Факултет за информатика,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Computer Science,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Ванчо Аџиски / Vancho Adziski**

Факултет за природни и технички науки,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Natural and Technical Sciences,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Томе Димовски / Tome Dimovski**

Факултет за информатички и комуникациски технологии,  
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;  
Faculty of Information and Communication Technologies,  
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

**Зоран Котевски / Zoran Kotevski**

Факултет за информатички и комуникациски технологии,  
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;  
Faculty of Information and Communication Technologies,  
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

**Никола Рендевски / Nikola Rendeovski**

Факултет за информатички и комуникациски технологии,  
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;  
Faculty of Information and Communication Technologies,  
University St Climent Ohridski, North Macedonia;



**Илија Христовски / Ilija Hristovski**

Економски факултет,  
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;  
Faculty of Economy,  
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

**Христина Спасовска / Hristina Spasovska**

Факултет за електротехника и информациски технологии,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,  
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

**Роман Голубовски / Roman Golubovski**

Природно-математички факултет,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

**Маре Србиновска / Mare Srbinovska**

Факултет за електротехника и информациски технологии,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,  
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

**Билјана Златановска / Biljana Zlatanovska**

Факултет за информатика,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Computer Science,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Александра Стојанова Илиевска / Aleksandra Stojanova Ilievska**

Факултет за информатика,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Computer Science,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Мирјана Коцалева Витанова / Mirjana Kocaleva Vitanova**

Факултет за информатика,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Computer Science,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Ивана Сандева / Ivana Sandeva**

Факултет за електротехника и информациски технологии,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,  
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

**Билјана Читкушева Димитровска / Biljana Citkuseva Dimitrovska**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Наташа Стојковиќ / Natasa Stojkovik**

Факултет за информатика,

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;

Faculty of Computer Science,

Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;



## Трета меѓународна конференција ЕТИМА Third International Conference ETIMA

---

### **PREFACE**

The Third International Conference “Electrical Engineering, Technology, Informatics, Mechanical Engineering and Automation – Technical Sciences in the Service of the Economy, Education and Industry” (ETIMA’25), organized by the Faculty of Electrical Engineering at the “Goce Delchev” University – Shtip, represents a significant scientific event that enables interdisciplinary exchange of knowledge and experience among researchers, professors, and experts in the field of technical sciences. The conference was held in an online format and brought together 78 authors from five different countries.

The ETIMA conference aims to establish a forum for scientific communication, encouraging multidisciplinary collaboration and promoting technological innovations with direct impact on modern life. Through the presentation of scientific papers, participants shared the results of their research and development activities, contributing to the advancement of knowledge and practice in relevant fields. The first ETIMA conference was organized four years ago, featuring 40 scientific papers. The second conference took place in 2023 and included over 30 papers. ETIMA’25 continued this scientific tradition, presenting more than 40 papers that reflect the latest achievements in electrical engineering, technology, informatics, mechanical engineering, and automation.

At ETIMA’25, papers were presented that addressed current topics in technical sciences, with particular emphasis on their application in industry, education, and the economy. The conference facilitated fruitful discussions among participants, encouraging new ideas and initiatives for future research and projects.

ETIMA’25 reaffirmed its role as an important platform for scientific exchange and international cooperation. The organizing committee extends sincere gratitude to all participants for their contribution to the successful realization of the conference and its scientific value.

We extend our sincerest gratitude to all colleagues who, through the presentation of their papers, ideas, and active engagement in discussions, contributed to the success and scientific significance of ETIMA’25.

*The Organizing Committee of the Conference*

## **ПРЕДГОВОР**

Третата меѓународна конференција „Електротехника, Технологија, Информатика, Машинство и Автоматика – технички науки во служба на економијата, образованието и индустријата“ (ЕТИМА’25), организирана од Електротехничкиот факултет при Универзитетот „Гоце Делчев“ – Штип, претставува значаен научен настан кој овозможува интердисциплинарна размена на знаења и искуства меѓу истражувачи, професори и експерти од техничките науки. Конференцијата се одржа во онлајн формат и обедини 78 автори од пет различни земји.

Конференцијата ЕТИМА има за цел да создаде форум за научна комуникација, поттикнувајќи мултидисциплинарна соработка и промовирајќи технолошки иновации со директно влијание врз современото живеење. Преку презентација на научни трудови, учесниците ги споделуваат резултатите од своите истражувања и развојни активности, придонесувајќи кон унапредување на знаењето и практиката во релевантните области.

Првата конференција ЕТИМА беше организирана пред четири години, при што беа презентирани 40 научни трудови. Втората конференција се одржа во 2023 година и вклучи над 30 трудови. ЕТИМА’25 продолжи со истата научна традиција, презентирајќи повеќе од 40 трудови кои ги отсликуваат најновите достигнувања во областа на електротехниката, технологијата, информатиката, машинството и автоматиката.

На ЕТИМА’25 беа презентирани трудови кои обработуваат актуелни теми од техничките науки, со посебен акцент на нивната примена во индустријата, образованието и економијата. Конференцијата овозможи плодна дискусија меѓу учесниците, поттикнувајќи нови идеи и иницијативи за идни истражувања и проекти.

ЕТИМА’25 ја потврди својата улога како значајна платформа за научна размена и интернационална соработка. Организациониот одбор упатува искрена благодарност до сите учесници за нивниот придонес кон успешната реализација на конференцијата и нејзината научна вредност. Конференцијата се одржа онлајн и обедини седумдесет и осум автори од пет различни земји.

Изразуваме голема благодарност до сите колеги кои со презентирање на своите трудови, идеи и активна вклученост во дискусиите придонесоа за успехот на ЕТИМА’25 и нејзината научна вредност.

*Организационен одбор на конференцијата*

## **СОДРЖИНА / TABLE OF CONTENTS:**

|                                                                                                                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>СОВРЕМЕНО РАНОГРАДИНАРСКО ПРОИЗВОДСТВО СО ПРИМЕНА НА ОБНОВЛИВИ ЕНЕРГЕТСКИ ИЗВОРИ И ТЕХНОЛОГИИ.....</b>                                                                    | <b>15</b>  |
| <b>ШИРОКОПОЈАСЕН ПРЕНОС НА ПОДАТОЦИ ПРЕКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКАТА МРЕЖА .....</b>                                                                                                | <b>25</b>  |
| <b>TRANSIENT PHENOMENA IN BLACK START .....</b>                                                                                                                              | <b>32</b>  |
| <b>OPTIMIZATION OF SURPLUS ELECTRICITY MANAGEMENT FROM MUNICIPAL PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: VIRTUAL STORAGE VS BATTERY SYSTEMS.....</b>                                           | <b>43</b>  |
| <b>IMPACT OF LIGHT POLLUTION ON ENERGY EFFICIENCY .....</b>                                                                                                                  | <b>53</b>  |
| <b>ПЕРСПЕКТИВИ, ПРЕДИЗВИЦИ И ИНОВАЦИИ ВО ПЕРОВСКИТНИТЕ СОЛАРНИ КЕЛИИ .....</b>                                                                                               | <b>61</b>  |
| <b>ПРИМЕНА НА НАНОМАТЕРИЈАЛИ КАЈ ФОТОВОЛТАИЧНИ КЕЛИИ ЗА ЗГОЛЕМУВАЊЕ НА НИВНАТА ЕФИКАСНОСТ ПРЕКУ НАМАЛУВАЊЕ НА РАБОТНАТА ТЕМПЕРАТУРА .....</b>                                | <b>68</b>  |
| <b>LONG-TERM POWER PURCHASE AGREEMENT FOR PHOTOVOLTAIC ENERGY AS A SOLUTION FOR ENHANCING THE PROFITABILITY OF THE TASHMARUNISHTA PUMPED-STORAGE HYDRO POWER PLANT .....</b> | <b>75</b>  |
| <b>СПОРЕДБЕНА АНАЛИЗА НА ПОТРОШУВАЧКА, ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ И ТРОШОЦИ КАЈ ВОЗИЛА СО РАЗЛИЧЕН ТИП НА ПОГОН .....</b>                                                         | <b>87</b>  |
| <b>АВТОМАТСКИ СИСТЕМ ЗА НАВОДНУВАЊЕ УПРАВУВАН ОД ARDUINO МИКРОКОНТРОЛЕР .....</b>                                                                                            | <b>95</b>  |
| <b>ПРИМЕНА НА WAMS И WACS СИСТЕМИ ВО SMART GRID.....</b>                                                                                                                     | <b>103</b> |
| <b>IoT-BASED ENVIRONMENTAL CONTROL IN 3D PRINTER ENCLOSURES FOR OPTIMAL PRINTING CONDITIONS.....</b>                                                                         | <b>112</b> |
| <b>BENEFITS OF STUDYING 8086 MICROPROCESSOR FOR UNDERSTANDING CONTEMPORARY MICROPROCESSOR.....</b>                                                                           | <b>123</b> |
| <b>ПРАКТИЧНА СИМУЛАЦИЈА НА SCADA СИСТЕМ ЗА СЛЕДЕЊЕ И РЕГУЛАЦИЈА НА НИВО НА ТЕЧНОСТ ВО РЕЗЕРВОАР.....</b>                                                                     | <b>130</b> |
| <b>ADVANCEMENTS IN INDUSTRIAL DIGITAL SENSORS (VERSION 3.0 TO 4.0) AND RADAR SYSTEMS FOR OBJECT DETECTION: A STATE-OF-THE-ART REVIEW. ....</b>                               | <b>140</b> |
| <b>CHALLENGES AND SOLUTIONS FOR ENHANCING DRONE-TO-TOC COMMUNICATION PERFORMANCE IN MILITARY AND CRISIS OPERATIONS..</b>                                                     | <b>148</b> |
| <b>BRIDGING TELECOM AND AVIATION: ENABLING SCALABLE BVLOS DRONE OPERATIONS THROUGH AIRSPACE DIGITIZATION.....</b>                                                            | <b>157</b> |
| <b>MEASURES AND RECOMMENDATIONS FOR EFFICIENCY IMPROVEMENT OF ELECTRICAL MOTORS .....</b>                                                                                    | <b>167</b> |
| <b>USE OF MACHINE LEARNING FOR CURRENT DENSITY DISTRIBUTION ESTIMATION OF REBCO COATED CONDUCTORS .....</b>                                                                  | <b>180</b> |
| <b>APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DENTAL MEDICINE .....</b>                                                                                                       | <b>186</b> |
| <b>ИНТЕГРАЦИЈА НА ДИГИТАЛНИОТ СПЕКТРОФОТОМЕТАР ВО ДЕНТАЛНАТА МЕДИЦИНА – НОВИ МОЖНОСТИ ЗА ТОЧНОСТ И КВАЛИТЕТ .....</b>                                                        | <b>194</b> |

|                                                                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CORRELATION OF DENTAL MEDICINE STUDENTS' PERFORMANCE IN PRECLINICAL AND CLINICAL COURSES .....</b>                                  | <b>205</b> |
| <b>INTRAORAL ELECTROSTIMULATOR FOR RADIATION INDUCED XEROSTOMIA IN PATIENTS WITH HEAD AND NECK CANCER.....</b>                         | <b>214</b> |
| <b>ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE OF ENDODONTIC EQUIPMENT WITH GASTRIC PACEMAKER .....</b>                                               | <b>221</b> |
| <b>DENTAL IMPLANTS ANALYSIS WITH SEM MICROSCOPE .....</b>                                                                              | <b>226</b> |
| <b>ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАТОЦИ ПРИ УПОТРЕБА НА ЛАСЕР ВО РЕСТАВРАТИВНАТА СТОМАТОЛОГИЈА И ЕНДОДОНЦИЈА.....</b>                               | <b>231</b> |
| <b>LASERS AND THEIR APPLICATION IN PEDIATRIC DENTISTRY .....</b>                                                                       | <b>238</b> |
| <b>INCREASE OF ENVIRONMENTALLY RESPONSIBLE BEHAVIOUR THROUGH EDUCATION AND TECHNOLOGICAL INNOVATION.....</b>                           | <b>242</b> |
| <b>A DATA-DRIVEN APPROACH TO REAL ESTATE PRICE ESTIMATION: THE CASE STUDY SLOVAKIA.....</b>                                            | <b>249</b> |
| <b>ANALYSIS OF THE BACKWARD IMPACTS OF A PHOTOVOLTAIC POWER PLANT ON THE DISTRIBUTION SYSTEM .....</b>                                 | <b>261</b> |
| <b>VARIANT SOLUTIONS FOR A PARKING LOT COVERED WITH PHOTOVOLTAIC PANELS.....</b>                                                       | <b>268</b> |
| <b>COMPARISON OF ENERGY STATUS IN PORTUGAL AND IN SLOVAKIA .....</b>                                                                   | <b>279</b> |
| <b>DESIGN, ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS ...</b>                                                                 | <b>286</b> |
| <b>BATTERY STORAGE IN TRACTION POWER SUPPLY .....</b>                                                                                  | <b>297</b> |
| <b>THE ROLE OF CYBERSECURITY AWARENESS TRAINING TO PREVENT PHISHING.....</b>                                                           | <b>304</b> |
| <b>A REVIEW OF RESOURCE OPTIMIZATION TECHNIQUES IN INTRUSION DETECTION SYSTEMS .....</b>                                               | <b>311</b> |
| <b>APPLICATION OF A ROBOTIC ARM IN A SIMPLE PICK-AND-DROP OPERATION .....</b>                                                          | <b>321</b> |
| <b>SIMULATION-BASED PERFORMANCE ANALYSIS OF A SECURE UAV-TO-TOC COMMUNICATION FRAMEWORK IN MILITARY AND EMERGENCY OPERATIONS .....</b> | <b>328</b> |
| <b>DIGITALIZATION OF BPM USING THE CAMUNDA SOFTWARE TOOL ON THE EXAMPLE OF THE CENTRAL BANK OF MONTENEGRO .....</b>                    | <b>339</b> |
| <b>DESIGNING A SECURE COMMUNICATION FRAMEWORK FOR UAV-TO-TOC OPERATIONS IN MILITARY AND EMERGENCY ENVIRONMENTS.....</b>                | <b>349</b> |





Трета меѓународна конференција ЕТИМА

Third International Conference ETIMA

UDC: 629.331-62:338.5-047.44

<https://www.doi.org/10.46763/ETIMA253187j>

## СПОРЕДБЕНА АНАЛИЗА НА ПОТРОШУВАЧКА, ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ И ТРОШОЦИ КАЈ ВОЗИЛА СО РАЗЛИЧЕН ТИП НА ПОГОН

**Софија Јакимовска<sup>1</sup>, Гоце Стефанов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Електротехнички факултет, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;

е-пошта: sofija.22576@student.ugd.edu.mk

е-пошта: goce.stefanov@ugd.edu.mk

### Апстракт

*Овој труд претставува споредбена анализа на потрошувачката на енергија, енергетската ефикасност и трошоците поврзани со возење на 100 километри кај возила со различен тип на погон: бензински, дизелски, електрични и водородни возила со горивни ќелии. Истражувањето се базира на податоци од пет водечки автомобилски производители – Toyota, Hyundai, BMW, Honda и Mercedes-Benz – и вклучува анализа на енергетска конверзија, енергетска густина, пазарни цени на енергенсите и вкупен трошок за користење. Резултатите покажуваат дека електричните возила имаат највисока ефикасност и најниски оперативни трошоци, додека конвенционалните бензински и дизел возила се помалку ефикасни и генерираат поголеми емисии. Анализата исто така укажува на значителен потенцијал за декарбонизација преку електрификација и употреба на зелена водородна технологија.*

### Клучни зборови

*енергетска ефикасност, електрични возила, горивни ќелии, трошоци, хидроген, декарбонизација*

### 1. Вовед

Во овој труд е направено истражување за ефикасноста на моторните возила. Врз основа на истражувањето е направена споредбена анализа на потрошувачката на енергија, енергетската ефикасност и трошоците кај возила со различен тип на погон – бензински, дизелски, електрични (EV) и водородни (FCEV). Анализата се заснова на реални технички податоци од пет водечки автомобилски производители: Toyota, Hyundai, BMW, Honda и Mercedes-Benz, со цел да се добие прецизна слика за практичните разлики меѓу технологиите.

Транспортниот сектор претставува еден од најголемите потрошувачи на енергија на глобално ниво, со значителен удел во вкупните емисии на стакленички гасови и потрошувачката на фосилни горива. Повеќето конвенционални возила со мотори со внатрешно согорување имаат релативно ниска енергетска ефикасност, со значителни загуби на енергија во форма на топлина и издувни гасови. Во контекст на климатските промени, растечките цени на горивата и стратешките заложби за декарбонизација, потребата за зголемена енергетска ефикасност станува клучна.

Современите алтернативи како електричните и водородните возила нудат значителни подобрувања во однос на искористувањето на енергијата, со потенцијал за намалување на еколошкиот отпечаток и зголемување на одржливоста во транспортот. Ова

истражување има за цел да го објасни процесот на енергетска конверзија кај секој тип на погон и да ги претстави резултатите преку јасни табели за споредба, вклучувајќи потрошена енергија во kWh и вкупен трошок.

## **2. Преглед на литература**

Истражувањата во областа на алтернативните погони покажуваат дека електричните возила (EV) имаат највисока енергетска ефикасност (до 90%) и најниски трошоци по изминати 100 km [1, 2]. Според [3], тие се и најперспективни за декарбонизација, особено со обновливи извори.

Возилата со горивни ќелии (FCEV) имаат ефикасност од 50%–60%, но се соочуваат со предизвици во достапноста на водород и инфраструктура [4]. Конвенционалните бензински и дизел мотори имаат значително пониска ефикасност (25%–45%) и највисоки емисии [5].

Современата литература поддржува премин кон електрични и водородни технологии како клучен чекор за одржлива мобилност.

## **3. Теорија на енергетска конверзија кај различни типови на возила**

Различните видови возила користат различни методи за претворање на складираната енергија (во форма на гориво или електрична енергија) во механичка енергија која го придвижува возилото. Енергетската конверзија, односно трансформацијата од хемиска или електрична енергија во кинетичка, зависи од типот на погонски систем и има директно влијание врз ефикасноста, потрошувачката и емисиите.

### **3.1 Бензински мотори**

Бензинските мотори се базираат на принципот на внатрешно согорување, каде што мешавината од воздух и бензин се запалува преку електрична искра во цилиндрите. Согорувањето создава експанзија на гасови кои вршат притисок врз клиповите, пренесувајќи сила кон вратилото. При оваа конверзија, поголем дел од енергијата се губи во форма на топлина, триење и издувни гасови. Термичката ефикасност на бензинските мотори обично се движи од 25% до 30%, што значи дека само една третина од енергијата од горивото се користи за движење на возилото, додека останатите две третини се загубени. Енергетската вредност на бензинот изнесува приближно 8.9 kWh по литар.

### **3.2 Дизел мотори**

Дизел моторите исто така се базираат на внатрешно согорување, но наместо искра, тие користат компресија на воздухот до високи температури, по што се вбризгува горивото и автоматски се запалува. Поради повисокиот степен на компресија и различниот термодинамички циклус (Diesel cycle), овие мотори имаат повисока термичка ефикасност – од 35% до 45%. Тоа значи дека поголем дел од енергијата од дизелот се претвора во корисна механичка енергија. Дизелот има енергетска густина од околу 9.7 kWh по литар, што го прави енергетски побогат од бензинот.

### 3.3 Возила на водороден погон

Возилата со водороден погон (Fuel Cell Electric Vehicle - FCEV) користат горивни ќелии за претворање на хемиската енергија на водородот во електрична енергија. Во процесот, водородот се комбинира со кислород од воздухот во електрохемиска реакција, при што се создава електрична струја, вода и топлина. Добиената струја се користи за напојување на електромоторот. Овој тип на конверзија е значително поефикасен од согорувачките мотори, со ефикасност од 50% до 60%, во зависност од технологијата и условите на работа. Енергетската густина на водородот е многу висока – околу 33.3 kWh по килограм, што го прави водородот еден од најенергетски ефикасните енергенси, под услов да е достапен и произведен со ниски емисии.

### 3.4 Електрични возила

Електричните возила (Electric Vehicle - EV) користат батерии за складирање на електрична енергија, која потоа директно се пренесува кон електромоторот преку контролер. Процесот на конверзија е едноставен и исклучително ефикасен, бидејќи нема согорување, триење и загуби во форма на топлина како кај моторите со внатрешно согорување. Електромоторите имаат ефикасност која достигнува до 90%, што значи дека речиси целата електрична енергија се користи за движење. Дополнителна предност е можноста за регенеративно кочење, каде што дел од кинетичката енергија се враќа назад во батеријата. Потрошувачката кај овие возила се мери директно во kWh/km, без потреба од конверзија.

## 4. Методологија на пресметка

Во ова истражување е применета унифицирана методологија за пресметка на потрошената енергија и трошокот за 100 километри возење кај различни типови на возила. Методологијата се базира на официјални податоци за потрошувачка, стандардизирани вредности за енергетска густина на горивата и актуелни просечни пазарни цени. Целта е да се овозможи фер и споредлива анализа меѓу бензински, дизелски, водородни и електрични возила.

### 4.1 Потрошувачка на гориво/енергија на 100 km

Основната мерна вредност е потрошувачката на гориво или енергија потребна за поминување на 100 километри. Таа се изразува различно, во зависност од типот на погон:

- За бензин и дизел: литри на 100 километри (L/100 km);
- За водород: килограми на 100 километри (kg/100 km);
- За електрични возила: киловат-часови на 100 километри (kWh/100 km).

Овие вредности се земени од производителски технички листови, WLTP спецификации и реални извештаи од тестирања.

### 4.2 Конверзија на потрошувачката во kWh

Со цел да се добие енергетска еквивалентност, потрошената количина на гориво се претвора во киловат-часови (kWh), користејќи стандардни енергетски густини:

- Бензин: 8.9 kWh/L,

- Дизел: 9.7 kWh/L,
- Водород: 33.3 kWh/kg,
- Електрични возила: не се врши конверзија, бидејќи вредноста е веќе во kWh.

Формулата за конверзија е:

Енергија (kWh) = Потрошувачка (L или kg) × Енергетска густина (kWh/L или kWh/kg)

На пример, ако едно возило троши 7.2 литри бензин на 100 километри:

$$\text{Енергија} = 7.2 \times 8.9 = 64.08 \text{ kWh}$$

#### 4.3 Пресметка на трошок по 100 km во МКД

Откако ќе се добие потрошувачката во физичка единица, се пресметува и трошокот за таа потрошувачка. За ова се користат пазарни цени на енергенсите, изразени во македонски денари по единица:

- Бензин: 92.25 МКД/L (еквивалентно на 1.50 €);
- Дизел: 86.10 МКД/L (еквивалентно на 1.40 €);
- Водород: 615.00 МКД/kg (еквивалентно на 10.00 €);
- Електрична енергија: 15.38 МКД/kWh (еквивалентно на 0.25 €).

Формулата за трошок е:

Трошок (МКД) = Потрошувачка (L, kg или kWh) × Цена по единица (МКД)

На пример, ако едно дизел возило троши 6.4 литри на 100 km:

$$\text{Трошок} = 6.4 \times 86.10 = 550.98 \text{ МКД}$$

#### 4.4 Извори и стандарди за вредности

Вредностите за потрошувачка и енергетска густина се базираат на следниве извори:

- WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) – стандард за потрошувачка и емисии;
- U.S. Department of Energy (DOE) – за енергетски густини на горива;
- Производителски спецификации – официјални технички листови;
- Пазарни цени на енергенси – Eurostat и пазарни извештаи од 2025 година.

Сите податоци се прилагодени за европски услови, а за секоја пресметка е користена конзервативна и репрезентативна вредност со цел да се задржи објективноста и применливоста на резултатите.

#### 5 Споредбени табели по производител

Во ова поглавје се прикажани споредбени табели за пет водечки автомобилски производители: Toyota, Hyundai, BMW, Honda и Mercedes-Benz. За секој производител се избрани четири модели, по еден за секој тип на погон (бензин, дизел, водород – FCEV, и електричен – EV). Во табелите се претставени финалните вредности за потрошувачка на гориво или енергија, пресметана енергија изразена во kWh, цената по единица енергенс и вкупниот трошок за возење 100 km.

## 5.1 Toyota – Потрошувачка и пресметки

Табела 1: Потрошувачка на енергија и трошоци кај Toyota модели со различен тип на погон

| Модел   | Тип на погон  | Потрошувачка /100 km | Енергија (kWh) | Цена по единица (МКД) | Трошок /100 km (МКД) |
|---------|---------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|
| Corolla | Бензин-хибрид | 6.7 L                | 59.6           | 92.25 МКД             | 618.08 МКД           |
| Hilux   | Дизел         | 7.5 L                | 72.8           | 86.10 МКД             | 645.75 МКД           |
| Mirai   | Водород       | 0.76 kg              | 25.3           | 615.00 МКД            | 467.40 МКД           |
| bZ4X    | Електричен    | 14.3 kWh             | 14.3           | 15.38 МКД             | 220.17 МКД           |

## 5.2 Hyundai – Потрошувачка и пресметки

Табела 2: Потрошувачка на енергија и трошоци кај Hyundai модели со различен тип на погон

| Модел           | Тип на погон | Потрошувачка /100 km | Енергија (kWh) | Цена по единица (МКД) | Трошок /100 km (МКД) |
|-----------------|--------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|
| Elantra         | Бензин       | 6.5 L                | 57.9           | 92.25 МКД             | 599.62 МКД           |
| Santa Fe Diesel | Дизел        | 7.3 L                | 70.8           | 86.10 МКД             | 628.53 МКД           |
| NEXO            | Водород      | 0.95 kg              | 31.6           | 615.00 МКД            | 584.25 МКД           |
| Ioniq 5         | Електричен   | 16.7 kWh             | 16.7           | 15.38 МКД             | 256.13 МКД           |

## 5.3 BMW – Потрошувачка и пресметки

Табела 3: Потрошувачка на енергија и трошоци кај BMW модели со различен тип на погон

| Модел        | Тип на погон | Потрошувачка /100 km | Енергија (kWh) | Цена по единица (МКД) | Трошок /100 km (МКД) |
|--------------|--------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|
| 320i         | Бензин       | 6.5 L                | 57.9           | 92.25 МКД             | 599.62 МКД           |
| X5 xDrive30d | Дизел        | 7.6 L                | 73.7           | 86.10 МКД             | 654.66 МКД           |
| iX5 Hydrogen | Водород      | 1.19 kg              | 39.6           | 615.00 МКД            | 731.85 МКД           |
| i4 eDrive40  | Електричен   | 17.8 kWh             | 17.8           | 15.38 МКД             | 273.68 МКД           |

## 5.4 Honda – Потрошувачка и пресметки

Табела 4: Потрошувачка на енергија и трошоци кај Honda модели со различен тип на погон

| Модел        | Тип на погон | Потрошувачка /100 km | Енергија (kWh) | Цена по единица (МКД) | Трошок /100 km (МКД) |
|--------------|--------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|
| Civic        | Бензин       | 6.1 L                | 54.3           | 92.25 МКД             | 562.73 МКД           |
| CR-V Diesel  | Дизел        | 5.2 L                | 50.4           | 86.10 МКД             | 447.12 МКД           |
| Clarity FCEV | Водород      | 0.76 kg              | 25.3           | 615.00 МКД            | 467.40 МКД           |
| Honda e      | Електричен   | 17.0 kWh             | 17.0           | 15.38 МКД             | 261.38 МКД           |

## 5.5 Mercedes-Benz – Потрошувачка и пресметки

Табела 4: Потрошувачка на енергија и трошоци кај Mercedes-Benz модели со различен тип на погон

| Модел      | Тип на погон | Потрошувачка /100 km | Енергија (kWh) | Цена по единица (МКД) | Трошок /100 km (МКД) |
|------------|--------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|
| C-Class    | Бензин       | 6.0 L                | 53.4           | 92.25 МКД             | 553.50 МКД           |
| E220d      | Дизел        | 4.5 L                | 43.7           | 86.10 МКД             | 387.45 МКД           |
| GLC F-CELL | Водород      | 0.34 kg              | 11.3           | 615.00 МКД            | 209.10 МКД           |
| EQS        | Електричен   | 19.8 kWh             | 19.8           | 15.38 МКД             | 304.73 МКД           |

## 6. Анализа и дискусија на резултати

Во ова поглавје се анализираат добиените податоци за потрошувачка на енергија и трошоци за возење 100 km кај возила со различен тип на погон: бензин, дизел, водород (FCEV) и електричен (EV). Податоците се земени од реални модели на пет водечки производители: Toyota, Hyundai, BMW, Honda и Mercedes-Benz.

### 6.1 Вкупна потрошена енергија во kWh

Енергетската потрошувачка по 100 километри кај различните типови возила се движи во следниве граници:

- Бензински возила: од 53.4 kWh (C-Class) до 59.6 kWh (Corolla);
- Дизел возила: од 43.7 kWh (E220d) до 73.7 kWh (X5 xDrive30d);
- Водородни возила (FCEV): од 11.3 kWh (GLC F-CELL) до 39.6 kWh (iX5 Hydrogen);
- Електрични возила (EV): од 14.3 kWh (bZ4X) до 19.8 kWh (EQS).

Електричните возила имаат убедливо најниска потрошена енергија, што директно произлегува од високата ефикасност на електромоторите и директниот пренос на енергијата.

### 6.2 Вкупен трошок по 100 km

Споредено по трошоци (во МКД), возилата покажуваат следниве резултати:

- Бензински возила: од 553.50 МКД (C-Class) до 618.08 МКД (Corolla);
- Дизел возила: од 387.45 МКД (E220d) до 654.66 МКД (X5 xDrive30d);
- Водородни возила (FCEV): од 209.10 МКД (GLC F-CELL) до 731.85 МКД (iX5 Hydrogen);
- Електрични возила (EV): од 220.17 МКД (bZ4X) до 304.73 МКД (EQS).

Најекономични се електричните возила, каде трошокот за 100 km е во просек 4 до 5 пати понизок од оној кај возилата на фосилни горива. Исклучок е Mercedes GLC F-CELL, кој има комбинација на водородна и батериска погонска архитектура, со што обезбедува минимална потрошувачка и цена.

### 6.3 Енергетска ефикасност според тип на погон

Термичката и вкупната енергетска ефикасност се разликуваат значително меѓу технологиите:

- Електрични возила (EV): 85–90%
- Водородни возила (FCEV): 50–60%
- Дизел возила: 35–45%
- Бензински возила: 25–30%

Овие вредности објаснуваат зошто EV возилата трошат значително помалку енергија за исто растојание – поголем дел од достапната енергија се трансформира во корисна работа.

### 6.4 Потенцијал за декарбонизација

Електричните возила и FCEV имаат најголем потенцијал за намалување на јаглеродниот отпечаток:

- EV: Без директни емисии и најголем придобивка ако енергијата потекнува од обновливи извори (соларни/ветерни).
- FCEV: Нула емисии при возење, но потребна е зелена електрична енергија за производство на H<sub>2</sub>.
- ICE возила: (бензин и дизел) имаат значителни CO<sub>2</sub> емисии, дури и со подобрена ефикасност.

Затоа, политиките за поддршка на EV и развојот на зелена водородна инфраструктура претставуваат клучни чекори кон декарбонизиран транспорт.

### 6.5 Споредба помеѓу производителите

Во табелите може да се забележи следното:

- Најефикасен електричен модел: Toyota bZ4X (220.17 МКД / 14.3 kWh);
- Најефикасен дизел: Mercedes E220d (387.45 МКД / 43.7 kWh);
- Најефикасен водороден: Mercedes GLC F-CELL (209.10 МКД / 11.3 kWh);
- Најголем трошок: BMW iX5 Hydrogen (731.85 МКД / 39.6 kWh).

Иако сите производители нудат технолошки напредни решенија, електричните возила генерално покажуваат најдобар сооднос помеѓу трошок, ефикасност и потенцијал за декарбонизација.



## Заклучок

Направеното истражување во трудот овозможува сеопфатна споредба на енергетската ефикасност, потрошувачката и трошоците кај возила со различен тип на погон. Електричните возила се истакнаа како најефикасни и најекономични, со потрошувачка од 14 до 20 kWh/100 km и трошоци неколкукратно пониски во однос на бензинските и дизелските модели. Возилата со водородни горивни ќелии покажуваат добар потенцијал, особено во случаи кога водородот се произведува од обновливи извори, иако во моментот претставуваат поскапа алтернатива.

Од друга страна, бензинските и дизелските возила, и покрај постојаните технолошки подобрувања, продолжуваат да генерираат значителни загуби на енергија и високи емисии на стакленички гасови. Анализата покажува дека преминот кон електричен или водороден погон претставува клучен чекор кон постигнување одржлива мобилност и намалување на јаглеродниот отпечаток во транспортниот сектор.

Во таа насока, препорачливо е зголемување на институционалната и технолошка поддршка за овие погонски технологии преку јавни политики, субвенции, инвестиции во инфраструктура за полнење и водородни станици, како и поттикнување на истражување и развој во областа на алтернативните извори на енергија и електромобилноста.

## Користена литература

- [1] U.S. Department of Energy (2023). *Energy content of fuels – Gasoline, Diesel, Hydrogen*. Retrieved from <https://www.energy.gov>
- [2] Statista (2024). *Fuel prices in Europe – Diesel, Gasoline, Hydrogen, Electricity*. Retrieved from <https://www.statista.com>
- [3] European Commission (2024). *Hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*. Retrieved from <https://energy.ec.europa.eu>
- [4] Honda Motor Co. (2024). *Honda Clarity Fuel Cell and Honda e – WLTP data sheet*. Retrieved from <https://global.honda>
- [5] WLTP Database (2024). *Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure – Fuel Consumption Values*. Retrieved from <https://wltpfacts.eu>
- [6] BMW Group. (2024). *Technical specifications for iX5 Hydrogen and i4*. Retrieved from <https://www.bmw.com>
- [7] Hyundai Motor Company. (2024). *WLTP consumption for Ioniq 5 and NEXO*. Retrieved from <https://www.hyundai.com>
- [8] Toyota Motor Corporation. (2024). *Toyota Corolla, Hilux, Mirai, and bZ4X – WLTP documentation*. Retrieved from <https://global.toyota>
- [9] Mercedes-Benz AG. (2024). *EQ and F-CELL official consumption statistics*. Retrieved from <https://www.mercedes-benz.com>