

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

Назив	Систем за планирање снабдевања електричном енергијом географских острва
Аутори	Марко Јелић, Никола Томашевић, Марко Батић (Институт Михајло Пупин, Универзитет у Београду)
Категорија	Ново техничко решење (није комерцијализовано) (M85) Доказ: Протокол о тестирању
Кључне речи	Географска острва, планирање система, обновљиви извори енергије

За кога је решење рађено (правно лице или грана привреде):

Техничко решење је рађено за потребе организација која се баве инвестицијама у обновљиве изворе енергије или развојем система за управљање њима

Година када је решење комплетирано:

2021.

Година када је почело да се примењује и од кога:

Примена техничког решења је почела у 2021. години

Корисник: трговци електричном енергијом на географским острвима

Област и научна дисциплина на коју се техничко решење односи:

Техничко-технолошке науке; информационо-комуникационе технологије

Технички елаборат:

- Проблем који се техничким решењем решава
- Стање решености тог проблема у свету
- Опис техничког решења са карактеристикама, укључујући пратеће илустрације и техничке цртеже
- Референце

ТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ

Проблем који се техничким решењем решава:

Introduction

High emissions of greenhouse gases linked to imminent climate change and depletion of fossil fuels for power generation have necessitated the search for alternative solutions for the energy supply. For the case of islands, this situation is exaggerated due to often autonomous electricity grids and difficulty in balancing supply and demand. To tackle these issues, renewable energy sources (RES) coupled with battery or other storage could offer a cost-effective and sustainable energy supply for both large and small islandic energy systems. At the same time, many islands also have economies based on touristic activities that are usually seasonal in nature. This short-term influx of visitors often means that islands' energy systems must be greatly over-dimensioned from what would be needed if only considering permanent residents. This is coupled with the other sustainability issues that local energy planners must also take into consideration, such as the need for the decarbonization of energy systems, the impacts on local communities and groups of these new systems as well as the economic feasibility of the emerging energy projects.

Put succinctly, energy planning for the decarbonization of islands necessitates the following:

- RES coupled with energy storage (supply side)
- Modern smart grids (energy transport infrastructure)
- Optimized energy scenarios (energy planning)
- Demand side management strategies (user perspective, individual and collective behavior).

Problem definition

It can be shown from the literature that many researchers of island energy planning have placed a significant emphasis on techno-economic evaluations and/or focus on a single island, or a small chain of nearby islands. This has sometimes left social and, to a lesser extent, environmental questions relatively unanswered and only provided island planners parts of the picture they need when making their decisions. In that way, planners could be unsure of whether or not the developed solutions are applicable to their island's geographic, social, technical and economic circumstances. The development of an integrated energy planning decarbonization platform and the results from its application to a number of diverse islands could assist them in planning for the energy futures of their islands.

Стање решености тог проблема у свету:

State of the art solutions

The unique and varying set of problems on geographic islands has led to a range of different approaches, scopes and goals having been used in literature to account for the special

circumstances in island energy planning. Many researchers have employed methods focused on techno-economic optimization to develop and plan energy systems for islands. The cost optimal sizing of solar PV and battery systems on an isolated island in India is studied in [1] to determine if such systems could potentially serve as economical and technically reliable alternatives to fossil fuel-based power generation. An optimal energy mix is determined using techno-economic analysis on the Italian island of Lampedusa in [2] and finds that when 40% of the island's current demand is replaced with renewable production the costs for electricity production could be reduced. The potential for economic savings from a hybrid solar-diesel power generation system in comparison to a diesel only system for an isolated island in the Philippines is studied in [3]. In [4], the potential for developing a reliable and least-cost RES-based electrification systems is assessed for a number of un-electrified islands in the Philippines.

The techno-economic feasibility of integrating differing amounts of renewables into Russia's Popova Island's energy system is considered in [5] and it is found that a penetration share above approximately 46% cause system costs to begin to increase and finds a 95% penetration to be nearly three times as costly. In [6], the techno-economic impacts of the use of electric vehicles on the Portuguese island of Porto Santo's is investigated and finds decreased periods of renewable curtailment and of thermal plant operation. Six geographically varied islands are investigated in [7] for how their cost-optimal hybrid renewable energy system configurations' change with increasing renewable energy production, to find the final optimal RES penetration ranges for each of the islands. The system's reliability and the cost savings of a number of combinations of hybrid solar PV and wind power projects coupled with battery storage on an island in China are presented in [8]. The technical, economic and environmentally optimal configurations of the Italian island of Favignana's energy system with high renewable penetration are assessed in [9]. The benefits of sector coupling to such a system are also considered in [10] where the optimal energy scenarios on the same island, including both battery and hydrogen storage, are techno-economically determined and environmentally analyzed. The seasonal variability in population, typical to many islands, is considered in [11], where a range of hybrid RES and diesel projects are evaluated with the goal of finding a cost optimized energy system configuration for a resort island in Malaysia. A methodology seeking to explore the potential of RES integration is applied on the island of Cozumel in Mexico in [12], where techno-economically optimized 50% and 100% renewable hybrid electrical systems coupled with batteries are evaluated. A techno-economic optimization is done to determine the sizing of renewable hybrid power systems both with and without storage for the Nicaraguan island of Ometepe in [13]. The economic and technical feasibility of roof mounted solar PV systems in the Maldives is analyzed in [14], while the environmental benefits gained by the reduced usage of diesel generation are also assessed. A stepped decarbonization of Jamaica using renewables and battery storage is examined using technical and cost perspectives in [15] to find if such a system could eventually phase out fossil fuels from the island's energy production in an economical manner. In [16] the amount of wind and solar PV generation that can be technically and economically integrated on the Japanese islands of Teuri and Yagishiri energy grids without the usage batteries is investigated and found to be nearly 20%. Renewable energy scenarios for the entirety of the Canary Island chain, including transport, heating, and interconnections between the islands are techno-economically analyzed in [17] to determine if the islands are able to achieve 100% renewable energy production by 2050 at a lower price than the islands' current fossil fuel dependent energy system. A study of different renewable energy system scenarios on the Island of La Gomera in the Canary Islands in [18] seeks to determine if 100% sustainable energy systems on islands are technically and economically feasible by 2030. On the island of Gran Canaria, a cross-sectoral method is applied in [19] and

different transition strategies are used to conclude that a nearly 76% renewable energy system could be achieved.

Опис техничког решења са карактеристикама, укључујући пратеће илустрације и техничке цртеже:

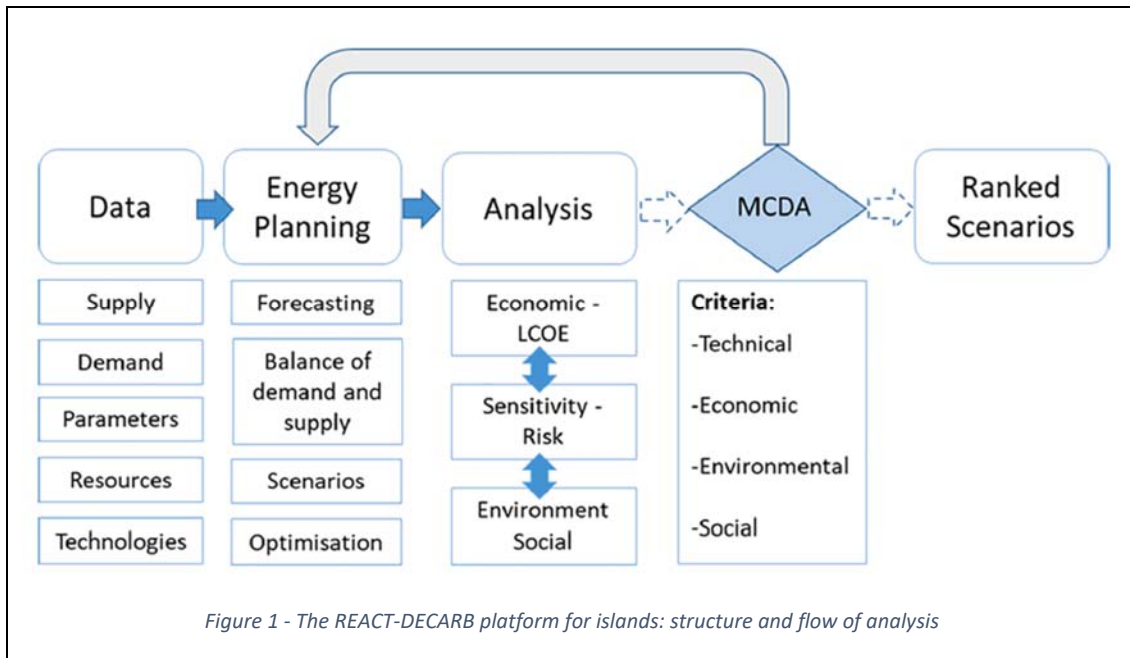
Proposed Algorithm

The first step of the proposed REACT-DECARB platform is concerned with the gathering of the data that is then used in the creation of energy scenarios. This process requires a significant amount of information on both the location where potential energy projects are to be deployed and about the projects themselves. That is specifically important for geographic islands given the often-high seasonality in electricity demand and the increased costs of transporting technological components and personnel to them. At the same time, a number of other parameters must be evaluated. These are both technical in nature (is there existing infrastructure), as well as legal or social (is the area protected in some way). Once energy potential and limitations have been assessed the technologies feasible for deployment can be determined.

The next step entails the creation of technologically feasible scenarios for the island being reviewed. To be most effective, this step requires a technical configuration of systems which are optimized to the specifics of the island and its energy needs. There are a number of modelling and planning tools that can be used to assist in determining energy project techno-economic feasibility and there is no perfect model for all cases. These tools have differing purposes, approaches, methodologies, scales and time steps that provide different functionalities suited for differing applications.

Subsequently, the REACT-DECARB platform comprises an analysis part that includes an economic, sensitivity and risk analysis as well as an environmental and social dimension analysis. In this system, the LCOE is used for the economic analyses. The LCOE tool is commonly used for economic analysis to compare electricity generation technologies and systems. The calculation of LCOE for a project is based on the energy produced by it over its operational lifetime and the life-cycle costs. LCOE determines the minimum a project must receive for a unit of electricity produced to cover its generation lifetime costs. A project's investment cost is the total cost of the construction of its components while the total annual cost can include items such as fuel and operations & maintenance costs. The total annual costs and annual electricity generation, generally including degradation of production, are discounted each year to the present value as to make them comparable. There are many different methods for calculating LCOE and two of the most common are critically assessed in [20].

Finally, this approach, illustrated in Figure 1, uses Monte Carlo analysis (MCA) to consider the uncertainties involved when calculating an economic indicator, such as LCOE. MCA uses random sampling from a set of inputs to perform repeated iterations of a process or calculation to provide a distribution of the potential results and the likelihood a range of results will occur. By providing a distribution rather than a single value, the user is better able to assess the uncertainties around indicators. These indicators can be costs, electricity prices, energy production and weather variations. MCA has been used in techno-economic analyses for many years to fill this role.



Use case demonstration

Eight EU islands were considered in total for showcasing the operation of the proposed algorithm. All of these islands have differing sizes and have varying local climates. All were evaluated for their tangible renewable energy potentials based on their specific environmental and regulatory conditions and Table 1 shows the key characteristics of each island. Of these, the Spanish island of La Graciosa and Greek island Lesvos were selected specifically to demonstrate the workflow of the presented methodology.

Located in the Atlantic Ocean off the west coast of Africa in the Canary Island chain, La Graciosa has a permanent population of about 800 individuals and is separated from the larger island of Lanzarote by only, at its closest point, one kilometer. The island is connected to Lanzarote with a 1 MW underwater cable which provides most of the island's electricity. The island's economy is based primarily on fishing and tourism. La Graciosa has favorable conditions for both wind and solar power but the expansion of both is limited by most of the island's designation as a UNESCO protected site. Some solar PV technology is in place on the island but these installations are limited to rooftops. By minimizing operational costs for various site configurations using mixed-integer linear programming, a list of suitable scenarios was obtained. Specifically, "Scenario I", defined by a total installation capacity of 500 kW_p of photovoltaic generation coupled with an electric battery sized at 400 kWh of maximum state of charge, will be demonstrated.

On the other hand, the island of Lesvos is located in the northeast Aegean Sea and is the third largest of the Greek islands. The island has a permanent population of 110,000 inhabitants and its economy is based on agriculture, farming, handcraft and tourism. The island has no connection to a larger grid and this lack of access requires the island to produce its own electricity using a 75 MW oil-fired thermal facility. Lesvos has favorable conditions for solar, wind, geothermal and some hydro power and has nearly 9 MW of solar PV capacity installed, 14 MW of wind power installed and some geothermal usage which provides limited heating to greenhouses. The island currently has a cap on new renewable generation due to grid stability

issues. Again, by using mixed-integer linear programming, a theoretical scenario (“Scenario II”) has been devised that includes a mixture of 30 MWp of photovoltaic generation, 30 MWp of wind generation and a significant storage capacity of 80 MWh.

Table 1 - Use case island summary information

	La Graciosa	San Pietro	Aran Islands	Gotland	Lesvos	Ile of Wight	Majorca	La Réunion
Island population (approx.)	800	6200	1300	60,000	110,000	140,000	880,000	860,000
Interconnected	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No
Existing grid stability issues	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Köppen-Geiger climate classification [50]	Sub-tropical desert	Hot summer Med.	Temp. oceanic	Warm summer continental	Hot summer Med.	Temp. oceanic	Hot summer Med.	Tropical monsoon
Favourable RES technologies	Wind, Solar	Wind, Solar, Geothermal	Wind	Wind, Solar	Wind, Solar, Geothermal	Wind, Solar	Wind, Solar	Wind, Solar, Geothermal
Area (km ²)	29	51	46	3183	1633	380	3640	2511
Scenario targeted 100% RES electricity autonomy	No	No	Yes	Yes	No	Yes	No	No

Results

For the economic analysis three methods of LCOE were applied: one on an annuity basis¹, one on a non-annuity basis², and one based on equity cost with fixed un-degraded annual production³. Table 2 summarizes the basic economic assumptions used in all scenarios.

Table 2 - Key assumptions used for the economic analysis of all scenarios.

Assumption type	Amount	Unit
Inflation rate	2	%
Nominal discount rate	10.7	%
Project lifetime	20	Yrs
Solar PV system lifetime	20	Yrs
Solar PV module production degradation	0.5	%/yr
Wind turbine lifetime	20	Yrs
Wind turbine production degradation	1.5	%/yr
Battery system lifetime	15	Yrs
Electricity price increase	2	%/yr
Equity share	30	%

A sensitivity analysis is conducted to evaluate the impact that the changes in estimated energy production and initial investment cost have on the scenarios’ LCOE. Additionally, a risk analysis is used to determine the distribution of LCOE at a given risk level. The main inputs needed to perform the economic evaluation of these scenarios include the procurement cost, the cost of installation of energy generation and storage systems, the operations and maintenance costs, replacement costs and decommissioning costs.

i. Analysis for La Graciosa

The obtained LCOE values (0.21, 0.19 and 0.19 EUR/kWh) vary slightly between the three different calculation methods for the same input data but are within a range of $\pm 10\%$ of each other. For La Graciosa Scenario I, the sensitivity of the LCOE to changes

¹ As used by U.S. National Renewable Energy Laboratory (NREL); <https://www.nrel.gov/>

² As used by International Renewable Energy Agency (IRENA); <https://www.irena.org/>

³ As used in RETScreen, Natural Resources Canada; www.retscren.net

in the initial cost of the new system as well as the amount of electricity produced was tested and the results are presented in Table 3.

The sensitivity analysis above is complemented by a Monte Carlo risk analysis for Scenario I with a 10% level of risk and 5000 possible variations of the given inputs used in calculating LCOE within a range of $\pm 25\%$ to provide a frequency distribution. The distribution is shown in **Error! Reference source not found.** where the height of each column indicates the frequency which the LCOE values occur within a given range around the shown value on the x-axis. The distribution shows that LCOE values are relatively near, but still above, an electricity price of 150 €/MWh in only about 2% of the 5000 different input combinations for the scenario.

Table 3 - La Graciosa Scenario I LCOE (€/MWh) sensitivity analysis

Electricity exported to grid		Initial costs				
		849 142	1 031 101	1 213 060	1 395 019	1 576 978
MWh		-30,0%	-15,0%	0,0%	15,0%	30,0%
615,89	-30,0%	209,93	241,28	272,63	303,99	335,34
703,87	-20,0%	183,69	211,12	238,55	265,99	293,42
791,86	-10,0%	163,28	187,66	212,05	236,43	260,82
879,84	0,0%	146,95	168,90	190,84	212,79	234,74
967,83	10,0%	133,59	153,54	173,49	193,45	213,40
1 055,81	20,0%	122,46	140,75	159,04	177,33	195,61
1 143,79	30,0%	113,04	129,92	146,80	163,68	180,57

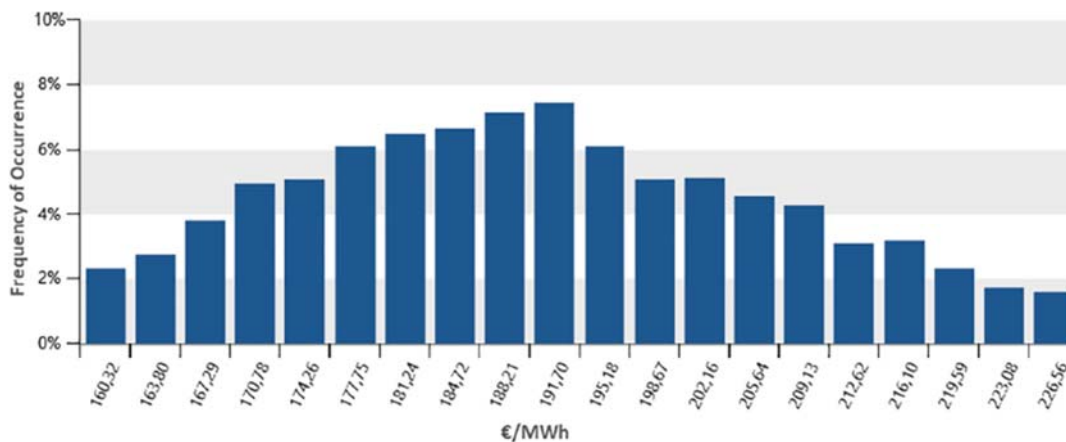


Figure 2 - La Graciosa Scenario I LCOE (€/MWh) energy production cost distribution

ii. Analysis for Lesvos

The sensitivity of Lesvos Scenario II's LCOE to changes in the initial cost of the installed system as well as the amount of electricity produced was also tested. Table 4 shows that, at the initial cost and production assumptions, Lesvos Scenario II's LCOE is unattractive at the given local electricity price of 100 €/MWh. The sensitivity analysis shows that, unlike the La Graciosa scenario above, no combination of adjustments to these key inputs within a range of $\pm 30\%$ results in a viable LCOE. The price of the initial investment would need to be reduced by more than half or the production

increased by more than 90% before the scenario's LCOE nears the estimated electricity prices on the island.

The sensitivity analysis above is complemented by an LCOE distribution for Lesvos Scenario II with the same level of risk and number of variations and uncertainty range for the variables as described for the La Graciosa case. The distribution is shown in Figure 3 and finds that none of the LCOE values in any of the 5000 different input combinations for the scenario approach the local electricity price of 100 €/MWh.

Table 4 - Lesvos Scenario II LCOE (€/MWh) sensitivity analysis

- Remove analysis		Initial costs				
Electricity exported to grid		123 594 713	150 079 295	176 563 876	203 048 458	229 533 039
MWh		-30,0%	-15,0%	0,0%	15,0%	30,0%
87 690,31	-30,0%	219,96	252,01	284,06	316,11	348,16
100 217,50	-20,0%	192,46	220,51	248,55	276,60	304,64
112 744,69	-10,0%	171,08	196,01	220,94	245,86	270,79
125 271,87	0,0%	153,97	176,41	198,84	221,28	243,71
137 799,06	10,0%	139,97	160,37	180,77	201,16	221,56
150 326,25	20,0%	128,31	147,00	165,70	184,40	203,09
162 853,44	30,0%	118,44	135,70	152,96	170,21	187,47

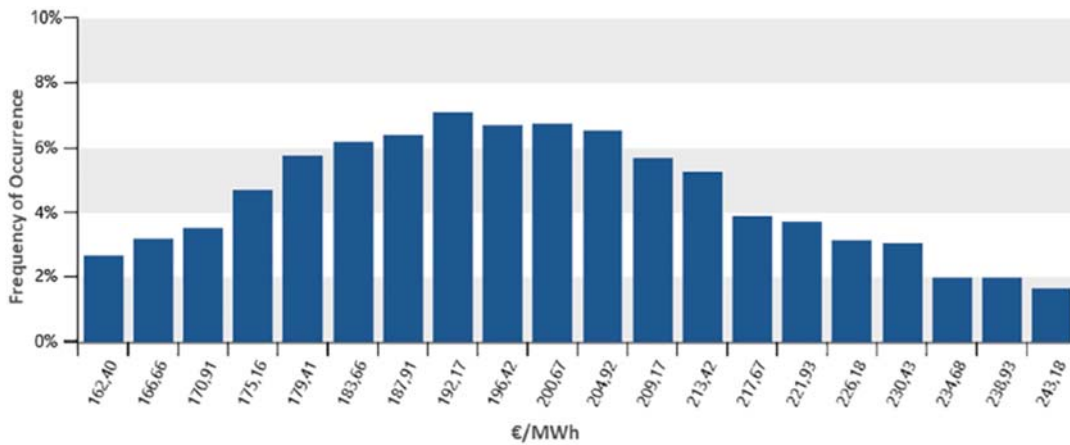


Figure 3 - Lesvos Scenario II LCOE (€/MWh) energy production cost distribution

In general, it can be concluded that, unsurprisingly, local climate had a leading role in determining which renewable sources were appropriate for potential development but the specifics of the islands, including topography, population and legal requirements were also strong determinants. These findings point to the implication that any methodology developed for the specifics of a single island is likely to need revision before it can be applied to another. The REACT-DECARB platform was developed with this need for flexibility in mind and can provide guidance to planners on any island as they fit the framework's steps to their needs and abilities.


Референце:

- [1] S. Bhakta and V. Mukherjee, "Performance indices evaluation and techno economic analysis of photovoltaic power plant for the application of isolated India's island," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 20, pp. 9–24, Apr. 2017, doi: 10.1016/J.SETA.2017.02.002.
- [2] D. Curto, S. Favuzza, V. Franzitta, R. Musca, M. A. Navarro Navia, and G. Zizzo, "Evaluation of the optimal renewable electricity mix for Lampedusa island: The adoption of a technical and economical methodology," *Journal of Cleaner Production*, vol. 263, p. 121404, Aug. 2020, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2020.121404.
- [3] L. Lozano, E. M. Querikiol, M. L. S. Abundo, and L. M. Bellotindos, "Techno-economic analysis of a cost-effective power generation system for off-grid island communities: A case study of Gilutongan Island, Cordova, Cebu, Philippines," *Renewable Energy*, vol. 140, pp. 905–911, Sep. 2019, doi: 10.1016/J.RENENE.2019.03.124.
- [4] P. Bertheau, "Supplying not electrified islands with 100% renewable energy based micro grids: A geospatial and techno-economic analysis for the Philippines," *Energy*, vol. 202, p. 117670, Jul. 2020, doi: 10.1016/J.ENERGY.2020.117670.
- [5] L. Uwineza, H. G. Kim, and C. K. Kim, "Feasibility study of integrating the renewable energy system in Popova Island using the Monte Carlo model and HOMER," *Energy Strategy Reviews*, vol. 33, p. 100607, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.ESR.2020.100607.
- [6] R. Torabi, Á. Gomes, and F. Morgado-Dias, "Energy Transition on Islands with the Presence of Electric Vehicles: A Case Study for Porto Santo," *Energies 2021, Vol. 14, Page 3439*, vol. 14, no. 12, p. 3439, Jun. 2021, doi: 10.3390/EN14123439.
- [7] D. M. Gioutsos, K. Blok, L. van Velzen, and S. Moorman, "Cost-optimal electricity systems with increasing renewable energy penetration for islands across the globe," *Applied Energy*, vol. 226, pp. 437–449, Sep. 2018, doi: 10.1016/J.APENERGY.2018.05.108.
- [8] M. S. Javed, A. Song, and T. Ma, "Techno-economic assessment of a stand-alone hybrid solar-wind-battery system for a remote island using genetic algorithm," *Energy*, vol. 176, pp. 704–717, Jun. 2019, doi: 10.1016/J.ENERGY.2019.03.131.
- [9] D. Groppi, B. Nastasi, M. G. Prina, and D. Astiaso Garcia, "The EPLANopt model for Favignana island's energy transition," *Energy Conversion and Management*, vol. 241, p. 114295, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.ENCONMAN.2021.114295.
- [10] D. Groppi, D. Astiaso Garcia, G. lo Basso, F. Cumo, and L. de Santoli, "Analysing economic and environmental sustainability related to the use of battery and hydrogen energy storages for increasing the energy independence of small islands," *Energy Conversion and Management*, vol. 177, pp. 64–76, Dec. 2018, doi: 10.1016/J.ENCONMAN.2018.09.063.
- [11] M. R. Basir Khan, R. Jidin, J. Pasupuleti, and S. A. Shaaya, "Optimal combination of solar, wind, micro-hydro and diesel systems based on actual seasonal load profiles for a resort island in the South China Sea," *Energy*, vol. 82, pp. 80–97, Mar. 2015, doi: 10.1016/J.ENERGY.2014.12.072.

- [12] J. Mendoza-Vizcaino, M. Raza, A. Sumper, F. Díaz-González, and S. Galceran-Arellano, “Integral approach to energy planning and electric grid assessment in a renewable energy technology integration for a 50/50 target applied to a small island,” *Applied Energy*, vol. 233–234, pp. 524–543, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.APENERGY.2018.09.109.
- [13] F. A. Canales, J. K. Jurasz, M. Guezgouz, and A. Beluco, “Cost-reliability analysis of hybrid pumped-battery storage for solar and wind energy integration in an island community,” *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 44, p. 101062, Apr. 2021, doi: 10.1016/J.SETA.2021.101062.
- [14] I. Ali, G. M. Shafiullah, and T. Urmee, “A preliminary feasibility of roof-mounted solar PV systems in the Maldives,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 83, pp. 18–32, Mar. 2018, doi: 10.1016/J.RSER.2017.10.019.
- [15] A. A. Chen, A. J. Stephens, R. Koon Koon, M. Ashtine, and K. Mohammed-Koon Koon, “Pathways to climate change mitigation and stable energy by 100% renewable for a small island: Jamaica as an example,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 121, p. 109671, Apr. 2020, doi: 10.1016/J.RSER.2019.109671.
- [16] S. Obara, S. Fujimoto, K. Sato, and Y. Utsugi, “Planning renewable energy introduction for a microgrid without battery storage,” *Energy*, vol. 215, p. 119176, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.ENERGY.2020.119176.
- [17] H. C. Gils and S. Simon, “Carbon neutral archipelago – 100% renewable energy supply for the Canary Islands,” *Applied Energy*, vol. 188, pp. 342–355, Feb. 2017, doi: 10.1016/J.APENERGY.2016.12.023.
- [18] H. Meschede, M. Child, and C. Breyer, “Assessment of sustainable energy system configuration for a small Canary island in 2030,” *Energy Conversion and Management*, vol. 165, pp. 363–372, Jun. 2018, doi: 10.1016/J.ENCONMAN.2018.03.061.
- [19] P. Cabrera, H. Lund, and J. A. Carta, “Smart renewable energy penetration strategies on islands: The case of Gran Canaria,” *Energy*, vol. 162, pp. 421–443, Nov. 2018, doi: 10.1016/J.ENERGY.2018.08.020.
- [20] J. Aldersey-Williams and T. Rubert, “Levelised cost of energy – A theoretical justification and critical assessment,” *Energy Policy*, vol. 124, pp. 169–179, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.ENPOL.2018.10.004.

ПРИЛОЗИ

- Доказ: Протокол о тестирању
- Листа раније прихваћених техничких решења (појединачно по аутору и за све ауторе)

<p>ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ </p> <p>University Hill Mytilene, 81 100 Greece</p>	<p>UNIVERSITY OF THE AEGEAN Department of Environment</p> <p>ENERGY MANAGEMENT LABORATORY Dr Stergios Vakalis, Assoc. Professor Dr Dias Haralambopoulos, Professor</p>
---	--

Test protocol for
“A System for Planning the Electricity Supply in Geographical Islands”
developed by Mihajlo Pupin Institute

To whom it may concern,

This document serves to verify that a software solution described in an elaborate titled “A System for Planning the Electricity Supply in Geographical Islands” (original: “Систем за планирање снабдевања електричном енергијом географских острва”) has successfully been tested and applied in a real-world environment in the context of evaluating the feasibility of multiple RES-based configurations, specifically for the Lesbos island in Greece.

The developed methodology forms an energy planning decarbonisation platform aimed at assessment of systems employing renewable energy sources coupled with storage for islands. The primary output of this platform is the economic assessment of multiple potential combinations of renewable generators and storages via a levelized cost of energy (LCOE) calculation alongside a sensitivity and uncertainty analysis of the economic performance results. The technical I/O specification of this software solution is roughly as follows:

- Inputs: A selection of technical energy scenarios (asset configuration), production/consumption dataset and economic parameters (costs, inflation rate, discount rate, project and asset lifetime, etc.)
- Outputs: Overall LCOE (in EUR/MWh) for the analysed scenarios (e.g., from 162 to 243 EUR/MWh for Lesbos in the analysed scenarios)

This software solution was applied in the context of the REACT project (active from 2019 to 2023) funded by the European Union’s H2020 programme.

This confirmation has been issued on request received by the Mihajlo Pupin Institute and in relation to monitoring of innovation activities by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

Mytilene, Lesvos, Greece
19 March 2025

STERGIOS VAKALIS STERGIOS VAKALIS
19.03.2025 16:14

Dr Stergios Vakalis, Associate Professor
Director of the Energy Management Laboratory

Марко Јелић, листа техничких решења

М82

1. Марко Батић, Никола Томашевић, Марко Јелић, Сања Вранеш: “Развој интегрисаног оптимизационог алгоритма за анализу утицаја флексибилности потрошње на оптималну конфигурацију хибридних микро-мрежа”, 2019, ТР32010

М83

1. Марко Јелић, Никола Томашевић, Марко Батић: “Симулација и евалуација ефеката флексибилности крајње потрошње електричне енергије на географским острвима”, 2020, ТР 32010

М85

1. Деа Пујић, Марко Јелић, Марко Батић, Никола Томашевић: “Рангирање корисника по енергетској ефикасности коришћењем ненадгледаног приступа”, 2020, ТР32010

Никола Томашевић, листа техничких решења

М81

1. Лазар Бербаков, Никола Томашевић, Марко Батић, Сања Вранеш: “Информациони систем за прикупљање и визуелизацију медицинских сигнала – основа паметне медицине на даљину”, 2020, ТР32010
2. Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Сања Вранеш: “Предикција перформанси студената у оквиру OpenCourseWare платформи применом “data-mining“ техника”, 2019, ТР32010
3. Вук Мијовић, Никола Томашевић, Валентина Јанев, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Симулационо и тренинг окужење за обуку особља аеродрома", 2013, ТР32010

М82

2. Марко Батић, Никола Томашевић, Марко Јелић, Сања Вранеш: “Развој интегрисаног оптимизационог алгоритма за анализу утицаја флексибилности потрошње на оптималну конфигурацију хибридних микро-мрежа”, 2019, ТР32010

М83

2. Марко Јелић, Никола Томашевић, Марко Батић: “Симулација и евалуација ефеката флексибилности крајње потрошње електричне енергије на географским острвима”, 2020, ТР 32010

М85

1. Деа Пујић, Марко Јелић, Марко Батић, Никола Томашевић: “Рангирање корисника по енергетској ефикасности коришћењем ненадгледаног приступа”, 2020, ТР32010
2. Деа Пујић, Никола Томашевић, Лазар Бербаков, Сања Вранеш: “Спецификација, развој и интеграција система за неинтрузивни мониторинг потрошње електричне енергије”, 2019, ТР32010
3. Марко Батић, Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Сања Вранеш: “Развој интегрисаног софтверског система за више-критеријумско управљање хибридним микро-мрежама”, 2018, ТР32010
4. Марко Батић, Никола Томашевић, Јелена Кљајић, Сања Вранеш: “Спецификација и развој софтверске компоненте за аналитику потрошње електричне енергије крајњег потрошача”, 2018, ТР32010
5. Никола Томашевић, Валентина Јанев, Сања Вранеш: “Развој система за управљање критичним инфраструктурама у ванредним ситуацијама заснован на парадигми обраде комплексних догађаја”, 2018, ТР32010
6. Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Сања Вранеш: “Примена технике колаборативног филтрирања ради препоруке материјала за учење у оквиру OpenCourseWare платформи”, 2018, ТР32010
7. Никола Томашевић, Марко Батић, Лазар Бербаков: “Имплементација интегративне платформе засноване на сервисно-оријентисаној архитектури за побољшање интероперабилности система у оквиру концепта интелигентних кућа”, 2018, ТР32010
8. Никола Томашевић, Марко Батић, Сања Вранеш: "Сервисно-оријентисана архитектура за интеграцију и интероперабилност система у оквиру концепта интелигентних кућа", 2017, ТР32010
9. Марко Батић, Никола Томашевић, Милан Ђуровић, Сања Вранеш: "Развој иновативних апликативних сценарија за повећање енергетске ефикасности кроз ангажовање крајњих потрошача", 2017, ТР32010
10. Марко Батић, Никола Томашевић, Сања Вранеш: "Евалуација ефеката управљања потрошњом на дугорочну исплативости хибридних микро-мрежа са обновљивим изворима енергије уз помоћ SOFIA платформе", 2017, ТР32010
11. Никола Томашевић, Марко Батић, Јелена Јовановић, Сања Вранеш: "Спецификација канонског модела података за комуникацију системских компоненти у оквиру концепта интелигентних кућа", 2017, ТР32010
12. Марко Батић, Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Огњен Стаменковић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Квалитативно унапређење система за контролу и управљање енергетским ресурсима комплексних инфраструктура са различитим изворима енергије", 2016, ТР32010

13. Валентина Јанев, Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Урош Милошевић, Јелена Јовановић, Сања Вранеш: "LinkedData.rs Садржаји за електронско учење", 2016, ТР32010
14. Никола Томашевић, Марко Батић, Богдан Павковић, Лазар Бербаков, Јелена Јовановић, Сања Вранеш: "Унапређење репликабилности и скалабилности SOFIA система за управљање ванредним ситуацијама", 2016, ТР32010
15. Марко Батић, Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Огњен Стаменковић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Систем за контролу и управљање на бази софтверког модула за оптимизацију комплексних инфраструктура са различитим изворима енергије", 2015, ТР32010
16. Марко Батић, Никола Томашевић, Јелена Јовановић, Огњен Стаменковић, Богдан Павковић, Лазар Бербаков, Сања Вранеш: "Спецификација и архитектура система за прикупљање, размену и ажурирање података након ванредне ситуације, током фазе спасавања", 2015, ТР32010
17. Никола Томашевић, Марко Батић, Јелена Јовановић, Вук Мијовић, Сања Вранеш: "Интерфејс система за надзор и контролу инфраструктуре аеродрома према софтверском модулу за оптимизацију производње и потрошње енергије", 2015, ТР32010
18. Никола Томашевић, Марко Батић, Јелена Јовановић, Валентина Јанев, Вук Мијовић, Сања Вранеш: "Емулатор мерног окружења за тестирање система за оптимизацију токова енергије међусобно повезаних ентитета са различитим изворима енергије", 2015, ТР32010
19. Марко Батић, Никола Томашевић, Урош Милошевић, Тамара Јовановић, Богдан Павковић, Лазар Бербаков, Сања Вранеш: "Обједињени систем за синхронизацију времена и података након ванредне ситуације, током фазе спасавања", 2015, ТР32010
20. Младен Станојевић, Никола Томашевић, Марко Батић, Јелена Јовановић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Програмски интерфејс за екстракцију знања из онтологије аеродрома за потребе повећања енергетске ефикасности", 2014, ТР32010
21. Младен Станојевић, Марко Батић, Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Софтверски модул за оптимизацију производње и потрошње енергије аеродрома у реалном времену", 2014, ТР32010
22. Марко Батић, Богдан Павковић, Лазар Бербаков, Валентина Јанев, Младен Станојевић, Вук Мијовић, Никола Томашевић, Сања Вранеш: "Анализа и спецификација комуникационих мрежа потребних након ванредне ситуације, током фазе спасавања", 2014, ТР32010
23. Младен Станојевић, Никола Томашевић, Марко Батић, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Софтверски модул за препоруку профила потрошње енергије у комплексном систему са различитим изворима енергије", 2014, ТР32010

24. Никола Томашевић, Марко Батић, Сања Вранеш: "Генеричка онтологија аеродрома моделована за потребе повећања енергетске ефикасности аеродрома", 2013, TP32010
25. Вук Мијовић, Никола Томашевић, Валентина Јанев, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Симулационо и тренинг окужење за обуку особља аеродрома", 2013, TP32010
26. Никола Томашевић, Марко Батић, Сања Вранеш: "Проширење и популација инстанци генеричке онтологије аеродрома за потребе повећања енергетске ефикасности аеродрома", 2013, TP32010
27. Никола Томашевић, Марко Батић, Дејан Пауновић, Урош Милошевић, Сања Вранеш: "Спецификација енергетских карактеристика аеродрома као отвореног простора", 2012, TP32010
28. Валентина Јанев, Вук Мијовић, Lydia Kraus, Никола Томашевић, Јелена Јовановић, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Оперативни сценарији за аеродром", 2012, TP32010
29. Валентина Јанев, Вук Мијовић, Lydia Kraus, Никола Томашевић, Јелена Јовановић, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Систем за подршку одлучивању у кризним ситуацијама на аеродрому", 2012, TP32010
30. Никола Томашевић, Марко Батић, Урош Милошевић, Сања Вранеш: "Техничка карактеризација и системска архитектура аеродрома", 2012, TP32010
31. Никола Томашевић, Валентина Јанев, Младен Станојевић, Марко Рибарић, Марко Батић, Вук Мијовић, Сања Вранеш: "Развој генеричке онтологије просторних и функционалних компоненти комплексних објеката (CO₂ – Complex Object Ontology)", 2011, TP32010
32. Марко Батић, Никола Томашевић, Валентина Јанев, Марко Рибарић, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Проширење генеричке CO₂ онтологије за управљање објектима са микромрежама локалних обновљивих извора енергије", 2011, TP32010
33. Никола Томашевић, Вук Мијовић, Валентина Јанев, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Проширење генеричке CO₂ онтологије за управљање аеродромима", 2011, TP32010
34. Сања Вранеш, Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Валентина Јанев, Младен Станојевић: "Развој метамодела података и "mark-up" језика за потребе комуникације са SCADA системима", 2011, TP32010
35. Вук Мијовић, Никола Томашевић, Валентина Јанев, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Анализа захтева и израда UML модела софистицираног графичког корисничког интерфејса", 2011, TP32010
36. Валентина Јанев, Вук Мијовић, Lydia Kraus, Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Сања Вранеш: "Дефинисање могућих сценарија примене SOFIA окружења на аеродрому „Никола Тесла", 2011, TP32010

37. Вук Мијовић, Никола Томашевић, Валентина Јанев, Марко Рибарић, Марко Батић, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Развој новог, мултипарадигматичног СЕР/ЕСА језика за управљање комплексним објектима", 2011, ТР32010
38. Сања Вранеш, Младен Станојевић, Валентина Јанев, Вук Мијовић, Никола Томашевић, Lydia Kraus: "Спецификација захтева и израда UML модела архитектуре SOFIA окружења", 2011, ТР32010
39. Вук Мијовић, Никола Томашевић, Lydia Kraus, Младен Станојевић, Валентина Јанев, Сања Вранеш: "Развој прве верзије прототипа архитектуре SOFIA окружења", 2011, ТР32010
40. Вук Мијовић, Никола Томашевић, Валентина Јанев, Марко Рибарић, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Развој прве верзије демонстрационог прототипа примене SOFIA окружења на аеродрому "НиколаТесла", 2011, ТР32010

Марко Батић, листа техничких решења

М81

1. Лазар Бербаков, Никола Томашевић, Марко Батић, Сања Вранеш: "Информациони систем за прикупљање и визуелизацију медицинских сигнала – основа паметне медицине на даљину", 2020, ТР32010
2. Марко Батић, Дејан Пауновић, Сања Вранеш: "Систем за симулацију и планирање дистрибуиране микро-мреже базиране на обновљивим изворима енергије", 2013, ТР32010

М82

6. Марко Батић, Никола Томашевић, Марко Јелић, Сања Вранеш: "Развој интегрисаног оптимизационог алгоритма за анализу утицаја флексибилности

потрошње на оптималну конфигурацију хибридних микро-мрежа”, 2019, ТР32010

7. Марко Батић, Јелена Кљајић: “Модул за заштићену размену осетљивих података крајњих потрошача”, 2019, ТР32010
8. Марко Батић, Стефан Стојков, Марко Нанковски: “Географски информациони систем за вишекритеријумско праћење и управљање крајњим потрошачима”, 2019, ТР32010
9. Марко Батић, Лазар Бербаков: “Развој мобилне апликације за управљање енергијом у интелигентним зградама”, 2019, ТР32010

М83

3. Марко Јелић, Никола Томашевић, Марко Батић: “Симулација и евалуација ефеката флексибилности крајње потрошње електричне енергије на географским острвима”, 2020, ТР 32010

М84

1. Тамара Јовановић, Марко Батић, Весна Петковски, Милена Милојевић, Небојша Радмиловић, Иван Николић, Никола Крајновић: "Реализација модела синхроног генератора за потребе симулације међусобног утицаја електро мреже и параметара постројења за производњу електричне", 2013, ТР32010

М85

2. Деа Пујић, Марко Јелић, Марко Батић, Никола Томашевић: “Рангирање корисника по енергетској ефикасности коришћењем ненадгледаног приступа”, 2020, ТР32010
3. Марко Батић, Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Сања Вранеш: “Развој интегрисаног софтверског система за више-критеријумско управљање хибридних микро-мрежама”, 2018, ТР32010
4. Марко Батић, Никола Томашевић, Јелена Кљајић, Сања Вранеш: “Спецификација и развој софтверске компоненте за аналитику потрошње електричне енергије крајњег потрошача”, 2018, ТР32010
5. Никола Томашевић, Марко Батић, Лазар Бербаков: “Имплементација интегративне платформе засноване на сервисно-оријентисаној архитектури за побољшање интероперабилности система у оквиру концепта интелигентних кућа”, 2018, ТР32010
6. Никола Томашевић, Марко Батић, Сања Вранеш: "Сервисно-оријентисана архитектура за интеграцију и интероперабилност система у оквиру концепта интелигентних кућа", 2017, ТР32010
7. Марко Батић, Никола Томашевић, Милан Ђуровић, Сања Вранеш: "Развој иновативних апликативних сценарија за повећање енергетске ефикасности кроз ангажовање крајњих потрошача", 2017, ТР32010

8. Марко Батић, Никола Томашевић, Сања Вранеш: "Евалуација ефеката управљања потрошњом на дугорочну исплативости хибридних микро-мрежа са обновљивим изворима енергије уз помоћ SOFIA платформе", 2017, TP32010
9. Никола Томашевић, Марко Батић, Јелена Јовановић, Сања Вранеш: "Спецификација канонског модела података за комуникацију системских компоненти у оквиру концепта интелигентних кућа", 2017, TP32010
10. Марко Батић, Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Огњен Стаменковић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Квалитативно унапређење система за контролу и управљање енергетским ресурсима комплексних инфраструктура са различитим изворима енергије", 2016, TP32010
11. Марко Батић, Богдан Павковић, Лазар Бербаков, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Унапређена софтверска компонента за позиционирање у затвореном простору у ванредним ситуацијама", 2016, TP32010
12. Никола Томашевић, Марко Батић, Богдан Павковић, Лазар Бербаков, Јелена Јовановић, Сања Вранеш: "Унапређење репликабилности и скалабилности SOFIA система за управљање ванредним ситуацијама", 2016, TP32010
13. Марко Батић, Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Огњен Стаменковић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Систем за контролу и управљање на бази софтверског модула за оптимизацију комплексних инфраструктура са различитим изворима енергије", 2015, TP32010
14. Марко Батић, Никола Томашевић, Јелена Јовановић, Огњен Стаменковић, Богдан Павковић, Лазар Бербаков, Сања Вранеш: "Спецификација и архитектура система за прикупљање, размену и ажурирање података након ванредне ситуације, током фазе спасавања", 2015, TP32010
15. Никола Томашевић, Марко Батић, Јелена Јовановић, Вук Мијовић, Сања Вранеш: "Интерфејс система за надзор и контролу инфраструктуре аеродрома према софтверском модулу за оптимизацију производње и потрошње енергије", 2015, TP32010
16. Никола Томашевић, Марко Батић, Јелена Јовановић, Валентина Јанев, Вук Мијовић, Сања Вранеш: "Емулатор мерног окружења за тестирање система за оптимизацију токова енергије међусобно повезаних ентитета са различитим изворима енергије", 2015, TP32010
17. Марко Батић, Никола Томашевић, Урош Милошевић, Тамара Јовановић, Богдан Павковић, Лазар Бербаков, Сања Вранеш: "Обједињени систем за синхронизацију времена и података након ванредне ситуације, током фазе спасавања", 2015, TP32010
18. Младен Станојевић, Никола Томашевић, Марко Батић, Јелена Јовановић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Програмски интерфејс за екстракцију знања из онтологије аеродрома за потребе повећања енергетске ефикасности", 2014, TP32010

19. Валентина Јанев, Богдан Павковић, Лазар Бербаков, Марко Батић, Младен Станојевић, Јелена Јовановић-Васовић, Вук Мијовић, Сања Вранеш: "Спецификација техничког решења система за управљање ванредним ситуацијама", 2014, ТР32010
20. Младен Станојевић, Марко Батић, Никола Томашевић, Дејан Пауновић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Софтверски модул за оптимизацију производње и потрошње енергије аеродрома у реалном времену", 2014, ТР32010
21. Марко Батић, Богдан Павковић, Лазар Бербаков, Валентина Јанев, Младен Станојевић, Вук Мијовић, Никола Томашевић, Сања Вранеш: "Анализа и спецификација комуникационих мрежа потребних након ванредне ситуације, током фазе спасавања", 2014, ТР32010
22. Младен Станојевић, Никола Томашевић, Марко Батић, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Софтверски модул за препоруку профила потрошње енергије у комплексном систему са различитим изворима енергије", 2014, ТР32010
23. Марко Батић, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Софтверски симулатор микро-мреже за производњу енергије из обновљивих извора", 2013, ТР32010
24. Марко Батић, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Сања Вранеш: "Софтверски модул за елемент микро-мреже за складиштење енергије", 2013, ТР32010
25. Марко Батић, Дејан Пауновић, Сања Вранеш: "Софтверски симулатор потрошње енергије у микро-мрежи", 2013, ТР32010
26. Марко Батић, Дејан Пауновић, Сања Вранеш: "Систем за симулацију и планирање дистрибуиране микро-мреже базиране на обновљивим изворима енергије", 2013, ТР32010
27. Марко Батић, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Тамара Јовановић, Сања Вранеш: "Симулатор за дневно подешавања контролера енергетске микро-мреже", 2013, ТР32010
28. Никола Томашевић, Марко Батић, Сања Вранеш: "Генеричка онтологија аеродрома моделована за потребе повећања енергетске ефикасности аеродрома", 2013, ТР32010
29. Никола Томашевић, Марко Батић, Сања Вранеш: "Проширење и популација инстанци генеричке онтологије аеродрома за потребе повећања енергетске ефикасности аеродрома", 2013, ТР32010
30. Никола Томашевић, Марко Батић, Дејан Пауновић, Урош Милошевић, Сања Вранеш: "Спецификација енергетских карактеристика аеродрома као отвореног простора", 2012, ТР32010
31. Никола Томашевић, Марко Батић, Урош Милошевић, Сања Вранеш: "Техничка карактеризација и системска архитектура аеродрома", 2012, ТР32010

32. Марко Батић, Дејан Пауновић, Урош Милошевић, Сања Вранеш: "Модел за елементе микро-мреже за производњу енергије из обновљивих извора", 2012, ТР32010
33. Марко Батић, Дејан Пауновић, Валентина Јанев, Вук Мијовић, Lydia Kraus, Сања Вранеш: "Интегрисани, системски модел микро-мреже, који укључује изворе, складишта и спрегу са спољашњом електромрежом", 2012, ТР32010
34. Марко Батић, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Модел потрошње енергије у комплексним објектима разних намена", 2012, ТР32010
35. Валентина Јанев, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Марко Батић, Вук Мијовић, Сања Вранеш: "Развој семантичког web портала за е-колаборацију и дисеминацију резултата", 2011, ТР32010
36. Никола Томашевић, Валентина Јанев, Младен Станојевић, Марко Рибарић, Марко Батић, Вук Мијовић, Сања Вранеш: "Развој генеричке онтологије просторних и функционалних компоненти комплексних објеката (CO₂ – Complex Object Ontology)", 2011, ТР32010
37. Марко Батић, Никола Томашевић, Валентина Јанев, Марко Рибарић, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Проширење генеричке CO₂ онтологије за управљање објектима са микромрежама локалних обновљивих извора енергије", 2011, ТР32010
38. Вук Мијовић, Никола Томашевић, Валентина Јанев, Марко Рибарић, Марко Батић, Младен Станојевић, Сања Вранеш: "Развој новог, мултипарадигматичног SER/ECA језика за управљање комплексним објектима", 2011, ТР32010
39. Валентина Јанев, Дејан Пауновић, Јелена Јовановић, Марко Батић, Сања Вранеш: "Развој прототипа система за управљање документима на аеродромима", 2011, ТР32010