

Proceeding Book



International Conference on

www.thalespublisher.com



Renewable Energy Technologies and Applications



March 5-6. İstanbul 2016 RETA'16

WOW istanbul hotels & convention center • Opal Saloon

ISBN No: 978-605-83631-0-6



978-605-83631-0-6

International Conference on Renewable Energy Technologies and Applications (RETA'16)

March 5-6, 2016, Istanbul

	Page
<i>Analytical Studies in Energy Storage: A Systematic Review</i> Emrah Erdem Ufluoglu, Gülgün Kayakutlu	1-14
<i>Analysis of Elliptical Reflector Surfaces of Power LED Luminaires In Terms of Output Light Efficiency</i> Ömer Faruk Farsakoğlu, Tuğba Beggi	15-21
<i>Reflector Design in Lighting System with Solar Panel</i> Ömer Faruk Farsakoğlu, İpek Atik, Nurdal Watsuji	22-28
<i>Electrical Energy Production from Solar Energy and The Potential of Solar Energy in Kilis</i> Ömer Faruk Farsakoğlu, İbrahim Çelik, Habip Yusuf Hasırcı	29-35
<i>Climate Change Adaptation at Power Plants in Turkey</i> Wietze Lise	36-45
<i>An Assessment of the Impact of Soiling on System Efficiency in Electricity Generation from Solar Energy</i> İpek Atik, Ömer Faruk Farsakoğlu	46-54
<i>Energy Supply in a Building via a Photovoltaic-Thermal Power System</i> Hasan Riza Ozcalik, Erdal Kilic, Sami Sit, Saban Yilmaz	55-61
<i>Determining of the Electric Power Needed at Irrigation Systems with Solar Cell</i> Tayfun Korucu, Ahmet Dünder, Şaban Yılmaz	62-72
<i>The Design of Coordinate Based Solar Tracking System</i> Sabir Rüstemli, Zeki İlcihan	73-85
<i>Evaluation of Boiler and Turbine Performance with Using Energy and Exergy Analysis</i> Celebi Karapınar, Mehmet Yılmaz, Bülent Gedik	86-100

	Page
<i>Benefiting from Ground Heat for Heating and Cooling</i> Bülent Gedik, Celebi Karapınar	101-108
<i>New Metamaterial Absorber Comprised of Patch Resonator for PV Cells</i> Mehmet Pasa Ustunsoy, Cumali Sabah	109-114
<i>The Potential of the PV Solar Energy on Kilis via an SEC Application</i> Mustafa Nalbantoğlu, Ali Ziya Yapıcıoğlu, İlhan Karabulut	115-123
<i>Solar Energy Power Plant Performance Analysis of Bitlis Adilcevaz Municipality</i> Furkan Dincer	124-131
<i>3 kWp Optimized Efficiency Type Linear Fresnel Solar Collector Design and Cost Analysis in Bitlis, Turkey</i> Şaban Yılmaz	132-138
<i>Designing and Cost Analysis of 10 kWp Fresnel Parabolic Trough Collector with Optimum Efficient in Istanbul Conditions</i> Yavuz Selim İşler, Şaban Yılmaz, Metin Salihmuhsin	139-147
<i>Design and Cost Analysis of 2 kWp Optimum Efficient Parabolic Trough Solar Collector in Kilis, Turkey</i> Mehmet Beklergöl, Sinan Kivrak, Furkan Dincer	148-155



Analytical Studies in Energy Storage: A Systematic Review

Emrah Erdem Ufluoğlu

Istanbul Technical University, Macka, Istanbul, Turkey

Gülgün Kayakutlu

Istanbul Technical University, Macka, Istanbul, Turkey

ABSTRACT

Research on analytical studies in energy storage has dramatically increased in the last couple of years. Energy storage is especially crucial when integrated with renewable energy. Using energy storage methods reduce the uncertainties in renewable energy sources such as wind and solar, hence can turn them into more reliable sources. Studies on energy storage are dealing with three main problems: Investment (size optimization), Operation and Scheduling, Technical Design. This study is a systematic review of academic articles that are from indexed journals. We try to reveal the state of art and identify directions for future research.

Keywords: Energy Storage, Renewable Energy, Analytical Studies, Optimization.

1 INTRODUCTION

As the need for energy increases in every part of the World, its efficient storage becomes prominent together with its cheap and clean production. The renewable sources such as wind and solar are more and more popular recently. Therefore, studies on how to make them more reliable and efficient become widespread. Unfortunately, renewable energy sources cannot totally replace conventional energy sources, yet. Uncertainties within the renewable sources and discontinuities in the power supply are the main problems here. However, big part of the problems causing from the uncertainties of these sources can be overcome by energy storage systems (Abbey, C. & Joos, G., 2007).

For many developing countries, the energy demand caused by increasing population and industrialization cannot be met with limited self-resources. This, of course, causes a huge current deficit for these countries. This situation makes it even more important to efficiently store the energy produced by renewable sources and to be converted for later usage (Sari, 2011).

There have been some reviews of optimization studies on energy management such as the recent study of (Gamarra, C. & Guerrero, J., 2015) which is on microgrids. However we haven't met a study that only includes articles that are related with energy storage. In this study we tried to make a systematic review of articles that are dealing with analytical problems in systems that include energy storage. Our aim is to reveal the state of the art and identify directions for future research.

2 METHODOLOGY

The research was made by using online platform of Istanbul Technical University, which covers all known databases for this case, such as Elsevier and IEEE. Many different keywords were considered such as: energy storage, energy optimization, energy management, renewable energy, etc.

First, the articles passed through an elimination process of relevancy, looking at their abstracts. The studies from conference proceedings were also eliminated. At the end, we had 92 papers that were all published in journals and all relevant to our research topic.

Afterwards, these papers were read thoroughly and classified according to their contents as given in the Results and Analysis section.

3 RESULTS AND ANALYSIS

We will be giving the descriptive analysis of the information we gathered from the papers. First part of the analysis is about the research, like the number of citations, journals and year of publications of the papers. Second part of the analysis is about the contents of the papers, like the method used, type of storage device, energy source, problem type.

3.1 First Part of Analysis

When we have a look at Fig.1, it is quite obvious that the research area is becoming more and more popular in recent years. We should also take into account that we haven't checked any more papers after mid 2015. So there is a dramatic increase in the number of papers published on energy storage.

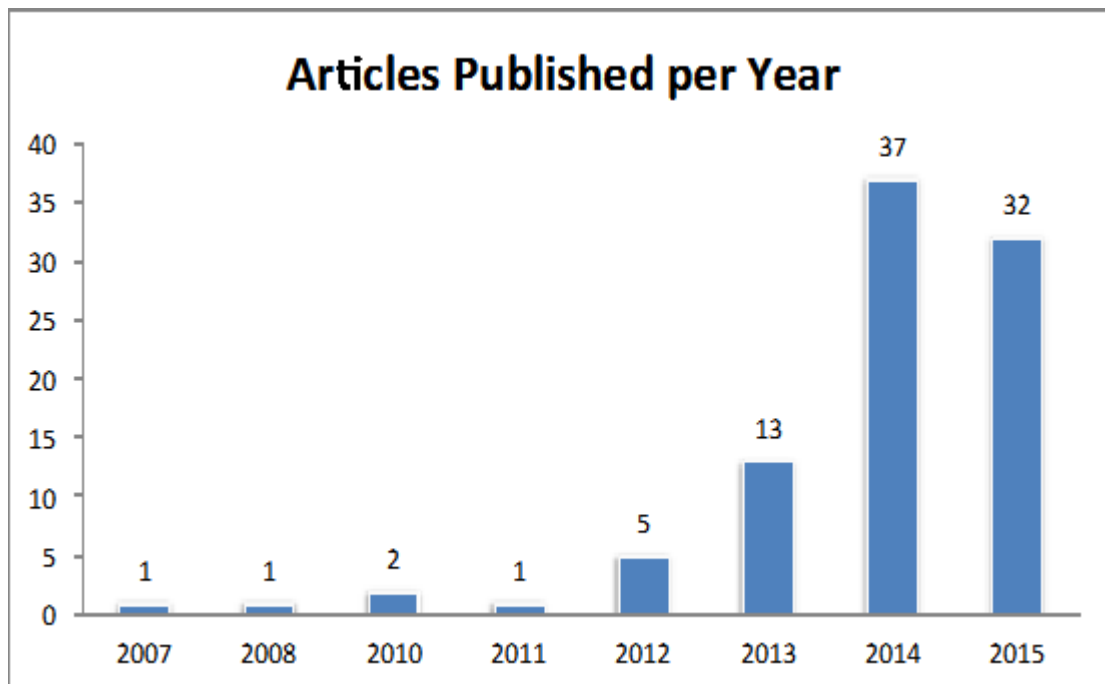


Figure 1: Articles Published per Year

Fig.2 gives the number of publications per journal. 5 main journals constitute 75% of all articles in the list. The journal with the highest number of publications on this area is Applied Energy, which contains 28% of all papers.

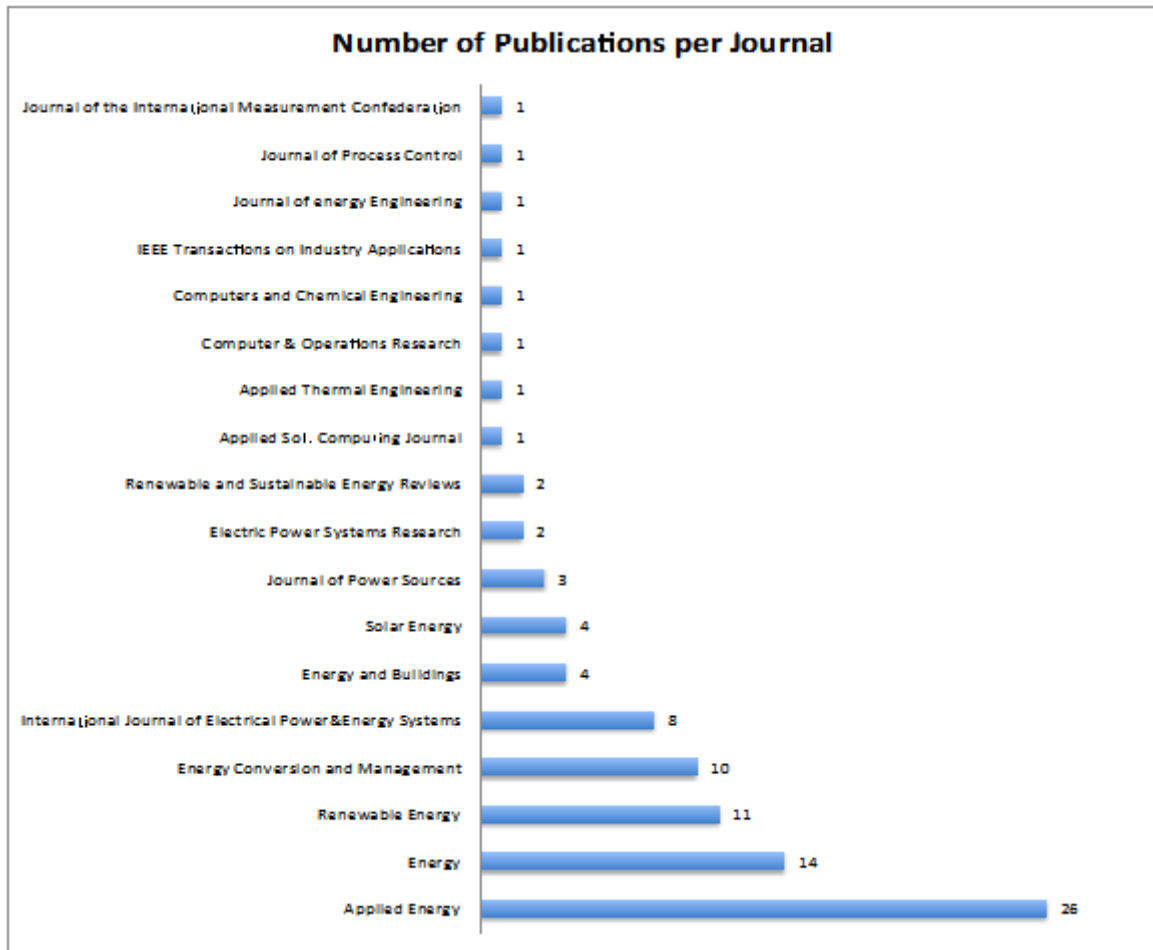


Figure 2: Number of Publications per Journal

Citation analysis was made in Fig. 3, Fig. 4 and Table 1. Applied Energy is not only the journal with the highest number of papers, but also has the highest average citation number. There is only one paper that we can call an outlier: (Abbey C. & Joos G., 2007) published in IEEE Transactions on Industry Applications. This is the only paper in the list from that journal and has a very high citation number of 227. In Fig. 3 we see that there is an interesting correlation between number of authors and avg. number of citations. Although we excluded the outlier article with 227 citations, which had 2 authors, the articles with less number of authors seem to get more citations than the ones with higher number of authors.

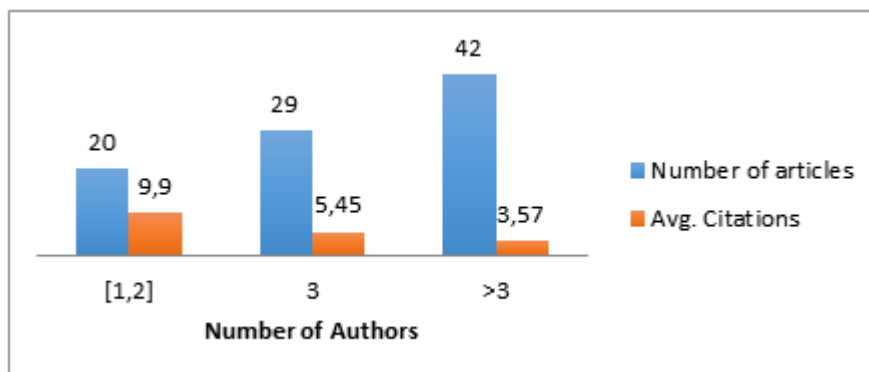


Figure 3: Articles w.r.t. Number of Authors

Table 1 Summary of Citation Analysis

Journal	Number of	Total	Avg.
---------	-----------	-------	------

	Articles	Number of Citation	Citation
Applied Energy	26	241	9,27
Energy	14	64	4,57
Renewable Energy	11	50	4,55
Energy Conversion and Management	10	62	6,20
International Journal of Electrical Power & Energy Systems	8	12	1,50
Energy and Buildings	4	23	5,75
Solar Energy	4	14	3,50
Journal of Power Sources	3	18	6,00
Electric Power Systems Research	2	4	2,00
Renewable and Sustainable Energy Reviews	2	4	2,00
Applied Soft Computing Journal	1	0	0,00
Applied Thermal Engineering	1	7	7,00
Computer & Operations Research	1	2	2,00
Computers and Chemical Engineering	1	3	3,00
IEEE Transactions on Industry Applications	1	227	227,00
Journal of energy Engineering	1	0	0,00
Journal of Process Control	1	5	5,00
Journal of the International Measurement Confederation	1	2	2,00
Grand Average:	16,19 3,78	outlier included outlier excluded	

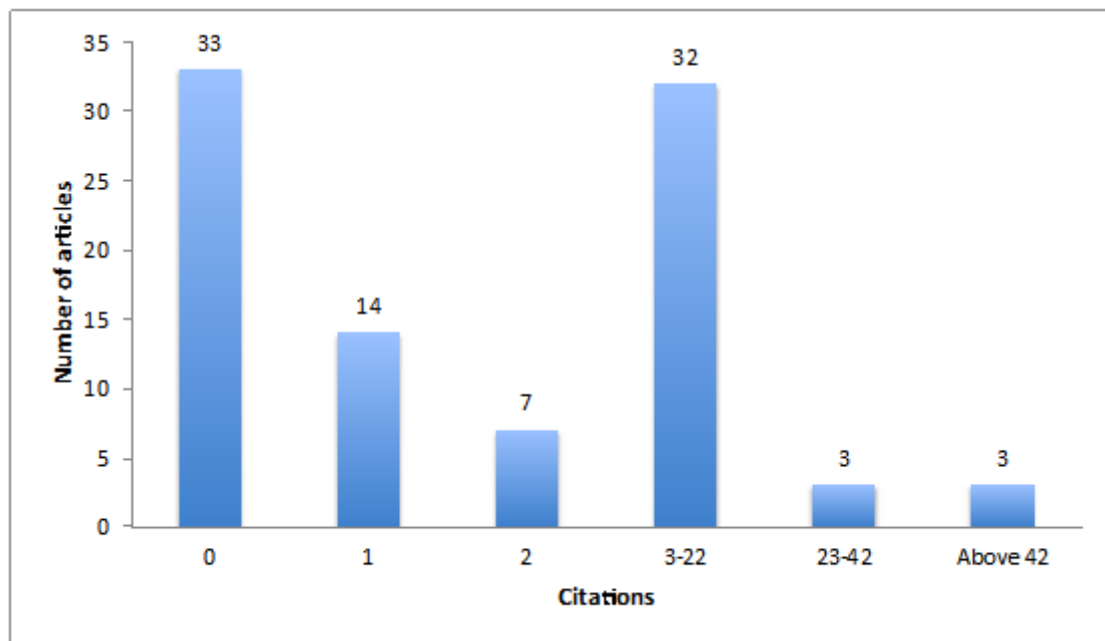


Figure 4: Histogram of Articles per Number of Citation

3.2 Second Part of Analysis

Most widely used technique within the papers is Mathematical Programming (40%), which includes Linear Programming, Nonlinear Programming, Integer Programming, MILP, MINLP, Dynamic Programming, etc.

Intelligent Optimization Methods follow afterwards with 37%. Many different methods are included under this title most of which are heuristic methods. Some examples are: Genetic Algorithm,

Simulated Annealing, Ant Colony Optimization, Particle Swarm Optimization, TOPSIS, Artificial Neural Networks, etc.

Simulation techniques and Statistical Methods are the remaining two titles, constituting 17% and 6% of the papers respectively.

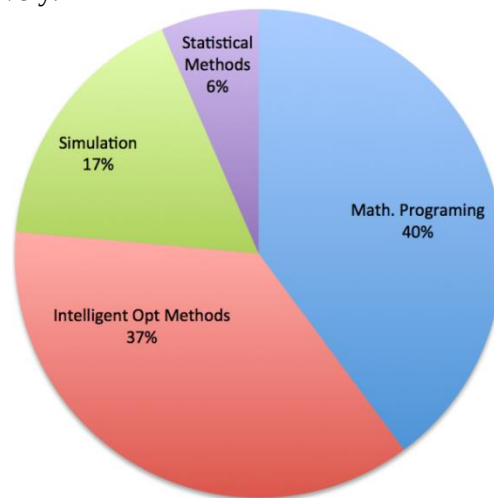


Figure 5: Percentage of Used Methods

Fig.6 gives the histogram of used storage types throughout the studies. Some of the papers include more than one storage method, so the total number exceeds 92. Most popular storage type is apparently lead acid battery. This is due to its cheap price and easy usage in almost all type of environments. Thermal Storage is following lead batteries and lithium-ion batteries come afterwards. We need to mention that lithium-ion battery is a relatively new technology compared to lead acid battery and its popularity is increasing in the recent years. Performance criteria such as power density and energy density of li-ion is much better than lead acid batteries. The biggest problem with li-ion is the price right now and that should be more competitive in the following years together with the increased usage in electric vehicles (Diouf, B. and PODE R., 2014).

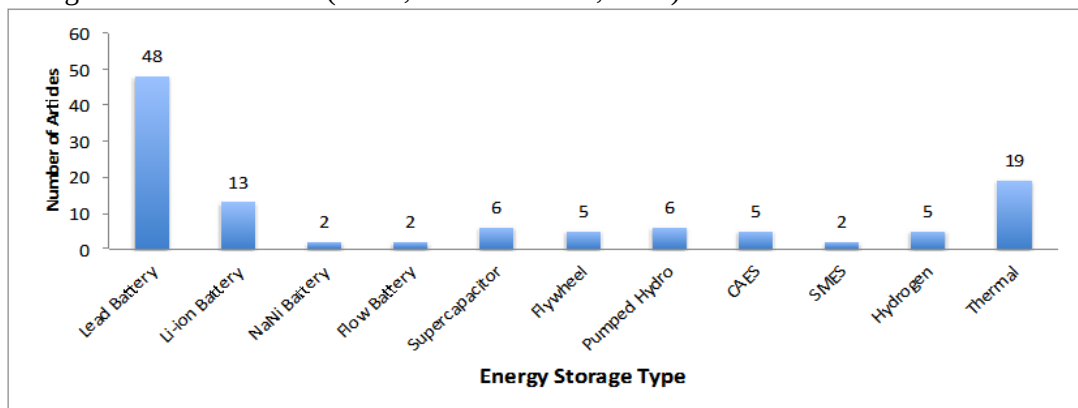


Figure 6: Energy Storage Types Used in the Papers

Mainly three different problem types are handled within the literature: Investment Problems, where we need to decide the size of our investment such as, number of solar panels, power of wind turbines, capacity of our storage device, etc., Technical Design, which needs a professional know-how, such as, the temperature of the thermal storage, design parameters of a storage device, the blade angles of a wind turbine, etc., Operation/Scheduling, which is dealing with the optimum management of the system. Hourly or daily schedules are used to decide when to store energy and when to use it or sell it to the grid.

The problem type that is mostly encountered is Operation/Scheduling. 63% of the articles deal with this problem. Of course some of the papers focus on more than one problem so the total number of articles in Fig.7 exceeds 92.

The most critical issue in making a scheduling or energy management system is the forecast quality of both the energy demand and renewable energy supply. Long-term schedules are not easy to construct due to this uncertainty. In a few studies, some intelligent algorithms are used for energy management that can adjust to new information and try to improve itself. (Fuselli, D. et al., 2013) is a good example for that, where they use a class of Adaptive Critic Designs called Action Dependent Heuristic Dynamic Programming with neural networks. The method is used for home energy resource scheduling. Solar energy and grid electricity is used together with lead acid batteries in this study.

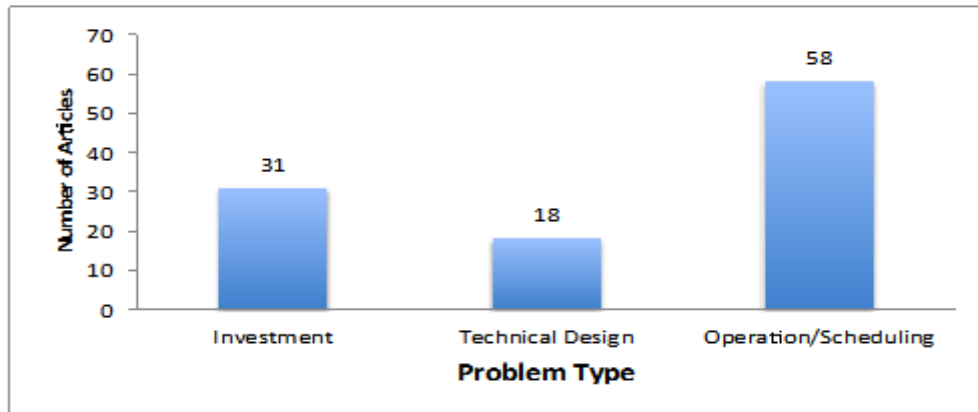


Figure 7: Problem Types

When we look at the objective function types, we see that most of the papers are interested in the economic aspects (84%). Again, some of the studies are interested in more than one objective. This is why the total number of articles in Fig.8 is much more than 92.

Usually the environmental objective is conflicting with the economic objective. Therefore in many of the articles, polluting the environment is taken as a cost function within the main objective function to be maximized. The studies that are focusing on efficiency are mostly more technical researches.

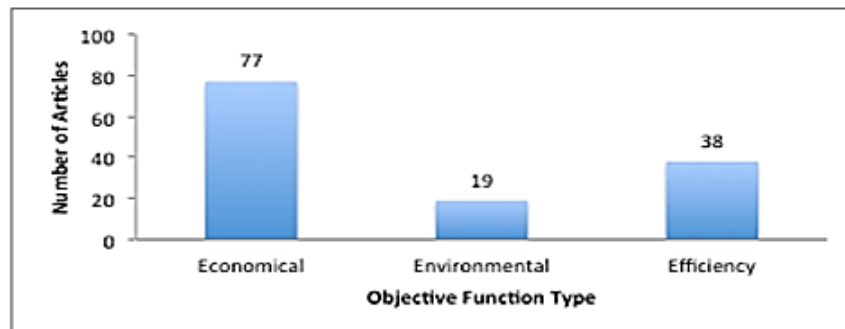


Figure 8: Objective Function Types

80% of the papers include renewable energy sources in the examined system. This is quite understandable since storage devices are very effective when used with renewable sources. Another thing to notice here is, that an important part of these renewable systems are hybrid (around 27%). Mostly used hybrid source is wind and solar hybrid renewable systems. Hybrid systems are preferred because uncertainties in renewable sources can be significantly decreased by increasing the number of independent energy sources.

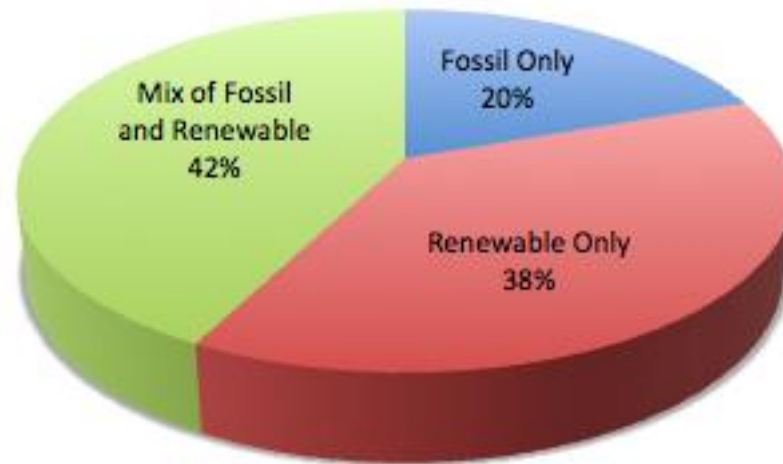


Figure 9: Percentage of Energy Sources

38% of the papers are stand-alone systems, i.e. there is no other energy source in the system other than renewable sources. This is the case mostly when there is no grid connection to the research area. The study of Tao Ma (Ma, T., et al., 2014) is a good example for that. For the electrification of remote areas, a system consisting of pumped hydro storage and solar energy was taken into account. Mathematical models were developed and genetic algorithm was used for the system techno-economic optimization.

4 CONCLUSION AND FUTURE RESEARCH DIRECTIONS

There are a few topics that we can point out after our systematic review on analytical studies in energy storage:

- Lithium-ion batteries will be more widely used in the near future. Therefore, number of studies on optimum storage using these batteries tends to increase.
- If possible, hybrid energy sources are to be preferred since they decrease the uncertainty.
- Forecasts are very crucial in order to make healthy decisions about investments or scheduling. Dynamic techniques that can learn from mistakes are much better than once and for all estimations or schedules.

Meanwhile, there are on going developments about new storage technologies. The liquid metal battery idea of Donald Sadoway is a good example for that. Their study in 2012 was on Magnesium-Antimony liquid metal batteries with the aim of cheap and easy production (Bradwell, D., et al, 2012). Later they have made some transitions to other types of materials to use as positive and negative electrodes. In 2015 they are sending their first batteries for commercial use of large-scale energy storage.

As the research on energy storage develops, the review can be extended. For example;

- Details of intelligent techniques used for optimization can be investigated.
- Details of mathematical programming techniques can be discussed.

REFERENCES

- [1] Abbaspour, M. et al., 2013. Optimal operation scheduling of wind power integrated with compressed air energy storage (CAES). *Renewable Energy*, 51, pp.53–59.
- [2] Abbey, C. & Joos, G., 2007. Supercapacitor energy storage for wind energy applications. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 43(3), pp.769–776.

- [3] Aghaei, J. & Alizadeh, M.I., 2013. Multi-objective self-scheduling of CHP (combined heat and power)-based microgrids considering demand response programs and ESSs (energy storage systems). *Energy*, 55, pp.1044–1054.
- [4] Aissou, S. et al., 2015. Modeling and control of hybrid photovoltaic wind power system with battery storage. *Energy Conversion and Management*, 89, pp.615–625.
- [5] Alavi, S.A., Ahmadian, A. & Aliakbar-Golkar, M., 2015. Optimal probabilistic energy management in a typical micro-grid based-on robust optimization and point estimate method. *Energy Conversion and Management*, 95, pp.314–325.
- [6] Ali, M. et al., 2014. Combining the demand response of direct electric space heating and partial thermal storage using LP optimization. *Electric Power Systems Research*, 106, pp.160–167.
- [7] Anderson, C., Burke, N. & Davison, M., 2014. Optimal Management of Wind Energy with Storage: Structural Implications for Policy and Market Design. *Journal of Energy Engineering*, pp.1–9.
- [8] Arghandeh, R. et al., 2014. Economic Optimal Operation of Community Energy Storage Systems in Competitive Energy Markets. *Applied Energy*, 135, pp.1–17.
- [9] Avril, S. et al., 2010. Multi-objective optimization of batteries and hydrogen storage technologies for remote photovoltaic systems. *Energy*, 35(12), pp.5300–5308.
- [10] Bennett, C.J., Stewart, R. a. & Lu, J.W., 2015. Development of a three-phase battery energy storage scheduling and operation system for low voltage distribution networks. *Applied Energy*, 146, pp.122–134.
- [11] Bortolini, M., Gamberi, M. & Graziani, A., 2014. Technical and economic design of photovoltaic and battery energy storage system. *Energy Conversion and Management*, 86, pp.81–92.
- [12] Boukettaya, G. & Krichen, L., 2014. A dynamic power management strategy of a grid connected hybrid generation system using wind, photovoltaic and Flywheel Energy Storage System in residential applications. *Energy*, 71, pp.148–159.
- [13] Bracco, S. et al., 2015. A dynamic optimization-based architecture for polygeneration microgrids with tri-generation, renewables, storage systems and electrical vehicles. *Energy Conversion and Management*, 96, pp.511–520.
- [14] Bradwell, D., et al, 2012. Magnesium-antimony liquid metal battery for stationary energy storage. *Journal of the American Chemical Society*, 134, pp. 1895–97.
- [15] Brahman, F., Honarmand, M. & Jadid, S., 2015. Optimal electrical and thermal energy management of a residential energy hub, integrating demand response and energy storage system. *Energy and Buildings*, 90, pp.65–75.
- [16] Cau, G. et al., 2014. Energy management strategy based on short-term generation scheduling for a renewable microgrid using a hydrogen storage system. *Energy Conversion and Management*, 87, pp.820–831.
- [17] Çayıroğlu, İ., 2013. İleri Algoritma Analizi Ders Notları. www.ibrahimcayiroglu.com
- [18] Cheng, C.-T. et al., 2015. Short-term peak shaving operation for multiple power grids with pumped storage power plants. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 67, pp.570–581.
- [19] Cheung, B.C., Carriveau, R. & Ting, D.S.K., 2014. Multi-objective optimization of an underwater compressed air energy storage system using genetic algorithm. *Energy*, 74, pp.396–404.

- [20] Comodi, G. et al., 2014. Multi-apartment residential microgrid with electrical and thermal storage devices: Experimental analysis and simulation of energy management strategies. *Applied Energy*, 137, pp.854–866.
- [21] Daud, M.Z. et al., 2014. Heuristic optimization of state-of-charge feedback controller parameters for output power dispatch of hybrid photovoltaic/battery energy storage system. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 49(1), pp.15–25.
- [22] Daud, M.Z., Mohamed, A. & Hannan, M. a., 2013. An improved control method of battery energy storage system for hourly dispatch of photovoltaic power sources. *Energy Conversion and Management*, 73, pp.256–270.
- [23] Delfanti, M., Falabretti, D. & Merlo, M., 2015. Energy storage for PV power plant dispatching. *Renewable Energy*, 80, pp.61–72.
- [24] Diouf, B. & Pode, R., 2015. Potential of lithium-ion batteries in renewable energy. *Renewable Energy*, 76, pp.375–80.
- [25] Dufo-López, R., 2015. Optimisation of size and control of grid-connected storage under real time electricity pricing conditions. *Applied Energy*, 140, pp.395–408.
- [26] Ekren, O. & Ekren, B.Y., 2008. Size optimization of a PV/wind hybrid energy conversion system with battery storage using response surface methodology. *Applied Energy*, 85(11), pp.1086–1101.
- [27] Ekren, O. & Ekren, B.Y., 2010. Size optimization of a PV/wind hybrid energy conversion system with battery storage using simulated annealing. *Applied Energy*, 87(2), pp.592–598.
- [28] Erdinc, O. et al., 2015. A new perspective for sizing of distributed generation and energy storage for smart households under demand response. *Applied Energy*, 143, pp.26–37.
- [29] Fares, R.L. & Webber, M.E., 2014. A flexible model for economic operational management of grid battery energy storage. *Energy*, 78, pp.768–776.
- [30] Fazlollahi, S. et al., 2012. Multi-Objective, Multi-Period Optimization of Renewable Technologies and storage system Using Evolutionary Algorithms and Mixed Integer Linear Programming (MILP). *Computer Aided Chemical Engineering*, 31(July), pp.890–894.
- [31] Fazlollahi, S., Becker, G. & Maréchal, F., 2014. Multi-objectives, multi-period optimization of district energy systems: III. Distribution networks. *Computers and Chemical Engineering*, 66, pp.82–97.
- [32] Ferrer-Martí, L. et al., 2013. A MILP model to design hybrid wind-photovoltaic isolated rural electrification projects in developing countries. *European Journal of Operational Research*, 226(2), pp.293–300.
- [33] Fetanat, A. & Khorasaninejad, E., 2015. Size optimization for hybrid photovoltaic – wind energy system using ant colony optimization for continuous domains based integer programming. *Applied Soft Computing Journal*, 31, pp.196–209.
- [34] Fossati, J.P. et al., 2015. A method for optimal sizing energy storage systems for microgrids n. , 77, pp.539–549.
- [35] Fossati, J.P. et al., 2015. Optimal scheduling of a microgrid with a fuzzy logic controlled storage system. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 68, pp.61–70.
- [36] Fuselli, D. et al., 2013. Action dependent heuristic dynamic programming for home energy resource scheduling. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 48(1), pp.148–160.
- [37] Gamarra, C. & Guerrero, J., 2015. Computational optimization techniques applied to microgrids planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, pp. 413–24.

- [38] Ghanbari, A. et al., 2013. A cooperative ant colony optimization-genetic algorithm approach for construction of energy demand forecasting knowledge-based expert systems. *Knowledge-Based Systems*, 39, pp.194–206.
- [39] Gitizadeh, M. & Fakharzadegan, H., 2014. Battery capacity determination with respect to optimized energy dispatch schedule in grid-connected photovoltaic (PV) systems. *Energy*, 65, pp.665–674.
- [40] Glavin, M.E. & Hurley, W.G., 2012. Optimisation of a photovoltaic battery ultracapacitor hybrid energy storage system. *Solar Energy*, 86(10), pp.3009–3020.
- [41] Glotić, A. et al., 2014. Optimization of hydro energy storage plants by using differential evolution algorithm. *Energy*, 77.
- [42] Gruber, J.K. & Prodanovic, M., 2014. Two-stage optimization for building energy management. *Energy Procedia*, 62, pp.346–354.
- [43] Guédez, R. et al., 2014. Optimization of Thermal Energy Storage Integration Strategies for Peak Power Production by Concentrating Solar Power Plants. *Energy Procedia*, 49(0), pp.1642–1651.
- [44] Guédez, R., Spelling, J. & Laumert, B., 2013. Thermoeconomic Optimization of Solar Thermal Power Plants with Storage in High-Penetration Renewable Electricity Markets. *ISES Solar World Congress*, 57(0), pp.541–550.
- [45] Guo, L. et al., 2013. A two-stage optimal planning and design method for combined cooling, heat and power microgrid system. *Energy Conversion and Management*, 74, pp.433–445.
- [46] Hanna, R. et al., 2014. Energy dispatch schedule optimization for demand charge reduction using a photovoltaic-battery storage system with solar forecasting. *Solar Energy*, 103, pp.269–287.
- [47] Iwafune, Y. et al., 2015. Cooperative home energy management using batteries for a photovoltaic system considering the diversity of households. *Energy Conversion and Management*, 96, pp.322–329.
- [48] Jian, Y. et al., 2015. Design and optimization of solid thermal energy storage modules for solar thermal power plant applications. *Applied Energy*, 139, pp.30–42.
- [49] Johnston, L. et al., 2015. Methodology for the economic optimisation of energy storage systems for frequency support in wind power plants. *Applied Energy*, 137, pp.660–669.
- [50] Khalid, M. & Savkin, a. V., 2014. Minimization and control of battery energy storage for wind power smoothing: Aggregated, distributed and semi-distributed storage. *Renewable Energy*, 64, pp.105–112.
- [51] Kiran, M.S. et al., 2012. A novel hybrid approach based on Particle Swarm Optimization and Ant Colony Algorithm to forecast energy demand of Turkey. *Energy Conversion and Management*, 53(1), pp.75–83.
- [52] Kou, P., Gao, F. & Guan, X., 2015. Stochastic predictive control of battery energy storage for wind farm dispatching: Using probabilistic wind power forecasts. *Renewable Energy*, 80, pp.286–300.
- [53] Kozak, M. & Kozak, Ş., 2012. Enerji Depolama Yöntemleri. *SDU International Technologic Science*, 4, pp. 17-29.
- [54] Kuznetsova, E. et al., 2014. An integrated framework of agent-based modelling and robust optimization for microgrid energy management. *Applied Energy*, 129, pp.70–88.

- [55] Lawder, M.T., Viswanathan, V. & Subramanian, V.R., 2015. Balancing Autonomy and Utilization of Solar Power and Battery Storage for demand based Microgrids. *Journal of Power Sources*, 279, pp.645–655.
- [56] Leadbetter, J. & Swan, L., 2012. Battery storage system for residential electricity peak demand shaving. *Energy and Buildings*, 55, pp.685–692.
- [57] Lu, D. et al., 2015. Optimal operation of cascade hydropower stations using hydrogen as storage medium. *Applied Energy*, 137, pp.56–63.
- [58] Lu, Y. et al., 2015. Optimal scheduling of buildings with energy generation and thermal energy storage under dynamic electricity pricing using mixed-integer nonlinear programming. *Applied Energy*, 147, pp.49–58.
- [59] Ma, T. et al., 2014. Pumped storage-based standalone photovoltaic power generation system: Modeling and techno-economic optimization. *Applied Energy*, 137, pp.649–659.
- [60] Mallol-Poyato, R. et al., 2015. Optimal discharge scheduling of energy storage systems in MicroGrids based on hyper-heuristics. *Renewable Energy*, 83, pp.13–24.
- [61] Marano, V., Rizzo, G. & Tiano, F.A., 2012. Application of dynamic programming to the optimal management of a hybrid power plant with wind turbines, photovoltaic panels and compressed air energy storage. *Applied Energy*, 97, pp.849–859.
- [62] Masih-Tehrani, M. et al., 2013. Optimum sizing and optimum energy management of a hybrid energy storage system for lithium battery life improvement. *Journal of Power Sources*, 244, pp.2–10.
- [63] Mclarty, D. et al., 2015. Electrical Power and Energy Systems Micro-grid energy dispatch optimization and predictive control algorithms ; A UC Irvine case study. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 65, pp.179–190.
- [64] Mena, R. et al., 2014. A risk-based simulation and multi-objective optimization framework for the integration of distributed renewable generation and storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, pp.778–793.
- [65] Moradi, M.H. & Eskandari, M., 2014. A hybrid method for simultaneous optimization of DG capacity and operational strategy in microgrids considering uncertainty in electricity price forecasting. *Renewable Energy*, 68, pp.697–714.
- [66] Morandin, M. et al., 2013. Thermoeconomic design optimization of a thermo-electric energy storage system based on transcritical CO₂ cycles. *Energy*, 58, pp.571–587.
- [67] Muyeen, S.M., Hasanien, H.M. & Al-Durra, A., 2014. Transient stability enhancement of wind farms connected to a multi-machine power system by using an adaptive ANN-controlled SMES. *Energy Conversion and Management*, 78, pp.412–420.
- [68] Navidbakhsh, M., Shirazi, A. & Sanaye, S., 2013. Four e analysis and multi-objective optimization of an ice storage system incorporating PCM as the partial cold storage for air-conditioning applications. *Applied Thermal Engineering*, 58(1-2), pp.30–41.
- [69] Neves, D. & Silva, C. a., 2014. Optimal electricity dispatch on isolated mini-grids using a demand response strategy for thermal storage backup with genetic algorithms. *Energy*, 82, p.Energy.
- [70] Nezhad, A.E., Javadi, M.S. & Rahimi, E., 2014. Applying augmented É"-constraint approach and lexicographic optimization to solve multi-objective hydrothermal generation scheduling considering the impacts of pumped-storage units. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 55, pp.195–204.
- [71] Niknam, T., Golestaneh, F. & Shafiei, M., 2013. Probabilistic energy management of a renewable microgrid with hydrogen storage using self-adaptive charge search algorithm. *Energy*, 49(1), pp.252–267.

- [72] Nottrott, a., Kleissl, J. & Washom, B., 2013. Energy dispatch schedule optimization and cost benefit analysis for grid-connected, photovoltaic-battery storage systems. *Renewable Energy*, 55, pp.230–240.
- [73] Nwulu, N.I. & Xia, X., 2015. Multi-objective dynamic economic emission dispatch of electric power generation integrated with game theory based demand response programs. *Energy Conversion and Management*, 89, pp.963–974.
- [74] Obara, S., Morizane, Y. & Morel, J., 2013. Study on method of electricity and heat storage planning based on energy demand and tidal flow velocity forecasts for a tidal microgrid. *Applied Energy*, 111, pp.358–373.
- [75] Parra, D. et al., 2015. Optimum community energy storage system for PV energy time-shift. *Applied Energy*, 137(September 2013), pp.576–587.
- [76] Pazouki, S., Haghifam, M.R. & Moser, A., 2014. Uncertainty modeling in optimal operation of energy hub in presence of wind, storage and demand response. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 61, pp.335–345.
- [77] Pousinho, H.M.I. et al., 2014. Self-scheduling for energy and spinning reserve of wind/CSP plants by a MILP approach. *Energy*, 78, pp.524–534.
- [78] Powell, K.M., Hedengren, J.D. & Edgar, T.F., 2014. Dynamic optimization of a hybrid solar thermal and fossil fuel system. *Solar Energy*, 108, pp.210–218.
- [79] Purvins, A., Papaioannou, I.T. & Debarberis, L., 2013. Application of battery-based storage systems in household-demand smoothening in electricity-distribution grids. *Energy Conversion and Management*, 65, pp.272–284.
- [80] Ramli, M. a. M., Hiendro, A. & Twaha, S., 2015. Economic analysis of PV/diesel hybrid system with flywheel energy storage. *Renewable Energy*, 78, pp.398–405.
- [81] Ratnam, E.L., Weller, S.R. & Kellett, C.M., 2013. An optimization-based approach for assessing the benefits of residential battery storage in conjunction with solar PV. *Proceedings of IREP Symposium: Bulk Power System Dynamics and Control - IX Optimization, Security and Control of the Emerging Power Grid*, IREP 2013, 75, pp.123–134.
- [82] Rigo-Mariani, R. et al., 2014. Optimal power dispatching strategies in smart-microgrids with storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, pp.649–658.
- [83] Sarı, A., 2011, Faz değişimi yoluyla ısı enerjisinin depolanması ve bu alanda yapılan çalışmalar. *Kimya Lisans Öğrencileri Araştırma Çalıştayı*, 20-28 Temmuz, Çanakkale.
- [84] Setlhaolo, D. & Xia, X., 2015a. Optimal scheduling of household appliances with a battery storage system and coordination. *Energy & Buildings*, 94(March 2010), pp.61–70.
- [85] Setlhaolo, D. & Xia, X., 2015b. Optimal scheduling of household appliances with a battery storage system and coordination. *Energy and Buildings*, 94(March 2010), pp.61–70.
- [86] Severino, B. et al., 2014. Multi-objective optimal design of lithium-ion battery packs based on evolutionary algorithms. *Journal of Power Sources*, 267, pp.288–299.
- [87] Sfikas, E.E., Katsigiannis, Y. a. & Georgilakis, P.S., 2015. Simultaneous capacity optimization of distributed generation and storage in medium voltage microgrids. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 67, pp.101–113.
- [88] Shaw, D., Cai, J.Y. & Liu, C.T., 2012. Efficiency analysis and controller design of a continuous variable planetary transmission for a CAES wind energy system. *Applied Energy*, 100, pp.118–126.
- [89] Shirazi, A. et al., 2014. Thermal-economic-environmental analysis and multi-objective optimization of an ice thermal energy storage system for gas turbine cycle inlet air cooling. *Energy*, 69, pp.212–226.

- [90] Song, Z. et al., 2014. Multi-objective optimization of a semi-active battery/supercapacitor energy storage system for electric vehicles. *Applied Energy*, 135, pp.212–224.
- [91] Song, Z. et al., 2015. Optimization for a hybrid energy storage system in electric vehicles using dynamic programming approach. *Applied Energy*, 139(Dc), pp.151–162.
- [92] Stoppato, A. et al., 2014. A PSO (particle swarm optimization)-based model for the optimal management of a small PV(Photovoltaic)-pump hydro energy storage in a rural dry area. *Energy*, 76, pp.168–174.
- [93] Storage-augmented, E.M. et al., 2015. Energy Management in Storage-Augmented , Grid-Connected Prosumer Buildings and Neighbourhoods Using a Modified Simulated Annealing Optimization. *Computers and Operation Research*.
- [94] Tamer, S., Karakuzu, C., 2006. Parçacık Sürüşü Optimizasyon Algoritması ve Benzetim Örnekleri. *ELECO 2006 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Sempozyumu*, Elektronik Bildirileri Kitabı, Sf. 302-306, Bursa, Türkiye, 6-10 Aralık.
- [95] Tan, Z. et al., 2014. A two-stage scheduling optimization model and solution algorithm for wind power and energy storage system considering uncertainty and demand response. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 63, pp.1057–1069.
- [96] Tenfen, D. & Finardi, E.C., 2015. A mixed integer linear programming model for the energy management problem of microgrids. *Electric Power Systems Research*, 122, pp.19–28.
- [97] Torres, D. et al., 2014. Scheduling coupled photovoltaic, battery and conventional energy sources to maximize profit using linear programming. *Renewable Energy*, 72, pp.284–290.
- [98] Touretzky, C.R. & Baldea, M., 2014. Integrating scheduling and control for economic MPC of buildings with energy storage. *Journal of Process Control*, 24(8), pp.1292–1300.
- [99] Uzlu, E. et al., 2014. Estimates of energy consumption in Turkey using neural networks with the teaching–learning-based optimization algorithm. *Energy*, 75, pp.295–303.
- [100] Varkani, A.K., Daraeepour, A. & Monsef, H., 2011. A new self-scheduling strategy for integrated operation of wind and pumped-storage power plants in power markets. *Applied Energy*, 88(12), pp.5002–5012.
- [101] Wang, X., Palazoglu, A. & El-Farra, N.H., 2015. Operational optimization and demand response of hybrid renewable energy systems. *Applied Energy*, 143, pp.324–335.
- [102] Wu, K. & Zhou, H., 2014. A multi-agent-based energy-coordination control system for grid-connected large-scale wind-photovoltaic energy storage power-generation units. *Solar Energy*, 107, pp.245–259.
- [103] Wu, Z., Tazvinga, H. & Xia, X., 2015. Demand side management of photovoltaic-battery hybrid system. *Applied Energy*, 148, pp.294–304.
- [104] Xue, N. et al., 2014. Design of a lithium-ion battery pack for PHEV using a hybrid optimization method. *Applied Energy*, 115, pp.591–602.
- [105] Xue, X. et al., 2014. An interactive building power demand management strategy for facilitating smart grid optimization. *Applied Energy*, 116, pp.297–310.
- [106] Zhao, Y. et al., 2015. MPC-based optimal scheduling of grid-connected low energy buildings with thermal energy storages. *Energy and Buildings*, 86, pp.415–426.
- [107] Zheng, M., Meinrenken, C.J. & Lackner, K.S., 2015. Smart households: Dispatch strategies and economic analysis of distributed energy storage for residential peak shaving. *Applied Energy*, 147, pp.246–257.



Analysis of Elliptical Reflector Surfaces of Power LED Luminaires in Terms of Output Light Efficiency

Ömer Faruk Farsakoğlu

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kilis, Türkiye

Tuğba Beggi

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kilis, Türkiye

ABSTRACT

Reflectors are needed to distribute the desired amount of the light of lamps in the desired direction. To obtain distributions of light intensities, illuminations, and luminaire efficiencies depending on lamps is quite important for reflector designs. In this study, variations of illumination and the optical efficiency of the reflectors having elliptical surfaces depending on surface modifications of them by using LED light sources were examined. Then, in this case, the study on reflector surface optimizations was performed. In this context, illumination distribution profiles of the elliptical reflectors were obtained by using different reflective surface coating materials. Furthermore, the optical efficiency values of luminaires which were formed with the designed reflectors were determined.

Key Words: Power LED couplings, light output efficiency, reflector surface forms, elliptic reflectors, aspherical reflector surfaces

Güç LED Armatürlerinin Işık Optimizasyonu Yönünden Eliptik Yansıtıcı Yüzeylerinin Analizi

ÖZET

İstenilen miktarda ve istenilen yöne lambanın ışığını yönlendirmek için reflektörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Lambaya bağlı reflektör tasarımı için ışık şiddeti dağılımı, armatür verimliliği ve aydınlık dağılımlarının elde edilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, elips yüzeyli reflektörlerin LED ışık kaynağı kullanarak yüzey değişimlerine göre aydınlık dağılımları ve optik verimlilikleri incelenmiştir. Daha sonra, reflektörlerin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede, elips reflektörlerde farklı yansıtıcı yüzey kaplama malzemesi kullanılarak aydınlık dağılım profilleri elde edilmiştir. Ayrıca bu reflektörlerle oluşturulan armatürlerin optik verimlilikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güç LED ışık kaynağı, ışık çıkış verimliliği, reflektör yüzey şekilleri, eliptik reflektörler, asferik reflektör yüzeyleri

1 GİRİŞ

Reflektör tasarımı geçmişte mum veya lambalardan yayılan ışığa şekil verme ihtiyacından kaynaklanmıştır. 2000 yıl önce insanlar parabol şeklinde bir ayna ile yoğunlaştırılan ışığı ayarlanan

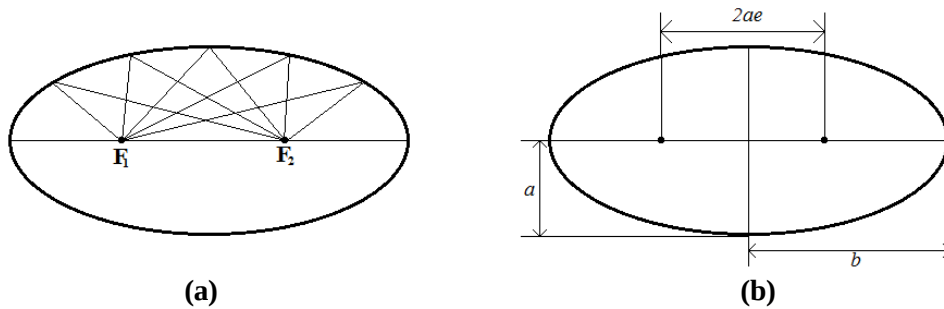
noktadaki nesneyi yakmak için kullanmışlardır [1]. Günümüzde ise reflektörler aydınlatma sistemlerinde ışık yönlendirme sistemi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yansıtıcı yüzeyler; iç mekân aydınlatmalarında, dış ortam aydınlatmalarında, projektör sistemlerinde, otomotiv farlarında, güneş yoğunlaştırıcılarında ve tıbbi sistemler gibi birçok aydınlatma sistemlerinde kullanılmaktadır. Aydınlatma tasarımının esas amacı reflektör kullanarak ışık kaynağı için istenilen aydınlık dağılımını oluşturmaktır [2]. Genellikle, eliptik reflektörlerin kullanımı gömme tavan projektörleri olarak tercih edilmektedir [3].

1879 yılında Thomas Edison ilk elektrikli lambayı icat ederek aydınlanmanın çok daha verimli haline gelmesini sağlamış ve bu aydınlatmada dönüm noktası olmuştur [2]. İlk elektrikli lambanın icadından bu zamana kadar birçok ışık kaynağı geliştirilmiştir. Günümüzde en fazla ilgi gören ışık kaynağı ise güç LED'leridir [4]. LED, aydınlatma alanında yükselen bir teknolojidir. Eskiden LED'ler sadece sinyal lambalarında kullanılmaktaydı. Fakat LED'in enerji verimliliğinde, maliyetinde ve ışık veriminde kayda değer gelişmeler olduğundan günümüzde artık aydınlatma uygulamalarında kullanılmaktadır [5]. Akkor, halojen, yüksek yoğunluklu deşarj ve floresan lambalar dahil olmak üzere geleneksel ışık kaynakları ile karşılaştırıldığında LED ışık kaynaklarının birçok avantajları vardır.

Güç LED'leri geleneksel ışık kaynaklarına göre; düşük güç tüketimine sahip olması, uzun ömürlü olması, küçük boyutlarda olması, tasarım esnekliğine ve yüksek renksel geri verime sahip olması gibi birçok avantajlara sahiptir. Bu avantajlarından dolayı LED'ler aydınlatmada tercih edilmektedir [6]. Bu yeni ışık kaynağı yaşam ve enerji tüketim biçimimizi değiştirmektedir. Yüksek verim korunarak yoğunluğu ve renk sıcaklığı ayarlanabilen LED ışık kaynakları geliştirilmektedir. Yüksek ışık verimliliğe sahip LED ışık kaynakları ile dünya çapında aydınlatmada kullanılan elektrik tüketimi % 50 oranında azalacaktır. Bu amaç doğrultusunda dünyada kullanılan toplam elektrik tüketimi de % 10 oranında azalacaktır [7]. Güç LED'lerinin ışık verimliliğinin ve maliyet performansının hızlı gelişimi ile LED'ler daha fazla ve daha yaygın olarak birçok alanda uygulanmaktadır. Günlük yaşamda LED'ler TV ekranlarında, araç farlarında, ticari aydınlatmalarda, iç ve dış ortam aydınlatmalarında sıklıkla kullanılmaktadır[8].

Lambaya bağlı iyi tasarlanmış verimli reflektörler aydınlatmaya, insan sağlığına ve çevreye fayda sağlamaktadırlar. Bu nedenle çalışmamızda Lambert LED kaynağı ile elips reflektör tasarımı yapılmıştır. Oluşturulan elips reflektörlerin yüzeyleri farklı yansıtıcılığa sahip düzgün yansıtıcı ve farklı yansıtıcılığa sahip yarı-düzgün yansıtıcı malzemeler kullanılmıştır. Elde edilen reflektör tasarımlarının ışık şiddeti dağılımı, aydınlanma dağılımı ve armatür verimliliği optik tasarım programı Photopia 2015 kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca bu bilgisayar tasarım programıyla elde edilen elips reflektör tasarımlarının homojen aydınlık dağılımları da incelenmiştir. Yapılan bu çalışma ile elipsoid yüzeyli reflektörlerin analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu sayede elips reflektörlerin büyüklüğü ve yüzey özelliğine dair farklı seçeneklerin aydınlık dağılımına etkileri belirlenmiştir.

2 ELİPS REFLEKTÖRLER VE YANSIMA SÜRECİ

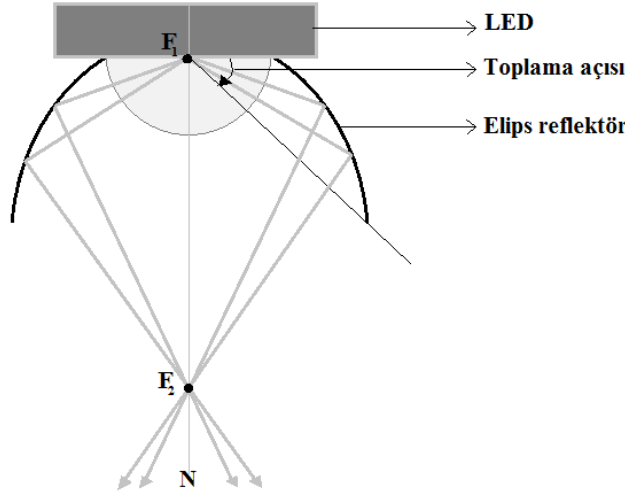


Şekil 1: (a) Elips reflektörde bir ışık kaynağı bir odak noktasına (F_1) yerleştirildiğinde tüm ışıkların diğer odak noktası (F_2) üzerinden geçişi (b) Elipsin a yarı-küçük eksen ve b yarı-büyük eksenin gösterimi [9].

Şekil 1(a)'da elipsin iki odağı olan F_1 ve F_2 arasındaki mesafe $2\sqrt{b^2 - a^2}$ 'dir. Şekil 1(b)'de a ve b eşitlikleri sırasıyla yarı-küçük eksen ve yarı-büyük eksen olarak belirtilmektedir. Elipsin eksenleri arasındaki ilişki ve elipsin f odak parametresi ve e dış merkezliliği aşağıda belirtilmiştir [9].

$$f = \frac{a^2}{b} = b(1 - e^2) \quad (1)$$

$$e = \sqrt{1 - \frac{a^2}{b^2}} \quad (2)$$



Şekil 2: LED kaynağı kullanılarak elde edilen elips reflektör

Şekil 2'de LED ışık kaynağı kullanılarak elde edilen bir elips reflektörün çalışma prensibi şematik olarak gösterilmektedir. Şekil 2'de $F_1 - F_2$ olarak ifade edilen uzunluk, elipsi oluşturan iki odak arasındaki mesafedir. Elipsin F_1 odağına yerleştirilen LED ışık kaynağından elips reflektöre gelen ışınlar, elips reflektörden yansıyarak F_2 odağından geçmektedir. Daha sonra F_2 odağında toplanan her ışın gelme doğrultusunda aydınlatılacak düzleme doğru dağılır. Toplama açısı elips reflektörlü aydınlatmada aydınlık dağılımına etki eden diğer bir parametredir. Toplama açısının taradığı açı Şekil 2'de gösterilmektedir. Buna göre toplama açısının azalması ve artmasına göre reflektörün şeklide değişmektedir.

Optik kısmın verimliliği armatürün ışık akısı $\Phi_{\text{armatür}}$ 'nin armatür içindeki tüm ışık kaynaklarının ışık akılarının toplamı arasındaki orana eşittir. Bu oran aşağıda verilen bağıntıyla tanımlanmaktadır [10];

$$\text{LOR} = \frac{\Phi_{\text{armatür}}}{\sum_{i=1}^n \Phi_{\text{kaynak}}} 100[\%]. \quad (3)$$

Burada n , kullanılan lamba sayısını, Φ_{kaynak} ise bir kaynaktan yayılan ışık akısını ifade etmektedir. Aydınlatmanın düzgünlüğü ise U_E olarak tanımlanır. Aydınlanma düzgünlüğü U_E bağıntısı aşağıda verilmiştir. [11];

$$U_E = \frac{E_{\min}}{E_{\text{ort}}}. \quad (4)$$

Burada $E_{\min}$ ve E_{ort} sırasıyla hedef bölgedeki minimum ve ortalama aydınlatmaları ifade etmektedir.

Bu çalışmada Amerikan CREE firmasının ürettiği 2mm x 2mm Lambert güç LED kaynağı kullanılmıştır. Bu ışık kaynağı etkinlik faktörü değerinin (lm/W) yüksek olmasına ve yayılma

özelliğine göre seçilmiştir. Bu sayede seçilen LED kaynağının reflektörle enerjinin korunumuna olan katkıları incelenmiş ve belirlenmiştir. Kullanılan LED'in özelliği Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Hesaplama da kullanılan güç LED'in özellikleri

Lamba tipi	Üretici	Rengi	Sürme akımı (mA)	Işık akısı (lm)	Güç (W)	Etkinlik faktörü (lm/W)
LED XM-L Xlamp 2mm x 2mm Lambertian	CREE	Cool White	700	280	2.03	137.9

Tablo 2. Kullanılan yansıtıcı malzemelerin yansıtıcılık özellikleri

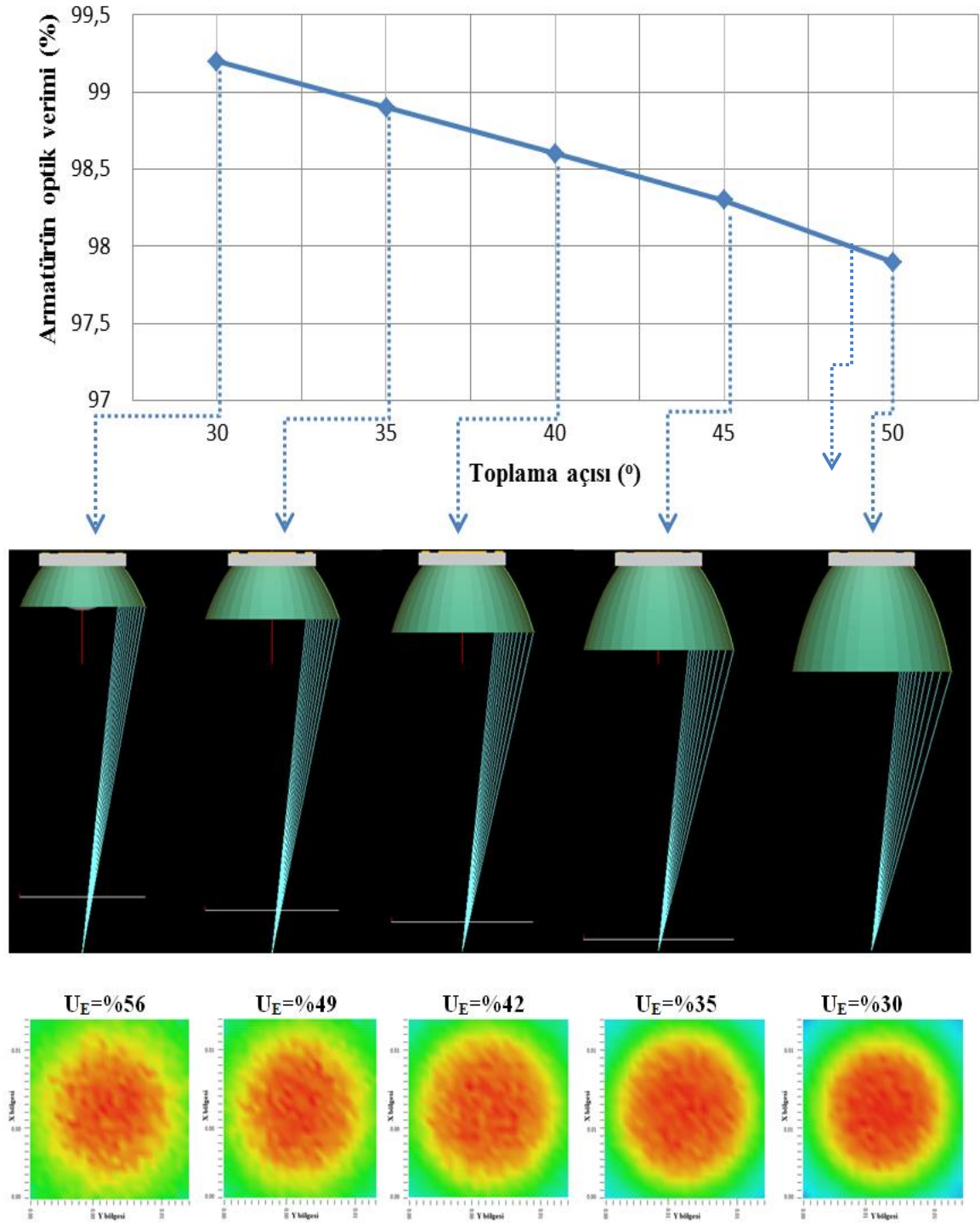
Üretici	Markası	Özelliği	Yansıtıcılığı (%)
Alanod	322 G/3	Düzgün yansıma alüminyum	85
ACA Corp.	912MB	Yarı-düzgün yansıma alüminyum	85
Alanod	319 G/2	Düzgün yansıma alüminyum	88
Satma	2003	Yarı-düzgün yansıma alüminyum	88
Generic	SPEC 96	Düzgün yansıma yüzeyi	96
ACA Corp.	417ME	Yarı-düzgün yansıma alüminyum	96

Kullandığımız LED kaynağı için elips reflektörler tasarlanmıştır. Bu tasarlanan her bir elips reflektörün iki odak arasındaki mesafesi 20 mm de sabit tutulmuştur. Toplama açıları 30°, 35°, 40°, 45° ve 50° olarak ayarlanarak armatürün optik verimliliği ve E_{min} , E_{max} , E_{ort} değerleri incelenerek aydınlanmanın düzgünlüğüne olan katkıları belirlenmiştir. Bu doğrultularda elde edilen reflektör profillerinde farklı yansıtıcılığa sahip düzgün yansıtıcı ve farklı yansıtıcılığa sahip yarı-düzgün yansıtıcı malzemeler kullanılmıştır. Kullanılan yansıtıcı malzemelerin özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Şekil 3'te görüldüğü üzere toplama açısı arttıkça, armatürün optik verimliliği ve aydınlanmanın düzgünlük değerleri azalmaktadır. Toplama açısı 30° - 50° arasında arttıkça aydınlığın düzgünlük değerleri de % 56 - % 30 arasında azalmaktadır. Her bir toplama açısına göre elde edilen aydınlık dağılımı şekillerine bakıldığında da bu durum açıkça görülmektedir.

Elips reflektörlerin iki odak arasındaki mesafesi 20 mm olarak kabul edilmiş ve farklı toplama açılarına göre, 2mm x 2mm Lambert güç LED kaynağı kullanılmıştır. 6 farklı malzemenin her biri için 5 farklı toplama açısına sahip bu elips reflektörlerin analizleri elde edilmiştir. Tablo 4'de XM-L Xlamp 2mm x 2mm Lambert güç LED' i kullanarak oluşturulan elips reflektörün iki odak arasındaki mesafesi 20 mm olduğunda elde edilen analiz sonuçları verilmiştir. Toplama açılarına göre elips reflektörlerin reflektör ağız açıklığı değiştiğinden her bir toplama açısına göre aydınlatma düzleminin alanı değiştirilmiştir. Bu sayede analizlerden elde edilen değerler ile reflektörlü aydınlatmanın tüm kuralları dikkate alınarak optimum sonuçlar elde edilmiştir. Optik tasarım programı, 2.500.000 ışınla hassas bir şekilde çalıştırılmış ve aydınlık dağılımı değerleri bu doğrultuda elde edilmiştir.

XM-L XLamp, SPEC 96, $F_1-F_2=20\text{mm}$



Şekil 3: İki odak arası mesafesi 20 mm olan XM-L XLamp LED lambasıyla oluşturulan Elips reflektörün, % 96 yansıtıcılığa sahip düzgün yansıma yapan malzemeyle kaplı olduğu durumdaki toplama açılara göre armatürün optik verimliliğine olan etkisinin örnekleri gösterilmiştir. Bu değerlere karşın aydınlatmanın düzgünlük değerlerinin şekilleri oklar yardımıyla belirtilmiş ve düzgünlük değerleri belirtilmiştir.

Tablo 3. Elips Reflektörlerde XM-L Xlamp 2mm x 2mm Lambertian güç LED'i kullanılarak elde edilen aydınlanmanın düzgünlüğünü oluşturan değerlerin optik verimliliklerine ilişkin değerleri

Lamba Tipi	İki odak arası mesafe (mm)	Toplama Açısı (°)	Malzeme Tipi	E_{max} (lm/m ²)	E_{min} (lm/m ²)	E_{ort} (lm/m ²)	E_{min}/E_{ort} (%)	E_{min}/E_{max} (%)	Armatürün Optik Verimliliği (%)
XM-L Xlamp 2mm x 2mm Lambertian cool White (700mA)	20	30	322 G/3	1.108.703	487.673	810.498	0,60	0,44	95,9
			912MB	806.887	403.553	602.794	0,67	0,50	95,1
			319 G/2	1.179.414	486.994	857.914	0,57	0,41	97,2
			2003	982.545	468.818	744.046	0,63	0,48	96,3
			SPEC 96	1.242.938	508.481	910.969	0,56	0,41	99,2
			417ME	1.002.176	468.306	737.416	0,63	0,47	98,4
		35	322 G/3	1.315.737	500.614	950.294	0,53	0,38	94,5
			912MB	919.426	436.691	675.544	0,65	0,47	93,4
			319 G/2	1.390.957	517.304	1.013.074	0,51	0,37	96,2
			2003	1.166.248	487.643	860.332	0,57	0,42	95,0
			SPEC 96	1.482.885	535.838	1.082.085	0,49	0,36	98,9
			417ME	1.201.416	486.185	849.361	0,57	0,40	97,8
		40	322 G/3	1.510.576	498.466	1.089.563	0,46	0,33	93,0
			912MB	1.008.255	461.504	747.374	0,62	0,46	91,5
			319 G/2	1.608.752	503.318	1.166.174	0,43	0,31	95,2
			2003	1.363.050	535.754	971.637	0,55	0,39	93,6
			SPEC 96	1.745.987	532.804	1.251.566	0,42	0,30	98,6
			417ME	1.333.619	495.827	957.956	0,52	0,37	97,1
		45	322 G/3	1.746.392	469.559	1.212.575	0,39	0,27	91,4
			912MB	1.112.469	428.719	813.343	0,53	0,38	89,4
			319 G/2	1.858.160	454.308	1.304.800	0,35	0,24	94,1
			2003	1.558.039	506.191	1.069.967	0,47	0,32	92,1
			SPEC 96	2.005.031	486.249	1.404.316	0,35	0,24	98,3
			417ME	1.536.742	520.531	1.049.537	0,50	0,34	96,3
		50	322 G/3	1.960.196	453.693	1.296.732	0,35	0,23	89,8
			912MB	1.197.467	476.396	859.828	0,55	0,40	87,2
			319 G/2	2.095.012	423.972	1.397.759	0,30	0,20	93,0
			2003	1.692.463	501.214	1.134.740	0,44	0,30	90,6
			SPEC 96	2.267.162	457.054	1.507.650	0,30	0,20	97,9
			417ME	1.667.922	524.119	1.116.308	0,47	0,31	95,5

3 SONUÇ

Bu çalışmada LED kaynağı kullanan elips reflektörlerin yansıtıcı yüzey değişimleri ve kullanılan yansıtıcı malzemenin özelliklerinin aydınlık dağılımına etkileri incelenmiştir. Elips reflektörlerde kullanılan güç LED kaynağı için aydınlık dağılımındaki düzgünlüğün en iyi sonuçlarını veren durumlar elde edilmiştir. Bu belirlemeler armatürün optik verimliliğinin yüksek olduğu durumlarda ele alınmıştır. Elips reflektörü oluştururken reflektörün toplama açısı değeri olabildiğince çok değerlerde değiştirilmiş, en iyi sonuçların elde edildiği durumlar bu çalışmada belirtilmiştir. Bu çerçevede toplama açısı arttıkça aydınlatılan düzlemin düzgünlüğü ve armatürün optik verimi azalmıştır. Armatürün optik verimliliğinin yüksek olmasıyla ışığın reflektör içinde boşa harcanmaması sağlanmıştır. Böylece bu optimum sonuçlar doğrultusunda aydınlatmaya yönelik tüketilen enerjinin korunumu sağlanmıştır. Ortaya konan sonuçlar, aydınlık dağılımı ve armatürün optik verimliliği açılarından istenen koşulların elde edilmesini sağlamaktadır. Sonuç olarak bu çalışma elips reflektörlü aydınlatma armatürü tasarımında örnek alınacak bir çalışma olarak göz önüne alınabilir.

4 KAYNAKLAR

- [1] Fournier F. M.S. University of Central Florida, B.S. Institut d'Optique, Doctor of Philosophy, "Freeform Reflector Design with Extended Sources" (2010), pp. iv.
- [2] Wang L. The University of Arizona, College of Optical Sciences, Doctor of Philosophy, "Design, Modeling and Testing of Optical Surfaces in Illumination Optics" (2010), pp. 16-18.
- [3] Ganslandt R., Hofmann H. ERCO Edition. "Handbook of Light Design" (1992), pp. 90.
- [4] Tsuei C.H., Pan J.W., Sun W.S. (2008). Simulating The Illuminance and The Efficiency of The LED and Fluorescent Lights Used in Indoor Lighting Design. Opt. Express, pp. 18692–18701
- [5] Prins C., Boonkamp J.T., Tukker T. and Uzerman W. (2014). An Inverse Method for Color Uniformity in White LED Spotlights. Journal of Mathematics in Industry, pp. 1-19.
- [6] Chiang C.W., Hsu Y.K. Pan, J.W.(2015). Design And Demonstration of High Efficiency Anti-Glare LED Luminaires for Indoor Lighting. Opt. Express, pp. A15-A26.
- [7] Tsao J.Y. (2004). Solid-State Lighting: Lamps, Chips, and Materials for Tomorrow. IEEE CIRCUITS & DEVICES MAGAZINE. pp. 28-37.
- [8] Wang K., Wu D., Qin Z., Chen F., Luo X., and Liu S. (2011). New Reversing Design Method for LED Uniform Illumination. Opt. Express, pp. A830-A840.
- [9] Canavesi C. University of Rochester, Edmund A. Hajim School of Engineering and Applied Sciences, Doctor of Philosophy, "Subaperture Conics and Geometric Concepts Applied to Freeform Reflector Design for Illumination" (2013), pp. 123
- [10] Web-1: <http://www.ledacademy.net/wp-content/uploads/2015/03/lesson2.pdf>, consulted 10 February 2014.
- [11] Chen H.C., Lin J. Y. and Chiu H.Y. (2013). Rectangular Illumination Using A Secondary Optics with Cylindrical Lens for LED Street Light. Opt. Express, pp. 3201-3212.



Reflector Design in Lighting System with Solar Panel

Ömer Faruk Farsakoğlu

Kilis 7 Aralik University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kilis, Turkey

İpek Atik

Kilis 7 Aralik University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kilis, Turkey

Nurdal Watsuji

Gaziantep University Department of Electrical and Electronics Engineering, Gaziantep, Turkey

ABSTRACT

The energy consumption and energy need gradually increase along with the developing technology. Seeking for new resources has emerged to cover for the demanded energy. Renewable energy resources have an important share to cover for the energy need recently. Renewable energy resources are widely used in the lighting field. LED lighting systems with solar panel are one of them. Designing an appropriate LED reflector is highly important to benefit from the LED technology at optimum productivity.

In our study, LED reflector with solar panel has been designed to use for multiple LED string outdoor lighting. In order for LED reflector to be at maximum productivity; parabol surfaces, which have different light gathering angle, are used for the LEDs. The surfaces have been covered with the material, which has coefficient of reflecting the light differently. The analyses have been conducted by using the computer software program. Luminous intensity formed in the surfaces defined in the analysis and illumination distribution data have been obtained. Optical efficiency values of designed reflectors are obtained. Multiple source shadow effect has been considered in the multiple LED strings.

Keywords: Renewable energy, solar panel, LED technology, reflector design, aspheric surface

Güneş Panelli LED Aydınlatma Sistemlerinde Reflektör Tasarımı

ÖZET

Gelişen teknoloji ile birlikte enerji kullanımı ve enerjiye olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Talep edilen enerjiyi karşılama yönünde yeni kaynak arayışları ortaya çıkmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları son zamanlarda enerji ihtiyacını karşılama yönünde önemli bir paya sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları aydınlatma alanında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş panelli LED aydınlatma sistemleri de bu kullanımlardan biridir. LED teknolojisinden optimum verimlilikte faydalanabilmek için uygun LED reflektör tasarımı oldukça önemlidir.

Çalışmamızda çoklu LED dizilişli dış alan aydınlatmalarında kullanılabilecek, güneş panelli LED reflektör tasarımı yapılmıştır. LED reflektörün maksimum verimlilikte olabilmesi için; LEDler de farklı ışık toplama açısına sahip parabol yüzeyler kullanılmıştır. Kullanılan yüzeyler ışığı farklı yansıtma katsayısına sahip malzemelerle kaplanmıştır. Analizler bilgisayar software programı

kullanılarak yapılmıştır. Analizlerden tanımlanan yüzeylerde oluşan aydınlık yoğunluğu, aydınlık dağılımı verileri elde edilmiştir. Tasarımları yapılan reflektörlere ait optik verim değerleri elde edilmiştir. Çoklu LED dizilimlerinde multiple source shadow effect etkisi gözönüne alınmıştır

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, güneş paneli, LED teknolojisi, reflektör tasarımı, asferik yüzey

1 GİRİŞ

Artan enerji kullanımını karşılamak için alternatif enerji kaynakları araştırılmaktadır. Son dönemlerde yenilenebilir enerji kaynakları bu konuda büyük öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları konusunda yapılan uygulamalar gün geçtikçe gelişmektedir. Tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık % 20'lik kısmı aydınlatma sistemlerinde kullanılmaktadır. Aydınlatma teknolojisinde güneş panelli entegre sistemler sayesinde büyük oranda enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu sistemler özellikle dış alan uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Aydınlatma konusunda LED teknolojisi son yıllarda sağladığı avantajlardan dolayı ön çıkmıştır.

LED aydınlatma sistemleri; geleneksel flüoresan lambasına karşın ortalama 1/8 güç tüketimi sağlamaktadır [1]. Ömrü çok uzundur 100.000 saat, şoka dayanıklıdır [2]. LED'ler, filamanları olmadıkları için, sıradan bir elektrik ampulü kırılırken, onlar bu koşullar altında zarar görmezler. Yüksek verimli aydınlatma sağlar [3]. Enerji tasarrufu sağlar ve bakıma ihtiyaç duymaz. Göz alıcıdır ve emniyet düşünülmüştür. Çok düşük sıcaklık ve düşük ışık kirliliği sağlar [4]. Elektromanyetik çatışma yoktur [5]. Hem iç mekânda, hem de dış mekânda suya dayanıklıdır. Tek ve çok renk elde edilebilir [6]. Diyot oldukları için, dijital dünyayla daha kolay uyum sağlarlar. Yüksek yoğunluk, yüksek kontrast, hatta parlaklıkları vardır. Düşük güç tüketimi ve ısı dağıtma özelliği vardır. Çevre dostudur yapılarında ağır metalleri içermezler [6]. Bu sebeplerden ve daha gelişmekte olan LED Aydınlatma Teknolojisi'nden dolayı LED ile aydınlatma tercih sebebidir.

LEDlerin avantajlarından istenilen derece faydalanabilmek için uygun termal, elektriksel ve optik şartların sağlanması gereklidir. LEDlerin termal verimleri uygun soğutucu sistem tasarımı ile yapılabilir. Elektrik verimi uygun sürücü tasarımıyla sağlanabilir. Optik verimlilik ise LED için uygun reflektör tasarımına bağlıdır.

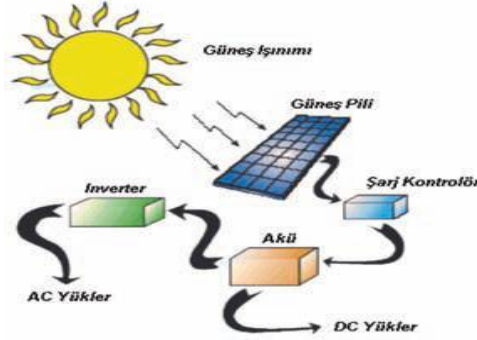
Çalışmamızda çoklu LED dizilimli, güneş paneli ile beslenen LED aydınlatma tasarımı yapılmıştır. LED aydınlatmasında maksimum verimlilikteki LED reflektör uygulaması için LTI Optic Photopia Version 2015 programı kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen veriler tablo ve şekillerle sunulmuştur.

2 GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM AŞAMALARI

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde güneş pilleri veya fotovoltatik pil denilen ekipmanlar kullanılır. Bu ekipmanlar güneşten alınan foton enerjisini yarıiletken teknolojisi yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürürler. Güneş pilleri ile üretilen doğru akım şarj regülatörü batarya gibi ekipmanlar yardımıyla depolanır. Inverter gibi ek ekipmanlar sayesinde alternatif akıma çevrilir. Böylelikle üretilen enerjinin kullanımı sağlanır.

Günümüzde güneş pilleri kullanılarak yapılan elektrik enerjisi üretimi verimini artırma yönünde çalışmalar sürmektedir. Bununla ilgili örneğin çift yönlü güneş takip sistemi kullanılmaktadır. Bu sistem ile sabit sisteme göre yüzde 41.34'lük daha fazla enerji üretimi gerçekleştirilmektedir [7].

Ayrıca güneş pillerinin verimini arttırmak için yüzey temizliği yapılmalı, soğutma sistemi kullanılmalı, gölgelenmenin önlenmesi sağlanmalıdır. Şekil 1'de güneş pili kullanarak elektrik üretimi akış şeması verilmiştir.



Şekil 1: Güneş pili elektrik üretimi ve akış diyagramı [8].

3 LED REFLEKTÖR TASARIM VE ANALİZİ

LED armatür tasarımında temel olarak iki yöntem izlenebilir. Bunlar; mevcut bir armatür içerisine LED bir ışık kaynağı yerleştirmek veya LED için yeni bir armatür tasarlamaktır. İkinci yöntem birinci yönteme göre daha verimli sonuçlar verir. Çünkü yeni tasarımda, LED'lerin elektriksel, optik ve ısıl performansları dikkate alınabilir. Birinci yöntemde tasarım ışık kaynağının özelliklerine göre yapılmadığı için daha verimsiz olabilir. Çalışmamızın amacı yüksek verimli ve kullanılan LED için en uygun reflektör tasarımını yapmaktır.

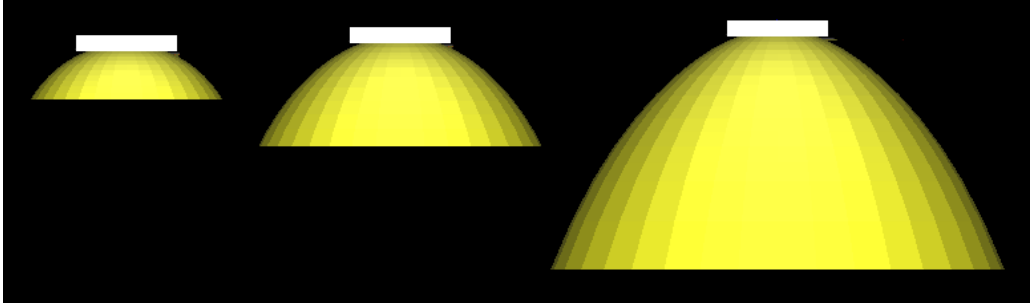
Yapılan analizlerde Nichia marka, 350mA sürme akımına sahip, beyaz renkli, 112,6 lm/W etkinlik değerinde LED kullanılmıştır [9]. Kullanılan LED için ışığı farklı toplama açılarına sahip parabolit yansıtıcı tasarımları yapılmıştır. Işığı toplama açıları 30°, 40° ve 50° olarak belirlenmiştir. Bu toplama açılarına sahip parabolit yansıtıcılarda farklı yansıtma katsayılarına sahip malzemeler kullanılmış ve ışık dağılımlarının düzgünlüğü incelenmiştir. Farklı yansıtma katsayılarına sahip malzemelerin bilgisi aşağıda Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan farklı yansıtma katsayısına sahip malzeme verileri [10].

Üretici Firma	Kodu	Türü	Yansıtma Oranı (%)
Alanod	1200 Matt	Yansıtıcı yüzey	77
Alanod	1500 G/4	Yansıtıcı yüzey	87
Alanod	Miro 4	Yansıtıcı yüzey	98

İlk aşamada ele alınan farklı toplama açılarına sahip yansıtıcı yüzeylerin farklı yansıtıcı malzemeler kullanılması durumu analiz edilmiştir. Aydınlık dağılımının düzgünlüğüne ilişkin değerlendirme yaparken, yansıtıcıdan doğrudan ve yansıyarak çıkan tüm ışıkların aydınlatıkları toplam alan değil, yalnızca yansıtıcıdan yansıyarak çıkan ışığın yayılma alanı dikkate alınmıştır. Bir başka deyişle parabolit yansıtıcının geometrisi gereği, aydınlanan toplam alanın yaklaşık olarak yansıtıcının ağız açıklığına eşit büyüklükteki bölümünde minimum E_{min} , ortalama E_{ort} ve maksimum E_{mak} aydınlık düzeyleri saptanmış ve aydınlık dağılımındaki düzgünlük E_{min}/E_{mak} ve E_{min}/E_{ort} değerleri bağlamında değerlendirilmiştir. Aydınlık dağılımına ilişkin yapılan değerlendirmede 2.500.000 ray tracing kullanılmıştır.

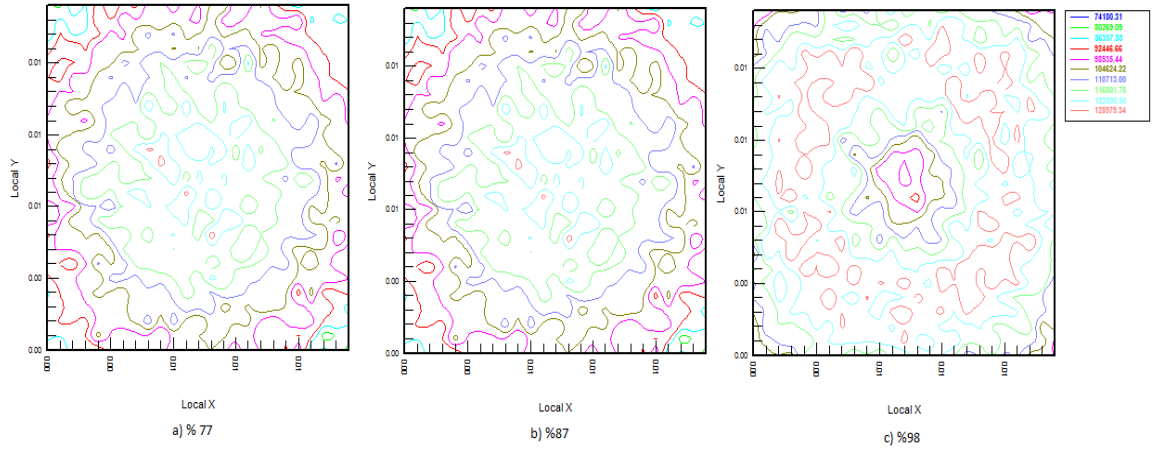
Aydınlık dağılımlarının düzgünlüğünü karşılaştırabilmek amacıyla farklı toplama açılarına sahip parabolit yansıtıcıların her bir malzeme türündeki analizleri yapılmıştır.



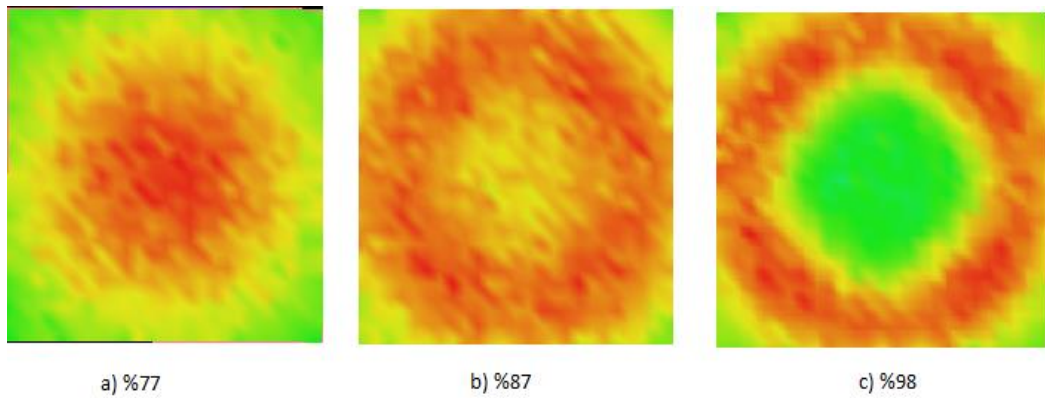
Şekil 2: Analizi yapılan yansıtıcılara örnekler
(parabol yüzeyler, ışık toplama açıları sırasıyla 30° , 40° ve 50°).

Tablo 2. Parabolit Yansıtıcıda Nichia 112,6 lm/W LED kullanıldığı durumda oluşan aydınlığın niceliği ve düzgünlüğüne ilişkin değerler.

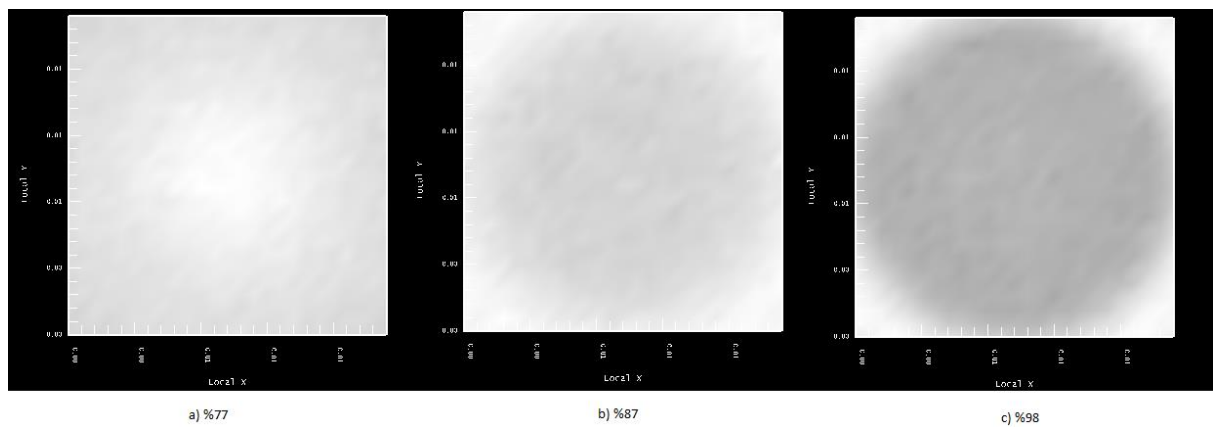
Lamba Türü	Işık Toplama Açısı ($^{\circ}$)	Yansıtıcı Malzeme	E_{min} (lm/m^2)	E_{mak} (lm/m^2)	E_{ort} (lm/m^2)	Armatür Optik Verimi (%)	E_{min}/E_{ort}	E_{min}/E_{mak}
Nichia Power LED (112,6 lm/W)	30	1200 matt	77.539	132.023	106.594	95,40	0,73	0,59
		1500 matt	89.955	140.379	117.855	97,80	0,97	0,64
		Miro4	90.770	143.146	120.187	99,60	0,97	0,63
	40	1200 matt	89.689	169.089	130.801	91,50	0,69	0,53
		1500 matt	109.310	146.446	172.502	95,80	0,75	0,63
		Miro4	77.810	147.073	191.994	99,01	0,53	0,41
	50	1200 matt	115.845	154.548	208.906	85,80	0,75	0,55
		1500 matt	106.449	202.763	143.272	93,10	0,74	0,52
		Miro4	72.881	251.567	117.375	98,10	0,62	0,29



Şekil 3: 30° ışık yayma açılı paraboloid yansıtıcıda Nichia 112,6 lm/W LED kullanıldığı durumda %77, %87 ve %98 yansıtıcı malzeme kullanımında oluşan aydınlığın niceliği ve düzgünlüğüne ilişkin değerler.

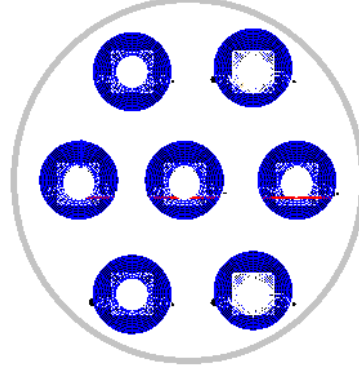


Şekil 4: 40° ışık yayma açılı Paraboloid yansıtıcıda Nichia 112,6 lm/W LED kullanıldığı durumda %77, %87 ve %98 yansıtıcı malzeme kullanımında oluşan aydınlığın eşyüksekti eğrileri.



Şekil 5: 30° ışık yayma açılı paraboloid yansıtıcıda Nichia 112,6 lm/W LED kullanıldığı durumda %77, %87 ve %98 yansıtıcı malzeme kullanımında oluşan gölge efekti gösterimi.

Yapılan analizlere göre optik verimlilik en fazla olarak Nichia LED de 30° lik ışık toplama açılı parabol yansıtıcı yüzeyde Miro4 yansıtıcı malzeme kullanımında oluşmuştur. Maksimum verimlilikte olan bu tasarımın çoklu LED dizilimi yapıldı. Yapılan çoklu LED diziliminde multiple source shadow effect etkisi göz önüne alındı.



Şekil 6: Çoklu LED dizilimi 7 adet Nichia marka LED kullanılan dizilim.

Örnek durumlar için sonuçların sunulduğu Tablo1 de ve Şekillerde görüldüğü gibi, genel olarak;

- Kullanılan tüm yansıtıcı malzemeler için paraboloid yansıtıcının toplama açısı büyüdükçe
- ❖ Yararlanılan yansıtıcı yüzeyin boyutunda büyüdüğünden aydınlık düzeyi (E_{max} , E_{min} , E_{avg}) artmakta,
- ❖ Aydınlanma dağılımının düzgünlüğü azalmaktadır.
- Kullanılan tüm toplama açıları için, yansıtıcı gerecin biçimi düzgün yansımada yayınık yansımaya doğru gittikçe yani yansıtma katsayısının değeri azaldıkça,
- ❖ Aydınlanma düzeyi (E_{max} , E_{min} , E_{avg}) düşmekte,
- ❖ Aydınlanma dağılımının düzgünlüğü artmaktadır.
- Kullanılan yansıtıcı malzemeler için paraboloid yansıtıcının toplama açısı büyüdükçe aydınlatma aygıtının optik geriverimi artmaktadır.
- Kullanılan tüm materyal ve paraboloid yansıtıcının toplama açısı değerleri için optik verim en yüksek değerine paraboloidin ışık toplama açısı 30° olduğunda ve yüzey Miro4 silver malzemeye kaplandığında elde edilmiştir. Yansıtıcı malzemenin yansıtma katsayısı azaldıkça optik geri verim azalmaktadır.

4. SONUÇLAR

Gelişen yenilenebilir enerji teknolojilerinden doğru faydalanabilmek adına yapılan LEDli uygulama dış alanlarda kullanılabilir. Enerji üretimi güneş enerjili LED paneli sayesinde yapılmaktadır. Güneş panellerinden beslenen LEDler için, doğru reflektör tasarlamak da oldukça önemlidir. Ancak doğru tasarımlar yapıldığı zaman LEDten istenilen sonuç alınabilir. Çalışmada güç LED teknolojisi, reflektör tasarım parametrelerinin belirlenmesi yönünde analizler yapılmıştır. Farklı yansıtma açısına sahip power LEDler için yansıtıcı malzeme ve reflektör toplama açısına bağlı değişimlere bağlı sonuçlar elde edilmiştir. Tasarımı yapılan reflektörlere ait armatür optik verimlilik, minimum and maksimum aydınlık dağılımı verileri elde edilmiştir. Yansıtıcı malzeme yansıtma katsayısının artmasına bağlı olarak reflektör aydınlık dağılımı ve optik verimde elde edilen değişimler detaylı olarak incelenmiştir. Reflektör aydınlık dağılımına ilişkin görsel verilere yer verilmiştir. LEDin ışık yayma açısının, reflektör tasarım parametreleri ile olan ilişkisi incelenmiştir. Uniform aydınlık düzeyinin sağlanması yönünde parametre değerlerindeki değişimler incelenmiş ve analiz edilmiştir. Analiz sonuçları gerçek değerleri yansıtan bilgisayar software programları kullanılarak yapılmıştır. Böylelikle protip üretimi için yapılacak olan zaman kaybı önlenmiştir. LED teknolojisi hakkında analizlerden elde edilen sonuçların gelişmekte olan LED teknolojisine fayda sağlayacağı öngörülmektedir.

REFERANSLAR

- [1] Web-1:<http://www.ledsmagazine.com/ugc/2010/01/lighting-science-group-announces-new-directors.html> Consulted 10 January 2015.
- [2] Chen J., Sloan P., Legrand W. (2010). Sustainability in the Hospitality Industry, Routledge, pp. 25.
- [3] Kostic A.M., 'Light-emitting diodes in street and roadway lighting – a case study involving mesopic effects', Lighting Research and Technology, 45, 2013, pp.217-220.
- [4] Aubé M., Roby J., Kocifaj M. 'Evaluating Potential Spectral Impacts of Various Artificial Lights on Melatonin Suppression, Photosynthesis, and Star Visibility' Plos One, vol.8, issue 7, 2013, pp. e67798.
- [5] Liu S., g Luo X. (2011). LED Packaging for Lighting Applications: Design, Manufacturing, and Testing, John Wiley & Sons, pp.284-290.
- [6] Lim, S., Kang, D., Ogunseitan, O., Schoenung, J. (2011). Potential environmental impacts of light-emitting diodes (LEDs), metallic resources, toxicity, and hazardous waste classification. Environmental Science & Technology. 45, pp. 320–327 .
- [7] Abdallah, S., Nijmeh, S.: 'Two axes sun tracking system with PLC control', Energy Conversion and Management, 45,(1112), July 2004, pp. 19311939.
- [8] Web-2:<http://www.gunser.com.tr/a9.asp>, Consulted 25.03.2015 .
- [9] Web-3:http://www.nichia.co.jp/en/product/led_catalogue.html Consulted 15 January 2015.
- [10] Web-4:<http://www.alanod.com/en/data-sheets> Consulted 02December 2015.



Electrical Energy Production from Solar Energy and The Potential of Solar Energy in Kilis

Ömer Faruk FARSAKOĞLU

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kilis, 79000

İbrahim ÇELİK

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kilis, 79000

Habip Yusuf HASIRCI

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kilis, 79000

ABSTRACT

Nowadays, one of the most important agenda topics in developed and developing countries is the energy. The energy production is continuously increasing in parallel with the population growth, industrialization, the level of social development and the technological progress. The demand of electrical energy has been increasing fast recently. The most of energy productions are supplied from limited fossil fuel reserves, such as petrol, coal and gas. In Turkey, a large part of electricity generation is made by imported energy sources due to the lack of available fossil resources. Consequently, the current energy resources should be used more efficiently. In this case, the effective use of renewable energy sources is strongly important. There is a significant potential of solar energy in Turkey compared with EU countries. However, the amount of utility from the solar energy is very low. The Southeastern part of Turkey has the most solar energy potential in Turkey. In this respect, Kilis has serious potential in terms of solar energy. In this study, the solar energy potential of Kilis was investigated. The value of global solar radiation and sunshine duration values were examined on monthly basis. According to global solar radiation and sunshine duration values was evaluated in terms of the present situation in Turkey. Also, in Kilis, precautions which should be taken into account to increase the use of solar energy were discussed.

Keywords: Renewable Energy, Kilis, Solar Energy, Electrical Energy, Energy consumption

Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi ve Kilis İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

ÖZET

Günümüzde, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde en önemli gündem maddelerinden biri enerjidir. Enerji üretimi; nüfus artışı, sanayileşme, sosyal kalkınma düzeyi ve teknolojik gelişmelere paralel olarak sürekli artış göstermektedir. Elektrik enerjisi talebi günden güne çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminin büyük bir bölümü sınırlı olan fosil kaynaklı; petrol, kömür ve gaz rezervlerinden sağlanmaktadır. Ülkemizde mevcut fosil kaynakların yetersizliği sebebiyle elektrik enerjisi üretiminin büyük bir kısmı ithal kaynaklarla yapılmaktadır. Bu nedenle mevcut enerji kaynaklarının daha verimli şekilde kullanılması öneme haizdir. Bu çerçevede yenilenebilir enerji kaynaklarının da etkili bir şekilde kullanılması büyük önem arz etmektedir. Ülkemiz AB ülkeleri ile kıyaslandığında önemli bir güneş enerji potansiyeline sahiptir. Fakat ne yazık ki, güneş enerjisinden faydalanılması düşük seviyelerdedir.

Ülkemizde en fazla güneş enerjisi potansiyeline Güneydoğu Anadolu Bölgesi sahiptir. Bu çerçevede Kilis ili, güneş enerjisi kaynağı bakımından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada Kilis ilinin güneş enerji potansiyeli ele alınmıştır. Aylık bazda güneşlenme süresi değerleri ve global radyasyon değerleri incelenmiştir. Güneş enerjisi global radyasyon değeri ve güneşlenme süresi bakımından Kilis ilinin ülkemizdeki durumu değerlendirilmiştir. Ayrıca Kilis ilinde, güneş enerjisinden faydalanımın artırılması için alınması gereken tedbirler tartışılmıştır.

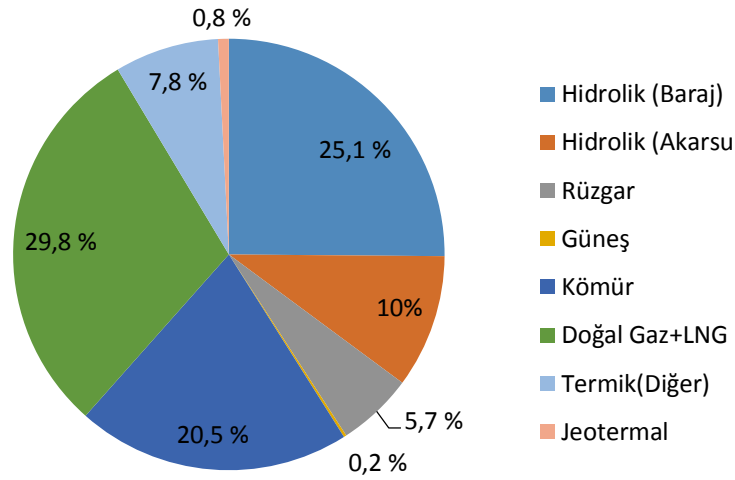
Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Kilis İli, Güneş Enerjisi, Elektrik Enerjisi, Enerji tüketimi

1 GİRİŞ

Günümüzde enerji üretiminin büyük bölümü sınırlı olan fosil kaynaklı; petrol, kömür ve gaz rezervlerinden sağlanmaktadır. Buna karşılık nüfus artışı ve teknolojik gelişmelere paralel olarak dünyanın enerji ihtiyacı her geçen yıl yaklaşık olarak % 4 - % 8 oranında arttığı göz önünde bulundurulursa yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ortaya çıkmaktadır [1-2]. Bunun yanında fosil kaynaklı yakıtların çevre ve insan sağlığı üzerinde birçok zararlı etkisi vardır. Dünyadaki ekolojik dengenin etkilenmemesi, enerji ve çevre etkileşiminde ortaya çıkabilecek çevresel bozulmaların minimumda tutulabilmesi bakımından yenilenebilir enerji kaynakları dünyanın geleceği açısından son derece önemlidir [3].

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında ise güneş enerjisi doğal, baskın, ergonomik, bol kullanışlı ve çevre dostu olması nedeniyle ön plana çıkmaktadır. Güneşten dünyaya gelen enerjinin yoğunluğu atmosferin üzerinde m^2 başına 1.35 kW kadardır. Bu yoğunlukta dünya çapının kapladığı alana gelen güneş gücü 178×10^6 MW düzeyindedir. Dünyanın tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi, 1.22×10^{14} TET (Ton Eşdeğer Taş Kömürü) ya da 0.814×10^{14} TEP (Ton Eşdeğer Petrol) gibi devasa boyutlardadır. Başka bir ifadeyle bir yılda dünyaya gelen güneş enerjisi bilinen kömür rezervinin 50 katı, bilinen petrol rezervinin 800 katına denk gelmektedir [4]. IEA-Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency) tarafından yapılan çalışmada, mevcut enerji politikaları ve enerji arzı tercihlerinin devam etmesi durumunda 2009 ile 2035 yılları arasında dünya enerji talebinin %51 oranında artacağı ifade edilmektedir. Bu durumda dünyada birincil enerji talebi 2035 yılına kadar 0.183×10^{14} TEP düzeyine ulaşacaktır [5]. Buradan yola çıkarak dünyada güneş enerjisi kullanım zorunluluğu, nüfus artışı, sanayileşme ve çevresel olgular, göz önünde bulundurduğunda hayati önem taşımaktadır.

Türkiye, mevcut enerji kaynakları itibarıyla enerji zengini bir ülke değildir. Mevcut durum göz önüne alındığında, tüketilen enerjinin % 72'si ithal edilmektedir [6]. 2012'de enerji maddeleri ithalatı, 60 Milyar Dolar iken 2013'te bu rakamın 55,9 Milyar Dolar olarak gerçekleşmiştir. Bu gerileme, 2014 yılında da sürmüş, enerji ham maddeleri ithalatı 2014'te, 2013'e göre % 18 azalmış ve 54,9 Milyar Dolar olmuştur [7]. Elektrik üretimi için kurulu güç, 2014 sonunda 69.516,40 MW iken, 2015 sonunda % 3,8 artışla 72.155,6 MW'a ulaşmıştır [8]. Şekil 1'de Türkiye'nin kaynaklara göre kurulu gücün dağılımı pasta grafikte gösterilmiştir. Tablo 1'de Türkiye'nin kaynaklara göre kurulu gücün dağılımından, hidrolik enerjiye dayalı kurulu gücün 25.357,8 MW ile birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Doğal gaz santralleri ise 21.495,7 MW ile ikinci sıradadır. Ancak, katı, sıvı ve gaz esaslı çok yakıtlı santrallerin de, çoğunlukla gaz yakıtla çalıştığı dikkate alındığında, doğal gaz yakıtlı santraller kurulu güç içinde ilk sırada yer almaktadır. Doğal gaz, ithal kömür ve sıvı yakıtlı ithal kaynaklardan elektrik üretimin payı her geçen yıl düşse de ekonomik ve stratejik açıdan bunun önüne geçilmesi gerekmektedir. Türkiye güneş kuşağı olarak adlandırılan bir bölgede bulunmasından dolayı güneş enerjisi açısından zengin bir ülkedir. Bu nedenle, bu açığı kapatmak için en büyük kaynak "Güneş Enerjisi" olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1: Türkiye'nin Kaynaklara Göre Kurulu Gücü [8]

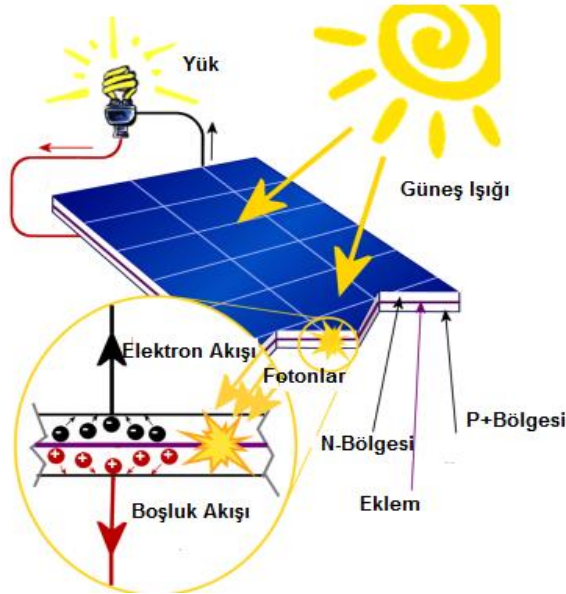
Tablo 1. Türkiye'nin Kaynaklara Göre Kurulu Gücü [8]

Kaynak Türü	Kurulu Güç (MW)	Kurulu Güç Payı (%)
Hidrolik	25.357,8	35,1
Doğal Gaz LNG	21.495,7	29,8
Kömür	14.973,5	20,5
Termik (Diğer)	5.604,4	7,8
Rüzgar	4.144,2	5,7
Jeotermal	581,4	0,8
Güneş	178,6	0,2
Toplam	72.155,6	100,0

2 Fotovoltaik Paneller İle Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi güneş pilleri ya da fotovoltaik piller olarak adlandırılan yarıiletken malzeme kullanılarak sağlanmaktadır. Fotovoltaik piller, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken toplayıcı levhalardır. Güneş hücreleri veya güneş pilleri olarak da adlandırılan fotovoltaik piller algıladıkları foton enerjisinden eşit sayıda pozitif ve negatif yük oluşturmaktadır. Oluşturulan pozitif ve negatif yüklerin fotovoltaik ve fotoakım meydana getirmek üzere ayrıştırılması gerekir. Negatif (elektronlar) ve pozitif (boşluklar) yükleri ayrıştırmak için en uygun malzemeler Silikon, Bakır-Kadmiyum Sülfat ve Galyum-Arsenit gibi yarıiletkenler olup, fotovoltaik pillerinin üretiminde en fazla bu yarı iletken malzemeler kullanılırlar. Bu şekilde fotovoltaik pillerle güneş enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülmüş olunur [9]. Şekil 2'de güneş pilinden elektrik enerjisi üretiminin fotovoltaik etkisi gösterilmiştir. Güneş paneline gelen, güneş ışınımı ile güneş pilindeki

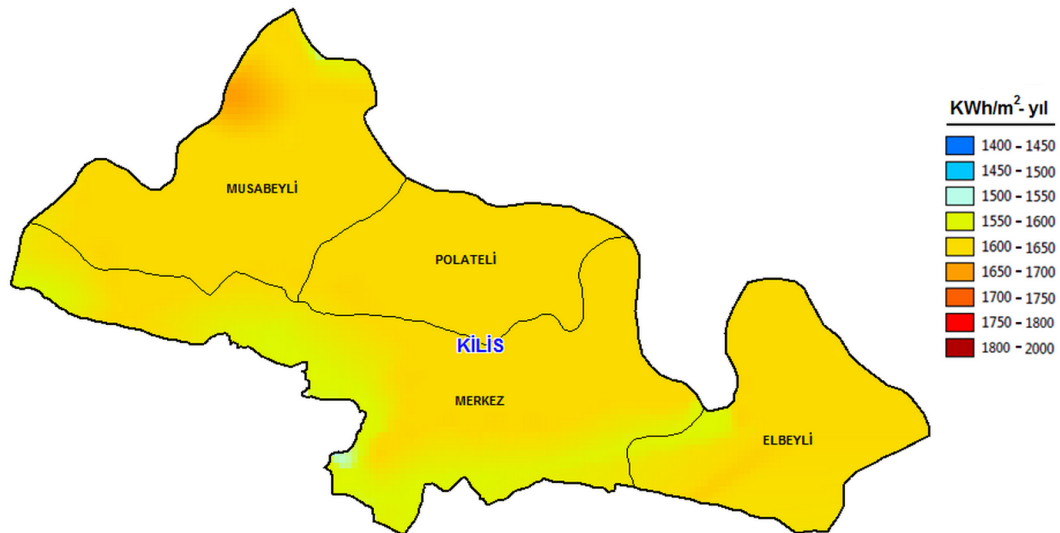
yarıiletken teknolojisi sayesinde gerçekleşen elektron alışverişi sonucu elektrik akımı üretimi sağlanabilmektedir.



Şekil 2: Bir Güneş Pili'nin Fotovoltaik Etkisi[10]

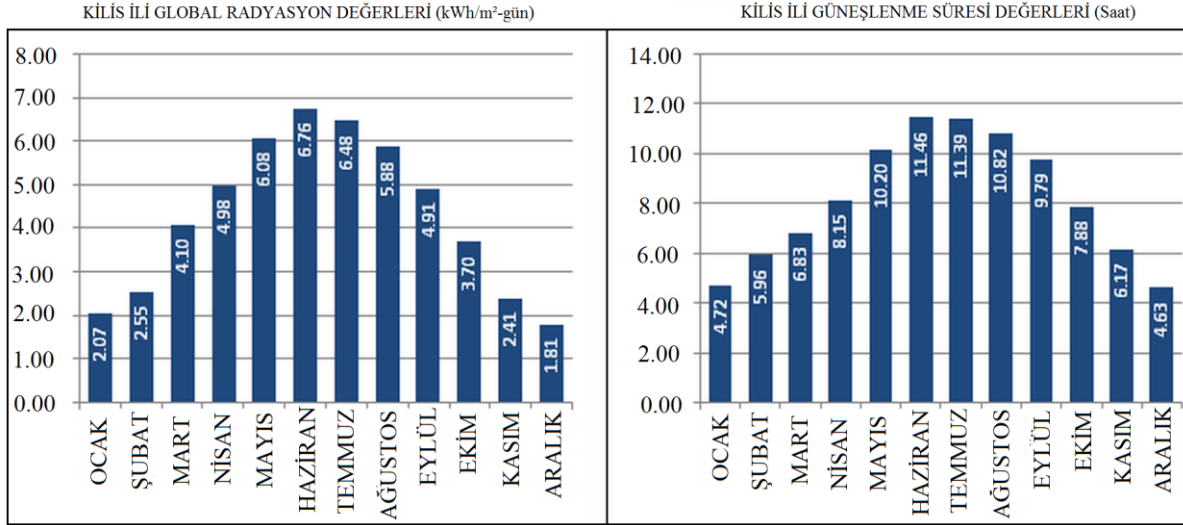
3 Kilis İli İçin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Mevcut Durumu

Kilis ilinin yıllık ortalama toplam güneş enerjisi global radyasyon değeri $1.573,5 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$ ve yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi ise $2980,59 \text{ saat-yıl}$ 'dır. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi $2737,5 \text{ saat}$ (günlük toplam $7,5 \text{ saat}$), ortalama toplam ısınım şiddetinin yıllık 1.524 kWh/m^2 (günlük toplam $4,17 \text{ kWh/m}^2$) olduğu tespit edilmiştir [11]. Kilis ili hem güneş enerjisi global radyasyon değeri, hem de güneşlenme süresi bakımından miktar olarak Türkiye ortalamasının üzerindedir. Elektrik üretiminde kullanılan güneş panellerinin verimini etkileyen parametreler de göz önüne alındığında Kilis ili, Türkiye'nin yüksek güneş enerji potansiyeline sahip illeri arasındadır. Kilis ili için global güneş radyasyon dağılımını gösteren harita Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3: Kilis İli İçin Global Güneş Radyasyon Dağılımı [11].

Şekil 3'te, Kilis iline ait açık alanların yaygın olduğu görülmektedir. Bu tonlarla boyanmış bölgelerde güneş enerjisi global radyasyon değerleri yüksektir. Kilis ilinin kuzey batı bölgesine doğru çıkıldıkça güneş radyasyon değeri kısmen artmaktadır. Şekil 4'te Kilis ili için ayrıntılı ve tekniksel anlamda güneşlenme süresi ve radyasyon değerleri verileri sunulmaktadır.



Şekil 4: Kilis İli Güneşlenme Süresi Değerleri ve Global Radyasyon Değerleri [11].

Global radyasyon değerinin en yüksek olduğu yıl içi süre Haziran ayına aittir. Kilis ilinin aylık bazda ortalama günlük ışıınım şiddetinin 4,31 kWh/m²-gün, yıllık ortalama toplam global radyasyon değerinin ise 1.573,5 kWh/m²-yıl (4,31x365) olduğu görülmektedir. Tüm bu değerler Kilis ilinin Türkiye'de güneş enerjisi bakımından zengin potansiyele sahip bölgelerden biri olduğunu göstermektedir. Güneşlenme süresinin en yüksek olduğu yıl içi süre Haziran ayına aittir. Kilis ilinin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süresinin 8.166 saat-gün, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresinin ise 2980,59 saat-yıl (8,166 x365) olduğu görülmektedir. Tüm bu değerler Kilis ilinin güneşlenme süresi bakımından Türkiye ortalamasının üzerinde bir değere sahip olduğunu göstermektedir.

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, onu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Bu çerçevede Kilis ili, mevcut güneş enerjisi kaynağı bakımından ciddi bir potansiyele sahiptir. Ancak buna karşın Kilis ilinde güneş enerjisi faydalanımı yeterli düzeyde değildir. Hâlihazırda Kilis il merkezinde 2,00 MW'lık Karamelik Köyü Çolak Güneş Enerjisi Santrali ve 1,00 MW'lık Karamelik Köyü Hatabay Güneş Enerjisi Santrali ve Kilis ilinin Elbeyli ilçesinde ise 0,24 MW'lık Ömer Çolak Elbeyli Güneş Enerji Santrali faaliyet göstermektedir. Kilis il merkezinde; 3,50 MW'lık Kilis Karamelik Köyü Akdemir, 3,00 MW'lık Yavuzlu Köyü Cannacar ve Vural, 2,94 MW'lık ZDK, 1,00 MW'lık Ervan İnşaat ve 0,99 MW'lık Kilis Çakallıpınar Köyü Geylan Güneş Enerjisi Santralleri yapım aşamasındadır. Ayrıca Kilis ili Elbeyli ilçesinde de 2,50 MW'lık Ataoğlu, Belis, Sağlıklı ve Seyran Enerji Güneş Enerjisi Santralleri de yapım aşamasındadır. Bu bakımından son yıllarda Kilis ilinde Güneş enerji sektörüne yapılan yatırımlar günden güne artış göstermektedir.

4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Güneş enerjisinin ülkemizde yaygın olarak kullanılması için Kamu kurum ve kuruluşları, üniversiteler, konu ile ilgili kurulmuş vakıf ve dernekler toplumu teşvik etmeli, çeşitli konferans ve

paneller ile sürdürülebilir enerji kaynaklarının önemi ile ekolojik denge bilincinin yerleştirilmesini sağlamalıdır.

Ülkemizin güneş enerjisi global radyasyon değeri ve güneşlenme süresi dikkate alındığında dünyada öncü ülkeler arasında yer almasına rağmen güneş enerjisinden faydalanma oranı oldukça düşüktür. Türkiye’de ortalama ışıınım şiddeti yılda 1.524 kWh/m² iken Almanya’da, 900 kWh/m² ‘dir. Türkiye ile kıyaslandığında oldukça düşük bir ışıınım şiddetine sahip olan Almanya’da güneş enerjisinden elektrik üretilmesi bakımından dünya’da ikinci sıradadır [12]. Birçok AB ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de güneş enerjisinden elektrik üretim kapasitesinin artırılması için devlet desteği sağlanmaktadır. Bu durum enerjide önemli oranda dışa bağımlı olan ülkemiz için ciddi bir adım olmaktadır.

Kilis ili, ülkemizde en büyük güneş enerjisi potansiyeline sahip iller arasında yer almaktadır. Fakat ilde, güneş enerjisi ve uygulamalarından yeterli düzeyde faydalanılmamaktadır. Bunun sebeplerinden biriside güneş enerji santrallerinin kurulum maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Bu nedenle Kilis ilinde, güneş enerjisinden faydayı artırmak için halkın devlet ve özel olarak verilen teşvikler konusunda bilgilendirilmesi gerekmektedir.

Kilis il ve ilçelerinde hali hazırda aktif 3 tane, yapım aşamasında ise 6 tane olmak üzere toplam 9 adet güneş enerji santrali mevcuttur. Aktif olan bu güneş enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 3.24 MW olup kurulmakta olan santrallerin toplam kurulu gücü ise 13.93 MW olmak üzere toplam 17,2 MW’tır. Bu bilgilerin ışığında güneş enerji santrallerinin kurulu gücünün her geçen gün arttığı gözlenmektedir. Devam eden bu süreç içerisinde, mevcut güneş enerjisi kullanım potansiyeli artırılarak ekonomik, çevreci ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı kullanımının artması sağlanmış olacaktır. Bu da hem bölgenin hem de ülkenin ekonomik kalkınmasına katkı sağlayacaktır.

REFERANSLAR

- [1] Rüstemli S. Van İli’nin Enerji Sorunları ve Çözüm Önerileri, “TMMOB Van Kent Sempozyumu”, Van, Turkey, October 1 – 3, 2009, pp.287 - 300.
- [2] Rüstemli S., Vural O. (2009), Alçak Gerilim Tesislerinde Reaktif Güç Kompanzasyonu, Kaynak Elektrik; Enerji, Elektrik, Aydınlatma, Elektronik ve Otomasyon Mühendisliği Dergisi, 244, 107-127.
- [3] Gençoğlu Muhsin T., Cebeci, M. (2000). Türkiye ‘nin Enerji Kaynakları Arasında Güneş Enerjisinin Yeri ve Önemi. Kaynak Elektrik; Enerji, Elektrik, Aydınlatma, Elektronik ve Otomasyon Mühendisliği Dergisi, 138, 110-115.
- [4] Rüstemli S., Dinçer F.,(2011) Modelling of photovoltaic panel and examining effects of temperature in matlab/Simulink . Journal of Electronics and Electrical Engineering, 109, 35-40
- [5] Web-1: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2011_WEB.pdf, consulted 16 September 2015.
- [6] Web-2: http://www.afyonkarahisartso.org.tr/atso_dfd_fizibilite_2013.pdf, consulted 18 September 2015.
- [7] Web-3: http://www.afyonkarahisartso.org.tr/atso_dfd_fizibilite_2013.pdf, consulted 18 September 2015.
- [8] Web-4: http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369#.ViCJnvntIBd, consulted 18 September 2015.
- [9] Görel G. Teke M., Fotovoltaik Güç Destekli Mikro Yenilenebilir Bağımsız Enerji Sistemi, “Proje Tabanlı Mekatronik Eğitim Çalıştayı”, Çankırı, Turkey, May 25-27, 2012.

- [10] Web-5: <http://www.mahmutselekoglu.com.tr/gunes-enerjisinden-elektrik-uretimine-genel-bir-bakis-ve-bir-uyg.html>
- [11] Web-6: <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/79.aspx>, consulted 25 July 2015.
- [12] Web-7: http://laboratuar.kocaeli.edu.tr/gucelektronik/sci/gucelektronik20.11.2013_23.08.46sci.pdf, consulted 25 September 2015.



Climate Change Adaptation at Power Plants in Turkey

Wietze Lise ^{*,**,1}

^{*} AF Mercados EMI, Ankara, Turkey

^{**} ECORYS Research and Consulting, Ankara, Turkey

ABSTRACT

Global efforts have been ongoing to reduce greenhouse gas (GHG) emissions, namely through the Kyoto protocol and the EU emission trading system (EU ETS), among others. However, this is not reducing GHG emissions quickly enough and, in addition, preventive measures will be needed to adapt to a changing climate. Therefore, this paper will discuss and value the need for adaptation to climate change by power generation units and will look into these adaptation measures for power plants, with a special focus on Turkey. Turkey is part of the Mediterranean climate, where, among others, the temperature is expected to increase by about 2–3 °C and the amount of precipitation is expected to decrease by 7–12% over the next century. A risk assessment model will be applied to estimate the costs that are needed to adopt the current state of technology to a changed climate as expected by 2100 under an average scenario. The outcome of this analysis shows that a reduced level of reservoir water inflow due to lower levels of precipitation, followed by an increased intensity and higher frequency of floods and storms are likely to become the most serious threats for power generation units in Turkey.

Keywords: Power plants, Climate change, Adaptation, Risk assessment, Cost estimates, Turkey

1 INTRODUCTION

Global efforts have been ongoing to reduce greenhouse gas (GHG) emissions, namely through the Kyoto protocol and the EU emission trading system (EU ETS), among others. However, this is not reducing GHG emissions quickly enough and, in addition, preventive measures will be needed to adapt to a changing climate. Therefore, this paper will discuss and value the need for adaptation to climate change by power generation units and will look into these adaptation measures for power plants, with a special focus on Turkey.

On 16 February 2005, the Kyoto protocol as designed in 1997 finally came into force (UNFCCC, 2011). The critical threshold was crossed by Russia's ratification by the end of 2004, so that the "55 percent of 1990 carbon dioxide emissions of the Parties included in Annex I" clause was satisfied. Whereas previous game theoretic model analysis predicted that the Kyoto protocol would never get into force due to its prisoner's dilemma characteristics (Carraro 1999, 2003), an innovative and timely paper by Lise and Tol (2004) showed by in a more general game theoretic framework that Russia had incentives to make the final step. And this happened in the same year the paper was published.

There is a myriad of annexes to the Kyoto protocol. First of all, there are the Annex B countries. This is a list of countries with a quantitative GHG emission reduction target. Table 1 provides an overview of

¹ Corresponding author: Wietze Lise, Principal Consultant /PhD, Ankara, Energy Markets, ÅF-MERCADOS EMI, ODTÜ Teknokent Met Alanı, Mustafa Kemal Mahallesi, Dumlupınar Bul. No:208, D Blok No:3 Çankaya-ANKARA/TURKEY, Tel + 90 312 385 9354 | Fax + 90 312 354 6927 | Email wietze.lise@afconsult.com

these countries and their reduction targets. We have to note here that the EU has not ratified the Kyoto protocol and has no intention of meeting the set target. Among the EU countries, Cyprus and Malta are not included in Annex B, but they have to comply to the EU emission trading system (ETS). Secondly, there are the Annex I countries. These are basically all Annex B countries plus Turkey and Belarus, as they were not Parties to the Convention when the Protocol was adopted. As a result, these two countries have no quantitative target, and they can also not benefit from the joint implementation (JI) scheme, leading to tradable emission reduction units (ERUs). Thirdly, within the Annex B countries there is a distinction made between developed economies and economies in transition. These economies in transition can benefit from JI projects financed by developed economies. After the last expansion of the EU to 27 countries, only Croatia, Russian Federation and Ukraine qualify for JI projects. Fourthly, there are 151 non-Annex I countries which qualify for projects under the clean development mechanism (CDM).² Under the CDM scheme, tradable certified emission reduction (CERs) certificates are created. Fifthly, for all countries that somehow do not fit into any of these annexes, like the US, Turkey, Belarus, etc. voluntary emission reduction schemes have been created. For Turkey, three of these are applicable, namely the voluntary carbon standard (VCS),³ voluntary emission reductions (VER+)⁴ and the gold standard (GS).⁵ Of these three GS is the strictest in their application rules and can also be applied to CDM projects as an environmental friendly and social responsible upgrade.⁶

Table 1 Countries included in Annex B to the Kyoto Protocol and their emissions targets

Country	Target for 2008/2012 with respect to 2009 levels
EU-15, Bulgaria, Czech Republic, Estonia, Latvia, Liechtenstein, Lithuania, Monaco, Romania, Slovakia, Slovenia, Switzerland	-8%
US	-7%
Canada, Hungary, Japan, Poland	-6%
Croatia	-5%
New Zealand, Russian Federation, Ukraine	0
Norway	1%
Australia	8%
Iceland	10%

Source: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/3145.php

The EU Emissions Trading Scheme (ETS), established in 2003, is a cap and trade system to reduce CO₂ emissions with phase I as the trial period (2005–2007) and phase II as the compliance period to the Kyoto Protocol (2008–2012). The allowance allocation is mostly through grandfathering (handed out for free) with some portions reserved for new entries and by auctions, i.e., maximum of 5 percent in phase I and 10 percent in phase II. The EU allowances (EUAs) price was volatile during the first phase, but has been less volatile during the second trading period. The CO₂ cost ranged between 6 and 31 Euros per ton (Chen et al, 2008, 2012; Lise et al, 2010).

The main research questions of this paper are twofold. On the one hand, efforts to create a greenhouse gas emission reduction or mitigation legal regime are discussed. On the other hand, what are the possible climate change impacts on electricity generation technologies and how severe are these? To address this research question, this paper details the possible impacts of climate change effects for each electricity generation technology. This will lead adaptation measures needed to respond to possible climate change

² See for instance http://www.synergyenviron.com/resources/cdm_nonannex1.asp.

³ www.v-c-s.org

⁴ http://www.tuev-sued.de/uploads/images/1179142340972697520616/Standard_VER_e.pdf

⁵ <http://www.cdmgoldstandard.org/>

⁶ For more information on CO₂ markets in Turkey see Kadilar (2010).

impacts in the power sector. The first question has been addressed in the introduction and has served as a motivation of this paper, whereas the second research question is addressed below, which involves an application to Turkey of the investment needs project on power plant adaptation to climate change in the EU (DG Energy, 2010).

The outline of the remainder of this paper is as follows. Section 2 will discuss how the Climate Change are regionalised, whereas Section 3 shows and energy scenarios are used in this paper. Section 4 will present the steps undertaken in the risk assessment to achieve an adaptation cost estimate. The results of the risk assessment are discussed in Section 5, whereas Section 6 provides conclusions and recommendations.

2 CLIMATE CHANGE SCENARIOS REGIONALISED

To develop the climate change scenarios, the EU-27 has been divided into different regions based on local/regional climate systems, the occurrence of relevant climate change effects and (non-)coastal location of a Member State. This bundling of EU-27 into 'climate zones' helps to distinguish relevant aspects regarding energy technologies, climate change impacts and investment needs on a regionalized scale, without needing to go into the tedious details at the country level. Turkey can be grouped in region D where a Mediterranean climate is found. The following figure shows these.

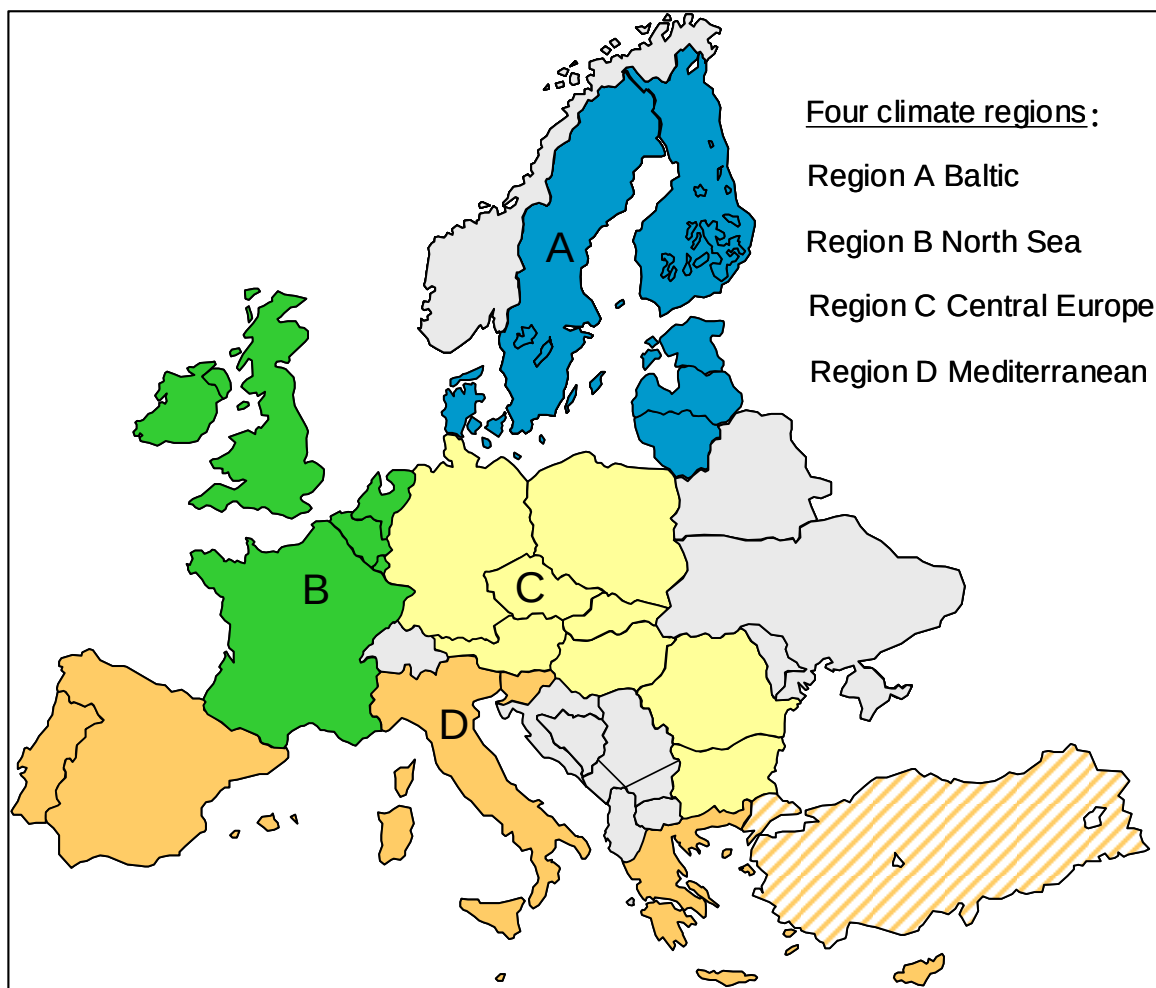


Figure 1: Climate regions in the EU.

The data on regional climate change for this study come from the comprehensive ENSEMBLES RT2b project.⁷ Data for temperature, precipitation and wind speeds have been retrieved by taking yearly averages for four climate regions delineated by using latitude and longitude coordinates.⁸

In order to get to climate data from weather data, the weather data, which is based on yearly averages, needs to be averaged over a long time horizon. The reference climate covers 50 years (1950-2000), whereas the projected climate by the end of the 21st century or 2080 covers 40 years (2060-2100).

The values are calculated using the formula (year 2080 – reference) / reference for precipitation and wind speeds, while the formula is (year 2080 – reference) / 10 for temperatures, in order to make these percentages comparable over the climatic regions which have different average temperatures. The results of these data are shown in the next figure.

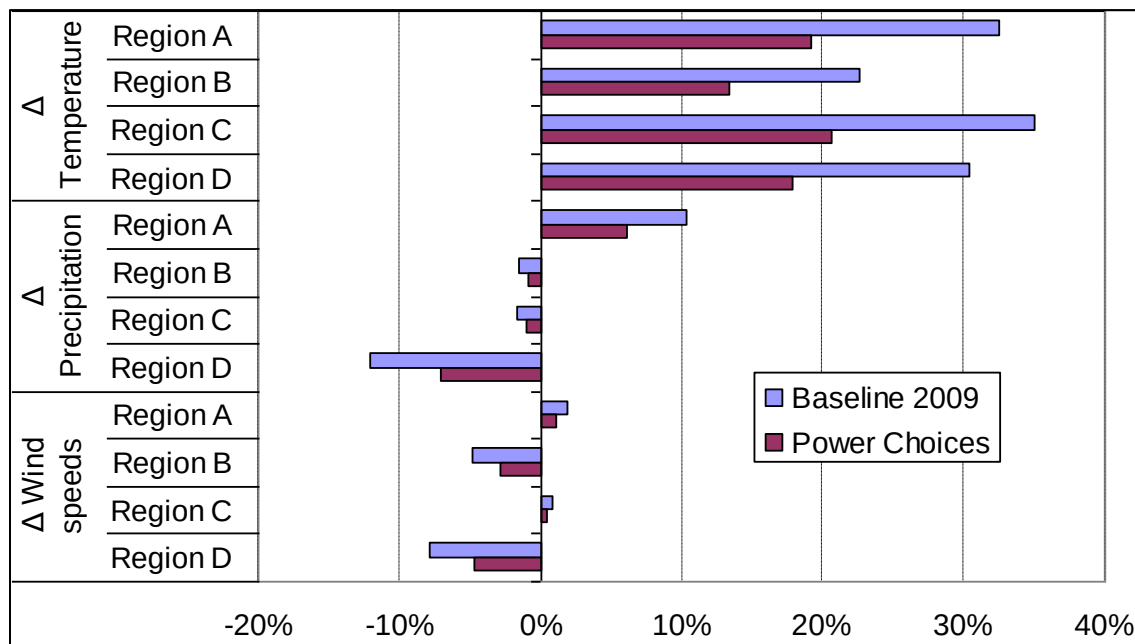


Figure 2: Change in three climate variables in the next century in two energy scenarios.

Note: Δ Temperature = % change in temperature with respect to 10 °C (or Δ Temp/10), Δ Precipitation = % change in precipitation, Δ Wind speeds = % change in average wind speeds.

Perhaps the most important impact of climate change is an increase in the average world surface temperature varying between 2–5 °C until 2100. The projected changes in precipitation patterns show an interesting regional variation. Depending on the scenario, but on average, the level of precipitation is projected to increase in the Baltic region (Region A); it will decrease in the Mediterranean region (Region D) whereas the change is undecided in the North Sea (Region B) and Central and Eastern European (Region C) regions. The change in wind speed is variable and relatively minor, with a tendency towards a slight decrease. This shows how Turkey (Region D) relates to other climate regions in the EU.

⁷ See <http://www.ensembles-eu.org/> which data is available through the Climate Data Explorer of the Dutch Meteorological Institute of The Netherlands (KNMI, 2010)

⁸ See DG Energy (2010) and Lise and Van der Laan (2015) for the details.

3 ENERGY SCENARIOS

In order to estimate the size of the power sector, the endpoints of the baseline scenario and the Power Choices scenario of Eurelectric (2010) are used. The main reason for working with these scenarios is that it has a time horizon until 2050. The baseline scenario is in line with the IPCC A1B climate change scenario, whereas the Eurelectric Power Choices scenario provides valuable insight in the impact of climate change in a situation of more ambitious and successfully implemented mitigation measures, the scenario has been analyzed as an alternative.

Two energy scenarios of Eurelectric (2010) are followed, which have a time horizon of 2050:

Baseline 2009: A business as usual scenario, where today's trends are extrapolated until 2050.

Power Choices: A more extreme scenario, where a 75% GHG emission reduction target will be achieved overall (over 90% in the power sector).

In addition, a projection of the long term electricity demand and the generation technology mix has been done for Turkey by the author based on expert experience. This also takes the development of the Eurelectric scenarios into account. The following graph shows the result with an expected generation need of 1,000 TWh in the baseline 2009 scenario and 1,200 TWh under Power Choices.⁹ The latter is higher due to the lower capacity factor of the higher share of renewable energy in the generation mix.¹⁰

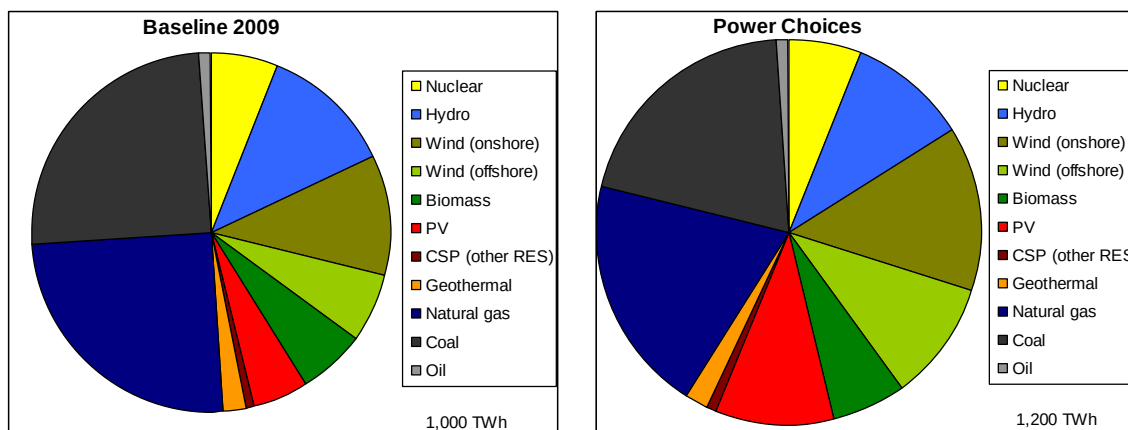


Figure 3: Two power generation mix scenarios for Turkey representative for 2080.

4 RISK ASSESSMENT

The effects of climate change differ as a function of the location (local climate conditions), technology, and underlying causes. For this reason, a risk assessment has been conducted on two levels.

The first level led to a tabular overview of the main effects and relationships, leading to a qualitative overview. On the second level, a thorough assessment has been undertaken of all identified impacts, leading to a quantitative estimation of the adaptation costs.

The next table shows how generation technologies will be affected by five average increases in climate change indicators and three types of extreme events. These impacts have been quantified in this paper and the results are presented for Turkey.¹¹

⁹ The 2050 values of Eurelectric (2010) are extrapolated to Turkey by the author to represent the situation in 2080. This includes the implicit assumption of 0% growth between 2050 and 2080, but preserves the consistency with official EU scenarios.

¹⁰ For an analysis of RES integration challenges in the grid, refer to Lise et al (2013).

¹¹ Based on DG Energy (2010).

Table 2 Qualitative link between technologies and climate change effect

Technology	Δ air temperature	Δ water temperature	Δ precipitation	Δ wind speeds	Δ sea level	Floods	Heat waves	Storms
Nuclear	1	2	-	-	-	3	1	-
Hydro	-	-	2	-	-	3	-	1
Wind (onshore)	-	-	-	1	-	-	-	1
Wind (offshore)	-	-	-	1	3	-	-	1
Biomass	1	2	-	-	-	3	1	-
PV	-	-	-	-	-	-	1	1
CSP	-	-	-	-	-	1	-	1
Geothermal	-	-	-	-	-	1	-	-
Natural gas	1	2	-	-	-	3	1	-
Coal	1	2	-	-	-	3	1	-
Oil	1	2	-	-	-	3	1	-
Grids	3	-	-	-	-	1	1	3
Total count	6	5	1	2	1	9	7	6

Note: 3 = Severe impact, 2 = medium impact, 1 = small impact, - = no impact

The presentation of Table 2 is already a qualitative result, showing the technology-wise vulnerability to various climate change indicators. This table shows that an increased occurrence of floods is assessed as having the most severe impacts, influencing nuclear, hydro, biomass and fossil fuel generation technologies. Furthermore, sea level rise will severely affect offshore wind parks, whereas higher temperatures and storms will severely affect grids. Under a scenario of climate change, these impacts will most probably be so severe that preventive investments will be needed in order to be able to face the new climatic reality. The other climate change indicator – technology pairs with medium to small impacts, would generally only lead to a loss in generation, whereas preventive investments are generally not needed.

The next step is the quantification through the risk assessment model which goes through the following steps:

- Divide EU27 into four climate zones, with maximum difference between the zone and minimal difference within the zones, where Turkey is identified to have a Mediterranean climate (Section 2)
- Linking climate change indicators to generation technologies, and identifying the relevant indicator-technology pairs (Table 2)
- Quantification of climate change indicators using three relevant regional models (Section 2)
- Estimate climate change adaptation cost functions (DG Energy, 2010), namely:
 - Loss of generation (gradual loss)
 - Investment needs after critical threshold
- Two electricity scenarios to estimate the generation volume per technology (Section 3)
- Estimate total costs to adapt to the situation in 2080, based upon an excel-based risk assessment model, which brings all this information together.

There is a complex relationship between climate change and investments needed to adapt to the potential climate change effects (i.e. differences on regional levels). Therefore, the impact of climate change effects should be treated in different manners. For example, depending on the impact, a threshold point should be concluded where investments are necessary for power plants to make (e.g. water level threshold value).

The following figure shows that climate change can lead to a gradual loss in power generation (slope effect) or lead to an investment need beyond a certain threshold value of climate change is exceeded.

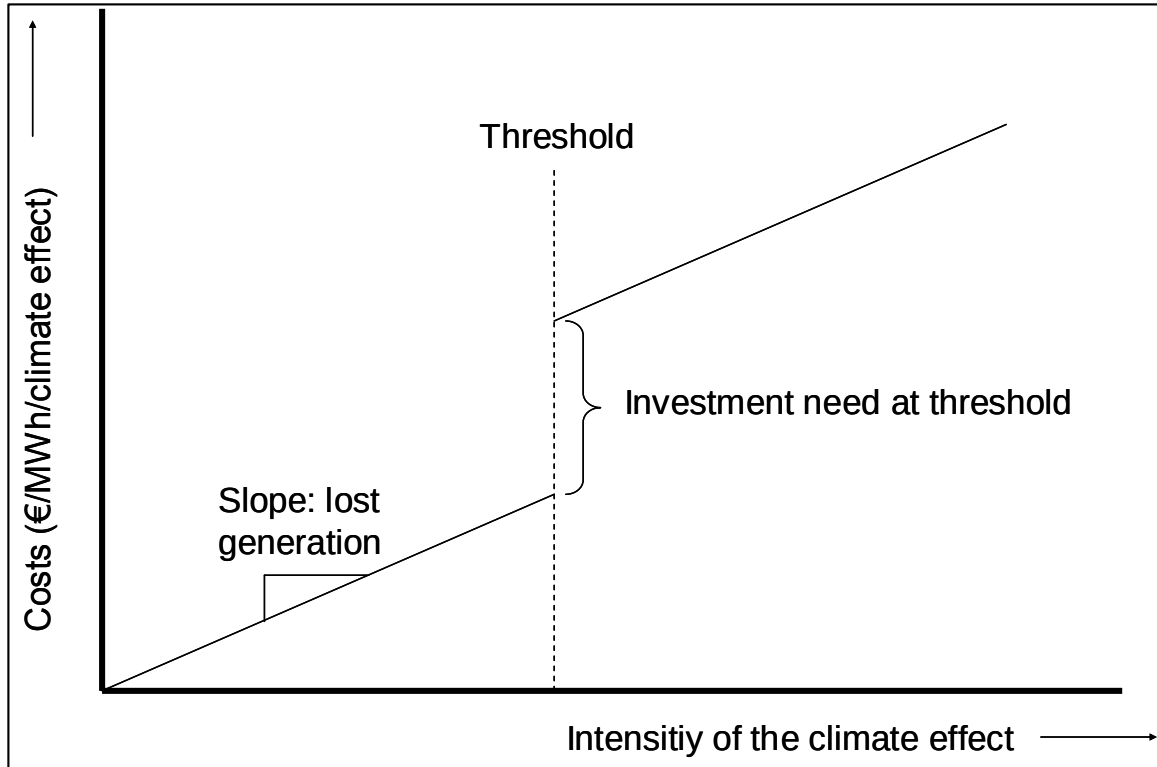


Figure 4: Investment needs and power generation loss due to climate change.

5 DISCUSSION

Turkey is part of the Mediterranean climate, where the following climatic changes are identified (see Figure 2):

- Temperatures to increase by 2–3 °C
- Precipitation to decrease by 7–12%
- Floods to increase by 20–30% over the next century

Here the lower values belong to the Power Choices scenario, whereas the higher values belong to the Baseline scenario.

By going through the steps as pointed out in Section 4 for the risk assessment model, it is possible to come to an estimate of the costs for adapting the current state of generation technologies to the projected climate in 2080.

The next figure shows the results, where the averages of the three regional scenarios have been taken. This is an acceptable approach as the results of the three regional scenarios are relatively close to each other.

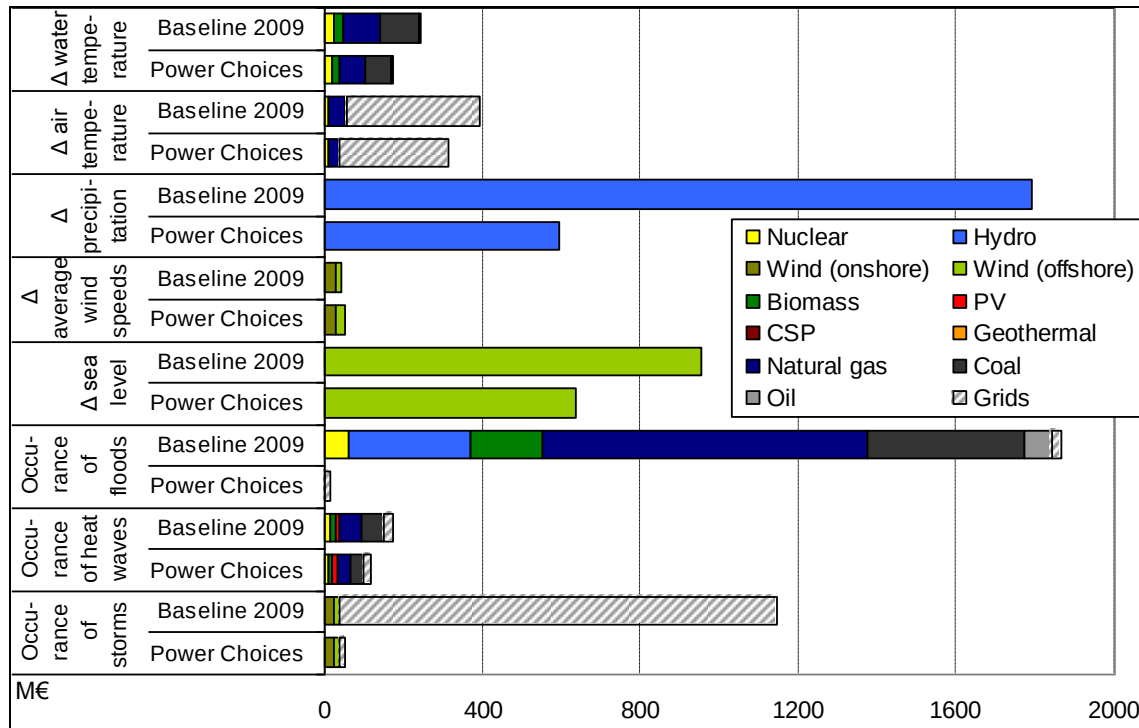


Figure 5: Monetary impacts of climate change on power plant operation for two scenarios.

Based on the graph above, the most serious threats for power generation units in Turkey are:

- Changes in precipitation mainly affecting hydro
- An increased intensity and higher frequency of floods affecting most generation technologies
- An increased intensity and higher frequency of storms mainly affecting grids

6 CONCLUSION

This paper has addressed two research questions. First, efforts to create a greenhouse gas emission reduction or mitigation legal regime are discussed. Second, the possible climate change impacts on electricity generation technologies and their adaptation costs are pointed out.

The climate change adaptation costs of power plants are identified to be substantial in four of the eight considered climate change indicators and these are considered as severe climate change impacts:

- A decrease in precipitation will require preventive investments for hydro power plants in the Mediterranean region to which Turkey also belongs.
- An increase in the sea level will require preventive investments for offshore wind power plants.
- An increase in the occurrence of floods will require preventive investments for thermal generation technologies.
- An increase in the occurrence of storms will require preventive investments for networks.

Next, two other climate change impacts are qualified as medium, meaning that these climate change impact are not yet expected to require investments for the consulted scenarios, but would need investments in the event that climate change impacts would be more severe than expected:

- An increase in water temperature would decrease the output of all thermal generation technologies.

- The changes in the level of precipitation is mixed, with increases in the North, no impacts in central Europe, while there is a projected decrease in the south, including Turkey.

Finally, a number of climate change impacts will only have a minor impact on power plant operation leading to a relatively small drop in generation output:

- An increase in air temperature would decrease the output of all thermal generation technologies.
- A decrease in average wind speeds would decrease the output of onshore and offshore wind parks.
- A higher frequency of flooding events could pose a threat to concentrated solar power, geothermal and grids.
- A higher frequency of heat waves would decrease the output of all thermal generation technologies, but also of solar PV and increase the resistance of electricity transport through grids.
- A higher frequency of storm events would decrease the output of various renewable generation technologies, namely hydro, onshore and offshore wind, solar PV and concentrated solar power.

Planning for new generation technologies needs to prepare the power plant operator for the possible impacts of climate change and avoid unexpected disruption of generation, where, in addition climate change impacts mentioned above, the expected lifetime of a power plant is an important aspect to consider.

Climate change brings the following challenges when planning for new investments in power generation capacity in Turkey (or South Europe):

- Need for larger reservoirs and higher dams to compensate for lower levels of precipitation, also leading to an increased adverse impact on nature.
- Thermal power plants need flood protection measures and dams need to be strengthened to resist more extreme floods.
- Grid structures need to become stronger in design in order to resist more extreme storms.

The following policy recommendations can be given for adaptation to the long-term impacts of climate change in Turkey in general:

- Adjust long-term hydro economic feasibility studies to factor in climate change impacts in the selection of long-term economically feasible projects
- Explore alternative (renewable) generation technologies for the long-term as these are less vulnerable to climate change costs are expected to drop due to learning

7 ACKNOWLEDGEMENTS

I am grateful to comments and responses from the audience during presentation of this paper at the first international conference on Energy, Economy and Ecology, E3, Renewable Energy Resources at Cankaya University, Ankara on 22-23 May 2013. Remaining errors are mine.

REFERENCES

- [1] Carraro C. (1999). International Environmental Agreements on Climate Change, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- [2] Carraro C. (2003). The Endogenous Formation of Economic Coalitions, Edward Elgar, Cheltenham.
- [3] Chen Y., Sijm J., Hobbs B.F. and Lise W. (2008). Implications of CO₂ Emissions Trading for Short-run Electricity Market Outcomes in Northwest Europe, *Journal of Regulatory Economics*, 34(3), 251–281.

- [4] Chen Y., Lise W., Sijm J. and Hobbs, B.F. (2012). Greenhouse Gas Emissions Trading in the Electricity Sector: Model Formulation and Case Studies, Chapter 3 pp 33–52 in “Handbook of CO₂ in Power Systems”, edited by Zheng Q.P., Rebennack S., Pardalos P.M., Pereira M.V.F., Iliadis N.A., Springer, Berlin Heidelberg.
- [5] DG Energy (2010). Investment needs for future adaptation measures in EU nuclear power plants and other electricity generation technologies due to effects of climate change, http://ec.europa.eu/energy/nuclear/studies/doc/2011_03_eur24769-en.pdf.
- [6] Eurelectric (2010). Power Choices 2050, <http://www.eurelectric.org/PowerChoices2050/>, consulted on 30 October 2010.
- [7] Kadilar R. (2010). Karbon Firsat mi, Tehdit mi? Destek Yayinlari, Istanbul.
- [8] KNMI (2010). Climate Explorer, <http://climexp.knmi.nl/start.cgi?someone@somewhere>, consulted on 30 October 2010.
- [9] Lise W. and Van der Laan J. (2015). Investment needs for climate change adaptation measures of electricity power plants in the EU, *Energy for Sustainable Development*, 28, 10–20.
- [10] Lise W., Van der Laan J., Nieuwenhout F. and Rademaekers K. (2013). Assessment of the Required Share for a Stable EU Electricity Supply until 2050, *Energy Policy*, 59, 904–913.
- [11] Lise W., Sijm J. and Hobbs, B.F. (2010). The impact of the EU ETS on prices, profits and emissions in the power sector: simulation results with the COMPETES model, *Environmental and Resource Economics*, 47(1), 23–44.
- [12] Lise W. and Tol R.S.J. (2004). Attainability of international environmental agreements as a social situation, *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 4(3), 253–277.
- [13] UNFCCC (2011). http://unfccc.int/meetings/kyoto_eif/items/3363.php, consulted on 30 September 2013.



An Assessment of the Impact of Soiling on System Efficiency in Electricity Generation from Solar Energy

İpek Atik

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kilis

O. Faruk Farsakoğlu

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kilis

ABSTRACT

Global demand for energy sources has been increasing with every passing day. It is foreseen that the need for energy will further increase in coming years as a result of population rise, technological developments and further industrialization. Because of environmental problems, and reduction and even depletion of reserves of fossil energy sources, interest in renewable energy has increased. Today, renewable energy resources such as hydropower, wind, geothermal sources, solar energy, biomass, waves, tides, and hydrogen are used in many areas in developed countries, production of electrical energy being one of the most prominent uses. The most important factor in energy production is efficiency of the system. With new studies and technological improvements, work has been going on to improve system efficiency. Like in all other energy production systems, there are some critical factors which affect efficiency in production of electricity from solar energy. These can be listed as: location of solar energy system, seasonal changes, environmental factors, and soiling.

In this study, information is provided about the solar energy potential in the World and in Turkey. The working structure of systems of electricity production from solar energy is discussed. The study investigates the factors that affect efficiency of the systems producing electricity from solar energy, specially, the impact of soiling on system efficiency. Related literature is reviewed; recent studies and developments were reported.

Keywords: Renewable energy, solar energy, photovoltaics, efficiency and impact of soiling.

Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretim Sistemlerinde Tozlanmanın Sistem Verimliliği Üzerine Olan Etkilerini Değerlendirme

ÖZET

Dünyada enerji kaynaklarına olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Artan nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, sanayileşme ile birlikte önümüzdeki yıllarda enerjiye olan ihtiyacın daha da artacağı öngörülmektedir. Fosil enerji kaynaklarının çevresel sorunlara sebep olması, fosil kaynak rezervlerinin zamanla azalması hatta tükenmesi gibi sebeplerden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmıştır. Günümüzde gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerji kaynakları olan hidrolik, rüzgâr, jeotermal, güneş, biyokütle, dalga, hidrojen vb. gibi kaynaklarda, başta elektrik enerjisi üretimi olmak üzere birçok alanda faydalanılmaktadır. Enerji üretim sistemlerinde en önemli faktör sistem verimliliğidir. Gelişen

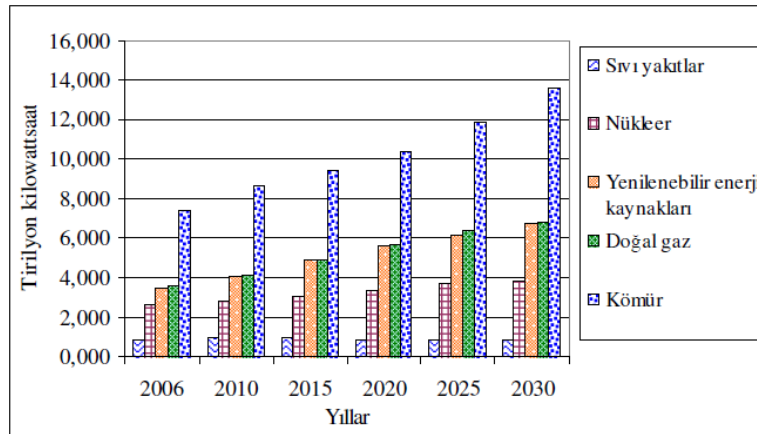
teknoloji ve yapılan araştırmalar ile sistem verimliliğini arttırma yönünde çalışmalar sürmektedir. Tüm enerji üretim sistemlerinde olduğu gibi güneş enerjisinden elektrik enerjisi tüketiminde de verimliliği etkileyen faktörler vardır. Bunlar güneş enerjisi sisteminin kurulduğu konum, mevsimsel değişiklikler, çevresel faktörler ve tozlanma olarak sıralanabilir. Çalışmada dünyadaki ve Türkiye’deki güneş enerjisi potansiyeli hakkında bilgi verilmiştir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretim sistemlerinin çalışma yapısından bahsedilmiştir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretim sistemlerindeki verimliliği etkileyen faktörler, bu faktörlerden olan tozlanmanın sistem verimliliğine etkileri araştırılmıştır. Konu ile ilgili literatür taraması yapılarak yapılan çalışmalar ve gelişmeler hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, güneş enerjisi, fotovoltaik, verimlilik, tozlanma etkisi

1 GİRİŞ

Dünyada artan enerji tüketimi ve kaynak rezervlerinin azalması insanları farklı kaynak arayışlarına yönlendirmiştir. Fosil kaynakların tüketimi dünyada birçok soruna sebep olmaktadır. Bunlar küresel ısınma, asit yağmurları, ozon tabakasının delinmesi, zehirli gazların salınımı, orman tahribatları gibi sıralanabilir. Ayrıca enerji kullanımının bu şekilde devam etmesi halinde gelecek 30 yıllık dönemde fosil kaynakların %80 oranında azalacağı da elde edilen bilgilerdendir [1]. Bu sebeplerden ve çevresel etkilerinden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi daha da artmaktadır. Özellikle karbon emisyon oranı yüksek olan gelişmiş ülkelerin Kyoto Protokolü’ndeki taahhütlerine bağlı olarak bu oranları azaltmaları gerekmektedir. Örneğin Avrupa Birliği ülkelerinde 2020 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının %20 olması hedeflenmiştir [2].

Çevre dostu enerji üretim sistemlerinden olan güneş enerjisinden elektrik enerji üretim sistemleri son zamanlarda gelişen teknolojilerdendir. Dünyada güneş enerjisinden daha fazla faydalanma yönünde çalışmalar sürdürölmektedir. Ülkeler çevre dostu olan bu sistemlerin enerji üretim verimlilik değerlerinin artması yönünde çalışmalar yapmaktadır. Aşağıda Şekil 1’de 2006-2030 yılları arasında öngörölen dünyada enerji kaynakları açısından üretilen enerji miktarları hakkında bilgi verilmiştir.



Sekil 1: Enerji kaynakları açısından dünya enerji üretimi [3].

Şekildeki veriler değerlendirildiğinde; dünyada 2006-2030 yılları arasında enerji üretimi bakımından en fazla sıvı yakıtların kullanıldığı, bunu doğalgazın takip ettiği, yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminin ise artış gösterdiği görölmektedir.

2 DÜNYADAKİ GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi, yeryüzünde 0-1.100 W/m² değerlerinde ısı etkisi yaratabilmektedir. Bu ısı enerjisinden; ısıtma sistemleri, soğutma sistemleri, elektrik enerji üretimi gibi birçok farklı alanda faydalanılmaktadır. Güneş enerjisinden faydalanılan sistemler hakkında artık ülke ekonomilerinde yer verilmiştir. Ülkeler potansiyel kaynakları olan güneş enerjisinden faydalanarak dış ülkelere olan enerji bağımlılığını azaltmayı hedeflemiştir. Ayrıca bu sistemlerin çevre dostu olmasından dolayı geliştirilmesi teşvik edilmektedir. Fotovoltaik Endüstri Birliği (EPIA) ve Greenpeace tarafından yayınlanan raporda ülkelerin 2040 yılına kadar enerji ihtiyaçlarının %26'sının güneş enerjisinden sağlanacağı belirtilmiştir.

Dünya atmosfer tabakasının üst sınırında (yaklaşık yeryüzünden 160km yükseklikte) güneş ışınlarının dik geldiği bir konumda ortalama güneş enerjisi yoğunluğu ortalama 1,37 kW/m²'dir. Bu değer "güneş sabiti" olarak belirlenmiştir. Dünyada güneş enerjisinden faydalanmak için en elverişli alanlar ekvatorun 35° kuzey ve güney enlemleri arasında kalan kuşakta yer almaktadır. Bu bölge "Dünya güneş kuşağı" olarak belirtilmiştir. Bu bölge yılda yaklaşık 2000-3500 saat güneş görmektedir. Güneş potansiyeli yaklaşık 3,5-7 kWh/m²-gün olarak değişmektedir.

Dünyada kurak bölgelerdeki güneş radyasyon oranı 2000-2500 kWh/m², daha üst enlemlerde ise bu değer yaklaşık 1000-1500 kWh/m² olmaktadır. Dünyanın çeşitli bölgelerindeki yatay yüzeylere ulaşan günlük ortalama radyasyon miktarları aşağıda Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Dünyadaki yıllık ortalama güneş enerjisi miktarı [4].

Bölge	KWh/m ²
Kuzey Avrupa	800
Orta Avrupa	1000
Akdeniz Bölgesi	1700
Ekvator (çöl bölgeleri)	2200

3 TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok ülkeye göre daha şanslıdır. Türkiye'de ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat, ortalama ışınlam şiddeti 1311 kWh/m²-yıl olarak tespit edilmiştir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri aşağıda Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli [4].

Aylar	Aylık Toplam Güneş enerjisi (KWh/m ² -ay)	Güneşlenme Süresi (Saat/ay)
Ocak	51,75	103
Şubat	63,27	115
Mart	96,65	165
Nisan	122,23	197
Mayıs	153,86	273
Haziran	168,75	325
Temmuz	175,38	365
Ağustos	158,40	343
Eylül	123,28	280
Ekim	89,90	214
Kasım	60,82	157
Aralık	46,87	103
Toplam	1311	2640
Ortalama	3,6 KWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesinin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir. Bunu Akdeniz Bölgesi takip etmektedir. Türkiye'nin bölgelere göre olan yıllık güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri Tablo 3'te verilmiştir.

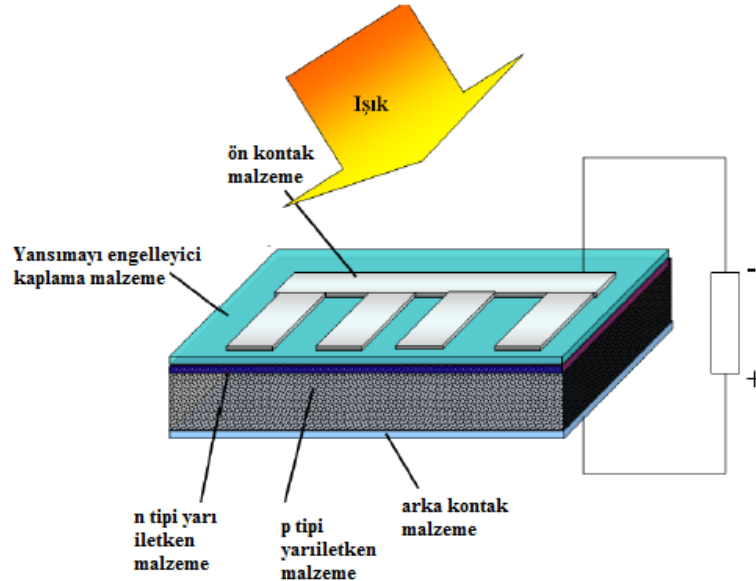
Tablo 3. Türkiye'nin bölgelere göre yıllık güneşlenme potansiyeli [4].

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
Ege	1.304	2.738
Karadeniz	1.120	1.971
İç Anadolu	1.314	2.628
Doğu Anadolu	1.365	2.664
Marmara	1.168	2.409
Akdeniz	1.390	2.956
Güneydoğu Anadolu	1.460	2.993
Ortalama	1.303	2.622,71

Bu değerlerin son zamanlardaki teknolojik gelişmeler sayesinde; enerji üretim amaçlı ölçümler yapıldığı takdirde %20-25 oranında daha fazla olacağı öngörülmektedir . Türkiye hâlihazırda güneş enerjisinden ısıl yönden faydalanma konusunda ileri durumdadır. Güneş kolektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır [4].

4 GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi fotovoltaik pil veya güneş pilleri olarak adlandırılan yarı iletken maddeler ile sağlanmaktadır. Fotovoltaik sözcüğü, ısı anlamına gelen “foto” ve elektrik anlamına gelen “voltaik” sözcüklerinin birleşmesi ile oluşturulmuştur [5]. Fotovoltaik piller üzerine düşen güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilmektedir [6]. Aşağıda Şekil 2’de fotovoltaik pillerin genel gösterimi verilmiştir.



Şekil 2: Fotovoltaik pil genel gösterim [7].

Her sistemin olduğu gibi fotovoltaik sistemin de avantaj ve dezavantajları vardır. Avantajlarından kısaca bahsedilecek olursa;

- Kullanılan enerji kaynağı sonsuz ve bedavadır,
- Sistemin yıpranıp bozulmasına sebep olabilecek hareketli parçalar içermez,
- Sistem heryere kolayca monte edilebilir,
- Çalışırken gürültü yapmazlar,
- Zararlı gaz emisyonu yapmazlar, çevre dostudur.
- Bakım maliyeti düşüktür.

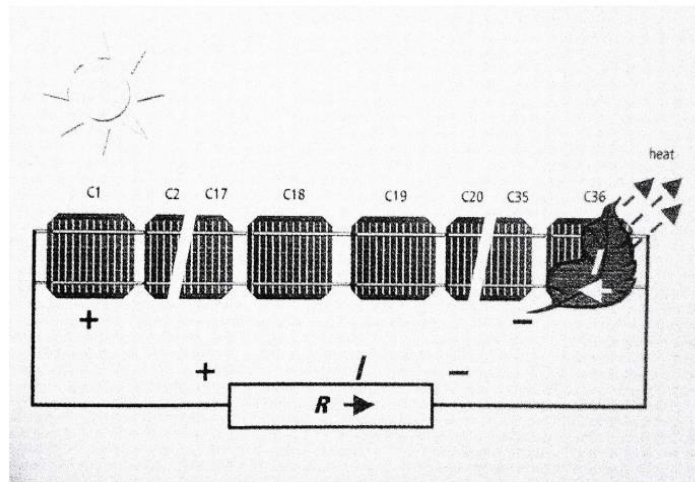
Fotovoltaik sistemlerin dezavantajları ise;

- Enerji kaynağı sabit değildir, dağınık durumdadır,
- Ekonomik enerji depolama sistemleri yoktur,
- Kurulum maliyetleri ve enerji maliyetleri (diğer fosil esaslı kaynaklar baz alındığında) yüksektir.

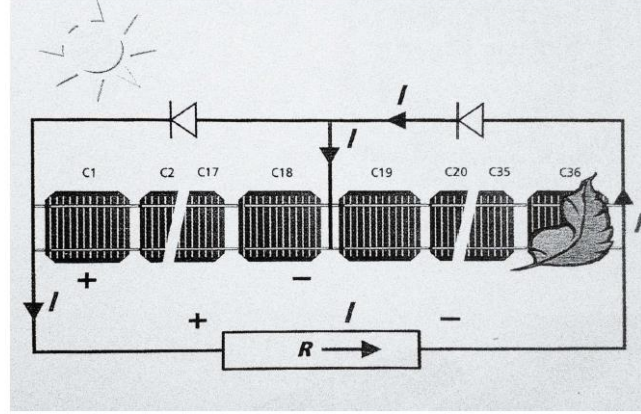
Dünyada fotovoltaik teknolojinin geliştirilmesi konusunda çalışmalar sürmektedir. Fotovoltaik sistemlerde, performansı etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar mevsimsel değişiklikler, kurulumun coğrafi konumu, çevresel faktörler ve tozlanma olarak sıralanabilir. Çalışmamızda tozlanma kayıplarının sistem verimliliğini etkilemesi konusundaki çalışmalar incelenmiştir.

5 FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE TOZLANMA KAYIPLARI

Fotovoltaik sistemlerde (PV) tozlanma kayıpları birçok faktörden kaynaklı olabilir. Bunlar kar, kir, toz, kuş pisliği, polen, yaprak vs. gibi sıralanabilir. Kuş pisliği ve yaprak gibi malzemeler bölgesel kirliliğe, yoğun kar yağışı panelin tümünün kapanmasına neden olan kirlilik sebeplerindendir. Bu olayların neticesinde modülün elektrik enerjisi verimi düşer ve hatta arızalanabilir. Şekil 3'de kirlenme sonucunda gölgelenme oluşan modül görülmektedir. Kirlenme sonucu arızalanan modül silikon malzemeden ise sorun bypass diyot kullanılarak giderilebilir. Fakat bypass diyotlar modüllerde 2 yada 4 adet kullanılabilir. Bypass diyotlu modüldeki akım geçişi Şekil 4'de verilmiştir.

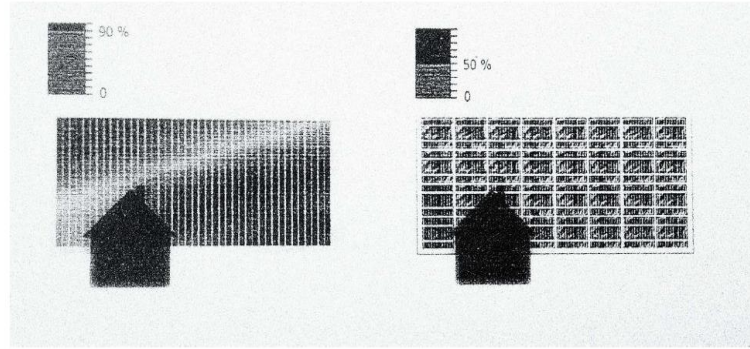


Şekil 3: Gölgelenmiş hücreden akım geçişi [8].



Şekil 4: Bypass diyot akım geçişi [8].

Modüllerde silikon modüllerin yanı sıra ince filmlilerde kullanılmaktadır. İnce filmlilerde bölgesel kirlenmedeki kayıplar daha azdır. Bu sebeple daha kullanışlıdır. Şekil 5'te silikon ve ince filmlilerdeki gölgelenme etkisi gösterilmiştir.



Şekil 5: Silikon ve ince filmlilerdeki gölgelenme etkisi [8].

Bu konuda sistem verimliliğini inceleme adına birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda tozlanma etkisinin sistem verimlilik değerindeki düşüş oranları araştırılmıştır. Ayrıca tozlanmayı etkileyen faktörler olan çevresel etkenler, temizleme periyodu, yağışın tozlanma üzerine etkisi, bölgenin coğrafi konumunun tozlanmaya etkileri incelenmiştir.

Örneğin konu ile ilgili 2006 yılında Kimber, Kaliforniya ve Amerika'nın güney bölgesinde çalışma yapmıştır. Bölgede 15 dk'lık tozlanma verilerini almışlardır. Toz etkisinin modül performansını ne kadar düşürdüğünü incelemiştir. İncelemeler sonucunda; kurak zamanlarda günlük tozlanmadan kaynaklı kayıpların %0,2 olduğunu, sistemin yıllık olarak enerji kaybının ise %1,5 ile %6,2 arasında değiştiğini gözlemlemiştir. Bu çalışmada sonucunda tozlanmadan kaynaklanan kayıpların kurak zamanlarda lineer artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, tozlanma ile ilgili PV modüllerin tek başına ve PV modül dizilimi olarak gösterdiği performans değerlendirmesi yapılmıştır. Kirlenen ve çalışmayan modüller kısa devre yapılmış, devrenin verimlilik değerlendirmesini incelenmiştir [9].

İspanyada ise 2006-2007 yılları arasında Malaga Üniversitesinde, Piliouguine ve ark. tozlanma ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Elde edilen verilere göre; kurak zamanlarda tozlanmadan kaynaklı kayıpların %15; yıl geneli değerlendirildiğinde %6 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada şebeke bağlantılı sistemlerin boyutlarının tozlanma kayıpları etkisi verileri elde edilmiştir. Buna göre boyut etkisinin tozlanmadan kaynaklı verim düşüşüne etkisinin %3-4 arasında olduğu belirlenmiştir [10].

Kimber 2007 yılında, Güney Kaliforniya'da tozlanma ve temizleme periyodu ilişkisini incelemiştir. Aynı bölgeye aynı boyut, aynı yönde, aynı özellikte 3 adet PV modul yerleştirilmiştir. Bunlara A2, B1 ve B2 denilmiştir. Kurak mevsimde; A2, 2 kez yıkanmış, B1 1 kez yıkanmış ve B3 hiç yıkanmamıştır. A2 için kirlenme kayıpları ihmal edilmiş, temel verimli sistem olarak değerlendirilmiştir. Buna göre B3'te yıllık tozlanmadan kaynaklı kayıp %5,1; B1'de yıllık tozlanmadan kaynaklı kayıp %3,3 olarak bulunmuştur. Elde edilen verilere göre; tozlanma kayıpları oranının güney Kaliforniya'da %4,8 ile %5,5 arasında olacağı tahmin edilmiştir. Temizleme işlemi şirket tarafından yapılmış, özel bir sistem kurulmamıştır. O sebeple temizleme maliyet hesaplaması yapılmamıştır [11].

Jiang, Lin Lu, ve Ke Sun, 2011 yılında farklı yüzey malzemeli modüller üzerindeki toz etkisini incelemeye yönelik çalışma yapmıştır. Çalışma deney odasında yapılmıştır. Işınım simülatörü, toz jeneratörü, tozu ölçen cihaz vs. gerekli cihazlar kullanılmıştır. 3 tip PV modul incelenmiştir. Bunlar; cam yüzeyli monokristal silikon, epoksi yüzeyli polikristal silikon ve cam yüzeyli amorf silikon. Toz birikme yoğunluğu 0-22 g/m² arasında değiştiğinde, irradiance 760W/m² de sabitlenmiştir. Buna göre modul verimlilik azalması %0 ile %26 arasında değişkenlik göstermiştir. Irradiance 300-760 w/m² arasında değiştiğinde toz yoğunluğu 8 g/m² de sabitlenmiştir. Bu durumda orta seviyedeki (yaklaşık 500 W/m²) ışınımında verimlilik değerindeki bozulmanın minimum seviyeye ulaştığı gözlemlenmiştir. Yüzey malzemeleri verimlilik ilişkisi incelendiğinde verimlilik değerleri; cam yüzeyli mono kristal de en az, polikristal silikonda en fazla olduğu görülmüştür. Çalışmada yüzey malzemesi toz tutma değerlendirmesi yapılmış olmuştur [12].

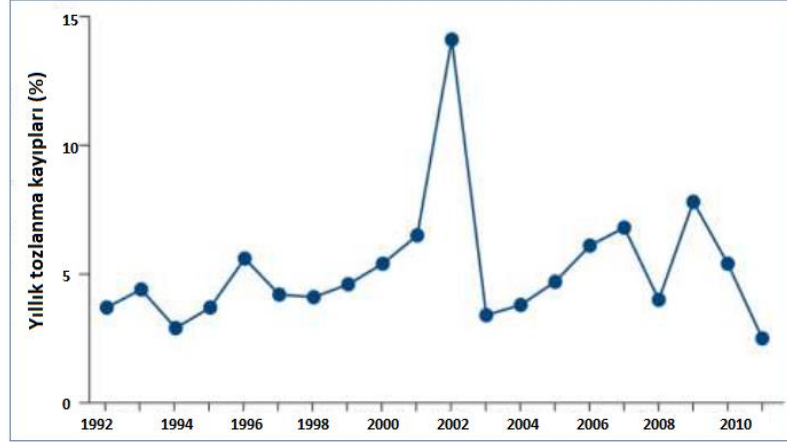
Pavan, Mellit, ve De Pieri 2011 yılında, İtalya'da 1.2MWp'lik sistemdeki kirlilik ve verimlilik değişimini incelemiştir. Tilt açısı sabitlenmiş, modul yüzey malzemesi olarak multi kristal silikon malzeme kullanmıştır. PV modulun tozlanmadan kaynaklanan performans değişiklikleri incelenmiştir. 7 hafta boyunca analiz yapılmıştır. İlk periyotta 1 yıl boyunca yıkanmamış modüller incelenmiş, bunlara #1 denilmiştir. 2. Periyotta yıkanmış modüller kullanılmış, #2 denilmiştir. Yıkanmış modüllerin bir tanesi ekstra olarak fırçayla da temizlenmiştir. STC(standart test koşulları) yaratmak için modul sıcaklığı 25 °C ışınım 1000W/m² olarak ayarlanmıştır. Buna göre #1 koşulda performans düşüşü %6,9; #2. koşuldaki performans düşüşünün %1,1 olduğu görülmüştür. Performans düşüşlerindeki farklılığın sebebinin tozlanmadan kaynaklı olduğu öngörülmüştür. Ayrıca temizlenen modüllerden fırçayla temizlenen modülde daha hızlı bir performans artışı olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar temizleme tekniğinin tozlanma etkisine ilişkisini incelemiştir. Temizleme masrafları hesaplanırsa daha net verimlilik sonuçları çıkacağı öngörülmüştür. Ayrıca verimliliği optimum yapmak için şartların daha net belirlenebileceği belirtilmiştir [13].

Yine İspanya'da 2012 yılında yapılan başka bir çalışmada Zorilla-Casanova, daha geniş kapsamlı veri alımı yapmıştır. Gün içerisindeki toz miktarı değişimini incelemiştir. Buna göre kurak zamanlarda tozlanmadan kaynaklı kayıpların %20'ye ulaştığı, yıllık ise %4,3 olduğu belirlenmiştir [14].

2013 yılında Kleissl ve ark. Kaliforniya'da en büyük çalışmalardan birini yapmıştır. 186 PV modüllü bulunan sistemi incelemiştir. Kleissl'in çalışmasında günlük elektrik enerjisi üretimi ile tozlanmadan kaynaklı verimlilik düşüşü etkisi incelenmiştir. İncelemeler sonucunda; kurak zamanlarda günlük tozlanma oranının sistem performansını %0,051 oranında düşürdüğünü belirlemiştir [15].

Bir diğer çalışma, 2013 yılında Caron ve Litmann'ın, 2 ayrı bölge koşulunda PV paneller üzerindeki tozlanma etkilerini incelemesidir. Bölge olarak çöl ve yoğun zirai (tarım) yapılan bölgeler seçilmiştir. Çalışma sonucunda zirai çalışmaların yoğun olduğu bölgede tozlanmadan kaynaklı performans düşüş oranının aylık %11,5 olduğu, çöl bölgesinde ise bu oranın %1 olduğu görülmüştür [16].

Uzun periyotlu bir diğer çalışma, McCarty Şirketinin 2013 yılında Scott tarafından Kanada'da yapılan çalışmasıdır. Bu çalışmada Arizona'daki 2 farklı bölgedeki 20 yıllık veriler alınmıştır. Buna göre günlük tozlanmadan kaynaklanan verim düşüşü oranlarının %0,04 ile %0,07 arasında değiştiği görülmüştür. Şekil 6'de Arizona'daki 2 farklı bölgeye ait yıllık tozlanma kayıpları verileri görülmektedir [17].



Şekil 6: Yıllık tozlanma kayıpları Gilabend, Arizona [17].

Şekil 6'dan da görüldüğü üzere tozlanmanın mevsimsel değişimi incelendiğinde, farklı hava koşullarının tozlanma seviyesinin artış ve düşüşünde önemli rol oynadığı görülmüştür. Yoğun yağışların PV modülü temizlemeye yardımcı olduğu, kurak zamanlarda tozlanma kayıplarının maksimum seviyeye çıktığı belirlenmiştir.

6 SONUÇLAR

Yenilenebilir enerji kaynakları günümüzde diğer enerji kaynaklarının yerini almaya başladığı yapılan araştırmalardan elde edilen verilerdendir. Bu konuda birçok teşvik edici sebepten bahsedilmiştir. Bunlar çevre dostu olması, fosil kaynakların azalması, ülkelerin kendi enerjilerini üreterek dış ülkelere olan bağımlılıklarını azaltması gibi sıralanabilir. Yine yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin dünya genelinde artış gösterdiği elde edilen verilerdendir. Fotovoltaik pillerin üretiminin de dünyada kayda değer artış gösterdiği görülmektedir. Bu pillerin verimliliğini etkileyen faktörler konusunda çalışmalar yapılmıştır. Çalışmamızda da fotovoltaik pillerin sistem verimlilik değerini etkileyen faktörlerden tozlanma konusunda yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Tozlanmanın sistem verimliliği üzerine etkilerinin farklı ülkelerde ve bölgelerde yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sistem performansını etkileme değerleri gerçek veriler ile belirtilmiştir. Buna göre yapılan çalışmalarda İspanya, İtalya, Kanada, Kaliforniya gibi dünyanın farklı bölgelerindeki etkileri incelenmiştir. Yağışın ve temizleme etkisinin sistem performansına etkisini incelemek için yağışlı ve kurak zaman ölçüm değerleri alınmıştır. Tozlanma etkisinin sistem verimliliğine olan etkilerinin yıllık ve günlük değerlendirme sonuçları sayısal verilerle belirtilmiştir. Sistemin yüzey malzeme türünün toz tutma oranına bağlı değerlendirme yapılmıştır. Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde tozlanma konusunda birçok parametrenin tozlanmayı oranını etkilediği, bu oranın ise sistem performans verimliliğinde düşüşe sebep olduğu görülmüştür.

REFERANSLAR

- [1] Yüksel D. and Kaygusuz K. (2011). Renewable energy sources for clean and sustainable energy policies in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews, (15): 4132-4144.
- [2] Karadağ, Ç., Gülsaç, I.I., Ersöz, A. ve Çalışkan, M. (2009). Çevre Dostu ve Temiz: Yenilenebilir Enerji Kaynakları, TUBİTAK Bilim ve Teknik, (498), 24-27.

- [3] Web-1: Energy Information Administration [EIA]. International energy outlook, DOE/EIA-0484, <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/>, erişim: 15.01.2016.
- [4] Web-2: Elektrik İdaresi Etüt Müdürlüğü [EİE]. Yenilenebilir enerji kaynakları, <http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/gunespv.html>, erişim: 10.01.2016.
- [5] Graf, R.F. Modern dictionary of electronics. Butterworth-Heinemann Publishers, A.B.D. (1999).
- [6] Messenger, R.A. ve Ventre, J. Photovoltaic systems engineering. Taylor & Francis Publishers, Florida, (2004).
- [7] Web-3: internet: <http://www.spirofrog.de> 30-01-2010, erişim: 02.01.2016.
- [8] Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie [DGS]. Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers. Sterling, VA:Earthscan Publishers, (2008).
- [9] Kimber, A., Mitchell, L., Nogradi, S., Wenger, H. (2006). The effect of soiling on large grid-connected photovoltaic systems in California and the South west region of the United States. Conference Record of the 2006 IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2, 2391-2395.
- [10] Piliouline, M., J. Carretero, M. Sidrach-de-Cardona, D. Montiel, and P. Sánchez- Friera. (2008). Comparative Analysis of the Dust Losses in Photovoltaic Modules with Different Cover Glasses. 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2698-700.
- [11] Kimber Adrienne. (2007). The effect of soiling on photovoltaic systems located in arid climates. 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference, Italy.
- [12] Jiang H., Lin L., and Ke S. (2011). Experimental investigation of the impact of airborne dust deposition on the performance of solar photovoltaic (PV) Modules. J. of Atmospheric Environment 45: 4299-4304.
- [13] Pavan A. M., Mellit A., Pieri D. D. (2011). The Effect of Soiling on Energy Production for Large-scale Photovoltaic Plants. Solar Energy 85, 1128-136.
- [14] Casanova Z., Piliouline J. M., Carretero J., Bernaola-Galván P., Carpena P., Mora-López L., and Sidrach-De-Cardona M. (2012). Losses Produced by Soiling in the Incoming Radiation to Photovoltaic Modules. Progress in Photovoltaics: Research and Applications.
- [15] Mejia F. A., Kleissl J. (2013). Soiling Losses for Solar Photovoltaic Systems in California. Solar Energy 95, 357-63.
- [16] Riley C. J., Littmann B. (2013). Direct Monitoring of Energy Lost Due to Soiling on First Solar Modules in California. IEEE Journal of Photovoltaics 3.1, 336-40.
- [17] Scott C. (2013). Quality Assurance: Impacts of Soiling on Utility-Scale PV System Performance. Solar Pro Magazine, 6(3), 14-20.



Energy Supply in a Building via a Photovoltaic-Thermal Power System

Hasan Riza Ozcalik

*Department of Electric-Electronic Engineering, Faculty of Engineering,
Kahramanmaras Sutcu Imam University, Kahramanmaras, Turkey*

Erdal Kilic

*Afsin Vocational School of Higher Education,
Kahramanmaras Sutcu Imam University, Kahramanmaras, Turkey*

Sami Sit

*Department of Electric-Electronic Engineering, Faculty of Engineering,
Kahramanmaras Sutcu Imam University, Kahramanmaras, Turkey*

Saban Yilmaz

*Department of Electric-Electronic Engineering, Faculty of Engineering,
Kilis 7 Aralik University, Kahramanmaras, Turkey*

ABSTRACT

The fact that a PV-thermal energy system can supply energy for hot water and heating in a building is of vital importance for the proliferation of renewable energy sources. Central heating boilers are used in case of insufficient solar energy. This study mainly focuses on the planning of a PV-thermal power system for optimal energy supply in a building and a simulated performance analysis.

Keywords: Energy Storage, Renewable Energy, Analytical Studies, Optimization.

1 INTRODUCTION

Traditionally, solar energy has been divided into two distinct but separate fields: solar thermal, where incoming radiation is converted into heat, and photovoltaic (PV), where solar energy is converted to electricity. Solar thermal systems have long been used for applications such as water heating, space heating and power generation.

Photovoltaic, although it is a comparatively recent development, have also been applied to a large number of electricity generating applications, including watches, calculators and large power systems such as those used at the Sydney Olympic Village [1].

By and large the two technologies have, for the majority of their lives, remained as separate entities. In the late 1970's, however, a number of studies began to analyze incorporating photovoltaic and solar thermal into a single device, commonly referred to as Photovoltaic/Thermal (PVT) solar collectors. The following are two benefits to PVT: First, the efficiency of PV cells can be increased by actively

cooling them via a solar thermal system. Second, incorporation of both systems into a single unit may reduce the area dedicated to solar energy. It is well known that efficiency decreases with increasing temperature by approximately 0.5%/°C for mono and polycrystalline silicon PV-cells. In PVT systems, the solar thermal is used to reduce the temperature of the PV-cells and thus improve their efficiency [2].

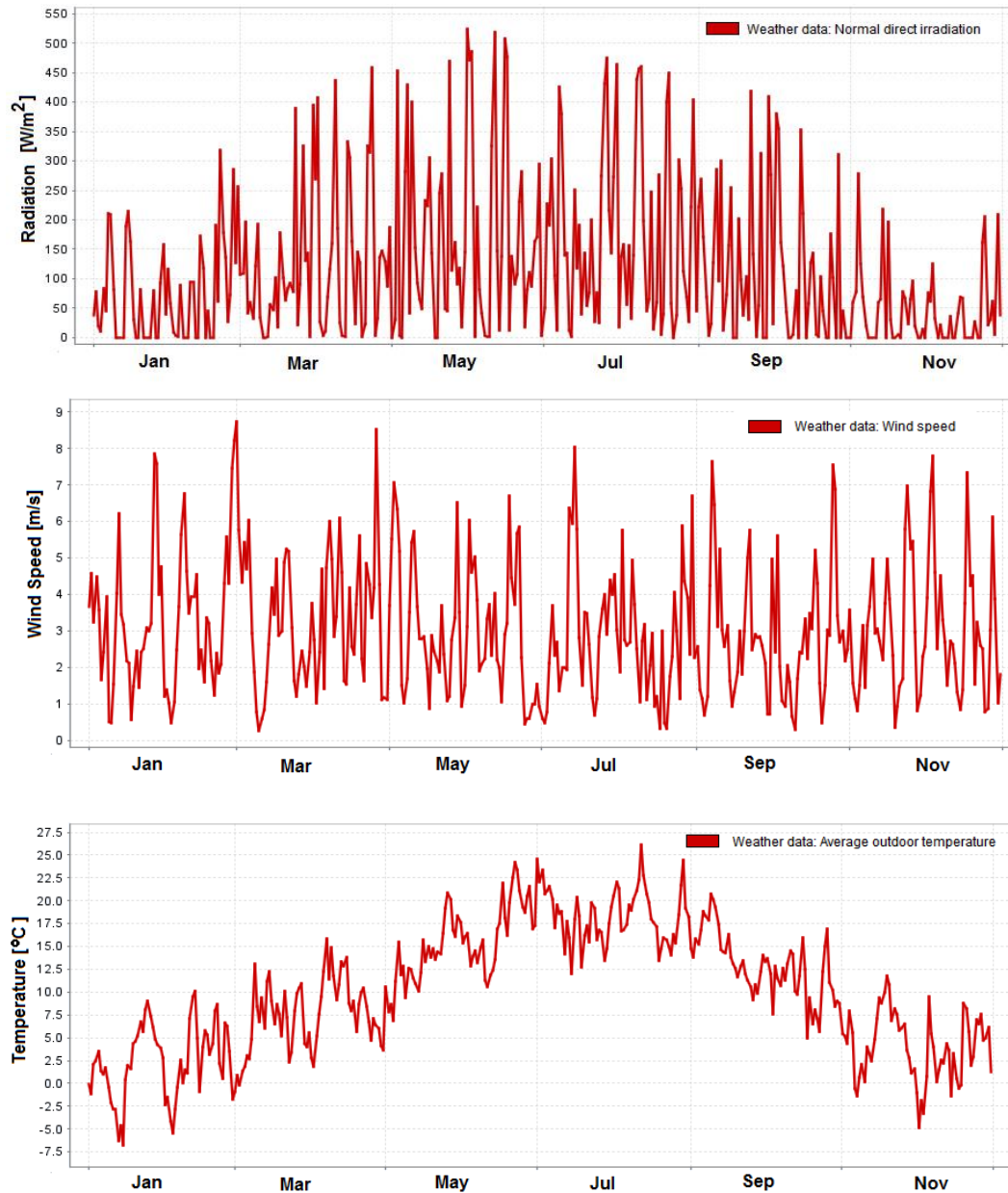


Figure 1. Climate values

In the past 3-4 decades, the market of solar thermal and photovoltaic (PV) electricity generation has been growing rapidly. Technological developments were also seen in hybrid solar photovoltaic/thermal (PVT) collectors and the associated systems. Generally speaking, a PVT system integrates photovoltaic and solar thermal systems for the co-generation of electrical and thermal power from solar energy. A

range of methods are available such as the choices of monocrystalline/ polycrystalline/ amorphous silicon (c-Si/pc-Si/a-Si) or thin-film solar cells, air/liquid/evaporative collectors, flat-plate/concentrator types, glazed/unglazed designs, natural/forced fluid flow, and stand-alone/building-integrated features. Accordingly, the systems range from PVT air and/or water heating system to hot-water supply through PV-integrated heat pump/pipe or combined heating and cooling and to actively cooled PV concentrator through the use of lens/reflectors. Engineering considerations can be mentioned in the selection of heat removal fluid, the collector type, the balance of system, the thermal to electrical yield ratio, the solar fraction, and so forth. These possess decisive effects on the system operating mode, working temperature, and energy performance [3].

This study focuses on planning the energy demand of a building at an optimal level of solar energy. Black Sea region, the region with the least radiation in Turkey, was chosen due to its climate to identify the effects of solar energy in severe conditions. In Figure 1, climate figures for the location where the building is located are given.

2 SOLAR SYSTEM

Modelling was designed with Polysun and a combi boiler of 7.5 kW PV/T was selected as the energy source. Hot water, heating and electricity will be supplied for the 132 m² house. Electricity surplus will be transferred to electricity network. System scheme is shown in Figure 2. Energy surplus of the building which demands 3500 kWh energy annually will be transferred to the network thanks to the on-grid system. 3 pieces of 2.1 kVA Anonymous inverters were planned. The building is a detached house of 132 square meters. 150 litres of 50°C hot water is consumed daily.

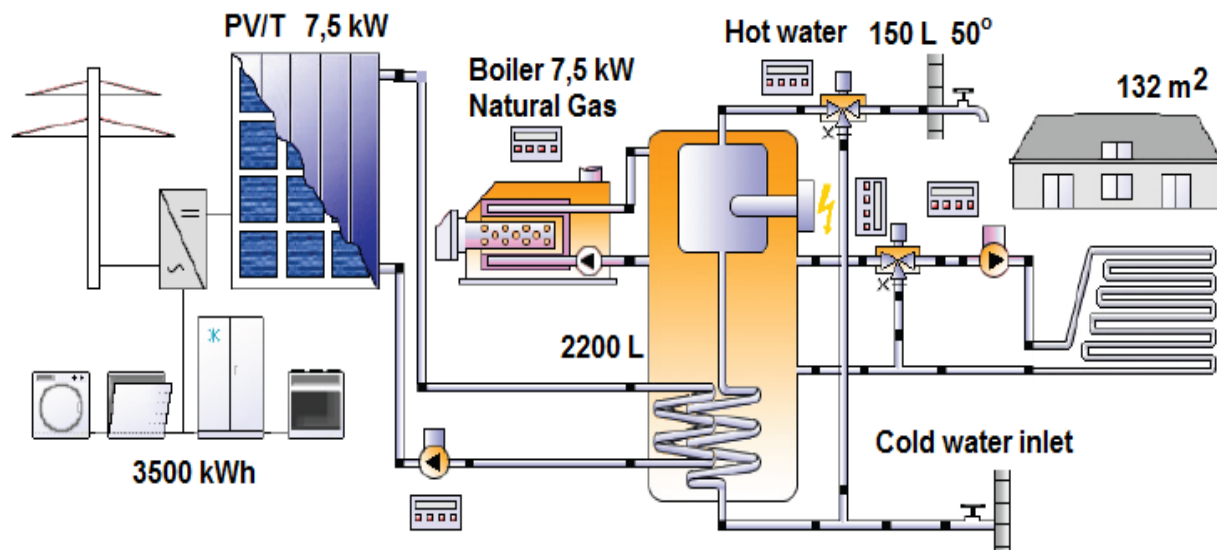


Figure 2. System diagram

3 PV/T

30 pieces of 250 W Dualsun monocrystalline PV/T panels were used in the system. Its nominal voltage is 30.7 V and nominal current is 8.15 A. Its efficiency is 15.4%. Total panel area is 49.2 m² and installed power to supply the total electricity production is 7.5 kW. Panel properties are given in Table 1.

4 FINDINGS AND DISCUSSION

PV/T system and a gas fired boiler will supply energy for the building which demands 150 litres of 50oC hot water daily, 350 kWh of electricity monthly and 6822 kWh heating energy annually. Energy surplus will be transferred to the network. Monthly changes in the energy demand are displayed in Figure 3. Monthly temperature changes in different points of the system are shown in Figure 4. Monthly energy production via solar energy and gas fired boiler are given in Figure 5. A total of 13570 kWh energy is demanded by the building for heating, electricity and hot water annually.

Solar energy provides 13045 kWh energy annually, most of which is used for electricity. Energy surplus is transferred to the network.

Table I. Panel Properties

Brand Name	Dualsun
Model	DS 250 M
Cell type	Si-mono
Maximum Power (Pmax)	250 W
Nominal Voltage (Vmp)	30.7 V
Nominal Current (Imp)	8.15 A
Open Circuit Voltage(Voc)	38.5 V
Short Circuit Current (Isc)	8.55 A
Efficiency	15.4%
Maximum temperature	75 °C
Max. Pressure	10 bar
Length	1650 mm
Width	990 mm
Weight	19.1 kg

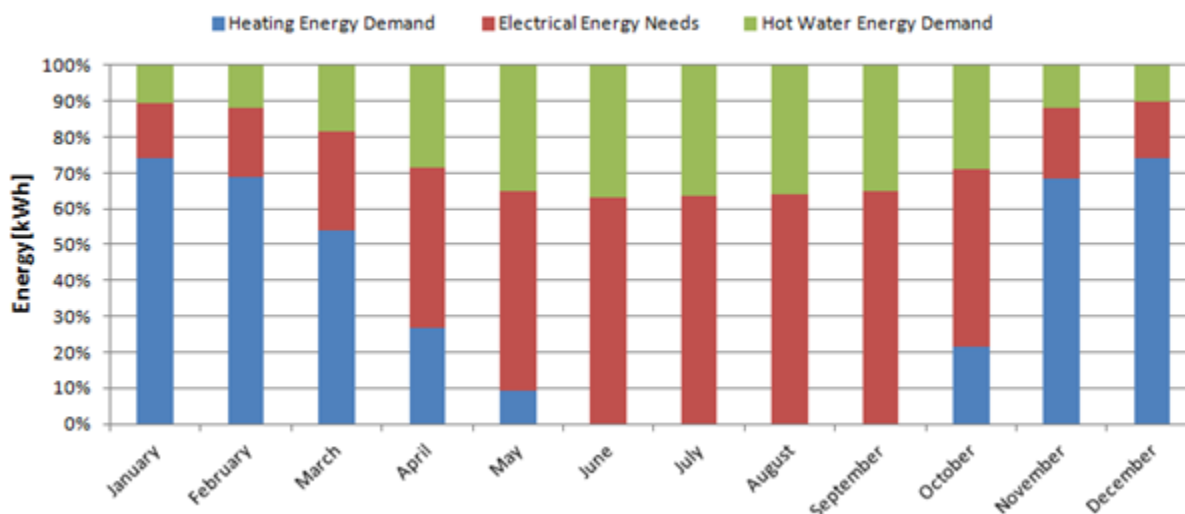


Figure 3. Changes in energy demand

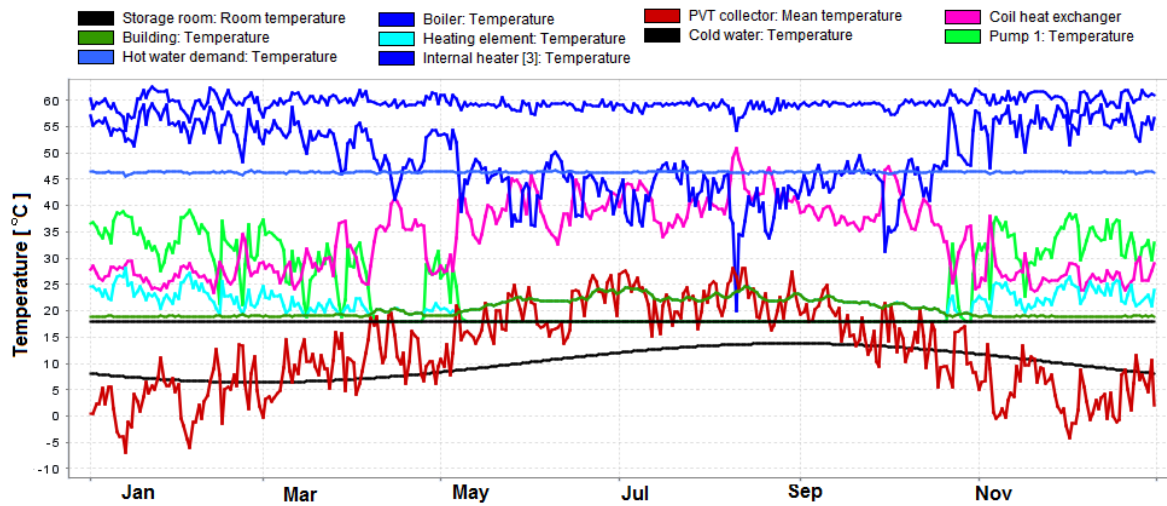


Figure 4. Temperature changes

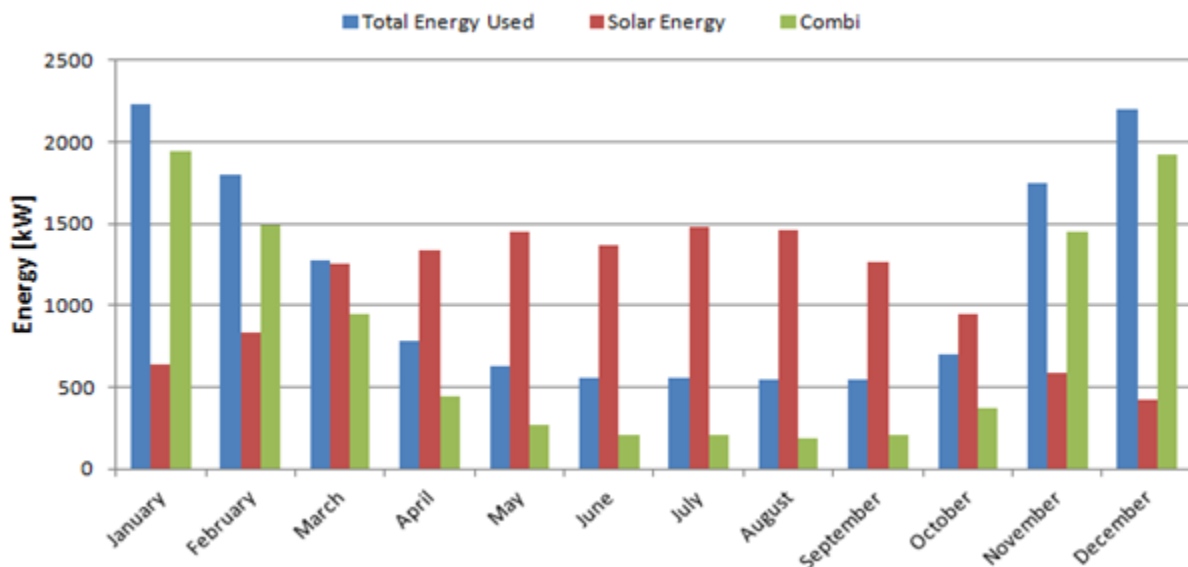


Figure 5. Monthly changes in energy

5 CONCLUSION

PV/T systems supply energy for both electricity and hot water. PV/T hybrid systems are more productive compared to photovoltaic and solar collectors installed separately. In PV/T, PV system is cooled while hot water is heated, thus increasing the efficiency of PV system. In today's world, renewable

energy sources gain importance each day and solar energy is a suitable option to supply energy for all demands of a building. More successful results can be obtained in Mediterranean region where radiation values and temperatures are high. When solar energy is insufficient, gas fired boilers, air conditioners and heat pumps may be used.

It is concluded in this study that PV/T systems succeed in supplying hot water and heating for a building and that these systems must become more popular as Turkey usually benefits from solar energy to obtain hot water.

REFERENCES

- [1] Prasad, D and Snow, M., "Designing with solar power", Images Publishing Group, Melbourne, 2005.
- [2] T.N. Anderson, M. Duke and J. K. Carson, "Designing Photovoltaic /Thermal Solar Collectors For Building Integration", *Solar Energy: Research Technology and Applications*, pp. 403-426, 2008.
- [3] T. T. Chow, G. N. Tiwari, and C. Menezo,"Hybrid Solar: A Review on Photovoltaic and Thermal Power Integration", *International Journal of Photoenergy*, vol. 2012 , Article ID 307287, pp. 17, 2012.
- [4] EL-Kassaby, M.M., "Monthly and daily optimum tilt angle for south facing solar collectors; theoretical model, experimental and empirical correlations", *Solar & Wind Technology* 5, pp. 589–596, 1988.
- [5] Hussein, H.E.-G.H.M.S., Ahmad, G.E., "Performance evaluation of photovoltaic modules at different tilt angles and orientations. *Energy Conversation and Management* 45, pp. 2441–2452, 2004.
- [6] Pissulla, D., Seckmeyer, G., Cordero, R.R., Blumthaler, M., Schallhart, B., Webb, A., Kift, R., Smedley, A., Bais, A.F., Kouremeti, N., Herman, A.C.J., Kowalewski, M., Comparison of different calibration methods to derive spectral radiance as a function of incident and azimuth angle. *Photochemical Photobiological Sciences* 8, pp. 516–527, 2009.
- [7] Seckmeyer, G., "Spectral measurements of the variability of global UV-radiation", *Meteorologische Rundschau*, Gebrueder Borntraeger Verlagsbuchhandlung Heft 6, pp. 180–183, 1989.
- [8] Soulayman, S.S., "On the optimum tilt of solar absorber plates", *Renewable Energy* 1, pp. 551–554, 1991.
- [9] Ibrahim, D., "Optimum tilt angle for solar collectors used in Cyprus", *Renewable Energy* 6, pp. 813–819, Balenzategui, 1995.
- [10] J., Chenlo, F., "Measurement and analysis of angular response of bare and encapsulated silicon solar cells", *Solar Energy Materials & Solar Cells* 86, pp. 53–83, 2005.

- [11] Cheng, C.L., Jimenez, C.S.S., Lee, M.-C., "Research of BIPV optimal tilted angle, use of latitude concept for south orientated plans", *Renewable Energy* 34, pp. 1644–1650, 2009.
- [12] Elsayed, M.M., "Optimum orientation of absorber plates", *Solar Energy* 42, pp. 89–102, 1989.
- [13] Gunerhan, H., Hepbasli, A., "Determination of the optimum tilt angle of solar collectors for building applications", *Building and Environment* 42, pp. 779–783, 2007.
- [14] Lewis, G., "Optimum tilt of a solar collector", *Solar & Wind Technology* 4, pp. 407–410, 1987.
- [15] Nakamura, H., Yamada, T., Sugiura, T., Sakuta, K., Kurokawa, K., "Data analysis on solar irradiance and performance characteristics of solar modules with a test facility of various tilted angles and directions", *Solar Energy Materials & Solar Cells* 67, pp. 591–600, 2001.



Determining of the Electric Power Needed at Irrigation Systems with Solar Cell

Tayfun Korucu

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği, Kahramanmaraş

Ahmet Dünder

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği, Kahramanmaraş

Şaban Yılmaz

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Kilis

ABSTRACT

The aim of the study was to meet the electric power need at irrigation systems at the farm and field away from the power source with solar cell systems (PV). Electric energy obtained from the solar panel system was used in the operation of the water pump. The water pump pumped the water again into the pool taken from the pool. Electrical energy produced by solar cell and efficiency of the water pump were measured for a year period. As a result of these, PV system produced 824 kWh electrical energy and water pump pumped 4 000 tons water in the pool. At the same time, it approximately corresponded to 402.936 kg / year of CO₂ emissions. The data received from the system was compared with the data obtained from modelling. As a result, the system appeared to be successful at 100%.

Keywords: Solar panel, solar cell, water pump, photovoltaic system

Sulama Sistemlerinde İhtiyaç Duyulan Elektrik Enerjisinin Güneş Pilleri İle Karşılanması

ÖZET

Bu çalışmada, elektrik kaynaklarından uzak olan tarım arazileri ve tarımsal işletmelerdeki sulama pompaj tesislerinin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin, güneş pili sistemi (PV) ile karşılanması amaçlanmıştır. Sistemde güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisi su pompasının çalıştırılmasında kullanılmıştır. Su pompası ise havuzdan aldığı suyu tekrar havuzun içerisine pompalamıştır. Sistemin ürettiği elektrik enerjisi ve su pompasının verim değerleri bir yıl süre ile ölçülmüştür. PV sistemi ile yıllık 824 kWh elektrik enerjisi üretilmiş ve 4000 ton su pompalanmıştır. Üretilen bu enerji değerine karşılık 402,936 kg/yıl CO₂ salınımı kazancı sağlanmıştır. Sistemden alınan veriler ile sistemin kurulum aşamasında modelleme yapılırken belirlenen değerler karşılaştırılmış ve sistemin %100 seviyesinde başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Güneş paneli, Güneş pili, Su Pompası, Fotovoltaik sistem

1 GİRİŞ

Dünya’da sürekli artan enerji talebi ve buna paralel olarak mevcut enerji kaynaklarının hızla tüketimi dünya ülkelerini yeni enerji kaynakları arayışına zorlamıştır. Enerji talebinin karşılanmasında meydana gelen sorunlar ve aşırı fosil yakıt tüketimine bağlı olarak küresel ısınmanın etkilerini belirginleştirmesi, enerjinin güncel bir sorun olmasına ve Dünya’nın ana gündem maddesi haline gelmesine neden olmuştur. Özellikle gelişmiş ülkeler enerji talebinin karşılanmasındaki problemlerin çözümü için enerji ana gündem maddesi ile sık sık toplantılar düzenlemektedir. Bu ülkeler enerji arz ve talep dengesini ayarlamak için çalışmaktadırlar. Dünya Enerji Forum’unun tahminlerine göre; fosil enerji kaynaklı petrol, kömür ve doğalgaz rezervlerinin günümüz şekliyle tüketilmesi halinde önümüzdeki yüzyıl içerisinde bu yakıtlar tükenmiş olacaktır (Kumar ve ark., 2010). Ek olarak; fosil enerji kaynaklı bu yakıtların tüketimi ile zehirli gazların salınımı ve tüketimi çevresel açıdan ciddi bir problem teşkil etmektedir (Čeřovský, 2008).

Bu enerji kaynakları küresel ısınmaya neden oldukları gibi havanın kirlenmesine, asit yağmurlarının oluşmasına, ozon tabakasının delinmesine, ormanların tahribatına da sebep olmaktadır (Wai ve ark., 2008). Karbondioksit (CO₂) salınımının ana nedeni insanların aktiviteleri sonucu oluşmaktadır. İnsan kaynaklı karbondioksit salınımı dünya ölçeğinde 2002 yılında 2.6 milyar ton olurken bu değerin 2030 yılında yıllık 4.2 milyar tona ulaşması beklenmektedir (Müller - Steinhagen ve ark., 2009). Bu etkilerin önlenmesi için enerji verimliliğinin geliştirilmesi, fosil enerji kaynaklı yakıt tüketiminin azaltılması ve çevre dostu enerji kaynaklarının tüketiminin yaygınlaştırılması gibi bazı potansiyel çözümlerin uygulanması zaruridir (Wai ve ark., 2008).

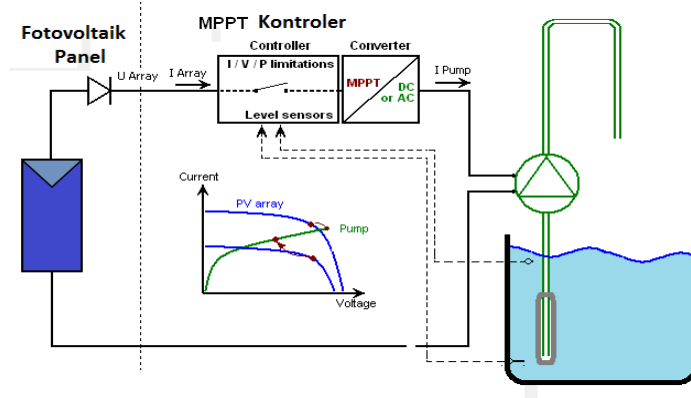
Fosil kaynakların hızlı bir şekilde tükenmesiyle; yakın gelecekte güneş, rüzgâr, dalga, biokütle, jeotermal, hidrolik ve hidrojen enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı büyük bir önem kazanacaktır. Güneş enerjisi kullanarak enerji üretilmesi yenilenebilir enerji kaynağı uygulamalarından en popüler olanıdır. Güneş kolektörleri, fotovoltaik hücreler ve güneş bacası uygulamaları kaynağı güneş olan enerji üretme yöntemlerindendir (Koroğlu ve ark., 2010).

1.1 PV SİSTEMİN GENEL YAPISI VE METODOLOJİ

01.09.2014 - 30.12.2015 tarihleri arasında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Avşar Kampüsü içerisinde yer alan güneş paneli istasyonunun (Şekil 1) bulunduğu yerde iki adet 250 watt’ lık güneş paneli, bir adet 300 watt’ lık su pompası, 175, 150, 150 (cm) ölçülere sahip bir havuz, controller, su sayacı ve bağlantı elemanları kullanılarak sistemin kurulumu yapılmıştır. Sisteme ait ana şema (Şekil 2) aşağıda gösterilmiştir.

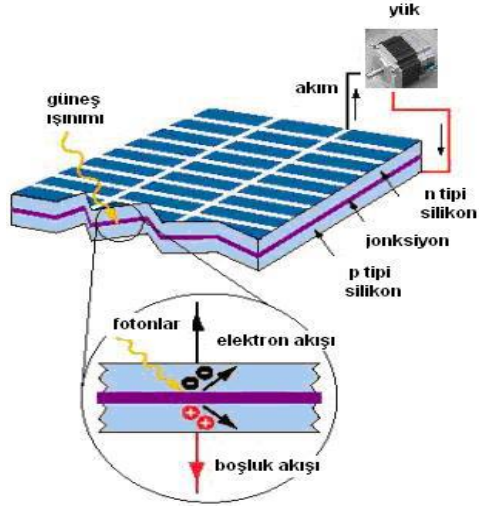


Şekil 1. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Avşar Kampüsü Güneş Paneli İstasyonu.



Şekil 2. Güneş paneli sistemine ait ana şema.

Sistemde kullanılan güneş panellerinin ana yapısı ve fotovoltaik etkisi Şekil 3' te gösterildiği gibidir. Kurulan sistemde güneşten gelen radyoaktif ışınların elektrik enerjisine dönüşümünün sağlanması için iki adet 250 Watt'lık polikristalin güneş paneli (Şekil 4), önceden kurulan havuzun üzerine galvanizli L profiller ve silindir borular kullanılarak yaklaşık olarak 45 derecelik açıyla montajlanmıştır.



Şekil 3. Bir Fotovoltaik Güneş Panelinin ana yapısı ve Fotovoltaik etkisi.

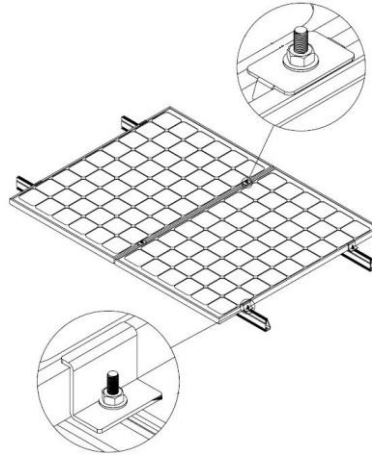


Şekil 4. Polikristalin Güneş Paneli.



Şekil 5. Güneş panellerinin havuzun üzerine sabitlenmesi için kullanılan galvanizli L profiller ve silindirik borular.

Havuzun üzerine kurulan sehpa üzerine yerleştirilen güneş panelleri olumsuz hava koşullarından etkilenip zarar görmemesi için uygun ekipmanlar kullanılarak aşağıda gösterildiği şekilde (Şekil 6) montajlanmıştır. Paneller arasındaki elektrik bağlantısında özel olarak üretilmiş üstün kaliteli hammaddelerden yapılmış solar kablolar ve özel olarak üretilmiş solar kablo konnektörleri kullanılmıştır.



Şekil 6. Güneş panellerinin sehpa üzerine uygun montaj şekli.

Kurulumu yapılan güneş panellerinin ürettiği doğru akıma (DC) sahip elektrik enerjisini, sistemde kullandığımız pompada kullanabilmek için düzenleyici olarak lorentz marka controller (Şekil 7) kullanılmıştır.



Şekil 7. Sistemde kullandığımız lorentz marka controller

Kurduğumuz güneş paneli sisteminde suyun devir-daim işleminin yapılması için kullandığımız lorentz marka controller ile uyumlu yine lorentz marka 300 Watt' lık 45 mt yüksekliğe su basabilen su pompası (Şekil 8) kullandık.



Şekil 8. Lorentz marka dalgıç tip su pompası.

Kurduğumuz sistemde güneş panellerinin ürettiği elektrik enerjisi ile çalışan su pompasını kullanabilmek için 175,150,150 (cm) ölçülerine sahip iç kısmı mermer taşları ile kaplı tuğladan yapılmış su havuzu (Şekil 9) kullandık. Havuzdaki suyun tahliyesi için havuzun dip kısmına bir adet vanalı boru konulmuştur. Havuzdaki suyun iletimi için pvc boru kullanılmıştır.



Şekil 9. Sistemde kullanılan su havuzu ve üzerine kurulu güneş panelleri.

Kurduğumuz güneş paneli sisteminde su pompasının devir-daim ettirdiği su miktarını ölçmek için klepsan marka bir adet su sayacı (Şekil 10) kullandık.



Şekil 10. Klepsan marka su sayacı.

1.2 SAHA ÇALIŞMASINDA PV SİSTEMDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Yaptığımız çalışmada güneş panellerinin ürettiği elektrik enerjisinin miktarını sistemde kullandığımız lorentz controller - inverter cihazının içinde bulunan bluetooth devresi ile android yazılımlı cep telefonumuzda kullandığımız Pump Scanner yazılımı (Şekil 11) ile bağlantı kurarak verileri aldık. Ayrıca sistemde kullandığımız su pompasının devir – daim ettirdiği su miktarını ölçmek için ise mekanik su sayacı kullandık.

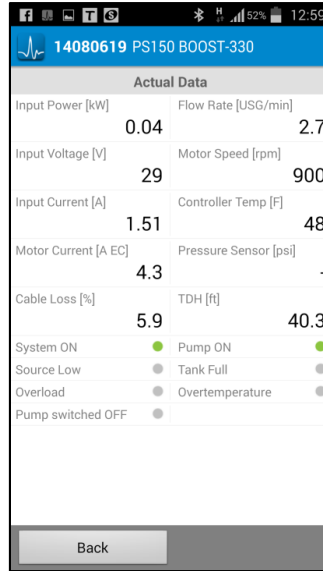


Şekil 11. Lorentz controller – inverter cihazında kullanılan veri transferi yazılımı.

Sistemden aldığımız verilere göre 2014 yılı ekim, kasım, aralık ve ocak aylarını kapsayan 120 günlük dönemde yaklaşık olarak 1.500 ton su devir - daimi gerçekleşmiştir.

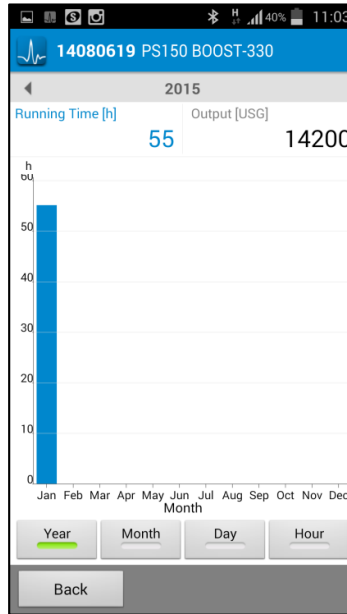
PumpScanner yazılımı ile sistemden; panellerin ürettiği anlık elektrik miktarını, panellerden inverter cihazına gelen anlık elektrik miktarını, su pompasının motor devir sayısını, kablolardaki elektrik kayıplarını,

sıcaklık değerlerini ve dakikadaki su iletim miktarı bilgilerini alabiliyoruz. Sistemden aldığımız veriler Şekil 12’ de gösterilmiştir.



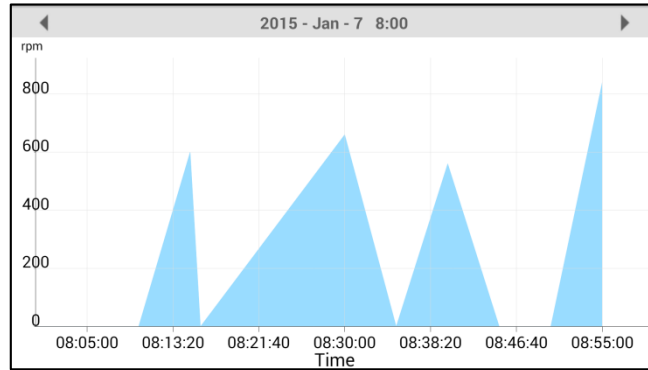
Şekil 12. Android yazılımlı cep telefonunda kullandığımız PumpScanner yazılımının ana sayfası.

Aşağıdaki şekilde ocak ayına ait geriye dönük toplam çalışma süresi gösterilmektedir verilerin alındığı tarih ocak ayının 15’ idir. Yani aşağıdaki resme göre 2015 yılının ocak ayının ilk 15 günlük döneminde panelimiz toplamda 55 saat çalışmıştır.

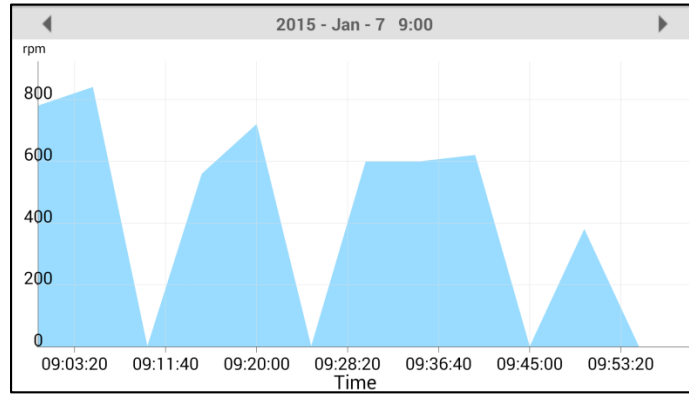


Şekil 13. Aylık dönemlerde güneş panelinin toplam çalışma süreleri.

Aşağıdaki grafiklerde ise su pompasının motor devir sayısı (rpm) görülmektedir grafiklerdeki boşluklar bize o saatlerde güneş ile panellerin arasına bulutun girdiğini ve pompanın durduğunu gösteriyor (Şekil 14 ve Şekil 15).



Şekil 14. Su pompasının motoruna ait dakikadaki devir sayısını gösterir grafik.



Şekil 15. Su pompasının motoruna ait dakikadaki devir sayısını gösterir grafik.

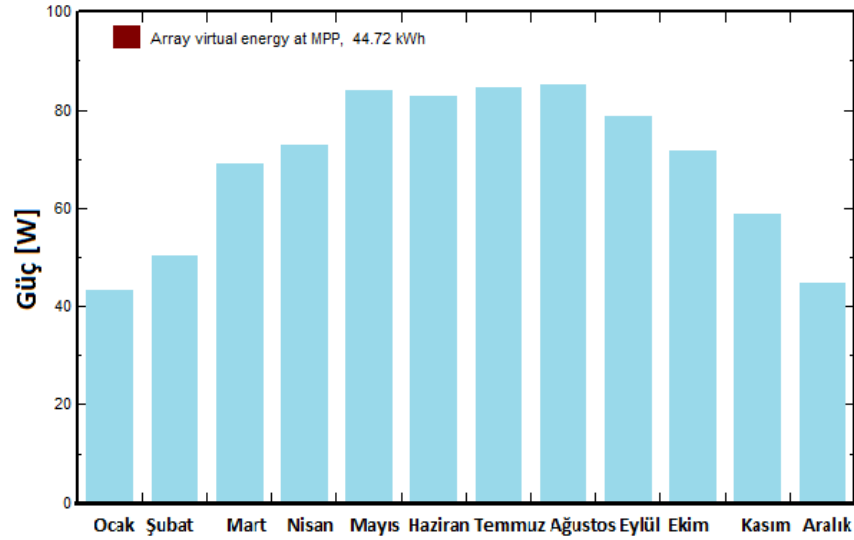
Aşağıdaki grafikte ise güneş panellerinin ürettiği elektrik enerjisinin voltaj değerleri görülmektedir (Şekil 16). Grafiğe göre saat 14:00 ile 15:00 arasında panelin yaklaşık olarak % 80 verimle çalıştığını görüyoruz.



Şekil 16. Güneş panellerinin ürettiği elektrik enerjisine ait voltaj değerleri.

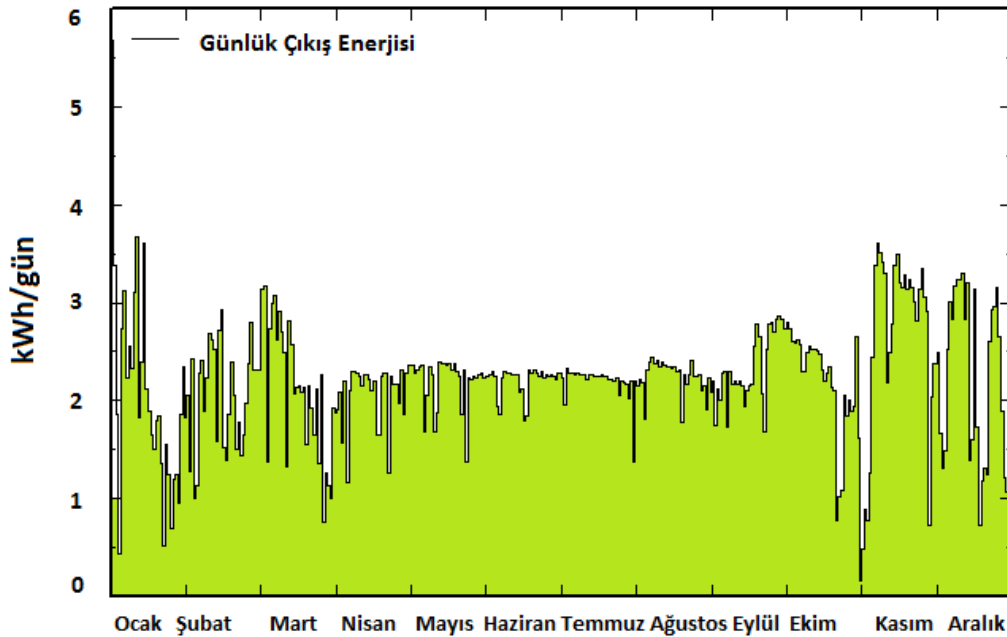
1.3 SİSTEMİN ÜRETTİĞİ ENERJİ VERİLERİ

Kurmuş olduğumuz güneş paneli ile çalışan sulama pompaj tesisinde 2015 yılı için üretilen aylık toplam güç miktarı grafiği aşağıdaki şekilde (Şekil 17) gösterilmiştir.



Şekil 17. 2015 yılına ait güneş panellerinin ürettiği aylık güç (W) miktarı

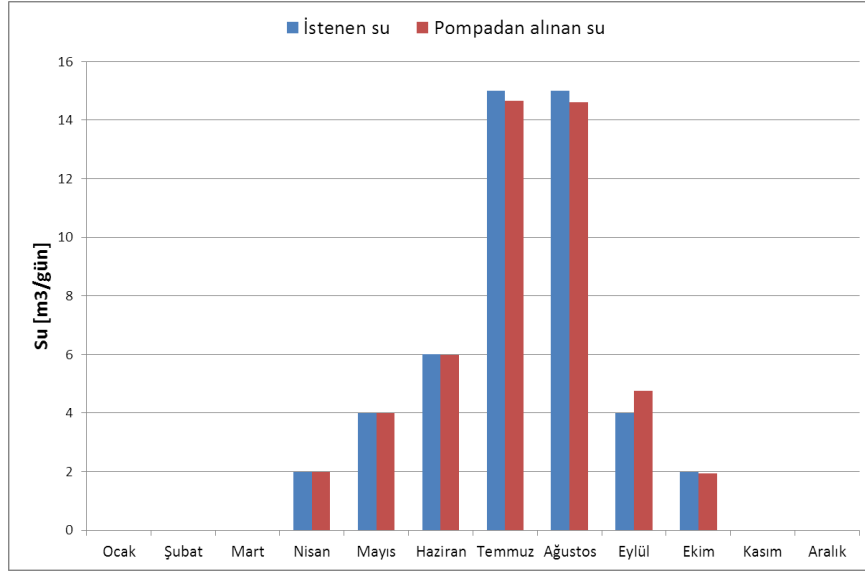
Sistemden aldığımız verilere göre 2015 yılı için güneş panellerinin ürettiği elektrik enerjisinin sistemde kullandığımız pompa tarafından kullanımının ardından geriye kalan çıkış enerjisi aşağıdaki şekilde (Şekil 18) gösterilmiştir.



Şekil 18. 2015 yılına ait kullanım sonrası arda kalan günlük çıkış enerjisi

1.4 SİSTEMİN DEVİR-DAİM ETTİRDİĞİ SU MİKTARI VERİLERİ

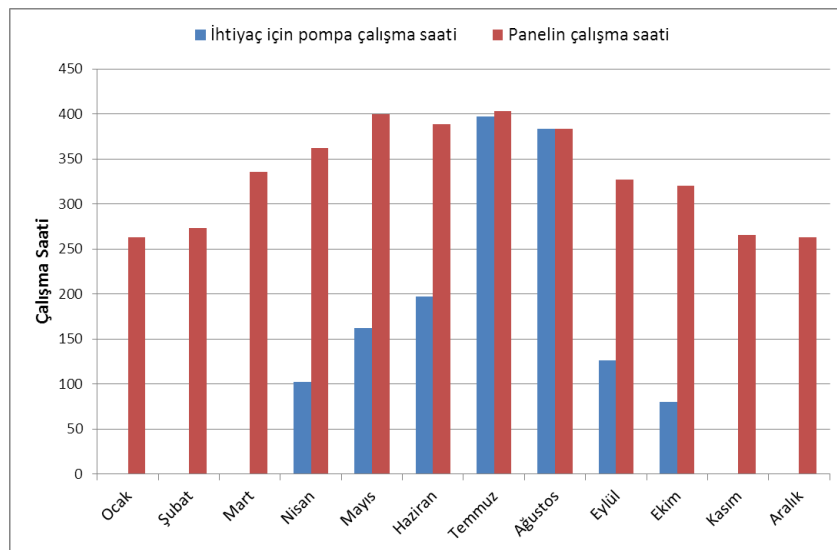
Yapmış olduğumuz çalışmada Kahramanmaraş ili iklim koşullarında tarımsal sulama zamanı gözönüne alınarak belirlenen günlük su ihtiyacı ve sistemin ürettiği su akış miktarı aşağıdaki şekilde (Şekil 19.) gösterilmiştir.



Şekil 19. PV sistemde üretilen su miktarı

Şekil 19' daki grafik yorumlandığında sistemden devredilmesi istenen su miktarının tarımsal sulama dönemlerinde hemen hemen tamamının karşılandığı görülmektedir.

PV sistemde istenilen su miktarının karşılanması için ihtiyaç duyulan pompa çalışma süresi ve güneş panellerinin çalışma sürelerine ait grafik aşağıdaki şekilde (Şekil 20) gösterilmiştir.



Şekil 20. Sistemde ihtiyaç duyulan pompa çalışma süresi ve panel çalışma süresi

2 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi kullanılarak tarımsal alanda kullanılmak üzere bir adet dalgıç tip su pompasının ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin karşılanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda sistem kurulmadan önce belli bir enerji üretimi ve su devir-daimine yönelik modelleme yapılarak, sistemin tasarımı yapılmış ve uygulamaya geçilmiştir. Uygulama yapılırken sisteme dahil edilen ölçüm ve veri toplama cihazları kullanılarak sistemin ürettiği veriler kayıt altına alınmıştır. Hali hazırda toplanan veriler grafikler haline getirilmiş ve sistemin kurulmadan önceki tasarım modellemesi ile sistemden alınan veriler karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma neticesinde ortaya çıkan sonuç; sistemin % 100 seviyesinde başarılı olduğunu göstermiştir.

Ayrıca sistemin diğer artılarını belirtmek gerekirse; sistem oldukça çevre dostu, kolayca uygulanabilir, taşınabilir, uzun ömürlü, bakım gerektirmeyen bir yapıya sahiptir.

Tüm bu unsurlar göz önünde bulundurulduğunda kurmuş olduğumuz PV sistem, sulama ihtiyacı için gerekli olan elektrik enerjisinin karşılanmasında ve tarımsal alanda elektrik ihtiyacı duyulan her birimde rahatlıkla tercih edilebilecek, yenilenebilir temiz enerji üretim yollarından bir tanesidir.

3 KAYNAKLAR

Varınca, Kamil B.; Gönüllü, M. Talha “Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma”, I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi 21-23 Haziran 2006

Tahsin Köroğlu, Ahmet Teke, K. Çağatay Bayındır, Mehmet Tümay Çukurova Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı

Kumar, A., Kumar, K., Kaushik, N., Sharma, S., Mishra, S.: “Renewable energy in India: Current status and future potentials”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, (8), October 2010, pp. 2434-2442.

Čeřovský, Z., Mindl, P.: “Hybrid Electric Cars, Combustion Engine driven cars and their Impact on Environment”, SPEEDAM 2008 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, pp. 739 – 743.

Wai, R., J., Wang, W., H., Lin, C., Y.: “High- Performance Stand-Alone Photovoltaic Generation System”, IEEE Transactions On Industrial Electronics, 55, (1), January 2008.

Müller-Steinhagen, H., Malayeri, M., R., Watkinson, A., P.: “Heat Exchanger Fouling: Environmental Impacts”, Heat Transfer Engineering, 30, (10–11), 2009, pp. 773–776.

Güler, Ö.: “Wind energy status in electrical energy production of Turkey”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13, (2), February 2009, pp. 473- 478.



The Design of Coordinate Based Solar Tracking System

Sabir Rüstemli

Bitlis Eren Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Bitlis

Zeki İlcihan

Bitlis Eren Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Bitlis

ABSTRACT

In this study, the effect of solar tracking systems to photovoltaic panel gains has been mentioned and the kind of solar tracking systems has been described in details. The solar tracking systems have been compared. The information about the angles of the sun which are necessary for making coordinate based solar tracking systems among solar tracking systems has been given with this information, coordinate based solar tracking system has been designed by a software developed with the sun angle information which is obtained by using GPS module, accelerometer, magnetic sensor (compass).

Keywords: Solar energy, Photovoltaic, Solar tracking systems, Sun angles.

Koordinat Tabanlı Güneş Takip Sistemi Tasarımı

ÖZET

Bu çalışmada, güneş takip sistemlerinin fotovoltatik panellerin kazançlarına etkisinden bahsedilmiş olup güneş takip sistemlerinin çeşitleri detaylı olarak anlatılmıştır. Güneş takip sistemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Güneş takip sistemlerinden koordinat tabanlı güneş takip sistemin yapılabilmesi için gerekli olan güneş açıları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bu bilgiler ışığında bir GPS modül, ivme ölçer, manyetik (pusula) sensör kullanılarak bu açı bilgileri elde edilmiş olup bu bilgiler geliştirilen bir yazılım ile mikro denetleyici kullanılarak koordinat tabanlı bir güneş takip sistemi tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Fotovoltatik, Güneş Takip Sistemleri, Güneş Açılımları

1 GİRİŞ

Güneş tarih boyunca medeniyetlerde çok önemli bir yere konulmuş ve onun sağladığı enerjinin hayat demek olduğu her toplum tarafından kabul edilmiştir. Güneş enerjisini diğer enerji kaynaklarından ayıran en önemli özelliği temiz olması ve herhangi bir çevresel bir kirliliğe neden olmadan elde edilebilmesidir. Fakat geçtiğimiz yüzyıllardan bu yana fosil yakıtlar ucuz ve kolay kullanılabilir olduğu

için yenilenebilir enerji kaynaklarının hep önünde oldular, son yıllarda ise çevredeki kirlenme ve küresel ısınma ile birlikte ortaya çıkan endişe yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir [1,10].

Başlangıçta yalnızca ısıtma ve sıcak su elde etme amacı ile kullanılan güneş enerjisi yakın zamanda gelişim gösteren ve güneş ışınımını elektrığe çeviren fotovoltaik hücre teknolojisi sayesinde elektrik enerjisi kaynaklarından biri haline gelmiştir [1,2].

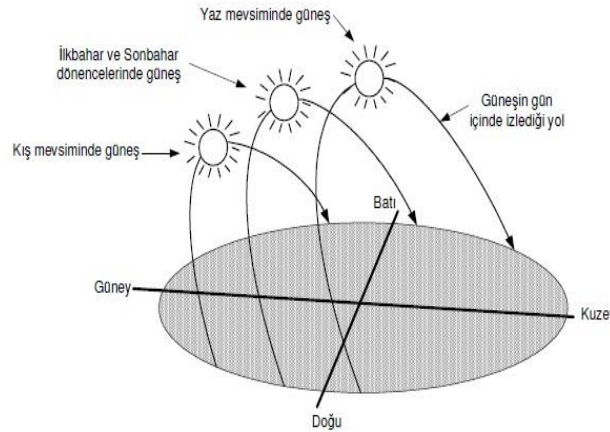
Fotovoltaik panellerde elektrik enerjisi üretimi maliyetlerin yüksek olmasından dolayı fotovoltaik panellerde elektrik enerjisi üretim kazançlarının artırılmasına yönelik çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu tekniklerin en önde olanları ise güneş takip sistemleri, soğutma sistemleri ve gölgelenme etkisinin azaltılması şeklinde sıralanabilir [1,3].

Güneşlenmenin günün her saatinde en yüksek seviyede tutulabilmesi için fotovoltaik panellerin güneşi takip etmesi gerekmektedir. Güneş ile panel yüzeyi arasındaki açı günün her saatinde dik olursa, fotovoltaik panelde güneşlenme süresi en yüksek seviyede olur [4].

2 GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİ

Güneş takip sistemleri, güneş panellerinin gün içerisinde sürekli olarak güneşi takip ederek ürettikleri enerjiyi artırmaya yönelik tasarlanmış sistemlerdir. Bu sistemler sayesinde daha fazla miktarda güneş ışığı soğrulur ve güneş panellerinin bu sayede günlük performans ve kazanç değerleri artar [5].

Güneş takibi yapılırken kuramsal olarak kazanç çok yüksek gibi görünse de pratik uygulamalarda kazanç genellikle %35 gibi bir enerji üretim kazanç artışı sağlar. Bu değerler tek veya çift eksenli izleme yapılması ve sistemin izleme için ne kadar enerji harcadığına, meteorolojik şartlara, kullanılan fotovoltaik panelinin türüne, dünya üzerinde bulunan konumuna göre değişiklikler göstermektedir [6]. Güneşin mevsimlere göre izlediği yörüngeler Şekil 1’de verilmiştir [3].



Şekil 1: Güneşin mevsimlere göre izlediği yörüngeler

Şekil 1’de görüldüğü gibi güneş ışınlarının dünyaya geliş açısı iki etkenle değişmektedir. Bunların birincisi: dünyanın kendi ekseninde dönmesinden dolayı güneş ışınlarının gün içerisinde dünyaya geliş açılarının değişmesidir. İkincisi ise: dünyanın güneş etrafında dönmesinden dolayı gelen güneş ışınlarının geliş açılarıdır. Bu açı mevsimsel olarak değişmektedir. Bu nedenle bu iki değişimi de doğru takip etmek gerekir. Takip edecek sistemin güneşi her an takip edebilmesi için en az iki eksenli hareket etmesi gerekmektedir [6].

2.1 Güneş Takip Sisteminin Sınıflandırılması

Güneş takip sistemlerini aşağıdaki gibi sınıflandırabilir [15].

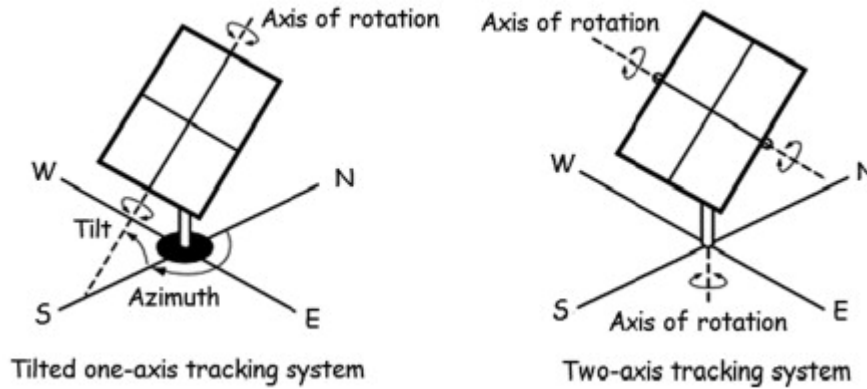
1. Takip eksenine göre
2. Kontrol yapısına göre

2.1.1 Takip Eksenine Göre

Güneş takip sistemleri takip eksenine göre; tek ve çift eksenli kontrol olmak üzere iki şekilde güneş takibi yapılabilir.

Tek eksen kontrollü

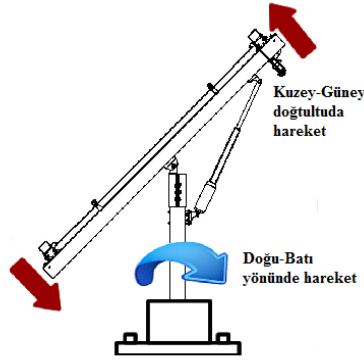
Tek eksenli takip sistemleri güneş enerjili sistemler için yatay yada dikey yalnızca birini gerçekleştiren sistemlerdir. Türkiye göz önüne alındığında, tek eksenli hareket için eğer doğu batı yönünde takip yapılacaksa 240° , eğer takip kuzey güney doğrultuda yapılacaksa 72° kadar hareket alanı oluşturulmuş olur [6]. Tek eksenli hareketin tercih sebebi sistemin kurulduğu alan ile ilgilidir. Örneğin parabolik sistemler yatay takip yaparken çoğu çatı uygulaması fotovoltaik paneller için yer kısıtlılığı sebebiyle sadece dikey takip yapmaktadır [7]. Şekil 2’de yatay ve dikey hareketi gösteren sistemler gösterilmektedir.



Şekil 2: Tek eksenli, yatay ve dikey sistemler [1]

Çift eksen kontrollü

Çift eksenli takip sistemlerinde güneşin gökyüzündeki konumunu belirten iki açı değeri ile takip gerçekleştirilir. Bu takip sisteminde eksenlerden biri doğu-batı, diğeri ise kuzey-güney doğrultusunda hareket etmektedir [10]. Şekil 3’de çift eksenli kontrol sistemi gösterilmektedir.



Şekil 3: Çift eksenli güneş takip sistemi [11].

2.1.2 Kontrol Yapısına Göre

Kontrol yapısına göre güneş takip sistemleri; yerçekimi kullanan sistemler, algılayıcı kullanan sistemler ve koordinat verileri kullanan sistemler olarak üçe ayrılır.

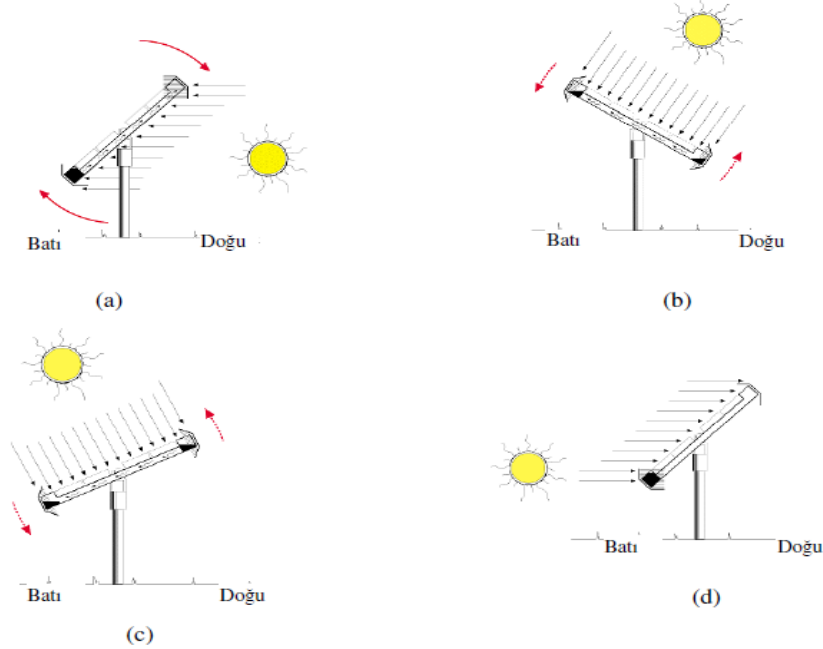
Yerçekimi Kullanan Sistemler

Bu sistemlerde fotovoltaik panellerin sağ ve sol kenarlarına yerleştirilmiş ve içerisine özel bir sıvı olan iki adet tüp bulunmaktadır. Güneş takibi için herhangi bir elektriksel aksama gereksinim duymayan bu sistemlerde takip genellikle tek eksenle yapılmaktadır. Rüzgârın olumsuz etkisini azaltmak için hidrolik damper kullanılmaktadır. Yerçekimi kullanan sistem Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4: Yerçekimi kullanan sistemler

Bu tüpler birbiri ile bağlantılı olup birbirleri arasında sıvı geçişi olmaktadır. Tüplerin içerisinde bulunan sıvı ısıya karşı hassas ve genleşme katsayısı yüksektir. Fotovoltaik paneller öncelikle ağırlık merkezine göre dengeli bir şekilde yerleştirilmektedir. Daha sonra bu sıvı tüplerinden daha fazla güneş ışınımına maruz kalan taraftaki sıvı genişleyerek karşı tüpe doğru akmakta ve böylece sistemin ağırlık merkezini kaydırarak için fotovoltaik panel, güneşe doğru hareket etmektedir. Güneş ışınları panel yüzeyine dik gelinceye kadar panel hareketine devam etmektedir [8]. Şekil 5’de sistemin çalışma prensibi görülmektedir.



Şekil 5: (a) Panel, gecedan batıya bakar şekilde kalmış, sabah güneş alttaki tüpe daha fazla güneş ışığı gelmekte ve sıvı yukarı kaba doğru genişmekte. (b) Güneş ışınları her iki tüpe eşit miktarda gelinceye kadar panel dönmekte. (c) Güneş hareket ettikçe belli bir açıyla panelde güneşi takip etmekte. (d) Panel, akşam batıya dönük olarak kalmakta [8].

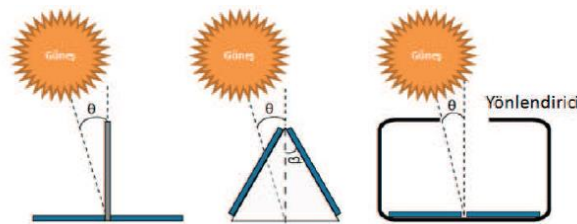
Algılayıcı Kullanan Sistemler

Algılayıcı kullanan güneş takip sistemlerini iki ana başlıkta toplayabilir.

- Harici ikiyüzlü PV sistem
- Optik sistem

Harici ikiyüzlü PV sistem algılayıcı kullanan güneş takip sistemlerinin en basit yapıda olanıdır. Bu sistem döner eksenli takip sistemine sabitleştirilmiş ve iki taraflı PV sistem panele dik bir şekilde sabitlenir. Algılayıcı hücresi direk olarak motora bağlıdır, bu motor genelde DC elektrik motorudur. Güneş hareket ettiğinde algılayıcıdaki fark açısı artar güneş panel yüzeyi motoru hareketini sağlamak için gerekli enerjiyi üretir [7].

Elektro-optik sistemler diğer bir göreceli basit sistemlerdir. Genel olarak foto direnç (LDR) veya diğer optik algılayıcılar kullanılır. Bu algılayıcılar birbirine yakın ve hesaplanan açıyla eğik olarak konumlandırılabilir. Böylece iki algılayıcı arasında gerilim ve akım farkı oluşturur. Şekil 6'de sistemin kullanım şekilleri gösterilmiştir [9].



Şekil 6: Takip sistemi soldan sağa. ayırıcı, açılı montaj, yönlendirici

Koordinat verileri kullanan sistemler

Koordinat verileri ile gerçekleştirilen takip sistemi güneşin yıl içerisinde ve gün içerisindeki hareketine bağlıdır. Bu sistemler algılayıcı sistemler ile benzer prensipte çalışırlar ancak motorların hareketi için gerekli olan sinyal algılayıcılardan gelen sinyallerin kıyaslanması ile değil, bir algoritma tarafından üretilir. Bu algoritma güneş açıları hesabı ile bir coğrafi bölgenin enlem ve boylamına göre oluşturulur [15].

Bu güneş takip sistemlerinde bu hesapları yapan bir işlemci bulunur. Bu işlemciye giriş bilgisi olarak sabit değerli olan enlem ve boylam bilgisi girilir. Değişken olarak ta saat bilgisi RTC (real time clock)'dan alınır [7]. Bu sistemin en büyük artısı, doğrudan güneş ışınlarının soğrulması için istenilen hassasiyetle güneşi izleyebilmesidir. Bu güneş takip sistemleri için kullanılan program ise istenirse 0.01° 'ye kadar hassasiyet ile doğrudan gelen ışınlamaları, güneşi hiç görmeden fotovoltaik panele dik bir açı ile getirerek soğrulmasını sağlar [6].

3 GÜNEŞ AÇILARI

Sabit veya hareketli herhangi bir düzlemdeki panel yüzeyine gelen güneş ışınlamalarının değeri düzlemin bulunduğu yerleşim yerinin coğrafik konumuyla o güne ait olan tarih ve gün içindeki zaman dilimiyle değişiklik gösterir. Bilinmesi gereken güneş açıları şunlardır. güneş ışınları ile dünya üzerindeki yüzeyler arasında belirli açılar vardır. Bu açılar hakkında bilgi edinilerek güneş enerjisinden en verimli şekilde yararlanılabilir [12,13]. Şekil 7'de güneş açıları görülmektedir.

3.1 Yükseklik Açısı (α)

Güneş ışınlamı ile yatay yüzey arasındaki açıdır.

3.2 Güneş Azimut Açısı (β)

Güneş ışınlarının kuzeye göre, saat dönüş yönünde sapmasını gösteren açıdır. Örneğin 12:00'de 180° 'dir [13].

3.3 Yüzey Azimut Açısı (γ)

Yüzeyin dikeyinin yerel boylama göre sapmasını gösteren açıdır.- 180° ile 180° arasında değişebilir. Güneye bakan kısım için sıfır olur. Doğuya yönelen yüzeyde artı, batıya yönelen yüzeyde ise eksi değer alır.

3.3 Deklinasyon Açısı (δ)

Dünya güneş doğrultusunun, yerin ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Kuzey yarımküre için artı değerlidir. Deklinasyon açısı $-23,45^\circ$ (21 Aralık kış gündönümünde) ile $23,45^\circ$ (21 Haziran yaz gündönümünde) arasında değişir. İlkbahar ekinoksunda (21 Mart) ve sonbahar ekinoksunda (23 Eylül) deklinasyon açısı sıfır olur. 1 Ocaktan itibaren gün sayısı n olmak üzere;

$$\delta = 23,45.\sin((360.(284 + n)) / 365)^\circ \quad (1)$$

Ampirik Cooper formülü ile bulunur [13,14,5].

3.4 Geliş Açısı (θ)

Eğik yüzeyin dikeyi ile ışını arasındaki açıdır.

3.5 Zenit Açısı (θ_z)

Yatay yüzeyin normali ile güneş ışınları arasındaki açıdır.

$$\cos\theta_z = \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos w + \sin\delta \cdot \sin\phi \quad (2)$$

Burada w saat açısıdır

3.6 Enlem Açısı (ϕ)

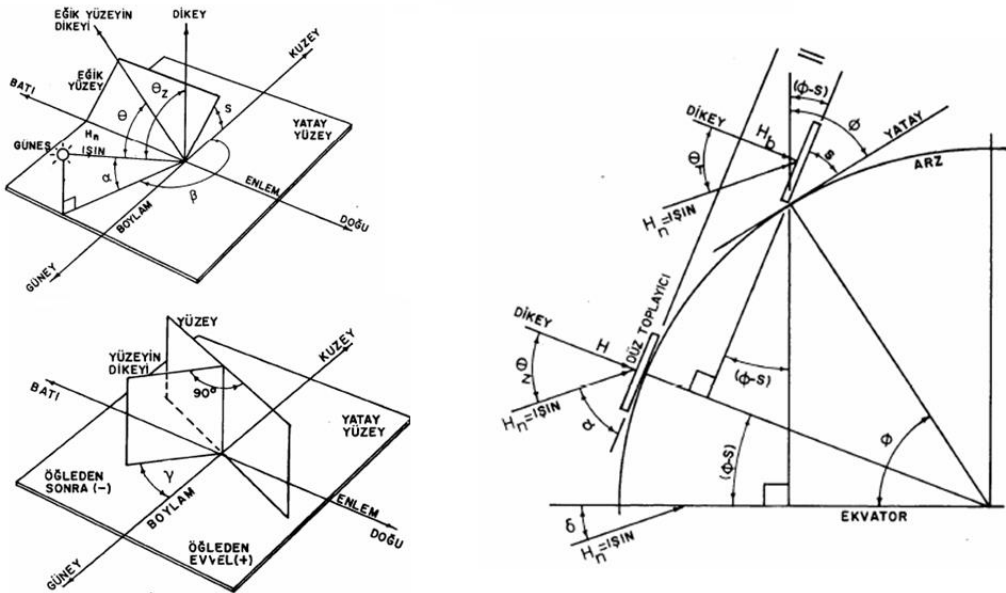
Ekvator düzlemi ile yerden dünyanın merkezine olan radyal çizgi arasındaki açıdır. Enlem kuzey yarımküre için artı değerli olup -90° ile 90° arasında değişir.

3.7 Saat Açısı (w)

Zamanın açısal ölçüsüdür ve bir saat 15° boylama eşittir. Öğleden önce saat açısı artı ve öğleden sonra saat açısı eksi değer alır. Örneğin saat 09:00 için $+45^\circ$, saat 15:00 için -45° olur.

3.7 Eğim Açısı (S)

Yatay yüzey ile eğik yüzey arasındaki açıdır. Ekvatora yönelen yüzey için artı değer alır.



Şekil 7: Güneş açıları [13].

3.7 Güneş Açılarından Türetilen Ampirik Formüller

Geliş Açısı (θ) ile Geliştirilen İfade

$$\cos\theta = (A - B)\sin\delta + [C \sin w + (D + E)\cos w]\cos\delta \quad (3)$$

$$A = \sin\phi \cos S$$

$$B = \cos\phi \sin S \cos\gamma$$

$$C = \sin S \sin\gamma$$

$$D = \cos\phi \cos S$$

$$E = \sin\phi \sin S \cos\gamma$$

Sabah erken ve akşam geç saatler için θ geliş açısı 90° 'yi aşabilir, yani $\cos\theta$ negatif olur. Bu durumda güneş ışığının yüzeyin arkasına düşeceği hatırlanmalıdır [13,14,5].

Yatay yüzey

$$\cos\theta_z = \sin\phi \sin\delta + \cos\delta \cos\phi \cos w \quad (4)$$

Güneye bakan eğik yüzey

$$\cos\theta_T = \sin\delta \sin\phi \cos S - \sin\delta \cos\phi \sin S + \cos\delta \cos\phi \cos S \cos w + \cos\delta \sin\phi \sin S \cos w \quad (5)$$

Güneye bakan dik yüzey

$$\cos\theta = -\sin\delta \cos\phi + \cos\delta \sin\phi \cos w \quad (6)$$

3 Algılayıcı kullanan sistemler ile koordinat verileri kullanılan sistemlerin karşılaştırılması

Koordinat verileri ile yapılan güneş takip sistemlerinde oluşturulan bir yazılım ile sistemin kullanıldığı yerin koordinat bilgilerinin yazılıma eklenmesi güneş takip sisteminin çalışması için yeterlidir. Algılayıcı kullanılan güneş takip sistemleri her an güneşi algılayıcı vasıtası ile takip etmeye çalıştığından güneş takip sistemindeki motorları çok fazla çalıştırıp durdurur bu sebeple fazla enerji tüketimine sebep olur. Bu bakımdan koordinat verileri ile yapılan güneş takip sistemi algılayıcı güneş takip sistemlerine göre daha az enerji tüketimine sahiptirler [6]. Algılayıcı kullanan güneş takip sistemleri yağmurlu, bulutlu hava koşullarında algılayıcıların üzerindeki değerler eşit oluncaya kadar tarama yapmakta ve bu sayede fazladan enerji harcamaktadır. Güneş takip sistemlerinin kurulumları karşılaştırıldığında algılayıcı takip sistemlerinin kurulumları oldukça kolaydır. Koordinat verileri kullanan takip sistemleri ise eğer elektronik pusula kullanılmıyor ise güney değeri kurulum sırasında dikkatlice ayarlanmalıdır aynı zamanda GPS kullanılmıyor ise kurulum sırasında sisteme girilecek olan enlem boylam saat ve tarih bilgileri girilmesi gerekmektedir. Bu bilgilerin yanlış girilmesi halinde sistem düzgün çalışmayacaktır. Algılayıcı kullanan güneş takip sistemlerinde algılayıcıların dış ortamdan etkilenerek darbe alması sonucu bozulması halinde sistem düzgün çalışmayacaktır [15].

4 Koordinat Tabanlı Güneş Takip Sistemi Tasarımı

Tasarlanan bu güneş takip sistemi mekanik ve kontrol olmak üzere iki bölümde incelenecektir.

4.1 Mekanik Sistemi

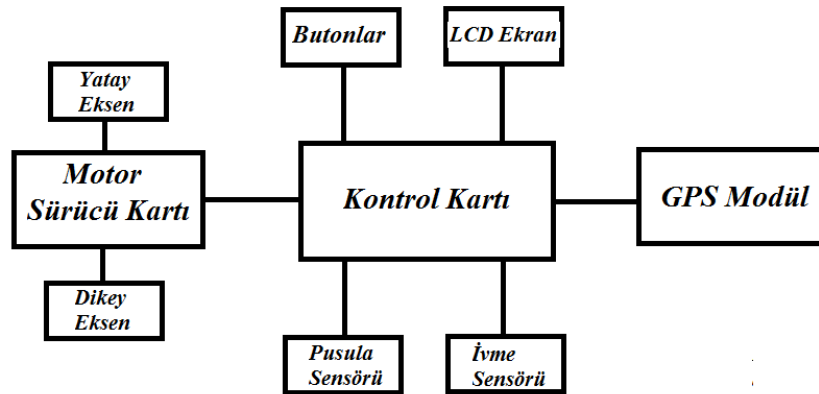
Mekanik sistem iki ana parçadan oluşmaktadır. Bu parçalardan biri panelin doğu-batı yönünde hareketini sağlamakta diğer parça ise panelin kuzey-güney doğrultusunda hareket etmesini sağlayacak şekilde tasarlanmış olup her iki parçaya da birer adet step motor monte edilmiştir. Kuzey-güney hareketini sağlayan parça aynı zamanda panelin monte edildiği olup, kuzey-güney hareketini sağlayan step motorun miline uzun bir vida sabitlenerek vidanın diğer ucu da mekanik sisteme sabitlenmiştir. Step motor çalıştığında panelin alt ucundaki mekanik parçayı kızaklar üzerinden kendine doğru çekerek paneli hareket ettirmektedir. Doğru-batı hareketi ise paneli monte edildiği üst parçayı merkezinden yatay olarak çevirmesi ile oluşmaktadır. Şekil 8’de mekanik aksam görülmektedir.



Şekil 8: Mekanik aksam

4.2 Kontrol Sistemi

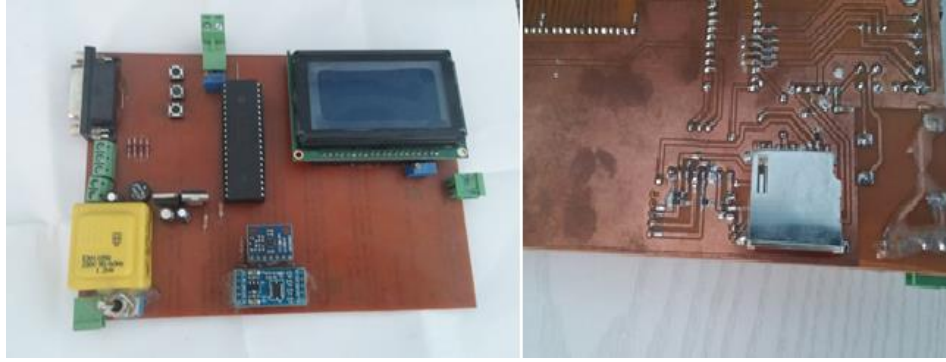
Kontrol sisteminde kontrol kartı, GPS modül, ivme sensörü, pusula sensörü ve motor sürücü kartı bölümlerinden oluşmaktadır. Şekil 9’de kontrol sisteminin blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 9: Kontrol sisteminin blok diyagramı

4.2.1 Kontrol Kartı

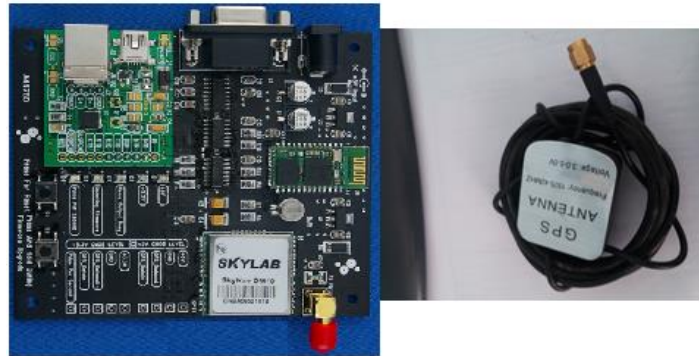
Bütün sistemi kontrol etmek için kullanılan karttır. Üzerinde bir adet PIC 18F4620 mikro denetleyicisi bulunmaktadır. Ayrıca konum ve saat bilgilerinin gösterilmesi için bir adet grafik LCD ekran bulunmaktadır. Sistemin manuel olarak kumanda edebilmesi için üç adet buton kullanılmıştır. Kontrol kartı GPS modülden aldığı konum ve saat bilgilerine göre güneşin bulunduğu açıyı hesaplar, daha sonra ivme ve pusula sensörlerinden panelin baktığı açıyı öğrenir. Eğer güneşin açısı ile panelin açısı farklı ise motor sürücüyü kullanarak paneli güneşe doğru çevirir ve panel gerilimini ölçerek saat, konum ve açı bilgilerini kontrol kartına takılı olan SD karta kaydeder. Daha sonra geliştirilmiş bir arayüz programı ile SD karttaki bilgiler bilgisayara aktarılır. Şekil 10'da kontrol kartı ve SD kart yuvası görülmektedir.



Şekil 10: kontrol Kartı

4.2.2 GPS Modül

Sure elektronik tarafından skylab GPS modül kullanılarak geliştirilmiş bir GPS deney kartıdır. NMEA formatındaki GPS konum bilgilerini RS232 protokolü ile gönderir. Ayrıca GMT saat bilgisi de bu GPS bilgileri içerisinde bulunmakta olup bu saat bilgisine bakarak güneşin konumu hesaplanabilmektedir. Bu GPS modülün üzerinde GPS anteni, RS232 seri portu, Bluetooth haberleşme modülü ve RS232-USB dönüştürücü modülü bulunmaktadır. Şekil 11'de kullanılan GPS modül gösterilmektedir.



Şekil 11: Kullanılan GPS modül ve anteni

4.2.3 İvme Ölçer (ADXL345)

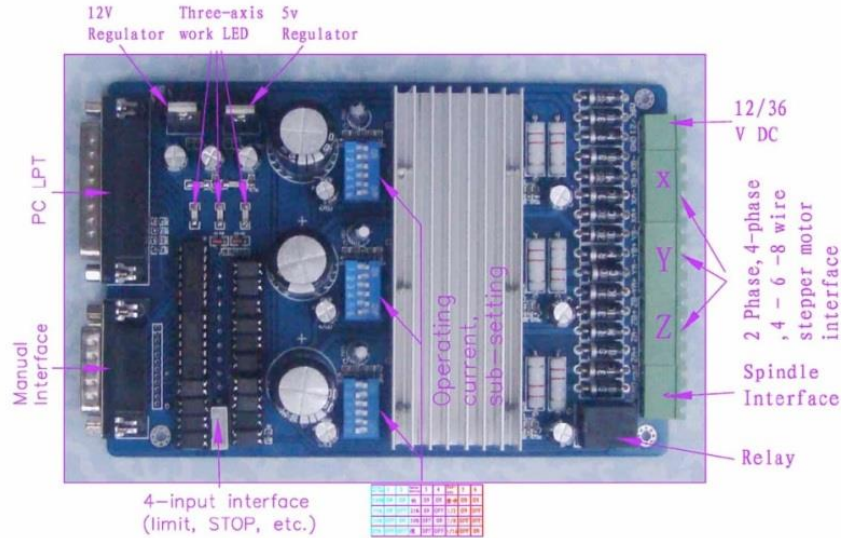
Sistemde kullanılan ivme sensörü,(ADXL345) üç eksenli olup yerçekimi ivmesini ölçerek dünya yüzeyine dik alan normal açısını hesaplar. Panel üzerine yerleştirilerek panelin yüzeyi ile bu normal arasındaki açı hesaplanır. Pusula sensörü (HMC5983) üç eksenli olup manyetik alanın yönünü verir pusula sensörü ile panelin doğu-batı doğrultusundaki konumu bulunur. Bu sensörler I^2C ya da SPI arayüzünü kullanarak mikro denetleyici ile haberleşirler. Şekil 12'de ivme ve pusula sensörü gösterilmektedir.



Şekil 12: İvme ve pusula sensörü

4.2.4 Motor Sürücü Kartı

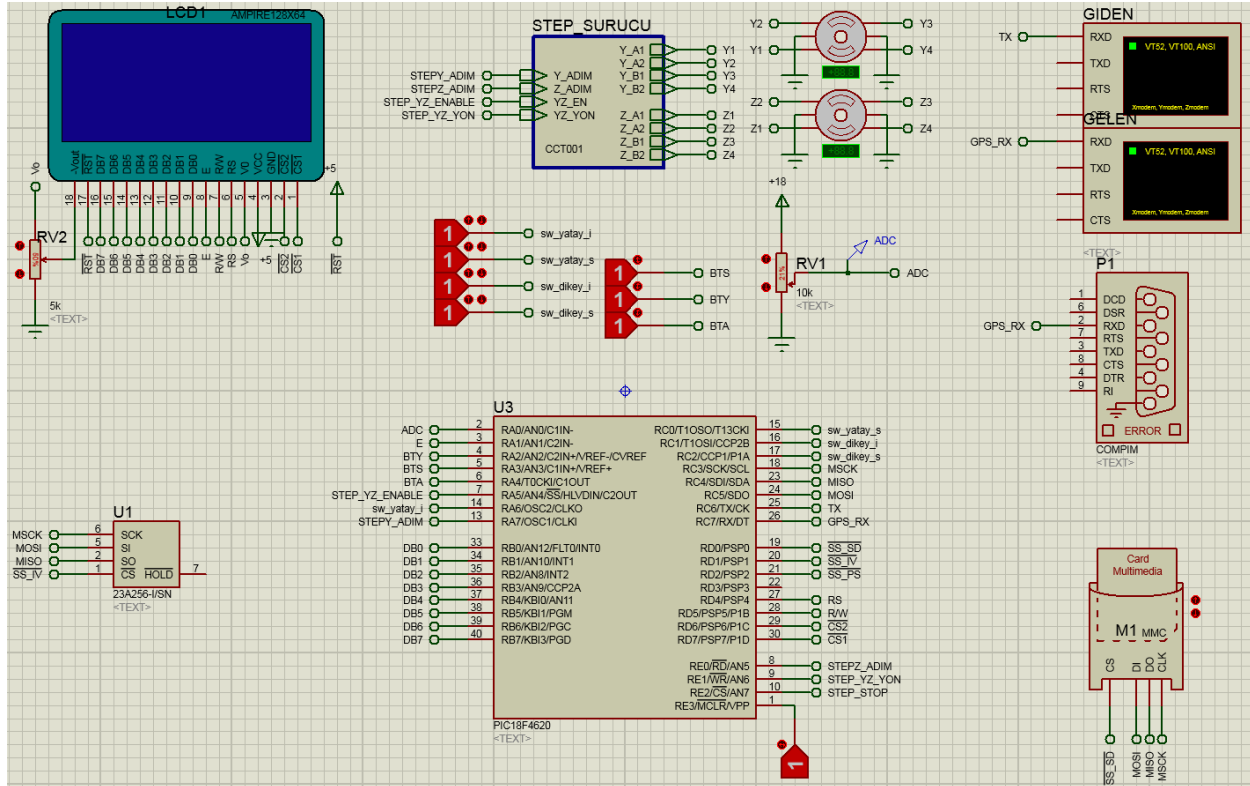
Üç tane step motor ve bir adet DC motor sürebilen bir motor sürücü kartıdır. Bilgisayarın (LPT) portundan yada harici olarak elle kumanda portundan kumanda edilebilir. Kullanılan motor sürücü kartının sadece iki step motor sürücü kısmı kullanılmıştır. Bu motor sürücü kartı mikro denetleyici tarafından kumanda edilerek doğu-batı ve kuzey-güney doğrultusunda hareketi sağlayan step motorların paneli istenen konuma döndürülmesini sağlar. Şekil 13'de kullanılan step motor sürücü kartı gösterilmektedir.



Şekil 13: Step motor sürücü kartı

4.2.5 Kontrol Sisteminin Simülasyonu

Kontrol sisteminin ISIS programında hazırlanan simülasyon devresi şekil 14'de görülmektedir.



Şekil 14: Kontrol sisteminin simülasyon devresi

5 SONUÇ

Fotovoltaik panellerin elektrik enerjisi üretiminde maliyet-etkin yani ekonomik olabilmeleri için, fotovoltaik panel sistemlerine ek olarak çeşitli entegre sistemleri, fotovoltaik panellerden elektrik enerjisi kazancının artırılarak panellerin kendilerini daha kısa sürede amorti etmeleri sağlanabilir.

Güneş takip sistemlerinde enerji kazancını tek eksenli güneş takip sistemlerinde %30 civarında, çift eksenli güneş takip sistemlerinde ise %40'lara kadar artırarak güneşten elde edilen elektrik enerjisinin daha düşük maliyetli olmasını sağlamaktadır. Bu yüzden güneş takip sistemleri güneş enerjisinin kullanımını daha cazip hale getiren bir teknolojiye dönüşmüştür.

Güneş takip sistemlerinin özellikle yer kısıtlaması olan uygulamalarda kullanılması tavsiye edilmektedir. Örneğin gemi, karavan gibi araçlarda gerekli ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini elde etmek için kullanılacak panel sayısı, güneş takip sistemleri ile daha az sayıya düşürülerek alan tasarrufu yapılabilmektedir. Büyük ölçekli elektrik enerji üretimi yapan santraller düşünüldüğünde ise yatırımın geri dönüş süresi kısalmaktadır.

Tasarladığımız koordinat tabanlı güneş takip sistemi gerek karma kontrol yapısı ile gerekse sunduğu takip ve ara yüz imkânları ile rakiplerine oranla daha verimli olması planlanmaktadır.

REFERANSLAR

- [1] Rustemli S., Dincadam F., Demirtas M., Performance Comparison Of The Sun Tracking System And Fixed System In The Application Of Heating And Lighting, "Arabian Journal For Science And Engineering", Volume: 35, Number: 2B, pp: 171-183, October 2010.
- [2] Rustemli S., Dinçer F., Economic Analysis and Modeling Process of Photovoltaic Power Systems, "Przeglad Elektrotechniczny" (Electrical Review), R. 87 NR 9a/2011, pp:243-247, 2011.
- [3] Rüstemli S., Dinçer F., Çelik M., Cengiz M. S., "Fotovoltaik Paneller: Güneş Takip Sistemleri ve İklimlendirme Sistemleri" Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(2), Sayfa:141-147, Bitlis, 2013.
- [4] Demirtaş, M.: "Güneş ve Rüzgar Enerjisi Kullanılarak Şebeke İle Paralel Çalışabilen Hibrit Enerji Santrali Tasarımı ve Uygulaması", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara, 2008.
- [5] Bayrak, G., Gençoğlu M.T., "İki Eksenli Güneş Takip Sisteminin Tasarımı ve PLC ile Kontrolü" Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi Ulusal Toplantısı, Bölüm:6, Sf:407-411, İzmir, TOK 2011.
- [6] Elcik, E., "Güneş İzleyen Sistemler ve Bileşenleri", Solar Future Conference, İstanbul, 2010
- [7] Mastar, E. "Güneş Panelleri İçin Güneş Takip Mekanizmasının Tasarımı", Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 2011.
- [8] Bilgin, Z.: "Güneş Takip Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2006.
- [9] Catarius, A., Christiner, M., Azimuth-Altitude Dual Axis Solar Tracker. Lisans Tezi, W.P.I, Engineering, Massachusetts ABD, 2010.
- [10] Web-1:<http://www.elektrikport.com/teknikkutuphane/gunes-takip-sistemleri-1bolum/4281#ad-image-0> Erişim Tarihi: 30.06.2015
- [11] Web-2:http://www.antenerjisistemleri.com.tr/?page_id=158 Erişim Tarihi:02.01.2016
- [12] Şenpınar, A., "Güneş Açılarına Bağlı Olarak Optimum Sabit Güneş Paneli Açısının Hesaplanması", Doğu Anadolu Araştırmaları, Elazığ, 2006.
- [13] Web-3:<http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/gun-iki.pdf> Erişim Tarihi:02.01.2016
- [14] Boztepe, M., "İzmir (Bornova) Koşullarında Şebekeye Bağlı Bir Fotovoltaik Enerji Sisteminin Tasarımı ve Denenmesi" Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir, 2002
- [15] Rüstemli, S., İlcihan, Z. "Güneş Takip Sistemlerinin Enerji Kazancına Etkisi" Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Adana, 2015



Evaluation of Boiler and Turbine Performance with Using Energy and Exergy Analysis

Celebi Karapınar

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu

Mehmet Yılmaz

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Bülent Gedik

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu

ABSTRACT

As in all over the world, the need for energy in our country is increasing each day at a great pace. Searching for new energy sources as well as using this energy more efficiently in order to meet the increasing demand of energy is crucially important. One of the best ways of determining how efficiently energy is used in a process is to do an energy and exergy analysis of this process. In this work, energy and exergy analyses have been made assuming that boiler and turbine units of Malatya sugar refinery are continuously flowing open systems, and a performance evaluation has been done thanks to the obtained results. The points and the reasons of energy and exergy loss in the system have been investigated. As a result of this work, the first and the second law efficiency of the boiler have been found as 96 percent and 57 percent respectively. The first and the second law efficiency of the turbine unit have been found as 94 and 77 percent respectively.

Keywords: Energy, Exergy, turbines, boilers.

Enerji Ve Ekserji Analizi Kullanılarak Buhar Kazanı ve Türbinin Performansının İrdelenmesi

ÖZET

Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemiz için de enerji ihtiyacı her geçen gün büyük bir hızla artmaktadır. Artan enerji talebini karşılamak amacı ile yeni enerji kaynakları araştırmanın yanı sıra mevcut enerjinin de daha etkin kullanılması son derece önemlidir. Bir proseste enerjinin ne kadar etkin kullanıldığını tespit etmenin en iyi yollarından biri de prosesin enerji ve ekserji analizinin yapılmasıdır. Bu çalışmada, Malatya şeker fabrikasının kazan ve türbin üniteleri sürekli akışlı açık sistemler olarak

kabul edilerek, enerji ve ekserji analizi yapılmış ve bulunan sonuçlar yardımıyla performans değerlendirmesi yapılmıştır. Sistem içerisindeki enerji ve ekserji kayıplarının yeri ve nedeni irdelenmiştir. Çalışma neticesinde kazanın I. kanun verimi %96 ve II. kanun verimi %57 olarak bulunmuştur. Türbin ünitesinin I. kanun verimi %94 ve II. kanun verimi %77 olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Ekserji, Türbinler, Kazanlar.

1 GİRİŞ

Dünyadaki insan popülasyonu devamlı artmaktadır. 2012 yılında dünya üzerinde yaklaşık 7 milyar insan yaşarken, 2040 yılında bu rakamın yaklaşık 9 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %20'sine hala elektrik ulaşmadığı dikkate alınırsa, 2040 yılında artacak nüfusla birlikte enerji ihtiyacının da artacağı ve gerekli enerji talebinin karşılanamayacağı düşünülmektedir [1].

Nüfus artışının yanı sıra sanayileşme ve hızlı kentleşme de enerji talebini büyük oranda artırmaktadır [2, 3]. Dünyada tüketilen toplam enerjinin yaklaşık yüzde 40'ı endüstriyel alanda ve yaklaşık %35'i konutlarda kullanılmaktadır [4].

Günümüzde dünyadaki enerji talebinin büyük bir bölümü fosil kaynaklardan sağlanmaktadır [5, 6]. Yayınlanan raporlara göre fosil kaynaklı yakıtlar, daha uzun bir süre endüstride kullanılan enerjinin ana kaynağını oluşturacaktır [1]. Türkiye fosil kaynaklar açısından fakir bir ülke olmasından dolayı enerjide büyük ölçüde dışa bağımlıdır [7, 8].

Yayınlanan raporlar, enerji kaynaklarının hızla azalması yüzünden dünyayı yakın gelecekte enerji sıkıntısının beklediğini ve dünya ülkelerinin bu soruna çok acil çözümler üretmesi gerektiğini göstermektedir [9]. Bu durum için ilk akla gelen çözüm yöntemleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektir [10]. Ancak yeterli teknolojik alt yapının henüz istenilen düzeyde olmaması gibi nedenlerle yenilenebilir enerji kaynakları henüz, fosil kaynaklı yakıtlara ciddi bir alternatif olamamıştır. Bu durumda sınırlı olan enerji kaynaklarını en etkin şekilde kullanmak kaçınılmaz olmuştur [11].

Enerjinin etkin kullanılmasında sistemlerin termodinamik açıdan irdelenmesi ve verimliliklerinin değerlendirilmesi önemli bir parametredir [12]. Enerjinin korunumu olarak bilinen termodinamiğin birinci yasası kullanılarak bir sistemin enerji verimliliği bulunabilir. Birinci yasa ile enerjinin niceliği ölçülebilenken, enerjinin niteliği termodinamiğin ikinci yasası ile ölçülebilmektedir. İkinci yasa ile sistemdeki tersinmezlikler ve sistemin iyileştirilebilirlik potansiyeli ortaya çıkarılır [13, 14].

Ekserji, bir sistemin çevresi ile termodinamik dengeye gelene kadar sistemden elde edilebilecek en fazla teorik iş olarak tanımlanmaktadır [15]. Termodinamik modelleme yöntemi olarak ekserji analizi yapmanın gerekliliği, uluslararası literatürde yer alan çok sayıda çalışmada ortaya konmaktadır. Ekserji analizi yapılarak bir sistemdeki enerji kayıplarının yerlerini belirlemek mümkün olmaktadır. Ayrıca bir sistemin tasarım aşamasında ekserji analizinin yapılması elde edilecek gerçek verimin tahminini kolaylaştıracaktır [16].

Enerji ve ekserji analiziyle ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Onat, yaptığı çalışmada, ekserji kaybının en aza indirilmesiyle ilgili bir takım sosyal örneklerle inceleme yapmış ve kazan ve soğutma sistemi için bir de ekserji analizi örneği vermiştir [17].

Yılmaz ve arkadaşları çalışmalarında, ısı değiştiricilerin performans kriterlerini, termodinamiğin birinci kanununa göre incelemişlerdir. Yaklaşık 100 kriterin irdelendiği çalışmada, çeşitli kriterler birbiriyle kıyaslanmıştır [18].

Saidur ve arkadaşları çalışmalarında, bir boylerin enerji ve ekserji analizini yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda, boylerin enerji ve ekserji verimlerini sırasıyla % 72.46 ve % 24.89 olarak bulmuşlardır [19].

Moran ve Scuibba, ekserji konusunda yapılan çalışmaları tarayarak ekserji çeşitlerini tanımlamışlardır. Ayrıca ekserji analizinin prensiplerini ve pratik temel bağıntılarını ortaya koyarak ekserji türleri için bağıntıları ayrı ayrı çıkarmışlardır [20].

Guarinello ve arkadaşları çalışmalarında, gaz türbinli bir kojenerasyon sistemine ekserjetik maliyet teorisini uygulayarak sistemin termoeconomik analizini yapmışlardır [21].

Dinçer yaptığı çalışmada, soğutma sistemleri için enerji ve ekserji analizini karşılaştırmalı bir örnekle göstermiştir [22].

Hepbaslı ve Akdemir çalışmasında, toprak kaynaklı ısı pompalarının konvansiyonel sistemlere göre var olan yararlarına dikkat çekerek, bu tip bir sistemin deneysel ve teorik enerji ve ekserji analizini gerçekleştirmişlerdir [23].

2. Teorik Analiz

Isıl sistemlerin değerlendirilmesi ve geliştirilmesi için termodinamik verimsizliklerin kaynağı ve sistem bileşenleri arasındaki etkileşimin belirlenmesi gerekir. Tüm enerji dönüşüm süreçleri, ısı transferi süresince oluşan bir sonlu sıcaklık farkı, farklı bileşim veya fazlarda madde karışımı, ani genleşme ve sürtünme gibi yutucu etkenler nedeniyle tersinmezdir. Ekserji dengeleri, sistem bileşenleri içindeki ekserji yıkımları hesaplanırken yardımcı olmaktadır. Böylece termodinamik verimsizlikler ve buna neden olan süreçler tanımlanabilmektedir.

Bu çalışma boyunca aşağıdaki varsayımlar kabul edilmiştir:

- Göz önüne alınan kütlelerin, çevre dışında herhangi bir sistemle etkileşim olmamaktadır.
- Kinetik ve potansiyel enerji değişimleri ihmal edilmiştir.
- Tüm sistem operatörleri kararlı rejim şartlarındadır.
- Hava ve egzoz gazları için ideal gaz kuralları uygulanmıştır.
- Yanma reaksiyonları yanma odasında tamamlanmıştır.

2.1 Enerji Analizi

Sürekli akışlı açık sistemler için, kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edildiğinde termodinamiğin I. yasası aşağıdaki gibidir [18].

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_c \dot{h}_c - \sum \dot{m}_g \dot{h}_g$$

$$\eta_I = \frac{E_{çıkan}}{E_{giren}}$$

2.2 Ekserji Bileşenleri

Akış halindeki bir maddenin, manyetik, nükleer, elektrik ve yüzey gerilimleri ihmal edilmesi halinde Ekserjisi, potansiyel, kinetik, fiziksel ve kimyasal ekserji olmak üzere dört bileşene ayrılabilir [24].

$$E = E_{kin.} + E_{pot.} + E_{kim.} + E_{fiz.} \quad (1)$$

Kinetik ekserji ($E_{kin.}$) ve potansiyel ekserji ($E_{pot.}$) ihmal edilirse

$$E = E_{kim.} + E_{fiz.} \text{ olur.} \quad (2)$$

2.2.1 Fiziksel Ekserji

Fiziksel ekserji aşağıdaki bağıntıyla ifade edilebilir.

$$\varepsilon_{fiz.} = (h_1 - T_0 s_1) - (h_0 - T_0 s_0) \quad (3)$$

İdeal gazlar için:

$$\varepsilon_{fiz} = C_p(T - T_0) - T_0(C_p \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{P}{P_0}) \quad (4)$$

denklemleri ile hesaplanır.

2.2.2 Kimyasal Ekserji

Kimyasal ekserji aşağıdaki bağıntıyla ifade edilir.

$$\varepsilon_{kim.} = RT_0 \ln \frac{P}{P_0}$$

Yakıtların kimyasal ekserjileri, yakıtı oluşturan bileşenlere bağlı olarak hesaplanmaktadır. Yakıt ekserjisinin yakıtın ısı değeriyle oranını ifade eden ϕ değerini geliştirmiştir [25]. Bu oran çeşitli maddeler için literatürde tablo halinde sunulmaktadır.

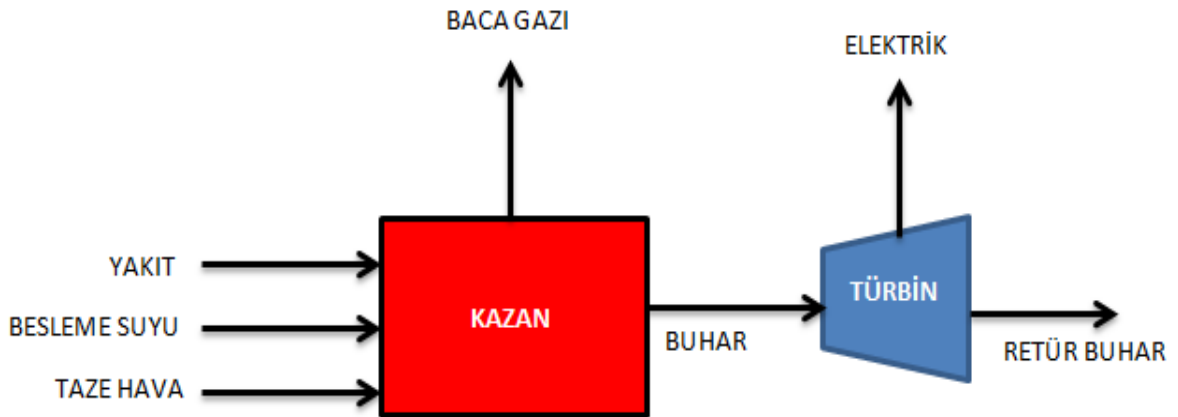
2.2.3 II. Kanun Verimi

Termodinamiğin ikinci kanunu aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır [12].

$$\eta_{II} = \frac{E_{xçıkan}}{E_{xgiren}} = 1 - \frac{E_{xkayıp}}{E_{xgiren}}$$

3. Buhar Kazanının Enerji ve Ekserji Analizi

Bu bölümde, bir buhar kazanı enerji ve ekserji analizinin örnek bir uygulaması ele alınmıştır. Enerji ve ekserji analizi yapılacak buhar kazanı, şeker fabrikasında proses türbin buhar ihtiyacını karşılayan ve doğalgaz ile beslenen bir kazandır. Saatte 380 °C sıcaklıkta ve 26 barda 80 ton buhar üretimi yapılmaktadır. Kazanın şematik görünüşü şekil 3.1’de görülmektedir. Kazan dairesinin iki farklı açıdan görünüşü şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Buhar kazanına giren ve çıkan maddelerin şematik gösterimi.



Şekil 3.2 Kazan dairesinin önden ve yandan görünüşü.

3.1.Yakıt Ekserjisi

Yakıtların ekserjisini hesaplamak için literatürde çok sayıda bilgi ve yöntem bulunmaktadır. Ancak ϕ katsayısını kullanarak hesaplamak en kolay yöntemlerden biridir. Literatürde yakıtlar için ϕ katsayısı tabloları verilmektedir [26].

Tablo 3.1 bazı endüstriyel yakıtların ve yanıcı maddelerin ϕ katsayısı [27].

YAKIT	ϕ
Kok kömürü	1,05
Torf	1,16
Odun	1,15-1,30
Faklı fuel oil türleri ve petrol	1,04 – 1,08
Doğalgaz	1,04 $\pm$ %0,5
Hava gazı	1,00 $\pm$ %1
Hidrojen	0,985
Karbon monoksit	0,973
Sülfür	2,017

Yakıt olarak kullanılan doğalgazın ekserjisi

$$\varepsilon_{yak.} = \phi * H_u \text{ bağıntısı ile bulunur.}$$

Tablo.1'den $\phi = 1,04$ olduğu görülmektedir.

Şeker fabrikası kampanya sonu teknik raporundan Kullanılan doğalgazın alt ısı değeri: $H_u = 8200 \text{ kcal/m}^3$ olarak verilmektedir.

$$\varepsilon_{yak.} = 1,04 * 8.200 = 8.528 \text{ kcal/m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

$$E_{yak.} = \varepsilon_{yak.} * \dot{m}_{yak}$$

Şeker fabrikası kampanya sonu teknik raporundan kullanılan doğalgaz miktarı ($\dot{m}_{yak}$) $5.102,7 \text{ m}^3/\text{h}$ olarak verilmektedir.

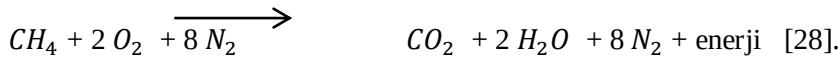
$$E_{yak.} = 8528 * 5102,7 = 43.515.826 \text{ kcal/h olarak bulunur.}$$



Şekil 3.3 Kazanı besleyen brülörler ve yanma havası kanalı. brülör kazana alttan bağlanmaktadır.

3.2. Yanma Havası Ekserjisi

Doğal gazın yanabilmesi için hava ile % 5~15 oranında karışması gerekir. Tam yanma için %9 doğalgaz ve %91 hava gereklidir. Yani 1 m^3 doğalgazın yanması için yaklaşık 10 m^3 havaya ihtiyaç vardır [28].



$\dot{m}_{yakıt} = 5.102,7 \text{ m}^3/\text{h}$ doğalgaz yakıldığına göre yanma için gerekli taze hava miktarı

$$\dot{m}_{taze \text{ hava}} = 10 * \dot{m}_{yakıt} = 10 * 5.102,7 = 51.027 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m}_{taze\ hava} = 51.027 * 1,225 = 62.508\ kg/h\ olarak\ bulunur.$$

$$\varepsilon_{taze\ hava} = C_{phava}(T - T_0) - T_0(C_{phava} \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{P}{P_0})\ bağıntısı\ ile\ bulunur.$$

Havanın özgül ısısı [29]

$$C_{phava} = 1,005\ kJ/kgK$$

$$T = 300\ K\ (Taze\ hava\ sıcaklığı)$$

$$\varepsilon_{taze\ hava} = 0,083\ kJ/kg$$

$$E_{taze\ hava} = \varepsilon_{taze\ hava} * \dot{m}_{taze\ hava}$$

$$E_{taze\ hava} = 5.188\ kJ/h = 1.241\ kcal/h$$

3.3. Kazan Besleme Suyu Ekserjisi

$$\varepsilon_{b.suyu} = (h_1 - T_0 s_1) - (h_0 - T_0 s_0)$$

$$\dot{m}_{b.suyu} = 80.000\ kg/h$$

$$T_{b.suyu} = 98\ ^\circ C$$

Termodinamik tablolarından gerekli entalpi (h) ve entropi (s) değerleri hesaplanmıştır [29].

$$\varepsilon_{b.suyu} = (410,1 - 293 * 1,2845) - (83,915 - 293 * 0,2965)$$

$$\varepsilon_{b.suyu} = 36,70\ kJ/kg$$

$$E_{b.suyu} = \varepsilon_{b.suyu} * \dot{m}_{b.suyu}$$

$$E_{b.suyu} = 2.936.000\ kJ/h = 702.392\ kcal/h$$

3.4. Kazan Baca Gazı Ekserjisi

Doğalgazın yanma reaksiyonu [28]



Baca gazı ölçüm raporuna göre baca gazı içerisindeki CO , NO ve NO_2 gazları ihmal edilebilir değerdedir.

$$CO = 8\ mg/m^3$$

$$NO = 125\ mg/m^3$$

$$NO_2 = 192\ mg/m^3$$

1 m^3 doğal gazın tam yanması için yaklaşık 10 m^3 havaya ihtiyaç olduğu göz önüne alındığında yanma reaksiyonundan 1 m^3 doğalgazın 0,68 kg/m^3 olduğu hesaplanır.

Yakılan doğalgaz miktarı ve yanma için kullanılan taze hava miktarı çıkan baca gazına eşit olacaktır.

$$\dot{m}_{taze\ hava} + \dot{m}_{yak} = 0.68 * 5.102,7 + 1.225 * 51.027 = 65.978\ kg/h$$



Denklemine göre

$$\dot{m}_{CO_2} = 65.978 * \frac{44}{304} = 9.549\ kg/h$$

$$\dot{m}_{H_2O} = 65.978 * \frac{36}{304} = 7.813\ kg/h$$

$$\dot{m}_{N_2} = 65.978 * \frac{224}{304} = 48.616\ kg/h \quad \text{olarak bulunur.}$$

3.5. Baca Gazı Ekserjisi

3.5.1. Fiziksel ekserjisi

Baca gazlarını ideal gaz kabul edersek, baca gazı fiziksel ekserjisi

$$\varepsilon_{fiz} = C_p(T - T_0) - T_0(C_p \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{P}{P_0}) \text{ denkleminde hesaplanır.}$$

CO₂ gazı için fiziksel ekserji

$$\varepsilon_{fizCO_2} = C_{pCO_2}(T - T_0) - T_0(C_{pCO_2} \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{P}{P_0})$$

$$\dot{m}_{CO_2} = 65.978 * 44/304 = 9.549\ kg/h$$

$$C_{pCO_2} = 0,846\ kJ/kgK$$

$$R_{CO_2} = 0,1889\ kJ/kgK$$

$$T = 120\ ^\circ C$$

$$\varepsilon_{fiz.CO_2} = 0,846(398 - 293) - 293(0,846 \ln \frac{398}{293} - 0,1889 \ln \frac{1}{1})$$

$$\varepsilon_{fiz.CO_2} = 12,91\ kJ/kg$$

$$E_{fiz.CO_2} = \varepsilon_{fiz.CO_2} * \dot{m}_{CO_2}$$

$$E_{fiz.CO_2} = 123.277\ kJ/h = 29.492\ kcal/h$$

H₂O gazı için fiziksel ekserji

$$\varepsilon_{fiz.H_2O} = C_{pH_2O}(T - T_0) - T_0(C_{pH_2O} \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{P}{P_0})$$

$$E_{fiz.H_2O} = 232.217 \text{ kJ/h} = 53.401 \text{ kcal/h}$$

N₂ gazı için fiziksel ekserji

$$\varepsilon_{fiz.N_2} = C_{pN_2}(T - T_0) - T_0(C_{pN_2} \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{P}{P_0})$$

$$E_{fiz.N_2} = 770.564 \text{ kJ/h} = 184.345 \text{ kcal/h}$$

3.5.2. Kimyasal ekserji

Literatürde kimyasal ekserji hesaplama yöntemleri mevcut olmasına rağmen kimyasal ekserjiyi hesaplamanın en basit yöntemi tablolardan faydalanmaktır.

Tablo.3.2 Bazı maddelerin standart kimyasal ekserjileri [24, 30, 31].

Madde	Faz	Mol ağırlığı (kg/kmol)	Standart kimyasal Ekserjisi (kJ/kmol)
Ag	Katı	107.8	73.730
Al ₂ O ₃	Katı	101.9	204.270
CO ₂	Gaz	44	20.140
H ₂ O	Gaz	18	11.710
H ₂ O	Sıvı	18	3.120
N ₂	Gaz	28	690
CH ₄	Gaz	16	836.510

CO₂ gazı için kimyasal ekserji

$$\varepsilon_{kim.CO_2} = 458 \text{ kJ/kg} = 109.5 \text{ kcal/kg}$$

$$E_{kim.CO_2} = \varepsilon_{kim.CO_2} * \dot{m}_{CO_2}$$

$$E_{kim.CO_2} = 109,5 * 9.549 = 1.045.615 \text{ kcal/h}$$

H₂O gazı için kimyasal ekserji

$$\varepsilon_{kim.H_2O} = 650,5 \text{ kJ/kg} = 155,6 \text{ kcal/kg}$$

$$E_{kim.H_2O} = \varepsilon_{kim.H_2O} * \dot{m}_{H_2O}$$

$$E_{kim.H_2O} = 155,6 * 7.813 = 1.215.702 \text{ kcal/h}$$

N₂ gazı için kimyasal ekserji

$$\varepsilon_{kim.N_2} = 24,7 \text{ kJ/kg} = 5,9 \text{ kcal/kg}$$

$$E_{kim.N_2} = \varepsilon_{kim.N_2} * \dot{m}_{N_2}$$

$$E_{kim.N_2} = 5,9 * 48.616 = 286.834 \text{ kcal/h}$$

3.5.3. Toplam Ekserjiler

$$E_{CO_2} = E_{fiz.CO_2} + E_{kim.CO_2} = 1.045.615 + 29.492 = 1.075.077 \text{ kcal/h}$$

$$E_{H_2O} = E_{fiz.H_2O} + E_{kim.H_2O} = 1.215.702 + 53.401 = 1.269.103 \text{ kcal/h}$$

$$E_{N_2} = E_{fiz.N_2} + E_{kim.N_2} = 286.834 + 184.345 = 471.179 \text{ kcal/h}$$

$$E_{b.gazı} = E_{CO_2} + E_{H_2O} + E_{N_2} = 1.075.077 + 1.269.103 + 471.179 = 2.815.359 \text{ kcal/h}$$

3.6. Üretilen Buharın Ekserjisi

Kazandan çıkan buharın termodinamik özellikleri aşağıdaki gibidir.

$$T_{buh.} = 380 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P_{buh.} = 26 \text{ bar}$$

$$\dot{m}_{buh.} = 80.000 \text{ kg/h}$$

Termodinamik tablolarından gerekli entalpi (h) ve entropi (s) değerleri hesaplanmıştır [29].

$$\varepsilon_{buh.} = (h_{buh.} - T_0 * s_{buh.}) - (h_0 - T_0 * s_0)$$

$$\varepsilon_{buh.} = (3192 - 293 * 6,928) - (83,91 - 293 * 0,297) = 1.165,2 \text{ kJ/kg}$$

$$E_{buh.} = \varepsilon_{buh.} * \dot{m}_{buh.}$$

$$E_{buh.} = 1.165,2 * 80.000 = 93.216.000 \text{ kJ/h} = 22.300.478 \text{ kcal/h}$$

Tablo 3.3 kazana giren ve çıkan maddelerin enerji ve ekserji değerleri.

	T (°C)	P (bar)	m (kg)	Enerji (kcal/h)	Ekserji (kcal/h)
Yakıt	20	1	3470	41.842.140	43.515,826
Yanma Havası	27	1	62.508	18.314.844	1.241
Kazan Besleme Suyu	98	1	80.000	32.800.000	702.392
Baca Gazı	125	1	65.978	28.728.200	2.815.359
Üretilen Buhar	380	26	80.000	61.110.047	22.300.478

Kazana giren maddeler yakıt, yanma havası ve besleme suyudur. Kazandan çıkan maddeler ise baca gazı ve üretilen buhardır. Tablo 3.2'deki enerji ve ekserji verileri kullanılarak kazanın I. ve II. yasa verimleri hesaplanmıştır.

$$\eta_I = \frac{89.838.247}{92.956.975} = 0.96$$

$$\eta_I = \%96$$

$$\eta_{II} = \frac{25.115.837}{44.219.459} = 0.57$$

$$\eta_{II} = \%57$$

4. Türbinin Termodinamik analizi

Türbin ünitesini yandan iki farklı açıdan görüntüsü şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Türbin ünitesini yandan iki farklı açıdan görüntüsü.

4.1. Giren Buhar

Kazanda üretilen 380 °C'deki buhar türbine girmektedir. Bu buharın ekserjisi kazanın termodinamik analizinde hesaplanmıştır.

$$E_{buh.} = 22.300.478 \text{ kcal/h}$$

4.2. Çıkan Buhar

$$T_{buh.} = 170 \text{ °C}$$

$$P_{buh.} = 3,2 \text{ bar}$$

$$\dot{m}_{buh.} = 80.000 \text{ kg/h}$$

Termodinamik tablolarından gerekli entalpi (h) ve entropi (s) değerleri hesaplanmıştır [29].

$$\varepsilon_{buh.} = (h_{buh.} - T_0 * s_{buh.}) - (h_0 - T_0 * s_0)$$

$$\varepsilon_{buh.} = (2801,6 - 293 * 7,14) - (83,91 - 293 * 0,297) = 712,7 \text{ kJ/kg}$$

$$E_{buh.} = \varepsilon_{buh.} * \dot{m}_{buh.}$$

$$E_{buh.} = 712,7 * 80.000 = 57.016.000 \text{ kJ/h} = 13.640.191 \text{ kcal/h}$$

4.3. Üretilen Elektrik Enerjisi

Türbine giren buharın toplam ekserjisinin yaklaşık %16'sı elektrik enerjisine dönüşür. Bu durumda türbinden 4093kWh elektrik enerjisi üretilmektedir.

Tablo 4.3 türbine giren ve çıkan maddelerin enerji ve ekserji değerleri.

	T (°C)	P (bar)	m (kg)	Enerji (kcal/h)	Ekserji (kcal/h)
Giren Buhar	380	26	80.000	61.110.047	22.300.478
Çıkan Buhar	140	3,2	80.000	53.619.139	13.640.191
Üretilen Elektrik	0	0	0	3.519.980	3.519.980

Tablo 4.3'deki enerji ve ekserji verileri kullanılarak kazanın I. ve II. yasa verimleri hesaplanmıştır.

$$\eta_I = \frac{57.139.119}{61.110.047} = 0.94$$

$$\eta_I = \%94$$

$$\eta_{II} = \frac{17.160.171}{22.300.478} = 0.77$$

$$\eta_{II} = \%77$$

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Malatya şeker fabrikasının yakıt olarak doğalgaz kullanılan kazan ünitesi ve bu kazandan elde edilen buhar yardımıyla fabrikanın elektrik ihtiyacını karşılayan türbin ünitesi termodinamik açıdan incelenmiştir. Kazan ve türbin üniteleri için ayrı ayrı enerji ve ekserji analizleri yapılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır. Kazan ve türbin açık sistem olarak tek bir ünite halinde ele alınmış ve buna göre enerji ve ekserji çözümlemeleri yapılmıştır.

Kazan için yapılan I. ve II. yasa çözümlemeleri sonucunda, kazanın enerji verimliliği (η_I) %96 ve ekserji verimi (η_{II}) %57 olarak hesaplanmıştır. Kazandaki enerji kaybının 3.118.737 kcal/h olduğu ve ekserji yıkımının 19.103.622 kcal/h olduğu tespit edilmiştir. Yanma reaksiyonu sırasında oluşan tersinmezliklerin fazla olması, kazan içerisindeki ekserji yıkımının yüksek olmasına neden olmuştur.

Türbin için yapılan I. ve II. yasa çözümlemeleri sonucunda, türbinin enerji verimliliği (η_I) %94 ve ekserji verimi (η_{II}) %77 olarak hesaplanmıştır. Türbin ünitesindeki enerji kaybının 3.970.928 kcal/h ve ekserji yıkımının 5.140.307 kcal/h olduğu tespit edilmiştir.

Kazan ve türbin ünitelerinde özellikle yalıtımın kontrol edilip gerekli görülen noktaların bakımının yapılması enerji kayıplarını azaltacaktır.

2 KAYNAKÇA

- [1] «World Energy Outlook 2014,» Uluslararası Enerji Ajansı, (IEA), 2015.
- [2] M. B. Özdemir ve M. M. Yatarkalkmaz, «Farklı Tipteki Kolektörlerin Enerji, Ekserji Ve Ekonomik Analizi,» *Gazi Journal of Engineering Sciences*, no. 2, pp. 235-252, 2015.
- [3] A. E.A., R. Saidur ve S. A. Mekhilef , «review on energy saving strategies in industrial sector,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 15, pp. 150-168, 2011.
- [4] N. Madloul, R. Saidur, M. S. Hossain ve N. A. Rahim, «A critical review on energy use and savings in the cement industries,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 15, p. 2042–2060, 2011.
- [5] «BP Statistical Review of World E Nergy,» BP , June 2013.
- [6] S. Yılmaz, H. R. Ozcalik, O. Dogmus, F. Dincer, O. Akgöl ve M. Karaaslan, «Design Of Two Axes Sun Tracking Controller With Analytically Solar Radiation Calculations,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Cilt %1 / %2997-1005, no. 43, 2015.
- [7] K. Kaygusuz ve A. Sarı, «Renewable Energy Potential and Utilization in Turkey,» *Energy Conversion and Management*, no. 44, pp. 459-478, 2003.
- [8] A. Kecebas ve M. Kayfeci, «Automatic Control of Stoker Fired Boilers,» %1 içinde 5. *International Advanced Technologies Symposium*, Karabuk, 2009.
- [9] Y. S., H. R. Ozcalik ve F. Dincer, «The analysis on the impact of the roof angle on electricity energy generation of photovoltaic panels in Kahramanmaraş, Turkey—A case study for all seasons,» *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, no. 7, pp. 1-13, 2015.
- [10] B. Gümgüm, «Güneş enerjisi ve uygulamaları,» %1 içinde 2. *Güneş Enerjisi Konferansı*, Diyarbakır, 1996.
- [11] I. Dincer ve M. A. Rosen , «Thermodynamic Aspects of Renewables And Sustainable Development,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 9, pp. 169-189, 2005.
- [12] M. Yılmaz, O. N. Sara ve S. Karşı, «Performance evaluation criteria for heat exchangers based on second law analysis,» *Exergy*, cilt 4, no. 1, p. 278–294, 2001.
- [13] I. Dincer ve M. A. Rosen, *Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development*, Elsevier Science, 2012.
- [14] Y. A. Cengel, B. Wood ve I. Dincer, «Is bigger thermodynamically better?,» *Exergy An International Journal*, no. 2, pp. 62-68, 2002.

- [15] G. Tsatsaronis, «Definitions and nomenclature in exergy analysis and exergoeconomics,» *Energy*, no. 32, pp. 249-253, 2007.
- [16] I. Dincer, «The Role of Exergy in Energy Policy Making,» *Energy Policy*, no. 30, pp. 137-149, 2002.
- [17] K. Onat, «Kullanılabilir enerji kaybının azaltılması,» %1 içinde *Termodinamiğin İkinci kanunu Çalışma Toplantısı*, Kayseri, 1990.
- [18] M. Yılmaz, O. Çomaklı, S. Yapıcı ve O. N. Sara, «Performance Evaluation Criteria for Heat Exchangers Based on First Law Analysis,» *Journal of Enhanced Heat Transfer*, no. 12, pp. 121-157, 2005.
- [19] R. Saidur, J. U. Ahamed ve H. H. Masjuki, «Energy, exergy and economic analysis of industrial boilers,» *Energy Policy*, no. 38, pp. 2188-2197, 2010.
- [20] M. J. Moran ve E. Sciubba, «Exergy analysis: principles and practice,» *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, no. 116, pp. 285-290, 1994.
- [21] J. F. F. Guarinello, S. A. A. G. Cerqueira ve S. A. Nebra, «Thermoeconomic evaluation of a gas turbine cogeneration system,» *Energy Conversion and Management*, no. 41, pp. 1191-1200, 2000.
- [22] I. Dincer, «Thermodynamics, Exergy, and Environmental Impact,» *Energy Sources*, no. 22, pp. 723-732, 2000.
- [23] A. Hepbasli ve O. Akdemir, «Energy and Exergy Analysis of a Ground Source (Geothermal) Heat Pump System,» *Energy Conversion and Management*, no. 45, pp. 737-753, 2004.
- [24] A. Bejan, G. Tsatsaronis ve M. Moran, *Thermal Design & Optimization*, New York: John Wiley and Sons, 1996, pp. 519-522.
- [25] J. Szargut, D. R. Morris ve F. R. Steward, *Exergy Analysis of Thermal, Chemical and Metallurgical Processes*, New York: Hemisphere Publ. Corp., 1988.
- [26] B. Türköze, Çumra Şeker Fabrikası Ekserji Analizi, Konya: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- [27] T. J. Kotas, *The Exergy Method of Thermal Plant Analysis*, London: Anchor Brendon Ltd, 1985.
- [28] Torosgaz, «Doğalgaz Nasıl Yanar?,» <http://www.torosgaz.com.tr/burdur/dgnasilyanar.html>, Isparta, erişim tarihi: 11.01.2016.
- [29] Y. A. Çengel ve M. A. Boles, *Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*, İstanbul: Literatür Yayıncılık, 1996.

- [30] Ö. Atalay, Jeotermal Sistemlerin Ekserji Analizi: Kızıldere Örneği, Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2004.
- [31] E. Tekel, Termik Santrallerin Enerji Ve Ekserji Analizi, Denizli: Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tez, 2006.



Benefiting from Ground Heat for Heating and Cooling

Bülent Gedik

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu

Celebi Karapınar

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu

ABSTRACT

That fossil fuel resources are limited and they gradually reduce have increased the demand for renewable energy sources. In accordance with this demand, one of the methods used is ground source heat pumps. In this method, the heat taken from soil is used for heating any place or the heat taken from any place is discharged into soil for cooling. In this work, the plan for heating a greenhouse with the help of ground source heat pump and the actualization of the plan is carried out.

Keywords: Heating - Cooling, Soil Temperature, Heat Pump.

Yer ısısından faydalanılarak Isıtma ve Soğutma Yapılması

ÖZET

Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması ve giderek azalması yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talebi artırmıştır. Bu talep doğrultusunda kullanılan yöntemlerden bir tanesi de toprak kaynaklı ısı pompalarıdır. Bu yöntem de topraktan alınan ısı kullanılarak istenilen ortam ısıtılmakta veya istenilen ortamdaki ısı toprağa atılarak ortam soğutulmaktadır. Bu çalışmada bir seranın toprak kaynaklı ısı pompası yardımıyla ısıtılması planlanması ve gerçekleştirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isıtma-Soğutma, Toprak Isısı, Isı Pompası

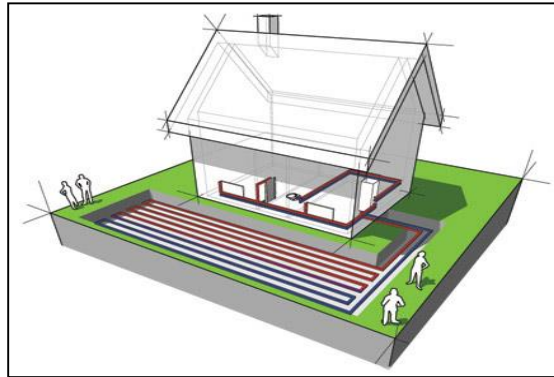
1 GİRİŞ

Enerji ihtiyacının her gün arttığı günümüzde, yeni enerji kaynakları arayışı hızla devam etmektedir. Özellikle fosil enerji kaynaklarının sınırlı ve maliyetli olmasından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmıştır. Toprağın ısısından faydalanmak yenilenebilir enerji kaynaklarından kabul edilmektedir [1, 2]. Toprağın ısısı sürekli ve tükenmez bir kaynaktır. Toprak ısısından her mevsimde ve her saatte, her yerde faydalanılabilmektedir. Yapılan çalışmalarda soğuk bölgelerde dahi fayda elde edilebildiği görülmüştür [3]. Toprak ısısı sadece ısıtma amaçlı değil aynı zamanda soğutma amaçlı da kullanılabilmektedir [4, 5]. Toprak ısısından faydalanma oldukça konforludur ve bakım gerektirmez [6]. Ayrıca çevre açısından çok önemlidir. Evlerin ve işyerlerin ısıtma ve sıcak su ihtiyacının karşılanmasında yardımcı enerji kaynağı olarak kullanılabilir [7,8].

Seralar, iklime bağı çevre koşullarının kontrolü yapılarak, bitki yetiştirilmesine uygun ortamların oluşturulduğu tesislerdir. Sera içinde uygun koşulların oluşturulabilmesi ancak, seraların yetiştirilmek istenen ürüne uygun ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve nemlendirme gibi iklim şartlarını sağlayan sistemlerin kullanılmasıyla mümkün olmaktadır [1]. Sera kullanımı bir çok ülkede, geçtiğimiz 20-25 yıl içerisinde artmıştır [2]. Seralar kaliteli ve risksiz üretim yapma fırsatı vermektedir [9]. Sera üretiminde ısıtma maliyeti en önemli giderlerden birini oluşturmaktadır [10]. Toprak ısı ile seraların ısıtma ihtiyacının karşılanması, enerji maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Özellikle kış aylarında bitkilerin ihtiyacı olan sıcaklığı, büyük ölçüde toprak ısı karşılayabilmektedir [11]. Enerjinin oldukça pahalı olduğu çağımızda sera bitkilerinin optimum istekleri doğrultusunda ısıtılması büyük masrafları gerektirmektedir. Bu nedenle seralarımızda sadece dondan koruma amacıyla ısıtma yapılmaktadır. Bu durum elde edilen ürünlerin verim ve kalitesinin düşük olmasına neden olmaktadır. Kontrollü seralarda ısıtmanın üretim harcamaları içindeki payı % 60'lara kadar yükselmiştir. Bu payın azaltılması, tarımda önemli bir potansiyeli oluşturan seracılık sektöründe işletme karını artırırken, ülke ekonomisine de büyük katkı sağlayacaktır. Bu nedenle, sera ısıtma harcamalarını ve giderek tükenmekte olan fosil enerji kaynaklarının kullanımını en aza indirmek için seralarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına önem verilmelidir.

Modern seralar dış hava şartları ne olursa olsun bitkiler için optimal büyüme ortamı sağlar. Seralarda Sıcaklık, nem, ışık, karbon dioksit ve besin kontrol edilir. Bu işlemler sırasında büyük miktarda enerji tüketilir. Sera ısıtılması için büyük maliyetlerle fosil yakıtlar kullanılmaktadır [12,13]. Yükselen Fosil yakıt maliyetleri seraların üretim maliyeti artırmakta ve çiftçi gelirlerinin bir miktar azaltmaktadır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sera ve ürün maliyetlerini azaltacaktır [14-22].

Güneş verdiği ısı ile canlılara yaşama imkânı sağlar. Kış aylarında güneş ışınlarının dik gelmemesi nedeniyle ısınma ihtiyacı ortaya çıkar. Toprak yaz boyu güneşlenerek elde ettiği ısı enerjisini yüzeyinde depolar. Kış aylarında depolanan ısı miktarında belirgin bir azalma olur ancak toprak ısının tamamını veremeden yaz ayları gelir. Yazın toprak tekrar ısınarak eski haline gelir. Yerin derinlerine inildikçe sıcaklığın mevsimsel değişimlerden etkilenmesi azalır. Yaklaşık 15 metre derinlikte sıcaklık 10°C ile sabitlenir ve mevsimsel sıcaklık değişimlerinden etkilenmez. Toprağın sıcak olmasının diğer bir nedeni ise dünyanın merkezinde bulunan yüksek sıcaklıktaki çekirdektir. Buradaki yüksek sıcaklığın etkisi ile toprakta derinlere inildikçe sıcaklık değeri her 33 metrede 1°C artar. Şekil 1.de toprak ısından faydalanarak bir konutun iklimlendirilmesi görülmektedir.



Şekil 1. Toprak ısından faydalanma [23].

Toprak kaynaklı ısı pompalarının performans katsayılarının yüksek olması sistemin işletme maliyetini azaltmaktadır. Elde edilen enerjinin, sarf edilen enerjiden daha yüksek olması ile sağlanan enerji tasarrufu hem kullanıcıya hem de ülke ekonomisine önemli kazançlar sağlar. Ancak ısı kaynağı olarak toprağın kullanımında, ilk yatırım maliyetini artıran toprak ısı değiştiricisi mevcuttur. Bu nedenle, hava kaynaklı ısı pompalarına göre ilk yatırım maliyeti fazla olmaktadır.

Toprak ısısından faydalanılması için kullanılan pompaları ve fanların enerjisi yine yenilenebilir enerji kaynağı olan fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri ile karşılanabilir. Sistem bütün olarak yenilenebilir enerji kaynaklı olarak planlanabilir.

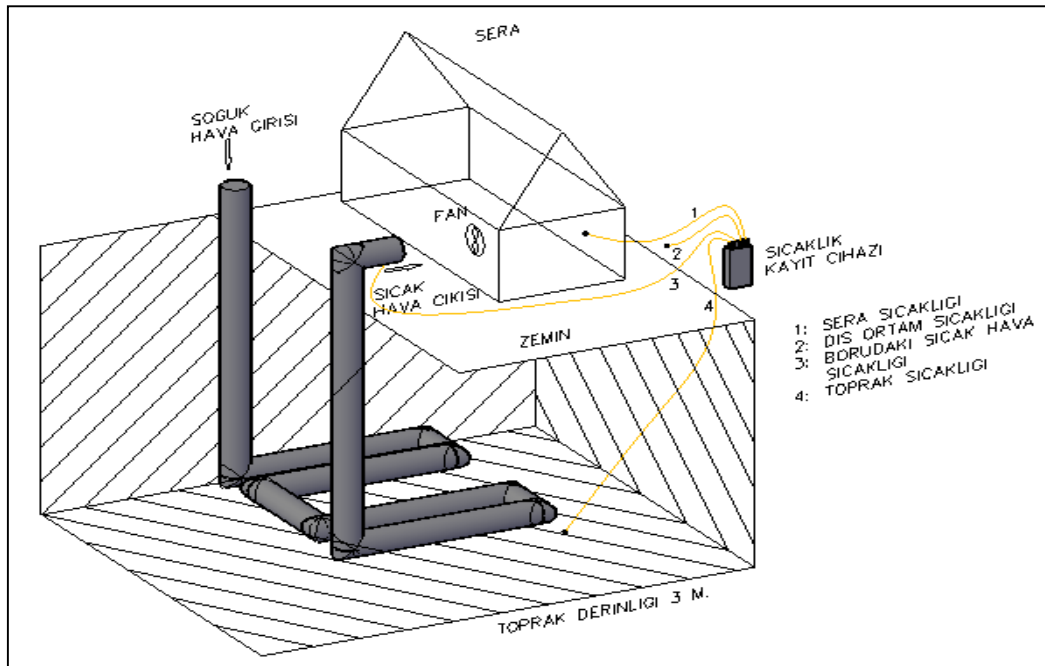
Bu çalışmada Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Karacasu yerleşkesine yapılan toprak ısısından faydalanan mikro ölçekli seranın performans analizi yapılmıştır.

2. DENEY DÜZENEGİ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Karacasu yerleşkesine (Enlem: 37,52 Boylam: 36,99 Rakım: 560 m) yapılan toprak ısısından faydalanan mikro ölçekli seranın performans analizi yapılmıştır. Deney düzeneğinin fotoğrafı şekil 2.de şeması şekil 3.de görülmektedir.



Şekil 2. Deney düzeneği fotoğrafı.



Şekil 3. Deney düzeneğinin şeması.

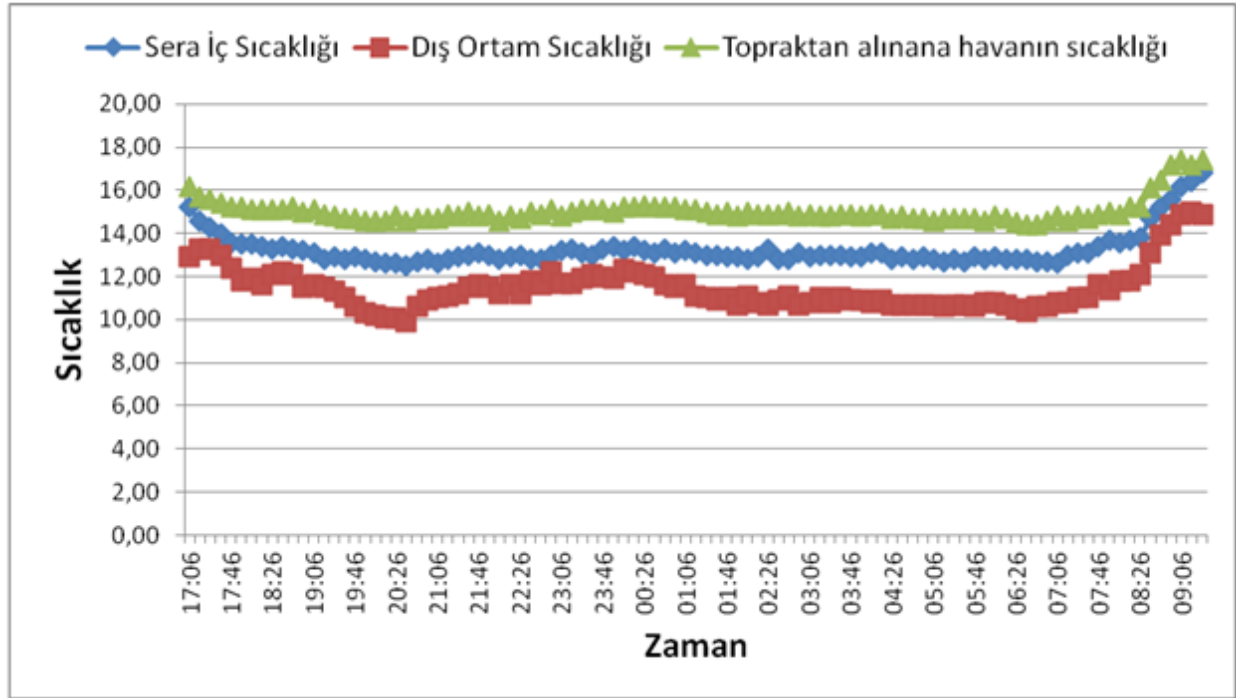
Prototip olarak yapılan toprak ısısı kaynaklı sera uygulaması için 3 metre derinliğe borular yerleştirilmiş ve toprağın ısısı fan yardımıyla seranın içine alınmıştır. Deney için hacmi 0.75 m³ ve yüzey alanı 4,1 m² olan cam sera maketi kullanılmıştır. Toplamda 16 metre 100'lük pis su borusu ve 10 adet dirsek kullanılmıştır. Sistemin performansının tespit edilebilmesi için dört kanallı sıcaklık kayıt cihazı kullanılmıştır. Seranın iç sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı, toprak sıcaklığı ve zeminden gelen borudan alınan havanın sıcaklığı 10 dakikalık periyotlarda kaydedilmektedir. Sistemin harcadığı enerji 30 W fan ile sınırlıdır.

3. BULGULAR

Yapılan ölçümlerde sera iç sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı ve seraya giren toprakta ısıtılmış havanın sıcaklıkları tespit edilmiştir.

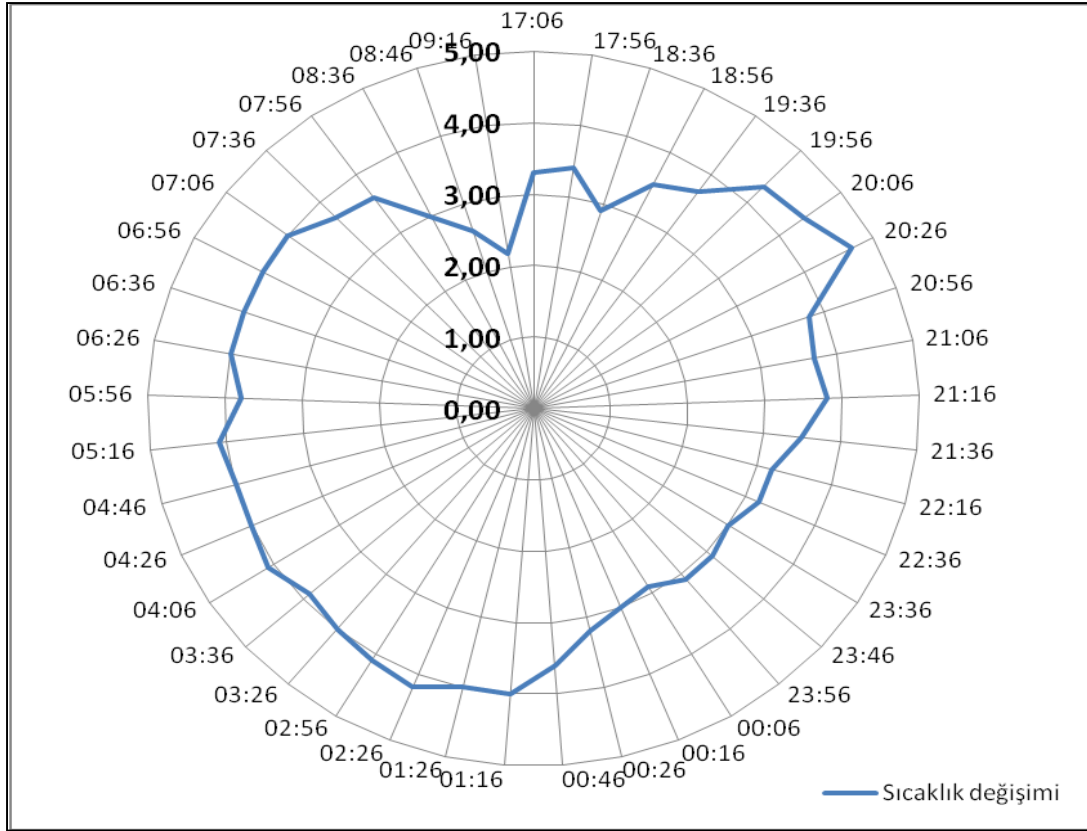
Akşam 17:06 ile sabah 09:06 arasında yapılan ölçümler ve bu değerler ait grafik şekil 3.1' de verilmiştir. Bu saatler arasında hava sıcaklığı gündüz saatlerine göre daha serin olduğundan deney için bu saatler tercih edilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde gece boyu ortalama sıcaklık değerleri şu şekilde gerçekleşmiştir.

1. Sera iç sıcaklığı ortalaması: 13,24 °C
2. Dış ortam sıcaklığı ortalaması: 11,46 °C
3. Toprakta alınan havanın ortalama sıcaklığı: 15,04 °C
4. Ayrıca yapılan ölçümlerde 3 m. derinlikte toprak sıcaklığı 19,2 ile 19,4 °C arasında değişmektedir.



Şekil 3.1 sıcaklık değişimlerinin zamana göre karşılaştırılması

Dış ortamdan alınan havanın topraktan geçtikten sonra kazanılan sıcaklık farkının zamanla değişimi şekil 3.2’de gösterilmiştir. Bu grafikten okunan değerlere göre gece boyunca , dış ortamdan alınan havaya ortalama 3,6 °C sıcaklık artışı sağlanmıştır.



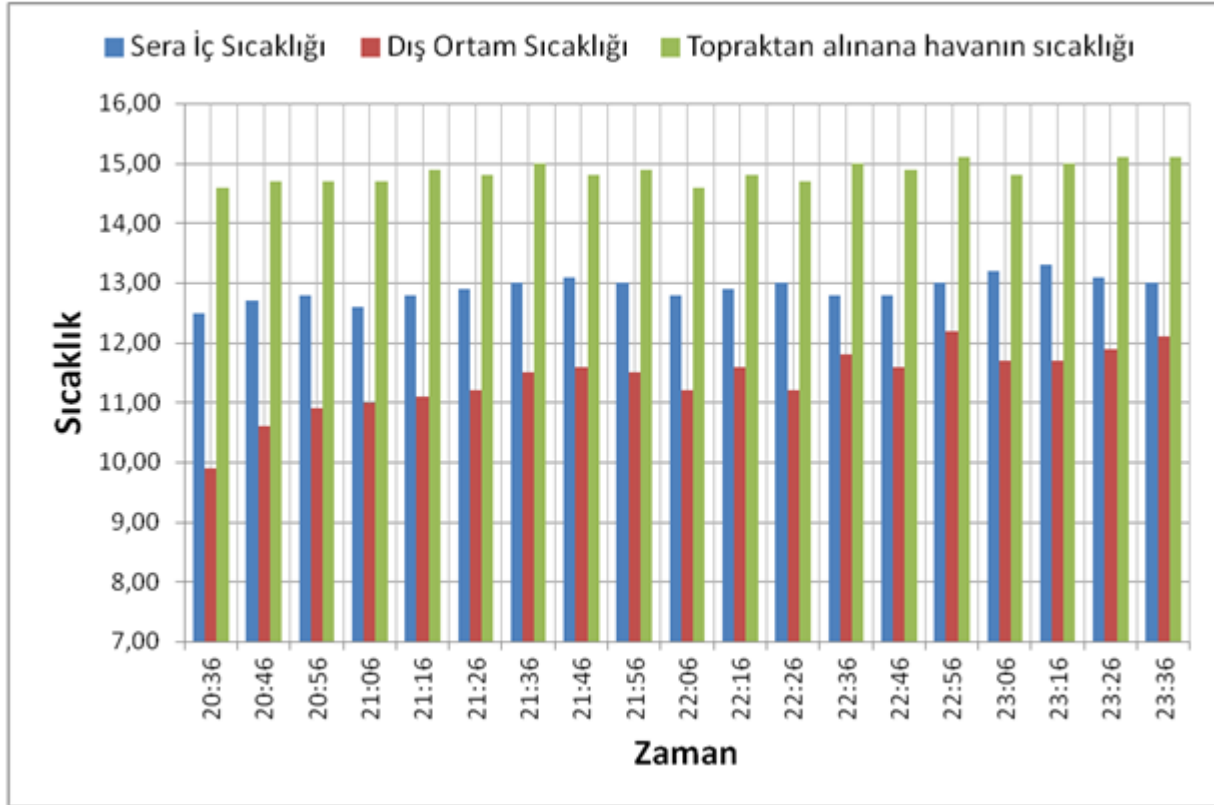
Şekil 3.2 Elde edilen sıcaklık farkının zamana göre değişimi

Şekil 3.3’te verilen grafikte dış ortam sıcaklığı artması veya azalması ile sera iç ortam sıcaklığı ve topraktan alınan havanın sıcaklığının nasıl değiştiğini daha yakından gösterilmiştir.

Grafikten dış ortam sıcaklığındaki değişimin, topraktan alınan havanın sıcaklığını çok fazla değiştirmedeği gözlenmiştir. Saat 20:56’da dış ortam sıcaklığı 10,9 °C’iken topraktan alınan havanın sıcaklığı 14,7 °C olarak ölçülmüştür. Saat 23:6’da dış ortam sıcaklığı 11,9 °C iken topraktan alınan havanın sıcaklığı 15,1 °C olarak ölçülmüştür.

Dış ortam sıcaklığındaki 1 °C’lik artışa karşılık topraktan alınan havanın sıcaklığı 0.4 °C artmıştır.

Dış ortam ölçülen en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri arasında 1,6 °C’lik fark olmasına karşılık, topraktan alınan havanın en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri arasında 0.5 °C’lik bir fark oluşmuştur. Dış ortam sıcaklığındaki azalmaların ve artmaların topraktan alınan sıcaklık değerini aynı ölçüde değiştirmedeği görülmüştür.



Şekil 3.3 dış ortam sıcaklığının değişmesiyle, toprak sıcaklığındaki değişim

SONUÇ

Topraktan geçirilen havanın sıcaklık değişimi incelenmiş ve elde edilen bulgular irdelenmiştir. Dış ortamdan alınan soğuk hava toprak altına döşenmiş borulardan geçirildiğinde ortalama 4 °C ısındığı gözlenmiştir.

3 metre derinliğe yerleştirilen borulardan geçirilerek istenilen ortama verilen havanın sıcaklığı 14,5 °C ile 15 °C arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu sistem 15 °C'lık ortamlarda yetişen bitkilerin bulunduğu seralarda yada kış aylarında meyve vermeyen bitkilerin donmasını önlemek için kullanılabilir.

Ayrıca dış ortamdan alınan hava toprakta ısıtılarak ortama verildiğinden, ortama sürekli taze hava sağlanmış olacaktır. Taze havanın ihtiyaç olduğu ve ortam sıcaklığının 15 °C civarında olması gerektiği ortamlarda bu sistem kullanılabilir. Örneğin tavuk çiftliklerinde ortam sıcaklığı 12-15 °C arası olması istenir.

Bu tür sistemlerin kullanılması fosil yakıt tüketimini azaltacağından çevre kirliliğinin azalmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] M. İnallı, H. Esen, Experimental thermal performance evaluation of a horizontal ground-source heat pump system, Appl. Therm. Eng. 24 (14-15) (2004) 2219-2232.
- [2] J.W. Lund, D.H. Freeston, T.L. Boyd, Direct utilization of geothermal energy 2010 worldwide review, Geothermics 40 (3) (2011) 159-180.

- [3] O. Ozgener, A. Hepbasli, Modeling and performance evaluation of ground source (geothermal) heat pump systems, *Energy Build.* 39 (1) (2007) 66-75.
- [4] G. Florides, S. Kalogirou, Ground heat exchangersda review of systems, models and applications, *Renew. Energy* 32 (15) (2007) 2461-2478.
- [5] B. Sannera, C. Karytsasb, D. Mendrinosa, L. Rybachc, Current status of ground source heat pumps and underground thermal energy storage in Europe, *Geothermics* 32 (4-6) (2003) 579-588.
- [6] Lund JW, Freeston DH. World-wide direct uses of geothermal energy 2000. *Geothermics* 2001;30:29–68.
- [7] Lund JW. Geothermal heat pumps—an overview. *Quarter Bull, Geo-Heat Center* 2001;22(1):1–2.
- [8] Lund JW, Freeston DH. World-wide direct uses of geothermal energy 2000. In: *Proceedings of world geothermal congress 2000. Japan: Kyushu-Tohoku; 2000.* p. 1–21.
- [9] Hüseyin Benli, A performance comparison between a horizontal source and a vertical source heat pump systems for a greenhouse heating in the mild climate Elazığ, Turkey, *Applied Thermal Engineering*, 50 (2013) 197-206
- [10] Chou SK, Chua KJ, Ho JC, Ooi CL. On study of an energyefficient greenhouse for heating, cooling and dehumidification applications. *Applied Energy* 2004;77: 355–73.
- [11] ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating, and Air- Conditioning Engineers. *ASHRAE Handbook: Applications.* Atlanta; 1974 [Chapter 22].
- [12] Nelson PV. *Greenhouse operation & management.* New Jersey: Prentice Hall; 2003.
- [13] BP. *BP statistical review of world energy*, June 2011; 2011.
- [14] [3] Nayak S, Tiwari GN. Theoretical performance assessment of an integrated photovoltaic and earth air heat exchanger greenhouse using energy and exergy analysis methods. *Energy Build* 2009;41:888–96.
- [15] Kolokotsa D, Saridakis G, Dalamagkidis K, Dolianitis S, Kaliakatsos I. Development of an intelligent indoor environment and energy management system for greenhouses. *Energy Conv Manage* 2010;51:155–68.
- [16] Chua KJ, Chou SK, Yang WM. Advances in heat pump systems: a review. *Appl Energy* 2010;87:3611–24.

- [17] Kim YJ, Ryou YS, Chang JT, Kang KC, Lee KJ, Shin CW. Heat recovery characteristics of the hot water supply system with exhaust heat recovery unit attached to the hot air heater for plant bed heating in the greenhouse. *J Biosyst Eng* 2000;25:221–6.
- [18] Rousse DR, Martin DY, Thériault R, Léveillé F, Boily R. Heat recovery in greenhouses: a practical solution. *Appl Therm Eng* 2000;20:687–706.
- [19] Chou SK, Chua KJ, Ho JC, Ooi CL. On the study of an energy-efficient greenhouse for heating, cooling and dehumidification applications. *Appl Energy* 2004;77: 355–73.
- [20] Benli H, Durmus A. Evaluation of ground-source heat pump combined latent heat storage system performance in greenhouse heating. *Energy Build* 2009;41:220–8.
- [21] Chen C, Sun F-l, Feng L, Liu M. Underground water-source loop heat-pump airconditioning
- [22] system applied in a residential building in Beijing. *Appl Energy*, 2005;82:331–44.
- [23] <http://www.maasoojuspump.com/>, Erişim Tarihi:14.12.2014



New Metamaterial Absorber Comprised of Patch Resonator for PV Cells

Mehmet Pasa Ustunsoy

Middle East Technical University – Northern Cyprus Campus, Sustainable Environment and Energy Systems, Kalkanli, Guzelyurt, TRNC / Mersin 10, Turkey

Cumali Sabah

Middle East Technical University - Northern Cyprus Campus, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kalkanli, Guzelyurt, 99738, TRNC / Mersin 10, Turkey.

ABSTRACT

In this paper, a high frequency metamaterial based absorber is designed and analyzed for solar cells. In order to obtain a metamaterial based absorber, metal-semiconductor-metal layers are combined. The result of the designed structure is shown in the infrared and visible ranges of solar spectrum for getting a better efficiency. Parameters and dimensions of the structure have importance on the performance of the absorber. The simulations were carried out with full-wave electromagnetic (EM) solver based on the finite integration technique. The aim of this study is to obtain a high absorption and use it for solar cells. In the first simulation, the constitutive parameters of the structure are selected as constant in which the metamaterial based absorber has 99.99% absorption at 558.75THz and 99% absorption at 216.75THz. When the structure was designed again according to Drude model, the second simulation results show that the metamaterial based absorber have 99.96% absorption at 514.5THz and 99.63% absorption at 197.25THz. Furthermore, the second simulation results show that the proposed design is also incident angle insensitive. As a result of this study, the proposed metamaterial based absorber presents a high absorption in the infrared and visible ranges and can be used in many metamaterial and solar applications.

Keywords: Metamaterial, absorber, Drude model, solar cells

1 INTRODUCTION

Normally, energy resources can be classified in two groups; renewable energy and non-renewable energy resources. Non-renewable energies which are predominantly used are petroleum, coal and crude oil which are usually called as “Fossil fuel”. According to the studies, these resources will be depleted eventually. Currently, 80% of the world’s energy is supplied with the fossil fuels. The researches proved that the oil will last not more than next 40 years, natural gas around 60 years while remaining coal will not serve more than next 200 years [1].

Solar energy is one of the renewable energy resources which seems to be the best substitute to the use of fossil fuels. Power delivered by the sun radiations within one hour can meet annual power consumption of the World [2].

Metamaterials are artificial structured materials [3]. Metamaterial technology can be used to solve the challenges of electromagnetic energy harvesting by effectively building higher absorbers. This is because they have extraordinary properties such as negative-refractive index and evanescent wave amplification which cannot be found in natural materials [4, 5].

The special properties of metamaterials allow them to have numerous applications. Those applications include; Perfect absorbers [6, 7], electromagnetic filters [8], sensors [9, 10], high frequency polarization rotators [6, 11], chiral materials [12], cloaking [6, 10, 13 - 15] and superlens [6, 14, 16, 17] and so on.

2 MATERIAL AND METHOD

In Figure 1, the structure of a metamaterial based absorber unit cell can be seen. In order to prevent the transmission, aluminum layer was used at the bottom of the structure. As the semiconductor material, gallium arsenide (GaAs) layer is added on the top of the aluminum layer. Another aluminum layer is placed on the GaAs layer which prevents the reflection. In two metallic layers, surface plasmon polaritons (SPPs) leads to almost a perfect absorption at a definite frequency. The wavelength is more than the total thickness of the design ($a+b+c$). In the beginning, the structure is simulated with a full-wave EM solver based on finite integration technique. The electrical conductivity of aluminum is $3.56 \times 10^7 \text{ S/m}$. GaAs has the electrical loss tangent and the dielectric constant which are 0.006 and 12.94, respectively. In order to obtain more realistic results, the materials of the structure were created according to the Drude model and examined again by using the same technique. The optical properties of aluminum and GaAs for infrared and visible frequency ranges can be found in [18].

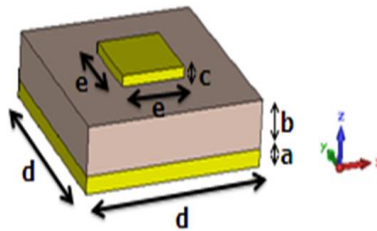


Figure 1: The structure and dimensions of the metamaterial based absorber unit cell

In order to calculate the frequency-dependent absorption, $A(\omega) = 1 - T(\omega) - R(\omega)$ formula is used. Where $A(\omega)$, $T(\omega)$ and $R(\omega)$ are absorption, transmission and reflection coefficients, respectively. $T(\omega)$ and $R(\omega)$ have to be minimized in order to optimize absorption capability of a cell [19, 20]. Zero transmission ($T(\omega) = 0$) is obtained by using a metallic strip at the back layer. In this way, the absorption will directly rely on the reflection $R(\omega)$, which can be calculated by the scattering parameters (S) gained from the simulation. $R(\omega)$ equals to $|S_{11}|^2$. The purpose of this study is to decrease $R(\omega)$ to get a high absorption.

3 RESULTS AND ANALYSIS

From our first simulation ($\sigma_{\text{aluminium}} = 3.56 \times 10^7 \text{ S/m}$, $\tan \delta_{\text{GaAs}} = 0.006$, and $\epsilon_{\text{GaAs}} = 12.94$), maximum absorptions are obtained around 99.99% at 558.75THz and 99% at 216.75THz when the parameters are set

as the thickness of the bottom square metal is (a)=40 nm, the thickness of the square semiconductor is (b)=110 nm, the thickness of the top square metal is (c)=25 nm, the length of the bottom square metal and square semiconductor are (d) =500 nm and the length of the top square metal is (e)=179.5 nm. In Figure 2, reflection and absorption results of our first simulation can be seen.

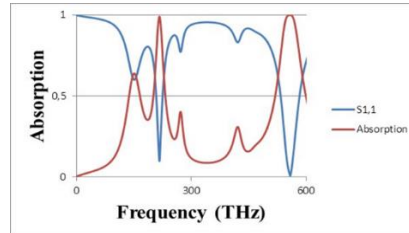
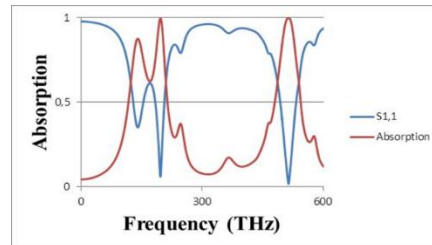


Figure 2: Reflection and absorption results obtained from our first simulation

For our second simulation, which was designed according to the Drude model, maximum absorptions are obtained around 99.96% at 514.5THz and 99.63% at 197.25THz when the geometric parameters are the same as before. In Figure 3, reflection and absorption results of our second simulation can be seen.



Electric field and surface current distributions at two main resonant frequencies can be seen in Figure 4(a, b) and Figure 4(c, d), respectively.

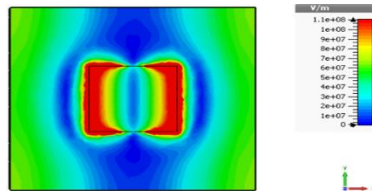


Figure 4 (a): Electric field distribution of the structure at 197.25 THz

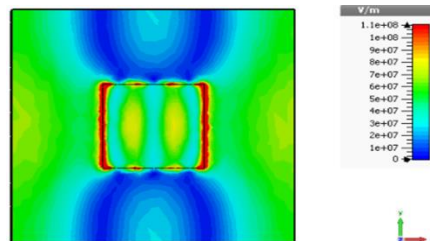


Figure 4 (b): Electric field distribution of the structure at 514.5 THz

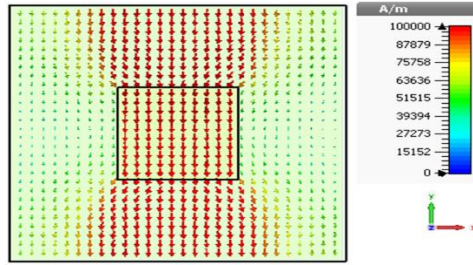


Figure 4 (c): Surface current distribution of the structure at 197.25 THz

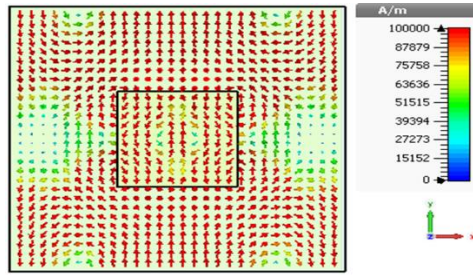


Figure 4 (d): Surface current distribution of the structure at 514.5 THz

The transverse electric (TE) and transverse magnetic (TM) absorption curves for different incident angles can be seen in Figure 5a and Figure 5b respectively.

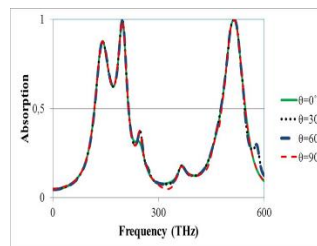


Figure 5 (a): Absorption spectra for TE mode for different incident angle

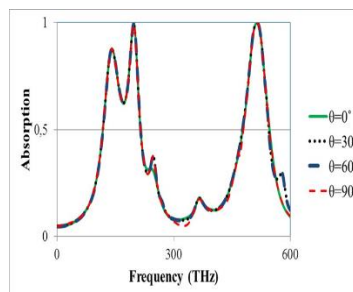


Figure 5 (b): Absorption spectra for TM mode for different incident angle

4 DISCUSSION AND CONCLUSION

A metamaterial based absorber are designed and simulated. Some simulation results are presented to characterize the absorbers. In order to achieve the best absorption in the infrared and visible regions, we take different possibilities in the geometry of the structures. We also reported the electric field and surface current distributions. The proposed metamaterial based absorber has at least 99% absorption depending on the different dimensions. In addition, dual-band absorption

was obtained. Furthermore, the structure under different incident angles was simulated. As a result, the proposed metamaterial based absorber has high absorption in the infrared and visible ranges and can be realized for high efficiency devices.

REFERENCES

- [1] Li, B., Wang, L., Kang, B., et al. 2006. Review of recent progress in solid-state dye-sensitized PV cells. *PV Energy Materials and PV Cells*, Vol 90, Issue 5, pp 549-573.
- [2] Li, C., Liu, M., Pschirer, N.G., et al. 2010. Polyphenylene-based materials for organic photovoltaics. *Chemical Review*, Vol 110, pp 6817-6855.
- [3] Cai, W. and Shalaev, V., 2010. *Optical Metamaterials Fundamentals and Applications*. Springer, ISBN 978-1-4419-1150-6.
- [4] S.Takeda, T.Yoshinaga, Q.Rev. 34 (2009) 36.
- [5] J.P.Willie, N.B.Dimitri, D.R.Smith, *Mater. Today* 9 (2006) 28.
- [6] F. Dincer, M. Karaaslan, E. Unal, et al. 2014. Design of Polarization and Incident Angle Insensitive Dual-Band Metamaterial Absorber Based on Isotropic Resonator. *Progress in Electromagnetics Research*, Vol 144, pp 123-132.
- [7] F. Dincer, M. Karaaslan, E. Unal, et al. 2014. Polarization Angle Independent Perfect Metamaterial Absorbers for PV Cell Applications in the Microwave, Infrared and Visible Regime. *Progress in Electromagnetics Research*, Vol 144, pp 93-101.
- [8] Sabah, C. and S. Uckun. 2009. Multilayer System of Lorentz/Drude Type Metamaterials with Dielectric Slabs and Its Application to Electromagnetic Filters. *Progress in Electromagnetics Research*, Vol 91, pp 349-364.
- [9] S. A. Maier. 2007. *Plasmonics: fundamentals and applications*. Springer, ISBN 0-387-33150-6
- [10] S. Tretyakov, P. Barois, T. Scharf, et al. 2010. *Nanostructured metamaterials: Exchange between experts in electromagnetics and material science*. Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-79-07563-6.
- [11] Sabah, C. and H. G. Roskos. 2012. Design of a terahertz polarization rotator based on a periodic sequence of chiral metamaterial and dielectric slabs. *Progress in Electromagnetics Research*, Vol. 124, pp301-314.
- [12] K.N. Tehrani, A. Abdolali, D. Zarifi, et al. 2013. Application of chiral layers and metamaterials for reduction of radar cross section. *Progress in Electromagnetics Research*, Vol 137, pp 759–773.
- [13] D. Schurig, J.J. Mock, B.J. Justice, et al. 2006. Metamaterial Electromagnetic Cloak at Microwave Frequencies. *Science*, Vol 314, pp 977-980.
- [14] Zhang, Y. and M. A. Fiddy. 2013. Covered image of superlens. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol 136, pp 225-238.

- [15] Sabah, C., H. T. Tastan, F. Dincer, et al. 2013. Transmission Tunneling Through The Multi-Layer Double-Negative And Double-Positive Slabs. Progress In Electromagnetics Research, Vol 138, pp 293-306.
- [16] J.B. Pendry. 2003. Perfect cylindrical lenses. OPTICS EXPRESS 11, Vol 7, p. 756.
- [17] N. Fang, H. Lee, C. Sun, et al. 2005. Sub-diffraction- limited optical imaging with a silver superlens. Science, Vol 308(571), pp 534-537.
- [18] Edward D. Palik. 1985. Handbook of Optical Constant of Solids. Academic press.
- [19] H.Tao, C.M.Bingham, A.C.Strikwerda, et al. 2008. Highly flexible wide angle of incidence terahertz metamaterial absorber: Design, fabrication and characterization. Physical Review B, Vol 78, pp 241103.
- [20] H. Tao, C.M.Bingham, D.Pilon, et al. 2010. A dual band terahertz metamaterial absorber. Journal of Physics D: Applied Physics, Vol 43, iss. 22, pp 225102.



The Potential of the PV Solar Energy on Kilis via an SEC Application

Mustafa Nalbantoğlu

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kilis

Ali Ziya Yapıcıoğlu

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kilis

İlhan Karabulut

ENERJİSA Toroslar Enerji Dağıtım, Kilis İl Müdürlüğü, Kilis

ABSTRACT

At the end of the past century, the excessive use of fossil fuels poses a threat on sustainable energy supply and the environment. As a result, the most of countries have turned to alternative, sustainable and renewable energy sources. Solar energy has ranked first in renewable energy sources. A lot projects have been carried out to determine local potentials in the world and in our country and to improve the use of them. Also investment for the use of these potentials is supported. In this study, the solar energy potential of the city of Kilis have been examined via the datum of a Solar Energy Central (SEC) is actively running. The plant has thirty eight Photo-Voltaic (PV) cells and about ten kilowatts electrical power rating. Annual solar energy potential of the city of Kilis has been displayed by using the datum for the plant in 2015. The obtained datum has been compared with that is given by ETKB. The solar energy potential on Kilis has been evaluated in terms of investment finally.

Keywords: Kilis, Solar Energy, Photovoltaic, Solar Energy Central,

Bir GES Uygulaması Üzerinden Kilis İli PV Güneş Enerjisi Potansiyeli

ÖZET

Geçtiğimiz yüzyılda, fosil yakıtların aşırı kullanılması sürdürülebilir enerji arzı ve çevre üzerinde tehdit oluşturmaya başlamıştır. Bunun sonucu olarak ülkeler sürdürülebilir, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Güneş Enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde ilk sırada bulunmaktadır. Dünyada ve ülkemizde yerel potansiyellerin belirlenmesi için ve bunların daha fazla kullanılması için projeler yürütülmektedir. Ayrıca bu potansiyellerin kullanılması için yatırımlar desteklenmektedir. Bu çalışmada, aktif olarak çalışmakta olan bir Güneş Enerji Santralin (GES) verileri üzerinden Kilis ilinin güneş enerji potansiyeli incelenmiştir. Bu tesis otuz sekiz adet Fotovoltaik (PV) panele ve yaklaşık 10KW güce sahiptir. Bu tesise ait 2015 yılı verileri kullanılarak Kilis ilinin yıllık Güneş Enerji potansiyeli gösterilmektedir. Elde edilen veriler Enerji Tabi Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verileri ile karşılaştırılmaktadır. Sonuçta yatırım açısından Kilis ilinin PV güneş enerji potansiyelinin Türkiye'deki durumu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kilis, Güneş enerjisi, Fotovoltaik, GES

1 GİRİŞ

Son yüzyıldaki aşırı fosil yakıt kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan sera gazı salınımının çevre üzerindeki olumsuz etkileri dünyadaki yaşamı tehdit eder bir boyuta gelmiştir. Ozon tabakasının incilmesi, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri bu tehditlerin başında yer almaktadır. Bu durum Birleşmiş Milletlerde ele alınmış ve ilk aşamada 16 Eylül 1987 de "Montreal Protokolü" ortaya konmuştur. Kabul edilen ve daha sonra tanzim ve tadil edilmiş haliyle bu protokol Ozon Tabakasını incelten Maddelerle ilgilidir. Ayrıca 1988 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü ve Birleşmiş Milletler "Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli" adı altında bir panel düzenlenmiştir. Yürütülen çalışmalar sonucu olarak 1992 yılında New York'ta Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kabul edilmiştir. Aralık 1995 yılında Kyoto'da BMİDÇS 3. Taraflar Konferansında kabul edilmiş ve Kyoto Protokolü olarak isimlendirilmiştir. Kyoto Protokolü, şimdiye kadar 195 ülke tarafından imzalanmıştır. [1]. Bu protokol imza atan ülkelere sera gazı salınımının azaltılması konusunda bazı yükümlülükler getirmektedir. Bu yükümlülüklerden ilki 2008-2012 yılı zaman diliminde sera gazı salınımını 1990'daki değerinin %5 altına çekilmesidir [2].

26 Mayıs 2009 yılında Kyoto Protokolüne taraf olan Türkiye'nin 2008-2012 yılları aralığında getirilmiş olan herhangi bir yükümlülüğü bulunmamaktadır [3]. Ancak aşağıda verilen 2015 yılı Ekim ayı itibarı ile Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü'nün (EEKG) 2004 yılı sonra artışını detaylı olarak verilen Tablo verilerine göre ülkemizin EEKG büyüklüğü 2004 yılı sonrası % 95'in üzerinde bir artış gösterdiği görülmektedir. Tablo verilerine göre ülkemizde de yenilenebilir enerjinin payı artış göstermektedir. Bu zaman aralığında yenilenebilir enerji kaynaklı EEKG'deki artışın yaklaşık olarak Hidrolik Enerji için %100, Rüzgâr Enerjisi için %19100 ve Jeotermal Enerji için % 2600 civarında olduğu görülmektedir. 2004 yılında Güneş Enerjisine dayalı EEKG sıfır iken 2014 yılında 40,2 MW gücünde tesis kurulduğu ve 2015 yılı eylül sonu itibarı ile bu değer 178,6 MW gücüne eriştiği görülmektedir. Tablodan anlaşılabileceği gibi ülkemizde güneş enerjisinin kullanımına doğru yüksek bir eğilimin bulunduğu görülebilmektedir.

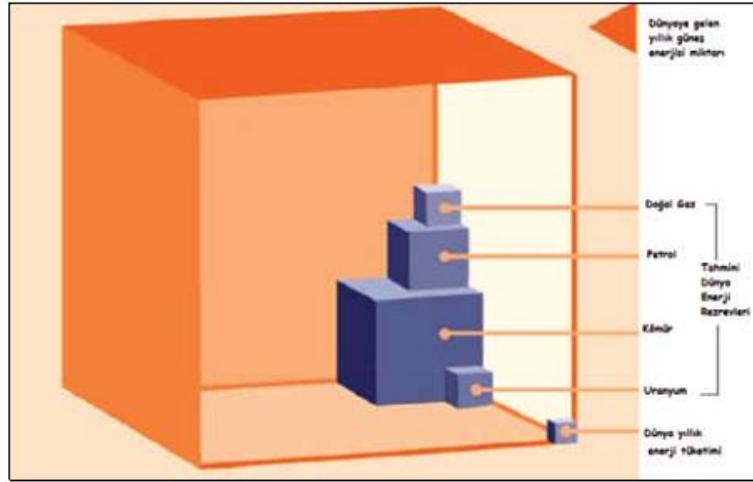
Tablo 1 Ülkemiz elektrik enerjisi kurulu gücü (MW). [4]

YIL	TERMİK			HİDROLİK	RÜZGÂR	JEOTERMAL	GÜNEŞ	TOPLAM	ARTIŞ (%)
	Kömür	Doğal Gaz	Diğer						
2004	8.296	11.349	4.500	12.645	18,9	15	-	36.824	3,5
2005	9.117	12.275	4.487	12.906	20,1	15	-	38.820	5,4
2006	10.197	12.641	4.520	13.063	59	23	-	40.502	4,3
2007	10.097	12.853	4.322	13.395	146,3	23	-	40.836	0,8
2008	10.095	13.428	4.072	13.829	363,65	29,8	-	41.817	2,4
2009	10.501	14.555	4.284	14.553	791,6	77,2	-	44.761	7,0
2010	11.891	16.112	4.276	15.831	1.320	94,2	-	49.524	10,6
2011	12.491	16.003	5.438	17.137	1.729	114,2	-	52.911	6,8
2012	12.530	17.162	5.337	19.620	2.261	162,2	-	57.072	7,9
2013	12.428	20.253	5.967	22.289	2.760	310,8	-	64.007	12,2
2014	14.636	21.474	5.692	23.643	3.630	404,9	40,2	69.520	8,6
2015 Eylül Sonu	14.794	21.494	5.606	25.358	4.144	581,4	178,6	72.156	3,8
ORAN	20,5%	29,8%	7,8%	35,1%	5,7%	0,8%	0,25%	100%	-

Bu çalışmada Kilis ilinin güneş Enerji potansiyeli ve Türkiye'deki durumu ele alınmaktadır. 2. Bölümde Güneş enerjisi ve Kilis ilinin Güneş enerji potansiyeli, 3.Bölümde PV paneller ve Şebekeye paralel bağlı çalışan PV sistemler, 4.Bölümde Bir uygulamanın incelenmesi ve 5. Bölümde ise sonuçlar tartışılmaktadır.

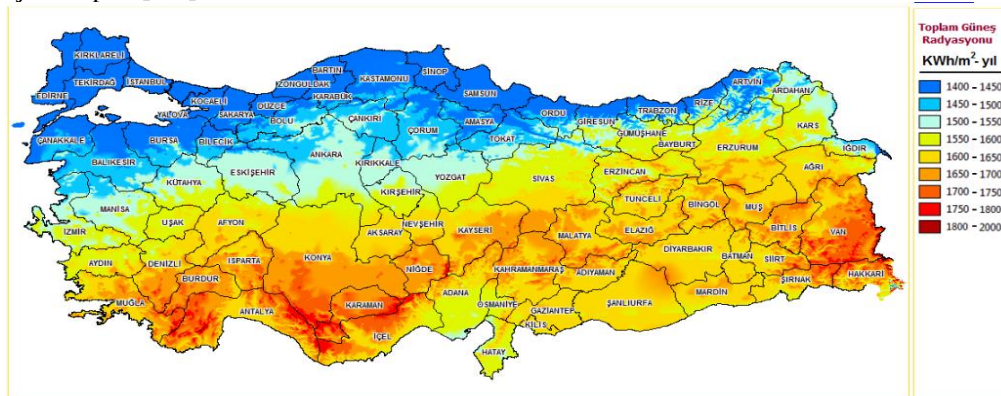
2 GÜNEŞ ENERJİSİ VE KİLİS İLİ

Güneşteki Hidrojenin Helyuma dönüşmesi sırasında ortaya çıkan yani bir füzyon olayında ortaya çıkan ışıma enerjisine güneş enerjisi denmektedir. Nükleer faaliyette bulunan güneşten farklı dalga boylarına sahip enerji uzaya yayılmaktadır. Bu enerji, 150^6 km yol kat ederek dünyaya geldiğindeki ışıma değeri yaklaşık 1370 W/m^2 dir. Dünyaya ulaşan güneş ışıma enerjisinin tümü yeryüzüne ulaşmaz. Bu enerjinin % 30 kadarı atmosferden geri yansıtılmakta, % 20 kadarı atmosferde tutulmakta ve ancak % 50 kadarı yeryüzüne ulaşmaktadır. Dünyaya ulaşan yıllık güneş enerjisi miktarı, dünyada yıllık kullanılan enerjinin yaklaşık 15000 katı kadardır. Bu yıllık enerji, Şekil 1’de yaklaşık olarak gösterildiği gibi dünyada bulunan fosil yakıt ve nükleer enerji kaynaklarının rezervlerinin toplamından çok fazladır. 90 dakikada dünyaya erişen güneş enerjisi insanların 1 yılda kullandığı enerjiye eşittir. [5, 6]



Şekil 1: Dünyanın yıllık güneş enerjisinin dünyadaki enerji kaynakları ile karşılaştırılması [5]

Güneş enerjisinin avantajları; tükenmemesi, temiz oluşu, tüm dünyaca kullanılabilmesi, ülkelerin dışa bağımlılığını azaltması ve teknolojinin çok karmaşık olmayıp modüler bir yapıya sahip olması gibi sıralanabilir. Ancak bunun yanında büyük güçler için büyük yüzey alanları gerektirmesi, bu alanların gölgelenmesi bir alan olmasının gerekmesi, kaynağının kontrol edilememesi, bulunmadığı veya az olduğu zamanlar da kullanılmak üzere depolama gerektirmesi ve ilk kuruluş maliyetinin nispeten yüksek olması gibi dezavantaja sahiptir [7,8].

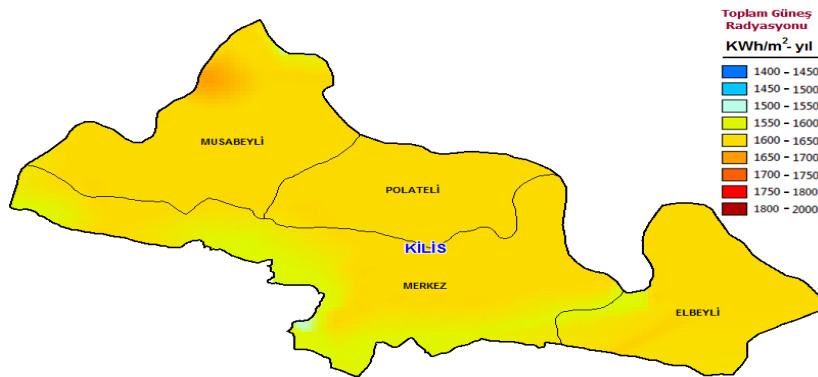


Şekil 2: Türkiye'nin güneş radyasyonu dağılımı (KWh/m²-yıl) [9].

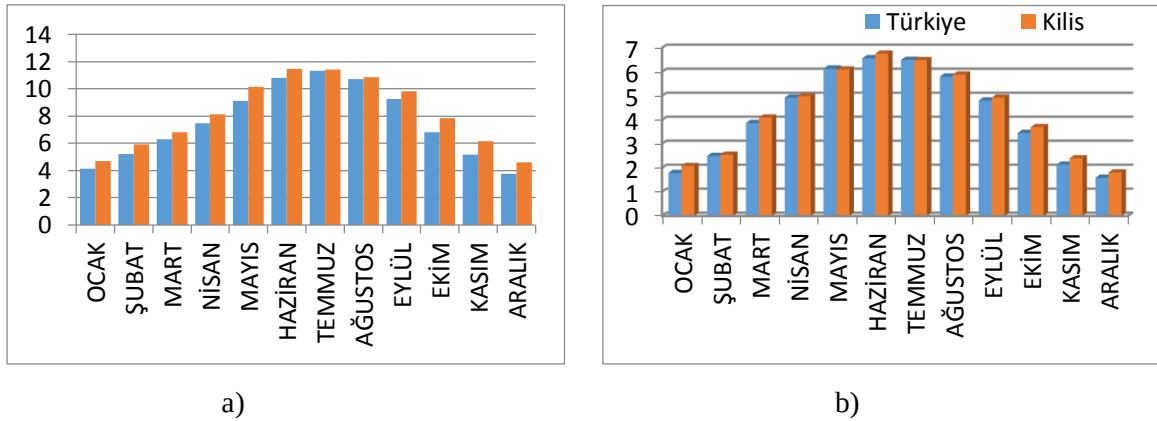
Dünyaya gelen bu güneş ışıma enerjisinin dünyadaki dağılımı, dünyanın şeklinden dolayı farklı seviyelerde olmakta ve $0 - 1100 \text{ W/m}^2$ seviyeleri gibi geniş bir aralıkta değişiklik göstermektedir. Bu nedenle bir yeryüzü parçasının coğrafi özellikleri yerel güneş enerjisi potansiyelini etkilemektedir. Ülkemiz

coğrafik konum olarak yüksek güneş radyasyonu alan bir kuşakta bulunmaktadır. Şekil 2’de Türkiye’nin güneş radyasyonu dağılımı gösterilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi Türkiye’nin güneş radyasyonu dağılımı bölgeye göre 1400 – 2000 KWh/m²-yıl aralığında değişmektedir. Karadeniz ve Marmara bölgeleri düşük güneş radyasyonuna sahip olduğu ve Türkiye’nin güneyine inildikçe alınan güneş radyasyonu büyümektedir. Yüksek rakımlı bölgelerde alınan güneş radyasyon seviyesinin arttığı ayrıca görülebilmektedir. Bu bölgesel radyasyon düzey farklılığı ve sıcaklık ile PV panellerin verimlerinin değişimi nedeni ile güneş enerjisinin kullanılması açısından yerel kaynakların ayrıntılı olarak araştırılması ve potansiyellerin ortaya çıkarılması önem kazanmaktadır.

Türkiye’nin güneydoğu bölgesinde bulunan Kilis ilinin aldığı güneş radyasyonu haritası ise Şekil 3’de gösterilmektedir. Şekil 4’den görülebileceği gibi Kilis ilinin almış olduğu güneş radyasyonu coğrafik konuma göre 1550 – 1700 KWh/m²-yıl olarak değişiklik göstermektedir. Bu değer Türkiye ortalaması civarında ve biraz üzerinde bir değer olarak görülebilir. Şekil 4’de Türkiye ile Kilis ilinin günlük güneşlenme sürelerinin ve global radyasyon değerlerinin karşılaştırması gösterilmektedir.



Şekil 3: Kilis ilinin güneş radyasyon haritası (KWh/m²-yıl) [9]



Şekil 4: Türkiye ile Kilis ilinin günlük a) Güneşlenme sürelerinin ve b) Global Radyasyon değerlerinin karşılaştırması.

Türkiye’nin Güneydoğu bölgesinde bulunan Kilis ilinin güneş enerjisinden faydalanma açısından Türkiye ortalamasının üzerinde değerlere sahip bir coğrafyada olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında Kilis ilinin Güneşin ışıınım enerjisinden elektrik enerjisinin elde edilmesini sağlayan Güneş Enerji Santralleri (GES) için uygun bir coğrafyada bulunduğu ifade edilebilir.

3 PV HÜCRELER ve GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ

Güneş ışıınımından elektrik enerjisinin üretilmesi ve bu elektrik enerjisinin kullanıma sunulması için gerekli donanım ve düzenekler bulunduran tesisler Güneş Enerji Santrali olarak adlandırılır. Bu tesislerin

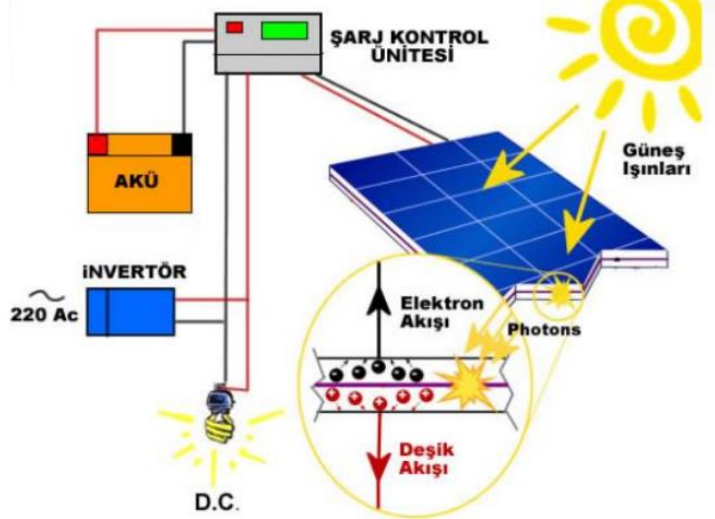
en önemli elemanı Fotovoltaik hücrelerden meydana gelen güneş panelleridir. İlk olarak 1839 yılında Becquerel bir elektrolit içerisinde bulunan elektrotlar arasındaki gerilimin elektrolite düşen ışık ile değiştiğini gözlemlemiştir. 1876 yılında G. W. Adams ve R. A. Day, benzer bir olayı Selenyum kristalleri üzerinde gözlenmiştir. İlerleyen yıllarda Bakır Oksit ve Selenyum esaslı Fotovoltaik yapılar özellikle fotoğrafçılık yaygın olarak kullanılmış. Ancak bu uygulamalar da verim dolayısı ile güç çok düşük seviyede bulunmaktaydı. 1914 yılında verim %1 seviyelerine erişmiş ve 1954 yılında Chapin tarafından geliştirilen Silikon kristali esaslı çalışmada %6 seviyesinde bir verim elde edilmiş [10].

Fotovoltaik uygulamalar önceleri sadece uzay uygulamalarında kullanım alanı bulmuş. Daha sonraları ise fazla güç gerektirmeyen küçük cihazlar ve elektrik şebeke bağlantısı olmamakla birlikte diğer yollardan elektrik üretmenin zor olduğu yerler (deniz feneri, yelekli botlar, telefon, telsiz, otomatik meteoroloji aletleri, demiryolu ve karayolu geçitleri v.s.) ile sınırlı kalmıştır. Bu alandaki çalışmalarda 1970 yıllarından sonra önemli gelişmeler elde edilmiş ve günümüzde ise madde yapısı ve imalat tekniğine göre verim % 6 – % 20 seviyelerine ulaşmıştır [5].

Günümüzde farklı teknik ve malzeme kullanılarak üretilen fotovoltaik hücreler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [11].

- Kristal Malzeme: Kristal Silisyum, Galyum Arsenit (GaAs)
- İnce Film Malzeme: Amorf Silisyum, Kadmiyum Tellürid (CdTe), Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe₂)
- Optik Yoğunlaşmalı Hücreler

Bunların arasında Mono-kristal Silisyum esaslı olanlar verimlilik açısından daha fazla rağbet görmektedir. Ayrıca gelişen teknoloji ile birim maliyetleri düşerek diğer elektrik enerjisi elde etme teknolojileri rekabet edebilecek seviyelere ulaşmıştır. PV hücrelerinin fiyatı, 1977 yılında 76.67 \$/watt iken 2013 yılında yüzde biri seviyesine 0.74\$/watt düşmüş ve 2018 yılında bu değerin 0.46 \$/watt seviyelerine düşeceği öngörülmektedir. [12].



Şekil 5: Şebeke bağlantısız bir GES yapısı [8]

Fotovoltaik hücrelerin birleştirilmesi ile elde edilen güneş panelleri farklı boyutlarında imal edilmekte ve bu paneller ihtiyaca göre seri ve paralel bağlanarak farklı gerilim ve farklı güç elde edilebilmektedir. Bu GES'ler üretilen enerjiyi yerel olarak tüketen şebekeden Şekil 6'da gösterildiği gibi tesis edilebilir. Şebekeden uzakta olan ve küçük güçlü yerel yükleri beslemek amacı ile kurulan tesisler şebeke bağlantısız (off-grid) tesisler olarak ifade edilir. Ancak Bölüm x'de ele alınan örnekte olduğu gibi üretilen enerjiyi kendisi kullanabildiği gibi enerji fazlalığında bu enerjiyi şebekeye aktarmak için şebeke bağlantılı (on-grid) olarak da tesis edilebilir. Bir GES'in temel bileşenleri fotovoltaik paneller, sabitleme

elemanları, bağlantı aparatları, akü grubu, akü şarj cihazı, İnvertör, solar kablo, koruma ve ölçüm elemanlarıdır [12].

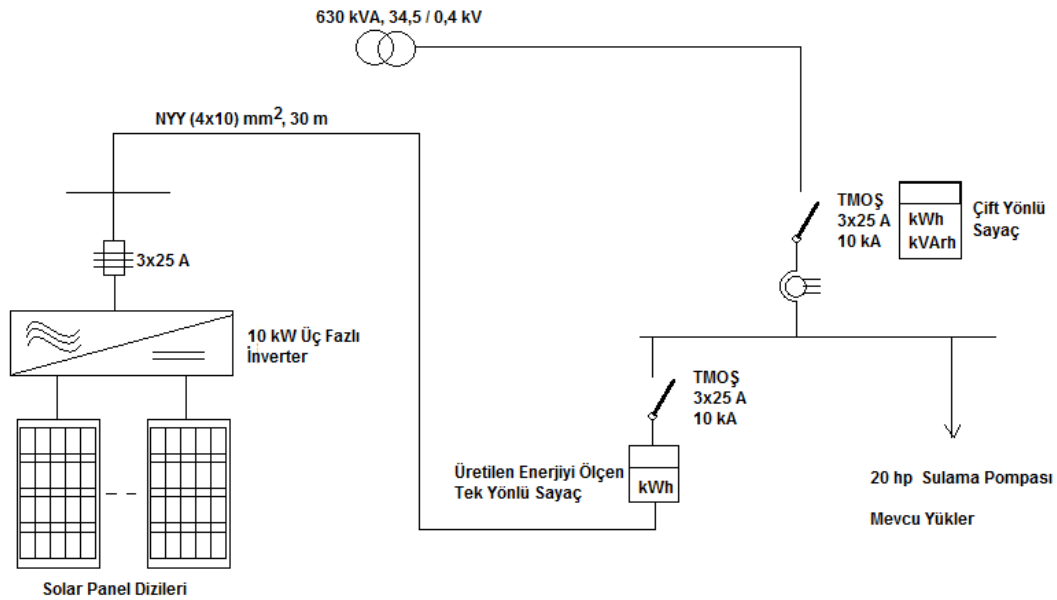
GES'ler de enerji üretimini etkileyen en önemli faktörler güneş güneşlenme süresi, alınan güneş ışınım değeri ve güneş paneli sıcaklığıdır. Bunun yanında Bu faktörlerin coğrafyadan coğrafyaya ve hatta aynı coğrafyada konuma göre de değişim arz etmektedir. GES'lerin elektrik üretim verimini artırmak için birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar güneş takip teknikleri, maksimum güç noktası izleme teknikleri ve doğal veya cebri panellerin soğutma teknikleri üzerine yoğunlaşmaktadır [7,14, 15, 16].

1. 10 KW GÜCÜNDE BİR GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ

Kilis Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü kurum yerleşkesi ile içerisinde Mikro Ölçekli Güneş Enerjili Sulama Sistemleri Projesi yaklaşık 10 kWp gücünde bir GES bulunmaktadır. 2014 yılı sonlarında tamamlanan bu GES proje, T.C. Kalkınma Bakanlığı GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı tarafından Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı ile (UNDP) işbirliği içerisinde yürütülmekte olan “Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi” kapsamında gerçekleştirilmiştir. Tablo 2’de temel bileşenleri ve Şekil 7’de ise tesis tek hat şeması gösterilmiştir.

Tablo 2: 10 KWp gücündeki GES’in temel bileşenleri

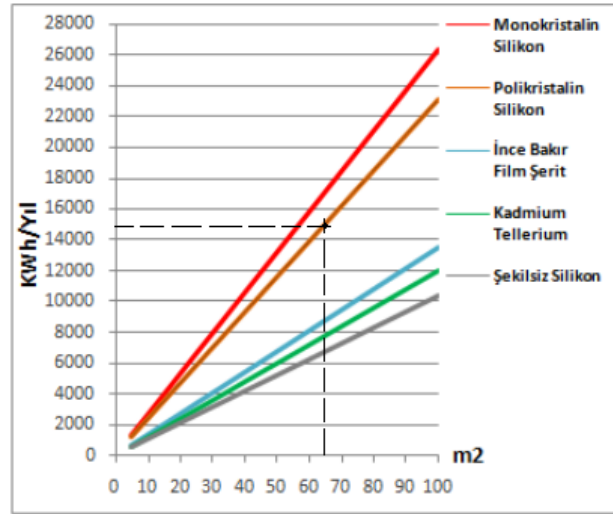
Sistem Bileşenleri	Birim güç	Kapasite/Adet
Polikristal Fotovoltaik Panel	240 Wp	40
Şebeke Bağlantılı İnverter	10 kW	1
Çift yönlü Sayaç	10 kW	1



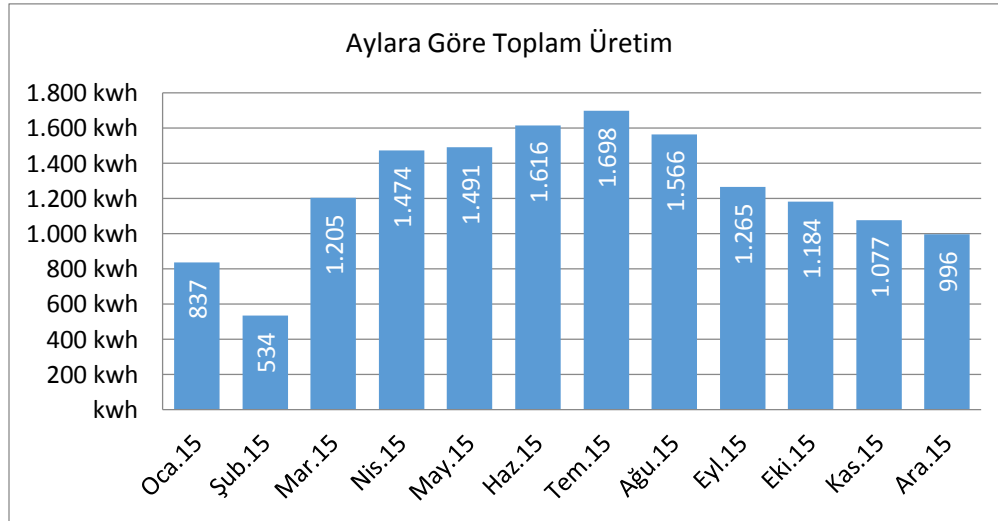
Şekil 6: 10 KWp gücündeki GES’in Tek hat Şeması.

Yaklaşık 10 kWp kurulu güce sahip bu GES tarafından 2015 yılında üretilen elektrik enerjisi verileri sayaç okumalarından elde edilmiş ve veriler grafik halinde sunulmuştur. Bu veriler, her ne kadar Kilis ilinin 2015 yılı için fotovoltaik enerji üretimini verse de ilin fotovoltaik enerji kapasitesine de ışık tutmaktadır. Bu GES, 2015 yılında 14943 kWh elektrik enerjisi üretmiştir. Bu değerin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verileri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Tesiste bulunan

Güneş panelinin toplam yüzeyi $40 \times 1,6 \text{ 64 m}^2$ olarak kabul edilmesi durumunda grafikten Polikristalin Silikon PV tipi panel için bir yılda üretilecek enerjinin yaklaşık aynı değerde olduğu görülmektedir.

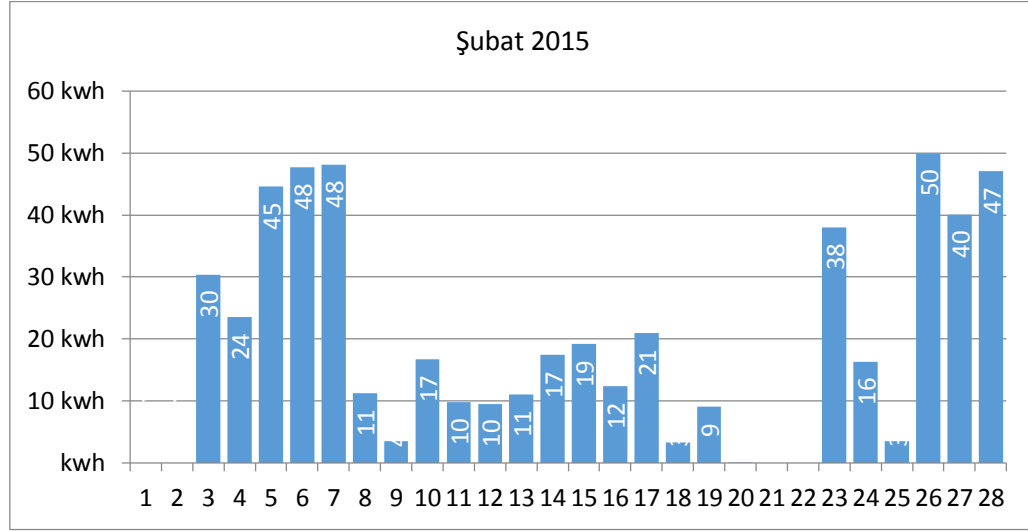


Şekil 7: Kilis İli PV Tipi-Alan-Üretililecek Enerji Grafiği (KWh/yıl) [9]

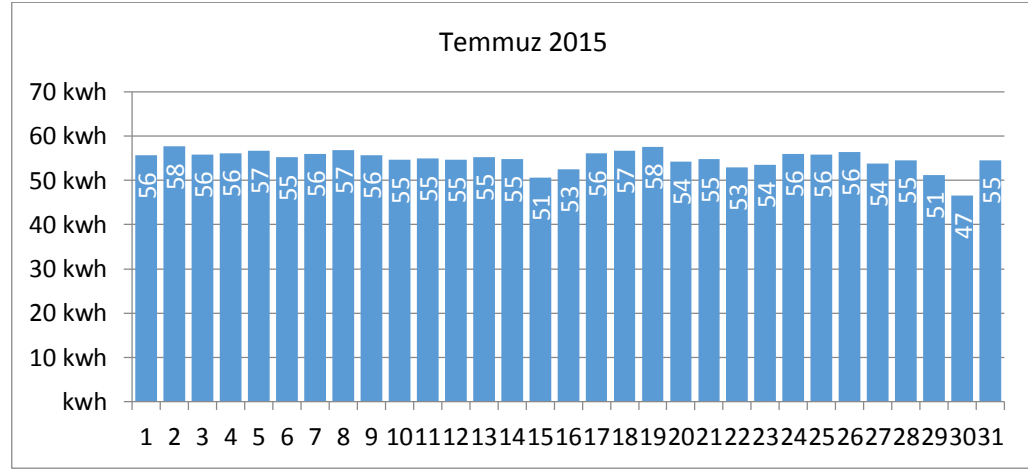


Şekil 8: Örnek GES'in 2015 yılına ilişkin aylık üretilen elektrik enerjisi.

Şekil 8'de örnek GES'in 2015 yılına ait aylık toplam elektrik enerjisi üretim gösterilmiştir. Şekil 8'den üzere en yüksek üretimin Temmuz ayında olduğu ve en düşük üretimin ise Şubat ayında olduğu görülmektedir. En düşük üretimin gerçekleştiği Şubat ayına ilişkin ilişkin günlük toplam üretim dağılımı ise Şekil 9'da sunulmuştur. Grafikten Şubat ayının 20, 21 ve 22 inci günlerinde üretimin olmadığı görülmektedir. Bu günler PV panellerin kar ile kaplı olduğu ve bu karların temizlenmemiş olduğu günlere denk gelmektedir. En yüksek üretimin gerçekleştiği Temmuz ayına ilişkin ilişkin günlük toplam üretim dağılımı ise Şekil 10'da sunulmuştur. Temmuz ayında günlük ortalama üretim yaklaşık olarak 55 kWh civarındadır.



Şekil 9: Örnek GES'in 2015 yılı Şubat ayına ilişkin günlük üretilen elektrik enerjisi.



Şekil 10: Örnek GES'in 2015 yılı Temmuz ayında ilişkin günlük üretilen elektrik enerjisi.

5 SONUÇ

Güneş enerjisi sistemleri tükenmeyen ve temiz enerji kaynaklarından biridir. Bu yönü ile fosil yakıtlara alternatif olabilecek enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Üretilen PV panellerin verimlerinin yükselmesi ve maliyetlerinin düşmesi sonucunda son yıllarda GES kurulu gücü artmaya başlamaktadır. Ülkemiz aldığı güneş ışınım enerjisi yönünden uygun bir coğrafyaya sahip bulunmakta ve Kilis İli güneş ışınım enerjisi bakımından Türkiye ortalamasının üzerinde değerlere sahip bulunmaktadır.

Bu çalışmada Kilis İlinde mevcut olan 9,6 kWp kurulu güce sahip bir GES incelenmiş ve 2015 yılı PV elektrik üretim verileri sunulmuştur. Bu veriler ışığında Kilis İlinin yıllık PV elektrik enerjisi üretimine ışık tutulmuştur. Elde edilen verilerin Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verileri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonuçlarında incelenen GES verilerinin Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verileri ile örtüştüğü gösterilmiştir.

6 TEŞEKKÜR

Örnek olarak incelenen GES tesisini bünyesinde bulunduran ve inceleme aşamasında her türlü kolaylığı sağlayan Kilis Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü Kurumu yetkililerine teşekkür ederiz.

REFERANSLAR

- [1] Web-1:http://unfccc.int/essential_background/items/6031.php Erişim Şubat 2016
- [2] Kyoto Protokolü
- [3] Decision 26/CP.7: Amendment to the list in Annex II to the Convention (8th Plenary Meeting, 9 Nov. 2001)
- [4] T. C. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı. Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabi Kaynaklar Görünümü. 2015 Ekim itibari ile ETBK raporu, sayı 10.
- [5] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. Dünyada ve Türkiye de Güneş Enerjisi. Haziran 2009
- [6] Web-2: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/solar_energy_perspectives_2011.pdf Erişim Şubat 2016
- [7] Rüstemli S., Dinçer F., Çelik M. Ve Cengiz M. S. Fotovoltaik Paneller: Güneş Takip Sistemleri Ve İklimlendirme Sistemleri. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 2(2), 141-147, 2013
- [8] Bektaş Y. ve Yılmaz F. Aksaray İlinin Güneş Enerjisi Potansiyelinin İncelenmesi. XI. International HVAC+R Technology Symposium, İstanbul, 08-10 May, 2014
- [9] <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> Erişim Şubat 2016
- [10] Karamanav M. Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs 2007
- [11] Gümüş, B. ve Tüzün, M. N. “Kentlerde Enerji Verimliliği, Van İlinin Enerji Üretim Potansiyeli ve Elektrik Enerjisi Problemleri. Van Kent Sempozyumu, 1-3 Ekim 2009, sayfa: 301 – 320, Van.
- [12] Web-3: <http://cleantechnica.com/2014/09/04/solar-panel-cost-trends-10-charts/> Erişim Şubat 2016.
- [13] Köroğlu T., Teke A., Bayındır K. Ç. ve Tümay M. Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı. Elektrik Mühendisliği, sayı 439, sayfa 98 – 104
- [14] Parlak K. S. FPGA Based New MPPT (Maximum Power Point Tracking) Method For PV (Photovoltaic) Array System Operating Partially Shaded Conditions. In Energy. 15 April 2014 68:399-410
- [15] DEMİRTAŞ M. Bilgisayar kontrollü güneş takip sisteminin tasarımı ve uygulaması / Design and implementation of computer controlled solar tracking system. Politeknik Dergisi 2006,9(4):247-253
- [16] Kentli F. and Yılmaz M. Mathematical modelling of two-axis photovoltaic system with improved efficiency. Elektronika ir Elektrotehnika. April 2015, Vol. 21 Issue 4, p40, 4 p.



Solar Energy Power Plant Performance Analysis of Bitlis Adilcevaz Municipality

Furkan Dincer

Kilis 7 Aralik University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kilis, Turkey

ABSTRACT

Renewable energy sources have great importance due to having limited fossil based energy sources for electricity energy generation systems. Especially, solar energy has presented crucial developments. In this study, Solar Energy Power Plant, having 442 kW installed power, performance analysis of bitlis adilcevaz municipality is realized and presented.

Keywords: Solar energy, Bitlis, Adilcevaz

Bitlis Adilcevaz Belediyesi Güneş Enerjisi Santrali Performans Analizi

ÖZET

Enerji ihtiyacının artması ve fosil kaynakların sınırlı olması ve çevre problemleri nedeniyle, elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Özellikle güneş enerjisi son yıllarda önemli gelişme göstermiştir.

Bu çalışmada, Bitlis te Adilcevaz Belediyesine ait 442 KW kurulu gücü sahip Güneş enerjisi santralinin performans incelemesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Bitlis, Adilcevaz

GİRİŞ

Enerji, ülkelerin iktisadi ve sosyal gelişmişliğinin bir ölçüğü ve aynı zamanda en temel insani bir gereksinim olarak gerek insan hayatında gerekse iktisadi faaliyetlerde tartışmasız bir önceliğe sahiptir. Günümüzde bu kadar önem atfedilen enerji, dünya siyasetini yönlendiren stratejik bir meta olarak küresel çapta ekonomik, sosyal ve coğrafi düzenin gelecekteki en etkin belirleyicisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerjinin hangi şartlarda temin edilebildiğinin ya da temininde yaşanan sıkıntıların, ulusal ve uluslararası düzeyde rekabeti doğrudan etkilemesi, ülkelerin üretim yapılarını biçimlendirmesi, bütçe dengelerini etkilemesi ve dış açıkların temel belirleyicilerinden biri olması, enerji konusunu dünyanın en önemli gündem maddelerinden biri haline getirmektedir.

Fosil kaynakların sınırlı olması ve çevre problemleri nedeniyle, petrol ve kömüre dayalı klasik yöntemlerle elektrik enerjisi üretimine alternatif olarak yenilenebilir kaynakların kullanımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, su gücü, biyolojik yakıt enerjisi, deniz dalgalarının gücü, geotermik enerji ve benzeri biçimlerde karşımıza çıkar. Ancak yıllarca süren çalışmalar göstermiştir ki, bunlar arasında rüzgâr ve güneş enerjisinin doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi daha pratik ve kolaydır [1-5].

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneşin ışıyım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadaki madde ve enerji akışları güneş enerjisi sayesinde mümkün olabilmektedir. Rüzgâr, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biyokütle enerjileri, güneş enerjisini değişim geçirmiş biçimleridir. Güneş enerjisi, doğadaki su döngüsünün gerçekleşmesinde de rol oynayarak, akarsu gücünü yaratmaktadır. Fosil yakıtların da, biyokütle niteliğindeki materyallerde birikmiş güneş enerjisi olduğu kabul edilmektedir. Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır [6].

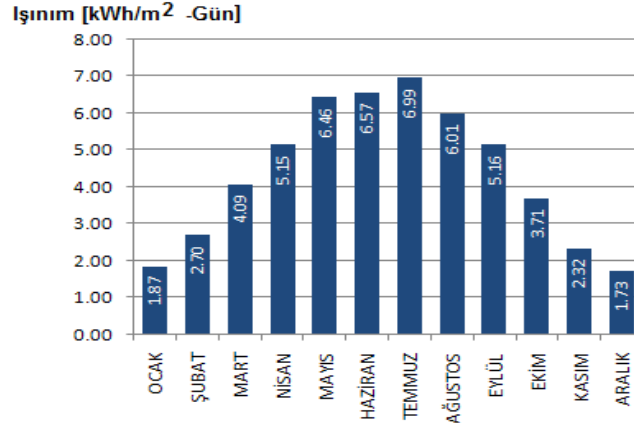
Alternatif enerji kaynaklarından güneş enerjisi sonsuz ve tüm dünyada kullanılabilecek kadar yaygın bir kaynak olması ve doğrudan elektrik enerjisine çevrilebilmesi gibi avantajları sebebiyle yenilenebilir enerji kaynakları arasında en çok tercih edilen ve gelişmeler kaydedilen enerji üretim türüdür. Güneş enerjisinin devamlılığı dünyanın kendi eksenini etrafındaki hareketinden ve atmosferik olaylardan dolayı kesintiye uğramasına ve kurulum maliyetlerine rağmen enerji üretiminde güneş enerjisi kullanımı gün geçtikçe artış göstermektedir.

Son yıllarda; enerji dönüşüm teknolojilerinde sağlanan gelişmelere bağlı olarak, güneş enerjisi çok geniş bir uygulama alanı kazanmıştır. Yeryüzüne gelen güneş ışığından ısı ve elektrik üreten güneş enerjisi teknolojileri; tasarım, uygulama alanı ve teknoloji düzeyi bakımından büyük çeşitlilik göstermekle birlikte, güneş enerjisi uygulamaları esas olarak fotovoltaiik ve termal sistemler olarak ikiye ayrılır. PV sistemlerin ilk yatırım masraflarında son çeyrek asırda sağlanan düşüişlere paralel olarak, hızla artan bir kullanımı söz konusudur [7].

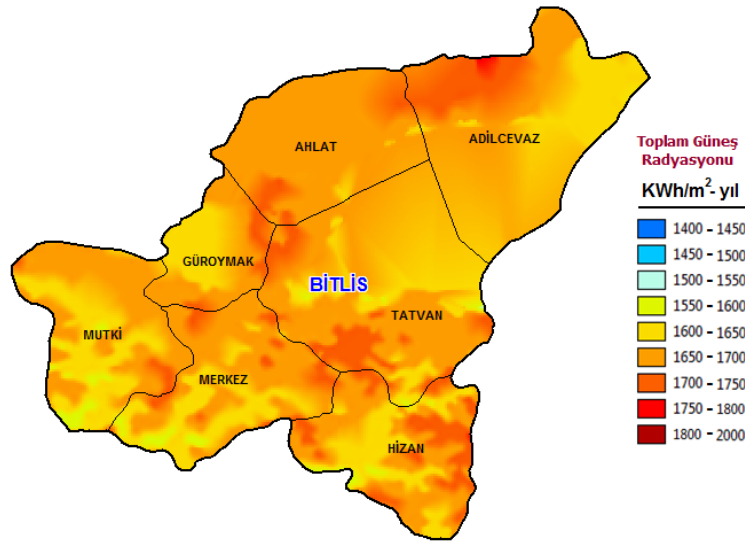
Güneş enerjisinin elektriksel güç sistemi olarak kullanılabilmesine yönelik araştırma ve geliştirme çabaları gerçek anlamda 1973 yılındaki petrol bunalımı yaşanan yıllardan sonra olmuştur. Güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirmenin, basit ve çevre dostu yolu olan güneş pili sistemlerinin araştırılması ve geliştirilmesi genellikle üniversitelerin yüklendiğı ve yürüttüğü bir görev olmuş ve bu nedenle kamuoyunda hep laboratuvar da kalan bir çalışma olmuştur. Ancak son yıllarda büyük şirketlerin de devreye girmesiyle güneş pilleri konusundaki teknolojik gelişmeler ve güç sistemlerine artan talep ve buna bağlı olarak büyüyen üretim kapasitesi, maliyetlerin hızla düşmesini de beraberinde getirmiştir. Yakın zamanlara kadar sıradan elektrik enerjisi üretim yöntemleri ile karşılaşıldığında çok pahalı olarak değerlendirilen güneş pili güç sistemleri, artık ilerleyen zamanlarda güç üretimine katkı sağlayabilecek sistemler olarak değerlendirilmektedir.

Güneş pilleri güneş ışığını doğru akıma dönüştürerek elektrik enerjisi üretme imkanı sağlarlar. Üzerine düşen güneş ışıması değeri yeterli olduğu sürece elektrik üretimine devam ederler. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir ve bu yapıya güneş pilleri (fotovoltaiik) modülü adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak birkaç watt'tan megawatt'lara kadar sistem oluşturulur [8].

Bu çalışmada, Bitlis te Adilcevaz Belediyesine ait 442 KW kurulu gücü sahip Güneş enerjisi santralinin performans incelemesi yapılmıştır. Bitlis'in ışıyım değeri ler i şekil 1'de ve ışıyım haritası şekil. 2'de görölmektedir.



Şekil 1. Bitlis ili ışıınım değeri [9]



Şekil 2. Bitlis ili güneş ışıınım haritası [9]

Bitlis'in Adilcevaz Belediyesi'nin Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı'nın (DAKA) Yenilenebilir Enerji Destek Programına sunmuş olduğu Güneşten Elektrik Santrali Projesi kapsamında Güneş Enerjisi sanyali yapılmıştır. Bitlis Adilcevaz Belediyesi Güneş Enerjisi Santrali (GES) Bitlis'in Adilcevaz ilçesindedir. Adilcevaz Belediyesine ait santral 442 KW kurulu gücü ile Türkiye'nin 1199. Bitlis'in ise en büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin 148. büyük Güneş Enerji Santrali'dir. GES'te LDK Solar marka fotovoltaiik güneş paneli kullanılmıştır. Adilcevaz Belediyesi Güneş Enerjisi Santrali ortalama 590.340 kilovatsaat elektrik üretimi ile 178 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir. Adilcevaz Belediyesi Güneş Enerjisi Santrali sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 187 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır [10].



Şekil 3. Adilcevaz Belediyesi GES Kurulum [11]



Şekil 4. Adilcevaz Belediyesi GES Kurulum [12]

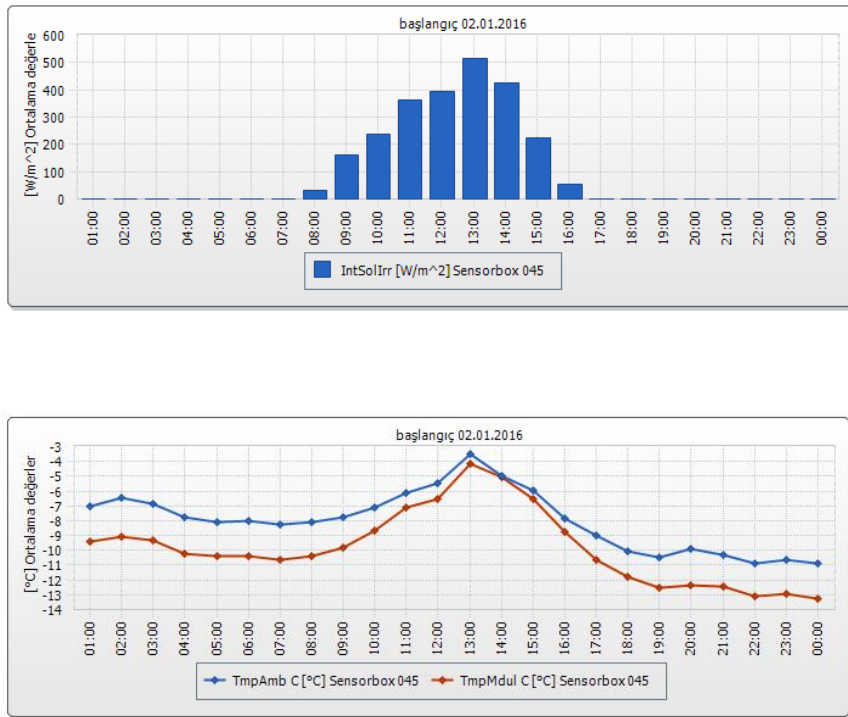


Şekil 5. Adilcevaz Belediyesi GES [13]

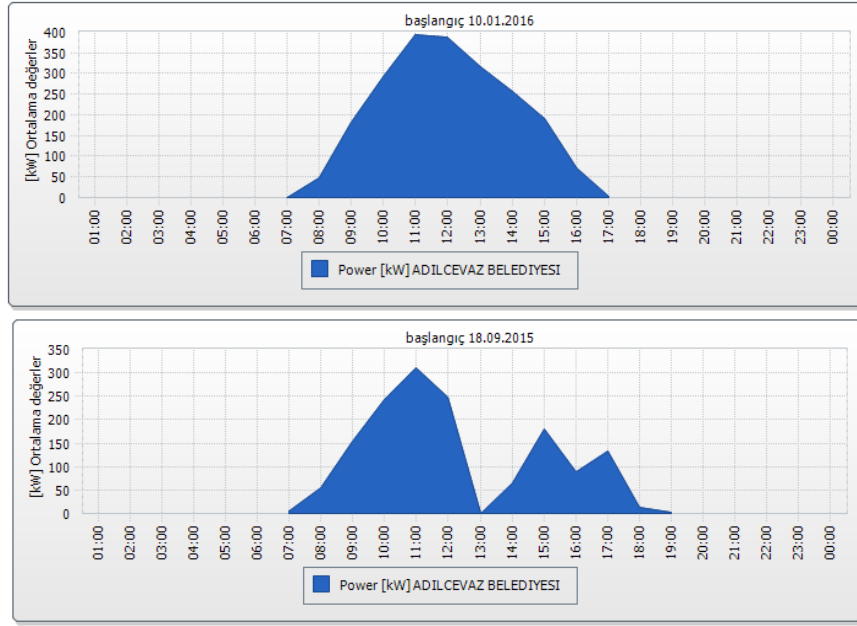
Bu üretim kapasitesine sahip olan bir Güneş Enerji Santrali lisanssız elektrik üretim tesisi ile elektrik faturasının ulusal elektrik fiyatları üzerinden yılda yaklaşık 230.233 TL daha az geleceği söylenebilir. Ayrıca yıllık 590.340 kWh üretim kapasitesine sahip olan böyle bir enerji tesisin ürettiği elektrik TEİAŞ tarafından yurtdışından ithal edilmiş olsaydı toptan fiyatı ile yaklaşık olarak 99.124 TL ödeme yapılacaktı. Bu nedenle Bitlis Adilcevaz Belediyesi Güneş Enerjisi Santrali (GES) enerjide dışa bağımlılığımızın azalmasına da katkıda bulunur.

Adilcevaz Belediyesi Güneş Enerjisi Santrali projesinde 250 Wp gücünde 2052 adet LDK marka solar panel ve 19000 Wp gücünde 27 adet SMA marka inverter kullanılmıştır [14].

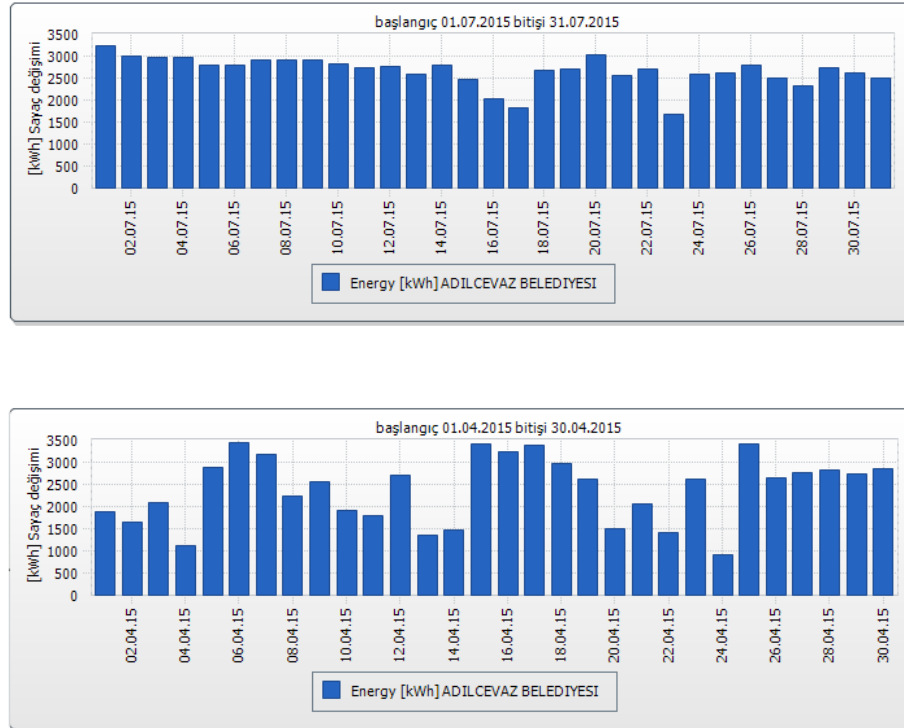
Şekil 6'da 02.01.2016 tarihi için sensörlerden alınan anlık ışıyım ve sıcaklık değerleri görülmektedir. Mevsim kış olduğu için sıcaklık ve ışıyım değerleri düşüktür. Şekil 7'de 18.09.2015 ve 10.01.2016 tarihleri için saatlik güç üretimi görülmektedir.

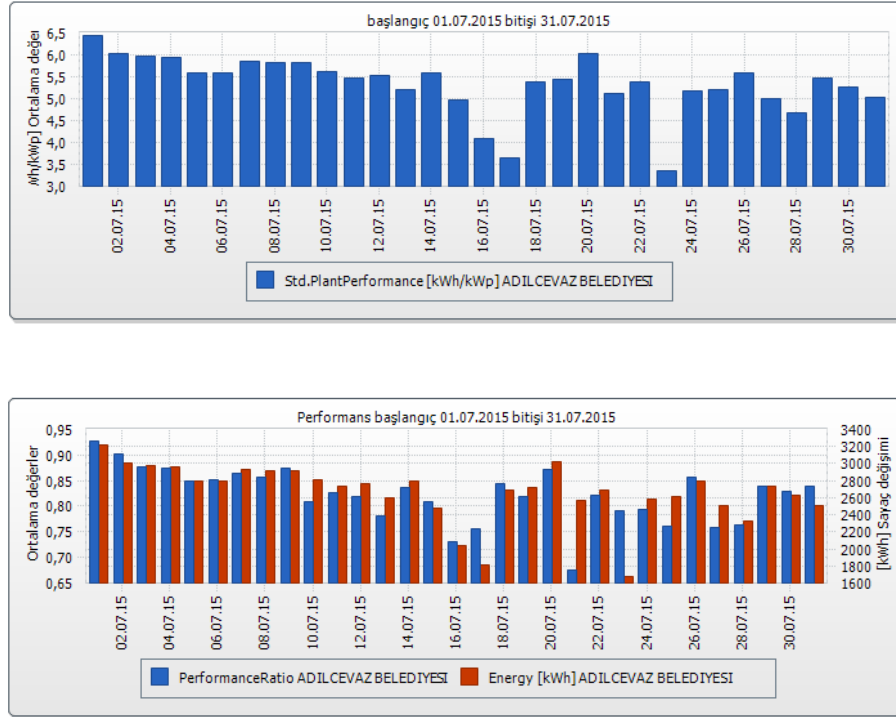


Şekil 6. Sensör değerleri

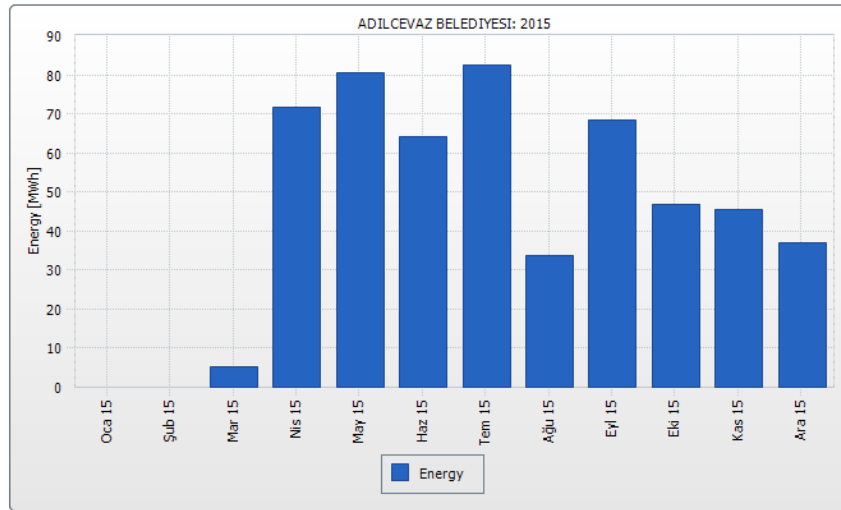


Şekil 7. Günlük güç üretimi





Şekil 8. Santral Üretim değerleri



Şekil 9. 2015 yılı Santral Üretim değerleri

SONUÇ

Bitlis te Adilcevaz Belediyesine ait 442 KW kurulu gücü sahip Güneş enerjisi santralinin performans incelemesi yapılmıştır. Santalin nisan ayında 71 MWh, Mayıs ayında 80 MWh, Haziran ayında 64 MWh, temmuz ayında 82 MWh, Ağustos ayında 34 MWh, Eylül ayında 68 MWh, Ekim ayında 47 MWh, Kasım

ayında 46 MWh, Aralık ayında 37 MWH enerji ürettiği görülmektedir. Santral 2015 yılı için ortalama aylık 58,77 MWH enerji üretmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.gunessempozyumu.org/2015/?p=11>
- [2] J.W. Twidell and A.D. Weir, "Renewable Energy Resources", E.& F.N. Spon Ltd., London, New York, 1986.
- [3] İsmail H. Altaş, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye'deki Potansiyel, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, Şubat 1998, Sayı 45, Sayfalar:58-63, Bilesim yayıncılık A.Ş., İstanbul
- [4] Saban Yilmaz, Hasan Riza Ozcalik, Furkan Dincer, "The analysis on the impact of the roof angle on electricity energy generation of photovoltaic panels in Kahramanmaraş, Turkey—A case study for all seasons", Journal of Renewable and Sustainable Energy, 7, pp. 023133-13, 2015.
- [5] Saban Yilmaz, Hasan Riza Ozcalik, "Performance analysis of a 500 kWp grid connected solar photovoltaic power plant in Kahramanmaraş", DOI: 10.3906/elk-1404-157, Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences ,Turk J Elec Eng & Comp Sci,2015
- [6] Kamil B. Varınca, M. Talha Gönüllü, Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, UGHEK'2006: I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi 21-23 Haziran 2006, ESKİŞEHİR
- [7] M. Azmi Aktacir, Bülent Yeşilata, "Harran Üniversitesi Kampus İçi Fotovoltaik Sistem Uygulamaları", Tesisat Mühendisliği, sayı 111, sayfa 41-46, 2009
- [8] Burhan Baran, Çevre-Dostu Enerji Üretimi: Güneş Ve Rüzgar, Malatya CBS E-Akademi E-Çevre No : 1
- [9] <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>
- [10] <http://www.enerjiatlasi.com/gunes/adilcevaz-belediyesi-gunes-enerjisi-santrali.html>
- [11] http://aa.com.tr/uploads/Contents/2014/02/20/thumbs_b_c_cdf99520fba4faf82abf3a0be6622213.jpg
- [12] http://www.cenangi.com/uploads/1/3/8/1/13817256/8750209_orig.jpg
- [13] <http://powersolar.com.tr/?/=659>
- [14] <http://www.solarexmagazine.com/detail.asp?id=2460>



3 kWp Optimized Efficiency Type Linear Fresnel Solar Collector Design and Cost Analysis in Bitlis, Turkey

Şaban Yılmaz

Kilis 7 Aralık University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kilis, Turkey

ABSTRACT

Sun, respecting the environment, the endless of the world's, the cleanest and providing the formation of other energy sources is the most powerful energy source. Today, other non-renewable energy sources is rapidly exhausted. This provides having greater importance for solar energy source. As an alternative to parabolic trough, linear Fresnel reflectors is began to be tested. They are cheaper and having less place. In this study, 3 kWp optimized efficiency type linear fresnel solar collector design and cost analysis in bitlis, turkey is realized and presented.

Keywords: Linear Fresnel, Solar Collectors, Solar Energy

Bitlis Şartlarında 3 kWp Optimum Verimli Lineer Fresnel Tipi Güneş Kolektörü Tasarımı ve Maliyet Analizi

ÖZET

Güneş; çevreye saygılı, dünyanın tükenmeyen ve tükenmeyecek en temiz ve diğer enerji kaynaklarının da oluşumunu sağlayan en güçlü enerji kaynağıdır. Diğer enerji kaynaklarının hızla tükendiği günümüzde güneş enerjisi çok daha büyük önem taşımaktadır.

Parabolik oluklara alternatif olarak lineer Fresnel yansıtıcıları teklif edilip test edilmeye başlanmıştır. Parabolik oluklara kıyasla daha ucuz ve az yer kaplamaktadır. Bu çalışmada Bitlis Şartlarında 3 kWp optimum verimli lineer fresnel tipi güneş kolektörü tasarımı ve maliyet analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lineer Fresnel, Güneş kolektörü, Güneş enerjisi

GİRİŞ

Elektrik enerjisi tüketiminin gelişmişliğin bir göstergesi olduğu günümüz koşullarında, birincil enerji kaynaklarının sürekli tükenmekte oluşu ve bu kaynakların kullanılması sırasında ortaya çıkan ekolojik olumsuzluklar acil olarak çözülmesi gereken bir sorunu oluşturmaktadır. Bu problemin en temel çözümü yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak ve enerji verimliliğini artırmaktır [1,2]. Geleceği korumak adına yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması önemli bir adım olmaktadır.

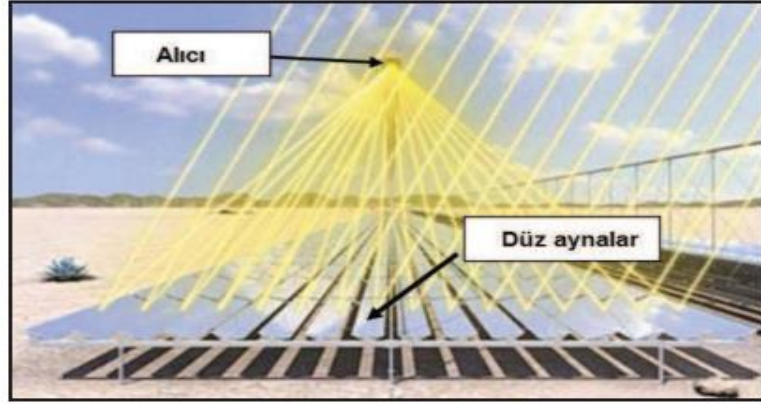
Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasından doğan olumsuzluklar diğer enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında yok denecek kadar azdır. Ancak dünya genelinde ülkelerin enerji politikalarında, yenilenebilir enerji kaynağı yetersizliği ve ekonomik sebeplerle yenilenebilir enerjiye gereken önem verilmemiştir. Bununla birlikte son zamanlarda teknolojinin gelişmesiyle daha yüksek verim alınabilen ve daha ucuza mal edilebilen sistemler oluşturulmuştur. Son yıllarda yakıt fiyatlarındaki yüksek artışlar daha önce ekonomik görülmeeyen güneş enerjisinin kullanımının yaygınlaşmasını sağlamıştır.

Güneş; çevreye saygılı, dünyanın tükenmeyen ve tükenmeyecek yüzyıllardır kullanılan en temiz ve diğer enerji kaynaklarının da oluşumunu sağlayan en güçlü enerji kaynağıdır. Diğer enerji kaynaklarının hızla tükendiği günümüzde güneş enerjisi çok daha büyük önem taşımaktadır. Günümüzde gelişmekte olan sürdürülebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesinde enerji verimliliğinin büyük bir katkısı vardır. Verimli olarak kullanılan enerji ile sürdürülebilir enerji kaynaklarının temel amacı karbondioksit salınımını olabildiğince düşürülebilmesidir [3,5].

Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisini ısı enerjisi olarak bir akışkana aktaran aygıtlardır. Basit ve ucuz olması nedeniyle en yaygın kullanılan güneş enerjisi uygulamasıdır. Evlerde, yüzme havuzlarında ve sanayi tesislerinde sıcak su üretimi için kullanılırlar. Yüksek sıcaklık uygulamaları ise yoğunlaştırma yapan ısı sistemlerdir. Yoğunlaştırıcı sistemler güneş ışınlarını tek noktada toplayarak yüksek sıcaklıkta buhar üretirler ve elektrik üretiminde kullanılırlar. Yoğunlaştırıcı ısı sistemlerin en yaygını parabolik oluk kolektörlerdir. Kesiti parabolik olan kolektörlerin iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş ışınlarını, odakta yer alan ısıl boruya odaklarlar. Isıl boruda dolaştırılan sıvıda toplanan ısı ile elde edilen buhardan elektrik üretilir. Diğer bir tür yoğunlaştırıcı sistem olan parabolik çanak sistemler, iki eksenle güneşi takip ederek, güneş ışınlarını odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar [6].

Buhar üretim sistemi; ön ısıtma, buhar üretimi ve süper ısıtma bölümlerinden oluşur. Bu bölümlerden geçirilerek 371 °C ve 100 bar basınca yükseltilebilen buhar, elektrik üretimi için türbine gönderilir. Üretimden sonra yeterince soğumayan buhar, yeni bir çevrime gönderilmeden, yeniden aynı sıcaklığa kadar ısıtılır ve tekrar türbine gönderilir. Bu ikinci çevrimden sonra artık soğuyan buhar, sıkıştırılıp sıvı hale getirildikten sonra yeni bir çevrime gönderilir. Yoğunlaştırıcı sistemlerde güneş ışınları, sistemin odağında bulunan toplayıcı kısmına noktasal ya da doğrusal yoğunlaştırma yapılmaktadır. Yoğunlaştırma işleminden dolayı karşımıza yoğunlaştırma oranı tanımı çıkmaktadır. Literatürde bu tanım geometrik yoğunlaştırma oranı ve ışın şiddeti yoğunlaştırma oranı iki farklı şekilde kullanılır. Işın şiddeti yoğunlaştırma oranı güneş ışın şiddetinin, yüzey üzerine düşen güneş ışıması şiddeti olarak tanımlanır. Geometrik yoğunlaştırma oranı, yansıtıcı yüzey alanının emici yüzey alanına oranı şeklinde tanımlanır. Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcıları doğrusal yoğunlaştırma yapan sistemlerdir ve hesaplamalarında geometrik yoğunlaştırma oranı kullanılır [7-10].

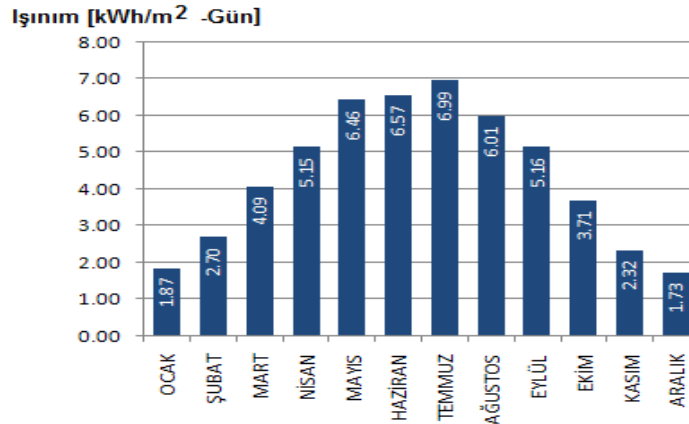
Parabolik oluklara alternatif olarak lineer Fresnel yansıtıcıları teklif edilip test edilmeye başlanmıştır. Lineer Fresnel yansıtıcılarda tek eksenli ve lineere bir alıcısı vardır. Parabolik oluklara kıyasla daha ucuz ve az yer kaplamaktadır. Bununla beraber, lineer Fresnel sistemler uzun yıllar çalışmakta olan ve kendini teknolojik olarak ispatlamış bir sistem değildir. Fresnel sisteminde aynalar kuzey-güney doğrultusunda uzanmaktadır ve güneş ışığını alıcıya yoğunlaştırmaktadır ve tüp içerisinden geçen suyu ısıtmaktadır. Bu sistemler, kum fırtınası ve dolu yağışı durumunda kendini kapatmaktadır. Fresnel sistemindeki alıcı, yüksek basınçlı tüp olup özel seçici bir tabaka ile kaplanmıştır. Kısa dalga boylu radyasyonu absorbe ederek uzundalga boylu radyasyonu yayma özelliğine sahiptir. Lineer Fresnel CSP GES'te bütün aynalar ortada bulunan ve ısı transfer akışkanının geçtiği absorber tüpe güneş ışığını yoğunlaştırmaktadır.



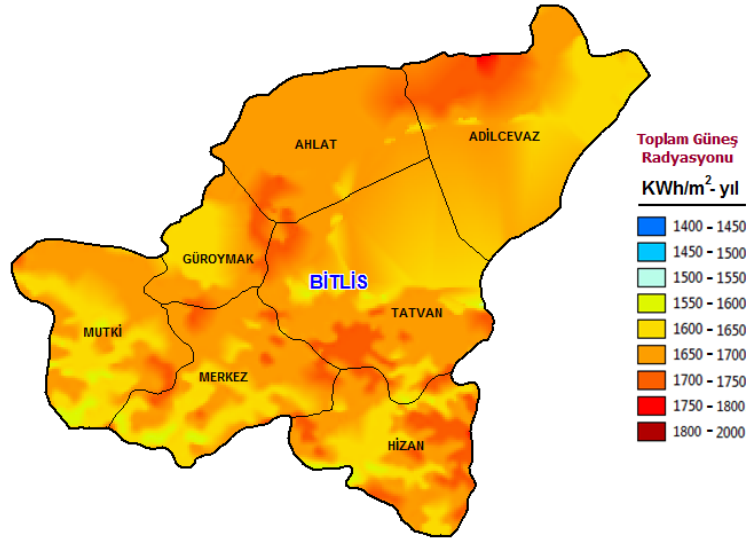
Şekil 1. Lineer Fresnel CSP [11]

Lineer Fresnel Kolektör (LFR), teknolojisi doğrusal ayna şeritlerin sıra oluşturup, doğrusal kule üzerindeki alıcıya toplaması ile gerçekleşmektedir. LFR alanı kırık parabolik tekne kolektörü gibi düşünülebilir fakat en büyük farkı, daima parabolik şekilde olmayıp, geniş absorblayıcıların inşasına imkân verebilmesi ve de bunların hareket etme zorunluluğunun olmamasıdır. Fresnel Güneş Güç sistemleri birbiri ardına sıralanmış düzlemsel aynalara gelen güneş ışınımının, aynaların belirli bir yüksekliğinde bulunan absorblayıcıya odaklanması mantığı ile çalışmaktadır. Bu sayede absorblayıcı içinde bulunan havanın ısıtılması sağlanarak bu ısının absorblayıcı içerisinde bulunan boruya oradan da boru içerisinden geçirilen akışkana aktarılması sağlanmış olur. Bu sistem sayesinde yüksek sıcaklıklara çıkmak mümkün olabilmektedir. Elde edilen buhar istenilirse direk olarak kullanılabileceği gibi bir türbin vasıtasıyla elektrik enerjisine de dönüştürülebilir. Bu tipteki ilk kolektör 1960 yılında Cenova’da doğrusal ve de 2 eksen izlemeli olarak üretilmiştir ve günümüze kadar bu sistemin eksiklikleri giderilerek, gelişimi devam etmektedir[12]. LFR teknolojisindeki en büyük sorunlardan biri de yakın yansıtıcıların birbirlerini bloklaması ya da gölgelemesidir. Bloklama absorblayıcı kulenin uzunluğunu artırmak suretiyle düşürülebilmekte fakat bu da doğrudan maliyeti arttırıcı rol oynamaktadır. Kompakt doğrusal Fresnel kolektörleri, Sydney Üniversitesinde geliştirilmiş olup, gölge problemi komsu lineer elementlerin açıları ile oynamak suretiyle aşılmıştır[13]. 2 adet alıcı kullanarak komşu yansıtıcılar arasında yüksek yansıtma yoğunlukları sağlanmış olup, daha düşük kule uzunlukları yeterli olmaktadır. Bu ayrıca maliyetleri de düşürmektedir[14].

Bu çalışmada, Bitlis Şartlarında 3 kWp Optimum verimli Lineer Fresnel Tipi Güneş Kolektörü tasarımı ve Maliyet Analizi yapılmıştır. Bitlis’in ışınlam değerleri şekil 2’de ve ışınlam haritası şekil. 3’de görülmektedir [15].



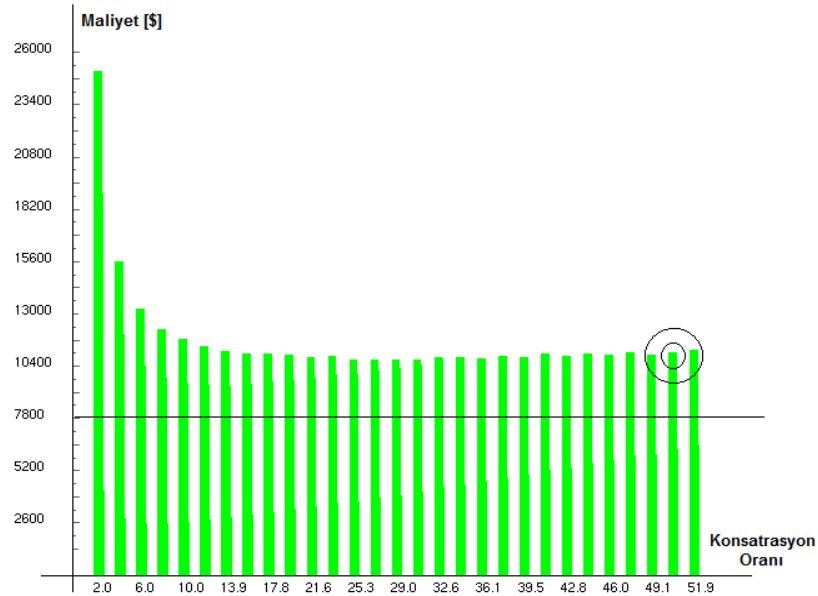
Şekil 2. Bitlis ili ışınlam değerleri [16]



Şekil 3. Bitlis ili güneş ışınım haritası [16]

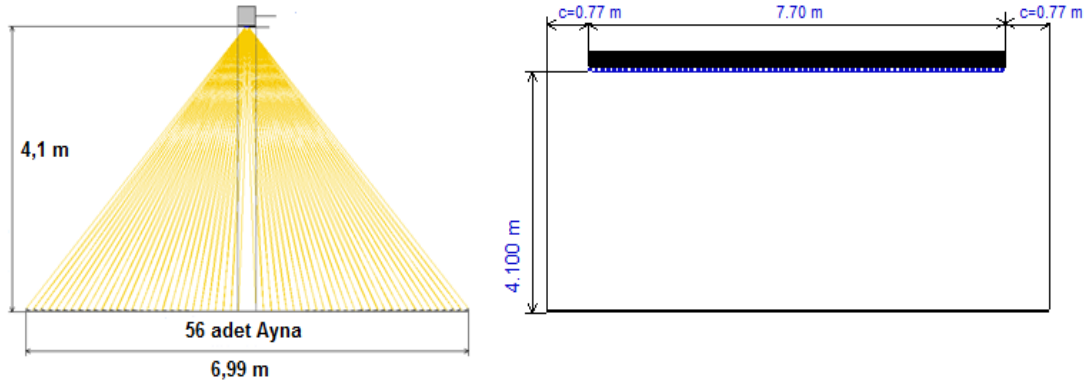
Modelleme ve hesaplama için CPV CAD yazılımı kullanılmıştır. Kolektör olarak Lineer Fresnel tipi seçilmiş ve iklim değerleri olarak Bitlis ili alınmıştır. Parabolik oluğun yapımı için yüzey malzemesi m² fiyatı 50 \$ belirlenmiştir. Sistem iki eksenli güneş takip özelliğine sahip olup maliyet birim oluk başına 3500 \$ olarak öngörülmüştür. Metal profil maliyeti metre için 5 \$, birim modül başına nakliye maliyeti 50 \$, birim modül başına üretim maliyeti 100 \$, birim modül başına kurulum maliyeti 50 \$, arazi maliyeti m² için 2 \$, soğutma borusu metresi 1,5 \$ olarak tanımlanmıştır.

Yapılan optimizasyon sonucuna göre optimum maliyet ve performans için, 7055 \$ maliyet, 2,3 \$ birim enerji maliyeti 50,6 konsantrasyon oranı, 4,1 m fokus uzunluğu, 56 adet ayna sayısı bulunmuştur. Şekil 4’de optimum boyutlandırma analizi görülmektedir.

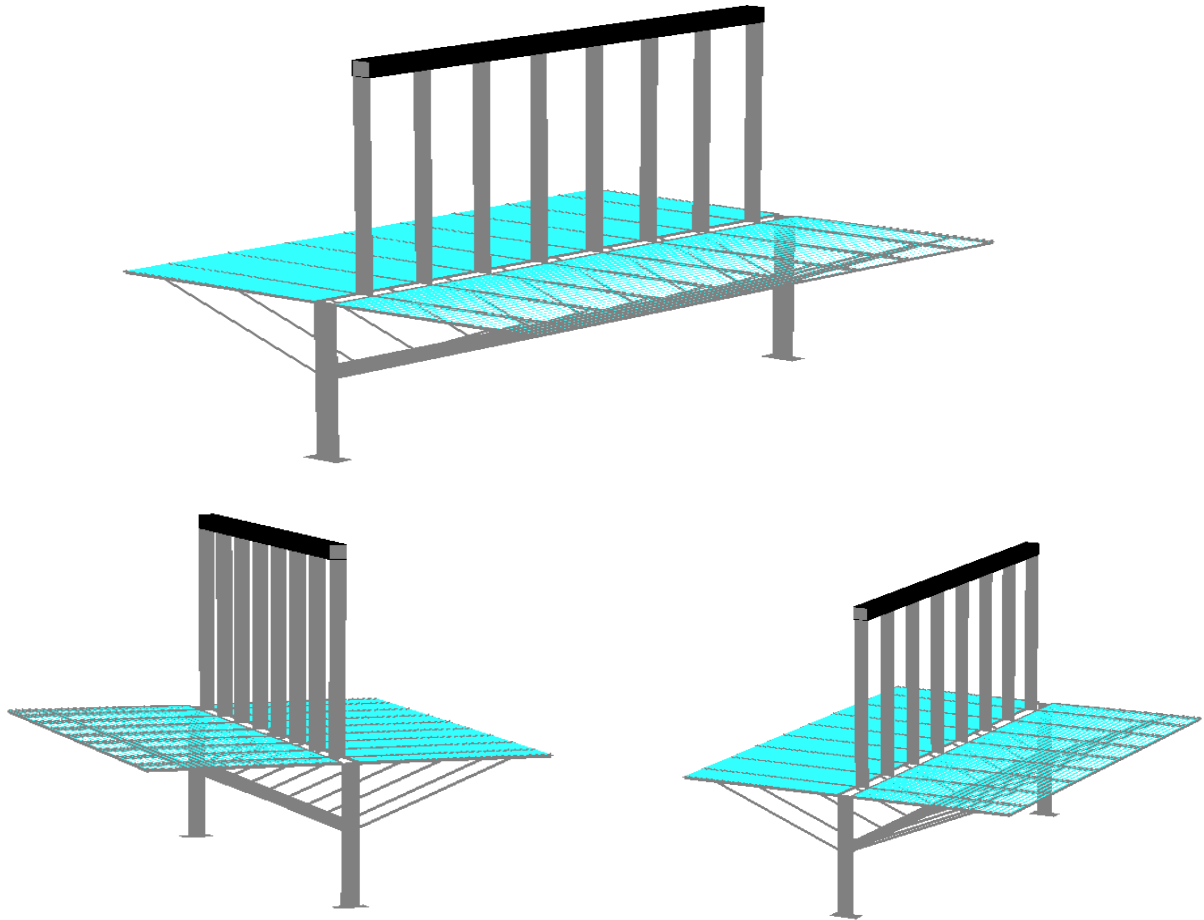


Şekil 4. Optimum Boyutlandırma

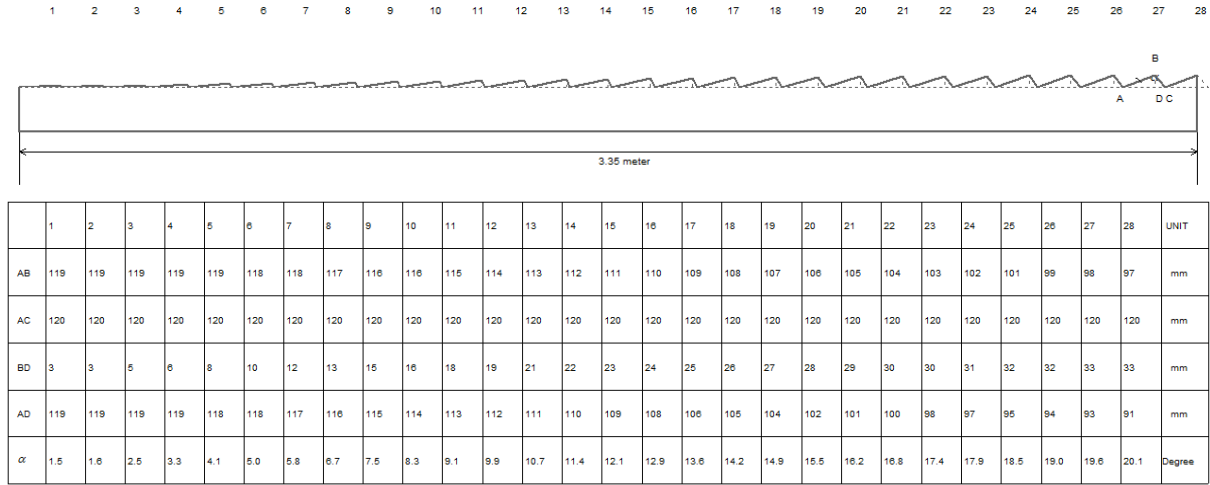
Bitlis iklim şartlarında 3 kWp Lineer Fresnel tipi güneş Kolektörünün maliyetin optimum planlandığı 50,6 konsantrasyon oranı için yapılan boyutlandırmaya göre oluşun önden ve yandan görünüşü şekil 4’de görülmektedir. Odaklama bölgesi ile odağın arası 4,1 m, oluk açıklığı 6,99 m oluk boyu 9,24 m, odak uzunluğu 7,7 m olarak bulunmuştur. Şekil 5’de modelleme ile elde edilen perspektif görüntüleri ve Şekil 6’da ayna pozisyonu görülmektedir.



Şekil 4. Önden-Yandan Görünüş



Şekil 5. Perspektif Görünüm



Şekil 6. Ayna Pozisyonu

SONUÇ

3 kWp kurulu güç için 7055 \$ yatırım maliyeti ile birim enerji yatırım maliyeti 2,3 \$/W olup, 128 m² yüzey alanı ve 5,5 cent/kWh birim enerji maliyeti hesaplanmıştır. Yıllık 5170,1 kWh enerji üretilecek ve yaklaşık yıllık 517 \$ gelir elde edilecektir. Sistemin geri dönüş noktası 13,6 yıl olarak bulunmuştur. Tasarımı gerçekleştirilen parabolik oluk tipi güneş Kolektörü sistemlerin kullanımı hem fosil kaynaklı yakıtlara olan ihtiyacı azaltmakta hem de karbondioksit salınımını düşürerek doğanın korunmasına katkıda bulunmaktadır. Bunlara ek olarak, yenilenebilir ve kullanım birim maliyeti çok daha düşük olan güneş enerjisi ile kırsal bölgelerin kalkındırılmasında daha pratik bir yöntem arz etmektedir. Düzlemsel güneş kolektörlerinde verim %35 – %40 aralığında olurken, parabolik oluk tipi güneş Kolektörü sistemlerinde % 50 – % 55 aralığındadır. İlk yatırım maliyeti düzlemsel kolektörlere göre daha fazla olsa da verim artışı, yatırımın geri kazanımını kolaylaştırmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.gunessempozyumu.org/2015/?p=11>
- [2] Özgöçmen, A., (2007), “Güneş Pilleri Kullanarak Elektrik Üretimi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [3] Saban Yilmaz, Hasan Riza Ozcalik, Furkan Dincer, “The analysis on the impact of the roof angle on electricity energy generation of photovoltaic panels in Kahramanmaraş, Turkey—A case study for all seasons”, Journal of Renewable and Sustainable Energy, 7, pp. 023133-13, 2015.
- [4] A2. Saban Yilmaz, Hasan Riza Ozcalik,” Performance analysis of a 500 kWp grid connected solar photovoltaic power plant in Kahramanmaraş”, DOI: 10.3906/elk-1404-157, Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, Turk J Elec Eng & Comp Sci,2015
- [5] www.gap.gov.tr/Turkish/Dergi/D581997a/gunes.html
- [6] <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/yogunlastiricilar.html>,

- [7] Çetiner C., Halıcı F., Çağur H., “İkiz Silindirik Oluk Tipli Güneş Enerjisi Yoğunlaştırıcısında Kızgın Su Üretiminin Deneysel Ve Teorik İncelenmesi”, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 31,2,87-94,2011.
- [8] Kartal Y., “Parabolik Yansıtıcı Yüzeyle Yoğunlaştırıcı Güneş Kollektörü Tasarımı”, YL Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [9] Genç, A., 1998, Güneşi tek ekseninde takip eden parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcısının performans deneyleri, Gazi üniversitesi, Ankara.
- [10] Yeşilata, B., 1990, Güneş Hareketini İzleyen Parabolik Yoğunlaştırıcı Tip Güneş Kollektörlerinin Tasarımı, Dizaynı ve Isıl Veriminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- [11] Dolunay GÜÇLÜER, “Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS - Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi İle Belirlenmesi”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
- [12] Nelson D.T., Evans D.L., Bansal R.K., 1975. Linear Fresnel lens concentrators. Solar Energy, 17,285–9.
- [13] Mills DR., 2001. Solar thermal electricity. Solar energy: the state of the art, p.577– 651, Germany: ISES.
- [14] Hoşaf, E., 2008. Tekstil Yapılı Güneş Kollektörünün Araştırılması Ve Geliştirilmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, 89s, İzmir
- [15] Karaduman, A., 1989, Parabolik Güneş Kollektörü Sisteminin Tasarımı ve Yapımı, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ODTÜ, Ankara.
- [16] <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>



Designing and Cost Analysis of 10 kWp Fresnel Parabolic Trough Collector with Optimum Efficient in Istanbul Conditions

Yavuz Selim İşler

*Sütçü İmam Üniversitesi, Müh-Mimarlık Fak.,
Elk-Elektronik Müh, Kahramanmaraş*

Şaban Yılmaz

*7 Aralık Üniversitesi, Müh-Mimarlık Fak.,
Elk-Elektronik Müh, Kilis*

Metin Salihmuhsin

*Sütçü İmam Üniversitesi, Müh-Mimarlık Fak.,
Elk-Elektronik Müh, Kahramanmaraş*

ABSTRACT

In this paper, it is aimed to design and make cost analysis of 10 kWp Fresnel Parabolic Trough Collector in Istanbul conditions. Compared to other systems, Fresnel Parabolic Trough Collectors are preferred since it has simple constructions and low investment cost, modelling and cost analysis are implemented by CPV CAD software. Solar radiation data of Istanbul is used for modelling the system and annual income is estimated to be 1720,3 \$. Return period of total investment is calculated as 7,8 years.

Keywords: Fresnel, parabolic, trough, cost, analysis

İstanbul Şartlarında 10 kWp Optimum Verimli Fresnel Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörü Tasarımı ve Maliyet Analizi

ÖZET

Bu çalışmada İstanbul şehri için 10 kWp fresnel parabolik oluk tipi güneş kolektörü tasarımı ve maliyet analizi yapımı amaçlanmıştır. Diğer sistemlere nazaran fresnel parabolik oluk tipi kolektörler, basit konstrüksiyonları ve düşük yatırım maliyetine sahip oldukları için tercih edilmiş olup, modelleme ve maliyet analizi CPV CAD yazılımı vasıtasıyla yapılmıştır. Modelleme için İstanbul ilinin ışınlam değerleri kullanılmış ve sistemin yıllık getirisi yaklaşık olarak 1720,3 \$ hesaplanmıştır. Toplam yatırımın geri dönüş süresi 7,8 yıl olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fresnel, parabolik, oluk, maliyet, analiz

1 GİRİŞ

Günümüz dünyasında enerji ve teknoloji ekonominin ana etkenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Ülkelerin rekabet gücünü artırması, ekonomilerini büyütmesi, yaşam kalitesini yükseltmesi ve bunların tümünü sürdürebilir kılması, teknolojik gelişmişlik düzeyleri ile doğrudan ilişkilidir. Teknolojik gelişmişlik ve bunun sürdürülebilirliği ise enerji ihtiyacının artması ve bunun doğru yöntemlerle karşılanması zorunluluğunu ortaya çıkartmıştır. Günümüzde enerji tüketim yoğunluğu önemli bir gelişmişlik göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Ancak artan teknolojik gelişmelere ve büyüyen ekonomilere koşut olarak artan enerji ihtiyacının karşılanması günümüz dünyasında önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Konvansiyonel enerji kaynaklarının orta ve uzun vadede tükenecek olmasıyla ilgili yapılan projeksiyonlar ve fosil yakıt kullanarak üretilen enerjinin küresel iklim değişiklikleri üzerindeki olumsuz etkilerine ilişkin sonuçlar, enerji arzında yeni arayışların ortaya çıkmasına neden olmuş, bu arayışlar ise yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeyi hızlandırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile yeterli, sürekli ve temiz enerjinin temin edilme potansiyeli dünya ülkelerinin enerji arzı politikalarında yapısal değişikliklere neden olmuş ve son 15 yılda bu alana yapılan yatırımları hızla artırmıştır [1,5]. Örneğin Almanya 2020 yılına kadar tüketilen elektriğin % 35'ini yenilenebilir enerji kaynaklarından üreteceğini bildirmiştir.

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneşin ışınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadaki madde ve enerji akışları güneş enerjisi sayesinde mümkün olabilmektedir. Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır. Enerji bugün sahip olduğumuz medeniyetin temel taşlarından birini oluşturmaktadır. Kalkınmanın ve gelişmişliğin bir göstergesi durumundadır. Ancak, kalkınma çabaları ve mevcut enerji üretim ve tüketim yöntemleri ile yerine yenisi konulamayacak enerji kaynaklarımız tüketilmekte ve çevre kirliliği meydana getirilmektedir. Bu kaynakların kısıtlı olması ve çevreye verdiği zararlardan dolayı çevreyle uyumlu kaynakların araştırılması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Aralarında güneş enerjisinin de bulunduğu yenilenebilir enerji kaynakları geliştirilmeyi bekleyen enerji kaynaklarından birisidir. Güneş enerjisi, sahip olduğu potansiyel ve kullanım kolaylığı ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha kolay bir şekilde yaygınlaşabilecek bir fırsata sahiptir. Türkiye ise hâlihazırda güneş kuşağında olmasına rağmen sahip olduğu potansiyeli yeterli derecede etkin ve yaygın bir şekilde kullanamamaktadır. Ülkemizin fosil enerji kaynakları bakımından yetersiz olması ve fosil yakıtların neden olduğu kirlilik problemi dünyadaki gelişmelere paralel olarak ülkemizi yeni enerji kaynakları arayışına zorlamıştır. Araştırmacılar mevcut enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması için çalışmalar yaparken bir yandan da yenilenebilir enerji kaynaklarında da çözüm arayışları için özveriyle çalışmaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi, ülkemiz için en baskın enerji üretim kaynakları arasındadır [6,7].

2 GÜNEŞ ENERJİSİNDEN FAYDALANMA

Tarihsel kaynaklar incelendiğinde güneş enerjisi ile ısınmanın ve/veya ısıtmanın çok eski zamanlara dayandığı görülebilmektedir. Neredeyse ilk insandan bu yana, insanoğlunun, Güneşi bir ısıtıcı olarak kullandığı söylenebilir. Teknolojinin gelişimiyle, güneş ısıtıcılarının yapısı da değişmiş ve değişik düzenekler oluşmuştur. Kullanılan teknolojik düzenekler, gerek duyulan ısınn yoğunluğuna göre basit düzeneklerden karmaşık olanlarına kadar değişebilmektedir. Bununla beraber, güneş enerjisinden faydalanımda kullanılan genel yöntem, güneş kolektörleri ile toplanan ısı enerjisinin bir akışkan yoluyla gereken ortama aktarılması esasına göre çalışmaktadır. [8].

3 GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi, temel olarak 2 farklı teknoloji ile sağlanabilmektedir. Bunlardan ilki, bu çalışmanın da konusu olan ışığın doğrudan elektrik enerjisine çevrilmesi prensibiyle çalışan fotovoltaik sistemler, ikincisi ise yüksek sıcaklık ilkesi ile çalışan yoğunlaştırıcı sistemlerdir. Yoğunlaştırıcı sistemler, birincil enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan elektrik üretim sistemleridir. Bu sistemler temelde güneşten ısı elde eden sistemlerle aynı yöntemle çalışmakla birlikte, güneş enerjisini toplama yöntemleri, bir başka deyişle, kullanılan kolektörler bakımından farklılık göstermektedirler.

3.1 Parabolik Kolektörlü Sistemler

Toplama elemanı olarak parabolik oluk kolektörlerin kullanıldığı güç santrallerinde; çalışma sıvısı, kolektörlerin odaklarına yerleştirilmiş olan absorban boru içerisinde dolaştırılmaktadır. Daha sonra, ısınan bu sıvıdan eşanjörler yardımı ile kızgın buhar elde edilmektedir. Parabolik çanak kolektörler kullanılan sistemlerde de, ya aynı yöntem kullanılmakta ya da merkeze yerleştirilen bir motor (Stirling) yardımı ile doğrudan elektrik üretilmektedir [9].

Parabolik kolektör vasıtasıyla elektrik eldesi sağlayan güneş enerjisi sistemlerinden buhar eldesi ve atık ısı da sağlanabilmektedir[10]. Bu sayede parabolik kolektörlerden elektrik eldesi dışında ısıtma ve soğutma için buhar veya ön ısıtma işlemleri için atık ısı elde edilebildiği görülmektedir.

3.2 Fresnel Parabolik Oluk Tipi Kolektörlü Sistemler

Parabolik oluklara alternatif olarak lineer Fresnel yansıtıcıları teklif edilip test edilmeye başlanmıştır. Lineer Fresnel yansıtıcılarda tek eksenli ve lineere bir alıcısı vardır. Parabolik oluklara kıyasla daha ucuz ve az yer kaplamaktadır. Bununla beraber, lineer Fresnel sistemler uzun yıllar çalışmakta olan ve kendini teknolojik olarak ispatlamış bir sistem değildir. Fresnel sisteminde aynalar kuzey-güney doğrultusunda uzanmaktadır ve güneş ışığını alıcıya yoğunlaştırmaktadır ve tüp içerisinde geçen suyu ısıtmaktadır. Bu sistemler, kum fırtınası ve dolu yağışı durumunda kendini kapatmaktadır. Fresnel sistemindeki alıcı, yüksek basınçlı tüp olup özel seçici bir tabaka ile kaplanmıştır. Kısa dalga boylu radyasyonu absorbe ederek uzun dalga boylu radyasyonu yayma özelliğine sahiptir. Lineer Fresnel CSP GES'te bütün aynalar ortada bulunan ve ısı transfer akışkanının geçtiği absorber tüpe güneş ışığını yoğunlaştırmaktadır.

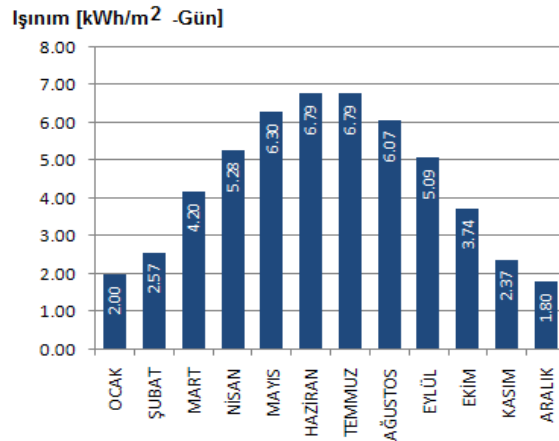


Şekil 1: Fresnel Parabolik Oluk [11]

Lineer Frensel Kolektör (LFR), teknolojisi doğrusal ayna şeritlerin sıra oluşturup, doğrusal kule üzerindeki alıcıya toplaması ile gerçekleşmektedir. LFR alanı kırık parabolik tekne kolektörü gibi düşünülebilir fakat en büyük farkı, daima parabolik şekilde olmayıp, geniş absorblayıcıların inşasına imkân verebilmesi ve de bunların hareket etme zorunluluğunun olmamasıdır. Fresnel Güneş Güç sistemleri birbiri ardına sıralanmış düzlemsel aynalara gelen güneş ışınımının, aynaların belirli bir yüksekliğinde bulunan absorblayıcıya odaklanması mantığı ile çalışmaktadır. Bu sayede absorblayıcı içinde bulunan havanın ısıtılması sağlanarak bu ısınmın absorblayıcı içerisinde bulunan boruya oradan da boru içerisinden geçirilen akışkana aktarılması sağlanmış olur. Bu sistem sayesinde yüksek sıcaklıklara çıkmak mümkün olabilmektedir. Elde edilen buhar istenilirse direk olarak kullanılabileceği gibi bir türbin vasıtasıyla elektrik enerjisine de dönüştürülebilir. Bu tipteki ilk kolektör 1960 yılında Cenova’da doğrusal ve de 2 eksen izlemeli olarak üretilmiştir ve günümüze kadar bu sistemin eksiklikleri giderilerek, gelişimi devam etmektedir[12-15].

4 MODELLEME VE ANALİZ

Bu çalışmada, İstanbul Şartlarında 10 kWp Optimum verimli Lineer Fresnel Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörü tasarımı ve Maliyet Analizi yapılmıştır. İstanbul’ın ışınlm değerleri şekil 2’de ve ışınlm haritası şekil. 3’de görülmektedir.



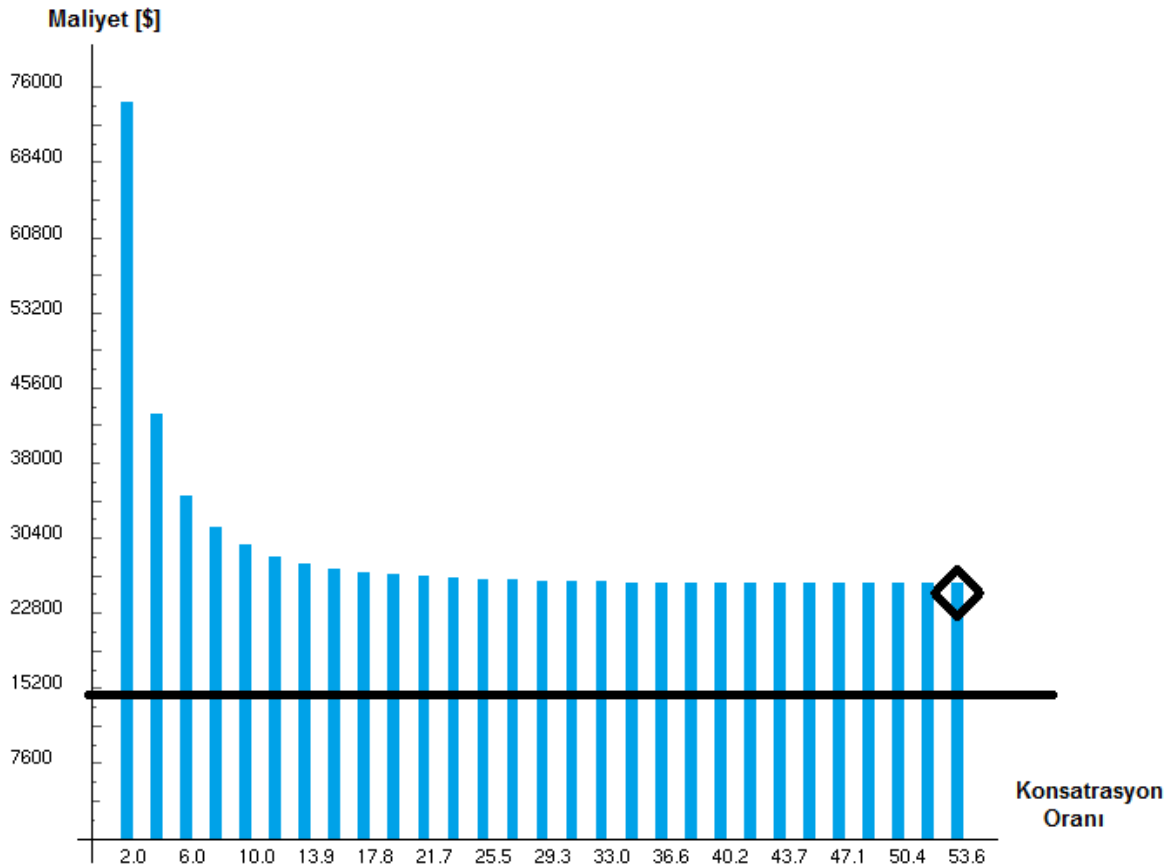
Şekil 2: İstanbul ili ışınlm değerleri [16]



Şekil 3: İstanbul ili ışınlm haritası [16]

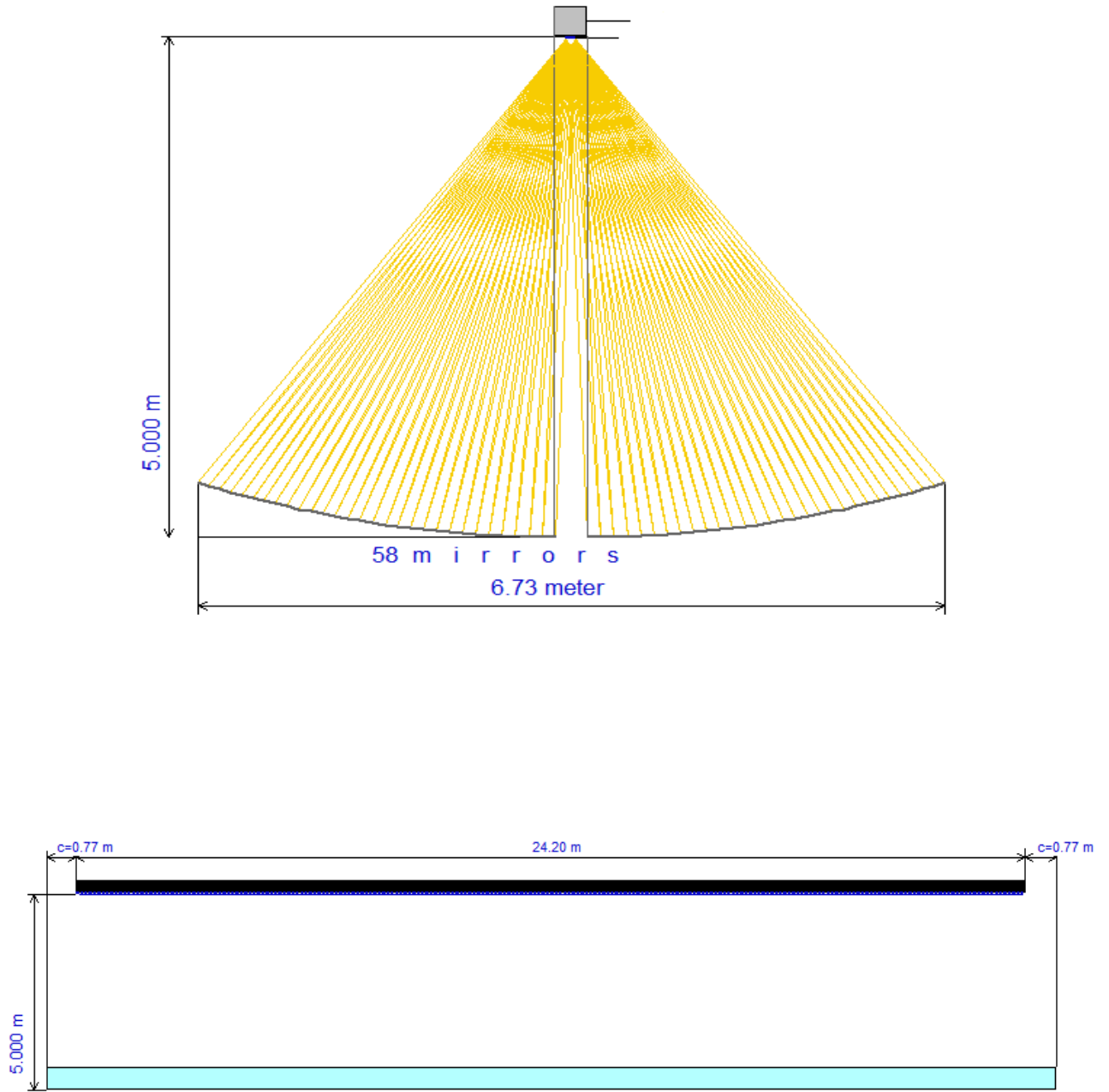
Modelleme ve hesaplama için CPV CAD yazılımı kullanılmıştır. Kolektör olarak Lineer Fresnel parabolik oluk tipi seçilmiş ve iklim değerleri olarak İstanbul ili alınmıştır. Parabolik oluğun yapımı için yüzey malzemesi m² fiyatı 50 \$ belirlenmiştir. Sistem iki eksenli güneş takip özelliğine sahip olup maliyet birim oluk başına 3500 \$ olarak öngörülmüştür. Metal profil maliyeti metre için 5 \$, birim modül başına nakliye maliyeti 50 \$, birim modül başına üretim maliyeti 100 \$, birim modül başına kurulum maliyeti 50 \$, arazi maliyeti m² için 2 \$, soğutma borusu metresi 1,5 \$ olarak tanımlanmıştır.

Yapılan optimizasyon sonucuna göre optimum maliyet ve performans için, 13462 \$ maliyet, 1,3 \$ birim enerji maliyeti 53,6 konsantrasyon oranı, 5 m odak uzunluğu, 58 adet ayna sayısı bulunmuştur. Şekil 4’de optimum boyutlandırma analizi görülmektedir.

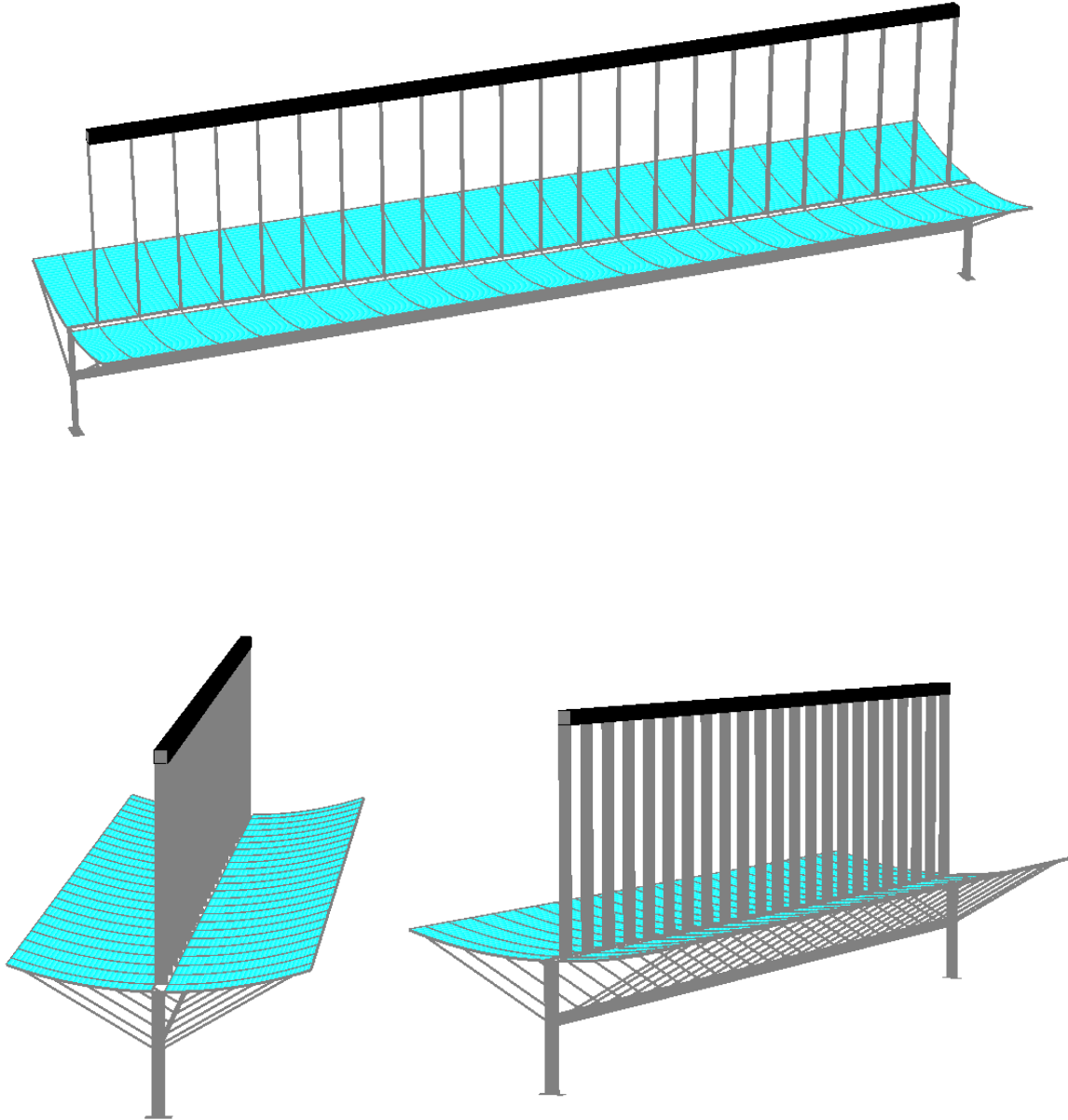


Şekil 4: Optimum boyutlandırma

İstanbul iklim şartlarında 10 kWp Lineer Fresnel parabolik oluk tipi güneş Kolektörünün maliyetin optimum planlandığı 53,6 konsantrasyon oranı için yapılan boyutlandırmaya göre oluğun önden ve yandan görünüşü Şekil 5’de görülmektedir. Odaklama bölgesi ile odağın arası 5 m, oluk açıklığı 6,73 m oluk boyu 9,24 m, odak uzunluğu 25,74 m olarak bulunmuştur. Şekil 6’de modelleme ile elde edilen perspektif görüntüleri ve Şekil 7’de ayna pozisyonu görülmektedir.

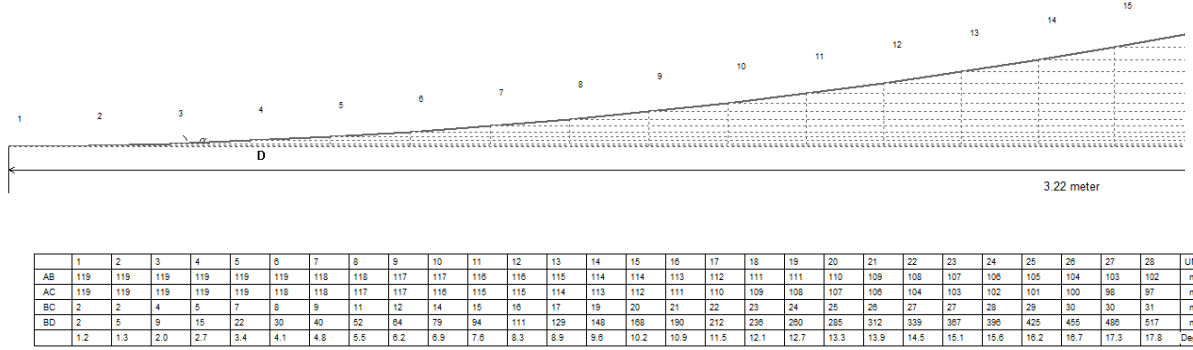


Şekil 5: Önden-Yandan Görünüş



Şekil 6: Perspektif görünüm

Fresnel Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörü Sistemleri, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artmasıyla yüksek sıcaklıktaki uygulamalar arasında önem kazanmaya başlayan sistem olarak görülmektedir. Önem kazanmaya başlamasının diğer sebebi ise diğer sistemlere oranla daha basit konstrüksiyon yapısı, kurulum maliyetlerinin daha düşük olması gibi avantajları ile ön plana çıkmaktadır.



Şekil 7: Ayna pozisyonu

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji ihtiyacının artmaya başlamasıyla beraber yeni arayışlar içerisine girilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda güneş enerjisinin her alanda kullanılabileceği ve istenilen enerjiye dönüştürülebileceği konusu ayrı bir önem arz etmektedir. Bu nedenle enerji ihtiyacının karşılanması için güneş enerjisine bağlı olarak yapılan sistemlerin araştırılması ve yaygınlaştırılması için yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu duruma paralel olarak güneş takip sistemlerinin kullanımı daha önemli hale gelmektedir. Böylece kurulan sistemler, güneş takip sistemleri sayesinde daha verimli ve kullanışlı hale gelmektedir.

5 KONFERANS PROGRAMI VE SUNUMLAR

Konferans çalışmaları için genişletilmiş özetler ve metinler, konferans sunum DVD-ROM'unda toplanacaktır.

6 SONUÇ

10 kWp kurulu güç için 13462 \$ yatırım maliyeti ile birim enerji yatırım maliyeti 1,3 \$/W olup, 346 m² yüzey alanı ve 3,1 cent/kWh birim enerji maliyeti hesaplanmıştır. Yıllık 17203,8 kWh enerji üretilecek ve yaklaşık yıllık 1720,3 \$ gelir elde edilecektir. Sistemin geri dönüş noktası 7,8 yıl olarak bulunmuştur. Tasarımı gerçekleştirilen parabolik oluk tipi güneş Kolektörü sistemlerin kullanımı hem fosil kaynaklı yakıtlara olan ihtiyacı azaltmakta hem de karbondioksit salınımını düşürerek doğanın korunmasına katkıda bulunmaktadır. Bunlara ek olarak, yenilenebilir ve kullanım birim maliyeti çok daha düşük olan güneş enerjisi ile kırsal bölgelerin kalkındırılmasında daha pratik bir yöntem arz etmektedir. Düzlemsel güneş kolektörlerinde verim %35 – %40 aralığında olurken, parabolik oluk tipi güneş Kolektörü sistemlerinde % 50 – % 55 aralığındadır. İlk yatırım maliyeti düzlemsel kolektörlere göre daha fazla olsa da verim artışı, yatırımın geri kazanımını kolaylaştırmaktadır.

REFERANSLAR

- [1] <http://www.gunessempozyumu.org/2015/?p=11>
- [2] Özgöçmen, A., (2007), “Güneş Pilleri Kullanarak Elektrik Üretimi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- [3] Saban Yilmaz, Hasan Riza Ozcalik, Furkan Dincer, “The analysis on the impact of the roof angle on electricity energy generation of photovoltaic panels in Kahramanmaraş, Turkey—A case study for all seasons”, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 7, pp. 023133-13, 2015.
- [4] A2. Saban Yilmaz, Hasan Riza Ozcalik, ”Performance analysis of a 500 kWp grid connected solar photovoltaic power plant in Kahramanmaraş”, DOI: 10.3906/elk-1404-157, *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences* ,*Turk J Elec Eng & Comp Sci*,2015
- [5] Halil Serhan Saner, Türkiye'de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi Ve Çevresel Etkileri: Karapınar Ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri Örneklerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
- [6] Varınca, K. B., Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye’de Güneş Enerji Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma.1.Ulusal Güneş ve Hidrojen Kongresi, Eskişehir.
- [7] Dinçer, F. (2011). Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme. *KSU Mühendislik Dergisi*, 14(16), 8-17.
- [8] <http://www.retscreen.net/download.php/ang/120/0/Textbook_SWH.pdf>, alındığı tarih 13.02.2010
- [9] <http://www.abengoasolar.com/corp/web/en/technologies/concentrated_solar_power/parabolic_trough/index.html>, alındığı tarih 18.04.2010
- [10] Solarlite, 2010 Güneş Enerjisi Fuarı, İstanbul
- [11] <http://energyfuture.wdfiles.com/local--files/solar-resources/CFLR.jpg>
- [12] Nelson D.T., Evans D.L., Bansal R.K., 1975. Linear Fresnel lens concentrators. *Solar Energy*, 17,285–9.
- [13] Mills DR., 2001. Solar thermal electricity. *Solar energy: the state of the art*, p.577– 651, Germany: ISES.
- [14] Hoşaf, E., 2008. Tekstil Yapılı Güneş Kollektörünün Araştırılması Ve Geliştirilmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, 89s, İzmir
- [15] Karaduman, A., 1989, Parabolik Güneş Kollektörü Sisteminin Tasarımı ve Yapımı, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ODTÜ, Ankara.
- [16] <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>
- [17] https://tr.wikipedia.org/wiki/Almanya%27da_yenilenebilir_enerji



Design and Cost Analysis of 2 kWp Optimum Efficient Parabolic Trough Solar Collector in Kilis, Turkey

Mehmet Beklergöl

Ege University,

Electrical Program of Ege Vocational Higher School, İzmir, Turkey

Sinan Kivrak

Yildirim Beyazıt University,

Department of Electrical and Electronics Engineering, Ankara, Turkey

Furkan Dincer

Kilis 7 Aralık University,

Department of Electrical and Electronics Engineering, Kilis, Turkey

ABSTRACT

In this study, design and cost analysis of 2 kWp parabolic trough type solar collector has been done for optimum system efficiency in Kilis district of Turkey. CPV CAD program has been used for modelling and system cost accounting. According to the optimization results, for 2 kWp power system, surface area 80 m², concentration rate 32.5, length of focus and focus material 5 m, through gap 3.48 m, trough length 8.8 m, focus length 11.5 m, total investment cost of the system 8476 \$, unit energy cost 7.7 cent/kWh has been found. Approximate annual revenues of the system as 547,3 \$ and amortization period has been calculated as 15.5 year.

Key words: Solar plant, parabolic trough collector, optimum system design, cost analysis, Kilis district.

Kilis Şartlarında 2 kWp Optimum Verimli Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörü Tasarımı ve Maliyet Analizi

ÖZET

Bu çalışmada, Kilis Şartlarında 2 kWp Optimum verimli Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörü tasarımı ve Maliyet Analizi yapılmıştır. Modelleme ve hesaplama için CPV CAD yazılımı kullanılmıştır. Yapılan optimizasyon sonucuna göre, 2 kWp kurulu güç için yüzey alanı

80 m², konsantrasyon oranı 32,5, Odaklama bölgesi ile odak arası 5 m, oluk açıklığı 3,48 m, oluk boyu 8,8 m, odak uzunluğu 11,5 m, sistemin toplam yatırım maliyeti 8476 \$ ve birim enerji maliyeti de 7,7 cent/kWh olarak bulunmuştur. Sistemin yaklaşık yıllık geliri 547,3 \$ ve amortisman süresi de 15,5 yıl olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Güneş santrali, parabolik güneş kolektörü, optimum sistem dizaynı, maliyet analizi, Kilis ilçesi.

1. GİRİŞ

Artan çevre ve enerji sorunları günümüzün en önemli sorunlarından. Bazı enerji üretim ve dönüşüm sistemleri, kirlilik ve diğer çevre sorunlarının oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle fosil kaynaklardan enerji üretimi atmosferde sera gazı oluşumunun artmasına, dolayısıyla kirlilik ve iklim değişikliğine yol açmaktadır. Bu nedenle; yenilenebilir, çevreci alternatif enerji kaynakları tercih edilmelidir. Diğer bir deyişle; enerjide dışa bağımlılık, enerji güvenliği ya da krizi şeklinde ifade edilen artan enerji ihtiyaçlarımız; diğer yanı sıra da içinde yaşadığımız dünyanın geleceğini tehlikeye atan ekolojik kriz, yaşam alanlarımızın tahrip edilmesi ve artan çevre sorunları ile karşı karşıyayız. Güneş; çevreye saygılı, dünyanın tükenmeyen ve tükenmeyecek yüzyıllardır kullanılan en temiz ve diğer enerji kaynaklarının da oluşumunu sağlayan en güçlü enerji kaynağıdır. Diğer enerji kaynaklarının hızla tükendiği günümüzde güneş enerjisi çok daha büyük önem taşımaktadır. Günümüzde gelişmekte olan sürdürülebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesinde enerji verimliliğinin büyük bir katkısı vardır. Verimli olarak kullanılan enerji ile sürdürülebilir enerji kaynaklarının temel amacı karbondioksit salınımını olabildiğince düşürülebilmesidir [1-3].

2. ISIL GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ

Isıl güneş enerjisi sistemleri, düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere ikiye ayrılabilir. Düşük sıcaklık uygulamaları olarak evlerin çatılarına kurulan ve sıcak su üretimine kullanılan düzlemsel toplayıcılar(kolektörlerdir). Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisini ısı enerjisi olarak bir akışkana aktaran aygıtlardır. Basit ve ucuz olması nedeniyle en yaygın kullanılan güneş enerjisi uygulamasıdır. Evlerde, yüzme havuzlarında ve sanayi tesislerinde sıcak su üretimi için kullanılırlar. Yüksek sıcaklık uygulamaları ise yoğunlaştırma yapan ısı sistemlerdir. Yoğunlaştırıcı sistemler ise güneş ışınlarını tek noktada toplayarak yüksek sıcaklıkta buhar üretirler ve elektrik üretiminde kullanılırlar. Yoğunlaştırıcı ısı sistemlerin en yaygını parabolik oluk kolektörlerdir. Kesiti parabolik olan kolektörlerin iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş ışınlarını, odakta yer alan ısıl boruya odaklarlar. Isıl boruda dolaştırılan sıvıda toplanan ısı ile elde edilen buhardan elektrik üretilir. Diğer bir tür yoğunlaştırıcı sistem olan parabolik çanak sistemler, iki eksenle güneşi takip ederek, güneş ışınlarını odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar. Merkezi alıcı sistemlerde ise; tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş ışınlarını, bir kule üzerine monte edilmiş ısı santraline yansıtarak yoğunlaştırma yaparlar [4].

Parabolik oluk kolektörlü güç santrallerinde, proses ısısı için, doğrusal yoğunlaştırma yapılarak, güneş enerjisinden 300 °C'nin üzerinde sıcaklık elde edilir ve ısı transfer akışkanı olarak yüksek sıcaklıklara dayanıklı termal yağ kullanılır. Güneş tarlası; bağımsız üniteler şeklinde birbirine paralel bağlanmış parabolik oluk kolektör gruplarından oluşan alandır. Bu üniteler, gelen güneş enerjisini 4 mm kalınlığında ve yüksek yansıtma oranına (% 94) sahip aynalar vasıtasıyla, odakta bulunan alıcı boru üzerine yansıtırlar. Parabolik oluk kolektörler grupları yatay eksen

boyunca dönmelerini engellemeyen metal yapılarla desteklenmiştir. Sistemde aynaların güneşi izlemesini sağlayan bir sensör bulunur.

Isı toplama elemanı; cam tüp, yüzeyi yaklaşık % 97 lik bir absorbtiviteye sahip çelik alıcı boru ve cam-metal birleştiricilerden oluşur. Alıcı boru üzerinde meydana gelen yüksek sıcaklık nedeniyle oluşan ısı kayıplarını azaltmak için, cam tüp ile alıcı boru arasındaki hava vakumlanmıştır. Bu boşluk basıncı yaklaşık 0.1 atm dir. Isıya dayanıklı cam tüp, yüksek bir geçirgenliğe ve radyasyon kayıplarını en aza indirmek için antirefleksif bir yapıya sahiptir. Sıcaklık nedeniyle meydana gelen genleşmelerin etkilerini gidermek için körüklü cam-metal birleştiriciler kullanılmaktadır.

Buhar üretim sistemi; ön ısıtma, buhar üretimi ve süper ısıtma bölümlerinden oluşur. Bu bölümlerden geçirilerek 371 °C ve 100 bar basınca yükseltilebilen buhar, elektrik üretimi için türbine gönderilir. Üretimden sonra yeterince soğumayan buhar, yeni bir çevrime gönderilmeden, yeniden aynı sıcaklığa kadar ısıtılır ve tekrar türbine gönderilir. Bu ikinci çevrimden sonra artık soğuyan buhar, sıkıştırılıp sıvı hale getirildikten sonra yeni bir çevrime gönderilir [5].

Yoğunlaştırıcı sistemlerde güneş ışınları, sistemin odağında bulunan toplayıcı kısmına noktasal ya da doğrusal yoğunlaştırma yapılmaktadır. Yoğunlaştırma işleminden dolayı karşımıza yoğunlaştırma oranı tanımı çıkmaktadır. Literatürde bu tanım geometrik yoğunlaştırma oranı ve ışın şiddeti yoğunlaştırma oranı iki farklı şekilde kullanılır. Işın şiddeti yoğunlaştırma oranı güneş ışın şiddetinin, yüzey üzerine düşen güneş ışıması şiddeti olarak tanımlanır. Geometrik yoğunlaştırma oranı, yansıtıcı yüzey alanının emici yüzey alanına oranı şeklinde tanımlanır. Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcıları doğrusal yoğunlaştırma yapan sistemlerdir ve hesaplamalarında geometrik yoğunlaştırma oranı kullanılır [6, 7].

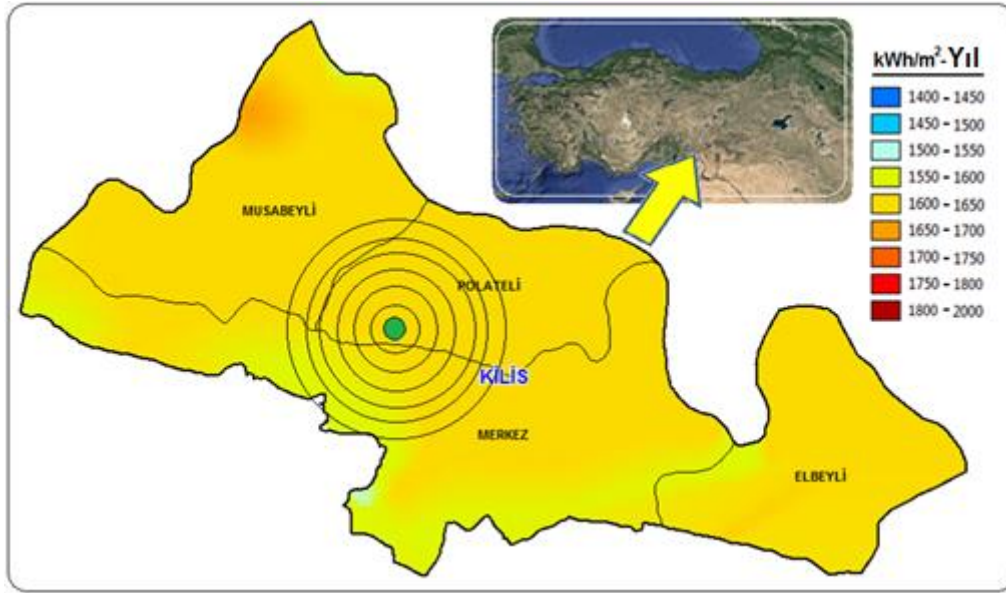
Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcıları çizgisel yoğunlaştırma yapan sistemlerdir. Yansıtıcı yüzey üzerine düşen direkt güneş ışınları, yansıtıcı yüzey malzemesinin güneş ışınları soğurma, yansıtma ve yansıtma katsayısı, yansıtıcı yüzeyin tasarım(geometrik) hataları gibi nedenlerle optik kayıplara uğrayarak yansıtılır. Yansıtıcı yüzeyden yansıtılan (yoğunlaştırılan) ışınlar, sistemin odağında yer alan ve kollektör boyunca uzanan emici kısma gelir. Emici kısım cam örtü ve emici borudan oluşur. Cam örtü, yoğunlaştırma işlemi sonucunda sıcaklığı yükselmiş emici borudan çevre ortama ısı transferini azaltmak amacıyla emici boru çevresini kaplayacak şekilde yerleştirilir. Cam örtü malzemesinin güneş ışınları geçirgenliği yüksek, güneş ışınlarını yansıtıcılığı düşük olmalıdır. İç kısmında emici borudaki sıcaklık artışından dolayı yüksek ısılarla ve emici boruyu çevrelediğinden onu dış ortamlara karşı (toz, dolu...) koruma görevi de görür. Bu yüzden darbelere dayanıklı olmalıdır. Emici boru malzemesi yansıtıcılığı düşük geçirgenliği yüksek ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmalıdır. Emici borunun yansıtıcılığını düşürmek için üzeri selektif yüzey malzemesi ile kaplanır [8].

3. SİSTEM MODELLENMESİ VE SİMÜLASYONU

Bu çalışmada , Kilis Şartlarında 2 kWp Optimum verimli Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörü tasarımı ve Maliyet Analizi yapılmıştır. Kilis'in (Enlem: 36° 43', Boylam:37° 07', Rakım:664 m) yıllık toplam ışınlamı 1823.2 kWh/m² olup, iklim değerleri Tablo 1'de ve ışınlam haritası Şekil. 1'de görülmektedir [9, 10].

Tablo 1. Kilis iline ait iklim değerleri

	Küresel Yatay Işınım	Yayılan Yatay Işınım	Direkt Yatay Işınım	Ortalama Sıcaklık
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	°C
Ocak	68.0	36.58	31.4	3.95
Şubat	80.7	34.08	46.6	5.71
Mart	135.2	57.73	77.5	10.35
Nisan	169.9	63.60	106.3	14.51
Mayıs	210.4	75.16	135.2	20.28
Haziran	234.8	63.16	171.7	26.07
Temmuz	239.9	61.62	178.3	30.28
Ağustos	224.4	50.77	173.6	29.55
Eylül	174.8	45.10	129.7	24.28
Ekim	130.4	41.08	89.4	18.75
Kasım	87.3	30.29	57.1	10.49
Aralık	67.4	27.74	39.7	5.54
Yıllık	1823.2	586.92	1236.3	16.71

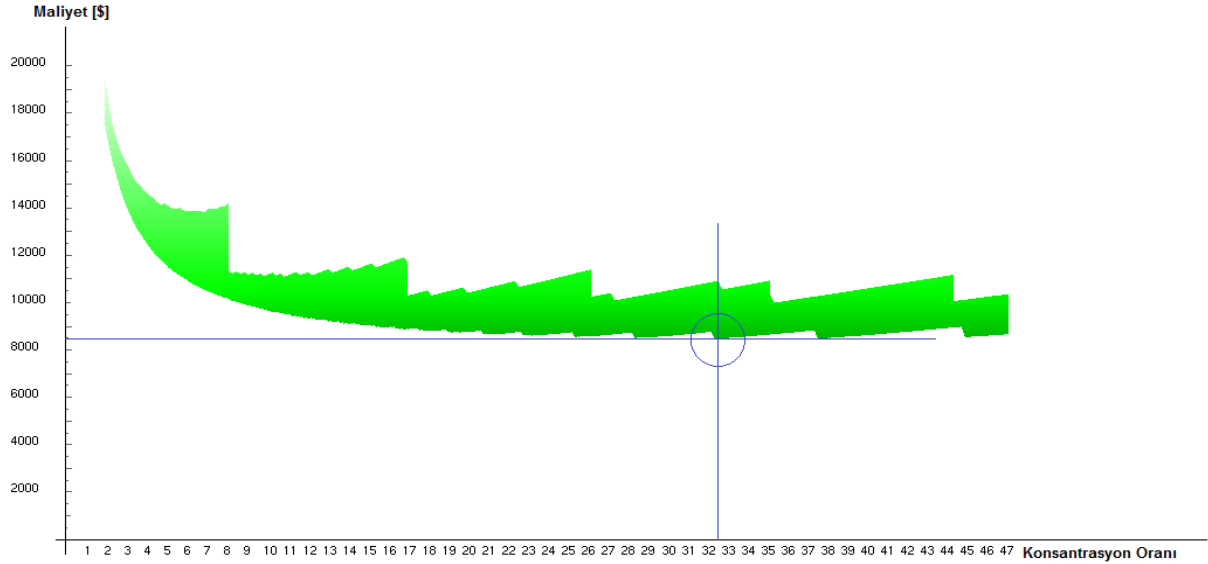


Şekil 1. Kilis ili güneş ışınım haritası [11]

Modelleme ve hesaplama için CPV CAD yazılımı kullanılmıştır. Kolektör olarak parabolik oluk tipi seçilmiş ve iklim değerleri olarak Kilis ili alınmıştır. Parabolik oluğun yapımı için yüzey malzemesi m² fiyatı 50 \$ belirlenmiştir. Sistem iki eksenli güneş takip özelliğine sahip olup maliyet birim oluk başına 3500 \$ olarak öngörülmüştür. Metal profil maliyeti metre için 5 \$, birim modül başına nakliye maliyeti 50 \$, birim modül başına üretim maliyeti 100 \$, birim modül başına

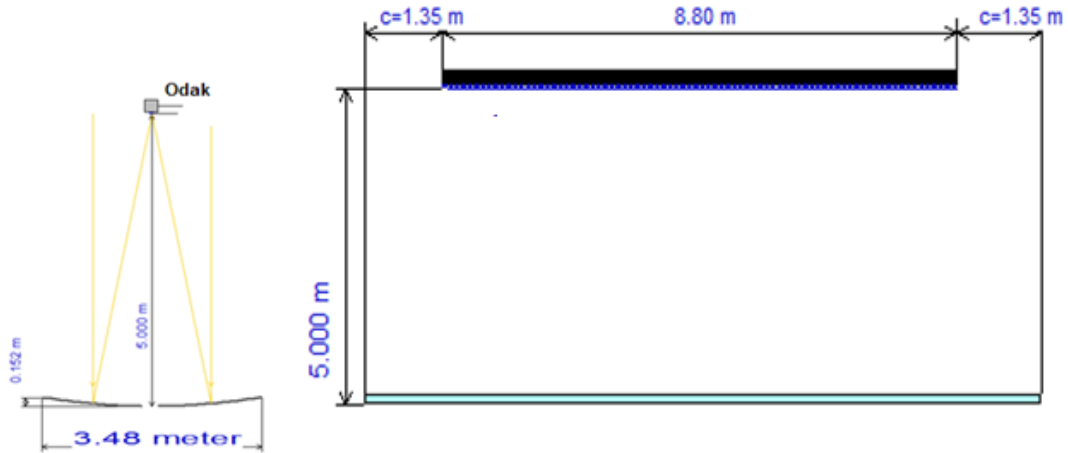
kurulum maliyeti 50 \$, arazi maliyeti m² için 2 \$, soğutma borusu metresi 1,5 \$ olarak tanımlanmıştır.

Yapılan optimizasyon sonucuna göre optimum maliyet ve performans için, 8476 \$ maliyet, 4,2 \$ birim enerji maliyeti 32,5 konsantrasyon oranı, 5 m fokus uzunluğu bulunmuştur. Şekil 2’de optimum boyutlandırma analizi görülmektedir.



Şekil 2. Optimum Boyutlandırma

Kilis iklim şartlarında 2 kWp parabolik oluk tipi güneş Kolektörünün maliyetin optimum planlandığı 32,5 konsantrasyon oranı için yapılan boyutlandırmaya göre oluğun önden ve yandan görünüşü Şekil 3’de görülmektedir. Odaklama bölgesi ile odağın arası 5 m, oluk açıklığı 3,48 m oluk boyu 8,8 m, odak uzunluğu 11,5 m olarak bulunmuştur. Şekil 4’de modelleme ile elde edilen perspektif görüntüleri görülmektedir.



Şekil 3. Önden-Yandan Görünüş

Parabolik oluk tipi güneş kolektörlerinde Malzeme Seçimi; Enerji üretiminde emisyonu olmaması, kolay bulunabilmesi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre maliyetinin daha ucuz olmasından dolayı yatırımlarda güneş enerjisi üzerinde daha çok yoğunlaşmaktadır. Güneş

enerjisinden yüksek sıcaklıklarda buhar elde ederek elektrik üretimi yapılması yaygınlaşmaya da başlamıştır. Buhar ve buhar türbinleri kullanılarak elektrik üretmek için yüksek sıcaklıklara ihtiyaç vardır. Orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları için ise yoğunlaştırıcı güneş sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin başında da parabolik oluk tipi güneş kolektörleri gelmektedir. Sistem güneş ışınlarını yansıtıcı yüzeyi sayesinde, ışınımı parabolik oluk tipi güneş kolektörünün odak noktasında yer alan alıcı boruya yansıtarak burada ışın yoğunlaştırması yapmaktadır. Sistemin yansıtıcı yüzeyler ve toplayıcı en önemli kısımlardır. Toplayıcı kısım emici boru ve üzerine kaplanan seçici yüzeyden oluşmaktadır. Kolektörde Emici boru üzerine gelen enerji, boru içindeki akışkana verilerek akışkanın sıcaklığı artırılır. Emici boru üzerine yansıtıcılığı düşük, soğurması yüksek olan selektif malzeme ile kaplanır. Böylece yoğunlaştırılmış enerjinin çoğunun boruda soğurulması amaçlanır. Yoğunlaştırma işlemi neticesinde borunun sıcaklığı yükselmektedir. Emici borudan çevreye oluşan sıcaklık farkından dolayı ısı transferi de olmaktadır. Bu durum emici boruda sıcaklığı düşüreceğinden istenmemektedir. Bu yüzden emici borunun çevresi cam örtüyle kaplanmıştır. Cam örtü ile emici boru arası ise vakumlanmıştır.



Şekil 4. Perspektif Görünüm

Bu öte yandan emici boruya yoğunlaştırılan ışınların büyük bir bölümünün emici boru tarafından emilmesi istenir. Bu yüzden emici boru selektif malzemelerle kaplanır. Selektif malzemeler, emiciliği yüksek yansıtıcılığı düşük malzemelerdir. Bu malzemeler, Kısa dalga boylu ışınların tamamına yakını emen, buna karşın uzun dalga boylu ışınların olabildiğince az yayan yüzeyler olarak da tanımlanabilir. Bu malzemelerle kaplama işlemi; püskürtme yöntemi, elektroliz kaplama, kimyasal banyo suretiyle olur. Emici boru malzemeleri olarak genellikle alüminyum, bakır ve paslanmaz çelik kullanılabilir. Bu bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda düz kolektör

yerine parabolik oluk tipi kolektörler kullanmışlardır ve düz kolektörle kıyaslamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre parabolik oluk tipi kolektörde daha yüksek sıcaklık ve performansa ulaşmışlardır. İki geçişli parabolik oluk kolektör kullanıldığında ise ısı transfer kayıplarının azaldığı saptanmıştır. Ayrıca yapılan başka bir çalışmada ise sürekli parabolik oluk kolektörün iki eksenli güneş takip sisteminde, Kolektörün topladığı enerji ölçülmüş ve 40° güneye doğru eğilmiş sabit yüzeyli kolektör ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak hareketli iki eksenli güneş takip eden kolektörün sabit kolektörden %46.46 daha fazla enerji topladığı saptanmıştır. Sonuç olarak, kaynakça tarafından yapılan deneysel çalışmaya göre, hesaplamalardan görüldüğü gibi Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında ısı transfer akışkanına aktarılan enerji en çok krom-nikel paslanmaz çelik üzerine, krom kaplamalı emici bora malzemesi ve cam örtü malzemesi olarak düşük demirli bora silikat cam seçildiğinde olmaktadır. Kullanılan selektif yüzey kaplı çelik malzemenin emiciliği kıyaslandığı diğer malzemelere göre daha iyidir. Aynı şekilde Bor silikat cam örtü malzemesinin güneş ışınların geçirme oranı diğer malzemelere göre yüksekken, soğurma ve yayıcılık değerleri düşüktür. Bu yüzden parabolik oluk tipi güneş kolektörü sistemimizde kullanılacak cam örtü malzemeleri olarak düşük demirli bora silikat cam ve kolektör olarak krom-nikel paslanmaz çelik üzerine krom kaplama seçilmelidir [12].

4. SONUÇ

2 kWp kurulu güç için 8476 \$ yatırım maliyeti ile birim enerji yatırım maliyeti 4,2 \$/W olup, 80 m² yüzey alanı ve 7,7 cent/kWh birim enerji maliyeti hesaplanmıştır. Yıllık 3648,8 kWh enerji üretilen ve yaklaşık yıllık 547,3 \$ gelir elde edilecektir. Sistemin geri dönüş noktası 15,5 yıl olarak bulunmuştur. Tasarımı gerçekleştirilen parabolik oluk tipi güneş Kolektörü sistemlerin kullanımı hem fosil kaynaklı yakıtlara olan ihtiyacı azaltmakta hem de karbondioksit salınımını düşürerek doğanın korunmasına katkıda bulunmaktadır. Bunlara ek olarak, yenilenebilir ve kullanım birim maliyeti çok daha düşük olan güneş enerjisi ile kırsal bölgelerin kalkındırılmasında daha pratik bir yöntem arz etmektedir. Düzlemsel güneş kolektörlerinde verim %35 – %40 aralığında olurken, parabolik oluk tipi güneş Kolektörü sistemlerinde % 50 – % 55 aralığındadır. İlk yatırım maliyeti düzlemsel kolektörlere göre daha fazla olsa da verim artışı, yatırımın geri kazanımını kolaylaştırmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.gunessempozyumu.org/2015/?p=11>
- [2] Saban Yilmaz, Hasan Riza Ozcalik, Furkan Dincer, “The analysis on the impact of the roof angle on electricity energy generation of photovoltaic panels in Kahramanmaraş, Turkey—A case study for all seasons”, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 7, pp. 023133-13, 2015.
- [3] A2. Saban Yilmaz, Hasan Riza Ozcalik, ”Performance analysis of a 500 kWp grid connected solar photovoltaic power plant in Kahramanmaraş”, DOI: 10.3906/elk-1404-157, *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences* ,Turk J Elec Eng & Comp Sci,2015
- [4] www.gap.gov.tr/Turkish/Dergi/D581997a/gunes.html
- [5] <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/yogunlastiricilar.html>,

- [6] Çetiner C., Halıcı F., Çaçur H., “İkiz Silindirik Oluk Tipli Güneş Enerjisi Yoğunlaştırıcısında Kızgın Su Üretiminin Deneysel Ve Teorik İncelenmesi”, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 31,2,87-94,2011.
- [7] Kartal Y., “Parabolik Yansıtıcı Yüzeyle Yoğunlaştırıcı Güneş Kollektörü Tasarımı”, YL Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [8] Genç, A., 1998, Güneşi tek eksenle takip eden parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcısının performans deneyleri, Gazi üniversitesi, Ankara.
- [9] Yeşilata, B., 1990, Güneş Hareketini İzleyen Parabolik Yoğunlaştırıcı Tip Güneş Kollektörlerinin Tasarımı, Dizaynı ve Isıl Veriminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- [10] Karaduman, A., 1989, Parabolik Güneş Kollektörü Sisteminin Tasarımı ve Yapımı, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ODTÜ, Ankara.
- [11] <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>
- [12] Ozturk, H., K., Parabolik oluk tipi güneş kolektörlerin performans analizi, Mühendis ve Makine, Cilt: 51 Sayı: 6, Denizli