



ISSN : 2458-7494

E-ISSN: 2458-7613

# KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

KIRKLARELİ UNIVERSITY  
JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

---

Cilt / Volume:1

Sayı / Number:1

Aralık / December 2015

---

Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

<http://fbedergi.klu.edu.tr>

e-mail:fbedergi@klu.edu.tr

editor@klu.edu.tr



**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY**  
**MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE**

**Sahibi / Owner**

**Kırklareli Üniversitesi Rektörlüğü Adına / Owner on Behalf of Kırklareli Rectorship**  
Prof. Dr. Mustafa AYKAÇ (Rektör)

**Editör / Editor**

Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR

**Yardımcı Editörler / Associate Editors**

Doç. Dr. Tahir Çetin AKINCI  
Yrd. Doç. Dr. Burak ÖZŞAHİN

**Yayın Kurulu / Editorial Board**

Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR  
Prof. Dr. A. Sabih ATADAN  
Doç. Dr. Tahir Çetin AKINCI  
Doç. Dr. K. Burak BOZDOĞAN  
Doç. Dr. Meryem ÇAMUR  
Doç. Dr. Serpil AKÖZCAN  
Doç. Dr. Süleyman ÇÖREKÇİ  
Yrd. Doç. Dr. Burak ÖZŞAHİN

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editing Manager**

Kenan SEZEN

**İnternet Adresi / Web Address**

<http://fbedergi.klu.edu.tr>

**Yazışma Adresi / Correspondence Address**

Kırklareli Üniversitesi Kavaklı Yerleşkesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü  
Değirmencik Yolu Üzeri Kavaklı / Kırklareli  
e-mail:fbedergi@klu.edu.tr  
Tel: 0 (288) 246 15 16  
Fax: 0 (288) 246 16 02

**Baskı / Publisher**

Kırklareli Üniversitesi Matbaası / Kırklareli University Publishing Centre

**Yayın Türü / Publication Type**

Yaygın Süreli Yayın / National Periodical

Yılda iki kez yayınlanır: Haziran, Aralık / Published two issues per year: June, December

Bu sayı 100 adet basılmıştır / This issue published as 100 copies

Basım Tarihi /Printing Date: 15.12.2015



**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY**  
**MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE**

**Danışma Kurulu / Advisory Board**

A. Sabih ATADAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Abdurrahman GÜNER, İstanbul Üniversitesi, İstanbul  
Aleksandar GEORGIEV, Sofya Teknik Üniversitesi, Bulgaristan  
Aliye Aslı ESENPINAR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Asım KURTOĞLU, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Bahtiyar DURSUN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Bülent AKBAŞ, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli  
Bülent ŞENGÖRÜR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Duygu ÖZTÜRK, Ege Üniversitesi, İzmir  
Emrah DOĞAN, Sakarya Üniversitesi, Sakarya  
Erol TÜRKEŞ, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Gökhan GÖKMEN, Marmara Üniversitesi, İstanbul  
Göksel DEMİR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Hasan DEMİR, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ  
İsmail KIYAK, Marmara Üniversitesi, İstanbul  
Kamil KAHVECİ, Trakya Üniversitesi, Edirne  
M. Hakan HOCAOĞLU, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli  
Meryem ÇAMUR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Murat KARAHAN, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya  
Mustafa BİRİNCİ, İnönü Üniversitesi, Malatya  
Kanat Burak BOZDOĞAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Osman KILIÇ, Marmara Üniversitesi, İstanbul  
Osman Nuri UÇAN, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul  
Ramazan ÇAĞLAR, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul  
Serpil AKÖZCAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Süleyman ÇÖREKÇİ, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Tahir Çetin AKINCI, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Vedat ESEN, Arel Üniversitesi, İstanbul  
Veselina Nedeva, Trakia Üniversitesi, Bulgaristan  
Yunus BİÇEN, Düzce Üniversitesi, Düzce  
Yüksel OĞUZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon



KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY  
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

### İçindekiler / Contents

<b>Bahtiyar DURSUN, Gürkan TUNA, Ayşe TUNA;</b> The Role of Hybrid Power Systems to Create Self-Sustaining Smart Homes For The Elderly And Disabled.....	<b>1-11</b>
<b>Saadet Gökçe GÖK, Kadir KILINÇ;</b> Effect of Calcium Nitrate, Triethanolamine and Triisopropanolamine on Compressive Strength of Mortars.....	<b>12-19</b>
<b>Cemile ÖZCAN;</b> Diyarbakır ve Elazığ'da Yol Kenarı ve Kırsal Alandan Toplanan Hatmi Bitkisinin Organoklorlu Pestisit İçeriğinin GC-MS ile Tayini.....	<b>20-29</b>
<b>Orhan ARKOÇ, Burak ÖZŞAHİN;</b> Kentsel Planlamada Jeolojinin Etkisi, Kırklareli Örneği.....	<b>30-40</b>
<b>Burak ÖZŞAHİN, Abdurrahman GÜNER;</b> EPS Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi ile Diğer Yapı Sistemlerinin Kaba Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırılması.....	<b>41-57</b>
<b>Ömer AKGÜN, Aydın AKAN, Hasan DEMİR;</b> Nörodejenaratif Hastalarda Yürüme İşaretlerinin Zaman-Frekans Analizi.....	<b>58-65</b>
<b>Süha YILMAZ;</b> Characterizations of Some Associated and Special Curves to Type-2 Bishop Frame in $E^3$ .....	<b>66-77</b>
<b>Yasin ÜNLÜTÜRK;</b> On Characterizations of Some Special Curves of Spacelike Curves According to the Type-2 Bishop Frame in Minkowski 3-Space.....	<b>78-93</b>

## THE ROLE OF HYBRID POWER SYSTEMS TO CREATE SELF-SUSTAINING SMART HOMES FOR THE ELDERLY AND DISABLED

Bahtiyar DURSUN<sup>1</sup>, Gürkan TUNA<sup>2</sup>, Ayşe TUNA<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> *Department of Energy Systems Engineering, Kirkklareli University, Kirkklareli, Turkey*

<sup>2</sup> *Department of Computer Programming, Trakya University, Edirne, Turkey*

<sup>3</sup> *School of Foreign Languages, Trakya University, Edirne, Turkey*

bahtiyar.dursun@klu.edu.tr, gurkantuna@trakya.edu.tr, aysetuna@trakya.edu.tr

### Abstract:

With the increase in the number of the elderly and due to the disabled' demand for independent living, there is significant interest in smart home technologies which can assist the elderly and disabled to continue living at home with independence and safety. The feasibility and effectiveness of smart home technologies for promoting independence, health, and quality of life have been proved in the literature. In recent years, there is increasing interest from care providers to provide caregiving services for the elderly and disabled in their home environments instead of caring them in assisted-living centres due to a number of reasons including costs. Since caregiving services are provided at specific times, a few times a day or week, smart home technologies can help care providers deploy services which trigger alerts when urgent situations occur. However, due to the cost of caregiving services, maintenance costs of smart home systems, and increasing electric energy consumption, generating electricity from renewable energy sources can play an important role for this objective. In this study, we present an environmentally friendly hybrid power system which automatically chooses its energy source(s) without any user input and give the results of simulation study performed using Homer software. The simulation study proves that the proposed hybrid power system can easily generate electricity required by a smart home.

**Keywords:** Smart homes, renewable energy sources, self-sustainability, the disabled, the elderly.

\*Corresponding author. Tel: +90-284-2251395; fax: +90-284-2126067;  
e-mail: [aysetuna@trakya.edu.tr](mailto:aysetuna@trakya.edu.tr)

## Hibrid Güç Üretim Sistemlerinin Yaşlı ve Engelli Bireyler için Kendi Kendine Yetebilen Akıllı Evler Gerçekleştirmede Önemi

### Özet:

Yaşlı sayısındaki artış ve engellilerin bağımsız yaşam talepleri nedeniyle, yaşlılara ve engellilere evde bağımsız ve güvenli bir şekilde yaşamlarını devam ettirmeleri için yardımcı olabilen akıllı ev teknolojilerine büyük bir ilgi vardır. Literatürde akıllı ev teknolojilerinin bağımsızlık, sağlık ve yaşam kalitesini arttırmadaki yapılabirliği ve etkililiği ispatlanmıştır. Son yıllarda, bakım sağlayıcılar tarafından maliyetleri de içinde bulunduran birçok nedenden dolayı yaşlıların ve engellilerin yaşam merkezlerinde bakımlarının sağlanması yerine kendi ev ortamlarında bakım hizmetlerinin sağlanmasına yönelik artan bir ilgi vardır. Bakıcı hizmetleri belirli zamanlarda sağlanmış olması nedeniyle, günde ya da haftada birkaç kez, akıllı ev teknolojileri bakım sağlayıcılara acil durumlar meydana geldiğinde alarmları harekete geçiren hizmetlerin dağıtılmasıyla yardımcı olabilir. Ancak, bakım hizmetlerinin maliyeti, akıllı ev teknolojilerinin bakım maliyetleri ve artan elektrik enerjisi tüketiminden dolayı, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji bu amacın gerçekleştirilebilmesi için önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, herhangi bir kullanıcı girişi olmadan otomatik olarak enerji kaynağını seçen çevre dostu hibrid güç sistemini ve Homer yazılımını kullanarak gerçekleştirilen benzetim çalışmasının sonuçlarını sunuyoruz. Benzetim çalışması, önerilen hibrid güç sisteminin akıllı ev için gerekli elektriği kolaylıkla üretebildiğini kanıtlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı evler, yenilenebilir enerji kaynakları, kendi kendine yetebilirlik, engelliler, yaşlılar.

## **1 INTRODUCTION**

With the rapid population ageing occurring worldwide, there is significant interest in smart technologies which can assist the elderly to continue living at their homes with safety and independence. Most elderly people are not strong enough and therefore prone to accidents. Similarly, disabled individuals are handicapped and therefore cannot perform some movements. Although living in an assisted-living facility may seem attractive, it costs a great deal amount per year and some families cannot afford this. In addition, most of the elderly and disabled individuals prefer living in their homes instead of living in assisted-living facilities.

In recent years, with the advances in information and communications technologies, reliable remote monitoring of the elderly and disabled has become practically and easily available. Therefore, it is now possible to remotely monitor a disabled or old individual and in case of an alert immediate help can be provided by the healthcare provider. In this regard, with their novel features and technological solutions, smart homes can greatly help the elderly and disabled without interrupting their daily lives and making them feel uncomfortable. Smart homes not only provide services for the specific needs of the elderly and disabled but also can help healthcare providers or caregiving providers to improve the quality of their services.

Smart home systems can be easily installed using a set of electronic components with different functions, which are mostly invisible or barely visible [1, 2] to increase the acceptance level. Smart homes generally require noncomplex and inexpensive maintenance. Smart home systems rely on intelligent monitoring software to monitor and control household appliances, collect data from a group of sensors and detectors, recognize the monitored individual's activity pattern, and finally interpret all the essential activities. They typically provide security features, automated timers, warnings and alerts, emergency assistance systems, and fall prevention features [1]. To sum up, with their unique features and advantages, smart homes offer safety, security and independence to the elderly and disabled, and enable the family members and relatives to monitor them remotely.

Self-sustainability is the ability of a system to sustain itself independently without external support. Since one of the most important needs of smart homes is electricity and smart homes designed according to the specific needs of the elderly and disabled include more electronic components, the use of renewable energy sources for electricity generation can

greatly help the householders. Accordingly, in this paper, we review the use of hybrid power systems to provide sustainable smart houses for the elderly and disabled and present its benefits. The rest of the paper is organized as follows. Smart homes and their components are reviewed in Section 2. Section 3 explains the proposed hybrid power system and presents a simulation study carried out to prove the efficiency of the proposed system. Finally, the paper is concluded in Section 4.

## **2 SMART HOMES FOR THE ELDERLY AND DISABLED**

A smart home basically consists of a display acting as the control panel, a group of wireless/wired sensors, a group of audio-visual systems, entrance security system, a remote management tool, and an intelligent self-learning software-based system supported by machine learning algorithms and analytics [1-5]. Some smart home systems also include the ability of monitoring fire and water leakage. Smart homes designed for the elderly and disabled also include distributed motion detectors to monitor movements inside the home, track the status of stovetops and water faucets, and recognize the use of household appliances.

The main aim of smart home systems is to collect information on monitored individuals' daily activity levels in order to learn personal patterns. This way, it is possible to generate alerts and enable taking immediate actions when monitored patterns deviate from the norm patterns [5-10]. In sum, with its state-of-the-art sensor technologies, advanced software tools and self-learning intelligent care solutions, smart homes can take some of the worry off by providing remote monitoring ability to family members of the elderly and disabled.

Since it is aimed to deploy smart home systems rapidly without much disturbance, alterations and damage in home environments, wireless communications technologies can enable sensors to communicate with the smart home systems. Although there are many competitive wireless communications technologies, with its superior features, ZigBee has become de facto standard for smart home systems [11]. Typical major requirements of smart home systems are as follows [2]:

- Smart home systems must be flexible, scalable and open to improvements.
- Sensors to be deployed must be small-sized so that they can be completely invisible.
- Sensors must be highly precise and accurate.
- A set of analyses must be conducted to foresee abnormal situations.



### 3 PROPOSED HYBRID POWER SYSTEM

Considering the fact that smart homes designed for the elderly and disabled involve more electronic components and it is desirable to reduce electricity costs, the proposed hybrid power system can be of great help. On the other hand, the operations of smart home electrical appliances preferred in smart home homes are generally scheduled for specific time zones. Therefore, electricity generation systems proposed for smart homes must be able to provide the required electricity demand which can be at peak levels sometimes. However, renewable energy sources are not continuously available. Hence, energy storage solutions are required in case of the use of renewable energy sources.

In this paper, we propose a hybrid power system as shown in Figure 1. The proposed hybrid power system consists of a solar panel, a wind turbine, a converter, and a battery to store the excess electricity harvested by the system. The battery stores energy harvested by the solar panel and the wind turbine and is responsible for providing power when the renewable sources are not available. The proposed hybrid power system is supposed to be used in a home in Gebze, Turkey. Accordingly, Figure 2 shows average daily radiation and Figure 3 shows average daily wind speed used in the simulation study. Load demand of the simulated house is shown in Figure 4.

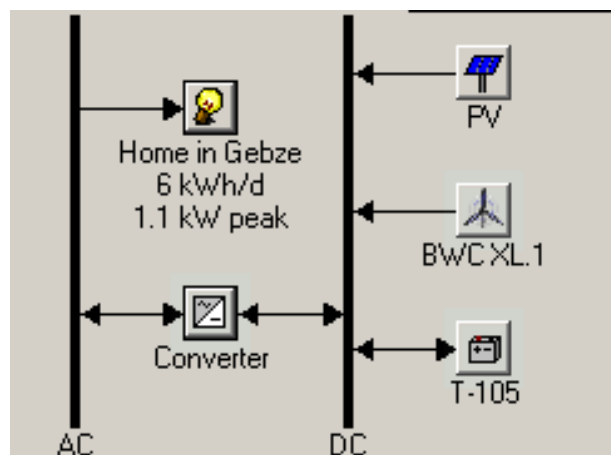


Figure 1: Components of the hybrid power system.

Since solar energy is one of the most abundant renewable energy sources in Turkey, photovoltaic (PV) modules are used in the proposed hybrid power system as one of the power generators. Each PV module in the system is rated at 100 W with a 12 V nominal voltage. However, the PV array can efficiently generate electricity from 6 am to 6 pm. For

economic analysis, the specifications of the PV modules are [12]:

- Each kW of the PV modules costs around \$7200.
- Initial and replacement costs of the PV modules are the same.
- Operating and maintenance costs are assumed to be zero.

Since wind energy is also one of the most abundant renewable energy sources, a wind turbine is used in the proposed hybrid power system as one of the power generators. The wind turbine used in the system is BWC XL.1 with output power capacity 7.5 kW and estimated lifetime of 20 years [13]. While the initial cost is \$19,000, its replacement cost is \$15,000. Additionally, operating and maintaining the wind turbine costs \$200 each year. The storage battery used in the hybrid system is T-105 Deep-Cycle Flooded [14]. Its nominal capacity is 185 Ah with nominal voltage of 6 V. The amount of energy stored in one battery is 1.5 kWh. The battery's initial cost, replacement cost, and operating and maintenance cost is \$1100, \$1000 and \$10 each year, respectively [14]. For converting the generated power to AC, an inverter with rated power 2 kW and an efficiency of 90% is used since the maximum peak load of 1.1 kW per hour must be provided for the house. Like the initial cost, the inverter's replacement cost is \$900 per kW. There is no estimated operating and maintenance cost except for unexpected situations.

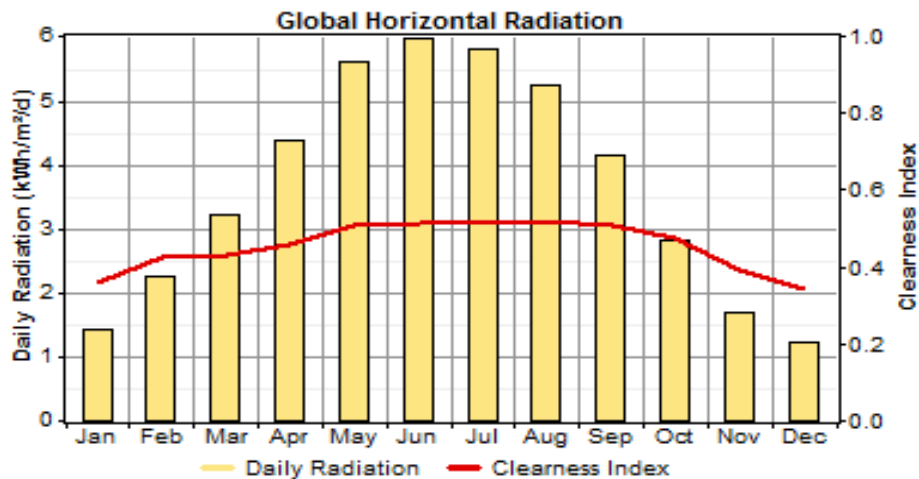


Figure 2: Average daily solar radiation in Gebze [15].

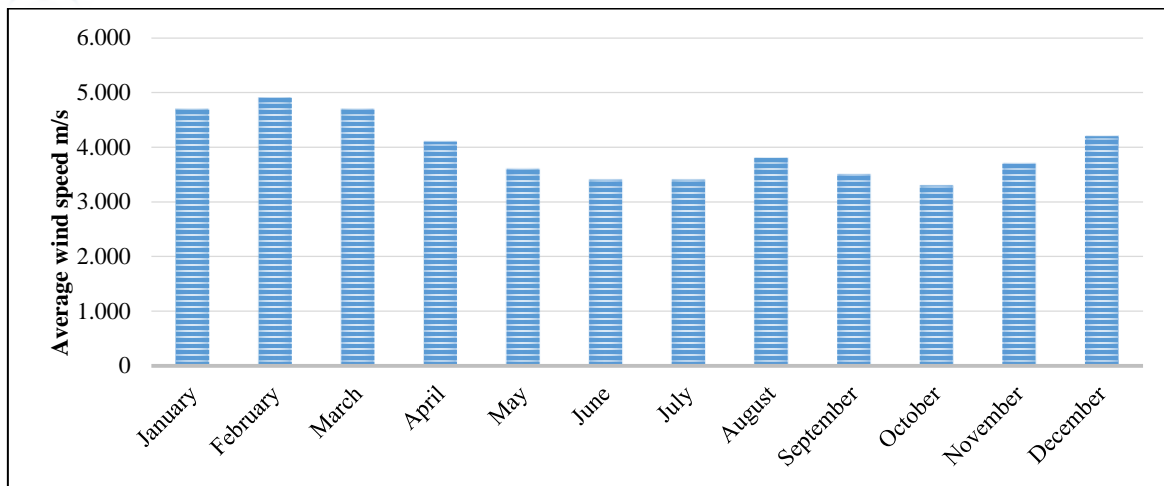


Figure 3: Average monthly wind speed values in Gebze [16].

HOMER [17] basically performs three different tasks, namely simulation, optimization, and sensitivity analysis. For renewable energy sources, HOMER can model the performance of a particular hybrid power system configuration to determine its technical feasibility and life-cycle cost. For optimization goals, it can simulate many different power system configurations to find the best one which satisfies the given technical constraints at the lowest life-cycle cost. Finally, in the sensitivity analysis, it can perform multiple optimizations under a range of input assumptions to gauge the effects of uncertainty in the model inputs in order to reveal how sensitive the outputs are to changes in the inputs. In addition to dealing with uncertainty, the sensitivity analysis can be used to evaluate critical trade-offs such as “How much additional capital investment is required to achieve 100% renewable energy production?” [18, 19].

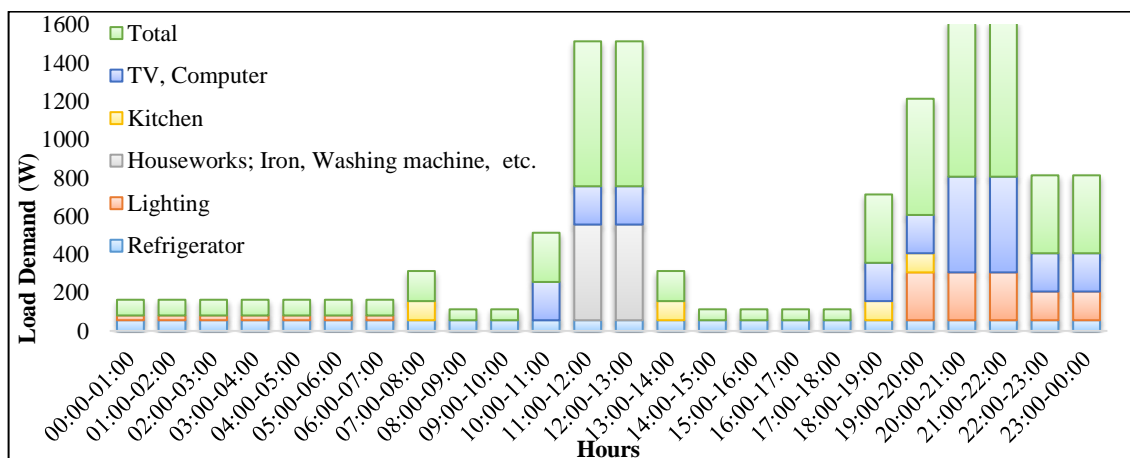


Figure 4: Load demand of the house in Gebze [20].

In the HOMER software, the number of 1kW PV modules varies in the range of 0-3 to determine the most feasible configuration of the hybrid power system. For economic analysis, the number of wind turbines varies in the range of 0-3 kW to determine the most feasible configuration of the hybrid power system. The number of required batteries varies between 10-60 batteries with an increment of 10 batteries. Finally, the number of required converters varies between 0-2 kW. All different configurations of the hybrid power systems proposed for the house whose load demand is shown in Figure 4 are demonstrated in Table 1. As shown in the result of the sensitivity analysis given in Figure 5, the hybrid power system consisting of a PV module, a wind turbine and a battery is the optimal solution since it can efficiently provide the required power under different weather and environmental conditions.

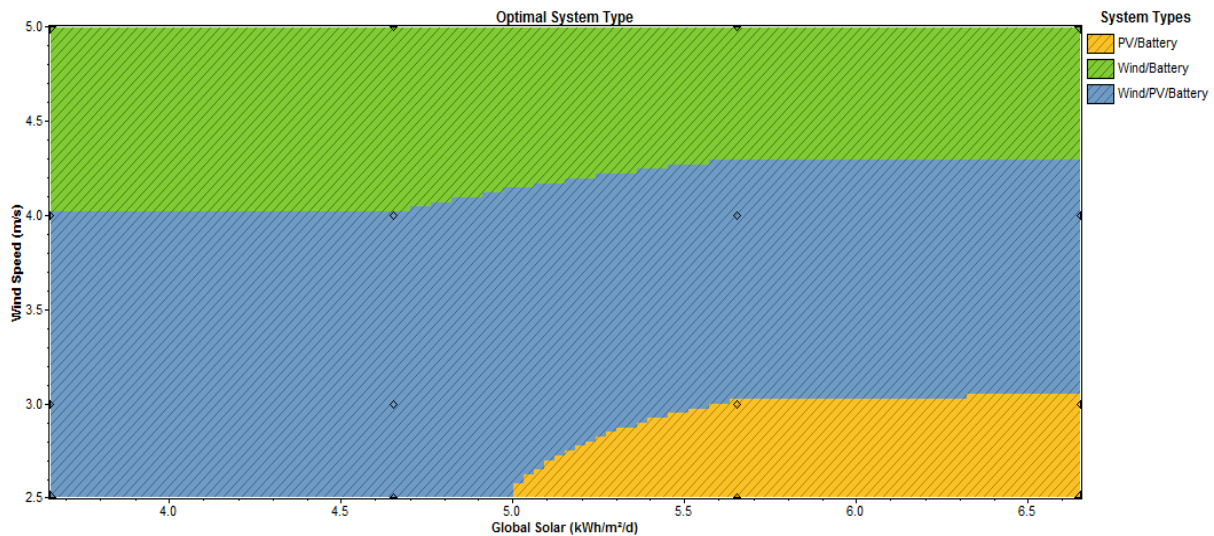


Figure 5: Sensitivity analysis of the hybrid systems: Relationships between wind speed and global solar radiation.

Table 1: Different configurations for the hybrid power system.

Solar (kWh/m <sup>2</sup> /d)	Wind (m/s)	PV (kW)	WT	Batt.	Conv.	Disp Strgy	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren Frac.
3.650	3.000	2	3	20	1	CC	\$23,820	767	\$33,630	1.207	1.00
3.650	2.500	3	3	20	1	CC	\$29,820	821	\$40,316	1.447	1.00
3.650	4.000	1	3	20	1	CC	\$17,820	714	\$26,945	0.964	1.00
3.650	5.000	-	3	20	1	CC	\$11,820	660	\$20,260	0.726	1.00
4.650	3.000	1	3	40	2	CC	\$21,170	945	\$33,256	1.197	1.00
4.650	2.500	2	3	20	1	CC	\$23,820	767	\$33,630	1.207	1.00
4.650	4.000	1	3	20	1	CC	\$17,820	714	\$26,945	0.963	1.00
4.650	5.000	-	3	20	1	CC	\$11,820	660	\$20,260	0.726	1.00
5.650	3.000	2	-	30	1	CC	\$20,520	675	\$29,143	1.048	1.00
5.650	2.500	2	-	30	1	CC	\$20,520	675	\$29,143	1.048	1.00
5.650	4.000	1	3	10	1	CC	\$16,620	663	\$25,101	0.902	1.00
5.650	5.000	-	3	20	1	CC	\$11,820	660	\$20,260	0.726	1.00
6.650	3.000	2	-	20	1	CC	\$19,320	589	\$26,847	0.965	1.00
6.650	2.500	2	-	20	1	CC	\$19,320	589	\$26,847	0.965	1.00
6.650	4.000	1	3	10	1	CC	\$16,620	662	\$25,083	0.900	1.00
6.650	5.000	-	3	20	1	CC	\$11,820	660	\$20,260	0.726	1.00

#### 4 CONCLUSION

In the last decade, the number of elderly population and the demand of the disabled for independent living have increased significantly. Therefore, new models of caregiving services which employ sensor and network technologies have been developed including supported self-care and home-based services. Equipped with a set of technological solutions, a smart home provides services which enhance human way of living in terms of many aspects, most importantly entertainment, safety, and security. For the elderly and disabled, a smart home means maintaining living independently in the homes and still in control of the healthcare providers.

Since it is known that expenditures increases severely on long-term care, smart home services are valuable tools for healthcare providers and offer many benefits to the families. To compensate the increase in the expenditures, one of the ways is to reduce the electricity, gas and/or water consumption. In this respect, the use of renewable energy sources, such as solar and wind, for electrical energy generation can greatly reduce the consumer’s dependency to the utilities and reduce/eliminate electricity consumption costs. For this aim, this paper presents a hybrid power system consisting of PV energy harvesting, wind energy harvesting, and battery systems. As it is shown with the results of the simulation study, the proposed hybrid power system is sufficient to generate electricity required by a smart home.



## REFERENCES

- [1] Lê, Q., Nguyen H. B. and Barnett, T. “Smart Homes for Older People: Positive Aging in a Digital World,” *Future Internet*, vol. 4, no. 2, pp. 607-617, 2012.
- [2] Gaddam, A., Mukhopadhyay, S. C. and Gupta, G. S. “Towards the Development of a Cognitive Sensors Network Based Home for Elder Care,” *6th International Conference on Wireless and Mobile Communications*, 2010, pp. 484-491.
- [3] Moutacalli, M. T., Marmen, V., Bouzouane, A. and Bouchard, B. “Activity Pattern Mining using Temporal Relationships in a Smart Home,” *IEEE Symposium on Computational Intelligence in Healthcare and e-health (CICARE)*, 2013, pp. 83-87.
- [4] Manley, E. D. and Deogun, J. S. “Location Learning for Smart Homes,” *21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (AINAW'07)*, 2007.
- [5] Wang, J., Zhang, Z., Li, B., Lee, S. and Sherratt, R. S. “An Enhanced Fall Detection System for Elderly Person Monitoring,” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 60, no. 1, pp. 23-29, 2014.
- [6] Jalal, A., Uddin, M. Z. and Kim, T.-S. “Depth Video-based Human Activity Recognition System Using Translation and Scaling Invariant Features for Life Logging at Smart Home,” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 58, no. 3, pp. 863-871, 2012.
- [7] Jovanov, E., Lords, A., Raskovic, D., Cox, P., Adhami, R. and Andrasik, F. “Stress monitoring using a distributed wireless intelligent sensor system,” *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, vol. 22, no. 3, pp. 49-55, 2003.
- [8] Jalal, A. and Kamal, S. “Real-Time Life Logging via a Depth Silhouette-based Human Activity Recognition System for Smart Home Services,” *Proc. 11th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)*, 2014, pp. 74-80.
- [9] Son, Y. -S., Jo, J., Park, J. -H. and Pulkkinen, T. “Diabetic Patient Care using Home User Activity Recognition,” *ICTC 2013*, 2013, pp. 191-196.
- [10] Suryadevara, N. K. and Mukhopadhyay, S. C. “Wireless sensors network based safe home to care elderly people: A realistic approach,” *2011 IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS)*, 2011, pp. 1-5.

- [11] The ZigBee Alliance. [ONLINE]. Available at: <http://www.zigbee.org> [Accessed 24 October 2015].
- [12] CPVM - 100W Solar Panel -100W 12V Crystalline PV Module. [ONLINE]. Available at: [http://www.cdtsolar.com/100\\_watt](http://www.cdtsolar.com/100_watt) [Accessed 22 October 2015].
- [13] BWC XL.1 Wind turbine specifications. [ONLINE]. Available at: <https://www.altestore.com/mmsolar/others/XL1Brochure.pdf> [Accessed 22 October 2015].
- [14] T-105 with Bayonet Cap. [ONLINE]. Available at: [http://www.trojanbattery.com/pdf/datasheets/T105\\_Trojan\\_Data\\_Sheets.pdf](http://www.trojanbattery.com/pdf/datasheets/T105_Trojan_Data_Sheets.pdf) [Accessed 22 October 2015].
- [15] YEGM, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, GEPA atlas. [ONLINE]. Available at: <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/gunes.aspx> [Accessed 24 October 2015].
- [16] Gokcol, C., Sunan, E. and Dursun, B. “Rüzgar Enerjisi ile Gebze’de Bir Evin Elektrik İhtiyacının Karşılanması,” *Proc. ELECO 2008 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, 2008.
- [17] HOMER Energy. [ONLINE]. Available at: <http://www.homerenergy.com/> [Accessed 22 October 2015].
- [18] Lambert, T., Gilman, P., and Lilienthal, P. “Micropower system modeling with HOMER,” in *Integration of Alternative Sources of Energy*, Farret, F. A. and Simoes, M. G. (Eds.), John Wiley & Sons Inc.: USA, 2006, pp. 379-418.
- [19] Gokcol, C. And Dursun, B. “A comprehensive economical and environmental analysis of the renewable power generating systems for Kırklareli University, Turkey,” *Energy and Buildings*, vol. 64, pp. 249-257, 2013.
- [20] Dursun, B. and Gokcol, C. “Economic analysis of a wind-battery hybrid system: an application for a house in Gebze, Turkey, with moderate, wind energy potential,” *Turk J Elec Eng & Comp Sci*, vol. 20, no. 3, pp. 319-333, 2012.

# EFFECT OF CALCIUM NITRATE, TRIETHANOLAMINE AND TRIISOPROPANOLAMINE ON COMPRESSIVE STRENGTH OF MORTARS

Saadet Gökçe GÖK<sup>1\*</sup>, Kadir KILINÇ<sup>2</sup>

<sup>1-2</sup>Kirkklareli University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Kirkklareli, Turkey

## Abstract:

Chemical admixtures are used in concrete for various purposes such as water reducing, plasticizing, air entraining, bonding, viscosity modifying, colouring, corrosion inhibiting, permeability reducing, accelerating or retarding the initial setting time, and shrinkage reducing. The use of chemical admixtures in concrete helps to improve workability of fresh concrete and durability properties of hardened concrete as well as reducing the total cost of concrete production. In this study, three different types of chemical raw materials (calcium nitrate, triethanolamine-TEA and triisopropanolamine-TIPA) were used in the production of chemical admixtures, which were used in mortars with two different cement compositions. 7-day and 28-day compressive strengths of mortars were determined and it was found that TIPA has the greatest effect on increasing the compressive strength within these three chemicals.

**Keywords:** Accelerating admixture, antifreeze, chemical admixture

## Özet:

Betonda kimyasal katkıları; su azaltma, plastikleştirme, hava sürüklenme, bağlama, viskozite düzenleme, renklendirme, korozyon önleme, geçirimsizlik azaltma, priz hızlandırma ya da geciktirme, rötre azaltma gibi çeşitli amaçlarla kullanılır. Betonda kimyasal katkı kullanımı taze betonda işlenebilirliği arttırmaya, sertleşmiş betonda dayanıklılık özelliklerini iyileştirmeye ve beton üretiminde toplam maliyeti azaltmaya yardımcı olur. Bu çalışmada üç çeşit kimyasal katkı hammaddesi (kalsiyum nitrat, TEA ve TİPA) kullanılmış ve elde edilen katkıları ile iki farklı bileşimdeki çimento kullanılarak harç üretilmiştir. Harçların 7 ve 28 günlük basınç dayanımları belirlenmiş ve bu üç kimyasal arasında TİPA'nın basınç dayanımı arttırma üzerindeki etkisinin en fazla olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Priz hızlandırıcı, antifriz, kimyasal katkı

\* Corresponding author. S. G. Gök, e-mail: saadet.gokce.gok@klu.edu.tr



## 1. INTRODUCTION

Due to hydration is an exothermic chemical reaction, temperature affects the rate of strength gaining of concrete. In cold weather, hydration gets slower, setting time increases and concrete strength gaining rate decreases. The ambient temperature has an important influence on concrete at early ages. To eliminate negative effects of low ambient temperatures, the adequate precautions must be taken and freezing of fresh concrete should be prevented. Using an accelerating admixture, which accelerates setting and/or hardening of concrete by accelerating the hydration of cement, is an alternative solution in cold weather concreting.

Cold weather is described in ACI 306 as “a period when for more than three successive days the average daily air temperature drops below 40 degrees Fahrenheit (4.4°C) and stays below 50 degrees Fahrenheit (10°C) for more than one-half of any 24 hour period”. In this period, concrete should be prevented from freezing until it gains a minimum compressive strength of 3.5 MPa [1].

In order to prevent freezing of concrete, accelerating and anti-freezing admixtures, which are added before or during mixing of concrete and decrease the freezing point of the composition, are used. Accelerating admixtures may have compounds of soluble inorganic salts (alkali and alkali earth salts of hydroxide, chloride, bromide, fluoride, nitrite, nitrate, carbonate, thiocyanate, sulphate, thiosulphate, perchlorate, silicate, aluminate) or organic salts (carboxylic and hydroxycarboxylic acids and their salts, and alkanolamines) [2].

Silicate minerals, cementitious materials, finely ground magnesium and calcium carbonates are used in accelerators as insoluble solid compounds in a limited range [3].

Calcium nitrate is a soluble inorganic chemical raw material used in accelerating admixtures with antifreeze characteristics. Although calcium chloride is a better accelerator, it has significant corrosion hazards in reinforced concrete structures and nitrates are used as an alternative of chloride-based accelerators. In recent studies, it has been found that calcium nitrate has an important effect on early age compressive strength; by accelerating setting and hardening of concrete, desired setting time, compressive strength and other properties can be achieved in cold weather and negative effects of internal freezing can be eliminated [4].

Triethanolamine (TEA,  $N(CH_2CH_2OH)_3$ ) is a soluble organic compound with compensating properties for the retarding effect of some plasticizers and is the most commonly known of

alkanolamines, which are used in accelerator blends or infrequently alone [2].

TEA can accelerate or retard the reaction of cement depending upon its dosage; it accelerates  $C_3A$  hydration kinetics while retarding the hydration of  $C_3S$  [5]. Hewlett found out at dosages higher than 0.5 % by weight of cement, TEA leads to retardation of  $C_3S$  hydration; though at low dosages (0.1-0.5 %) it accelerates the hydration of  $C_3A$  [5]. TEA causes a decrease on compressive strength of concrete with ordinary Portland cement, but it behaves differently with blast furnace cements, as the rate of reaction of gypsum with slag, correspondingly hydration kinetics is accelerated in the presence of lime [6]. It has been concluded that TEA has no significant effect on early age compressive strength of mortars made with plain Portland cement, but it provides an increment on early strength of mortars made with fly ash/cement [7].

Chemical admixtures containing triisopropanolamine (TIPA) are used as setting and hardening accelerators. The strength development acquired with use of TIPA changes with the quantity of ferrite ( $C_4AF$ ) phase of clinker minerals [8]. The hardening accelerating performance of TIPA is greater than TEA [9]. Sandberg and Doncaster found out TIPA provides a strength improvement in both hydrated Portland cement paste and mortar, and the strength enhancement is not dependent on an interfacial transition zone mechanism [10].

In this research, examining and comparing the compatibility, effectiveness and contribution to strength development of calcium nitrate, TEA and TIPA have been aimed and experiments have been carried out with two different cement compositions.

## **2. EXPERIMENTAL STUDY**

In this experimental study, two different company Portland cement (CEM I 42.5 R) was used. The effects of calcium nitrate, TEA, and TIPA on compressive strength at the ages of 7 and 28 days were examined according to procedures described in TS EN 12390 [11]. Effects of combined use of calcium nitrate with TEA and TIPA were also discussed. Mortar mix design for TRACIM company cement and LIMAK company cement were shown in Table 1 and Table 2, respectively. Calcium nitrate was used at dosage 1 % by weight of cement, TEA 0.05 % and TIPA 0.05 %.

**Table 1.** Mortar mix design for TRACIM Company Cement.

Mixtures	Cement (g)	Water (g)	Natural Sand (g)	Crushed Sand (g)	Calcium Nitrate (g)	TEA (g)	TIPA (g)
TR*	450	225	675	675	0.000	0.000	0.000
TCN	450	225	675	675	4.500	0.000	0.000
TTEA	450	225	675	675	0.000	0.225	0.000
TTIPA	450	225	675	675	0.000	0.000	0.225
TCN+TEA	450	225	675	675	4.500	0.225	0.000
TCN+TIPA	450	225	675	675	4.500	0.000	0.225

\*R: Reference mixture.

**Table 2.** Mortar mix design for LIMAK Company Cement.

Mixtures	Cement (g)	Water (g)	Natural Sand (g)	Crushed Sand (g)	Calcium Nitrate (g)	TEA (g)	TIPA (g)
LR*	450	250	675	675	0.000	0.000	0.000
LCN	450	250	675	675	4.500	0.000	0.000
LTEA	450	250	675	675	0.000	0.225	0.000
LTIPA	450	250	675	675	0.000	0.000	0.225
LCN+TEA	450	250	675	675	4.500	0.225	0.000
LCN+TIPA	450	250	675	675	4.500	0.000	0.225

\*R: Reference mixture.

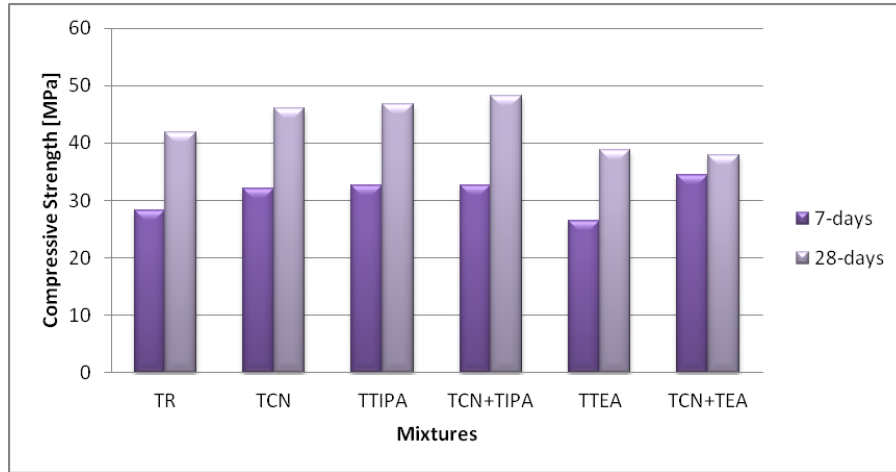
### 3. RESULTS AND DISCUSSION

The effect of accelerators on compressive strength of mortars prepared with TRACIM company cement at the ages of 7 and 28 days was shown in Table 3 and graphically shown in Figure 1.

**Table 3.** 7 and 28-day compressive strengths of mortars produced with TRACIM company cement.

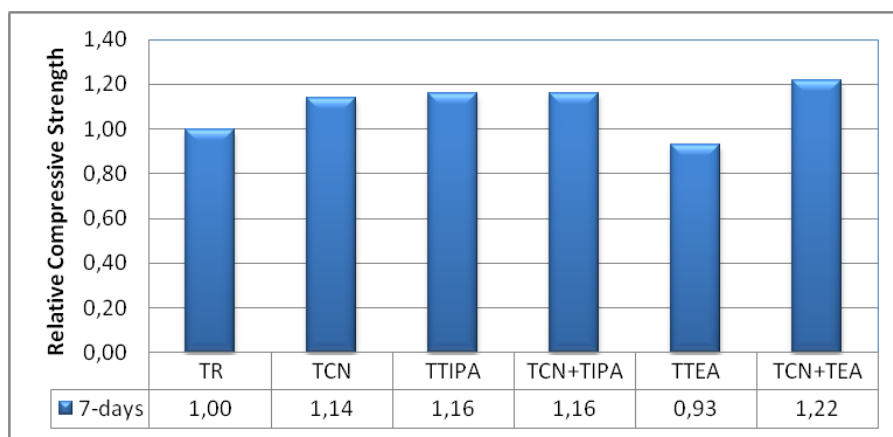
Mixtures	Compressive strengths at the ages of 7 and 28 days (MPa)	
	7 days	28 days
TR*	28.21	41.78
TCN	32.06	46.10
TTIPA	32.60	46.79
TCN+TIPA	32.64	48.30
TTEA	26.36	38.70
TCN+TEA	34.46	37.85

\*R: Reference mixture.

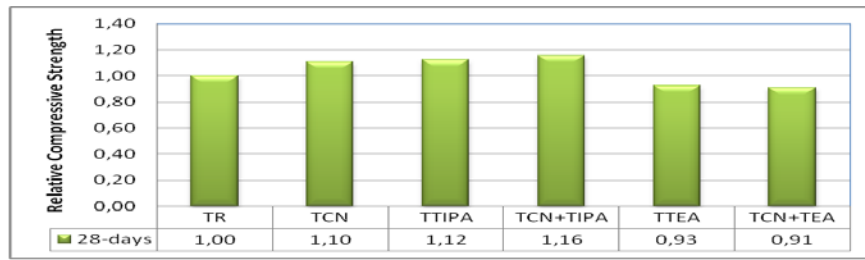


**Figure 1.** Effect of accelerators on compressive strength of mortars prepared with TRACIM company cement at the ages of 7 and 28 days.

Relative compressive strength of mortars with TRACIM company cement at the ages of 7 and 28 days were shown in Figure 2 and Figure 3, respectively. It has been observed that calcium nitrate provided 14 % increment of compressive strength at the age of 7-days, while TI-PA provided 16 %. Using TIPA alone or with calcium nitrate gave the same result from the point of 7-day compressive strength. TEA caused 7 % decrement on compressive strength, however, if it was used with calcium nitrate 22 % increment on 7-day compressive strength has been observed. At later ages, TEA caused a decrement on compressive strength of mortars prepared with ordinary Portland cement. It has been found that TIPA has a significant effect on early-age compressive strength of mortars.



**Figure 2.** Relative compressive strength of mortars with TRACIM company cement at the age of 7-days.



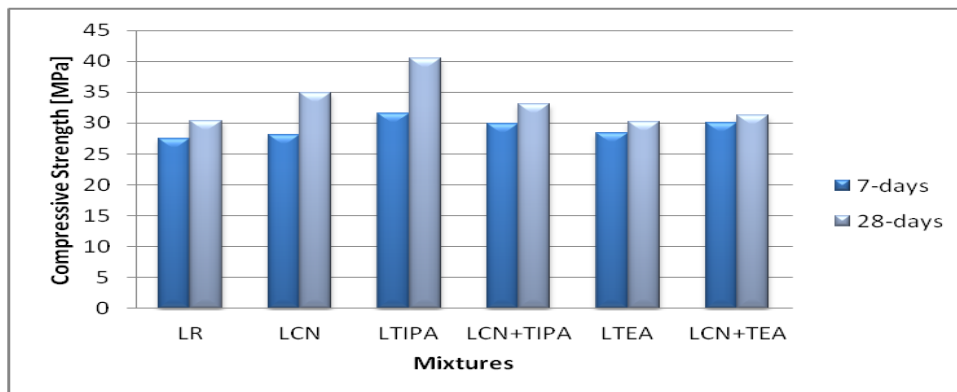
**Figure 3.** Relative compressive strength of mortars with TRACIM company cement at the age of 28-days.

The effect of accelerating chemicals on compressive strength of mortars prepared with LIMAK company cement at the ages of 7 and 28 days was given in Table 4 and graphically shown in the Figure 4.

**Table 4.** 7 and 28-day compressive strengths of mortars produced with LIMAK company cement.

Mixtures	Compressive strengths at the ages of 7 and 28 days (MPa)	
	7 days	28 days
LR*	27.44	30.31
LCN	28.11	34.94
LTIPA	31.57	40.47
LCN+TIPA	29.91	33.09
LTEA	28.37	30.27
LCN+TEA	30.11	31.33

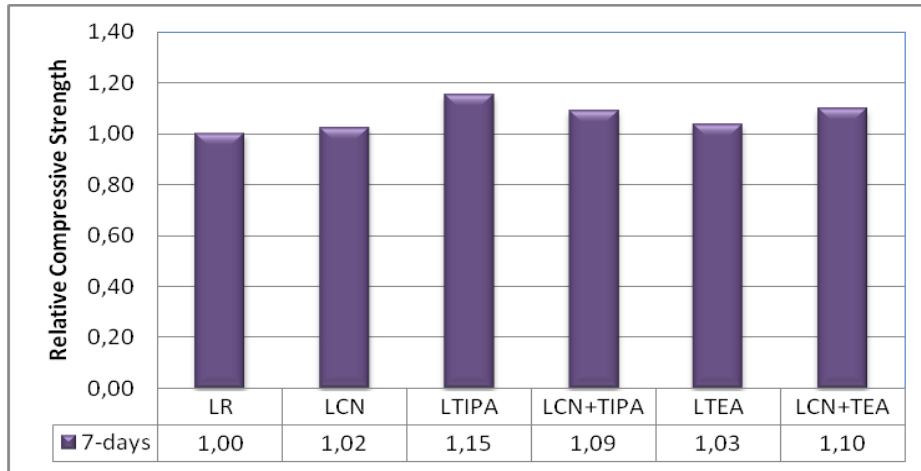
\*R: Reference mixture.



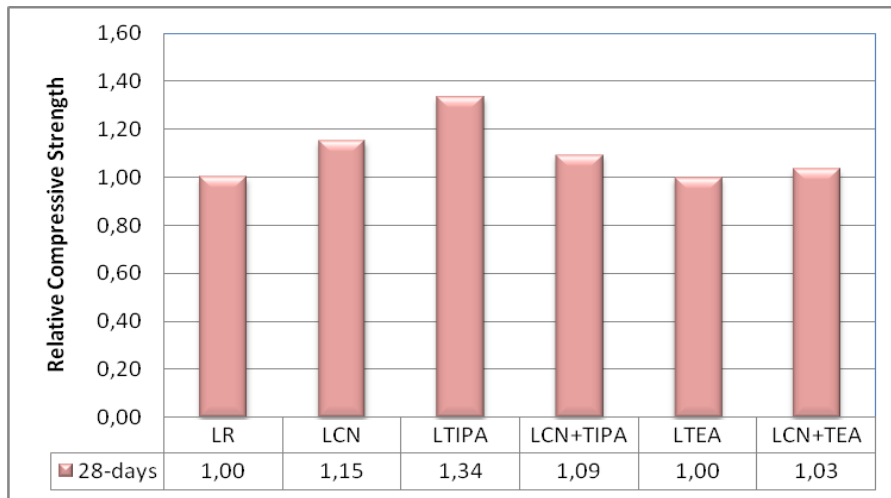
**Figure 4.** Effect of accelerators on compressive strength of mortars prepared with LIMAK company cement at the ages of 7 and 28 days.

Relative compressive strength of mortars with LIMAK company cement at the ages of 7 and 28 days were presented in Figure 5 and Figure 6, respectively. It has been observed that cement composition made the difference. In this case, TEA affected strength gaining positive-

ly at both early and later ages. Moreover, TIPA provided the highest increment on compressive strength.



**Figure 5.** Relative compressive strength of mortars with LIMAK company cement at the age of 7-days.



**Figure 6.** Relative compressive strength of mortars with LIMAK company cement at the age of 28-days.

#### 4. CONCLUSION

As a consequence, it has been found that TEA’s effect is dominant at later ages from the point of compressive strength of mortar made with ordinary Portland cement. In this experimental study, it has been observed that TIPA is effective on compressive strength at both earlier and

later ages. Besides, it has been resulted that TIPA has the greatest effect on increasing the compressive strength within these three chemicals. This is a beneficial outcome for companies producing accelerating admixtures.

## 5. SYMBOLS

CN: Calcium nitrate

TEA: Triethanolamine

TIPA: Triisopropanolamine

## REFERENCES

- [1] ACI Committee 306, ACI 306R-10, 2010. "Guide to Cold Weather Concreting", American Concrete Institute, Detroit, Michigan.
- [2] Myrdal, R., 2007. "Accelerating admixtures for concrete", SINTEF Report, Norway. ISBN: 978-82-536-0989-8.
- [3] ACI 212.3R-04, 2004. "Chemical Admixtures for Concrete", The American Concrete Institute, Committee Report, Detroit, Michigan.
- [4] Karagöl, F., Demirboğa, R., Kaygusuz, M. A., Yadollahi, M. M., Polat, R., 2013. The influence of calcium nitrate as antifreeze admixture on the compressive strength of concrete exposed to low temperatures, *Cold Regions Science and Technology*, 89, pp. 30-35.
- [5] Hewlett, P. C., 1998. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, Fourth Edition, Arnold, London, pp. 837-901.
- [6] Ramachandran, V. S., 1995. *Concrete Admixtures Handbook*, Second edition, pp. 185-285.
- [7] Heinz, D., Göbel, M., Hilbig, H., Urbonas, L., Bujauskaite, G., 2010. Effect of TEA on fly ash solubility and early age strength of mortar, *Cement and Concrete Research*, 40, pp. 392-397.
- [8] Ichikawa, M., et al., 1997. Effect of Triisopropanolamine on Hydration and Strength Development of Cements with Different Character, Proceedings 10th International Congress on the Chemistry of Cement, Gothenburg (Edited by H Justnes), Sweden, June 2-6.
- [9] Aggoun, S., et al., 2008. Effect of some admixtures on the setting time and strength evolution of cement pastes at early ages, *Construction and Building Materials*, 22, pp. 106-110.
- [10] Sandberg, P. J., Doncaster, F., 2004. On the mechanism of strength enhancement of cement paste and mortar with triisopropanolamine, *Cement and Concrete Research*, 34, pp. 973-976.
- [11] TS EN 12390, 2002. "Testing hardened concrete", Turkish Standards Institution, Ankara.

# DİYARBAKIR VE ELAZIĞ'DA YOL KENARI VE KIRSAL ALANDAN TOPLANAN HATMI BİTKİSİNİN ORGANOKLORLU PESTİSİT İÇERİĞİNİN GC-MS İLE TAYİNİ

Cemile ÖZCAN\*

\*Kırklareli Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kırklareli, Türkiye.

**Özet:** Bu çalışmada, Diyarbakır ve Elazığ'da yol kenarı ve kırsal alandan toplanan beyaz çiçekli hatmi bitkisindeki olması muhtemel toksik ve biyoakümülyasyon özelliği olan organoklorlu pestisit içeriği GC-MS (gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi) cihazı kullanılarak tayin edilmiştir. Toplanan bitki örnekleri QuEChERS metodu kullanılarak analize hazır hale getirilmiştir. GC-MS'de 70 eV iyonlaşma enerjisi kullanılarak, akış hızı 1 ml/dk, enjeksiyon hacmi 1 µl olarak belirlenmiştir. Organoklorlu pestisitler için LOD, LOQ ve %RSD değeri sırasıyla; 0.02 ile 18.9 µg/L, 0.06 ile 63 µg/L, 2.4 ile 8.9 arasında bulunmuştur. Sonuçta, Diyarbakır ilinden toplanan yol kenarındaki hatmi bitkisi örneklerinin pestisit konsantrasyonu genel olarak Elazığ ilinden toplanan örneklerden daha yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. Her iki ilde kırsal alandan toplanan bitki örneklerindeki alpha-Endosulfan konsantrasyonu tayin sınırının altında tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hatmi, GC-MS, organoklorlu pestisitler, biyoakümülyasyon.

**Abstract:** In this study, in the white flowering alcea sp. collected in roadside and rural areas in Diyarbakir and Elazig were determined to content of Organochlorine pesticides having possible toxic and bioaccumulation feature by GC-MS (gas chromatography-mass spectroscopy). Collected plant samples were get ready for analysis using QuEChERS method. İonization energy, flow rate and injection volume were determined 70 eV, 1 ml/min and 1 ml, respectively. The LOD, LOQ and RSD% value of organochlorine pesticides were found among 0.02 to 18.9 µg/L, 0.06 to 63 µg/L and 2.4 to 8.9. As a result, the concentration of pesticides of alcea sp. in Diyarbakir were found higher concentration from collected alcea sp. in Elazig. Both provinces alpha-endosulfan concentration in plant samples collected from the rural areas were detected below detection limit.

**Keywords:** Alcea sp., GC-MS, organochlorine pesticides, bioaccumulation .

---

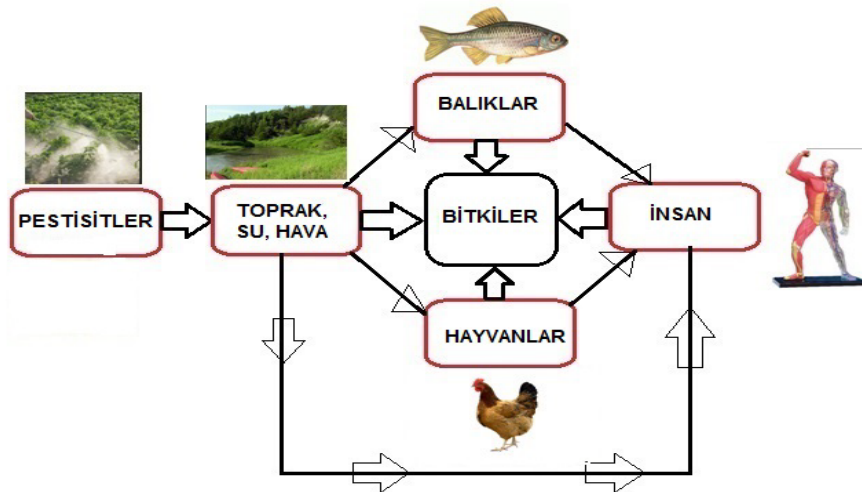
\* **Adres:** Kırklareli Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kırklareli, Türkiye, Telefon: +90 288 2461734; Faks: +90 288 2461733 [cemilebal.ozcan@klu.edu.tr](mailto:cemilebal.ozcan@klu.edu.tr)



## GİRİŞ

Bitkiler veya bitkisel kaynaklı besinler tatlar, kokular, böcek ilaçları, ilaç ve antimikrobik olarak kullanılabilen yararlı ikincil metabolitlerin zengin kaynaklarıdır. Bitkilerin şifalı bitkiler olarak kullanımı MÖ 3000 yıllarına kadar uzanır. Şifalı bitki olarak kullanılan beyaz hatmi bitkisi ebem gümece familyasından olup, halk arasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Temmuz-ağustos aylarında, pembemsi-beyaz renkli çiçekler açan, 50-150 cm yüksekliğinde, çok senelik, otsu ve tıbbi bir bitkidir. Sulak çayırlar ve dere kenarlarında bulunur. Gövdeleri dik ve tüylüdür. Yaprakları saplı ve çok tüylüdür. Çiçekler, dalların ucundaki yaprakların koltuğunda tek tek veya gruplar halinde bulunur.

Hatmi bitkisinde yararlı organik bileşikler olmasına rağmen bu çalışmada atmosferde taşındığı bilinen [1-3] muhtemel organoklorlu pestisitlerin analizi yapılacaktır. Organoklorlu pestisitler toksik özellikte olup kanser gibi ciddi rahatsızlıklara sebebiyet veren bileşikler grubudur [4]. Çevrede uzun süre aktif kalan, biyolojik birikme özelliği ile ekolojik çevre için büyük tehlike oluşturacak bileşiklerdir. Organoklorlu pestisitler, çevrede uzun süre bozulmadan kalan, lipitte çözünebilir, biyotransformasyonları ve biyolojik parçalanmaları çok yavaş bileşenlerdir. Bu nedenle, çeşitli canlıları da biyomagnifikasyona uğrayarak, besin zinciri ile insana kadar ulaştıkları yapılan çalışmalarla belirlenmiştir [5]. Şekil 1’de pestisitlerin doğadaki döngüsü verilmiştir.



Şekil 1. Pestisitlerin doğadaki döngüsü.

1960'lı yıllara kadar pestisitlerin neden olduğu kirliliğin lokal bir problem olduğu düşünülmekte ve doğada uzun süre kalabilen insektisitlerin taşınımının çok az olduğuna inanılmaktaydı. DDT ve diğer organoklorlu bileşiklerin arktik ve antartik balık ve memelilerin vücudunda bulunması bu görüşü değiştirmiştir. İnsektisitlerin yağışlarla ve rüzgarla hiç ilaçlanmayan alanlara taşındığı ortaya çıkarılmıştır. Günümüzde özellikle atmosferin, insektisitlerin taşınmasında canlı rol oynadığı, ilaçlanan bölgelerden çok uzaklara taşınmasına ve oralarda birikmelere neden olduğu bilinmektedir. Atmosferde bulunan insektisitlerin başında en çok organoklorlu bileşiklerden DDT,  $\alpha$ -HCH,  $\gamma$ -HCH (lindan), heptaklor, dieldrin gelmektedir [6-8].

Bitki örneklerindeki düşük konsantrasyonlu pestisitlerin tayini ve miktar analizi için yüksek duyarlılıklı analitik teknikleri içinde barındıran GC-MS, HPLC-MS, HPLC, GC gibi cihazlar kullanılmaktadır [6-9]. bitkilerdeki pestisitler için mikrodalga, sokslet, süperkritik sıvı ekstraksiyon, vs. en yaygın kullanılan tekniklerin başında gelmektedir. Ayrıca bunların yanında kısa zamanda örneklerin hazırlanması için yararlı metodlar geliştirilmektedir. QuEChERS ("Hızlı (Quick), Kolay (Easy), Ucuz (Cheap), Etkili (Effective), Uygulaması basit (Rugged) ve Güvenilir (Safe)") metodu amaca göre kolayca modifiye edilebilen, hızlı pestisit analizinde kullanılan bir yöntemdir ve daha sonra katı-faz ekstraksiyonuyla (SPE) temizleme ve GC-MS ya da LC-MS/MS ile pestisitlerin tayinine dayanan bir metottur [13-15]. Bu metotla analizi yapılacak bileşenden 1 saat gibi kısa bir sürede veri sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada, Diyarbakır ve Elazığ'da yol kenarı ve kırsal alandan toplanan beyaz çiçekli hatmi bitkisinin organoklorlu pestisit içeriğinin GC-MS cihazı kullanılarak tayini amaçlanmaktadır. Yol kenarı ve kırsal alanda toplanan hatmi bitkisinde organoklorlu pestisit kalıntısı olup olmadığı ve onların arasındaki muhtemel farkların belirlenmesi amaçlanmaktadır.

## MATERYAL VE METOD

Klorlu pestisitlerin kantitatif analizi GC-MS cihazı ile yapılmıştır. Bunun için HP—5 MS IU kapiler kolon (30 m X 250  $\mu$ m X 0.25  $\mu$ m) ve 5975C (Agilent) inert MSD mass dedektöre sahip 7890A (Agilent) model GC-MS cihazı kullanılmıştır. Örnek hazırlama aşamasında TAB 40-WEL marka azot altında uçurma sistemi kullanılmıştır.

Standart olarak kalıntı analizleri için referans materyal olan Dr. Ehrenstorfer organochlorine pesticide Mix 2 (HCH (hexachlorocyclohexane) ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ), Heptachlor, Heptachlor-endo-epoxide, Aldrin (HHDN), Alpha-Endosulfan, 4,4'-DDE, 4,4'-DDD, 4,4'-DDT, Dieldrin, Endrin, beta-Endosulfan, Endrin-aldehyde, Endosulfan-sulfate, Endrin-ketone, Methoxychlor) karışımı kullanılmıştır. Toluen:hekzan (1:1) karışımında 1 ml çözelti 2000 ng/ $\mu$ l olarak alınmıştır. Ana stoktan seyreltmeler yapılarak 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000  $\mu$ g/L'lik standart çözeltiler hekzan içinde hazırlanmıştır. GC-MS için optimizasyon çalışmalarında 100  $\mu$ g/L'lik organo klorlu pestisit standardı kullanılmıştır.

**Bitki Örneğinin Ekstraksiyonu:** Beyaz hatmi örnekleri homojenize haline getirildikten sonra 2 gramlık örnekler 50 ml'lik santrifüj tüpüne alınıp üzerine 10 ml diklormetan eklenmiştir. 1 dakika vortekslenildikten sonra 5 °C ve 5 dakika 7000 rpm'de santrifüjlenmiştir. Organik faz ayrılarak AOAC 2007.01 Ekstraksiyon Kiti eklenmiş ve aynı şartlarda vortekslenmiştir. Süzüntü QuEChERS-dSPE temizleme kolonundan geçirilerek vakum pompası yardımıyla santrifüj tüpüne alınmıştır. Alınan karışım azot altında uçurma sistemi kullanılarak kuruluğa kadar buharlaştırılmıştır. Kuruluğa kadar buharlaştırılan örnek 1 ml hekzan ile çözülerek 0.45  $\mu$ l'lik filtreden geçirilmiş ve viallere alınarak GC-MS'te analiz edilmiştir. Aynı örnek cihaza 5 kez enjekte edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

## SONUÇLAR

Organoklorlu pestisitlerin yaygın kullanımı, insanlar için biyolojik birikime ve toksisiteye sebep olmasından dolayı global bir sorun olmaktadır. Bu nedenle gıda güvenliği ve dünyanın güvenliği için bu toksik maddelerin analizi ve tayini, kirlilik kaynaklarının tespiti büyük önem taşımaktadır.

GC-MS'de 70 eV iyonizasyon enerjiye sahip elektron iyonizasyon sistemi ve taşıyıcı gaz olarak He kullanılmıştır. Akış hızı 1 ml/dk, enjeksiyon hacmi 1  $\mu$ l olarak belirlenmiştir. Kolon fırın sıcaklığı 110 °C'de 5 dk ve dakikada 5 °C yükseltilerek 320 °C'de 8 dk bekletme olarak uygulanmıştır. Uçucu bileşenlerin tespiti için toplam analiz süresi 22 dakika olarak ayarlanmıştır. Klorlu pestisitlerin karakterizasyonu için (SCAN taramada) NIST kütüphanesinden faydalanılmıştır.

18 adet klorlu pestisit standardını içeren mix karışım ile GC/MS'de SCAN tarama yapılmıştır. Daha sonra hazırlanmış olan standart çözeltilerin tümüne SIM taraması uygulanmış ve kalibrasyon grafiği çizilmiştir. Pestisitlerin kolonda tutunma süreleri ve kütle kromatogramlarına göre veri girişi yapılmıştır.

Organoklorlu pestisit standartları kullanılarak çizilen kalibrasyon grafiğinden ve elde edilen verilerden tayin limiti (LOD) ve miktar limiti (LOQ) değerleri hesaplanmıştır. Verilerin güvenilirliği için hesaplanan % göreceli standart sapma (RSD), LOD ve LOQ değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. LOD değeri 0.02 ile 18.9 µg/L, LOQ değeri 0.06 ile 63 µg/L, % RSD değeri 2.4 ile 8.9 arasında bulunmuştur.

**Tablo 1.** Analizi yapılan pestisitlerin %RSD, LOD (µg/L) ve LOQ (µg/L) değerleri.

Pestisit	LOD	LOQ	% RSD
alpha-HCH	0.02	0.06	7.2
beta-HCH	7.53	25.1	8.1
gama-HCH	10.0	33.3	6.6
delta-HCH	0.12	4.05	5.1
Heptachlor	1.24	4.13	5.5
Aldrin (HHDN)	0.71	2.34	4.4
Heptachlor-endo-epoxide	0.66	2.19	7.7
alpha-Endosulfan	1.10	3,66	3.0
4,4'-DDE	0.08	0.25	3.1
Dieldrin	0.09	0.31	3.8
Endrin	0.18	0.60	2.4
beta-Endosulfan	2.01	6.71	4.0
4,4'-DDD	18.9	63.0	8.9
Endrin-aldheyde	2.72	9.07	3.8
Endosulfan-sulfate	0.64	2.14	4.9
4,4'-DDT	1.10	3.66	7.1
Endrin-ketone	0.86	2.84	5.7
Methoxychlor	0.15	0.49	4.1

SCAN modunda pestisitlerin tutunma zamanları ve parçalanma ürünleri belirlenerek SIM modunda kalibrasyon grafikleri çizilmiştir. Hatmi bitkisinin konsantrasyon değerleri bu grafiklere göre hesaplanmıştır. Hesaplanan konsantrasyon sonuçları Tablo 2’ de verilmiştir. Ayrıca, Şekil 2 ve 3’te sırasıyla, Diyarbakır ve Elazığ illerinin kırsal alan ve yol kenarından toplanan beyaz hatmi bitkisi örneklerinin pestisit konsantrasyon grafikleri verilmiştir.

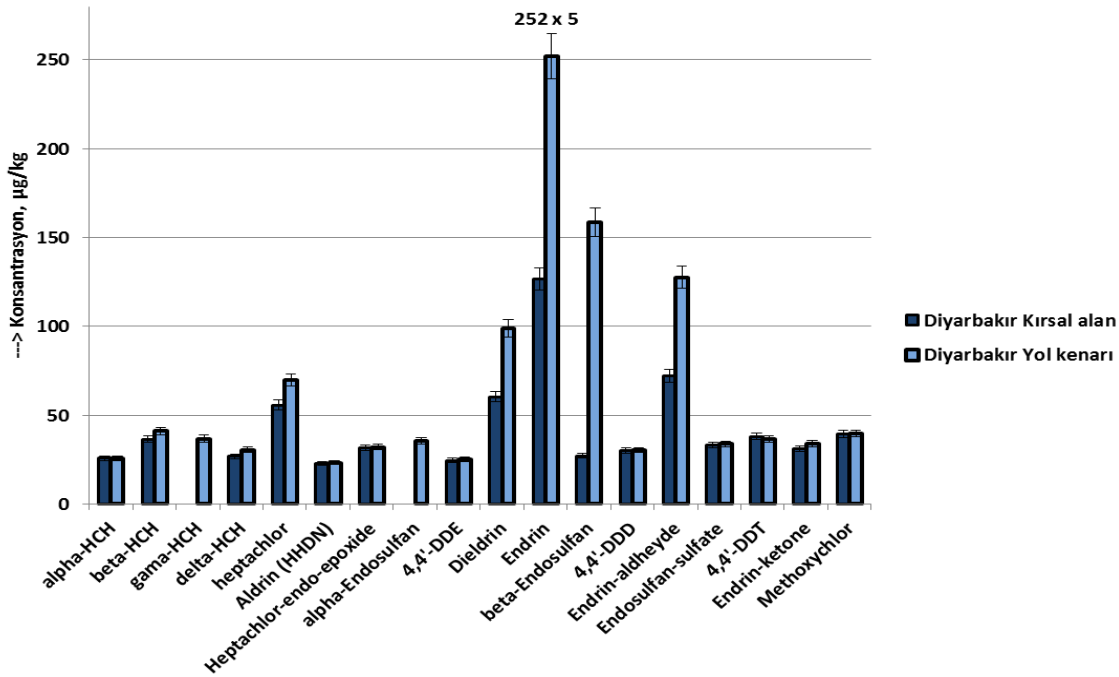
**Tablo 2.** Diyarbakır ve Elazığ'dan toplanan beyaz hatmi bitkisindeki organoklorlu pestisitlerin konsantrasyon değerleri.

Pestisit	Diyarbakır		Elazığ	
	Kırsal alan	Yol kenarı	Kırsal alan	Yol kenarı
alpha-HCH	25.8 ± 1.3	25.8 ± 1.1	25.7 ± 1.6	25.7 ± 1.8
beta-HCH	36.4 ± 2.5	41.2 ± 2.2	30.7 ± 2.5	31.7 ± 2.3
gama-HCH	ND	36.8 ± 2.8	26.2 ± 1.3	27.4 ± 1.9
delta-HCH	26.8 ± 1.9	30.4 ± 2.9	26.9 ± 2.2	27.6 ± 1.3
Heptachlor	55.6 ± 3.3	69.7 ± 4.9	48.2 ± 3.3	121 ± 6
Aldrin (HHDN)	22.7 ± 1.8	23.2 ± 2.2	22.6 ± 1.9	23.5 ± 1.1
Heptachlor-endo-epoxide	31.7 ± 2.2	32.0 ± 1.9	29.5 ± 1.6	58.1 ± 3.1
alpha-Endosulfan	ND	35.6 ± 2.5	ND	ND
4,4'-DDE	24.6 ± 1.8	25.1 ± 0.9	24.3 ± 1.3	24.5 ± 1.1
Dieldrin	60.4 ± 4.9	98.9 ± 6.1	29.4 ± 2.2	46.1 ± 3.6
Endrin	127 ± 5	1260 ± 23	68.6 ± 4.9	168 ± 10
beta-Endosulfan	27.1 ± 1.1	159 ± 7	28.3 ± 1.5	27.7 ± 1.1
4,4'-DDD	30.0 ± 2.3	30.3 ± 1.6	29.8 ± 1.3	29.8 ± 0.9
Endrin-aldheyde	71.9 ± 5.2	128 ± 10	ND	48.7 ± 3.1
Endosulfan-sulfate	33.3 ± 1.1	33.8 ± 1.5	32.6 ± 1.1	33.1 ± 1.8
4,4'-DDT	38.1 ± 1.1	36.6 ± 1.3	35.6 ± 1.8	35.7 ± 2.5
Endrin-ketone	31.0 ± 0.9	34.0 ± 0.8	28.8 ± 1.0	29.0 ± 1.2
Methoxychlor	39.5 ± 0.1	39.7 ± 0.1	39.5 ± 0.1	39.7 ± 0.1

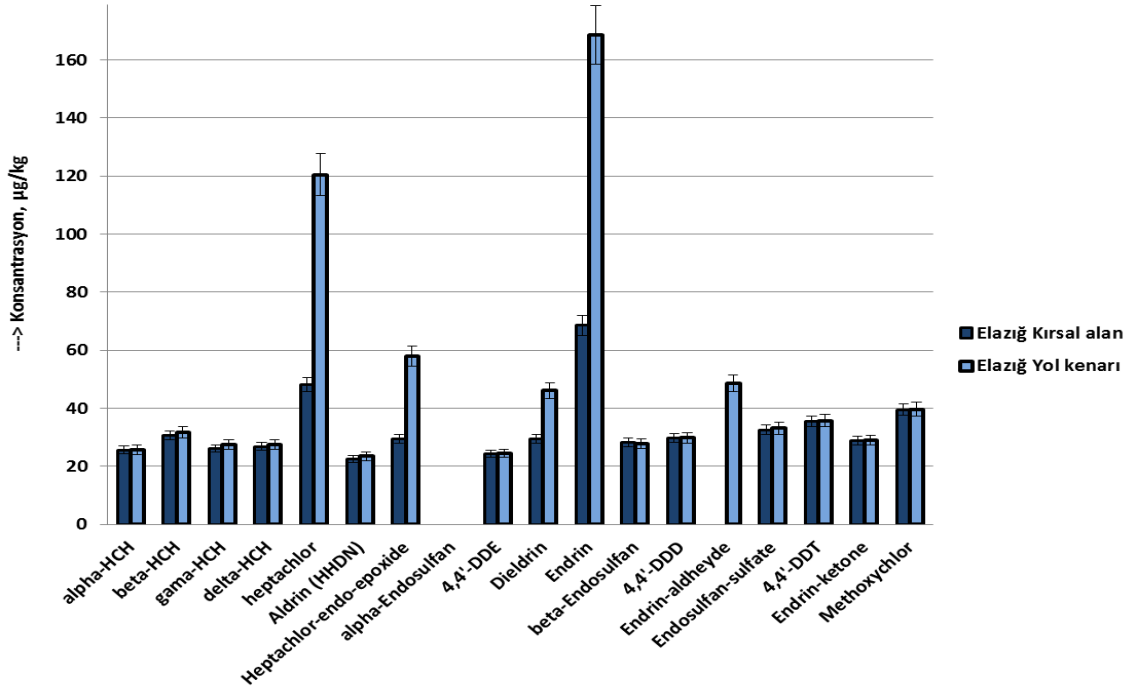
Tablo 2 incelendiğinde gama HCH ve alpha-endosulfan bileşiği Diyarbakır kırsal alanında toplanan hatmi bitkisinde tayin sınırının altında bulunmuştur. Diyarbakır kırsal alan ve yol kenarında toplanan hatmi örneğinde alpha-HCH, beta-HCH, delta-HCH, Aldrin (HHDN), Heptachlor-endo-epoxide, 4,4'-DDE, 4,4'-DDD, Endosulfan-sulfate, 4,4'-DDT, Endrin-ketone ve Methoxychlor pestisidinin miktarı yaklaşık olarak aynı konsantrasyonda bulunmuştur. Diyarbakır yol kenarından ve kırsal alanda toplanan hatmi bitkisindeki diğer pestisitlerin konsantrasyon değerleri; Heptachlor için yaklaşık 1.3 kat, Dieldrin ve Endrin-

aldheyde için yaklaşık miktarı 1.6 kat, Endrin için yaklaşık miktarı 10 kat, beta-Endosulfan için yaklaşık miktarı 6 kat olarak belirlenmiştir. Bunların pestisit-konsantrasyon grafiği Şekil 2’de verilmiştir. Ayrıca endosulfan bileşiği pamuk üretiminde insektisit olarak kullanıldığından atmosfer yoluyla taşınma ihtimalini güçlendirmektedir.

Ayrıca Elazığ ili için Tablo 2 incelendiğinde alpha-endosulfan bileşiği tayin sınırının altında bulunmuştur. Elazığ kırsal alan ve yol kenarında toplanan hatmi örneğinde alpha-HCH, beta-HCH, gama-HCH, delta-HCH, Aldrin (HHDN), 4,4'-DDE, beta-Endosulfan, 4,4'-DDD, Endosulfan-sulfate, 4,4'-DDT, Endrin-ketone ve Methoxychlor pestisidinin miktarı yaklaşık olarak aynı konsantrasyonda bulunmuştur. Elazığ yol kenarından ve kırsal alanda toplanan hatmi bitkisindeki diğer pestisitlerin konsantrasyon değerleri; Heptachlor için yaklaşık 3 kat, Heptachlor-endo-epoxide için yaklaşık miktarı 2 kat, Dieldrin için yaklaşık miktarı 1.6 kat, Endrin için yaklaşık miktarı 2.5 kat olarak belirlenmiştir. Endrin-aldheyde miktarı kırsal alanda belirlenmezken yol kenarlarında 48.7 µg/kg olarak bulunmuştur. Bunların pestisit-konsantrasyon grafiği Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 2. Diyarbakır kırsal alan ve yol kenarından toplanan beyaz hatmi bitkisinin pestisit konsantrasyon grafiği.



**Şekil 3.** Elazığ kırsal alan ve yol kenarından toplanan beyaz hatmi bitkisinin pestisit konsantrasyon grafiği.

Sonuç olarak Diyarbakır ilinden toplanan yol kenarındaki hatmi bitkisi örneğindeki pestisit konsantrasyonu genel olarak Elazığ ilinden toplanan örnekten daha yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. Elazığ ilinde heptaklor bileşenli pestisitler daha yoğun kullanılmaktadır. Endrin ve beta-endosulfan türü pestisitler ise Diyarbakır ilinde daha fazla kullanıldığı yorumuna götürebilmektedir. Diyarbakır ilinde daha fazla tarımın yapıldığı ve Endrin gibi organoklorlu pestisitlerin bozunmadan kalması, bir yerden diğer bir yere taşınması ve biyoakümülyasyon özelliği ile birlikte yüksek toksisiteye sebep teşkil edebilmektedir.

## TEŞEKKÜR

Kırklareli Üniversitesine sağladığı imkanlar için teşekkürlerimi sunarım.

## KAYNAKLAR

- [1] Arellano, L., Grimalt, J. O., Fernandez, P., Lopez, J. F., Nickus, U., Thies, H., Persistent organic pollutant accumulation in seasonal snow along an altitudinal gradient in the Tyrolean Alps. *Environ. Sci. Pollut. Research*, 21(22), S 12638–12650, 2014.
- [2] Bartrons, M., Grimalt, J. O., Catalan, J., Food web bioaccumulation of organohalogenated compounds in high mountain lakes. *Limnetica*, 31(1), S 155–163, 2012.
- [3] Carrera, G., Fernandez, P., Grimalt, J. O., Ventura, M., Camarero, L., Catalan, J., et al. Atmospheric deposition of organochlorine compounds to remote high mountain lakes of Europe. *Environmental Science & Technology*, 36(12), S 2581–2588, 2002.
- [4] Barriada-Pereira, M., Concha-Grana, E., Gonzalez-Castro, M.J., Muniategui-Lorenzo, S., Lopez-Mahia, P., Prada-Rodriguez, D., Fernandez-Fernandez, E., Microwave-assisted extraction versus Soxhlet extraction in the analysis of 21 organochlorine pesticides in plants. *J.Chromatograp. A*, 1008, S 115-122, 2003.
- [5] Favari, L., Lopez, E., Martinez-Tabche, L., Diaz-Pardo, E., Effect of Insecticides on Plankton and Fish of Ignacio Ramirez Reservoir (Mexico): A Biochemical and Biomagnification Study, *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 51, S 177–186, 2002.
- [6] Vural, N., “Toksikoloji”, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, No: 73, Ankara, 342 -363, 2005.
- [7] Wong, C. K. C., Leung, K. M., Poon, B. H. T., Lan, C. Y., Wong, M. H., Organochlorine hydrocarbons in human breast milk collected in Hong Kong and Guangzhou. *Archives of Environ. Contamin. Toxicol.*, 43, S 364-372, 2002.
- [8] Rajendran, R. B., Venugopalan, V. K., Ramesh, R., Pesticide residues in air from coastal environment, South India. *Chemosphere*, 39, S 1699-1706, 1999.
- [9] Ozcan, C., Dilgin, Y., Yaman, M., Determination of Quercetin in Medicinal Plants Such as Rose Hip (*Rosa canina*), Bettle (*Urtica dioica*), Terebinth (*Terebinthina chica*) and Purslane (*Portulaca oleracea*) using HPLC-MS Method, *Asian J. Chem.* 24(8), S 3396-3400, 2012.
- [10] Ozcan, C., Yaman, M., Determination of Kaempferol in *Rosa canina*, *Urtica Dioica*, *Terebinthina Chica* and *Portulaca Oleracea* by HPLC-MS *Asian J. Chem.* 25(17), S 9758-



9762, 2013.

[11] Ozcan, C., Yaman, M., Determination of Myricetin in Medicinal Plants by High-Performance Liquid Chromatography, *Instrumen. Sci. Technol.* 43, S 44-52, 2015.

[12] Chowdhury, M. T. I., Razzaque, M. A., Khan, M. S. I., Chlorinated pesticide residue status in tomato, potato and carrot, *J. Experiment. Sci.*, 2(1), S 1-5, 2011.

[13] Lehotay, S.J., De Kok, A., Hiemstra, M., and Van Bodegraven, P., Validation of a Fast and Easy Method for the Determination of Residues from 229 Pesticides in Fruits and Vegetables Using Gas and Liquid Chromatography and Mass Spectrometric Detection, *J.AOAC Int.* Vol. 88(2), S 595-614, 2005.

[14] Lehotay, S.J., Son, K.A., Kwon, H., Koesukwiwat, U., FU, W., Mostowska, K., Hoh, E., Leepipatpiboon, N., Comprasion of Quechers Sample Preparation Methods for the Analysis of Pesticide Residues in Fruits and Vegetables, *J. Chromotograp. A*, 1217, S 2548-2560, 2010.

[15] Türköz, G. VE Hışıl, Y., Pestisit Kalıntılarının Analizlerinde Son Gelişmeler, *Dünya Gıda*, 5, S 76-79, 2008.

# KENTSEL PLANLAMADA JEOLJİNİN ETKİSİ, KIRKLARELİ ÖRNEĞİ

Orhan ARKOÇ<sup>1\*</sup>, Burak ÖZŞAHİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kırklareli Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Teknolojisi Bölümü, Kırklareli

<sup>2</sup> Kırklareli Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Kırklareli

## Özet

Bu çalışmada kentleşme sürecinde planlamanın gerekliliği ve “jeoloji” nin kent planlamasındaki etkisi topoğrafya, jeolojik yapı, hidrojeolojik koşullar, iklim şartları, yapı malzemeleri faktörleri ile açıklanmıştır. Kırklareli kent merkezi örneği çerçevesinde bu faktörler irdelenip, kent merkezinin bu faktörler bağlamında sorun yaşamadığı tespit edilmiştir. Kent merkezinde temel kayacı olarak kireçtaşlarının nokta yükleme dayanımlarının 10,16 ile 7,86 kg/cm<sup>2</sup> arasında değiştiği, statik yeraltı su seviyesinin 70 ile 60m arasında olduğu belirlenmiştir.

## Anahtar kelimeler

Kentsel planlama, jeoloji, Kırklareli

## IMPACT OF GEOLOGY IN URBAN PLANNING, CASE STUDY FROM KIRKLARELI

## Abstract

In this study, necessity for urban planning and impact of geology in urban planning in terms of topography, geological structures, hydrogeological conditions, climate conditions and construction materials are being discussed. Kırklareli city center is exemplified according to these factors. Nonetheless, no significant problems are being observed. Point load index strength of main basement rocks in the city center vary between 10,16 and 7,86 kg/cm<sup>2</sup> while static groundwater level fluctuate between 70 and 60m.

## Keywords

Urban Planning, Geology, Kırklareli

\*Sorumlu Yazar: Orhan ARKOÇ (\*) [orhan.arkoc@klu.edu.tr](mailto:orhan.arkoc@klu.edu.tr)

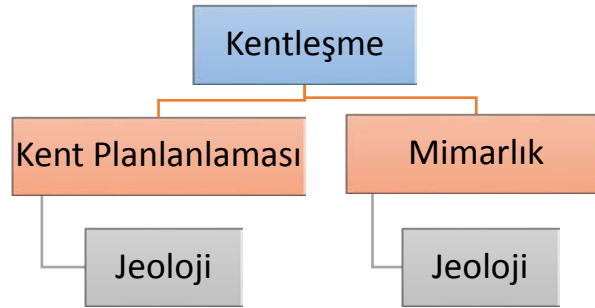
## 1. GİRİŞ

Günümüzde, doğal afetler, insan yerleşimleri, sanayi tesisleri, ulaşım-alt yapı güzergâhı ve benzeri konuları olumsuz etkilemektedir. Diğer taraftan, yeraltı kaynakları ve tarım alanları üzerinde gelişen plansız kentler, doğal kaynakların geri dönüşümsüz kaybına ve çevre sorunlarına yol açmaktadır.

Deprem ve benzeri doğal afetlerin sıkça yaşandığı ülkemizde, nüfusun büyük çoğunluğu kentlerde yaşamaktadır. Bu durum kentsel nüfusun artışına yol açmakla beraber hızla artan nüfusa bağlı olarak güvenli yeni yerleşim alanları, içme-kullanma-sanayi suyu, yapı malzemeleri, atık bertaraf/deşarj alanlarına da ihtiyaç hızla artmaktadır [1]. Doğal afetlerin kentlerimizi en az şekilde etkilemesi ve doğru arazi kullanımı için “Kentsel Planlama” vazgeçilmezdir [2].

### 1.1. Kentleşme ve Jeoloji İlişkisi

Kentleşme, mimarlık ve şehircilik olgusu olarak ortaya çıkmış olup kent planlamada yer seçimi amacıyla, mimarlıkta ise yapı tipi belirlenmesi nedeniyle bilinmesi gereken bir özellik olmuştur [3].

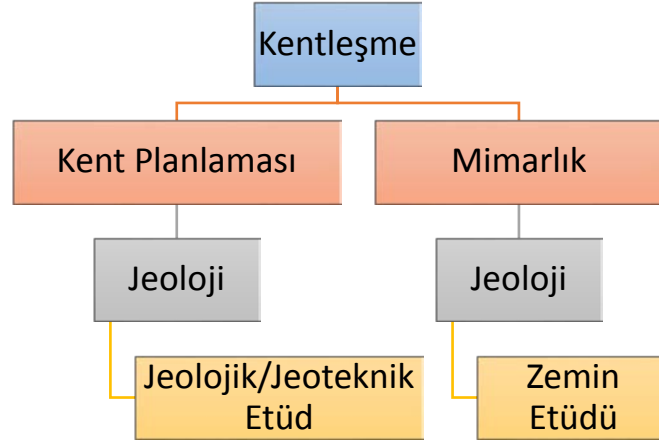


Şekil 1. Kentleşme ve jeoloji arasındaki ilişki [3]

Kentsel yerleşim için doğru, sürdürülebilir ve doğal afetlerden korunmuş bir yer seçimi için jeolojik ve jeoteknik özelliklerin dikkate alınması kaçınılmazdır.

Türkiye'nin bugünkü büyük kentlerinin hemen hepsinin kentleşme açısından gelişimi, geçmişte, kuruldukları bölgenin jeolojik ve jeoteknik özellikleri dikkate alınmaksızın olmuştur [4]. 1999 yılındaki Marmara Depreminde bu özelliklere dikkate almadan yapılan yerleşim yerlerinde meydana gelen yıkımların sonucu meydana gelen can ve mal kayıpları ortadadır.

Kentsel planlama sürecinde jeolojik çalışmalar genel olarak iki aşamada yer alır. İlk aşama, imar planı yapılmadan önce, imar planlarına altlık olacak “jeolojik ve jeoteknik etüt” çalışmalarıdır. İkinci aşama ise imar planı tamamlandıktan sonra uygulama kararlarının gerçekleştirilmesi aşamasında inşa edilecek yapıların tasarımı için gerekli olan zemin-temel-yapı etkileşimini ortaya koyacak olan “ zemin etüdü” çalışmalarıdır [5].



Şekil 2. İmar Planlaması ve kentleşme süreçlerinde Jeolojik çalışmalar

### 1.1.1. Jeolojik etüt

Belediye ve mücavir alan sınırları içerisinde imar planı yapılacak alanların yerleşim açısından jeolojik özelliklerini araştıran, jeolojik yönden planlamayı etkileyebilecek sakıncaların bulunup bulunmadığını belirten, arazilerin planlanabilirliğini ve yerleşilebilirliğini ortaya koyan, ayrıca küçük ölçekli riskleri ortadan kaldırabilecek ve alınabilecek önlemlerin araştırılmasını kapsayan araştırmalar bütünüdür.

### 1.1.2. Jeoteknik etüt

Önceden yapılmış jeolojik etütlerde gözlemsel veriler yardımı ile yerleşim açısından sakıncalı veya riskli bulunan alanlarda, sakıncanın giderilmesi ve yerleşimin hangi koşullarda yapılabileceğini ortaya koymaya yönelik sismik çalışmalardan da yararlanılarak laboratuvar deneyleri ile desteklenmiş çalışmalardır.

### 1.1.3. Zemin etüdü

Yapıların temel tasarımında yardımcı olmak amacıyla, zemin-temel-yapı etkileşiminin incelenmesini sağlayacak zemin parametreleri ve yeraltı suyu verilerini içeren çalışmadır.

### 1.2. Jeolojik –Jeoteknik Etütlerle İlgili Mevzuat

Türkiye’de bugün hazırlanan imar planları 9.5.1985 tarihinde kabul edilen 3194 sayılı İmar Kanunu ve bu kanun gereğince çıkarılan bir dizi yönetmeliğe göre yapılmaktadır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Jeolojik/Jeoteknik etütler ile ilgili yönetmelik ve genelgeler

Tarih ve Sayı	Adı	Yayımlayan Kurum / Kuruluş
2.11.1985/18916 (Resmi Gazete)	Plan yapına ait esaslara dair yönetmelik	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
2.11.1985/18916 (Resmi Gazete)	Plansız alanlar imar yönetmeliği	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
2.11.1985/18916 (Resmi Gazete)	3030 sayılı kanun kapsamı dışında kalan belediyeler tip imar yönetmeliği	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
17.8.1987/1634	Jeolojik raporlar hakkında	Yapı İşleri Genel Müdürlüğü
31.5.1989/4343	Jeolojik etüt raporu	Afet İşleri Genel Müdürlüğü
15.10.1999/12297	17 Ağustos 1999 depremi sonrası planlama ve yapılaşma işlemleri	Afet İşleri Genel Müdürlüğü
31.1.2000/2003	3030 sayılı kanun kapsamı dışında kalan belediyeler tip imar yönetmeliği	Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü
4.2.2000/2360	Plan yapımında uyulacak kurallar	Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü
31.5.2001/13620	Plan yapımına ait esaslara dair yönetmelik	Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü
18.8.2005/847	Zemin ve temel etüdü raporu genel formatı	Yapı İşleri Genel Müdürlüğü
19.7.2006/5075	İmar planlarında yapı yüksekliği ve kat adedinin belirlenmesi genelgesi	Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü
6.10.2008/10337	Plana esas jeoloji, jeolojik-jeoteknik ve mikrobölgeleme etüt genelgesi	Afet İşleri Genel Müdürlüğü

Yürürlükteki mevzuata göre belediye ve mücavir alan sınırları içinde veya dışında gecekondular, önleme bölgesi, toplu konut alanı ve ıslah imar planları ile sanayi tesis ve bölge planları, turistik tesis, akaryakıt istasyonu, liman ve depolama tesisi, atık çöp alanları vb. yerlerde yapılacak her tür ve ölçekte imar planlarının hazırlanmasından önce, plan kararlarını yönlendirmek amacıyla jeolojik ve jeoteknik etüt yaptırılması ve ilgili kurumlara onaylatılması zorunlu hale getirilmiştir [6].

## 2. KENT PLANLAMASINDA JEOLJİK – JEOTEKNİK VERİLER VE KIRKLARELİ ÖRNEĞİ

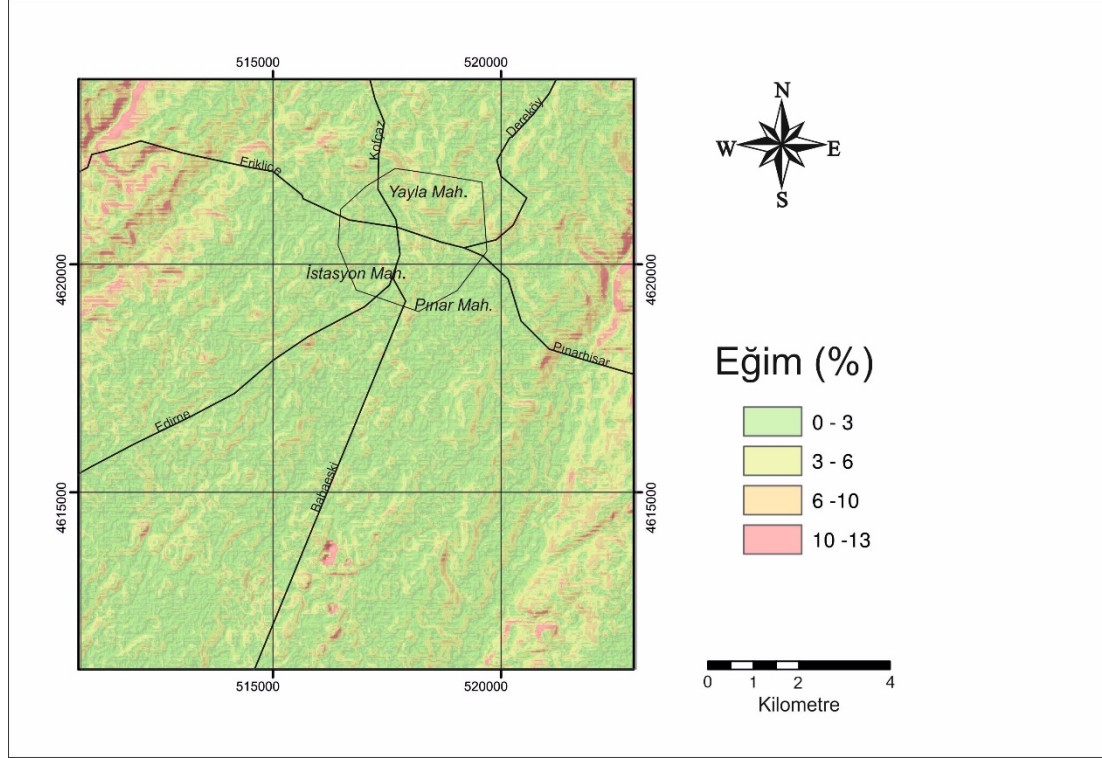
Kent planlamasında yer seçimini etkileyecek temel parametreler **topoğrafya, jeolojik yapı, hidrojeolojik koşullar, iklim şartları, yapı malzemeleri** olarak sıralanabilir [7]. Bu parametreler plancılar için, mevcut yerleşimlerin gelişmesinde ya da yeni yerleşim yerlerinin seçiminde önemli verilerdir. Kent planlaması amacıyla yapılacak jeolojik ve jeoteknik etütlerde ileriki zamanlardaki planlama çalışmalarına da ışık tutacaktır. [8-9].

17 Ağustos 1999 Marmara depreminden sonra çıkarılan yasa ve yönetmeliklerde imar planına esas jeolojik ve jeoteknik etütlerle yerleşime uygun alanlarda inşa edilecek yapılar için zemin etütleri zorunlu hale gelmiştir. Kırklareli ilinde de 1/25.000 Ölçekli Kırklareli İl Çevre Düzeni Planı hükümlerince il merkezinin imar planına esas jeolojik ve jeoteknik etütleri 2015 yılında ancak tamamlanmış olup yerleşime uygun ve uygun olmayan alanlarla önlem alınarak yerleşime uygun olabilecek alanlar belirlenmiştir. Bu çerçevede Kırklareli Belediyesi imar planlarında revizyonlar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir.

### 2.1. Topoğrafya

Şehir içinde bazı alçak yapıların yüksek kotlu yerlere, bazı yüksek yapılarının ise alçak kotlu yerlere yapılma zorunluluğu olabilir. Bu durumda topoğrafya yer seçimi açısından önemli bir parametredir. Şehir içinde yol, köprü ve tünel gibi yapıların inşasında azı durumlarda ise arazi eğim şartları önem kazandığı için topoğrafya yine belirleyici bir etmen olmaktadır. iklim koşulları, jeolojik ve hidrojeolojik koşullarla birlikte değerlendirildiğinde topoğrafya, yer kayması, heyelan gibi jeolojik süreçlerin oluşumunu da belirleyen bir parametre olarak, kent planlamasında yer alacak yerleşim, ulaşım, sanayi, atık alanları, eğlendirilen alanları gibi öğeler için yapılacak olan yer seçimini de önemli olarak etkileyecektir [10].

Kırklareli şehir merkezinin eğim haritası uydu fotoğrafı üzerinden ArcMap yazılımı ile oluşturulmuştur. Kent merkezinin kuzey doğusunda yer alan Demirtaş, Yayla, Akalar ve Doğu mahalleleri şehir merkezinin diğer mahallelerine göre engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Yerleşime uygun olmayacak kadar eğimli bir arazi yoktur(Şekil 1).



Şekil 1. Kırklareli kent merkezi ve çevresi eğim haritası

## 2.2. Jeolojik yapı

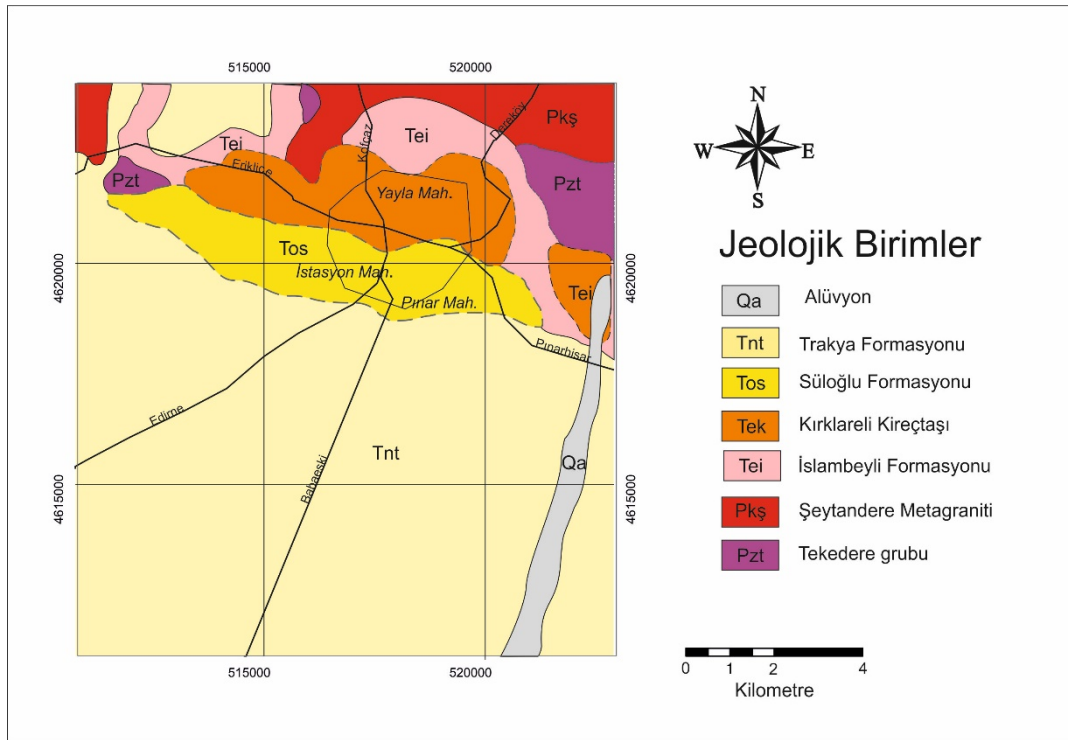
Kent planlama alanında yer alan toprak ve kayaç gibi jeolojik malzemeler, bunların yatay ve düşey dağılımları, birbirleri ile olan dokanak ilişkileri, tabakalanma, kırık, çatlak, kıvrımlanma, eklem ve fay gibi yapısal özellikler kent planlaması içerisinde yer alacak yapılar için yapılacak yer seçimini etkileyecektir. Zemin ve kayaçlara geçirimsizlik, deformasyon ve dayanım gibi jeoteknik özellikleri de, yine yapılaşma sırasında değerlendirilmesi kaçınılmaz verilerdir.

Yapıların temel tasarımlarında kullanılan taşıma gücü değerleri arazi kullanım seçimleri açısından çok önemlidir. Çoğunlukla heterojen özellik gösteren zemin ve kayaçlar ile temas halinde bulunan temel yapılarının taşıma güçleri zemin ya da kayaçların fiziksel özelliklerinin yanı sıra temel derinliği ve geometrisine de bağlıdır.

Zeminlerin ve kayaçların geçirirliiliği de önemli bir faktördür. Özellikle katı atık depolama alanları yer seçiminde atık sızıntılarının yeraltısuyuna karışıp kirlenmesini engelleyecek jeolojik birimler üzerine inşa edilmesi ya da önlem alınması gerekliliktir. Kireçtaşları gibi erime boşlukları içerebilecek olan jeolojik birimler üzerine yapılaşma sırasında göçme riski mutlaka değerlendirilmelidir. Deprem riski açısından özellikle aktif fayların durumu mutlaka değerlendirilmelidir.

Zemin özelliklerinin ayrıntılı olarak ortaya çıkarılması ve gerektiğinde sondajlar ile desteklenmesi ileride karşılaşılabilecek sorunları engelleyecektir.

Kırklareli kent merkezinin kuzeyinde Istranca masifine ait Paleozoik yaşlı metagranitler yer alırken(Pzt, Pkş), güneye doğru Tersiyer yaşlı tabanda volkanik kırıntılı kumlu-killi kireçtaşları ve marnlar, resifal kireçtaşları (Tek, Tei, Tos) ve tutturulmamış çakıl kum ve çamurtaşları yer almaktadır(Tnt) (Şekil 2).



Şekil 2. Kırklareli kent merkezi çevresi jeoloji haritası [11]

Kentin büyük bir alanında 1 - 3 m derinlikte yüzlek veren kireçtaşları temel tabanlarının oturduğu kayaç olup, dayanımı yapılan nokta yükleme deneylerinde 10,16 ile 7,86 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Kent merkezi yakınında aktif fay zonu bulunmamakta olup, en yakın aktif fay olan Ganos Fayı yaklaşık 200 km güneyde yer almaktadır.

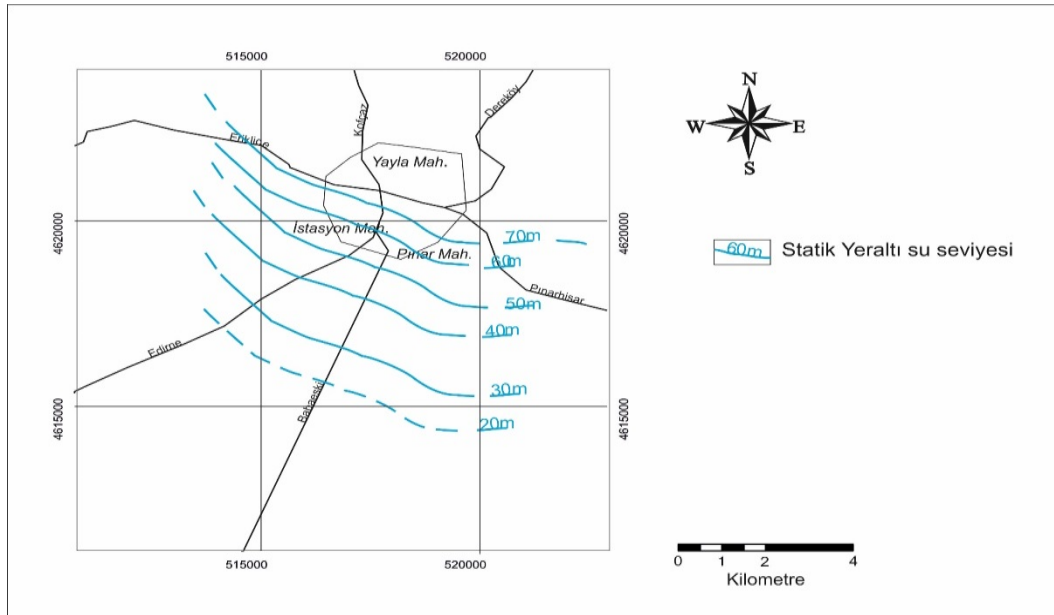


### 2.3. Hidrojeolojik Koşullar

Kent planlamasını etkileyen önemli unsurlardan biriside yüzey ve yeraltısularıdır. Sel baskınları ve yağış sonrası gerçekleşen heyelanlar vadilerde gelişmiş yerleşimleri olumsuz etkilemektedir. Kent merkezlerinde yerleşim yeri seçiminde, taşkın riski olan vadi ve nehir yataklarının yakınlarında yapılaşmadan kaçınılmalıdır. Kent merkezlerinde hem yanlış arazi kullanımı hem de asfalt ve beton kaplamaların fazla olması nedeni ile taşkın olasılığı ve şiddeti artmaktadır.

Kentin içme ve kullanma suyu gereksinimlerinin karşılanması için yeraltı sularından yararlanılıyorsa bu suların kirlenmesinin önlenmesi için hidrojeolojik durum ortaya konmalı, kirletici odaklara karşı önlem alınmalıdır. Zemin oturması ve sıvılaşma risklerinin önlenmesi amacıyla yeraltısuyu seviyesi ve zemin su ilişkisi ortaya konmalıdır.

Kırklareli merkez ilçede yapılan zemin etütlerinde sıvılaşma riski doğuracak su gözlenmemiştir. İçme kullanma suyu olarak kullanım açısından şehrin kuzey kesiminde metagranitlerden su elde etmek çok zor iken, güneye doğru Eosen yaşlı Kireçtaşları ve Neojen yaşlı çakıl, kum ve siltli birimlerden yüksek verimli yeraltısuyu elde edilmektedir. Statik su seviyeleri şehir merkezinde 70 - 60 m lere iken güneye (Kavaklı) doğru ilerledikçe tarımsal sulamanın beslenmeye etkisi ile 20m lere kadar çıkmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Kırklareli ve çevresi statik yeraltısuyu seviyesi haritası

#### **2.4. İklim şartları**

Bölgenin iklim koşullarına bağlı olarak, gece-gündüz sıcaklık farkları, kent alanına düşen yağış miktarı, kışın bölgedeki don süresi ve derinliği; bölgenin jeolojik yapısı ile birlikte, kent planlamasında yer alacak bazı yapılar için yer seçimini, temel tipini ve derinliğini etkilemektedir. İklim şartlarına bağlı olarak bölgeye düşen yağış miktarı, taşkın tehlikesinden korunmada önem kazanırken, hakim rüzgar yönü ve şiddeti hava kirliliğine neden olabilecek sanayi tesisleri yer seçiminde etkilidir [10, 12].

Kırklareli kent merkezinde hakim rüzgar yönü kuzey, kuzey-doğu dur [13]. Yağış yüksekliği ortalama 55mm dir. Taşkın tehlikesi arz eden bir akarsu akışı yoktur. Şehrin Kuzey batısı ve kuzey doğusunda bulunan, şehre içme suyu sağlayan ve sulama amaçlı iki baraj, üzerinde kurulu oldukları iki akarsuyu regüle etmektedir.

#### **2.5. Yapı malzemeleri**

Kentleşmenin vazgeçilmez unsuru olan yapılaşma için gerekli hammadde çoğu zaman jeolojik kökenli malzemelerden oluşur. Zeminde bulunan malzemenin litolojik özellikleri her tür inşaat malzemesi sağlanması için de önemlidir [14]. Kum, çakıl gibi malzeme ocaklarının şehrin çok uzağında olmaması kentsel gelişme için gerekli kaynağı sağlaması açısından önemlidir. Bu kaynaklara erişimin kolay olması kentleşmenin ekonomik bir şekilde sağlanmasını sonuçlar.

Şehir merkezinin kuzey kesiminde Kofçaz ilçesinde dolomit yatakları agrega kaynağı olarak işletilirken, Dereköy, Vize ilçelerinde mermer yatakları işletilmektedir. Pınarhisar'da bulunan çimento ve kireç fabrikaları yine kent merkezi için önemli yapı malzemeleri kaynağıdır.

### **3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Üzerinde yaşadığımız yerkürenin kaynakları sınırlıdır. Bu gezegende bizden sonra da yaşam olacaktır ve bu nedenle yerküredeki kaynakları gelecek nesillerinde faydalanmasını sağlayacak şekilde, tüketmeden faydalı bir şekilde kullanmak gereklidir.

Ülkemiz jeolojik yapısı itibari ile doğal kaynaklı, deprem, heyelan, taşkın gibi afetlere maruz kalmaktadır. Afet etkilerinin azaltılması amacıyla hazırlana yönetmeliklerde zemin tanımlamaları ve zemin güvenlik katsayıları ile ilgili tanımlamalar daha detaylandırılmalıdır. Mevzuat gereğince de imar planına esas jeolojik ve jeoteknik etütler ile binalar için zemin

etütlerinin yapılması yasal bir zorunluluktur, bu etütler ile ilgili denetim ve uygulama kontrolü arttırılmalıdır.

Kırklareli belediyesi tarafından, kent merkezi için imar planına esas jeolojik ve jeoteknik etütler 2015 yılında tamamlanmış olup yerleşime uygunluk değerlendirmeleri yapılmıştır.

Kent merkezi topoğrafya açısından oldukça az eğimli bir arazi üzerinde kurulmuş olup, taşkın ve eğimli arazi yerleşim sorunu bulunmamaktadır. Kentin büyük bir kısmındaki binaların temel yapıları 10,16 ile 7,86 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişen dayanıma sahip kireçtaşları üzerine oturmaktadır. Kent merkezi yakınında aktif fay zonu bulunmamakta ve 4. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Yapılan zemin etütlerinde sıvılaşma riski gözlenmemiştir. Yeraltısuları kentin güneyinde 70-60m lik statik seviyelerde verimli olarak kullanılmaktadır. Devlet Su İşleri yüzey sulama sistemi nedeni ile yeraltısuyu sulama için neredeyse hiç kullanılmamaktadır. Bu da düşümleri engellemektedir.

Bölgesel ve kentsel arazi kullanımı planlanırken jeoloji bilimi ile ilişki içinde bulunulması, doğal afetlerin can ve mal üzerindeki tehditlerini mümkün olduğunca azaltılmasını sağlayacaktır. Bu şekilde yapılacak kent planlaması ile doğal çevre ile kentleşme uyum içinde olacaktır.

## **TEŞEKKÜR**

Yazarlar, Kırklareli Belediyesi ve Sn. Şerafettin Boyacıoğlu'na katkılarından dolayı teşekkür ederler.

## **KAYNAKLAR**

- [1] Arkoç, O., Özşahin, B. Kentsel Planlamada Sınırlamalara Yerbilimlerinin Etkisi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanımı, 9.Uluslararası Sinan Sempozyumu, Trakya Üniversitesi, S 117 – 123, 2015
- [2] Karagüzel, R., Arazi kullanımı ve kentsel planlama sürecinde yerbilimleri. 65.yıl Mahir Vardar - Jeomekanik, Tünelcilik ve Kaya Yapılarının Tasarımı Özel Oturumları, İstanbul Teknik Üniversitesi, S 231 -260, İstanbul, 2012
- [3] Ergen, Y. B., Yerleşmelerin Bölge Ve Kent Ölçeğinde Planlamasında Yer Seçimi İlkeleri ile Yerel Yönetimlerin Uygulama Sorunları, Kentleşme ve Jeoloji Sempozyumu, S27-34. 1998

- [4] Ulusay, R., Kentleşme sürecinde yer seçimi ve depreme dayanıklı yapı inşasında jeolojik-jeoteknik etütlerin önemi ve işlevi, Jeoloji Müh. Odası Yay. 51, S 23 -27. 1999
- [5] Karakuş, K., Kent Planlaması ve Jeoloji, Jeoloji Müh. Odası Yay. 140, 184s. 2009
- [6] BİB, Plan Yapımına Ait Esaslara Dair Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Teknik Araştırma Genel Müdürlüğü 31.05.2001 gün ve 13620 sayılı genelge, B.09.0.TAU.0.17.00.06.1203/13620
- [7] Sengüler, İ., Planlamaya Yardımcı Mühendislik Jeolojisi Haritaları. Jeoloji Mühendisliği, sayı, 43, S 40-43. 1993
- [8] Sancar, O., Aydemir, S., Bölgesel Ve Kentsel Planlamada Jeolojinin Yeri ve Katkısı, Kentleşme ve Jeoloji Sempozyumu, İstanbul, S 35-44. 1998
- [9] Garner, L. E., Young, K. P., Rodda, P. U. ,Dawe, G. L., Rogers, Margaret, A., "Environmental geology of the Austin area: an aid to urban planning." Walter Geology Library,2015.
- [10] Kasapoğlu, K. E., Kent planlamasında yer seçimine etkiyen jeolojik faktörler, Kentleşme ve Jeoloji Sempozyumu, 51-57, 1998
- [11] MTA, Türkiye Jeoloji Haritaları, no:20,21,22,23, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 1998
- [12] Arık, F., Sağlıklı Kentleşme Uygun Yer Seçimi ile Baslar, Yer Bilimi ve Tekniği, Selçuk Üniv. Jeoloji Kulübü Yay, 1,1, 18-21, 2004
- [13] Ergene Havzası Çevre Düzeni Planı, Analitik Rapor, Trakya Üniversitesi, 2002
- [14] Arık, F., Kurt, H., Çömlekçiler, F., Kent Planlamasında Jeolojinin Önemi ve Konya Örneği, S 191 - 204, 2011

# EPS YALITIM KALIPLI DONATILI BETON TAŞIYICI DUVAR SİSTEMİ İLE DİĞER YAPI SİSTEMLERİNİN KABA YAPIM MÂLİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Burak ÖZŞAHİN<sup>1\*</sup>, Abdurrahman GÜNER<sup>2</sup>

*burak.ozsahin@klu.edu.tr, aguner@istanbul.edu.tr*

<sup>1</sup> Kırklareli Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Kırklareli

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

## ÖZET

Nüfusu sürekli olarak artan Türkiye’de her geçen gün konut açığı da artmaktadır. Bu sorunu gidermek amacıyla Türkiye bölgesel koşullarını da dikkate alarak yeni konut sistemlerinin değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Taşıyıcı (EPS YKDBT) Duvar Sistemi, kolay inşaat imkânı sağlaması, inşaat süresini kısaltması, kalıp ve kalıp işçiliği mâliyetini düşürmesi, kesintisiz ve sürekli yalıtım sağlaması gibi üstünlüklerinden dolayı Türkiye dışında geniş bir kullanım alanına sahip olup Türkiye’de de yakın zamanda tanınip uygulanmaya başlanmıştır. Bu çalışmada EPS YKDBT duvar sistemi ile diğer yapı sistemlerinin kaba yapım mâliyetleri örnek projeler için hesaplanarak karşılaştırıldı. Günümüz koşullarında, örnek konut projeleri için hesaplanan kaba yapım mâliyetleri dikkate alındığında, EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti diğer yapı sistemlerinin kaba yapım mâliyetlerinden daha yüksek bulundu.

**Anahtar Kelimeler:** EPS, Duvar Sistemi, Yapı Sistemi, EPS Duvar Kalıbı, Mâliyet Karşılaştırması

\*Sorumlu Yazar: Burak ÖZŞAHİN\* 0 288 214 18 45, [burak.ozsahin@klu.edu.tr](mailto:burak.ozsahin@klu.edu.tr)

## **COMPARISON OF CONSTRUCTION COST OF EPS ICF WALL SYSTEM WITH OTHER STRUCTURAL SYSTEMS**

### **ABSTRACT**

In Türkiye, the housing deficit is increasing constantly parallel to the increase in population. This necessitates re-evaluation of new housing systems taking into account also the regional conditions. Expanded Polystyrene Foam (EPS) Insulating Concrete Form (ICF) Wall System which is recently introduced in Türkiye and widely used all over the world due to the shorter construction duration, easy construction, reduction of formwork and labor costs, providing continuous and complete insulation advantages. In this study, construction costs of EPS ICF wall system and the other construction systems are calculated on sample residence projects and the construction costs are compared. Under present day conditions, considering the cost of construction calculated on sample residential building projects, it is found that the construction cost of EPS ICF wall system is higher than the other construction systems.

**Keywords:** EPS, Wall System, Construction System, EPS Wall Form, Cost Comparison

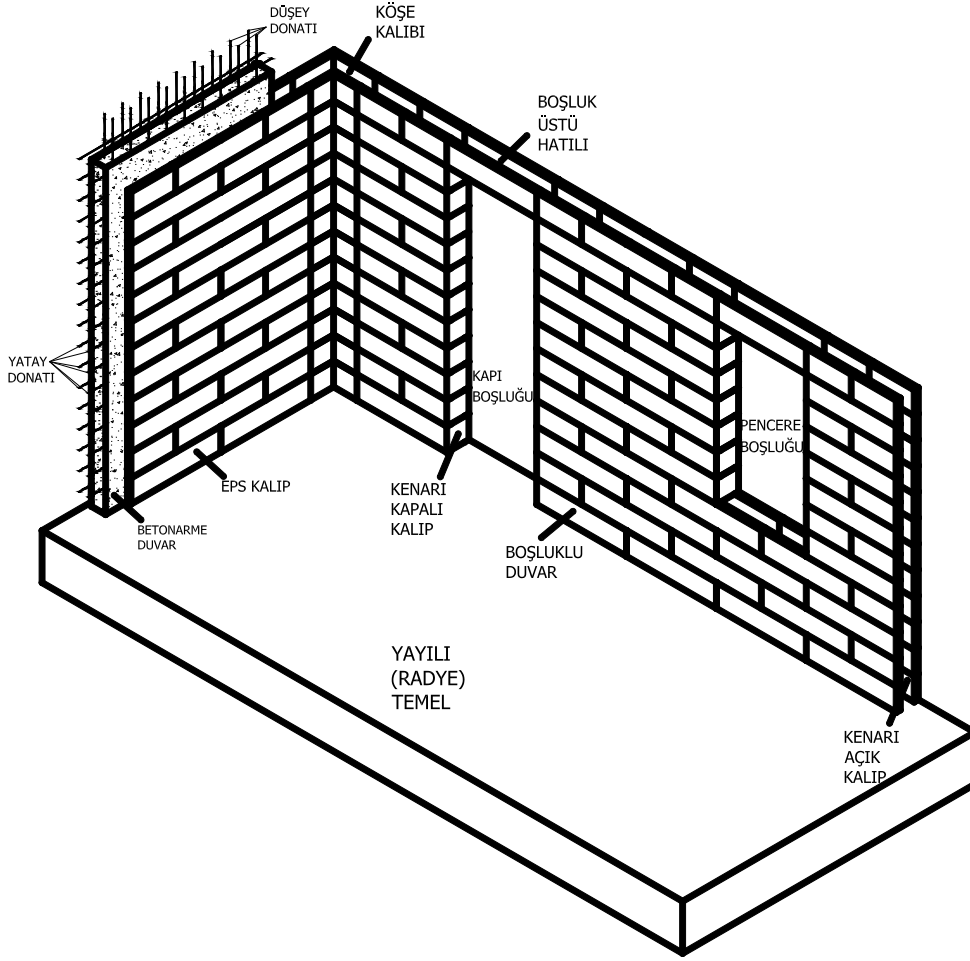
## **1. GİRİŞ**

Türkiye gelişen sanayisi, artan nüfusu, ayrıca yetersiz enerji üretiminden dolayı kendi enerji ihtiyacını kendi kaynakları ile karşılayamayan bir ülkedir. Diğer yandan enerji tüketiminin önemli bir bölümü, binaların ısıtılması için kullanılmaktadır. Türkiye bulunduğu coğrafya nedeniyle bir deprem kuşağı ülkesidir. Türkiye’de uygulanacak yapı sistemlerinde ısı yalıtımı ile depreme dayanıklılığın sağlanması ve bu özelliklerin hızlı bir yapım yöntemi kullanılarak düşük mâliyetli bir şekilde elde edilmesi gerekmektedir. Bu koşullar dikkate alındığında EPS Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Taşıyıcı (EPS YKDBT) Duvar Sisteminin Türkiye’de bina yapımında kullanılması mümkün görülmektedir [1]. Türkiye dışında ICF (Insulating Concrete Form) Walls olarak bilinen EPS YKDBT duvar sistemi uygulamalarında, sistemin uygulandığı ülkenin bulunduğu coğrafya, iklim koşulları, depremsellik ve ülke yönetmeliklerine göre değişen kalınlık ve kesitlere sahip EPS kalıcı kalıpların ve betonun kullanıldığı görülmektedir [2, 3, 4]. Bu çalışmada EPS YKDBT duvar sisteminin genel özellikleri ile yapım yöntemi açıklandıktan sonra yığma kârgir sistem, betonarme karkas sistem ve tünel kalıp sisteminin özellikleri kısaca anlatıldı. Örnek olarak seçilen konut tasarımları, eşdeğer ısıl konfora sahip olacak şekilde farklı yapım sistemleri için Türkiye’de yürürlükte olan yönetmeliklerde öngörülen kural ve koşullara göre tasarlandı ve kaba yapım mâliyetleri hesaplanarak karşılaştırıldı.

## **2. KABA YAPIM MÂLİYETLERİ KARŞILAŞTIRILAN YAPI SİSTEMLERİ**

### **2.1. EPS Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi**

EPS YKDBT duvarın iki yüzünde EPS’den oluşan yalıtım malzemesi ve bunların arasında donatılı beton taşıyıcı çekirdek bulunmaktadır. EPS YKDBT duvar sisteminde EPS elemanlar hem yalıtım hem de kalıp vazifesi görecektir şekilde levha veya blok olarak kullanılmakta ve aralarına donatı yerleştirilerek beton doldurulmaktadır (Şekil 1). Bu sistem uluslararası literatürde “ICF (Insulating Concrete Form) Walls” olarak tanınmaktadır [2, 3, 4].



**Şekil 1.** EPS YKDBT Duvar Sisteminin Şematik Gösterimi [1]

\*Sistemin beton dökümünden önceki ve sonraki hâlinin şematik olarak gösterilebilmesi için duvarın tamamı yerine bir kısmında donatılı beton duvar gösterilmiştir.

Sistemde EPS kalıplar kullanılarak kalıp ve işçilik mâliyetinin düşürülmesi, inşaat süresinin kısaltılması, binada kesintisiz ve sürekli bir yalıtım sağlanarak enerji verimliliğinin artırılması hedeflenmektedir. Sistem uygulamalarında çeşitli yoğunluklu EPS kalıplar etkimesi muhtemel yüklerle ve istenilen ısıl konfora bağlı olarak belirlenen duvar kalınlığına uygun şekilde üst üste ve yan yana dizilerek duvar sistemi oluşturulmaktadır. EPS kalıplar kullanılarak hazırlanan duvarlara düşey ve yatay donatılar şantiyede yerleştirildikten sonra kalıplar arasındaki boşluk beton ile doldurularak duvar sistemi tamamlanır. EPS kalıplarda beton karışımına, beton karışımında da EPS kalıplara zararlı bir madde bulunmaması, bu iki malzemenin rahatlıkla birlikte kullanılmasını sağlamaktadır. Çeşitli tiplerde üretilen EPS kalıpların üzerlerinde birbirine geçme yaparak dizilme anında tam ve sağlam bir kenetlenme oluşturmak için dişler bulunmaktadır (Şekil 2). Bu dişler sâyesinde EPS kalıplar üst üste ve yan yana dizilip kenetlenerek herhangi bir yapıştırma işlemine gerek kalmaksızın duvar



sistemi oluşturulmaktadır. Sistemde kullanılan EPS kalıplar, üzerlerindeki dişler sayesinde birbiri ile iyi bir şekilde kenetlendiği için, beton yerleştirilmesi sırasında kalıpların arasından beton veya bağlayıcı bulamaç dışarı akmaz. EPS kalıpların iç yüzeylerinde belirli aralıklarla, EPS kalıp ile beton çekirdek arasındaki mekaniksel bağlantının dübel ya da vida kullanılmasına gerek kalmaksızın oluşmasını sağlayan kırılmalı kuyruğu girintiler vardır. Betonun yerleştirilmesi sırasında EPS kalıpların şekillerini korumak, betonun yerleştirilmesi sırasında meydana gelen yanal kuvvetleri karşılamak ve beton sertleştikten sonra iki yüzeyde bulunan EPS elemanların betonla bir arada kalmasına yardımcı olmak için, kalıp içerisinde iç yüzeye dik doğrultuda belirli aralıklarla EPS, metal, plastik vb. malzemelerden yapılmış bağlantı köprüleri bulunmaktadır [1] (Şekil 2).



**Şekil 2.** Mâliyet Hesabında Kullanılan EPS ve Metal (Tel) Bağlantı Köprülü EPS Kalıplar [1,5]

Beton dökümü sırasında betonun kalıba uyguladığı yanal kuvvetleri karşılayacak şekilde tasarlanan, çeşitli biçim ve boyutlarda imal edilen bağlantı köprülerinin bazı türleri fabrikada imal edilirken bazı türleri ise kalıplara şantiyede monte edilmektedir. EPS YKDBT duvar sisteminde EPS kalıpların kalıcı olması, kalıp içinde bağlantı köprülerinin bulunması, yatay ve düşey donatının kalıp içindeki küçük boyutlu boşluklarda düzenlenmesi, sistemde betonun boşluksuz yerleştirilmesini önemli hâle getirmektedir. EPS YKDBT duvar sisteminde betonun yerleştirilmesi sırasında EPS kalıpların patlamaması için genellikle vibratör kullanılmaz. Sistemde duvarlara betonun yerleştirilmesinde vibrasyon uygulamak yerine dar engeller arasından geçebilme, boşlukları doldurabilme kabiliyetine sahip çok akıcı kıvamda ve aynı zamanda yüksek ayrışma direncine sahip beton kullanılır [1].

## **2.2. Yığma Kârgir Sistemler**

Taş, tuğla, briket, ahşap, kerpiç, gaz beton gibi gereçlerin birleşim yerlerinde harçlı ya da harçsız üst üste yerleştirilerek örülmesiyle oluşturulan sistemlerdir. Bu tür yapılarda duvarlar, hem mekânları birbirinden ayıran (oda, salon, mutfak vb.) mimârî işlev görürler, hem de taşıyıcıdırlar [6]. Binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan tüm elemanların ağırlıkları ile binaya yatay olarak etkiyen rüzgâr ve deprem yükleri iç ve dış duvarlar tarafından taşınarak temellere aktarılırlar. Bu tür yapı sistemlerinde tüm yükler duvarlar tarafından taşındığından, taşıyıcı olan bölme ve dış duvarlarda yönetmeliklerin belirlediği oran ve yerlerde kapı, pencere gibi boşluklar bırakılabilmekte; oluşabilen çekme kuvvetine, devrilme veya dışa burkulmaya karşı düşey ve yatay betonarme (ahşap veya çelik) hatıllarla bağlanmaktadır. Yığma kârgir sistemlerde yüklerin tamâmı duvarlar tarafından karşılandığı için yapının bazı bölümlerindeki duvarların yerlerinin değiştirilmesi veya duvarların kaldırılması mümkün değildir.

## **2.3. Betonarme Karkas Sistemler**

Karkas yapıları yığma yapılardan ayırt eden temel özellik, duvarların taşıyıcı olmaması, yalnızca mimârî amaçlarla yapılmış olmalarıdır. Taşıyıcılık görevini “karkas” adı verilen bir “iskelet” yapar. Bu karkas; betonarme, çelik ya da ahşap gereçlerden yapılabilir. Karkas ve kat döşemeleri oluşturulduktan sonra üzerine bölme duvarları örülür. Bölme duvarları taşıyıcı değil taşınandır. Betonarme karkas yapılar maruz kaldıkları yükleri iskelet sistemiyle temele aktarırlar. Bu iskeleti oluşturan elemanlar düşeyde kolonlar ve perdeler, yatayda kirişler ve döşemelerdir [6].

## **2.4. Tünel Kalıp Sistemi**

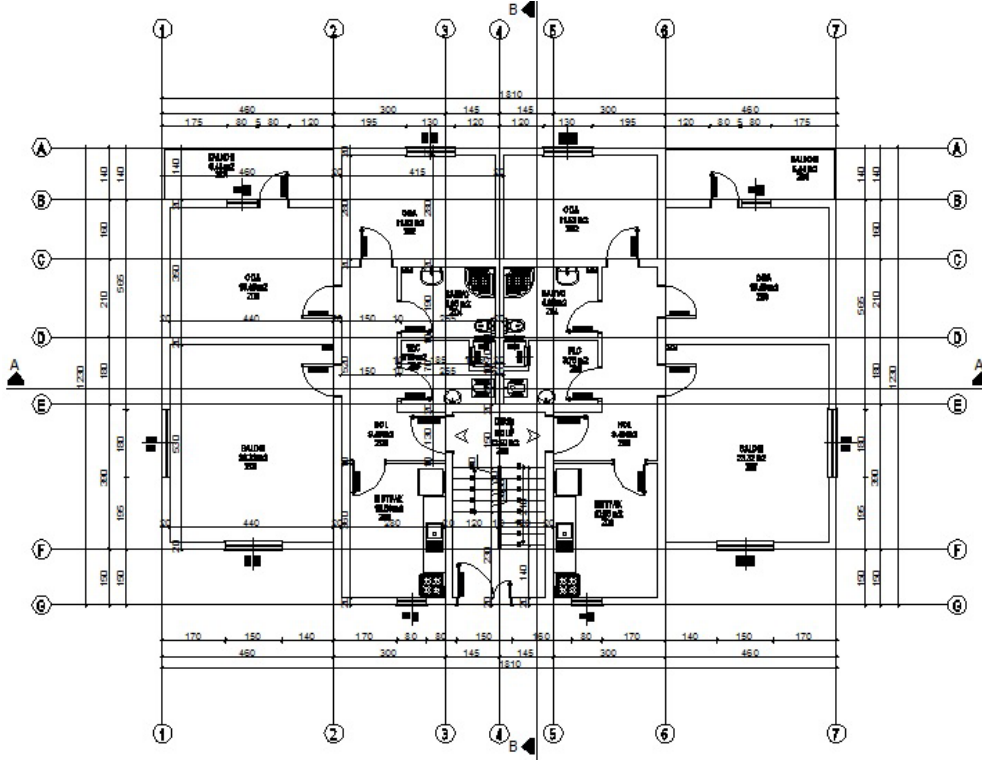
Tünel kalıp sistemi, büyük kalıp elemanları kullanılarak yapının döşeme ve taşıyıcı duvarlarının bir bütün halinde ve tek işlemlerle yerine dökülmesini sağlayan endüstrileşmiş yapım tekniklerinden bir yerinde döküm betonarme yapım sistemidir [7]. Tünel kalıp dikdörtgen enkesitli yarım tünel şeklinde kalıpların karşılıklı bağlanması ile oluşmaktadır. Bu tür yapılarda alışlagelmiş binalardan farklı olarak yatay ve düşey yüklerin aktarımı kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve sistemler yerine betonarme döşeme ve taşıyıcı duvarlar ile sağlanmaktadır. Genel uygulamada, duvar ve döşeme kalınlıkları hemen hemen aynı tutulmaktadır [8].

Mâliyetlerin karşılaştırılmasında yapım türlerinin aynı işlevsellik ve ısı konfor şartlarını sağlayacak ayrıntıları ve özellikleri esas alındı.

### 3.EPS YKDBT DUVAR SİSTEMİ İLE DİĞER YAPI TAŞIYICI SİSTEMLERİNİN KABA YAPIM MÂLİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI

#### 3.1 Mâliyet Karşılaştırılmasında Kullanılan Örnek Konut Projeleri Hakkında Genel Bilgiler

EPS YKDBT duvar sistemi ile diğer yapı sistemlerinin kaba yapım mâliyetlerinin karşılaştırılmasında kat planları Şekil 3 ve Şekil 4'te verilen iki farklı örnek konut tasarımı kullanıldı. EPS YKDBT duvar sisteminin Türkiye ve yurtdışındaki uygulamalarında taşıyıcı duvarların oluşturulmasında farklı şekil ve boyutlara sahip EPS kalıcı kalıplar kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen örnek konut tasarımlarının kaba yapım mâliyet hesapları, Türkiye'de yaygın kullanıma sahip iki tür EPS duvar kalıbı için yapıldı (Şekil 2).



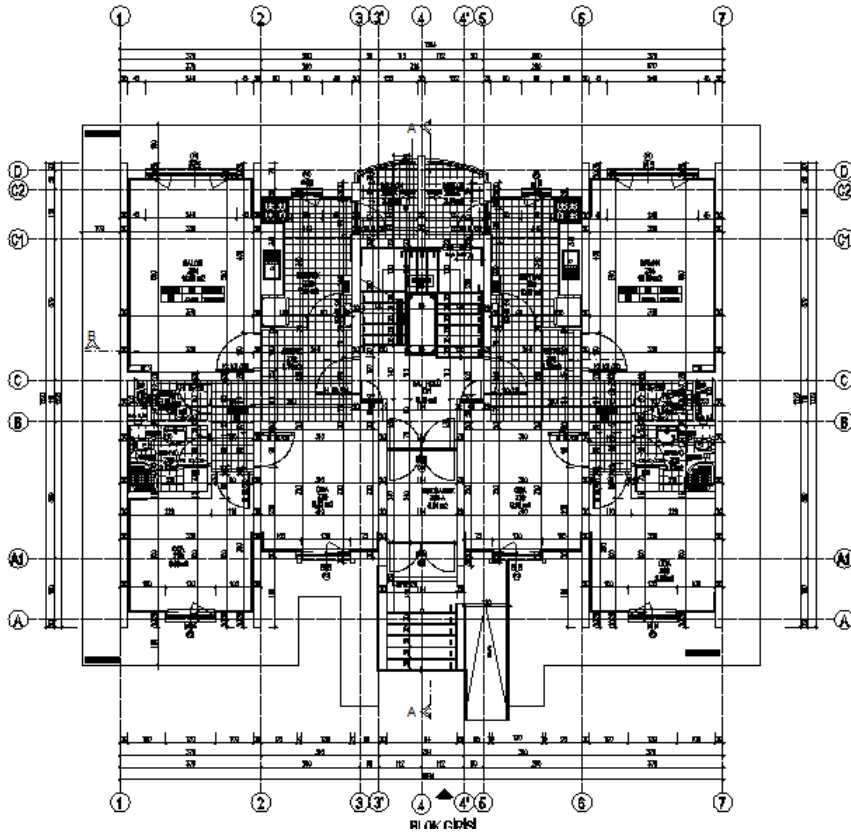
Şekil 3. Örnek Konut 1 Tasarımı Zemin Kat Planı [1]

Kat planı ve ölçüleri Şekil 3'de verilen Örnek Konut 1 yapısı, eşdeğer ısı konfora sahip olacak şekilde betonarme karkas, yığma kârgir ve EPS bağlantı köprülü kalıpların kullanıldığı EPS YKDBT duvar sistemi için Türkiye'de geçerli olan mevcut yönetmeliklerde öngörülen kural ve koşullara göre ayrı ayrı tasarlandı ve kaba yapım mâliyetleri hesaplandı [9, 10]. Mâliyet karşılaştırmasında kullanılan Örnek Konut 1 yapısı 3 kattan oluşmaktadır. Örnek

Konut 1 tasarımında dikkate alınan yapı parametreleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Örnek Konut 1 Projesi Tasarım Parametreleri

Yapı Türü .....	: Konut
Yapı Kat Adedi.....	: 3 (Bodrum+Zemin+1 Normal Kat)
Kat Yüksekliği, $h_{kat}$ .....	: 3.00
Bina Önem Katsayısı, I .....	: 1.0
Deprem Bölgesi .....	: 3
Etkin Yer İvmesi Katsayısı ( $A_0$ ) .....	: 0.2
Yerel Zemin Sınıfı.....	: Z3
Zemin Grubu .....	: C
Spektrum Karakteristik Periyotları, $T_A$ .....	: 0.15 s,
$T_B$ .....	: 0.60 s
Zemin Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{zem}$ .....	: 200 kN/m <sup>2</sup>
Zemin Yatak Katsayısı, $K_o$ .....	: 50 000 kN/m <sup>3</sup>
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R .....	: 8 (Betonarme Karkas Yapı)
	6 (EPS Yalıtım Kalıplı Yapı)
Beton Dayanım Sınıfı.....	: C30
Çelik Dayanım Sınıfı.....	: S420



**Şekil 4.** Örnek Konut 2 Projesi Zemin Kat Planı [1]

Kat planı ve ölçüleri Şekil 4’te verilen Örnek Konut 2 yapısı eşdeğer ısıl konfora sahip olacak şekilde betonarme karkas, tünel kalıp ve metal (tel) bağlantı köprülü kalıpların kullanıldığı EPS YKDBT duvar sistemi için Türkiye’de geçerli mevcut yönetmeliklerde öngörülen kurallara göre ayrı ayrı tasarlandı ve kaba yapım mâliyetleri hesaplandı [9, 10]. Mâliyet analizinde kullanılan Örnek konut 2 yapısı 5 kattan oluşmaktadır. Örnek konut 2 yapısının tasarımında dikkate alınan yapı parametreleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Örnek Konut 2 Projesi Tasarım Parametreleri

Yapı Türü .....	: Konut
Yapı Kat Adedi.....	: 5 (Bodrum+Zemin+3 Normal Kat)
Kat Yüksekliği, $h_{kat}$ .....	: 3.00
Bina Önem Katsayısı, I .....	: 1.0
Deprem Bölgesi .....	: 3
Etkin Yer İvmesi Katsayısı ( $A_0$ ) .....	: 0.2
Yerel Zemin Sınıfı.....	: Z3
Zemin Grubu .....	: C
Spektrum Karakteristik Periyotları, $T_A$ .....	: 0.15 s,
$T_B$ .....	: 0.60 s
Zemin Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{zem}$ .....	: 200 kN/m <sup>2</sup>
Zemin Yatak Katsayısı, $K_o$ .....	: 50 000 kN/m <sup>3</sup>
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R .....	: 8 (Betonarme Karkas Yapı)
	6 (EPS Yalıtım Kalıplı Yapı)
	6 (Tünel Kalıp Yapı)
Beton Dayanım Sınıfı.....	: C30
Çelik Dayanım Sınıfı.....	: S420

Örnek Konut 1 yapısının EPS YKDBT duvar sistemi olarak tasarımında taşıyıcı duvarlarda EPS bağlantı köprülü kalıplar ve Örnek Konut 2 yapısının EPS YKDBT duvar sistemi olarak tasarımında taşıyıcı duvarlarda metal (tel) bağlantı köprülü EPS kalıplar kullanıldı (Şekil 2). Mâliyet hesaplarında dikkate alınan yapı elemanlarının özellikleri özet olarak Tablo 3’de verildi. Mâliyet hesaplarında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2015 Yılı İnşaat Birim Fiyat Listesi’nden yararlanıldı [11]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2015 Yılı İnşaat Birim Fiyat Listesi’nde yer almayan imalat, “özel imalat” olarak tanımlandı. Özel imalatın birim fiyatlarının tespitinde Milli Savunma Bakanlığı 2015 Yılı İnşaat Birim Fiyat, Tarif ve Analizleri’nden yararlanıldı ve bu listede de yer almayan imalat için piyasa araştırması sonucu birim fiyatlar belirlendi [12].

**Tablo 3.** Mâliyet Hesabında Dikkate Alınan Yapı Elemanlarının Özellikleri

Yapı Sistemi	Yığma Kârgir Sistem	Betonarme Karkas Sistem	Tünel Kalıp Sistemi	EPS YKDBT Duvar Sistemi
<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Taşıyıcı Tuğla Duvar	Betonarme İskelet Sistem	Taşıyıcı Betonarme Duvar	Taşıyıcı EPS Kalıplı Duvar
<b>Temel Sistemi</b>	Duvar Altı Temeli	Radye Temel	Radye Temel	Radye Temel
<b>Döşeme Sistemi</b>	Plak Döşeme	Plak Döşeme	Plak Döşeme	Plak Döşeme
<b>Düşey Dolaşım Ögesi</b>	Betonarme Merdiven	Betonarme Merdiven	Betonarme Merdiven	Betonarme Merdiven
<b>Duvar Malzemesi</b>	190 mm düşey delikli dış duvar 135 ve 95 mm yatay delikli iç bölme duvarı	190 mm yatay delikli dış duvar 135 ve 95 mm yatay delikli iç bölme duvarı	190 m yatay delikli dış (ceph) duvar	EPS kalıplı duvar
<b>Yalıtım Sistemi</b>	EPS ile 50 mm dışarıdan mantolama	EPS ile 50 mm dışarıdan mantolama	EPS ile 50 mm dışarıdan mantolama	42,5 mm dış ve 42,5 mm iç EPS kalıp kalınlığı
<b>Sıva</b>	Dış cephe sıvası İç sıva ve alçı sıva Klasik tavan sıvası	Dış cephe sıvası İç sıva ve alçı sıva Klasik tavan sıvası	Dış cephe sıvası İçte alçı sıva Tavanda alçı astar ve alçı sıva	Dış cephe sıvası İç sıva ve alçı sıva Klasik tavan sıvası

Yapı sistemlerinin yapım mâliyetlerinin karşılaştırılmasında, kaba yapı imalatı dikkate alındı. Mâliyet karşılaştırılmasında dikkate alınan imalat kalemlerinin dışındaki imalat tüm yapı sistemlerinde, binalarda aynı olduğu için, yapı sistemlerinin mâliyet farklarının belirlenmesinde etkilerinin olmadığı kabul edildi.

### 3.2 Örnek Konut Tasarımları için Kaba Yapım Mâliyet Hesap Sonuçları

Şekil 3 ve Şekil 4'te kat planları verilen örnek konut tasarımları için yapılan kaba yapım mâliyeti hesap sonuçları sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5'te verildi. Tablo 4 ve Tablo 5'te özetlenen mâliyet hesapları sonuçlarına göre, EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti diğer yapı sistemlerinin kaba yapım mâliyetlerinden daha yüksektir. Şekil 3'de kat planı verilen Örnek Konut 1 tasarımı için yapılan mâliyet hesapları sonucuna göre EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti, yığma yapı sistemi kaba yapım mâliyetinden % 44, betonarme karkas yapı sistemi kaba yapım mâliyetinden % 8,6 daha yüksektir.

Şekil 4'te kat planı verilen Örnek Konut 2 projesi için yapılan mâliyet hesapları sonucuna göre EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti, betonarme karkas yapı sistemi kaba yapım mâliyetinden % 15, tünel kalıp sistemi kaba yapım mâliyetinden % 4 daha yüksektir.

EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti, betonarme karkas yapı sisteminin kaba

yapım mâliyetinden Örnek Konut 1 projesinde % 8,5 ve Örnek Konut 2 projesinden % 15 daha yüksektir. Bu farkın sebebi mâliyet hesaplarında iki farklı EPS duvar kalıbının kullanılmasıdır (Şekil 2). Örnek Konut 2 tasarımında, Örnek Konut 1 tasarımında olduğu gibi EPS bağlantı köprülü duvar kalıbı kullanılması durumunda EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti 318 810,57 TL'ye inecektir. Böylece Örnek Konut 2 tasarımında EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyeti Örnek Konut 1 tasarımında olduğu gibi betonarme karkas yapı sistemi kaba yapım mâliyetinden % 8,5 daha yüksek olacaktır.

Yapılan mâliyet hesaplarına göre EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyetinin diğer yapı sistemlerinden daha yüksek olmasının en önemli sebebi, sistemde kullanılan kendiliğinden yerleşen beton ve EPS kalıp mâliyetlerinin yüksek olmasıdır. Örnek Konut 1 projesinde yalıtım ve kalıp mâliyeti, EPS YKDBT duvar sisteminde 73 485,40 TL, betonarme karkas yapı sisteminde 70 354,75 TL ve yığma yapı sisteminde 50 484,91 TL'dir. Örnek Konut 2 tasarımında yalıtım ve kalıp mâliyeti, EPS YKDBT duvar sisteminde 126 983,52 TL, betonarme karkas yapı sisteminde 114 894,29 TL ve tünel kalıp sisteminde 148 034,12 TL'dir. EPS YKDBT duvar sisteminde kendiliğinden yerleşen beton yerine, sistem özelliklerine uygun olarak tasarlanmış dar engeller arasından geçebilme, boşlukları doldurabilme kabiliyetine sahip çok akıcı beton kullanılması durumunda, sistemin kaba yapım mâliyeti Örnek Konut 1 yapısında % 4,7 ve Örnek Konut 2 projesinde % 4,9 düşecektir. EPS YKDBT duvar sisteminde sistem özelliklerine uygun çok akıcı kıvamda beton kullanılması durumunda sistemin kaba yapım mâliyeti betonarme karkas yapı sistemi kaba yapım mâliyetine çok yaklaşırken (% 3,5) tünel kalıp sistemi kaba yapım mâliyetinden % 1,1 daha düşük olacaktır.

Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus mâliyetlerin karşılaştırılması için yüzde cinsinden verilen farklar kaba yapım (taşıyıcı iskelet veyâ duvar, ısı yalıtımı, eşdeğer asgarî sıvaların) mâliyetleri içindir. Toplam yapım mâliyetleri için, EPS YKDBT duvar sistemi ile diğer yapı sistemleri karşılaştırılırsa sistemlerin yapım mâliyetleri arasındaki yüzde cinsinden farklar yaklaşık yarısına düşecektir.

**Tablo 4.** Örnek Konut 1 Tasarımı için Eşdeğer Isıl Performansa Sahip Yapı Tiplerinin Kaba Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırması

Sıra No	Poz.No	Kısaca Tanımı	Birimi	2015 Birim Fiyatı (TL)	Betonarme Karkas Yapı		Yığma Kargir Yapı		EPS Yalıtım Kalıplı Yapı	
					Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)
1	Y.16.050/04	C20/25 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	149,88	3,27	489,81	3,94	590,53	0,42	62,35
2	Y.16.050/06	C30/37 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	172,38	177,47	30 592,28	103,02	17 758,93	76,54	13 193,79
3	Y.18.001/C01	Yatay Delikli Tuğla ile Duvar Yapılması (Yarım)	m <sup>2</sup>	22,13	116,24	2 572,35	120,30	2 662,33	118,03	2 612,09
4	Y.18.001/C05	Yatay Delikli Tuğla ile Duvar Yapılması (Tam)	m <sup>3</sup>	30,00	107,55	3 226,59	—	—	—	—
5	Y.18.001/F04	Düşey Delikli Tuğla ile Taşıyıcı Duvar Yapılması	m <sup>2</sup>	35,53	—	—	160,34	5 696,95	—	—
6	Y.21.001/01	Ahşaptan Seri Kalıp Yapılması	m <sup>2</sup>	11,78	41,16	484,86	48,92	576,28	9,60	113,09
7	Y.21.011/02	Düz Yüzeyleli Betonarme Kalıbı	m <sup>2</sup>	30,04	1 468,96	44 217,56	830,22	24 939,87	579,10	17 396,13
8	Y.21.050/C01	Kalıp İskelesi	m <sup>3</sup>	4,59	1 768,62	8 117,95	1 600,08	7 344,38	1 544,25	7 088,11
9	Y.21.051/C03	İş İskelesi (Duvar için)	m <sup>2</sup>	4,21	416,16	1 752,03	418,30	1 761,06	418,30	1 761,06
10	Y.23.014	Ø8-12 mm Betonarme Demiri	ton	1 972,66	12,92	25 484,79	7,93	15 635,30	16,61	32 763,91
11	Y.23.015	Ø14-28 mm Betonarme Demiri	ton	1 939,23	3,25	6 304,44	—	—	3,60	6 977,35
12	Y.27.501/01	Sıva Yapılması (Dış)	m <sup>2</sup>	21,00	454,80	9 550,80	454,80	9 550,80	—	—
13	27.528/2	Alçı Kaplama Yapılması	m <sup>2</sup>	7,50	1 375,27	10 314,56	1 364,66	10 234,94	133,73	1 002,96



**Tablo 4.** Örnek Konut 1 Tasarımı için Eşdeğer Isıl Performansa Sahip Yapı Tiplerinin Kaba Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırması (Devam)

Sıra No	Poz No	Kısaca Tanımı	Birim	2015 Birim Fiyatı (TL)	Betonarme Karkas Yapı		Yığma Kargir Yapı		EPS Yalıtım Kalıplı Yapı	
					Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)
14	27.531/1	Sıva Yapılması (İç)	m <sup>2</sup>	14,98	1 375,27	20 601,60	1 364,66	20 442,58	133,73	2 003,25
15	27.535/1	Tavan Sıvası Yapılması	m <sup>2</sup>	14,54	519,60	7 554,95	517,04	7 517,73	495,31	7 201,81
16	04.168/1 (Özel)	EPS Kalıcı Duvar Kalıbı	m <sup>2</sup>	50,15	—	—	—	—	856,90	42 973,38
17	MSB 324 (Özel)	Kendiliğinden Yerleşen Beton	m <sup>3</sup>	242,25	—	—	—	—	136,92	33 167,66
18	Özel 1	EPS Üzerine Sıva Yapılması (İç)	m <sup>2</sup>	17,20	—	—	—	—	1 210,69	20 823,80
19	Özel 2	EPS Üzerine Sıva Yapılması (Dış)	m <sup>2</sup>	22,00	—	—	—	—	454,80	10 005,60
20	Özel 3	EPS Duvar Döşeme Birleşim Kalıbı	m	13,45	—	—	—	—	197,85	2 661,08
21	Özel 4	EPS Kalıp Uzatma Elemanı	m	2,18	—	—	—	—	552,60	1 204,67
22	Özel 5	EPS Bitiş Ucu	Adet	1,00	—	—	—	—	400,00	400,00
23	Özel 6	EPS ile Mantolama Yapılması	m <sup>2</sup>	42,35	416,16	17 624,38	416,16	17 624,38	38,94	1 648,94
	<b>TOPLAM</b>					<b>188 798,95</b>		<b>142 336,05</b>		<b>205 061,03</b>

**Tablo 5.** Örnek Konut 2 Tasarımı için Eşdeğer Isıl Performansa Sahip Yapı Tiplerinin Kaba Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırması

Sıra No	Poz No	Kısaca Tanımı	Birim	2015 Birim Fiyatı (TL)	Betonarme Karkas Yapı		Tünel Kalıp Yapı		EPS Yalıtım Kalıplı Yapı	
					Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)
1	Y.16.050/04	C20/25 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	149,88	5,50	824,04	3,42	513,19	0,86	128,30
2	Y.16.050/06	C30/37 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	172,38	246,19	42 438,23	342,70	59 074,63	108,55	18 711,85
3	Y.18.001/C01	Yatay Delikli Tuğla ile Duvar Yapılması (Yarım)	m <sup>2</sup>	22,13	226,78	5 018,66	231,36	5 120,02	226,65	5 015,81
4	Y.18.001/C05	Yatay Delikli Tuğla ile Duvar Yapılması (Tam)	m <sup>3</sup>	30,00	169,51	5 085,36	48,79	1 463,64	—	—
5	Y.21.001/01	Ahşaptan Seri Kalıp Yapılması	m <sup>2</sup>	11,78	73,31	863,62	48,72	573,92	18,48	217,69
6	Y.21.011/02	Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı	m <sup>2</sup>	30,04	2 140,54	64 301,82	43,80	1 315,75	737,60	22 157,44
7	Y.21.050/C01	Kalıp İskelesi	m <sup>3</sup>	4,59	2 146,03	9 850,27	107,81	494,85	1 894,07	8 693,80
8	Y.21.051/C03	İş İskelesi (Duvar için)	m <sup>2</sup>	4,21	848,61	3 572,64	841,70	3 543,56	841,70	3 543,56
9	Y.23.014	Ø8-12 mm Betonarme Demiri	ton	1 972,66	17,52	34 564,95	25,85	50 999,18	21,32	42 063,03
10	Y.23.015	Ø14-28 mm Betonarme Demiri	ton	1 939,23	6,88	13 339,96	7,86	15 238,47	11,55	22 396,17
11	Y.27.501/01	Sıva Yapılması (Dış)	m <sup>2</sup>	21,00	970,21	20 374,35	976,06	20 497,26	—	—
12	27.528/1A	Alçı Astar (Perdah) Yapılması	m <sup>2</sup>	3,04	—	—	695,19	2 113,37	—	—
13	27.528/2	Alçı Kaplama Yapılması	m <sup>2</sup>	7,50	1 933,27	14 499,50	2 585,30	19 389,74	—	—

**Tablo 5.** Örnek Konut 2 Tasarımı için Eşdeğer Isıl Performansa Sahip Yapı Tiplerinin Kaba Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırması (Devam)

Sıra No	Poz No	Kısaca Tanımı	Birim	2015 Birim Fiyatı (TL)	Betonarme Karkas Yapı		Tünel Kalıp Yapı		EPS Yalıtım Kalıplı Yapı	
					Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)	Miktarı	Tutarı (TL)
14	27.531/1	Sıva Yapılması (İç)	m <sup>2</sup>	14,98	1 933,27	28 960,34	—	—	218,14	3 267,74
15	27.535/1	Tavan Sıvası Yapılması	m <sup>2</sup>	14,54	698,26	10 152,63	—	—	671,64	9 765,63
16	MSB 324 (Özel)	Kendiliğinden Yerleşen Beton	m <sup>3</sup>	242,25	—	—	—	—	238,94	57 882,97
17	Y.21.040	Tünel Kalıp	m <sup>2</sup>	36,01	—	—	2 937,27	105 771,02	—	—
18	04.168/J01 (Özel)	EPS Kalıcı Duvar Kalıbı	m <sup>2</sup>	64,90	—	—	—	—	1 369,19	88 860,63
19	Özel 1	EPS Üzerine Sıva Yapılması (İç)	m <sup>2</sup>	17,20	—	—	—	—	1 617,05	27 813,24
20	Özel 2	EPS Üzerine Sıva Yapılması (Dış)	m <sup>2</sup>	22,00	—	—	—	—	974,29	24 134,36
21	Özel 3	EPS Duvar Döşeme Birleşim Kalıbı	m	13,45	—	—	—	—	350,90	4 719,61
22	Özel 4	EPS Bitiş Ucu	Adet	1,00	—	—	—	—	660,00	660,00
23	Özel 5	EPS ile Mantolama Yapılması	m <sup>2</sup>	42,35	941,64	39 878,58	941,64	39 878,58	39,54	1 674,35
	<b>TOPLAM</b>					<b>293 724,96</b>		<b>325 987,16</b>		<b>339 006,17</b>

#### **4. SONUÇ ve ÖNERİLER**

Çalışma kapsamında EPS YKDBT duvar sistemi ile diğer yapı sistemlerinin kaba yapım mâliyetlerinin karşılaştırılmasında iki farklı örnek konut tasarımı kullanıldı. 3 kattan oluşan örnek bina tasarımları için betonarme karkas, yığma kârgir ve EPS bağlantı köprülü kalıpların kullanıldığı EPS YKDBT duvar sistemi için tasarım yapılarak ve üç farklı yapım sisteminin kaba yapım mâliyetleri hesaplandı. 5 kattan oluşan diğer örnek bina tasarımı için betonarme karkas, tünel kalıp sistemi ve metal (tel) bağlantı köprülü kalıpların kullanıldığı EPS YKDBT duvar sistemi için tasarım yapılarak ve üç farklı yapım sisteminin kaba yapım mâliyetleri hesaplandı.

Yapılan mâliyet hesapları sonucunda EPS YKDBT duvar sisteminin kaba yapım mâliyetinin diğer yapı sistemlerinden daha yüksek olduğu sonucuna varıldı.

EPS YKDBT duvar sisteminin Türkiye’de yaygın olarak kullanılabilmesi için sistem yapım mâliyetinin düşürülmesi gerekmektedir.

EPS YKDBT duvar sistemi kaba yapım mâliyetinin diğer yapı sistemlerinden daha yüksek olmasının en önemli sebepleri, sistemde kullanılan kendiliğinden yerleşen beton ve EPS kalıp mâliyetlerinin yüksek olmasıdır.

EPS YKDBT duvar sisteminin Türkiye uygulamalarında kullanılan kalıplar veya kalıp hammaddesi yurtdışından ithal edilmekte veya Türkiye’de yurtdışı firmalarının patenti altında üretilmektedir. Bu sebeple sistemde kullanılan kalıpların mâliyetleri yüksek olmakta, dolayısıyla sistemin yapım mâliyeti yükselmektedir. EPS kalıpların Türkiye’de yerli firmalar tarafından yaygın olarak üretilerek kalıp mâliyetlerinin düşürülmesi, sistemin yapım mâliyeti açısından oldukça önemlidir. Yapım mâliyetindeki diğer önemli etken sistemde kullanılan betonun mâliyetidir. Kendiliğinden yerleşen betonun mâliyetinin giderek düşmesi sistemin yapım mâliyetinin düşmesi için önemli bir etkidir. Ayrıca sistem özellikleri dikkate alınarak tasarlanmış ve sistem üzerinde denenerek iyi sonuçlar alınmış çok akıcı kıvamda yüksek oranlarda puzolanlı bağlayıcı geleneksel beton kullanılması, sistemde kullanılan beton mâliyetini ve dolayısıyla sistemin yapım mâliyetini istenilen düzeye düşürecektir.

EPS YKDBT duvar sistemi ile ilgili olarak gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı kat sayısına sahip, farklı kalıp sistemlerinin kullanıldığı çok sayıda konut projesi için toplam yapım mâliyeti ile işletme mâliyeti (ısıtma, soğutma, bakım ve onarım vb.) analizlerinin yapılarak karşılaştırmaların binanın faydalı ömrü boyunca toplam mâliyetlerinin karşılaştırılması daha gerçekçi karşılaştırmaların yapılmasına imkân verecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Özşahin. B., Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Duvarlı Binaların Yapımsal ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011
- [2] Insulating Concrete Form Systems (ICFs), National Association of Home Builders (NAHB), Technical Report, 2000
- [3] In-Plane Shear Resistance of Insulating Concrete Form Walls, U.S Department of Housing and Urban Development (HUD), Portland Cement Association (PCA), Prepared by National Association of Home Builders (NAHB) Research Center, Technical Report H-21172CA, 2001
- [4] Prescriptive Method for Insulating Concrete Forms In Residential Construction, U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD), Portland Cement Association (PCA) Prepared by National Association of Home Builders (NAHB) Research Center, Technical Report,1998
- [5] Özşahin. B., EPS Bloklü Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004
- [6] Akgündüz. N., Deprem Bölgelerinde Yığma Tasarımının Yönetmeliğe Göre İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 36-38, 2004
- [7] Sıngın. A., Tünel Kalıp Sistemi İle İnşaat, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Bülteni, Ağustos, 13-21, 2000
- [8] Güler. K., Tünel Kalıp Sistemiyle Yapılan Yapıların Deprem Süresince Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2009, S3
- [9] TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000
- [10] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara
- [11] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2015 Yılı İnşaat Birim Fiyatları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 2015
- [12] Millî Savunma Bakanlığı 2015 Yılı İnşaat Birim Fiyat, Tarif ve Analizleri, Millî Savunma Bakanlığı, Ankara, 2015

# NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARDA YÜRÜME İŞARETLERİNİN ZAMAN-FREKANS ANALİZİ

Ömer AKGÜN<sup>1\*</sup>, Aydın AKAN<sup>2</sup>, Hasan DEMİR<sup>3</sup>

*oakgun@marmara.edu.tr, akan@istanbul.edu.tr, hdemir@nku.edu.tr*

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, İstanbul, Türkiye.

<sup>3</sup>Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Müh. Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, Tekirdağ, Türkiye.

## Özet

Yürüme analizi ile ilgili gelişmeler, bazı hastalıkların özellikle nörodejeneratif hastalıkların teşhisinde yürüme analizinin yardımcı bir faktör olarak yer almasını sağlamıştır. Ayağın altındaki kuvvete duyarlı sensörler yardımı ile kontrol bireylerinden ve nörodejeneratif hastalardan yürüme işaretleri alınmıştır. Bu işaretlere zaman-frekans analizi uygulanarak hastalıklı işaretlerin normal işaretlerden farkları ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra Yapay Sinir Ağları (YSA) ile yapılan sınıflandırmada patolojik işaretler %82 doğrulukla tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yürüme Analizi, Zaman Frekans Analizi, Nörodejeneratif hastalık, Yapay Sinir Ağları.

## GAİT ANALYSIS OF TIME-FREQUENCY SIGNALS IN NEURODEGENERATIVE DISEASES

### Abstract

Developments related to gait analysis has provided help to be included as a factor, especially in the diagnosis of neurodegenerative diseases. Walking marks are taken of the foot under the force sensitive sensors with the aid of control members, and the neurodegenerative patients.

This signals the time-applying frequency analysis revealed differences from normal signals disease signals. Then in the classification with Artificial Neural Networks (ANN), pathological signs were detected 82% accuracy.

**Key Wors:** Gait analysis, Time-Frequency Analysis, Nörodejeneratif hastalık, Artificial Neural Network.

\*Sorumlu Yazar: Ömer AKGÜN, oakgun@marmara.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Yürüme yaşamın çok basit bir parçası gibi görünmekle birlikte aslında son derece karmaşık bir hareketler zinciridir. Uzun süre yorulmadan yürüyebilmek için beyin, omurilik, periferik sinirler, kaslar, kemik ve eklemler birlikte çalışmalı, eklem hareketleri, kasılmanın zamanı ve gücü yeterli olmalıdır [1,2].

Normal yürümenin karmaşıklığı ve çıplak gözle değerlendirilmesinin güçlüğü bilim adamlarını ayrıntılı ve güvenilir inceleme yöntemleri geliştirmeye itmiştir. İnsan hareketinin bilimsel değerlendirilmesi Aristo zamanına uzanır. Aristo M.Ö. 350 yılında eklem hareketlerini kas kasılmasının yaptırdığını bulmuş, birkaç yüzyıl sonra Galen (M.S. 131-201) kas kasılmasını sinirlerin yönettiğini öne sürmüştür. Rönesans döneminde Galile'nin öğrencisi Borelli, 19. yüzyılda ise Marey insan yürüyüşü ile ilgili dinamik çalışmalar yapmışlardır [2,3]. Edward Muybridge adlı fotoğrafçı ondokuzuncu yüzyıl sonlarında yürüme analizine önemli katkılarda bulunmuştur. Yürüme analizinin gelişmesinde bir sonraki aşama 1895'te Braune ve Fisher'in fotoğraf görüntülerini sayısal değişkenlere dönüştürmesidir. 1930'larda Eberhart ve Inman fotoğraf makinasının objektifi önünde dönen delikli bir disk kullanarak bu deneyleri daha ayrıntılı olarak tekrar etmişlerdir. 1950'lerde başlayan çalışmalarıyla bugün bildiğimiz anlamda bilimsel yürüme analizini klinik kullanıma sokan araştırmacılar Verne Inman ve Jacquelin Perry'dir. Kişisel bilgisayarların 1980'lerde başlayan hızlı gelişmesi sayesinde klinik kullanıma yönelik yürüme analizi sistemleri geliştirilmiş, satışa sunulmuş ve dünyanın birçok ülkesinde kullanıma girmiştir [1,2].

Bugünkü anlamıyla yürüme analizi, yürümenin sayısal olarak değerlendirilmesi, tanımlanması ve yorumlanması olarak yorumlanabilir. Her ne kadar birçok yürüme sorunu, deneyimli hekimlerin gözle yaptığı muayenelerle anlaşılabilse de sorunu, sayısal olarak yorumlamak, kaydedip daha sonra yeniden değerlendirmek ve yapılan tedavinin etkinliğini nesnel biçimde ortaya koymak için yürüme analizi teknolojisi kullanmayı gerektirir [3,4].

Bu çalışma yürüme dinamiklerinin kinetik analizine dayanır. Kinetik analiz, hareketi oluşturan kuvvetlerin (yer tepkimesi kuvvetleri, eklem momentleri, eklem güçleri) incelenmesidir. Kinetik analizde ölçülebilen tek veri yer tepkimesi kuvveti vektörüdür (YTKV). YTKV kuvvet platformu denilen (Force plate) ve ayağın yere uyguladığı toplam kuvveti ölçen basınca duyarlı plakalarla ölçülür. Platformun her iki yanına, ön ve arkasına ve içine yerleştirilmiş transdüserler kuvvet platformu yüzeyine binen yükün her üç düzlemdeki bileşenlerini ölçerler ve bu veriyi bilgisayara aktarırlar. Diğer bir seçenek, ayağın altına

kuvvete duyarlı piezoelektrik sensörler yerleştirilerek yürüme işaretlerini kaydetmektir [1-4]. Nörodejeneratif hastalıklar ve yürüme dinamiklerinin sayısal değerlendirilmesi ile ilgili bu makalenin kapsamına giren çalışmaları 1997 ve 2000 yıllarında Hausdorff ve arkadaşları yapmışlardır [5,6]. Bu çalışmalar genel olarak yürüme ritmi ile ilişkili analizlere dayanmakta idi. Bu çalışma ise ayağın altından alınan piezoelektrik kökenli işaretlerin zaman-frekans analizine dayanmaktadır.

## 2. NÖRODEJENERATİF HASTALIKLAR

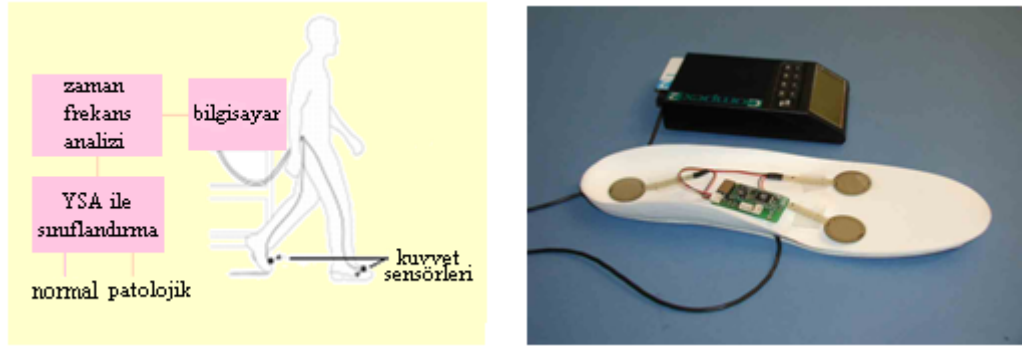
Nörodejenerasyon, nöronların, yani sinir hücrelerinin, hasarı ve kademeli ölümü olarak tanımlanır; bunun sonucunda ortaya çıkan hastalıklara nörodejeneratif hastalıklar denir. En önemli temsilcileri, Alzheimer, Parkinson, Huntington hastalıkları, ALS ve kalıtsal ataksiler olan nörodejeneratif hastalıklar, gelişmiş ülkelerde kalp-damar hastalıkları ve kanserden sonraki en sık ölüm nedenidir. Oluşum mekanizmaları ve etkin tedavileri henüz bulunamamış olan bu kronik ve ilerleyici seyir gösteren hastalıkların, günümüzde ancak semptomatik tedavileri mümkündür. Dolayısıyla nörodejeneratif hastalıklar, modern tıbbın çözmeye uğraştığı en önemli sağlık problemlerinin başında gelir [1,7].

Beynin farklı bölgelerini etkiledikleri için, klinikte ayrı ayrı kimlikleri olan nörodejeneratif hastalıkların, hücre mekanizmaları düzeyinde büyük benzerlikleri vardır. Bu bağlamda, nörodejeneratif hastalıkların incelenmesinde tek bir hastalığa yoğunlaşmaktan ziyade, bu gruptaki birkaç hastalığın etki ve oluşum mekanizmalarını anlamaya çalışmak, nörodejenerasyon süreçlerine panoramik bir bakış açısı kazandırır.

## 3. UYGULAMA

14'ü Normal, 48'i nörodejeneratif hastası olmak üzere 62 bireyden, ayağın altındaki kuvvete duyarlı piezoelektrik sensörler kullanılarak 60 saniyelik yürüme işaretleri kaydedilmiştir. İşaretler 18000 adet dizilik  $x(n)$  ayrık işaretlerine dönüştürülerek bilgisayar ortamına aktarılmışlardır (Şekil 1). Bu işaretler MIT fizyolojik işaretler arşivinden alınmışlardır [8].





Şekil 1- Çalışmanın blok yapısı ve ayağın altındaki piezoelektrik sensörler [8]

### 3.1. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü

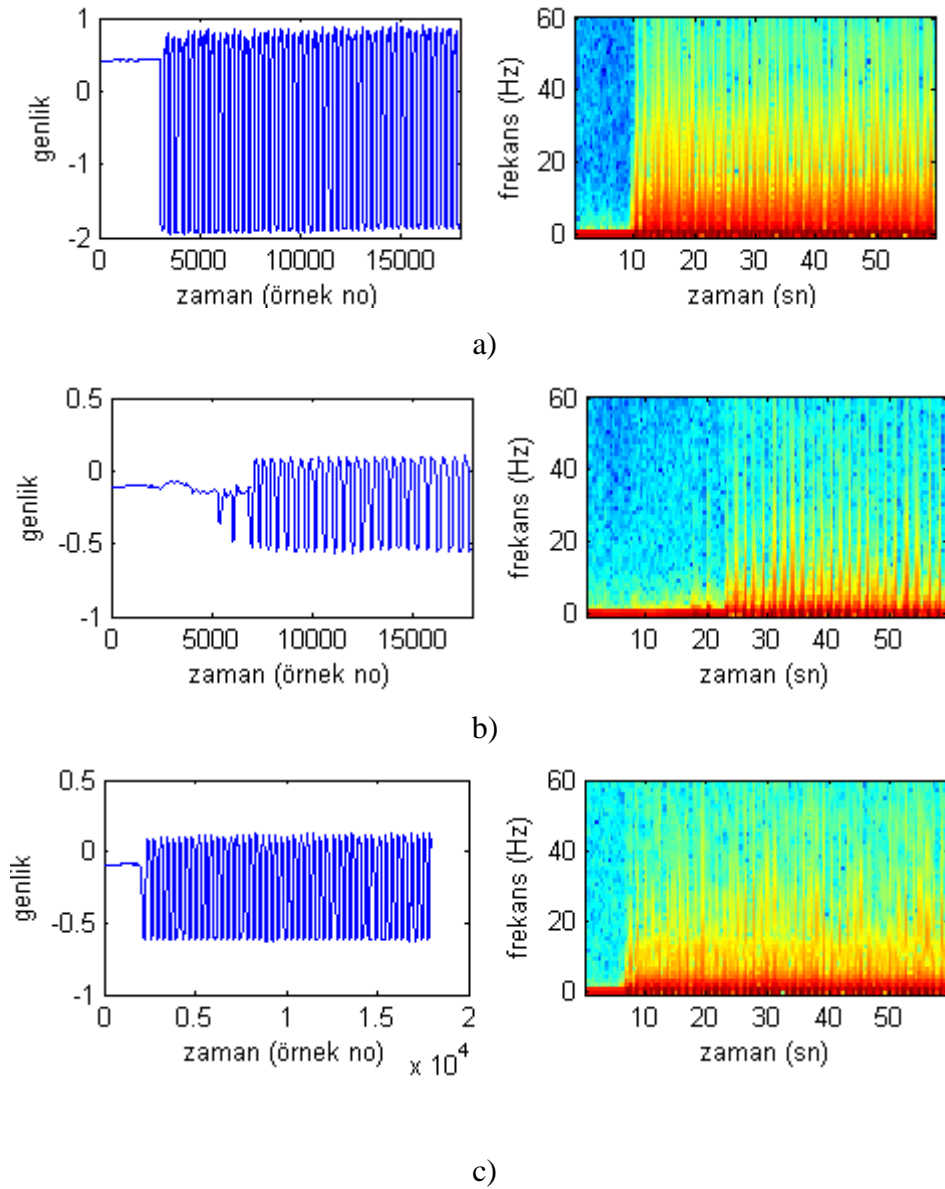
1946'da, haberleşme alanında çalışan Dr.Gabor tarafından ortaya atılan Gabor Dönüşümü, pencere fonksiyonu olarak tanımlanan bir sabit fonksiyonun zamanda ötelenmesiyle taranan her hangi bir işaretin Fourier Dönüşümü alınarak, bölgesel frekans analizinin yapılmasına olanak sağlamıştır. Bu durumda, pencerelenmiş işaretin Fourier Dönüşümü, işaretin frekans bileşenlerinin yanında zaman bilgisini de içermektedir. Dönüşümde kullanılan pencere fonksiyonu, zaman ve frekans domenlerinde sınırlı olan Gaussian fonksiyonudur. 1965'de ortaya atılan yeni bir algoritmayla Gabor Dönüşümü, değişik pencere fonksiyonlarının kullanıldığı Kısa Süreli Fourier Dönüşümü (KSFD) olarak genişletilmiştir. Bu dönüşüm şekli özellikle bilgisayar uygulamaları için çok yararlı bir çözüm oluşturur. Ayrık zamanlı  $x(n)$ ,  $n=0,1,\dots,N-1$  yürüme işaretinin KSFD'si denklem 1'de verilmiştir [9-12].

$$x(n, w_k) = \sum_{m=0}^{N-1} x(m).w(n-m).e^{-jw_k m} = \sum_{m=0}^{N-1} x_n(m).e^{-jw_k m} \quad (1)$$

$x_n(m)$  pencerelenmiş yani kısa zamanlı işaret,  $w(n)$  ise kullanılan penceredir. Çalışmada pencere uzunluğu 256 olarak seçilmiştir.  $x(n)$  yürüme işaretlerinin spektrogramları ise ifadesi Denklem 2 ile hesaplanmıştır.

$$S_{STFT}(n, w_k) = \frac{1}{N} |x(n, w_k)|^2 \quad (2)$$

Şekil 2'deki spektrogramlarda kırmızıdan sarıya doğru büyüklüğü azalan genlik bölgeleri görülmektedir. Bu grafiklerden yürüme işaretlerinin büyük genlik değerlerini hangi frekanslara kadar taşıyabildiği anlaşılmaktadır. Buna göre Şekil 2.a'da normal işaret için kırmızı yüksek genlik bölgesi yaklaşık 14 Hz' e kadar uzanmaktayken, Şekil 2b'deki patolojik işaret için bu değer 4 Hz'i Şekil 2c'deki diğer patolojik işaret için ise 6Hz'i bulmaktadır.



Şekil 2- a) Normal b) Patolojik 1 c) Patolojik 2 yürüme işaretlerinin spektrogramları

### 3.2. Yapay Sinir Ağları ile sınıflandırma

Yürüme işaretlerinin spektrogramlarından elde edilen yüksek genlik değeri gösterdikleri frekans değerleri, bir, iki, üç ve dört tane gizli katmanı olan YSA yapıları için farklı gizli katman nöron sayıları ile ileri beslemeli yapay sinir ağına giriş olarak verilmiştir. Nöronlarda aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoidal ve tanjant sigmoidal fonksiyonları kullanılmıştır. Kontrol grubu olarak 45, test grubu olarak ise 16 veri kullanılmıştır. Yapay sinir ağı hatayı geriye yayma algoritması ile eğitilmiştir. Eğitimde ortalama karesel hata değeri bağıntısı ile denklem 3’de hesaplanmıştır.

$$E = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - d_i)^2} \quad (3)$$

Bu ifade de,  $N$  değeri her bir eğitilen vektör için elde edilen 7 değeri,  $y_i$  yapay sinir ağının  $i$ . giriş verisi için çıkış değerini,  $d_i$  ise  $i$ . giriş verisi için hedef değerini göstermektedir. Bu veriler ile yapılan YSA ile sınıflandırmada yöntemlerin başarımları Tablo 1’ de verilmiştir [1,13].

## 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Normal işaretlerin patolojik işaretlere göre yüksek genlik değeri gösterdikleri anlaşılmış olup, frekansları da daha yüksek değerler almaktadır ( $11\text{Hz} < \text{Normal} < 15\text{ Hz}$ ,  $4\text{ Hz} < \text{Patolojik} < 11\text{Hz}$ ). Çalışmada 14 Normal (N), 48 Patolojik (P1,P2,P3) yürüme işaretlerinin genlik değerleri ve yaklaşık sınır frekans değerleri (Tablo.1) deki sonuçlar elde edilmiştir.

Ayrıca çalışmada YSA ile yapılan sınıflandırma sonuçlarında patolojik işaretlerin belirlenmesindeki ortalama % 82 başarımlar oranı değeri elde edilmiştir. Yapılan çalışma ile yürüme analizi sonuçlarının STFT ve YSA analizi ile nörodejeneratif hastalıkların teşhisinde yardımcı bir faktör olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır.

**Tablo.1:** 14 Normal (N), 48 Patolojik (P1,P2,P3) yürüme işaretinin yüksek genlik değeri gösterdiği yaklaşık sınır frekans değerleri

Hasta No	N	P1	P2	P3
1	11.1	9.8	9.8	6.4
2	13.4	7.5	8.7	11.1
3	13.4	9.8	8.7	6.3
4	11.2	9.9	9.8	5.2
5	13.4	9.8	11.1	4.1
6	11.1	8.7	8.7	5.2
7	13.4	9.8	8.7	6.4
8	13.4	9.8	9.8	7.5
9	19.3	11.2	8.8	8.7
10	14.6	7.5	9.8	6.4
11	12.3	9.8	7.7	6.4
12	12.3	7.5	12.3	6.4
13	13.5	7.6	8.8	7.5
14	12.3	11.1	8.7	9.8
15		7.5	8.8	6.4
16		7.5	8.7	8.6

## KAYNAKLAR

- [1] O. Akgun, H. Demir, A. Akan; Yürüme İşaretlerinin AR Modelleri ile ALS Hastalığının Belirlenmesi, ELECO-Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 26-30 Kasım 2008, Bursa-Türkiye.
- [2] Yalçın S ve Özaras N, Yürüme Analizi, Avrupa Matbaacılık, İstanbul, 2001.
- [3] Kirtley C., Clinical Gait Analysis: Theory and Practice, Churchill Livingstone, Oxford, 2006.
- [4] Whittle M. W., Gait Analysis: An Introduction, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2007.

- [5] Hausdorff JM, Mitchell SL, Firtion R, Peng CK, Cudkowicz ME, Wei JY and Goldberger AL, “Altered fractal dynamics of gait: reduced stride-interval correlations with aging and Huntington's disease”, *J. Applied Physiology*, 82:262-269, 1997.
- [6] Hausdorff JM, Lertratanakul A, Cudkowicz ME, Peterson AL, Kaliton D and Goldberger AL, “Dynamic markers of altered gait rhythm in amyotrophic lateral sclerosis” *J. Applied Physiology*, 88:2045-2053, 2000.
- [7] Beal M. F., Lang A. E., and Ludolph A. C., *Neurodegenerative Diseases: Neurobiology, Pathogenesis and Therapeutics*, Cambridge University Pres, Cambridge, 2005.
- [8] Goldberger AL, Amaral LA, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PC, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng CK, Stanley HE., *Circulation, PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals*, 2000; 101: e215-e220, doi: 10.1161/01.CIR.101.23.e215.
- [9] Bigan, C.; Woolfson, W.S.; Time-frequency analysis of short segments of biomedical data, *Science, Measurement and Technology, IEE Proceedings -Volume 147, Issue 6, Nov. 2000 Page(s):368 – 373*.
- [10] Hannaford, Blake; Lehman, Steven; *Short Time Fourier Analysis of the Electromyogram: Fast Movements and Constant Contraction*, *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on* Vol. BME-33, No.12, Dec. 1986, pp.1173 – 1181.
- [11] Boulgouris, N.V.; Hatzinakos, D.; Plataniotis, K.N.; *Gait recognition: a challenging signal processing technology for biometric identification*, *Signal Processing Magazine, IEEE*, Volume 22, Issue 6, Nov. 2005 Page(s):78 – 90.
- [12] Akay, M., *Biomedical Signal Processing*, Academic Pres, St. Louis, 1994.
- [13] N. Chaudhary, Y. Aggarwal, R.K. Sinha; *Artificial Neural Network based Classification of Neuradegenerative Diseases*, *Advances in Biomedical Engineering Research (ABER)*, Vol.1, Issue.1, March 2013, pp.1-8.

# CHARACTERIZATIONS OF SOME ASSOCIATED AND SPECIAL CURVES TO TYPE-2 BISHOP FRAME IN $E^3$

*Süha YILMAZ*

*Dokuz Eylül University, Buca Faculty of Education  
35150 Buca-İzmir-Turkey  
E-mail: suha.yilmaz@deu.edu.tr*

## **Abstract:**

In this paper, we investigate associated curves according to type-2 Bishop frame in  $E^3$ . In addition, necessary and sufficient conditions for a curve to be a regular one are studied to the mentioned frame. Finally we give characterization of the arc length of spherical indicatrix and inclined curve using harmonic curvature.

**Key Words:** Spherical indicatrix, type-2 Bishop Frame, associated curve, harmonic curvature, inclined curve.

**Mathematics Subject Classification:** (2010): 53A04 , 53B30 , 53B50

## **Özet:**

Biz, bu makalede, 3-boyutlu Öklid uzayında 2. Tip Bishop çatısına göre bağlantılı eğrileri araştırıyoruz. Bununla beraber, 2. Tip Bishop çatısına göre bir eğrinin regüler olmasının gerek ve yeter koşullarını inceliyoruz. Son olarak, harmonik eğrilikten yararlanarak küresel göstergelerle, inclined eğrilerinin yay uzunluklarına dair karakterizasyonlar veriyoruz.

## 1 INTRODUCTION

Curves as geometrical objects are one of the fundamental structures of differential geometry. An increasing interest of the theory of curves makes researches of special curves a development. The curves are said to be associated curves which are obtained from the differential and geometrical relation between two or more curves. Associated curves are used in science and engineering. For instance, some of these curves are Bertrand curves, Mannheim curves, inclined curves, etc. There are many works on these curves (see [1], [2], [3], [8], [10]).

In this paper, we give some new characterizations of associated curves by using type-2 Bishop frame in  $E^3$ . Later, we characterize spherical indicatrices and inclined curves using harmonic curvatures.

## 2 PRELIMINARIES

The Euclidean 3-space  $\mathbb{R}^3$  is provided with the standard flat metric given by

$$\langle, \rangle = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2$$

where  $(x_1, x_2, x_3)$  is a rectangular coordinate system of  $\mathbb{R}^3$ . Recall that the norm of an arbitrary vector  $\alpha \in \mathbb{R}^3$  is given by  $\|\alpha\| = \sqrt{\langle \alpha, \alpha \rangle}$ .  $\alpha$  is called a unit speed curve if velocity vector  $v$  of  $\alpha$  is satisfied by  $\|v\| = 1$ .

Let  $X$  be a smooth vector field on  $M$ . We express that a smooth curve  $w: I \rightarrow M$  is an integral curve of  $X$  if

$$w'(s) = X_{w(s)} \tag{1}$$

holds for any  $s \in I$ .

Denote by  $\{T, N, B\}$  the moving Frenet-Serret frame along the curve  $w$  in the space  $E^3$ . For an arbitrary curve  $w$  with the first and second curvatures  $\kappa$  and  $\tau$  in the space  $E^3$ , the following Frenet-Serret formulae are given

$$\begin{cases} T'(s) = \kappa(s)N(s) \\ N'(s) = -\kappa(s)T(s) + \tau(s)B(s) \\ B'(s) = -\tau(s)N(s) \end{cases} \tag{2}$$

where the curvature functions are defined by  $\kappa = \kappa(s) = \|T'(s)\|$  and

$\tau(s) = -\langle B', N \rangle$ ,  $B = -\int N(s)\tau(s)ds$ . In the rest of paper, we suppose everywhere  $\kappa \neq 0$  and  $\tau \neq 0$ .

The Bishop frame or parallel transport frame is an alternative approach to define a moving frame that is well defined even when the curve has vanishing second derivative. One can express parallel transport of orthonormal frame along a curve simply by parallel transporting each component of the frame.

Now, we define some associated curves of a curve  $w$  in  $E^3$  defined according to type-2 Bishop frame. For a Frenet curve  $w: I \rightarrow E^3$ , consider a vector field  $v$  given by

$$v(s) = \alpha(s)T(s) + \beta(s)N(s) + \gamma(s)B(s), \tag{3}$$

where  $\alpha, \beta$  and  $\gamma$  are functions on  $I$  satisfying  $\alpha^2(s) + \beta^2(s) + \gamma^2(s) = 1$ . Then, an integral curve  $\bar{w}(s)$  of  $v$  defined on  $I$  is a unit speed curve in  $E^3$ , [8].

The type-2 Bishop frame is expressed as (see, [3])

$$\begin{bmatrix} \xi_1' \\ \xi_2' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\varepsilon_1 \\ 0 & 0 & -\varepsilon_2 \\ \varepsilon_1 & \varepsilon_2 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ B \end{bmatrix}$$

or

$$\begin{cases} \xi_1' = -\varepsilon_1 B, \\ \xi_2' = -\varepsilon_2 B, \\ B = \varepsilon_1 \xi_1 + \varepsilon_2 \xi_2. \end{cases} \tag{4}$$

In order to investigate a type-2 Bishop frame relation with Serret-Frenet frame, first we write

$$B = -\tau N = \varepsilon_1 \xi_1 + \varepsilon_2 \xi_2 \tag{5}$$

Taking the norm of both sides (5), we have

$$\kappa(s) = \frac{d\theta(s)}{ds}, \tau(s) = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2} \tag{6}$$



Moreover, we may express

$$\varepsilon_1(s) = -\tau \cos \theta(s), \varepsilon_2(s) = -\tau \sin \theta(s). \tag{7}$$

By this way, we conclude with  $\theta(s) = \arctan \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$ . The frame  $\{\xi_1, \xi_2, B\}$  is properly oriented, and  $\tau$  and  $\theta(s) = \int_0^s K(s)ds$  are polar coordinates for the curve  $w(s)$ .

We write the tangent vector according to the frame  $\{\xi_1, \xi_2, B\}$  as

$$T = \sin \theta(s)\xi_1 - \cos \theta(s)\xi_2$$

and differentiate with respect to  $s$ , we have

$$T' = \kappa N = \theta'(s)(\cos \theta(s)\xi_1 + \sin \theta(s)\xi_2) + (\sin \theta(s)\xi_1' - \cos \theta(s)\xi_2'). \tag{8}$$

Substituting  $\xi_1' = -\varepsilon_1 B$  and  $\xi_2' = -\varepsilon_2 B$  into (8) we have

$$\kappa N = \theta'(s)(\cos \theta(s)\xi_1 + \sin \theta(s)\xi_2)$$

In the above equation let us take  $\theta'(s) = \kappa(s)$ . Hence we immediately arrive at

$$N = \cos \theta(s)\xi_1 + \sin \theta(s)\xi_2.$$

Considering the obtained equations, the relation matrix between Serret-Frenet and the type-2 Bishop frame can be expressed [3]

$$\begin{bmatrix} T \\ N \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \theta(s) & -\cos \theta(s) & 0 \\ \cos \theta(s) & \sin \theta(s) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ B \end{bmatrix} \tag{9}$$

**Definition 2.1.** The function

$$H = \frac{\varepsilon_2(s)}{\varepsilon_1(s)}$$

is called harmonic curvature function of the curve  $\alpha$  provided that  $\varepsilon_1 \neq 0$  and  $\varepsilon_2 \neq 0$ , according to type-2 Bishop frame in Euclidean space.

**Definition 2.2.** The following differentiable function defined in an open interval

$$I = \{t: a < t < b\} \text{ in the set of real numbers}$$

$$\alpha: I \rightarrow E^3$$

$$t \rightarrow \alpha(t) = (\alpha_1(t), \alpha_2(t), \alpha_3(t))$$

is a curve in  $E^3$  and if the first derivative of the curve is non-zero everywhere, so this curve is called a regular curve.

**Definition 2.3.** Let  $\alpha = \alpha(s)$  be a regular curve with curvatures  $\kappa$  and  $\tau$ .  $\alpha$  is an inclined curve if and only if  $\frac{\kappa}{\tau} = \text{constant}$  [5].

**Remark 2.1.** A principal-direction (resp. the binormal-direction) curve is an integral curve of  $V(s)$  with  $\alpha(s) = \gamma(s) = 0$ ,  $\beta(s) = 1$  (resp.  $\alpha(s) = \beta(s) = 0$ ,  $\gamma(s) = 1$ ) for all  $s$ , see [8].

**Proposition 2.1.** [8], Let  $w$  be a curve in  $E^3$  and let  $\bar{w}$  be an integral curve of  $w$ . Then, the principal-direction curve of  $\bar{w}$  equals to  $w$  up to the translation if and only if

$$\alpha(s) = 0, \beta(s) = -\cos(\int \tau(s) ds) \neq 0, \gamma(s) = \sin(\int \tau(s) ds). \tag{10}$$

For the rest of this paper, we assume that  $\bar{s} = s$  without loss of generality.

### 3 $\xi_1$ –DIRECTION CURVE AND $\xi_1$ –DONOR CURVE; $\xi_2$ –DIRECTION CURVE AND $\xi_2$ –DONOR CURVE ACCORDING TO TYPE-2 BISHOP FRAME IN $E^3$

**Definition 3.1.** Let  $X$  be a curve in  $E^3$ . An integral curve of  $\xi_1$  is called  $\xi_1$  –direction curve of  $X$  according to type-2 Bishop frame if  $\xi_1$  –direction curve is an integral curve of (11) with  $\gamma(s) = \beta(s) = 0, \alpha(s) = 1$ .

**Definition 3.2.** Let  $X$  be a curve in  $E^3$ . An integral curve of  $\xi_2$  is called  $\xi_2$  –direction curve of  $X$  according to type-2 Bishop frame if  $\xi_2$  –direction curve is an integral curve of

$$v(s) = \alpha(s)\xi_1(s) + \beta(s)\xi_2(s) + \gamma(s)B(s) \tag{11}$$

with  $\alpha(s) = \gamma(s) = 0, \beta(s) = 1$ .

**Definition 3.3.** An integral curve of  $\xi_1$  is called  $\xi_1$  –donor curve of  $X$  according to type-2 Bishop frame.

**Definition 3.4.** An integral curve of  $\xi_2$  is called  $\xi_2$  –donor curve of  $X$  according to type-2

Bishop frame.

**Theorem 3.1.** Let  $X$  be a curve in  $E^3$  with the curvature  $\kappa$  and the torsion  $\tau$  and  $\bar{X}$  be the  $\xi_2$  –Direction curve of  $X$  with the curvature  $\bar{\kappa}$  and the torsion  $\bar{\tau}$ . Then, the Frenet frames of  $\bar{X}$  are  $\bar{T}(s) = \xi_2(s)$ ,  $\bar{N}(s) = -B(s)$ ,  $\bar{B}(s) = \xi_1(s)$  and also the curvature  $\bar{\kappa}$  and torsion  $\bar{\tau}$  of  $\bar{X}$  are given by  $\bar{\kappa}(s) = \varepsilon_2(s)$  and  $\bar{\tau}(s) = -\varepsilon_1(s)$ .

**Proof.** Obviously, from the Definition 3.2, we write

$$\bar{X}' = \bar{T}(s) = \xi_2(s). \tag{12}$$

If we take the norm of the derivative of (12), then we obtain ,

$$\bar{\kappa}(s) = \varepsilon_2(s) \tag{13}$$

for  $\varepsilon_2 > 0$ .

Differentiating (12) with respect to  $s$  , we have

$$\bar{N}(s) = -B(s). \tag{14}$$

Taking the vector product of  $\bar{T}$  and  $\bar{N}$ , we obtain

$$\bar{B}(s) = \xi_1(s), \tag{15}$$

and differentiating (15), we get

$$\bar{B}' = -\bar{\tau}\bar{N} = -\varepsilon_1 B, \tag{16}$$

substituting  $\bar{N} = -B$  into (16) we find

$$\bar{\tau}(s) = -\varepsilon_1(s). \tag{17}$$

**Corollary 3.1.** Let  $X$  be a Frenet curve in  $E^3$  with the curvature  $\kappa$  and the torsion  $\tau$  and let  $\bar{X}$  be the  $\xi_2$  –direction curve of  $X$  with the curvature  $\bar{\kappa}$  and the torsion  $\bar{\tau}$ . Then, the type-2 Bishop frame of  $\bar{X}$  is given by

$$\begin{cases} \bar{T}(s) = \sin(\int \xi_2(s) ds)\bar{\xi}_1(s) - \cos(\int \xi_2(s) ds)\bar{\xi}_2(s), \\ \bar{N}(s) = \cos(\int \xi_2(s) ds)\bar{\xi}_1(s) + \sin(\int \xi_2(s) ds)\bar{\xi}_2(s), \\ \bar{B}(s) = \xi_1(s). \end{cases} \tag{18}$$

**Proof.** It is seen straightforwardly by using (9).

**Corollary 3.2.** If a curve  $X$  in  $E^3$  is a  $\xi_2$  –donor curve of a curve  $\bar{X}$  with the curvature  $\bar{\kappa}$  and the torsion  $\bar{\tau}$ , then the torsion  $\tau$  of the curve  $X$  is given by

$$\tau(s) = \sqrt{\bar{\kappa}^2(s) + \bar{\tau}^2(s)} \tag{19}$$

**Proof.** If we take the squares of (14) and (17), then we have (19).

**Corollary 3.3.** Let  $X$  be a curve in  $E^3$  with the curvature  $\kappa$  and the torsion  $\tau$  and let  $\bar{X}$  be the  $\xi_2$  –direction curve of  $X$  with the curvature  $\bar{\kappa}$  and the torsion  $\bar{\tau}$ . Then, it satisfies

$$\frac{\bar{\tau}(s)}{\bar{\kappa}(s)} = -\cot \theta(s).$$

**Proof.** It is seen straightforwardly.

**Theorem 3.2.** Let  $X$  be a curve in  $E^3$  and let  $\bar{X}$  an integral curve of (11). Then, the principal-direction curve of  $\bar{X}$  equals to  $X$  up to the translation if and only if  $\alpha = 0$  and

$$\alpha(s) = -\int \varepsilon_1(s)\gamma(s)ds.$$

**Proof.** Differentiating  $\alpha^2(s) + \beta^2(s) + \gamma^2(s) = 1$  with respect to  $s$ , we get

$$\alpha\alpha' + \beta\beta' + \gamma\gamma' = 0 \tag{20}$$

Similarly differentiating (11) with respect to  $s$ , we have

$$v' = (\alpha' + \gamma\varepsilon_1)\xi_1 + (\beta' + \gamma\varepsilon_2)\xi_2 + (\gamma' - \alpha\varepsilon_1 - \beta\varepsilon_2)B,$$

since  $v'(s) = \bar{X}''(s) = \bar{T}'(s) = \bar{\kappa}\bar{N}(s)$ ,  $X$  is a principal-direction curve of  $\bar{X}$ , ie.,

$\bar{X}(s) = T(s) = \bar{N}$  if and only if

$$\begin{cases} \alpha' + \gamma\varepsilon_1 \neq 0, \\ \beta' + \gamma\varepsilon_2 = 0, \\ \gamma' - \alpha\varepsilon_1 - \beta\varepsilon_2 = 0 \end{cases} \tag{21}$$

hold. Multiplying the third equation (21)<sub>3</sub> with  $\gamma$  and the second equation in (20) with  $\beta$ , we have  $\alpha(\alpha' + \varepsilon_1\gamma) = 0$ . Since  $\alpha' + \varepsilon_1\gamma \neq 0$ , it follows that we get  $\alpha = 0$  and

$$\alpha(s) = -\int \varepsilon_1(s)\gamma(s)ds.$$

**Theorem 3.3.** Let  $X$  be a curve with the curvature  $\kappa$  and the torsion  $\tau$  in  $E^3$  and let  $\bar{X}$  be the  $\xi_1$  –direction curve of  $X$  be the  $\xi_1$  –direction curve of  $X$  with the curvature  $\bar{\kappa}$  and the torsion  $\bar{\tau}$ . Then, the Frenet frames of  $\bar{X}$  are  $\bar{T}(s) = \xi_1(s), \bar{N}(s) = -B(s), \bar{B}(s) = \xi_2(s)$  and curvature  $\bar{\kappa}$  and torsion  $\bar{\tau}$  of  $X$  are determined by

$$\bar{\kappa}(s) = \varepsilon_1(s) \text{ and } \bar{\tau}(s) = -\varepsilon_2(s).$$

**Proof.** From the Definition 3.1, we can easily obtain that

$$\bar{X}'(s) = \bar{T}(s) = \xi_1(s). \tag{22}$$

If we take the norm of the derivative of (22), then we obtain,

$$\bar{\kappa}(s) = \varepsilon_1(s) \tag{23}$$

for  $\varepsilon_1 > 0$ . Differentiating of (22) , we get

$$\bar{N}(s) = -B(s). \tag{24}$$

Taking the vector product of  $\bar{T}$  and  $\bar{N}$  , we have

$$\bar{B} = \xi_2(s). \tag{25}$$

Differentiating (25) we obtain

$$\bar{B}' = -\varepsilon_2 B, \tag{26}$$

and substituting (24) into (26) we find

$$\bar{\tau}(s) = -\varepsilon_2(s). \tag{27}$$

**Corollary 3.4.** Let  $X$  be a curve in  $E^3$  with the curvature  $\kappa$  and the torsion  $\tau$  and let  $\bar{X}$  be the  $\xi_1$  –direction curve of  $X$  with the curvature  $\bar{\kappa}$  and the torsion  $\bar{\tau}$ . Then, the type-2 Bishop frame of  $\bar{X}$  is given by

$$\begin{cases} \bar{T}(s) = \sin(\int \xi_1(s) ds) \bar{\xi}_1(s) - \cos(\int \xi_1(s) ds) \bar{\xi}_2(s), \\ \bar{N}(s) = \cos(\int \xi_1(s) ds) \bar{\xi}_1(s) + \sin(\int \xi_1(s) ds) \bar{\xi}_2(s), \\ \bar{B}(s) = \xi_2(s). \end{cases}$$

**Proof.** It is seen straightforwardly by using (9).

**Corollary 3.5.** If a curve  $X$  in  $E^3$  is a  $\xi_1$  –donor curve of a curve  $X$  with the curvature  $\bar{\kappa}$  and

the torsion  $\bar{\tau}$ , then the torsion  $\tau$  of the curve  $X$  is given by

$$\tau(s) = \sqrt{\bar{\kappa}^2(s) + \bar{\tau}^2(s)} \tag{28}$$

**Proof.** If we take the squares of (23) and (27), then we have (28).

**Corollary 3.6.** Let  $X$  be a curve in  $E^3$  with the curvature  $\kappa$  and the torsion  $\tau$  and let  $\bar{X}$  be the  $\xi_1$  –direction curve of  $X$  with the curvature  $\bar{\kappa}$  and the torsion  $\bar{\tau}$ . Then, it satisfies

$$\frac{\bar{\tau}(s)}{\bar{\kappa}(s)} = -\tan \theta(s).$$

**Proof.** It is seen straightforwardly.

#### 4 CHARACTERIZATION OF SLANT HELICES ACCORDING TO TYPE-2 BISHOP FRAME IN $E^3$

Let us denote the tangent, the principal normal, and the binormal indicatrices of curve  $\alpha$  with  $\alpha_1, \alpha_2$  and  $\alpha_3$  respectively. The following properties must be taken into the consideration for spherical indicatrix of curve  $\alpha$  to be a regular curve

i) The curve  $\alpha_1$  is regular  $\Leftrightarrow \left\| \frac{d\alpha_1}{ds} \right\| = \varepsilon_1 \neq 0$ , since  $\alpha_1 = \xi_1 \Rightarrow \frac{d\alpha_1}{ds} = -\varepsilon_1 B$

ii) Similarly the curve  $\alpha_2$  is regular  $\Leftrightarrow \left\| \frac{d\alpha_2}{ds} \right\| = \varepsilon_2 \neq 0$ , since

$$\alpha_2 = \xi_2 \Rightarrow \frac{d\alpha_2}{ds} = -\varepsilon_2 B.$$

iii) Also, curve  $\alpha_3$  is regular  $\Leftrightarrow \left\| \frac{d\alpha_3}{ds} \right\| = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2} (\varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0)$  since

$$\alpha_3 = B \Rightarrow \frac{d\alpha_3}{ds} = \varepsilon_1 \xi_1 + \varepsilon_2 \xi_2.$$

##### 4.1 The arc-length of the tangent indicatrices of the curve $\alpha$

Let  $\xi_1(s) = \xi(s)$  be the tangent vector field of the curve

$$\alpha: I \subset E \rightarrow E^3$$

$$s \rightarrow \alpha(s)$$

The spherical curve of  $\alpha_{\xi_1} = \xi$  on  $S^2$  is called tangent indicatrices of  $\alpha$ . Let  $s$  be the arc-length

parameter of  $\alpha$ . If we denote the arc-length of the curve  $\alpha_{\xi_1}$  by  $s_{\xi_1}$ , then we can write

$$\alpha_{\xi_1}(s_{\xi_1}) = \vec{\xi}_1(s). \text{ Letting } \frac{d\alpha_{\xi_1}}{ds_{\xi_1}} = \xi_{1\xi_1} \text{ we have } T_{\xi_1} = (-\varepsilon_1 B) \frac{ds}{ds_{\xi_1}}. \text{ Hence, we obtain}$$

$$\frac{ds_{\xi_1}}{ds} = \varepsilon_1. \text{ Since the harmonic curvature of } \alpha \text{ is } H = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}, \text{ then we get } S_{\xi_1} = \int \frac{\varepsilon_2}{H} ds + c.$$

#### 4.2 The arc-length of the principal normal indicatrices of the curve $\alpha$

Let  $\xi_2 = \vec{\xi}_2(s)$  be a principal normal vector field of the curve

$$\alpha: I \subset E \rightarrow E^3$$

$$s \rightarrow \alpha(s)$$

The spherical curve  $\alpha_{\xi_2} = \vec{\xi}_2$  on  $S^2$  is called principal spherical indicatrices for  $\alpha$ . Let  $s \in I$  be the arc-length of  $\alpha$ . If we denote the arc-length of  $\alpha_{\xi_2}$ , by  $S_{\xi_2}$  we may write

$$\alpha_{\xi_2}(S_{\xi_2}) = \vec{\xi}_2(s). \text{ Moreover, letting } \frac{d\alpha_{\xi_2}}{dS_{\xi_2}} = \xi_{1\xi_2}, \text{ we have } T_{\xi_2} = (-\varepsilon_2 B) \frac{ds}{dS_{\xi_2}}. \text{ Hence we}$$

get

$$\frac{dS_{\xi_2}}{ds} = \varepsilon_2.$$

If the harmonic curvature of  $\alpha$  is  $H = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$ , then we get  $S_{\xi_2} = \int \frac{\varepsilon_2}{H} ds + c$ .

#### 4.3 The arc-length of the binormal indicatrices of the curve $\alpha$

Let  $\vec{B} = \vec{B}(s)$  be the binormal vector field of the curve

$$\alpha: I \subset E \rightarrow E^3$$

$$s \rightarrow \alpha(s)$$

The spherical curve  $\alpha_B = \vec{B}$  on  $S^2$  is called binormal indicatrices of  $\alpha$ . Let  $s \in I$  be the arc-length parameter of  $\alpha$ . If we denote the arc-length parameter of  $\alpha_B$  by  $s_B$ , we may write

$$\alpha_B(s_B) = \vec{B}(s).$$

Moreover, letting  $\frac{d\alpha_B}{ds_B} = T_B$ , we obtain  $T_B = (\varepsilon_1 \xi_1 + \varepsilon_2 \xi_2) \frac{ds}{ds_B}$ . Obviously, we end up

$$\frac{ds_B}{ds} = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2} = \tau.$$

In this case, we give the following result. If  $\tau$  is the second curvature of the curve  $\alpha: I \rightarrow E^3$ , then the arc-length  $s_B$  of the binormal  $\alpha_B$  of  $\alpha$  is  $s_B = \int \tau ds$ .

If the harmonic curvature of  $\alpha$  is  $H = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$ , then we get  $s_B = \int \varepsilon_1 \sqrt{1 + H^2} ds$ .

Thus we can give the following theorem:

**Theorem 4.1.** If the curve  $\alpha \subset E^3$  is an inclined curve (general helix), then  $H$  is constant.

**Proof:** From the equation (7), then we can write

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \tan \theta. \tag{29}$$

Differentiating with respect to  $s$  we have

$$\left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)' = (1 + \tan^2 \theta) \frac{d\theta}{ds} \text{ or}$$

$$\left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)' = \left[1 + \left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)^2\right] \frac{d\theta}{ds}.$$

Rearrangement of this equation, we get

$$\frac{d\theta}{ds} = \frac{\left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)'}{1 + \left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)^2} \tag{30}$$

and using  $H = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$  in (30), we obtain

$$\frac{d\theta}{ds} = \frac{H'}{1 + H^2} \tag{31}$$

integrating (31), we find

$$\theta = \int \frac{H'}{1 + H^2} ds,$$

since  $H' = \frac{dH}{ds}$  implies  $H' ds = dH$ , then we have  $\theta = \arctan H + c$ , where  $c$  is a constant.

If the curve  $\alpha$  is an inclined curve, then from (29)  $\theta$  is constant, i.e.,

$$\arctan H = \theta - c = \text{constant}. \tag{32}$$



Rearranging (32), we have  $H = \tan(\theta - c) = \text{constant}$ . Hence, the proof is completed as required.

## REFERENCES

- [1] J. F. Burke, Bertrand curves associated with a pair of curves, *Mathematics Magazine*. 34(1), 60-62, 1960.
- [2] R. Ghedami, Y. Yaylı, A new characterization for inclined curves by the help of spherical representations according to Bishop frame, *Intl Jour Pure Appl Math*, 74(4) 455-463, 2012 .
- [3] S. Yılmaz, M. Turgut, A new version of Bishop frame and an application to spherical images. *J Math Anal Appl* 371:764-776, 2010.
- [4] M. do Carmo, *Differential geometry of curves and surfaces*, Prentice-Hall, Saddle River, 1976.
- [5] B. O'Neill, *Elementary differential geometry*, Academic Press, New York, 1966.
- [6] S. Yılmaz, *Spherical indicators of curves and characterizations of some special curves in four dimensional Lorentzian space  $L^4$*  , PhD Dissertation, Dokuz Eylül University, 2001.
- [7] G. Canuto, Associated curves and Plücker formulas in Grassmannians , *Inventiones Mathematicae* , 53 (1) , 77-90, 1979.
- [8] J.H. Choi, Y.H. Kim, Associated curves of a Frenet curve and their applications. *Appl Math Comput*, 218: 9116–9124, 2012.
- [9] S.Yılmaz , Position vectors of some special space-like curves according to Bishop frame in Minkowski space  $E_1^3$  , *Sci Magna* , 5(1), 48-50, 2010.
- [10] T. Körpınar, M. Sariaydın and E. Turhan, Associated curves according to Bishop frame in Euclidean space , *AMO-Advanced and Optimization*, 15(3), 713-717, 2013.
- [11] E. Özyılmaz, Classical differential geometry of curves according to type-2 Bishop trihedra, *Math Comput Appl*, 16(4), 858-867, 2011.

# ON CHARACTERIZATIONS OF SOME SPECIAL CURVES OF SPACELIKE CURVES ACCORDING TO THE TYPE-2 BISHOP FRAME IN MINKOWSKI 3-SPACE

Yasin ÜNLÜTÜRK

Department of Mathematics, Kırklareli University,  
39000 Kırklareli, Turkey,  
E-mail: yasinunluturk@klu.edu.tr,

## Abstract:

In this paper, first we give a characterization of spacelike inclined curves according to the type-2 Bishop frame in Minkowski 3-space, and then define rectifying curves of spacelike curves according to the type-2 Bishop frame in Minkowski 3-space as their position vectors always lie in the orthogonal complement  $\Omega_2^\perp$  of their vector field  $\Omega_2$ . Moreover we characterize Bertrand curves in the same space via the new frame. In particular, we study Mannheim partner curves according to type-2 Bishop frame in  $E_1^3$  and express such curves in terms of their curvature functions.

**Key Words:** Rectifying curve, Mannheim curve, Bertrand curve, type-2 Bishop frame, inclined curve, Minkowski 3-space.

**Mathematics Subject Classification:** 53A05, 53B25, 53B30

## Özet:

Biz, bu makalede, öncelikle 3-boyutlu Minkowski uzayında 2. Tip Bishop çatısına göre spacelike inclined eğrilerinin karakterizasyonunu verip, ayrıca konum vektörleri daima,  $\Omega_2$  vektör alanının dik tümleyeni olan  $\Omega_2^\perp$  de yatan rektifiyan eğrilerini tanımlıyoruz. Buna ek olarak, aynı uzay ve çatı kullanılarak Bertrand eğrileri karakterize edilir. Özellikle, Mannheim eğrileri araştırılır ve eğrilik fonksiyonları cinsinden bu tip eğriler ifade edilir.

## 1 INTRODUCTION

One of the fundamental structures of differential geometry is curves. It is safe to report that the many important results in the theory of the curves in  $E^3$  were initiated by G. Monge; and G. Darboux pioneered the moving frame idea.

At the beginning of the twentieth century, A.Einstein's theory opened a door of use of new geometries. One of them, Minkowski space-time, which is simultaneously the geometry of special relativity and the geometry induced on each fixed tangent space of an arbitrary Lorentzian manifold, see [19], [20].

One of the interesting problems is the problem of characterization of a regular curve in the theory of curves in the Euclidean and Minkowski spaces, see, [1], [3], [4]. In the solution of the problem, the curvature functions of a regular curve have an effective role. It is known that we can determine the shape and size of a regular curve by using its curvatures and . Another approach to the solution of the problem is to consider the relationship between the corresponding Frenet vectors of two curves, see, [8], [10], [11], [12]. For instance, Bertrand curves and Mannheim curves arise from this relationship, see, [5], [14], [17]. They adapted the geometrical models to relativistic motion of charged particles, see, [6].

Bishop Frame which is also called alternative or parallel frame of the curves was introduced by L.R. Bishop in 1975 by means of parallel vector fields. Recently many researches related to this subject have been made in Euclidean space, see [13],[16], Minkowski spaces see [2], and in dual space, see [15].

Bishop and Serret-Frenet frames have a common vector field, i.e., the tangent vector field of Serret-Frenet frame. The construction of the Bishop frame has some advantages when comparing with the Frenet frame in Euclidean 3-space, see, [13]. That is why he defined this frame that curvature may vanish at some points on the curve. That is, second derivative of the curve may be zero. In this situation, an alternative frame is needed for non continuously differentiable curves on which Bishop (parallel transport frame) frame is well defined and constructed in the Euclidean and its ambient spaces.

In this work, using common vector field as the binormal vector of Serret-Frenet frame, we define a rectifying curve of a spacelike curve according to type-2 Bishop frame in Minkowski 3-space as its position vector always lies in the orthogonal complement  $\Omega_2^\perp$  of its principal vector field  $\Omega_2$ . Moreover we characterize Bertrand curves in the same space. In particular, we study Mannheim partner curves according to type-2 Bishop frame in  $E_1^3$  and express such curves in terms of their curvature functions. Finally we give a characterization regarding to inclined curves according to type-2 Bishop frame in  $E_1^3$ .

## 2 PRELIMINARIES

To meet the requirements in the next sections, here, the basic elements of the theory of curves in the Minkowski 3-space  $E_1^3$  are briefly presented.

The three dimensional Minkowski space  $E_1^3$  is a real vector space  $E^3$  endowed with the standard flat Lorentzian metric given by

$$\langle , \rangle_L = -dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2,$$

where  $(x_1, x_2, x_3)$  is a rectangular coordinate system of  $E_1^3$ . This metric is an indefinite one [19]. Let  $u = (u_1, u_2, u_3)$  and  $v = (v_1, v_2, v_3)$  be arbitrary vectors in  $E_1^3$ , then, [20], the Lorentzian cross product of  $u$  and  $v$  is defined as

$$u \times v = -\det \begin{bmatrix} -i & j & k \\ u_1 & u_2 & u_3 \\ v_1 & v_2 & v_3 \end{bmatrix}.$$

Recall that a vector  $v \in E_1^3$  has one of three Lorentzian characters such as: it is a spacelike vector if  $\langle v, v \rangle > 0$  or  $v = 0$ ; timelike  $\langle v, v \rangle < 0$  and null (lightlike)  $\langle v, v \rangle = 0$  for  $v \neq 0$ . Similarly, an arbitrary curve  $\alpha = \alpha(s)$  in  $E_1^3$  can locally be spacelike, timelike or null (lightlike) if its velocity vector  $\alpha'$  are, respectively, spacelike, timelike or null (lightlike), for every  $s \in I \subset R$  [20].

The pseudo-norm of an arbitrary vector  $a \in E_1^3$  is given by  $\|a\| = \sqrt{|\langle a, a \rangle|}$ . The curve  $\alpha = \alpha(s)$  is called a unit speed curve if its velocity vector  $\alpha'$  is the unit one, i.e.,  $\|\alpha'\| = 1$ . For

the vectors  $v, w \in E_1^3$ , they are said to be orthogonal eachother if and only if  $\langle v, w \rangle = 0$ . Denote by  $\{T, N, B\}$  the moving Serret-Frenet frame along the curve  $\alpha = \alpha(s)$  in the space  $E_1^3$  [20].

For an arbitrary spacelike curve  $\alpha = \alpha(s)$  in  $E_1^3$ , the Serret-Frenet formulae are given as follows

$$\begin{bmatrix} T' \\ N' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \kappa & 0 \\ \gamma\kappa & 0 & \tau \\ 0 & \tau & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T \\ N \\ B \end{bmatrix} \tag{1}$$

where  $\gamma = \mp 1$ , and the functions  $\kappa$  and  $\tau$  are, respectively, the first and second (torsion) curvature and also

$$T(s) = \alpha'(s), N(s) = \frac{T'(s)}{\kappa(s)}, B(s) = T(s) \times N(s) \text{ and } \tau(s) = \frac{\det(\alpha', \alpha'', \alpha''')}{\kappa^2(s)}.$$

- If  $\gamma = -1$ , then  $\alpha(s)$  is a spacelike curve with spacelike principal normal  $N$  and timelike binormal  $B$ , and its Serret-Frenet invariants are given as

$$\kappa(s) = \sqrt{\langle T'(s), T'(s) \rangle} \text{ and } \tau(s) = -\langle N'(s), B(s) \rangle.$$

- If  $\gamma = 1$ , then  $\alpha(s)$  is a spacelike curve with timelike principal normal  $N$  and spacelike binormal  $B$ , also we obtain its Serret-Frenet invariants as

$$\kappa(s) = \sqrt{-\langle T'(s), T'(s) \rangle} \text{ and } \tau(s) = \langle N'(s), B(s) \rangle.$$

The Lorentzian sphere  $S_1^2$  of radius  $r > 0$  and with the center in the origin of the space  $E_1^3$  is defined, [19], by

$$S_1^2(r) = \{p = (p_1, p_2, p_3) \in E_1^3 : \langle p, p \rangle = r^2\}.$$

**Theorem 2.1,** [2], Let  $\alpha = \alpha(s)$  be a spacelike unit speed curve with a spacelike principal normal. If  $\{\Omega_1, \Omega_2, B\}$  is an adapted frame, then we have

$$\begin{bmatrix} \Omega_1' \\ \Omega_2' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \xi_1 \\ 0 & 0 & -\xi_2 \\ -\xi_1 & -\xi_2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Omega_1 \\ \Omega_2 \\ B \end{bmatrix}. \tag{2}$$

**Theorem 2.2** Let  $\{T, N, B\}$  and  $\{\Omega_1, \Omega_2, B\}$  be Frenet and Bishop frames, respectively. There exists a relation between them as

$$\begin{bmatrix} T \\ N \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sinh \theta(s) & \cosh \theta(s) & 0 \\ \cosh \theta(s) & \sinh \theta(s) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Omega_1 \\ \Omega_2 \\ B \end{bmatrix} \tag{3}$$

where  $\theta$  is the angle between the vectors  $N$  and  $\Omega_1$  [2].

Using (2), we have

$$B' = \tau N = -\xi_1 \Omega_1 - \xi_2 \Omega_2,$$

and taking the norm of both sides, we find

$$\tau = \sqrt{|\xi_2^2 - \xi_1^2|},$$

and

$$\sqrt{\left|\left(\frac{\xi_1}{\tau}\right)^2 - \left(\frac{\xi_2}{\tau}\right)^2\right|} = 1.$$

By (5), we express

$$\xi_1 = \tau(s) \cosh \theta(s), \xi_2 = \tau(s) \sinh \theta(s). \tag{4}$$

The frame  $\{\Omega_1, \Omega_2, B\}$  is properly oriented, and  $\tau$  and  $\theta(s) = \int_0^s \kappa(s) ds$  are polar

coordinates for the curve  $\alpha = \alpha(s)$ . We shall call the set  $\{\Omega_1, \Omega_2, B, \xi_1, \xi_2\}$  as type-2 Bishop invariants of the curve  $\alpha = \alpha(s)$  in  $E_1^3$ .

**Definition 2.1.** Let  $\alpha = \alpha(s)$  be a spacelike curve in  $E_1^3$  and  $V_1$  be the first Frenet vector field of  $\alpha$ . If

$$\langle V_1, X \rangle = \cosh \theta, \text{ (constant),} \tag{5}$$

for a constant unit vector field  $X \in \chi(E_1^3)$ , then  $\alpha$  is called a general helix (inclined curve) in  $E_1^3$  [18].

**Definition 2.2.** Let  $\{\alpha, \alpha^*\}$  be Bertrand curves in  $E_1^3$ , these curves are said to be Bertrand curves such that they satisfy the following relation:

$$\alpha = \alpha^* + \lambda N^*,$$

where  $N^*$  is the principal normal vector of the curve  $\alpha^*$  and  $\lambda \in R$ .

**Definition 2.3.** Let  $\{\alpha, \alpha^*\}$  be Mannheim curves in  $E_1^3$ , these curves are said to be Mannheim curves such that they satisfy the following relation:

$$\alpha = \alpha^* + \lambda B^*,$$

where  $N^*$  is the principal normal vector of the curve  $\alpha^*$  and  $\lambda \in R$ .

### 3 ON CHARACTERIZATIONS OF SOME SPECIAL CURVES OF SPACELIKE CURVES ACCORDING TO THE TYPE-2 BISHOP FRAME IN $E_1^3$

In this section, we study characterizations of some special curves such as inclined, rectifying, Bertrand curves.

#### 3.1 A characterization for inclined curves according to the type-2 Bishop frame in $E_1^3$

**Definition 3.1.** Let  $\alpha \subset E_1^3$  be a curve in  $E_1^3$ , the function

$$H(s) = \frac{\xi_2(s)}{\xi_1(s)} \tag{6}$$

is called harmonic curvature function of the curve  $\alpha$  provided that  $\xi_1 \neq 0$  and  $\xi_2 \neq 0$  according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$ .

**Theorem 3.1.** If the curve  $\alpha \subset E_1^3$  is an inclined curve, then the harmonic curvature  $H$  is constant.

**Proof.** From (5), we write that

$$\frac{\xi_2(s)}{\xi_1(s)} = \tanh \varphi(s), \tag{7}$$

and differentiating (7) with respect to  $s$ , we find

$$\frac{d\varphi}{ds} = \frac{\left(\frac{\xi_2}{\xi_1}\right)'}{1 - \left(\frac{\xi_2}{\xi_1}\right)^2}, \tag{8}$$

and using  $H(s) = \frac{\xi_2(s)}{\xi_1(s)}$  in (6), we get

$$\frac{d\varphi}{ds} = \frac{H'}{1 - H^2}, \tag{9}$$

and integrating (9), we reach out

$$\varphi = \int \frac{H'}{1 - H^2} ds.$$

The solution of this integral is found as follows:

$$\varphi = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{H - 1}{H + 1}\right) + c,$$

where  $c \in R$ . If the curve  $\alpha$  is an inclined curve which satisfies (7), then  $\varphi$  is a constant. As a result, we obtain that

$$H = \frac{1 + e^{2\varphi}}{1 - e^{2\varphi}} = \text{const} \tan t.$$

Hence, the proof is completed.

### 3.2 Rectifying curves according to the type-2 Bishop frame in $E_1^3$

In the Euclidean space, rectifying curves were introduced by B.Y. Chen in [3] as space curves whose position vectors always lie in its rectifying plane spanned by the tangent and the binormal vector fields of the curve, i.e.,  $T$  and  $B$ , respectively. Accordingly, the position



vector with respect to a chosen origin of a rectifying curve  $\alpha$  in  $E^3$  satisfies the equation

$$\alpha(s) = \lambda(s)T(s) + \mu(s)B(s),$$

where  $\lambda(s)$  and  $\mu(s)$  are arbitrary differentiable functions in arc-length parameter  $s \in I \subset E$  [1]. In this section, we define rectifying curves according to the type-2 Bishop frame in Minkowski 3-space in analogy to its Euclidean case. Position vector of the rectifying curves always lies in the orthogonal complement  $\Omega_2^\perp$  of its principal normal vector field  $\Omega_2$ . Consequently, the complement  $\Omega_2^\perp$  is given by

$$\alpha(s) = \lambda(s)\Omega_1(s) + \mu(s)B(s) \tag{10}$$

for the differentiable functions  $\lambda(s)$  and  $\mu(s)$  in arc-length parameter  $s$ .

Next, we characterize rectifying curves according to their curvature functions  $\xi_1, \xi_2$  and then give the necessary and sufficient conditions for an arbitrary curve to be a rectifying curve in  $E_1^3$ . Moreover, we obtain an explicit equation of rectifying curve in  $E_1^3$ .

**Theorem 3.2.** There is a rectifying curve of a spacelike curve according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$  if and only if its position vector is as:

$$X(s) = \alpha(s) + \left(\int \xi_1(s)\mu(s)ds\right)\Omega_1(s) - \left(\int \xi_1(s)\lambda(s)ds\right)B(s).$$

**Proof.** Assume that there is a rectifying curve of a spacelike curve according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$ , so the equation (10) is satisfied. Differentiating (10) with respect to  $s$ , and using Bishop equations (2) in it, we reach

$$T(s) = (\lambda'(s) - \xi_1(s)\mu(s))\Omega_1(s) - \xi_2(s)\mu(s)\Omega_2(s) + (\xi_1(s)\lambda(s) + \mu'(s))B(s),$$

and it is followed by

$$\begin{cases} \lambda'(s) - \xi_1(s)\mu(s) = 0, \\ \xi_2(s)\mu(s) = 0, \\ \xi_1(s)\lambda(s) + \mu'(s) = 0, \end{cases} \tag{11}$$

so we easily get

$$\begin{cases} \lambda^2(s) + \mu^2(s) = c, \\ \lambda(s) = \int \xi_1(s) \mu(s) ds, \\ \mu(s) = -\int \xi_1(s) \lambda(s) ds, \end{cases} \quad (12)$$

where  $c \in R$ . Thus, the functions  $\lambda(s)$  and  $\mu(s)$  are expressed in terms of the curvature functions  $\xi_1(s)$  and  $\xi_2(s)$ . Moreover, using the last equation in (11), and the relation (12), we easily find that the curvatures  $\xi_1(s)$  and  $\xi_2(s)$  satisfy the equation

$$\left(-\int \xi_1(s) \mu(s) ds\right) \xi_1(s) + \left(\int \xi_1(s) \lambda(s) ds\right) \xi_2(s) = \mp(\sqrt{c - \lambda^2})'. \quad (13)$$

Conversely, assume that the curvatures  $\xi_1(s)$  and  $\xi_2(s)$  satisfy (13), then the position vector  $X$  of rectifying curve is given by

$$X(s) = \alpha(s) + \left(\int \xi_1(s) \mu(s) ds\right) \Omega_1(s) - \left(\int \xi_1(s) \lambda(s) ds\right) B(s). \quad (14)$$

### 3.3 Bertrand curves of the spacelike curves according to the type-2 Bishop frame in $E_1^3$

**Definition 3.2.** Let  $\alpha$  and  $\alpha^*$  be regular curves according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$ , these curves are said to be Bertrand curves such that they satisfy the following relation:

$$\alpha^* = \alpha + l\Omega_2, \quad (15)$$

where  $\Omega_2$  is the vector and  $l \in R$

**Theorem 3.3.** A spacelike curve according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$  does not admit a Bertrand mate curve.

**Proof.** Taking the norm of (15), and then differentiating it, we have

$$\frac{d}{ds}(l^2) = \frac{d}{ds}(\alpha^* - \alpha) = 2(\alpha^* - \alpha)(\alpha^{*\prime} - \alpha'). \quad (16)$$

Using the following expressions

$$\begin{aligned} \alpha^{*'} &= T^{*'} = \sinh \bar{\theta} \Omega_1^* - \cosh \bar{\theta} \Omega_2^*, \\ \alpha' &= T = \sinh \theta \Omega_1 - \cosh \theta \Omega_2, \end{aligned} \tag{17}$$

which are obtained from in (16) through using (2), we get

$$\frac{d}{ds}(l^2) = 2(\alpha^* - \alpha)(\sinh \bar{\theta} \Omega_1^* - \cosh \bar{\theta} \Omega_2^* - \sinh \theta \Omega_1 + \cosh \theta \Omega_2), \tag{18}$$

and rearranging (18), we find

$$\frac{d}{ds}(l^2) = -\lambda(\cosh \bar{\theta} - \cosh \theta). \tag{19}$$

If we take  $\bar{\theta} = \theta$  in (19), then  $\theta$  is constant, and also  $\kappa^* = \kappa$ .

Let's continue to study by differentiating  $T^*.T$  with respect to the parameter  $s$ , then we have

$$\frac{d}{ds}(T^*.T) = T^{*'}.T + T^*.T',$$

and using Frenet derivative formulae we get

$$\begin{aligned} \frac{d}{ds}(T^*.T) &= \kappa^*[\cosh \bar{\theta} \sinh \theta \Omega_1^* \Omega_1 - \cosh \theta \sinh \bar{\theta}] \\ &\quad + \kappa \sinh \bar{\theta} \cosh \theta \Omega_1^* \Omega_1 - \cosh \bar{\theta} \sinh \theta]. \end{aligned} \tag{20}$$

Using trigonometric transformation formulae, and rearranging (20), we find

$$\frac{d}{ds}(T^*.T) = \kappa \sinh 2\theta(\cosh \varphi - 1), \tag{21}$$

since

$$\Omega_1^* = \cosh \varphi \Omega_1 + \sinh \varphi B,$$

where  $\varphi$  is the angle between the vectors  $\Omega_1$  and  $B$ . In (21), if  $\kappa = 0$ , we get

$\theta = 0$  or  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ , or if  $\kappa \neq 0$ , we obtain  $\theta = 0$  or  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ . In this case, we can write that

$$\Omega_1^* = B.$$

Conversely, let's take

$$T^*.T = 0 \tag{22}$$

and (15) into consideration, then differentiating (15) gives

$$\frac{d\alpha^*}{ds^*} \frac{ds^*}{ds} T = T + l(-\xi_2 B)T = 0, \tag{23}$$

or

$$T^* \frac{ds^*}{ds} = T + l'\Omega_2 - l\xi_2 B$$

and inner product of this expression with  $T$  using (23) in (22), we end up with

$$\frac{ds}{ds^*} = 0.$$

This is a contradiction. Also, if  $\varphi \neq \frac{\pi}{2}, \theta = 0$  and  $\kappa = 0$ , then

$$\Omega_1^* = -\Omega_2 \text{ and } \Omega_2^* = \Omega_1. \tag{24}$$

Finally, the result (24) contradicts with the following relation

$$\Omega_2^* = \Omega_2$$

which is a definition of Bertrand curve.

#### 4 MANNHEIM CURVES OF THE SPACELIKE CURVES ACCORDING TO THE TYPE-2 BISHOP FRAME IN $E_1^3$

It is well known in differential geometry that If there exists a corresponding relationship between the space curves  $\alpha$  and  $\alpha^*$  such that the principal normal lines of  $\alpha$  coincide with the binormal lines of  $\alpha^*$  at the corresponding points of the curves, then  $\alpha$  is called as a Mannheim curve, and  $\alpha^*$  is called as a Mannheim partner curve of  $\alpha$ . The pair of  $\{\alpha, \alpha^*\}$  is said to be a Mannheim pair [17].

**Definition 4.1.** Let  $\alpha$  and  $\alpha^*$  be regular curves according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$ , these curves are said to be Mannheim curves such that they satisfy the following relation:

$$\alpha = \alpha^* + \lambda B^*, \tag{25}$$

where  $B^*$  is the binormal vector and  $\lambda \in R$ .

**Theorem 4.1.** Let  $\alpha$  and  $\alpha^*$  be spacelike curves according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$ . The curve  $\alpha^*$  is a Mannheim curve such that  $\{\alpha, \alpha^*\}$  is a Mannheim pair.

**Proof.** For curves to be Mannheim pair according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$ , the vectors  $\Omega_2$  and  $B^*$  have to be linearly dependent. Thus, from (25), we easily find that

$$\alpha^* = \alpha - \lambda \Omega_2. \tag{26}$$

**Theorem 4.2.** The distance between the corresponding points of Mannheim partner curves according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$  is constant.

**Proof.** Let  $\{\alpha, \alpha^*\}$  be a Mannheim pair, then differentiating (25) and using (2), we obtain

$$\Omega_1 \frac{ds}{ds^*} = (1 - \lambda \xi_1^*) \Omega_1^* - \lambda \xi_2^* \Omega_2^* + \lambda' B^*. \tag{27}$$

Since  $\Omega_2$  and  $B^*$  are linearly dependent, using

$$\langle \Omega_2, B^* \rangle = 0,$$

we get

$$\lambda' = 0.$$

Thus,  $\lambda$  is a non-zero constant. On the other hand, the distance function between these points is

$$d(\alpha(s), \alpha^*(s^*)) = \|\alpha(s) - \alpha^*(s^*)\| = \|\lambda B^*\| = |\lambda|.$$

**Theorem 4.3.** Let  $\{\alpha, \alpha^*\}$  be a Mannheim pair according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$ , then there is a relation between the Bishop curvatures of the curves  $\alpha$  and  $\alpha^*$  as follows:

$$\xi_2 = \sqrt{\frac{\xi_1^{*2} - \xi_2^{*2}}{(\lambda \xi_2^*)^2 - (1 - \lambda \xi_1^*)^2}}. \tag{28}$$

**Proof.** Let  $\{\alpha, \alpha^*\}$  be a Mannheim pair according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$ , then considering non-zero constant  $\lambda$  in (27), we have

$$\Omega_1 \frac{ds}{ds^*} = (1 - \lambda \xi_1^*) \Omega_1^* - \lambda \xi_2^* \Omega_2^*, \tag{29}$$

and also we know that the following relation holds

$$\Omega_1 = \cos \varphi \Omega_1^* + \sin \varphi \Omega_2^*, \tag{30}$$

where  $\varphi$  is the angle between the vectors  $\Omega_1$  and  $\Omega_1^*$  at the corresponding points of the curves  $\alpha$  and  $\alpha^*$ . Using (30) in (29), we get

$$\cos \varphi = (1 - \lambda \xi_1^*) \frac{ds^*}{ds}, \quad \sin \varphi = -\lambda \xi_2^* \frac{ds^*}{ds}. \tag{31}$$

Differentiating (26) gives

$$\Omega_1^* = \Omega_1 \frac{ds}{ds^*} + \lambda \xi_2 B \frac{ds}{ds^*}, \tag{32}$$

and also we know that there is the following relation

$$B = \cosh \varphi \Omega_1^* + \sinh \varphi \Omega_2^*, \tag{33}$$

using (30), (32), and (33), we find

$$\Omega_1^* = \left( \frac{-\sinh \varphi}{\sin \varphi \cosh \varphi - \cos \varphi \sinh \varphi} \right) \Omega_1 + \left( \frac{\sin \varphi}{\sin \varphi \cosh \varphi - \cos \varphi \sinh \varphi} \right) B. \tag{34}$$

Also considering (34) together with (32), we get

$$\frac{ds}{ds^*} = \frac{\sinh \varphi}{\cos \varphi \sinh \varphi - \sin \varphi \cosh \varphi}, \tag{35}$$

$$\lambda \xi_2 = -\frac{\sin \varphi}{\sinh \varphi}, \tag{36}$$

and

$$\lambda \xi_2 \frac{ds}{ds^*} = \frac{\sin \varphi}{\sin \varphi \cosh \varphi - \cos \varphi \sinh \varphi}. \tag{37}$$

Using (31) and (36) in (37), we reach

$$\sinh \varphi = \frac{\xi_2^* ds^*}{\xi_2 ds}, \quad \cosh \varphi = \frac{\xi_1^* ds^*}{\xi_2 ds}, \tag{38}$$

and

$$\frac{ds^*}{ds} = \sqrt{\frac{1}{(1 - \lambda \xi_1^*)^2 + \lambda^2 \xi_2^{*2}}}. \tag{39}$$

From (38) and (39), we have the equation (28).

**Corollary 4.1.** There is the relation as

$$\frac{\xi_1^*}{\xi_2^*} = \frac{1}{\mu} \tag{40}$$

and also the curvatures of the curve  $\alpha^*$  are obtained

$$\xi_1^* = \frac{\sigma}{\lambda(\sigma - \mu)}, \quad \xi_2^* = \frac{\sigma\mu}{\lambda(\sigma - \mu)}, \tag{41}$$

where  $\sigma = \tan \varphi$ ,  $\mu = \tanh \varphi$ , and  $\lambda \in R$ .

**Proof.** From (31), we have

$$\tanh \varphi \xi_1^* - \xi_2^* = 0. \tag{42}$$

Putting  $\tanh \varphi = \mu$ , (42) turns into

$$\mu \xi_1^* - \xi_2^* = 0. \tag{43}$$

From (31), we find

$$\cot \varphi = -\frac{1}{\lambda \xi_2^*} + \frac{\xi_1^*}{\xi_2^*}, \tag{44}$$

substituting  $\cot \varphi = \frac{1}{\sigma}$ , we have

$$\xi_2^* = \frac{\sigma \mu}{\lambda(\sigma - \mu)}.$$

The curvature  $\xi_1^*$  is also found in the same way.

**Corollary 4.2.** Let  $\{\alpha, \alpha^*\}$  be a Mannheim pair according to the type-2 Bishop frame in  $E_1^3$ , then the curvature  $\xi_1$  of the curve  $\alpha$  as follows:

$$\xi_1 = -\frac{\sin \varphi}{\cosh \varphi} \frac{d\varphi}{ds^*}. \tag{45}$$

**Proof.** From (30), we find that

$$\langle \Omega_1, \Omega_1^* \rangle = \cos \varphi. \tag{46}$$

Differentiating (46) with respect to  $s^*$ , we find

$$\langle \xi_1 B, \Omega_1^* \rangle + \langle \Omega_1, \xi_1^* B^* \rangle = -\sin \varphi \frac{d\varphi}{ds^*}. \tag{47}$$

Using (33) in (47), we reach the result (45).

## REFERENCES

- [1] K. Ilarslan, E. Nesovic, Some characterizations of rectifying curves in the Euclidean space  $E^4$ , Turk J Math 32(1), 21-30, 2008.
- [2] S. Yılmaz, Y. Ünlütürk, A note on spacelike curves according to type-2 Bishop frame in Minkowski 3-space  $E_1^3$ , Int Jour Pure Appl Math 103(2), 321-332, 2015.
- [3] B.Y. Chen, When does the position vector of a space curve always lie in its rectifying plane?, Amer Math Monthly 110, 147-152, 2003.
- [4] H.H. Hacısalihoğlu, A new characterization for inclined curves by the help of spherical



- representations, *Int Elec Jour of Geometry* 2(2), 71–75, 2009.
- [5] M. Babaarslan, Y. Yayli, The characterizations of constant slope surfaces and Bertrand curves, *Int J Phys Sci* 6, 1868–1875, 2011.
- [6] S. Kichenassamy, The relativistic motion of charged particles in an electromagnetic field, *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, 28 (3-4), 2003.
- [7] A Mağden, Characterizations of some special curves in  $E^4$ , PhD Dissertation, Ataturk University, 1990.
- [8] M. Turgut, J.L. Lopez-Bonilla, and S. Yılmaz, On Frenet-Serret invariants of non-null curves in Lorentzian space  $L^5$ . *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 3, 7–27, 2009.
- [9] S. Yılmaz, Spherical indicators of curves and characterizations of some special curves in four dimensional Lorentzian space  $L^4$ , Unpublished Ph.D. Thesis, Dokuz Eylul University, 2001.
- [10] S. Yılmaz, M. Turgut, On the differential geometry of the curves in Minkowski space-time I, *Int J Contemp Math Sci*, 3, 1343–1349, 2008.
- [11] S. Yılmaz, M. Turgut, A method to calcute Frenet apparatus of the curves in Euclidean-5 space, *Int J Comput Math Sci* 2(2), 101-103, 2008.
- [12] S. Yılmaz, E. Ozyılmaz, and M. Turgut, On the differential geometry of the curves in Minkowski space-time II, *Int J Comput Math Sci*, 3, 53–55, 2009.
- [13] L.R. Bishop, There is more than one way to frame a curve, *Amer Math Monthly*, 82, 246-251, 1975.
- [14] K. Orbay, E. Kasap, On Mannheim partner curves in  $E^3$ , *Int J Phys Sci* 4(5), 261-264, 2009.
- [15] M.K. Karacan, B.Bukcu, N. Yuksel, On the dual Bishop Darboux rotation axis of the dual space curve, *Appl Sci*, 10 (1), 115-120, 2008.
- [16] S. Yılmaz, M. Turgut, A new version of Bishop frame and an application to spherical images, *J Math Anal Appl* 371, 764-776, 2010.
- [17] H. Liu, F. Wang, Mannheim partner curves in 3-space, *Journal of Geometry*, 88 (1-2), 120–126, 2008.
- [18] N. Ekmekçi, H.H. Hacısalıhoğlu, and K. İlarslan, Harmonic curvatures in Lorentzian space, *Bull Malaysian Math Sc Soc (Second Series)*, 23, 173-179, 2000.
- [19] B. O'Neill, *Semi-Riemannian geometry with applications to relativity*, Academic Press, New York, 1983.
- [20] R. Lopez, Differential geometry of curves and surfaces in Lorentz-Minkowski space, *Int Elec Journ Geom*, 3 (2), 67-101, 2010.

**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**  
**KIRKLARELİ UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE**

Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisinde fen ve mühendislik alanında özgün araştırma makaleleri, derlemeler, kısa makaleler, teknik not, vaka takdimleri, kitap eleştirileri ve bilimsel nitelikli editöre mektuplar yayınlanır. Dergi Aralık ve Haziran aylarında olmak üzere yılda iki kez yayınlanır. Yayınlanmak üzere gönderilen eserlerin başka bir yerde yayınlanmamış veya yayınlanmak üzere gönderilmemiş olması gerekmektedir. Derginin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir. Dergide yayınlanacak eserlerin her türlü sorumluluğu yazar/larına aittir. Makaleler, dergi e-posta adresine (fbdergi@klu.edu.tr) gönderilmelidir. Makalenin hakem incelemesi için kabul edilmesi durumunda, Telif Hakkı Devir Formu tüm yazarlarca imzalanarak editörlüğe gönderilmelidir.

Dergiye gönderilen makaleler, öncelikle Dergi Yayın Kurulu tarafından bilimsel içerik ve şekil bakımından ön incelemeye tabii tutulur. Dergi Yayın Kurulu, yayınlanabilecek nitelikte bulmadığı veya yazım kurallarına uygun hazırlanmayan makaleleri hakemlere göndermeden red kararı verme hakkına sahiptir. Değerlendirmeye alınabilecek olan makaleler, incelenmek üzere iki ayrı hakeme gönderir. Dergi Yayın Kurulu, hakem raporlarını dikkate alarak makalelerin yayınlanmak üzere kabul edilip edilmemesine karar verir.

**Yazım Kuralları / Instructions**

1. Yazı tümüyle (metin, tablolar, denklemler, çizimler) bilgisayarda düzenlenmeli ve baskıya hazır biçimde teslim edilmelidir. Yazı, A4 (210 x 297 mm) boyutlu kâğıda, Word ortamında, 12 punto (ana başlık 14 punto) Times New Roman font kullanılarak, bir buçuk aralıkla ve her iki yana yaslı olarak yazılmalı, kâğıdın tüm kenarlarından 25 mm boşluk bırakılmalıdır.
2. Çizimler ve tablolarla birlikte, makaleler 25 sayfadan, teknik notlar 6 sayfadan daha uzun olmamalıdır.
3. Yazı, elektronik ortamda (CD veya e-posta eki) dergi e-posta adresine veya dergi yazışma adresine gönderilmelidir.
4. Metin yalın bir dil ve anlatımla yazılmalı, Türkçe yazım kurallarına uygun olmalı, üçüncü tekil şahıs ve edilgen fiiller kullanılmalı, devrik cümleler içermemelidir.
5. Bölümler (i) özet ve anahtar kelimeler, (ii) abstract and keywords (İngilizce başlık, özet ve anahtar kelimeler), (iii) ana metin (giriş, materyal ve metod, sonuçlar vb.), (iv) semboller, (v) teşekkür (gerekliyse) ve (vi) kaynaklar sırası içinde düzenlenmelidir.
6. Başlık kısa ve açık olmalı, içeriği yansıtabilmelidir. Başlık büyük harfle ortalanarak yazılmalıdır.
7. Yazar/ların adları kısaltmasız, başlığın altına yan yana, soyadlar büyük harfle ortalanarak 11 punto boyutunda yazılmalıdır. Yazar isimlerinden sonra virgül ve adres belirtmek için üst simge olarak rakam kullanılmalıdır. Yazışmaların yapılacağı sorumlu yazar isminde mutlaka üst simge yıldız (\*) sembolü olmalıdır. Adres/ler tam yazılmalı, kısaltma yapılmamalıdır. Sorumlu yazarın e-mail adresi dipnot olarak bulunmalıdır. Yazar adları yazılırken herhangi bir akademik unvan belirtilmemelidir.
8. Özet (ve Abstract) çalışmanın amacını, kapsamını, yöntemini ve ulaşılan sonuçları kısaca tanımlamalı ve 200 kelimeyi aşmamalıdır. En az üç tane anahtar kelime verilmelidir. Anahtar kelimeler, zorunlu olmadıkça başlıktakilerin tekrarı olmamalıdır. Başlık, Özet ve İngilizce başlıklı Abstract birinci sayfaya sığdırılmalı, birinci sayfanın altında on satır boş bırakılmalı ve ana metin ikinci sayfadan başlatılmalıdır.
9. Bölüm ve alt bölüm başlıkları numaralanmalıdır (TS1212).
10. Semboller uluslararası kullanıma uygun seçilmeli; her bir sembol ve varsa kısaltmalar ilk kullanıldığı yerde tanımlanmalı, ayrıca metnin sonunda (Kaynaklardan önce) tüm semboller alfabetik sıra ile (önce Latin, sonra Yunan alfabesi) listelenmelidir.
11. Matematiksel ifadeler (denklemler) Word ortamında "Equation Editör" kullanılarak yazılmalıdır. Metin içerisinde geçen denklemler numaralanmalı ve bu numaralar satır sonunda parantez içinde gösterilmelidir.

**12.** Tablo dışında kalan fotoğraf, resim, çizim ve grafik gibi gösterimler “Şekil” olarak verilmelidir. Resim, şekil ve grafikler net ve ofset baskı tekniğine uygun olmalıdır. Her tablo ve şeklin metin içindeki yeri belirtilmelidir. Tüm tablo ve şekiller makale boyunca sırasıyla numaralandırılmalı (Tablo 1., Tablo 2., Şekil 1., Şekil 2. gibi) başlık ve açıklama içermelidir. Grafik ve şekiller basılı sayfa boyutları dikkate alınarak çizilmelidir. Şekillerin sıra numaraları ve başlıkları şeklin altına, tabloların ki ise tablonun üstüne yazılmalıdır.

**13.** Yazılarda yalnızca SI birimleri kullanılmalıdır.

**14.** Teşekkür olabildiğince kısa olmalı, çalışmaya katkısı ve desteği bulunan kişi ve kuruluşlar belirtilmelidir.

**15.** Dergimize yayınlanmak üzere gönderilen makaleler benzerlik kontrol programı ile kontrol edilecektir. Benzerlik raporu ilgili yayın danışma kurulu üyesine kontrol etmesi için gönderilecektir. Benzerlik raporu sonucu yüksek çıkan makaleler için yazardan düzenleme talep edilir.

**16.** Kaynaklar metinde köşeli parantez ([ ]) içinde numaralanmalı ve kaynaklar listesinde metin içinde veriliş sırasına uygun biçimde belirtilmelidir. Yayınlanmamış bilgiler kaynak olarak verilmemelidir. Ancak tamamlanmış ve jüriden geçmiş tezler ve DOI numarası olan makaleler kaynak olarak verilebilir.

Kaynaklarda şu bilgiler verilmelidir:

*Kaynak makale ise:* Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, makalenin tam başlığı, derginin adı, cilt, sayı, başlama ve bitiş sayfaları, basıldığı yıl.

*Örnek:* [1] Naghdi, P. M., Kalnins, A., On Vibrations of Elastic Spherical Shells. J. Appl. Mech., C 29, S 65-72, 1962.

*Kaynak kitap ise:* Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, kitabın adı, cilt numarası, varsa editörü, yayınlandığı yer, yayınlandığı yıl.

*Örnek:* [2] Kraus. H., Thin Elastic Shells, New York. Wiley, 1967.

*Kaynak bildiri ise:* Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, bildirinin adı, konferansın adı, yapıldığı yer, başlama ve bitiş sayfaları, yıl.

*Örnek:* [3] Cappleman. O., Communication in the Studio, FIDE'98 International Conference on First Year Architectural Design Education Proceedings, Faculty of Architecture İstanbul Technical University, Cilt V, S 48-54, 1998

*Kaynak tez ise:* Yazarın soyadı, adının baş harfi, tezin adı, derecesi, sunulduğu kurum, başlama ve bitiş sayfaları, yıl.

*Örnek:* [4] Özşahin. B., Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Duvarlı Binaların Yapımsal ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, S 5-9, 2011

*Kaynak rapor ise:* Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, raporun adı, türü, numarası, kuruluşun adı, yayınlandığı yer, yıl.

*Örnek:* [5] Makarewicz. J.C., Lewis. T., Bertram. P., Epilimnetic Phytoplankton and Zooplankton Biomass and Species Composition in Lake Michigan, 1983-1982, IL EPA 905-R-95-009, U.S EPA Great Lakes Natioanl Program, Chicago, 1995

*Kaynak internet ise:* Eğer bir bilgi herhangi bir internet sayfasından alınmış ise (internetten alınan ve dergilerde yayınlanan çalışmalar hariç)

Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, çalışmanın adı, internet sitesinin adı ve adresi, internet sitesine erişim tarihi

*Örnek:* [6] Pieper. C. M., Introduction to Activity Based Costing, ATechnical Bulletin From ABC Technologies, www.abctech.com 1998, Erişim tarihi: 12.10.2014

**KIRKLARELİ UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE**  
**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**

Kirklareli University Journal of Engineering and Science welcome materials for publications as original research papers, short communications, technical notes, case reports, book/software reviews and scientific letter to editors. Kirklareli University Journal of Engineering and Science is published two issues per year in June and December. Manuscripts submitted to the journal are only accepted if they have not been or will not be published and should not be under review elsewhere. Manuscript's language is English and Turkish. All responsibility of the studies belongs to the authors. Studies should be prepared in accordance with international scientific ethics rules. Studies must be sent to journal mail address (fbedergi@klu.edu.tr).

For the studies accepted for publication in our journal, copyright transfer form signed must be sent to the journal editorial. Papers are firstly checked for their suitability for technical and journal's style. The manuscripts that do not suit journal's standards or not suitable correspond to the scope journal are refused with unexplained reason. Manuscripts that are found suitable for peer review will be assigned to two expert reviewers. The final decision to accept or reject a manuscript will be made by the Editorial Boards. After review process, the Editorial Boards will inform the authors of acceptance, rejection or necessity of revision of the manuscript.

**Instructions / Yazım Kuralları**

- 1.** Text (tables, equations, figures, pictures etc.) should be prepared using Microsoft Word Processor with Times New Roman font and 12 point (The title 14 point) size. Manuscripts should be written with 1,5 line spacing on A4 (210 x 297 mm) sized typing paper with 25 mm all margins.
- 2.** The maximum number of pages for original research papers (including tables, figures and references) should be 25 and for the technical notes should be 6 respectively.
- 3.** Paper should be sent online by the journal web site or should be posted CD by journal correspondence address.
- 4.** Text should be written in plain language and narrative, it should be free from any spelling or grammatical errors and the third person singular passive verb should be used.
- 5.** The parts should be in order to (i) Turkish abstract and key words, (ii) English abstract and key words, (iii) main text (Introduction, Material and Methods, Results, Discussions etc.), (iv) symbols, (v) acknowledgements and (vi) references.
- 6.** The title suitable for the content should be clear, as short as possible and centered on the page with the capital letters.
- 7.** All Authors full names should be written as lower case 11 font size in the middle and surname of the authors should be written capital letters. After authors name and surnames, authors' addresses should be stated with superscript numbers (e.g. 1, 2, 3). Corresponding author's full name should be marked with an asterisk (\*). All authors' addresses must be typed with lower case 11 font in the center. The corresponding author's contact address and e-mail address should be given. Names of institutions and cities each authors also must be stated. Authors' name and surname should not indicated any academic title.
- 8.** A brief, informative English and Turkish abstract, not exceeding 200 words, should be typed in 12 font size. Immediately following the abstract, authors should provide at least 3 English and Turkish keywords or phrases that reflect content of the article. The key words should not repeat of the title as possible.
- 9.** Section and sub-section title should be numbered (TS1212).
- 10.** In general, the recommendations of the SI units should be followed. Symbols, formulas and equations should be written with great care, capitals and lower case letters being distinguished where necessary. Unusual symbols employed for the first time should be defined by name in the left-hand margin. Abbreviations require definition when first used.

11. Mathematical expressions should be written by an equation editor (Word format). Each equation in text should be numbered and numbers should be shown in parentheses at the end of the line.
12. The drawings, photos and graphs except the tables should be given as "Figure" in manuscript. Electronically submitted figures and graphs are preferred \*.jpg or \*.tiff formats. Do not give magnification on scales in the figure titles; instead draw bar scales directly on the figures. All the tables and figures must be referred in the text. The numbers and headings of figures must be written below the figure. The numbers and headings of tables should be written the top of the table.
13. SI (System International d'Unités) units should be used.
14. The acknowledgement in the manuscript should be short as possible and it should be indicated if any support is given to work by an institution or a person.
15. Manuscripts submitted for publication in our journal are checked a similarity control software. Similarity report will be sent on the advisory board to be checked. If the similarity control program report results as high similarity, manuscripts are sent back to authors for them to make necessary changes.
16. Literature references are to be numbered consecutively in square brackets. The list of references should be given at the end of the paper in order of their first appearance in the text. Unpublished data should not be used as references. But MSc and PhD thesis, accepted by jury and the manuscripts not published yet if accepted for publication with DOI numbers can be use as references.

References should be provided with the following information:

*If the reference is a journal paper:* Author surname, first name initial(s), title of the paper, journal name, volume number, pages, year.

*Example:* [1] Naghdi, P. M., Kalnins, A., On Vibrations of Elastic Spherical Shells. J. Appl. Mech., C 29, S 65-72, 1962

*If the reference is a book:* Author surname, first name initial(s), title of the book, volume number, editor(s) (if provided), place of print , page interval, year.

*Example:* [2] Kraus. H., Thin Elastic Shells, New York. Wiley, 1967.

*If the reference is a congress presentation:* Author surname, first name initial(s), title of the presentation, name of the congress, seminar or conference, place, page interval, year.

*Example:* [3] Cappleman. O., Communication in the Studio, FIDE'98 International Conference on First Year Architectural Design Education Proceedings, Faculty of Architecture İstanbul Technical University, Cilt V, S 48-54, 1998

*If the reference is a printed thesis:* Author surname, first name initial(s), title of the thesis, thesis type (MSc. or Ph.D), institute submitted, place, page interval, year.

*Example:* [4] Özşahin. B., Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Duvarlı Binaların Yapımsal ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Ph.D, Trakya University Graduate School of Natural and Applied Sciences, P 5-9, 2011

*If the reference is a source publication:* Author surname, first name initial(s), report name, name of the organization (if the report is prepared by an organization), report number (if applicable), place, page interval, year.

*Example:* [5] Makarewicz. J.C., Lewis. T., Bertram. P., Epilimnetic Phytoplankton and Zooplankton Biomass and Species Composition in Lake Michigan, 1983-1982, IL EPA 905-R-95-009, U.S EPA Great Lakes Natioanl Program, Chicago, 1995

*For Electronic Encyclopedia and books:* Author surname, first name initial(s), title of the paper, journal name, website name and web address, date of access

*Example:* [6] Pieper. C. M., Introduction to Activity Based Costing, A Technical Bulletin From ABC Technologies, www.abctech.com 1998, 12.10.2014



**MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**  
JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE  
http://fbdergi.klu.edu.tr

**TELİF HAKLARI DEVİR FORMU**

Makale Adı: .....

Yazarların Ad/ları: .....

Biz aşağıda imzaları bulunan yazarlar, sunduğumuz makalenin orijinal olduğunu; başka bir yerde yayınlanmak üzere verilmediğini, daha önce yayınlamadığını, eğer, tümüyle ya da bir bölümü yayınlandı ise yukarıda adı geçen dergide yayınlanabilmesi için gerekli her türlü iznin alındığını ve orijinal telif hakkı devir formu ile birlikte Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü'ne gönderildiğini garanti ederiz.

Makalenin telif haklarından feragat etmeyi kabul ederek sorumluluğu üstlenir ve imza ederiz.

Bu vesileyle makalenin telif hakkı Kırklareli Üniversitesi'ne devredilmiştir. Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü makalenin yayınlanabilmesi konusunda yetkili kılınmıştır. Bununla birlikte yazar/ların aşağıdaki hakları saklıdır:

1. Telif Hakkın dışında kalan patent vb. bütün tescil edilmiş haklar.
2. Yazarın gelecekteki yapacağı kitap ve dersler gibi çalışmalarında; makalenin tümü veya bir bölümünü ücret ödemeksizin kullanma hakkı.
3. Makaleyi satmamak koşulu ile kendi amaçları için çoğaltma hakkı.

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

(Yazar isimleri makaledeki sıraya göre yazılacak ve Telif Hakları Devir Formu tüm yazarlar tarafından imzalanacaktır.)

**Makaleyi Gönderen Sorumlu Yazar:**

Adı -Soyadı:

Yazışma Adresi:

Telefon: ( )

Fax: ( )

E-posta:

Bu form makale hakem incelemesi için dergi editörlüğüne kabul edildikten sonra doldurulup imzalandıktan sonra basılı 2 nüsha halinde "Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kavaklı Yerleşkesi Değirmencik Yolu Üzeri Kavaklı/ Kırklareli" adresine gönderilmelidir.



**JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE**  
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ  
http://fbedergi.klu.edu.tr

**COPYRIGHT TRANSFER FORM**

Manuscript Title: .....

Full names of all authors: .....

The undersigned authors, we guarantee that our submitted manuscript is original work; it has not been published and is not being submitted or considered for publication elsewhere, if, in whole or part of publication of the magazine was published for the above-mentioned receipt of all necessary permits and was sent to Editorial Office of Kırklareli University Journal of Engineering and Science with copyright transfer form.

We agree to waive the right to assume the responsibility of the copyright of the article and thank signature. This article is hereby transferred to the copy right of Kırklareli University. Kırklareli University Journal of Engineering and Science Editor of the publication the article is authorized. However, the authors reverse the following rights:

1. All proprietary rights Copyrights outside, such as patents.
2. to use, free of charge, all parts of this article for the authors' future works in books, lectures.
3. the right to reproduce the article for their own purposes provided the copies are not offered for sale.

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

(The authors will be written in the order of to appear on manuscript and copyright transfer form should be signed by all authors)

**Corresponding Author's:**

Name-Surname:

Address:

Phone: ( )

Fax: ( )

E-mail:

Please, fill in this form after your manuscript accepted by journal editorial for referee review, sign and sent two copies published form to address: "Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kavaklı Yerleşkesi Değirmencik Yolu Üzeri Kavaklı/ Kırklareli"