



ISSN : 2458-7494  
E-ISSN: 2458-7613

# KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

KIRKLARELİ UNIVERSITY  
JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

---

Cilt / Volume: 6

Sayı / Number: 1

Haziran / June 2020

---

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. Bülent ŞENGÖRÜR (Rektör)

**Baş Editör / Editor in Chief**

Doç. Dr. Erol TÜRKEŞ

**Editörler / Editors**

Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZŞAHİN

Dr. Öğr. Üyesi Erdiç KESKİN

**Yayın Kurulu / Editorial Board**

Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR

Prof. Dr. A. Sabih ATADAN

Doç. Dr. Erol TÜRKEŞ

Doç. Dr. Meryem ÇAMUR

Doç. Dr. Serpil AKÖZCAN

Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZŞAHİN

Dr. Öğr. Üyesi Erdiç KESKİN

Dr. Öğr. Üyesi Sencer Süreyya KARABEYOĞLU

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editing Manager**

Sedat KEÇELİ

**İnternet Adresi / Web Address**

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

**Yazışma Adresi / Correspondence Address**

Kırklareli Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

Rektörlük Kültür Merkezi B Blok Merkez/ Kırklareli

e-mail: [fbedergi@klu.edu.tr](mailto: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 / International Periodical

Yılda iki kez yayınlanır: Haziran, Aralık / Twice a year: June, December

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

Basım Tarihi / Publication Date: 30.06.2020



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

**Danışma Kurulu / Advisory Board**

Abdurrahman GÜNER, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İstanbul  
A. Fevzi BABA, Marmara Üniversitesi, İstanbul  
A. Sabih ATADAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Aleksandar GEORGIEV, Sofya Teknik Üniversitesi, Bulgaristan  
Asım KURTOĞLU, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Bilal BALKAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Bülent AKBAŞ, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli  
Bülent ŞENGÖRÜR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Deris STIAWAN, Sriwijaya University, Endonezya  
Emrah DOĞAN, Sakarya Üniversitesi, Sakarya  
Erhan BUDAK, Sabancı Üniversitesi, İstanbul  
Erol TÜRKEŞ, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Fahri VATANSEVER, Uludağ Üniversitesi, Bursa  
F.Onur HOCAOĞLU, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar  
Gökhan GÖKMEN, Marmara Üniversitesi, İstanbul  
Göksel DEMİR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Hasan DEMİR, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ  
Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
İsmail KIYAK, Marmara Üniversitesi, İstanbul  
Kadir GÜLER, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul  
Kanat Burak BOZDOĞAN, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale  
Kamil KAHVECİ, Trakya Üniversitesi, Edirne  
Lambros EKONOMOU, Hellenic American University, Yunanistan  
M. Hakan HOCAOĞLU, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli  
Meryem ÇAMUR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
M.S. Bhaskar RANJANA, Marathwada Institute of Technology, Hindistan  
Murat BOSTANCIOĞLU, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas  
Murat KARAHAN, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya  
Mustafa BİRİNCİ, İnönü Üniversitesi, Malatya  
Nadide SEÇKİN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Oğuzhan ERBAŞ, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya  
Osman KILIÇ, Marmara Üniversitesi, İstanbul  
Osman Nuri UÇAN, İstanbul Kemerburgaz Üniversitesi, İstanbul  
Özlem AYTEKİN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Ramazan ÇAĞLAR, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul  
Sarp ERTÜRK, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli  
Serpil AKÖZCAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Sezai TAŞKIN, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa  
Veselina Nedeva, Trakia Üniversitesi, Bulgaristan  
Yılmaz ÇAN, Trakya Üniversitesi, Edirne  
Youcef Soufi, University of Tébessa, Cezayir  
Yunus BİÇEN, Düzce Üniversitesi, Düzce  
Yüksel OĞUZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar  
Zafer AĞDELEN, Girne Amerikan Üniversitesi, KKTC  
Witold Charatonik, University of Wroclaw, Polonya



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

### İçindekiler / Contents

<b>Can DEMİREL, Bahattin ÖZTOPRAK, Osman ŞİMŞEK;</b> EVALUATION OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE INTERLOCKING CONCRETE PAVES PRODUCED FLY ASH ( <b>Araştırma</b> ) .....	<b>1-11</b>
<b>Serpil AKÖZCAN;</b> TOPRAK ÖRNEKLERİNDE DOĞAL RADYOAKTİVİTE ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ ve $^{40}\text{K}$ ) VE RADYASYON TEHLİKELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ( <b>Araştırma</b> ).....	<b>12-20</b>
<b>Süleyman Sinan ÖZTÜRK;</b> THE INVESTIGATION OF POLYLACTIC ACID BASED NATURAL FIBER REINFORCED BIOCOSMOSITES FOR AUTOMOTIVE APPLICATIONS ( <b>Araştırma</b> ).....	<b>21-31</b>
<b>Yunus DAMLA, Temel TEMİZ, Erdinç KESKİN;</b> YAPAY SİNİR AĞI KULLANILARAK SU SEVİYESİNİN TAHMİN EDİLMESİ: YALOVA GÖKÇE BARAJI ÖRNEĞİ ( <b>Araştırma</b> ).....	<b>32-49</b>
<b>Yılmaz ÇEVEN, Şerife Sultan TEKİN;</b> SOME PROPERTIES OF NEUTROSOPHIC INTEGERS ( <b>Araştırma</b> ).....	<b>50-59</b>
<b>Mustafa ULAŞ, Havva UYAR;</b> ÜÇLÜ KUANTUM TELİNDE ELEKTRİK ALAN VE LAZER ALAN'NIN ELEKTRONİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ ( <b>Araştırma</b> ).....	<b>60-70</b>
<b>Yılmaz ÖZCAN, Nevzat ARTIK, Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU;</b> FARKLI STARTER KÜLTÜR KULLANIMININ BEYAZ PEYNİRLERİN OLGUNLAŞMA SÜRESİNCE LAKTOZ DEĞİŞİMLERİNE ETKİSİ ( <b>Araştırma</b> ).....	<b>71-83</b>
<b>Mustafa ULAŞ, Irmak DÖNMEZER;</b> ÜÇLÜ KUANTUM TELİNDE MANYETİK ALAN VE LAZER ALAN'NIN ELEKTRONİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ AĞLARINA KARŞI ( <b>Araştırma</b> ).....	<b>84-94</b>



## EVALUATION OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE INTERLOCKING CONCRETE PAVES PRODUCED FLY ASH

Can DEMİREL<sup>\*1</sup>, Bahattin ÖZTOPRAK<sup>2</sup>, Osman ŞİMŞEK<sup>3</sup>

<sup>\*1</sup>Department of Construction, Kırklareli University, Kırklareli, Turkey

<sup>2</sup>Department of Construction, Bolu İzzet Baysal University, Bolu, Turkey

<sup>3</sup>Department of Civil Engineering, Gazi University, Ankara, Turkey

### Abstract

Fly ashes are used as pozzolanic admixtures or filler materials in concrete production. Increasing the use of fly ash is important both in terms of economy and environmental pollution. The interlocking concrete paves are commonly used in urban streets and pavements, in factory surroundings and etc. Interlocking concrete paves shall be above the minimum strength specified in TS 2824 EN 1338 standard.

In this study, fly ash has been used as a substitute to cement in 0, 10, 20, 30, 40 and 50% ratios. The splitting tensile strength and water absorption characteristics of the pave have been determined. The usage of the FA in the production concrete pave is a higher quality production, more economical and a more environmentally friendly approach.

**Keywords:** Concrete Paves, Fly Ash, Splitting tensile strength test.

## UÇUCUKÜL İKAMESİ İLE ÜRETİLEN BETON KİLİTLİ PARKE TAŞLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### Özet

Uçucuküller beton üretiminde puzolanik katkı veya dolgu (filler) malzemesi olarak kullanılmaktadır. Uçucukül kullanım alanının artırılması hem ekonomi hem de çevre kirliliği açısından önemlidir. Beton kilimli parke taşları, yaygın olarak şehir içi yol ve kaldırımlarda fabrika çevreleri ve benzeri yerlerde kullanılmaktadır. Beton kilimli parke taşlarının özellikle TS 2824 EN 1338’de standartta belirtilen minimum dayanımının üstünde olması gerekmektedir.

Corresponding author: candemirel@klu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0417-8327>

Çalışmada uçucu kül % 0, 10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında çimento yerine ikame edilerek kullanılmıştır. Üretilen parke taşlarının yarmada çekme, su emme ve aşınma özellikleri saptanmıştır. UK'nin parke taşı üretiminde kullanılması, daha iyi parke taşı üretimi, ekonomiklik ve çevre açısından iyi bir yaklaşım olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Beton Parke Taşı, Uçucukül, Yarmada Çekme Dayanımı Testi.

## 1. INTRODUCTION

Concrete lock parquet stones are constructional components produced via parquet machine by mixing concrete, aggregate, water and other additives when required at certain amounts [1].

Parquet road construction is a type of superstructure used since the Romans. Stone block pavement application was the only solution with the application of pavement coating, durability, clean and as a surface appropriate for wheel-rolling was the only solution before the use of hydrocarbon bonding agents (asphalt, tar etc.). It still possible to encounter this type of paved roads, which are called as "Albanian Pavement" in our country [2].

As a result of the increase in demand of aesthetics over time, parquet stones with smooth sized natural stone materials that require a certain workmanship have been used. However, the long production period of the production of the parquet stones provided from natural sources and the increasing demand have caused the costs to increase. Due to the fact that it is formed of rigid parts which are clamped together, prefabricated concrete pavements approaching to the rigid coating category, on the other hand, thanks to the interlace to the lower layer present elastic behaviour in conveying the load to this layer and can show the quality of flexible coating. Therefore, it is possible to place locked concrete parquet coatings among rigid and flexible coatings due to the approach sometimes to asphalt and sometimes to the concrete coating [1].

Joints must be checked in concrete roads and joints fillings should be changed every 4-5 years. As for asphalt roads, it is necessary to repair the defects caused by cracking, cavitation or decompositions in shorter periods. However, it has been determined that the locked concrete paving coating does not require maintenance for 25 years after construction [3].

When the physical, chemical and mineralogical properties of the UK are examined, it is considered possible that these can be used easily in the construction sector and thus while the economy is

ensured in the production of materials and energy, it is also possible to protect the ecological balance by preventing the pollution of the environment [4].

Low calciferous UKs, observed according to the results of different research; reduce the water need in a constant N / E ratio; that is to say, increase processability. UKs with high levels of lime reduce processability [5, 6, 7, 8].

## 2. MATERIAL AND METHODS

In the production of the concrete lock stone, the P 42.5 cement provided from Limak Çimento, Ankara, and the 0-4 class of broken stone from Ankara Limak Beton administration were used.

In this study Çayırhan fly ash was used. It is also included in limy ash class since its SiO<sub>2</sub>, AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> levels are over % 70, and besides including class F (low calciferous), its analytical CaO amount is over % 10 [9].

Ankara network water was used as mixing water.

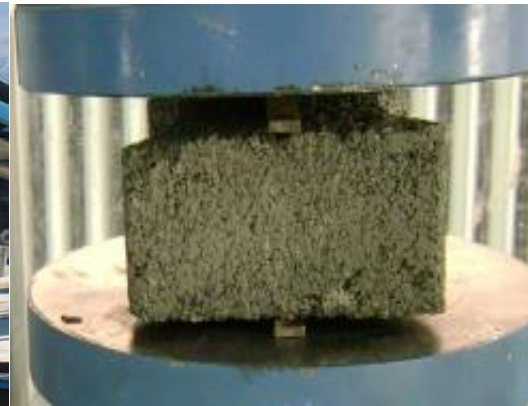
**Table 1.** Chemical characteristics of CEM I 42.5 R and UK.

Chemical composition	Cement (%)	Fly ash (%)
SiO <sub>2</sub>	14.73	50.88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.80	13.34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.61	10.09
CaO	64.29	13.09
MgO	0.85	5.50
SO <sub>3</sub>	2.40	3.32
Na <sub>2</sub> O	0.30	2.59
K <sub>2</sub> O	0.79	2.72

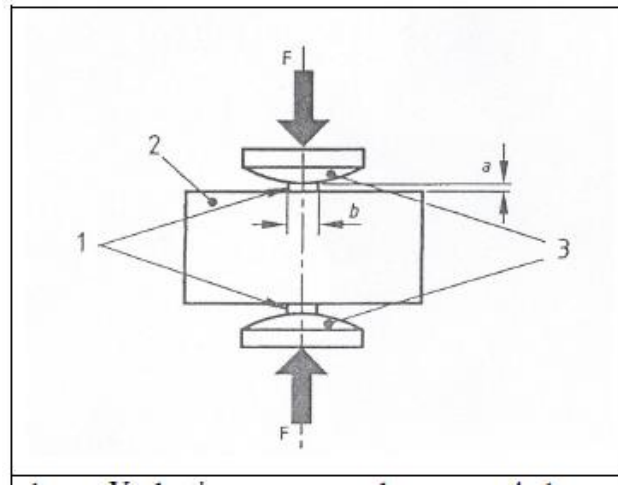
In the visual inspection of the locked paving stone there should be no cracks, gaps on the surface, cavitations and roughness. Prepared mortar is manufactured by applying 10sec vibration in the locked parquet stone machine. Samples from the mould were irrigated via sprinkler method 2 times a day for 1 week (morning and evening) and once a day on other days.

**Figure 1.** Concrete locked paving stone.**Table 2.** Material amount put into the concrete mixture (for 1m<sup>3</sup>)

Materials	Ref.	%10 UK	%20 UK	%30 UK	%40 UK	%50 UK
Aggregate 0-4 mm. (kg.)	1573	1573	1573	1573	1573	1573
Cement (kg.)	340	306	272	238	204	170
UK (kg.)	0	34	68	102	136	170
Water (Lt.)	180	180	180	180	180	180

**Figure 2.** Concrete locked parquet stone production**Figure 3.** Splitting tensile test

Splitting tensile test was conducted according to TS 2824 EN 1338. Concrete lock was steeped in water at  $(20 \pm 5) ^\circ \text{C}$  for  $(24 \pm 3)$  hours before testing. When taken out of water, the sample was dried a cloth and tested [10].



**Figure 4.** Splitting tensile strength test principle [9].

The fracture plane area of the concrete keypads tested is calculated using the equation given below:

$$S=l \times t \quad (1)$$

Here;

S: Refraction area, mm<sup>2</sup>

l: Length of the fracture cross-section as the average of the two measurements made at the top and bottom of the concrete lock stone

t: the thickness of the concrete lock stone on fracture plane area as the average of three measurements, one in the middle and the other two from the sides, (mm).

According to TS 2824 EN 1338, the mean values of the splitting tensile strengths are demanded not to be less than 3.6 MPa or each result should not be less than 2.8 MPa. The splitting tensile strength (T) of the specimen which undergo a test is calculated by the equation below:

$$T = 0637 \times k \times P/S \quad (2)$$

Here;

T: Strength, MPa

P: Breaking load, N

k: It is the adjustment coefficient for the thickness of the parquet stone which is calculated by the following equation or taken from Table 3.

**Table 3.** “k” adjustment coefficient.

(mm)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
k	0,71	0,79	0,84	0,94	1,00	1,06	1,11	1,15	1,19	1,23	1,25

Before water absorption is determined, dust, loose parts, etc. on Test samples are cleaned with a brush and the samples are ensured to be at  $(20 \pm 5) ^\circ \text{C}$ . Water absorption test was conducted according to TS 2824 EN1338 [10]. After the samples were stored in water at  $20 \pm 2 \text{ C}$  for 72 hours, their saturated surface dry-weights were recorded (M1). In order to determine the dry weight values (M2) of the samples, the dry weights of the samples, which were kept at  $105 \pm 2 \text{ C}$  for 72 hours in ventilated ovens, were recorded. Water absorption of each sample ( $t_a$ ) is calculated in percent by mass using the equation given below [10].

$$t_a = (M1 - M2) / M2 \% \quad (3)$$

Here;

M1 first mass of the test sample, g.

M2 last mass of test sample, g.

According to TS 2824 EN 1338 (9), the water absorption rate should not be more than 5% on average and should not be more than 7% at a single sample.

Abrasion strength, according to ASTM C 944 (21); has been executed by abrading the upper side of the parquet stone with abrasive wheel under standard conditions.

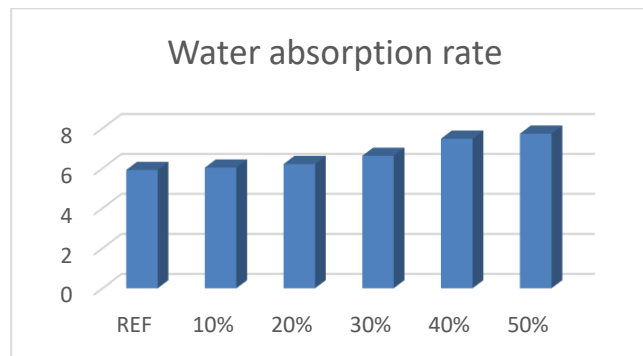
### 3. RESULTS AND DISCUSSION

The water absorption rate values of the prepared samples are given in Table 4.

**Table 4.** Water absorption rate test results

Samples	N	Water absorption rate
Ref	9	5.91
%10	9	6.03
%20	9	6.21
%30	9	6.62
%40	9	7.48
%50	9	7.73

Generally speaking, the rate of water absorption increases as the UK substitution rate increases. 50% UK substituted mixture exhibits the highest water absorption rate. It is 31% higher than the arbitration sample. 10% UK substituted mixture is 2% more than the reference mixture.



**Figure 5.** Water absorption values.

Water absorption values; values above the recommended limit value in TS 2824 EN1338 / AC in all samples.

The results of the abrasion test results of the prepared samples are given in Table 5.

**Table 5.** Abrasion test results

Samples	Abrasion rate
Ref	0.145
%10	0.193
%20	0.256
%30	0.324
%40	0.429
%50	0.567

As the substitution rate increases, the abrasion resistance decreases proportionally. K 50% UK substituted samples have exhibited the lowest abrasion resistance. Abrasion resistance decreases as UK substitution rate increases.

The splitting tensile strengths in the prepared samples are given in Table 6. When Table 6 is examined, increase in the strength of the concrete lock stone is observed as the age increases.

In the 7-day test results, 10% substitution mixture exhibited higher resistance than the arbitration sample. It was seen that there was a %5.19 increase compared to the arbitration sample. The lowest value is seen in 40% and 50% fly ash substituted mixtures.

When the 28-day test results were examined, 10% substitution mixture showed higher strength than the arbitration sample. An increase of %5.34 in proportion to the arbitration sample has been observed.

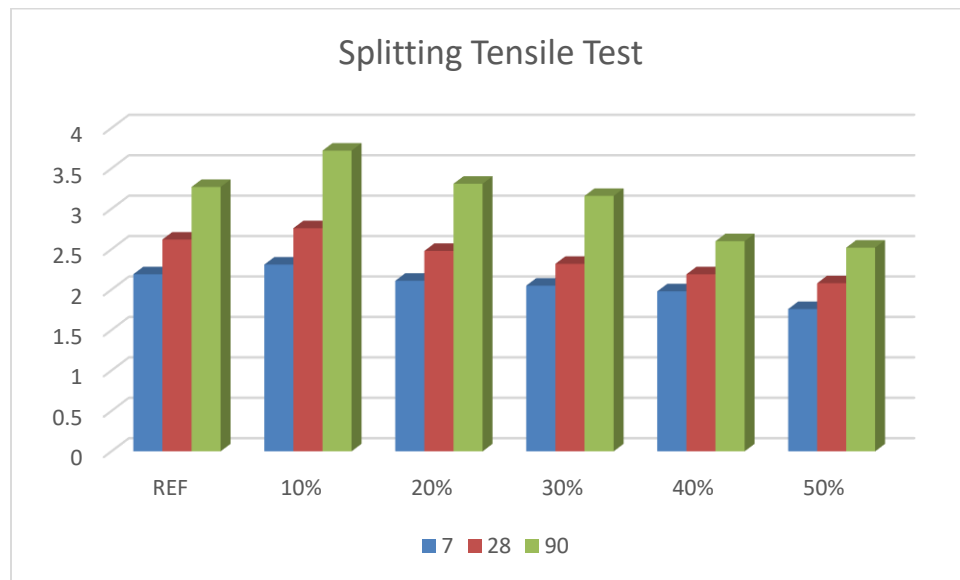
When 90-day test results were examined, %10 substitution mixture and %20 substitution mixture increased %14 and %1.3 relatively compared to the arbitration sample. The lowest values are seen in mixtures with 40% and 50% fly ash substitutes. Relatively %20 and %23 lower strength has been observed compared to the arbitration sample. 30% fly ash substitution mixture has exhibited 3% less strength than the arbitration sample.

The increase in the UK substitution rate caused an increase in the water demand of fresh concrete. Since the S/ Ç ratio is kept stable, the high UK samples are not well tightened. Therefore, strength in 40% and 50% fly ash substituted mixtures can be considered to be low.



**Table 6.** Splitting tensile test results

Samples	N	7 Days (Average Mpa)	28 Days (Average Mpa)	90 Days (Average Mpa)
Ref	9	2.19	2.62	3.27
%10	9	2.31	2.76	3.72
%20	9	2.11	2.48	3.31
%30	9	2.05	2.32	3.16
%40	9	1.98	2.19	2.60
%50	9	1.76	2.08	2.52

**Figure 6.** Splitting tensile test graphics of the sample.

#### 4. CONCLUSION

A key factor in the production of locked parquet stones is the cost. The most important factor increasing the cost is the amount of cement. Therefore, the amount of aggregate can be increased to reduce the amount of cement or the amount of cement can be reduced by using waste materials such as fly ash and slag in KBPB composition. Thus, the cost will reduce with use of these wastes.

In addition, these waste materials will be reintroduced to the economy and environmental pollution will be prevented.

It is thought that in samples with high UK substitution rate, the compression time applied during production can bear better results if kept longer.

The increase in the UK substitution rate caused an increase in the water demand of fresh concrete. Since the S/ Ç ratio is kept stable, the samples with high UK rates are not well tightened. Therefore, strength in 40% and 50% fly ash substituted mixtures can be considered to be low.

UK use reduced the abrasion resistance.

## REFERENCES

- [1] Semiz, M, Beton Kilit Taslarının Fiziksel Özellikleri ve Alternatif Üretim Araştırılması, Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-20, 2006.
- [2] Tunç, A., Yol Malzemeleri ve Uygulamaları, Atlas yayın dağıtım, İstanbul, 466-467, 2001.
- [3] Öztaş, G., Açar, E, Kilitli Beton Parke Kaplamalar, şantiye inşaat Makine ve Mimarlık Dergisi, (18): 98-102, 2005.
- [4] Aruntaş, H.Y., Uçucu Küllerin inşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli, Gazi Üni. Müh. Mim. Fakültesi Dergisi, 21 (1): 193-203, 2006.
- [5] Simsek O., Aruntaş H.Y., Fırat S., " Çayırhan ve Soma-B Termik santrali uçucu küllerinin beton basınç dayanımına etkisi", Türkiye inşaat Mühendisliği 16.Teknik Kongre ve Sergisi, 199-205, 2001.
- [6] Erdoğan T.Y, Beton, ODTÜ, Ankara,183-189, 2003.
- [7] Türker, P, Erdoğan, B, Kantaş, F, Yeğınobalı, A., Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Ankara 20-34, 2003
- [8] D. Gökhan, O. Şimşek, Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim Dergisi 1(1) 1-6. 2008
- [9] ASTM C 618, (). Standart specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete, Annual Book of ASTM Standards, 4-16, 1998.
- [10] TS 2824 EN1338/AC: Zemin döşemesi için beton kaplama blokları – Gerekli Şartlar ve Deney Metotları, TSE, Ankara-Türkiye. 2009.



[11] ASTM C 944, “Standart Test Method For Abrasion Resistance of Concrete Mortar Surfaces by The Rotating – Cutter Method”, *American Society For Testing and Materials*, USA, 1- 4.

# TOPRAK ÖRNEKLERİNDE DOĞAL RADYOAKTİVİTE ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ VE $^{40}\text{K}$ ) VE RADYASYON TEHLİKELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Serpil AKÖZCAN

*Kırklareli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kırklareli/TÜRKİYE*

## Özet

Bu çalışmada Türkiye’de Edirne ve Kırklareli arasından toplanan toprak örneklerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları HPGe gama spektrometre sistemi kullanılarak ölçülmüştür. Çalışma alanında  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklid konsantrasyonları sırası ile  $10,5\pm 1,0$  ile  $33,3\pm 2,7$ ,  $17,4\pm 0,7$  ile  $56,0\pm 1,9$  ve  $102,1\pm 14,5$  ile  $1126,9\pm 15,8$  Bqkg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Bu doğal radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca havada soğurulan gama doz oranı, yıllık etkin doz oranı ve radyum eşdeğer aktivitesi de ( $R_{\text{aeq}}$ ) insanlar için radyasyon tehlikesini belirlemek amacıyla değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** gama, radyonüklid, Kırklareli, Edirne, radyasyon

## THE ASSESSMENT OF NATURAL RADIOACTIVITY ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ AND $^{40}\text{K}$ ) and RADIATION HAZARDS IN SOIL SAMPLES

### Abstract

In this study, the activity concentration of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  has been measured in the soil samples collected from Edirne between Kırklareli of Turkey using HPGe gamma spectrometer system. The concentration of three radionuclides ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$ ) in the studied area has been varied from  $10.5\pm 1.0$  to  $33.3\pm 2.7$ ,  $17.4\pm 0.7$  to  $56.0\pm 1.9$  and  $102.1\pm 14.5$  to  $1126.9\pm 15.8$  Bqkg<sup>-1</sup>, respectively. The activity concentrations of these natural radionuclides were compared with the reported data for other studies. The absorbed dose rate in air, the annual effective dose rate and the radium equivalent activity ( $R_{\text{aeq}}$ ) were evaluated to assess the radiation hazard for people.

**Key Words:** gamma, radionuclide, Kırklareli, Edirne, radiation

## 1. Giriş

Doğal radyoaktivite evrenin oluşumundan beri var olan uzun yarı ömürlü doğal radyonüklidler sebebi ile hayatımızın içindedir [1].  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  gibi bu radyonüklidler toprak, sediment, kaya, sahil kumu, hava, bitki, nehir ve okyanus gibi tüm jeolojik oluşumlarda, hatta inşaat malzemelerimizde ve evlerimizde bulunabilirler [2]. Ortamda bulunan doğal radyasyonun ana bileşenden ilki dünyanın oluşumundan bu yana var olan büyük ölçüde uranyum, toryum serilerindeki radyonüklidler ve  $^{40}\text{K}$ 'tan ileri gelen çevresel kaynaklı radyasyon, bir diğeri ise kozmik radyasyondur [3].

Bir yerin doğal radyoaktivite seviyesi, bölgenin coğrafik konumu ve jeolojik yapısı gibi birçok etmene bağlı olarak değişiklik gösterebilir [4].

Radyonüklidlerin dağılımı ve ortamdaki radyasyon seviyelerinin bilgisi, hem karasal hem de dünya dışı kaynaklardan ortaya çıkan radyasyon maruziyetinin etkilerini değerlendirmek için önemlidir. İnsanlar sürekli doğadaki iyonlaştırıcı radyasyonların doğal kaynaklarına maruz kalır [5]. Radyasyon doz hesaplarında bölgeye ait doğal kaynaklar ve bu kaynakları oluşturan radyonüklidlerin çevredeki konsantrasyonlarının ve radyasyonun özellikle insanda olmak üzere, biyolojik sistemler üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla dünyada ve Türkiye'de birçok çalışma yapılmaktadır [6-9].

Bu çalışmada, Edirne ve Kırklareli illeri arasındaki otoyol boyunca toplanan toprak örneklerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  doğal radyonüklid konsantrasyonları gama spektrometresi ile ölçülmüştür. Ayrıca gama doz oranı, yıllık etkin doz eşdeğeri, radyum eşdeğer aktivitesi gibi radyolojik açıdan önem arz eden parametreler hesaplanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

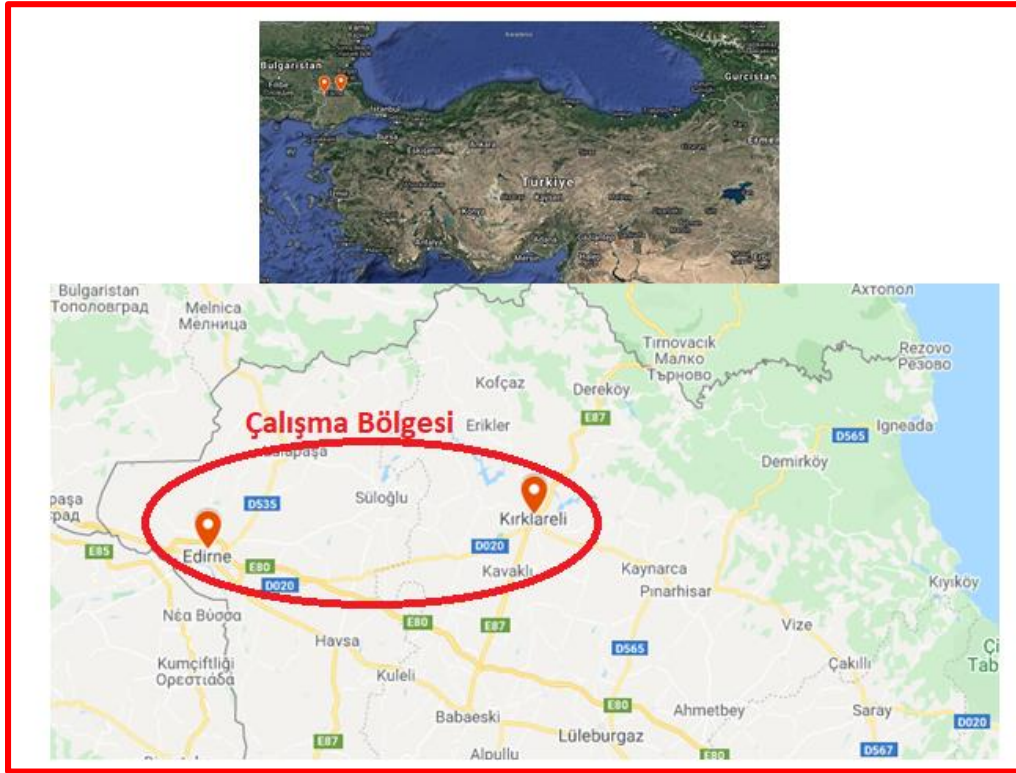
### 2.1. Örneklerin alınması ve sayıma hazır hale getirilmesi

Bu çalışmada toprak örnekleri Edirne ve Kırklareli arasında bulunan otoyol üzerinde 20 farklı noktadan toplanmıştır. Çalışma bölgesi, Şekil 1'de gösterilmiştir. Daha önceden belirlenen koordinatlarda bulunan noktalardan yaklaşık 1 kg alınan toprak örnekleri, naylon poşetlere konularak numaralandırılmış ve laboratuvara ulaştırılmıştır. Laboratuvara götürülen örneklerin her birinin ağzı açılarak havalandırılmış ve sonrasında  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  etüvde 1 gün süresince kurutulmuştur.

Kurutulan toprak örnekleri öğütülmüş ve sonrasında 2 mm gözenekli elekten geçirilmiştir. Tüm bu işlemler sonrasında toprak örnekleri, hava geçirmeyen polietilen kaplara konularak içindeki radyonüklidlerin radyoaktif dengeye gelmeleri için 4-5 hafta süreyle bekletilmiştir. Bu süre sonunda, radyonüklid konsantrasyonlarının belirlenmesi için her bir örnek yüksek saflıkta germanyum dedektöründe (HPGe) eşit sürede (86400 s) sayılmıştır.

## 2.2. Gamma Spektrometre Sistemi

Çalışmada toprak örneklerindeki radyonüklidlerin analizleri Kırklareli Üniversitesi İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi'nde bulunan % 70 relatif verime sahip Ortec GEM 70P4-95 model HPGe koaksiyel detektörlü gama spektrometre sistemi kullanılarak yapılmıştır [10].



**Şekil 1: Çalışma Alanı**

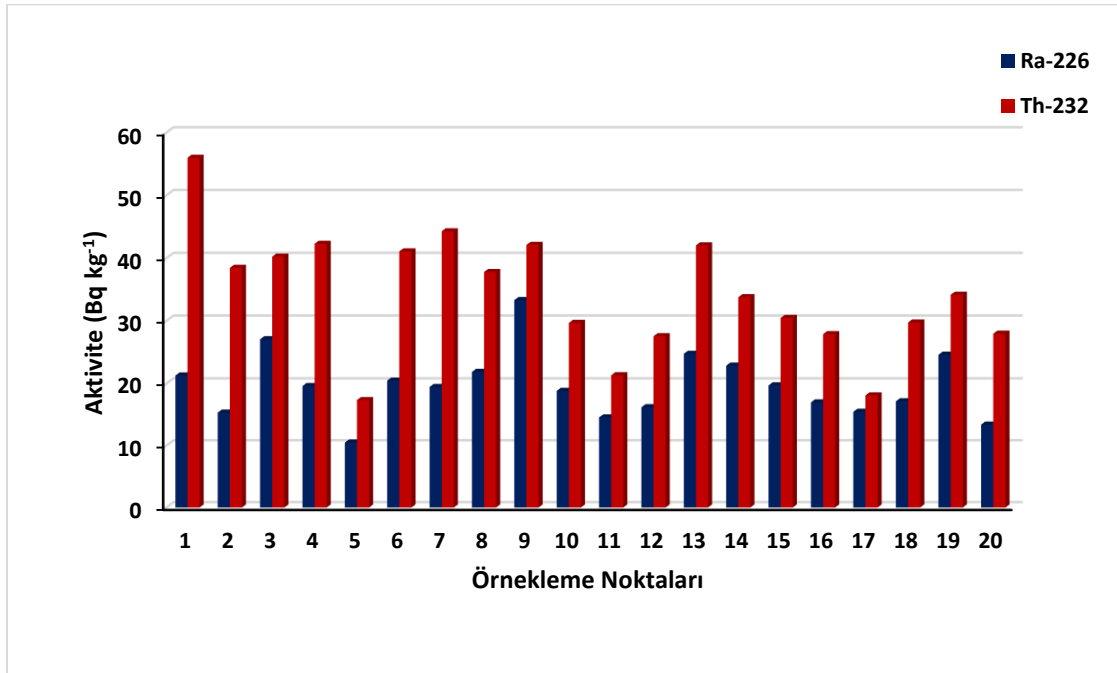
### 3. Sonuçlar

#### 3.1. Toprak Örneklerinin $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ ve $^{40}\text{K}$ Radyonüklid Konsantrasyonları

Çalışmada toprak örneklerinde doğal radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları  $^{226}\text{Ra}$  için 10,53 ile 33,3 Bqkg<sup>-1</sup> arasında,  $^{232}\text{Th}$  için 17,4 ile 56,0 Bqkg<sup>-1</sup> arasında,  $^{40}\text{K}$  için 102,1 ile 1126,9 Bqkg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. 20 farklı noktadan toplanan toprak örneklerinde elde edilen  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  konsantrasyonlarının değişimi Şekil 2,  $^{40}\text{K}$  konsantrasyonlarının değişimi ise Şekil 3'de gösterilmiştir.

UNSCEAR verilerine göre toprakta dünya ortalaması  $^{226}\text{Ra}$  için 35 Bqkg<sup>-1</sup>,  $^{232}\text{Th}$  konsantrasyonu 30 Bqkg<sup>-1</sup> ve  $^{40}\text{K}$  konsantrasyonu 400 Bq kg<sup>-1</sup> olarak verilmektedir [11].

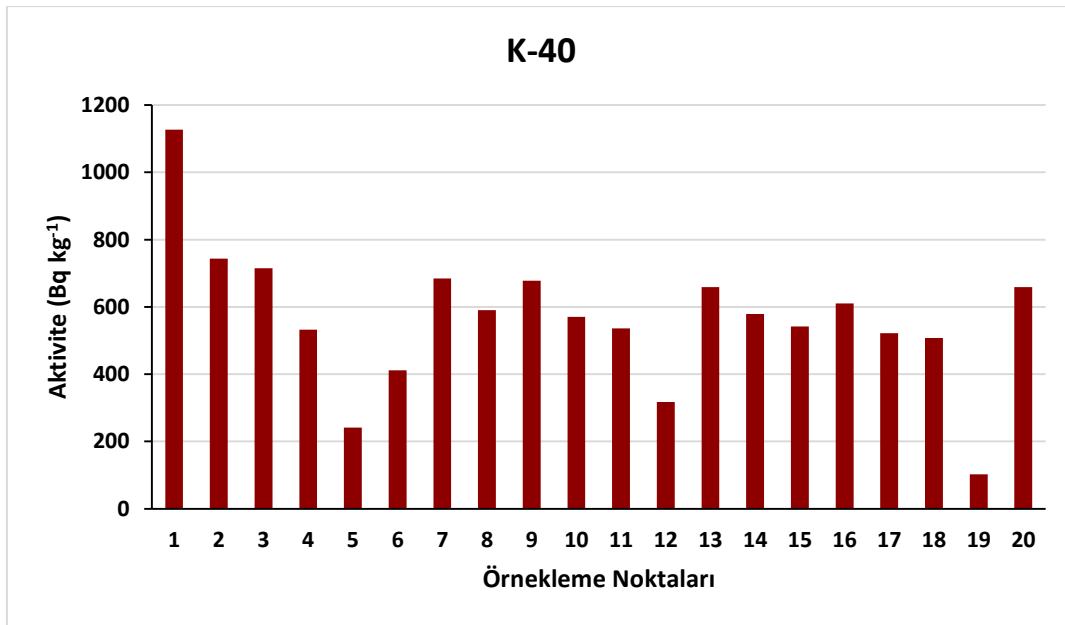
Bu çalışmada,  $^{226}\text{Ra}$  için 19,7 Bqkg<sup>-1</sup> olarak hesaplanan ortalama aktivite konsantrasyon değerleri dünya ortalamasından düşük, ancak  $^{232}\text{Th}$  (ortalama değer 34,1 Bqkg<sup>-1</sup>) ve  $^{40}\text{K}$  (ortalama değer 566,3 Bqkg<sup>-1</sup>) için hesaplanan ortalama aktivite konsantrasyon değerleri ise dünya ortalamasından yüksek bulunmuştur.



Şekil 2: Toprak örneklerinde  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  konsantrasyonlarının değişimi

Çalışmada bulunan doğal radyonüklid konsantrasyonları literatürde yapılan başka çalışmalarla karşılaştırıldığında yakın değerler çıktığı görülmüştür. Yarar ve Kam tarafından Tekirdağ'da

yapılmış bir çalışmada topraktaki  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  konsantrasyonları ortalama olarak sırası ile 36,29; 40,19 ve 578,52 Bqkg<sup>-1</sup> olarak bulunmuş olup çalışmamızda elde edilen sonuçlar ile uyum içerisinde [12]. Kırklareli’nde yapılan bir diğer çalışmada ise toprakta ortalama  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  konsantrasyonları sırası ile 37, 40 ve 667 Bqkg<sup>-1</sup> olarak bulunduğu görülmüştür [13]. Toprakta doğal radyonüklid konsantrasyonları bölgenin jeolojik yapısı ve kullanılan gübre ve benzeri kimyasallar için de değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Günay ve arkadaşları tarafından Ganos fay hattında yapılan bir çalışmada ise ortalama  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  konsantrasyonları sırası ile 17, 27 ve 445 Bqkg<sup>-1</sup> olarak bulunmuş olup çalışmamızla uyum içerisinde [14].



Şekil 3: Toprak örneklerinde  $^{40}\text{K}$  konsantrasyonlarının değişimi

### 3.2. Radyolojik Tehlike İndeksleri

#### 3.2.1. Soğurulan Gama Doz Hızı (D)

Çevrede bulunan radyoaktif kaynaklardan meydana gelen gama radyasyonunun sağlık üzerinde oluşturduğu etki toprak yüzeyinden 1 m yükseklikteki soğurulan gama radyasyon doz hızı (D) ile ifade edilir [8]. UNSCEAR raporuna göre, dönüşüm katsayıları  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  için sırasıyla, 0,462, 0,604 ve 0,0417 olarak alınır [11]. Bu katsayılar kullanılarak havada soğurulan doz oranı (D, nGyh<sup>-1</sup>) aşağıdaki formül olarak hesaplanabilir:

$$D(\text{nGyh}^{-1}) = 0,462 A_{\text{Ra}} + 0,604 A_{\text{Th}} + 0,0417 A_{\text{K}} \quad (1)$$



Burada  $A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$ ,  $A_K$  sırası ile topraklarda ölçülen  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$  aktivite konsantrasyonlarıdır ve birimi  $Bq\ kg^{-1}$  dir [11].

Bu çalışmada toprak örneklerinde ölçülen  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$  konsantrasyonları kullanılarak tayin edilen gama radyasyon doz hızı değerleri 19,6 ile 96,2  $nGyh^{-1}$  arasında değişmektedir. Çalışmada ortalama soğurulan gama radyasyon doz hızı 53,3  $nGyh^{-1}$  olarak hesaplanmış olup, ortalama soğurulan gama radyasyon doz hızının Dünya ortalamasından (59  $nGyh^{-1}$ ) daha düşük olduğu görülmüştür [11].

### 3.2.2. Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri (AEDE)

Yıllık etkin doz eşdeğeri (AEDE) insanların farklı radyasyon kaynaklarına dış ışınlanmaları sebebi ile 1 yıl süresince maruz oldukları radyasyon dozu olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlik (2) ile hesaplanır;

$$AEDE (\mu Sv y^{-1}) = [D(nGy\ h^{-1}) \times 0,7\ Sv\ Gy^{-1} \times 8760\ h/y \times 0,2] \times 10^{-3} \quad (2)$$

Burada kullanılan meşguliyet faktörü insanın bir günde vaktinin ne kadarını iç ya da dış mekanlarda geçirdiğini belirtmektedir ve dönüşüm katsayısı olarak  $0,7\ SvGy^{-1}$ , dış mekan kullanımı katsayısı ise  $0,2$  olarak alınmaktadır [11].

Çalışmada AEDE değerlerinin  $24,04$  ile  $118,00\ \mu Sv y^{-1}$  arasında değiştiği bulunmuştur. Dış gama radyasyonundan kaynaklanan yıllık etkin doz eşdeğer için dünya ortalaması  $70\ \mu Sv y^{-1}$  olarak verilmiştir [11]. Buna göre çalışmada elde edilen ortalama yıllık etkin doz değeri ( $65,40\ \mu Sv y^{-1}$ ) dünya ortalama değerinin altında bulunmuştur.

### 3.2.3. Radyum Eşdeğer Aktivitesi ( $Ra_{eq}$ )

Toprakta  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$  dağılımı eşit değildir ve bu sebeple birleşik radyolojik etkilerinin karşılaştırılması için, radyum eşdeğeri aktivite ( $Ra_{eq}$ ) adı verilen ortak bir indeks kullanılmıştır [15]. Radyum eşdeğer aktivitesi ( $Ra_{eq}$ ) aşağıdaki ifade ile hesaplanır:

$$Ra_{eq} (Bqkg^{-1}) = A_{Ra} + 1,43 A_{Th} + 0,07 A_K \quad (3)$$

Burada,  $A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$  ve  $A_K$  sırası ile topraklarda ölçülen  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$  aktivite konsantrasyonlarıdır ve birimi  $Bqkg^{-1}$ 'dir.

Çalışmada toprak örneklerinde hesaplanmış ortalama  $Ra_{eq}$  değeri  $108,14 Bg kg^{-1}$  olarak bulunmuştur. Dünya' da radyum eşdeğer aktivitesi için müsaade edilen maksimum değer  $370 Bgkg^{-1}$  olarak belirlenmiş olup çalışmada elde edilen sonuçların bu değer altında olduğu görülmüştür [11].

### 3.2.4. Yaşam Boyu Kanser Riski (ELRC)

Yaşam boyu kanser riski aşağıdaki formül ile hesaplanır [16]:

$$ELRC = AEDE \times DL \times RF \quad (4)$$

Burada AEDE, DL ve RF sırasıyla yıllık etkin doz eşdeğeri, yaşam süresi (70 yıl) ve risk faktörü ( $Sv^{-1}$ ) dür. Stokastik etkilerde risk faktörü değeri toplum için önerilen değeri 0,05' dir [17].

Çalışmada yaşam boyu kanser riski ortalama değeri  $0,23 \times 10^{-3}$  ( $0,08 \times 10^{-3}$  ile  $0,41 \times 10^{-3}$ ) olarak bulunmuş olup, dünya ortalaması olan  $0,29 \times 10^{-3}$  değerinin altındadır.

## 4. Tartışma

Bu çalışmada Türkiye Trakya bölgesinde bulunan Edirne ve Kırklareli illeri arasında otoyol kenarından toplanan topraklarda doğal radyonüklid ( $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$ ) konsantrasyonları HPGe dedektörlü gama ışın spektroskopi tekniği kullanılarak ölçülmüştür.  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$ 'un ortalama konsantrasyonları sırası ile  $19,69$ ,  $34,13$  ve  $566,14 Bqkg^{-1}$  olarak tayin edilmiştir. Ayrıca radyolojik açıdan tehlike indekslerinden havada soğurulan doz oranı (D), yıllık etkin doz eşdeğeri (AEDE), radyum eşdeğer aktivitesi ( $Ra_{eq}$ ) için ortalama değerler sırası ile  $53,33 nGyh^{-1}$ ,  $65,40 \mu Svy^{-1}$ ,  $108,14 Bgkg^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Çalışmada toprakta ölçülen doğal radyonüklid konsantrasyonları kullanılarak hesaplanan tüm radyolojik tehlike indekslerinin dünya için belirlenen müsaade edilen sınır değerleri aşmadığı görülmüştür. Bu araştırmadan elde edilen sonuçların, doğal olarak oluşan radyonüklidlerin etkisine ilişkin gelecekteki tahminler ve çalışmalar için değerli bir veri tabanı oluşturacağı düşünülmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma Kırklareli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen KLÜBAP177 numaralı proje kapsamında yapılmıştır.

## Kaynaklar

- [1] Mavi, B., Akkurt, I., Natural radioactivity and radiation hazards in some building materials used in Isparta, Turkey. *Radiat. Phys. Chem.*, 79, 933–937, 2010.
- [2] Wang, O., Song, J., Li, X., Yuan, H., Li, N., Cao, L., Environmental radionuclides in a coastal wetland of the Southern Laizhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 97, 506-511, 2015.
- [3] Akkaya, G., Bursa ili Toprak Numunelerinde Radyonüklid Dağılımının incelenmesi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-108, 2011.
- [4] Dizman, S., Rize ili ve ilçelerindeki doğal gamma radyoaktivite düzeyinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [5] Monica, S., Visnu Prasad, A.K., Soniya, S.R., Jojo, P.J., Comparison of Gamma Dose Levels Assessed by Various Methods. *Materials Today: Proceedings*, 16, 776–783, 2019.
- [6] Aközcan, S., Natural and artificial radioactivity levels and hazards of soils in the Küçük Menderes Basin, Turkey, *Environ Earth Sci.*, 71, 4611–4614, 2014.
- [7] Chandrasekaran, A., Rajalakshmi, A., Ravisankar, R., Vijayagopal, P., Venkatraman, B., Measurements of Natural Gamma Radiations and Effects of Physico-Chemical Properties in Soils of Yelagiri Hills, Tamilnadu India with Statistical Approach. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 531 – 538, 2015.
- [8] Günay, O., İstanbul-Beykoz'daki Bazı Toprak Örneklerinde Doğal Radyoaktivite ve Radyolojik Parametre Tayini. *European Journal of Science and Technology*, 12, 9-14, 2018.
- [9] Celik, İ. C., Kosal, M., Assessment of Environmental Radioactivity and Health Hazard in Soil, Water, and Stone Samples in Siverek Town of Sanliurfa Province in Southeastern Turkey. *Procedia Computer Science*, 158, 125–134, 2019.
- [10] Öztürk, M. B., Dereköy, Hamzabeyli Ve Pazarkule Sınır Kapılarından Alınan Topraklarda Radyonüklid Miktarının Ölçülmesi Ve Doz Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-37, 2016.



- [11] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), Sources and effects of ionizing radiation, Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, United Nations, New York, 2000.
- [12] Yazar, Y., Kam, E., Environmental radioactivity concentrations of Tekirdag. Int Congr Ser 1276, 387–389, 2005.
- [13] Taskin, H., Karavus, M., Ay, P., Topuzoglu, A., Hidiroglu, S., Karahan, G., Radionuclide concentrations in soil and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Kırklareli, Turkey. J Environ Radioact 100, 49–53, 2009.
- [14] Günay, O., Saç, M.M., İçhedef, M., Taşköprü, C., Natural radioactivity analysis of soil samples from Ganos fault (GF). International Journal of Environmental Science and Technology, 16, 5055–5058, 2019.
- [15] Mehra, R. Sinhg, M., Estimation of radiological risk due to concentration of  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  in soils of different geological origins in northern India. Turk J Phys., 36, 289 – 297, 2012.
- [16] Başaran, H., Nevşehir İlinde Kanser Yoğunluğu Gözlenen Yerleşim Birimlerinin Yüzey Topraklarının Radyolojik Açıdan İncelenerek Yıllık Etkin Doz Eşdeğerlerinin Bulunması, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
- [17] ICRP, Recommendations of the ICRP: Annals of the ICRP (International Commission on Radiological Protection) , Volume 37, 2-4, 2007.

# THE INVESTIGATION OF POLYLACTIC ACID BASED NATURAL FIBER REINFORCED BIOCOMPOSITES FOR AUTOMOTIVE APPLICATIONS

Süleyman Sinan ÖZTÜRK\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*R&D Department of TOFAŞ TÜRK OTOMOBİL FABRİKASI AŞ, 16110 Bursa, TURKEY*

## Abstract

An automotive application with renewable sources as environmentally sustainable solution has been studied for weight reduction. Hemp as non-woven natural fiber (NNF) and Polylactic acid (PLA) non-woven fibers has been used to form continuous mat by needle-punch method. This biobased mat structure was then hot formed to achieve good mechanical properties. The composition of the fiber was 50:50 / NNF:PLA and the density of the final sheet was 1300 gr/m<sup>2</sup>, the final thickness of the biocomposite after themoforming was 2.2 mm with 2.1 GPa Flexural Modulus and 17 MPa Tensile Strength and 2.3% elongation at break. In this study, the mechanical performance of this biocomposite structure under water immersion, 40°C and 80°C was studied. The charpy impact strength was found 21kJ/m<sup>2</sup>. The major outcome of this study is replacing conventional reinforcement materials with renewable sources which offers lower weight and tolerable mechanical strengths.

**Keywords:** PLA polymer, Hemp natural fiber, biocomposite, automotive application

## DOĞAL ELYAF TAKVİYELİ POLİLAKTİK ASİT BİYOKOMPOZİT YAPILARIN ARAÇ UYGULAMALARI İÇİN İNCELENMESİ

### Özet

Araç hafifletme projesine yönelik çevresel sürdürülebilirlik çözümleri kapsamında doğal kaynakların kullanılması çalışma yapılmıştır. Kenevir doğal fiberleri ve Polilaktik Asit (PLA) fiberleri, iğneleme yöntemi ile sürekli matlar haline getirilmiştir. Bu kompozit yapıya ısı işlem ile form edilerek iyi mekanik özellikler kazandırılmıştır. Kompozisyondaki fiber oranı 50:50 / Doğal Elyaf:PLA ve yoğunluk 1300 gr/m<sup>2</sup>, nihai kalınlık ise 2.2 mm olarak hazırlanmıştır. Elde edilen kompozit yapı 2.1 GPa Eğilme Modülü ve 17 MPa Kopma Dayanımı ve 2.3% kopma uzaması değerlerine ulaşmıştır. Bu çalışmada, biyokompozit yapının su emdirildikten sonra, 40°C ve 80°C yaşlandırma sonrası mekanik özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Charpy Darbe Dayanımı 21kJ/m<sup>2</sup> olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada, konvansiyonel olarak üretilebilecek fiber katkılarla güçlendirilmiş, sürdürülebilir kaynaklarla üretilmiş hafifletilmiş kompozit yapı çalışılmıştır ve araç projelerinde kullanılabilir mekanik özellikleri sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** PLA polimer, Kenevir doğal elyaf, biokompozit, otomotiv uygulamaları

\* Corresponding author: suleymansinan.ozturk@tofas.com.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6011-5673>

## 1. INTRODUCTION

As the new regulations are decreasing the emission limits of the greenhouse gases year by year, automotive industry focuses on weight reduction as the weight of the car is one of the parameter for the energy consumption. Most of the automotive companies keep working on composite structures among with lower weight high strength metal solutions. Due to potential low density of carbon fiber and natural fiber, such fiber reinforced composite solutions result into weight reduction [1-2]. Natural fibers have been vastly studied since they are abundant, sustainable, environmental friendly and cheaper than carbon fibers [3] The bast fibers such as kenaf, hemp and flax can be used as reinforcement to polymeric matrix. The randomly oriented fibers are more easily formed and eliminate the distortion when compared with the continuous fibers [4]. The natural fibers are hydrophilic and adhesion to the hydrophobic polymer matrix like polypropylene can be enhanced by using high melt flow polymers and by heating during process. Heating to high temperature can degrade natural fibers and lose the elasticity of the structure [5]. The adhesion problem of cellulose based fibers with hydrophobic polymers was improved by coupling agents like maleic anhydride or surface modification of the fiber surface [6-7].

A greener solution to form biocomposite is to use biodegradable polyester polymer matrix such as PLA. Natural fiber: PLA composites have been studied with different manufacturing techniques like sheet forming, extrusion and compression to understand the mechanical properties [8,9] The drawback of such biocomposites is the sensitivity of the fiber to humidity and heat which limits the use in automotive components like door panels, parcel shelves and trim parts of dashboard. The automotive application of natural fiber composites goes back to 1940s when Henry Ford first used hemp composite solution. Current composite solutions are around 1500gr/m<sup>2</sup> and 1000gr/m<sup>2</sup> can be achieved with thermoset process.

The aim of this study is to understand the mechanical properties of 50%:50% hemp fiber reinforced PLA fibers needle-punched to obtain mat which is then heated and compression molded to form a sheet. The effect of temperature on mechanical behaviour of the sheet was studied. The effect of humidity and change of the mechanical properties when exposed to water was studied. A further characterization technique such as TGA and DSC was performed to observe thermal behaviour of the composite structure. The adhesion of PLA to natural fiber was controlled by stereomicroscopy to understand the structure of the composite.

## 2. MATERIAL AND METHODS

Hemp used in this study was from industrial straw of *Cannabis sativa* defibering followed by mechanical refining. Average length of the fibers were  $117 \pm 8 \mu\text{m}$  with average diameter of  $141 \pm 47 \mu\text{m}$ . The average length of the PLA fibers were between 33mm to 165mm, the tenacity of the fibers were  $1.8 \text{ cN/dtex} \pm 25\%$ .

The natural fibers and PLA fibers were needle-punched as 50:50 to produce 1300gr/m<sup>2</sup> of mat. The mat is then hot-pressed with roller at 195°C for 45 seconds. The thermoformed sheet is then machine cut to produce specimen for mechanical tests.

The visual control was performed with Leica DMI8 stereomicroscope. The DSC curve was observed with Netzsch 204 F1 and TGA graph was collected with Mettler Toledo TGA/DSC 1 Star. The mechanical tests were done with Zwick 10kN Universal Testing Machine. The Charpy impact strength test was performed with Instron Charpy Impact Analyzer.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 Density of Composite sheets

The weight/area of the sheet was calculated by measuring the weight of a 100mmx100mmx2.2mm sample and dividing by the total area. The weight/volume of the sheet was calculated by measuring the weight and volume of the sheet.

**Table 1.** The density of the sheet

Sheet Sample	Weight/Area gr/m <sup>2</sup>	Weight/Volume gr/cm <sup>3</sup>
1	1392	0.54
2	1369	0.58
3	1324	0.56
Average	1362	0.56

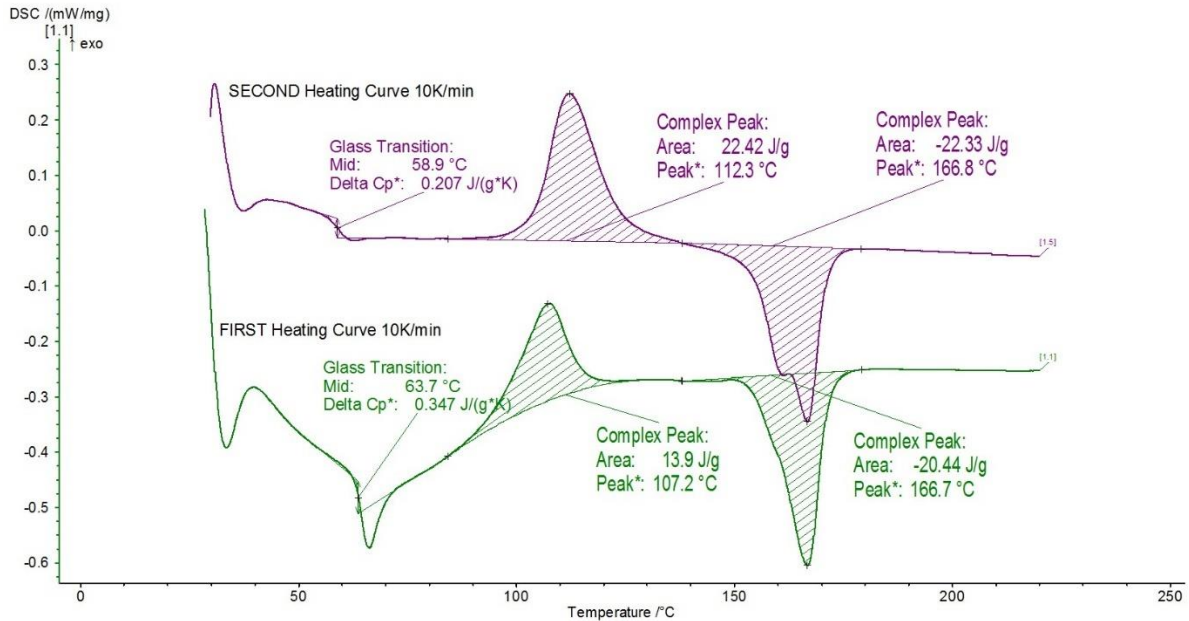
### 3.2 DSC of Composite sheets

The DSC curve was collected first heating from 30°C to 220°C with 10K/min heating rate and kept isothermal for 5 minutes (Figure 1). The cooling rate was 10K/min with 3 minutes isothermal and the second heating was to 220°C with 10K/min heating rate. The nitrogen atmosphere with 70mL/min purge flow and 20mL/min gas flow was used. The melting peak of



PLA was calculated from second heating curve as 166.8°C with 22.3 j/g entalpy of fusion. With the equation 1, the crystallinity of the polymer  $X_c(\%)$  can be calculated where  $\Delta H_m$  is the entalpy of fusion (J/g), and  $\Delta H_m^0$  is the standard enthalpy of PLA for 100% crystallinity, equal to 93.7 J/g. The crystallinity of the PLA polymer is 6.7%.

$$X_c(\%) = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_m^0} \quad (1)$$



**Figure 1.** DSC curves of the composite structure, first heating curve (green), second heating curve (purple)

The glass transition of the PLA from first heating curve is 63.7 °C. The glass transition temperature of the polymer is important for defining the working temperature of the composite. In this case, the composite sheet will be further thermoformed to finished product where the composite will be glassy before 58.9 °C and softening will be affecting the mechanical properties.

### 3.3 TGA of Composite sheets

The TGA was measured to characterize the thermal stability of the composite structure (Figure 2). The heating curve was 20K/min from 30 °C to 600 °C under nitrogen atmosphere and isothermal for 5 minutes. Then heating to 800 °C with 20K/min under oxygen atmosphere. The flow of the gas was constant at 60 mL/min.



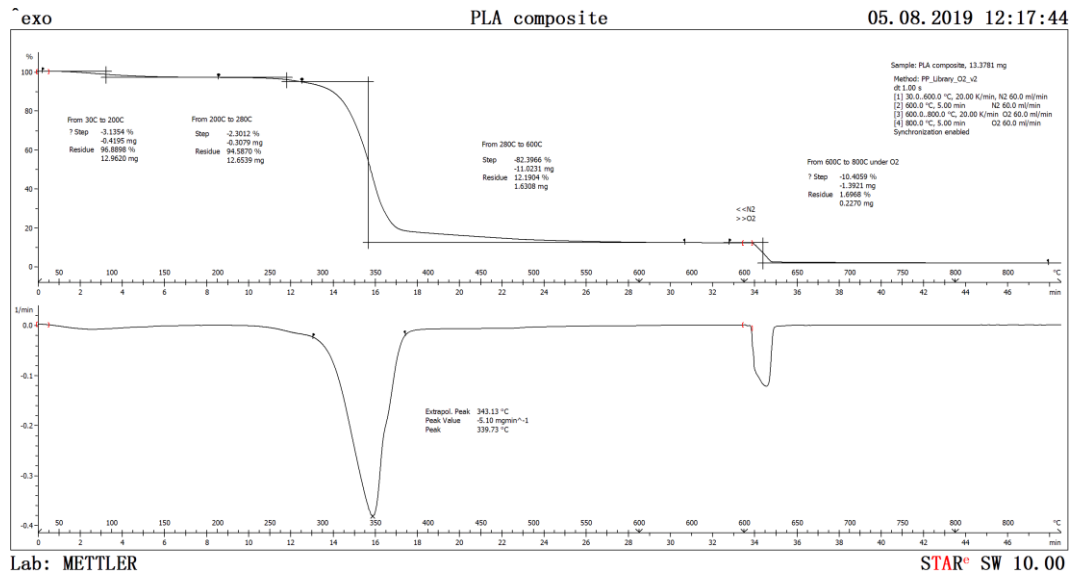


Figure 2. TGA graph of the composite structure (above), DTGA of the composite (below)

In the TGA graph, the weight loss of the composite was 82 % where from DTGA the decomposition peak was observed at 339.7 °C. The residual weight of the composite was 1.7 % which is mainly due to flame retardant used in the PLA fiber. The weight loss in the first step is due to water loss which was 3.1 %.

### 3.4 FT-IR spectrum of Composite sheet

The FT-IR spectrum was collected with Bruker Tensor II between 400-4000  $\text{cm}^{-1}$  with 24 scans with 4  $\text{cm}^{-1}$  resolution (Figure 3).

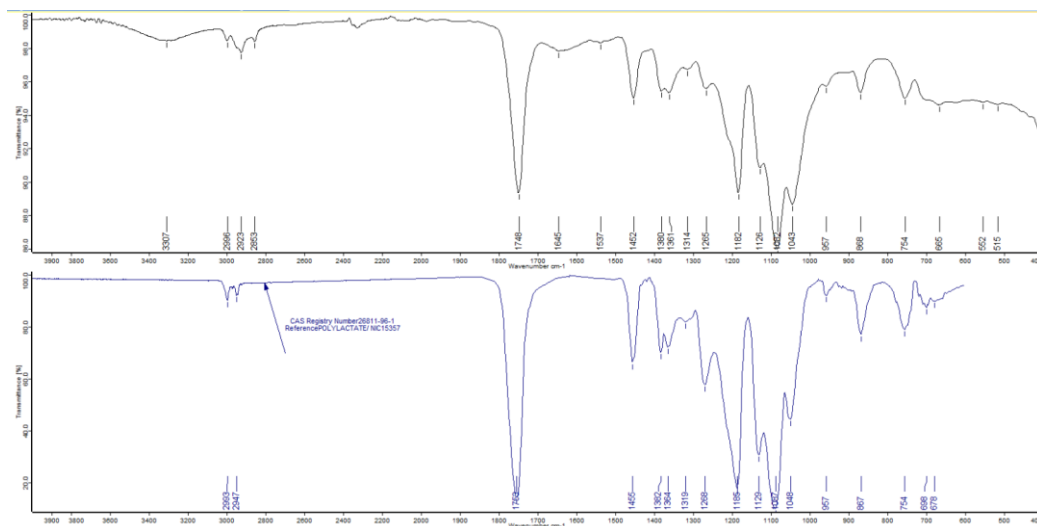


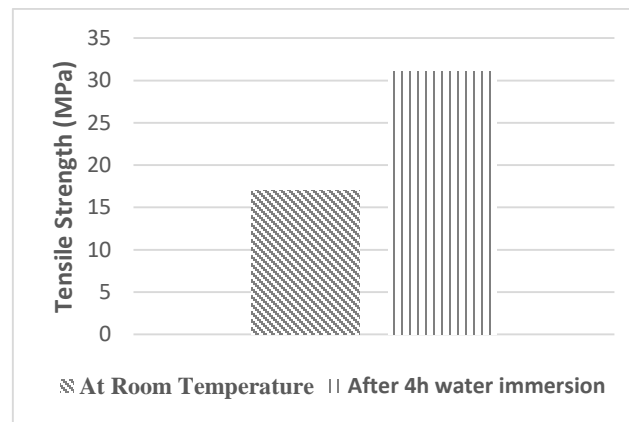
Figure 3. FT-IR spectrum of the composite structure (above), PLA from reference library CAS 26811-96-1 (below)

The -OH stretching band was observed between 3200-3500  $\text{cm}^{-1}$ , the C=O stretching was at 1748  $\text{cm}^{-1}$ , and C-O-C stretching was observed at 1182  $\text{cm}^{-1}$  and 1082  $\text{cm}^{-1}$ . The typical PLA spectrum was confirmed with reference library CAS 26811-96-1.

### 3.5 Mechanical testing of Composite sheet

#### 3.5.1 Tensile Strength testing of Composite sheets

The composite sheets are mechanically cut according to ISO 527-4 Type2 where the testing speed was 50mm/min. Tensile stress was determined by dividing the force by the average specimen area. The tensile strength is the maximum tensile stress achieved before failure. The test is performed at 23 °C and another set of 3 samples were immersed in water for 4 hours and then measured. The results are listed in Figure 4.

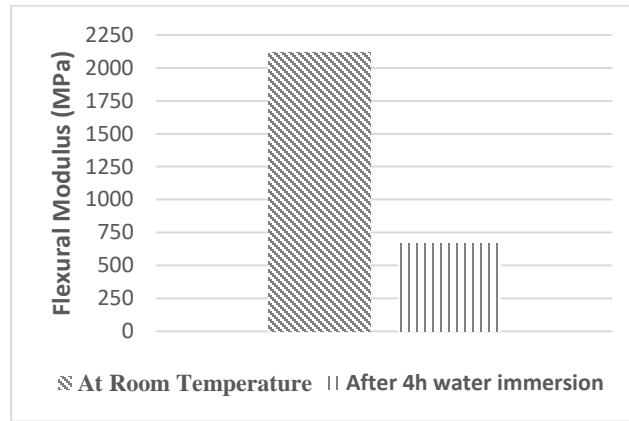


**Figure 4.** Tensile Strength of 50%:50% NF:PLA composite sheet at 23°C and after water immersion for 4 hours

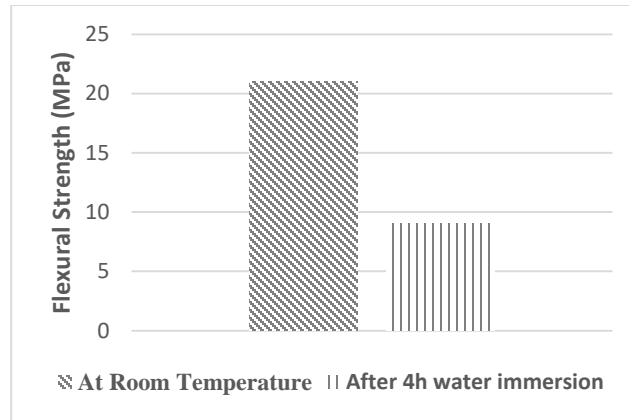
The Tensile strength of composite at 23 °C was 17 MPa where after water immersion was increased to 31 MPa. The elongation at break at 23 °C was 2.3% where after water immersion the elongation increased to 5.2 %. Using water as treatment was acted as plasticizers to natural fibers. The cellulosic fibers are likely to swell after wetting which increases the elongation [10].

#### 3.5.2 Flexural Strength testing of Composite sheets

The Flexural strength test was performed according to ISO 14125 Method A with three point set-up. The testing speed was chosen as 2 mm/min. Flexural strength as the maximum fiber stress before it cracks was measured. Flexural modulus also refers to modulus in bending is the ratio of maximum stress to maximum strain within elastic limit of stress-strain diagram.

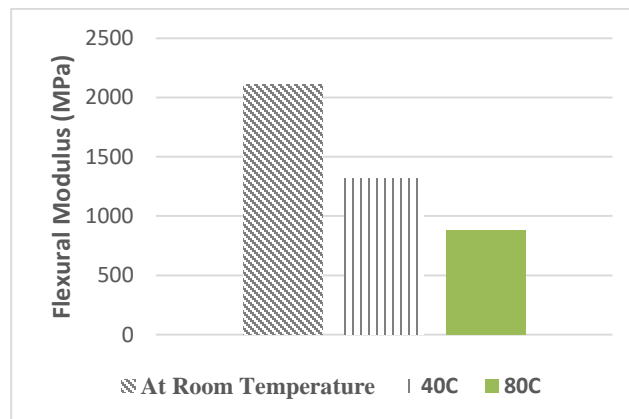


**Figure 5.** Flexural Modulus of 50%:50% NF:PLA composite sheet at 23°C and after water immersion for 4 hours

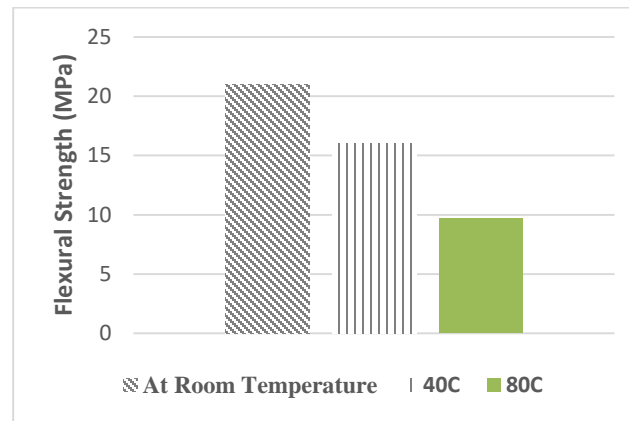


**Figure 6.** Flexural Strength of 50%:50% NF:PLA composite sheet at 23°C and after water immersion for 4 hours

The flexural modulus (Figure 5) and flexural strength (Figure 6) of the composite at 23 °C was 2113 MPa and 21 MPa, respectively. The immersion of composite to water for 4 hours resulted into a decrease in the flexural modulus and flexural strength to 667 MPa and 9 MPa, respectively.



**Figure 7.** Flexural Modulus of 50%:50% NF:PLA composite sheet at 23°C, 40°C and 80°C



**Figure 8.** Flexural Strength of 50%:50% NF:PLA composite sheet at 23°C, 40°C and 80°C

The specimen are conditioned for 2 hours in the climatic chamber unit of the universal tensile machine at 23 °C, 40 °C and 80 °C. The flexural modulus decreases from 2113 MPa to 1314 MPa and 886 MPa when conditioned to 40 °C and 80 °C, respectively (Figure 7). The flexural strength decreased from 21 MPa to 16 MPa and 9.7 MPa after conditioning at 40 °C and 80 °C, respectively (Figure 8). The mechanical properties have decreased after heating which can be explained by the glass transition point observed around 63.7 °C in DSC first heating curve.

### 3.5.3 Charpy Impact testing of Composite sheets

The charpy impact test was performed according to ISO-179-1 (Table 2). The average of 21 kJ/m<sup>2</sup> was calculated from 5 specimen.

**Table 2.** The Charpy impact strength results at room temperature

Sample	Charpy impact kJ/m <sup>2</sup>
1	21
2	22
3	21
4	21
5	21
Average	21.3

The charpy impact test above  $18\text{kJ/m}^2$  is like LyondellBasell Hostacom CR 1171 G, which is general polypropylene copolymer grade used for automotive interior trim parts.

### 3.6 Stereomicroscope image of Composite Sheet

The stereomicroscope image was taken at 5X magnification (Figure 8). The wetting of the natural fiber with the PLA polymer is observed where the voids are visible. No PLA fibers was observed in the composite structure where all the polymer fiber was melted.



**Figure 8.** Stereomicroscope image of NF: PLA composite

## 4. CONCLUSION

In the study, the natural fiber and PLA fiber were homogeneously mixed by needle-punch method. The low density of the composite resulted into a weight reduction solution which can be processed at industrial applications. The water immersion of composite sheet results into higher tensile strength which is mainly due to swelling of the fibers which acts as surface modification through the direction of the applied force. On the other hand, the bending test is perpendicular to fiber orientations which decreases flexural strength after water immersion. The mechanical strength has dropped by conditioning the specimen at high temperature due low glass transition of PLA. The wetting of the PLA to natural fiber was observed at stereomicroscope image where air gaps were observed.

Natural fiber composites are good candidates for interior automotive applications as sustainable and eco-friendly solution with low density and high strength with treatment. The major drawback for exterior automotive application is the water absorption and low glass transition

temperature. The study showed that PLA fiber can be alternatively used like PP fiber in compression moulding.

## ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by TUBITAK project number: 3151221; we would like to thank Doç. Dr. Güralp Özkoç from Kocaeli University, Department of Chemical Engineering, for his support in this project.

## REFERENCES

- [1] Bhattacharyya, D., Bowis, M., Jayaraman, K., Thermoforming woodfibre–polypropylene composite sheets, *Composites Science and Technology*, Volume 63, Issue 3-4, 353-365, 2003
- [2] Davey, S., Das, R., Cantwell, W.J., Kalyanasundaram, S., Forming of studies of carbon fiber composite sheets in dome forming processes, *Composite Structures*, 97, 310-316, 2013
- [3] Zampaloni, M., et al., Kenaf natural reinforced polypropylene composites: a discussion on manufacturing problems and solutions, *Composites: Part A*, 38, 1569-580, 2007
- [4] Hsiao, S.W., Kikuchi, N., Numerical analysis and optimal design of composite thermoforming process. *Computational Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 177, 1-34, 1999
- [5] Xu, J., Widyorini, R., Yamauchi, H., Kawai, S., Development of Binderless Fibreboard from Kenaf Core, *Journal of Wood Science*, 52, 236-243, 2006
- [6] Feng, D., Caulfield, D.F., Sanadi, A.D., Effect of compatibilizer on the structure property relationships of kenaf-fiber/polypropylene composites, *Polymer Composites*, 22, 506-517, 2001
- [7] Mohanty, A.K., Drzal, L.T., Misra, M., Engineered reinforced polypropylene composites: influence of surface modifications and novel powder impregnation processing, *Journal of Adhesion Science and Technology*, 16, 999-1015, 2002
- [8] Auran Efendy, M.G., Pickering, K.L., Fibre orientation of novel dynamically sheet formed discontinuous natulra fibre PLA composites, *Composites: Part A*, 90, 82-89, 2016
- [9] Oksman, K., Skrifvars, M., Selin, J.F., Natural fibres as reinforcement in polylactic acid (PLA) composites, *Composites Science and Technology*, 63, 1317-1324, 2003



[10] Wang, W., Lowe, A., Kalyanasundaram, S., Effect of Chemical Treatments on Flax Fibre Reinforced Polypropylene Composites on Tensile and Dome Forming Behaviour, International Journal of Molecular Science, 16, 6202-6216, 2015

## YAPAY SİNİR AĞI KULLANILARAK SU SEVİYESİNİN TAHMİN EDİLMESİ: YALOVA GÖKÇE BARAJI ÖRNEĞİ

Yunus DAMLA<sup>1\*</sup>, Temel TEMİZ<sup>2</sup>, Erdiñç KESKİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

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

### ÖZET

Artan dünya nüfusu ve küresel ısınmanın oluşturduğu kuraklığın etkisi ile su gibi ikamesi olmayan bir kaynağın, canlıların ihtiyaçlarını karşılayacak oranda muhafaza edebilmek, dünya kamuoyunun üzerinde durduğu önemli konular arasında yer almaktadır. Akarsulardaki su seviyesinin düşük olduğu dönemlerde gerekli olan su ihtiyaçlarını karşılamak ve akarsuların oluşturmuş olduğu düzensizliği ortadan kaldırılması için biriktirme haznelerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada Yalova Gökçe Barajının 2000-2019 yılları arasındaki, barajın su seviyesinin oluşmasında etkili olan Sellimandıra deresinin akış debisi, havzasının yağış ve buharlaşma değerleri, baraj su tahliyesi, sızıntı suyu miktarı ile barajın su seviyesi ölçümleri kullanılarak, 2019 yılı baraj rezervuardaki su seviyesinin yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Yapay sinir ağı kullanılarak oluşturulan modellerde günlük verilerden elde edilen aylık veri setleri çok katmanlı yapay sinir ağı fonksiyonu olan Levenberg-Marquardt algoritması ile değerlendirilmiş ve %94,14 determinasyon oranı ile tahmin verilerinin gerçek su seviyesine yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak tahmin edilen 2019 yılı ortalama baraj su seviyesi 73,77m iken, barajdaki gerçek ortalama su seviyesi 72,13m olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar altında Yalova Gökçe Barajının su seviyesinin tahmininde, YSA modelinin başarılı sonuçlar verdiği ifade edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Sinir Ağları, Baraj Su Seviyesi, Tahmin, Yağış, Buharlaşma,



## ESTIMATION OF WATER LEVEL BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK: EXAMPLE OF YALOVA GÖKÇE DAM

### ABSTRACT

With the increasing world population and the effect of the drought caused by global warming, being able to preserve a non-substituted resource such as water to meet the needs of living things is among the important issues that the world public opinion emphasizes. During the periods when the water level in the rivers is low, the accumulation chambers should be constructed to meet the water requirements required and to eliminate the irregularity created by the rivers. In this study, the artificial nerve of the water level in the reservoir of 2019 was used by using the flow rate of Sellimandıra stream, which is effective in the formation of the water level of the dam between the years 2000-2019 of the Yalova Gökçe Dam, the precipitation and evaporation values of the basin, the dam water discharge, the amount of leachate and the water level of the dam networks are intended to be estimated. In the models created using artificial neural network, monthly data sets obtained from daily data were evaluated with the Levenberg-Marquardt algorithm, which is a multi-layered artificial neural network function, and it was determined that the prediction data with 94.14% determination rate was close to the real water level. As a result, the average dam water level in 2019 was 73.77m, while the real average water level in the dam was measured as 72.13m. Under these results, it can be stated that ANN model gives successful results in estimating the water level of Yalova Gökçe Dam.

**Keywords:** Artificial Neural Networks, Dam Water Level, Forecast, Rainfall, Evaporation.

## 1. GİRİŞ

Su, bütün canlıların yaşamını sürdürmesi için ihtiyaç duyduğu, başka bir madde ile ikame ettirilemeyen ve bundan dolayı hayati önem taşıyan vazgeçilmez bir maddedir. Canlı ve cansız, tüm çevre üzerinde etkisi olan su, yaşamın başlangıcı olarak sayılabilir. Canlı bir varlık olan insanın suya olan etkisini, kendisine fiziksel, sosyal ve kültürel anlamda fayda sağlamak amacıyla gerçekleştirmiştir. Bu durumun insanı tarihsel süreçte toplumsal hale getirdiği antik çağlardan itibaren bütün medeniyetler boyunca görülmüş ve benzer ya da farklı medeniyetlerin suya yakın yerlerde kurularak sudan faydalanmayı amaçlamışlardır. Bir bölgedeki su ihtiyacı; nüfus yoğunluğu, nüfus artışı, yaşam seviyesi, tarım ve endüstride verim artışı ile ekonomik kalkınma gibi faktörlerine bağlıdır. Ancak akarsu, göl, yeraltı suyu, pınar, deniz ve yapay yağmur gibi su kaynaklarında kullanılacak su miktarı sınırlıdır. Aynı zamanda doğal hidrolojik çevrim içinde su hareket halinde olduğundan belirli bir yerdeki ve zamandaki miktarı da değişmektedir [1]. Hidroloji, yer küresinde (yeryüzünde, yeraltında ve atmosferde) suyun çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı bir bilim dalıdır [2]. Su, hayatın var olması için gerekli olan doğal kaynaklarının en başında gelir. Yerküremizde su çeşitli hallerde (katı, sıvı, gaz) bulunmakta ve çeşitli kısımların arasında belli bir çevrimde dönüp durmaktadır. Yeryüzünde insanın varlığı doğal hidrolojik çevrimi etkileyebilmektedir. Küresel ısınma ile sıcaklıklar yükselmekte, insan ve hayvan sağlığını korumak (canlı yaşamının devamını sağlamak ) için daha fazla su ihtiyaç olacaktır. Suyun tarım, hayvancılık ve endüstriyel faaliyetlerde kullanımı gibi santrallerde üretilen enerjiyi kullanmak durumunda olan birçok ekonomik faaliyet aynı zamanda suya ihtiyaç duymaktadır. Bu faaliyetlerde gerekli olan su miktarı, toprak ısındıkça ve yağış miktarları azaldıkça azalmakta ve kalitesi düşmekte aynı zamanda hem çevreye hem de diğer canlıların yaşamını sürdürmesinde önemli bir tehlike oluşturmaktadır [3]. Son dönemlerde değişen yağış rejimleriyle birlikte su kaynakları yönetimi daha da önem kazanmıştır. Bu bağlamda akım, göl ve baraj seviyesi gibi konularda tahmin çalışmaları da büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemlerin başında gelen yapay sinir ağı başarıyla kullanılmaktadır. Bu konularda yapılan çalışmalardan biri Van Gölü su seviyesinin yükselmesi ile kıyı kesimlerinin su altında kalmasında dolayı göl su

seviyesinde zamanla oluşan değişimlerin modellenmesinde kullanılmıştır. Bu çalışma ile yapay sinir ağı ile yağış ve göl su seviyesi arasındaki ilişkinin modellenebileceği sonucuna varılmış, aynı zamanda göl suyu seviyesindeki dinamik değişimler incelenmiştir [4]. Ayrı bir çalışmada, Akdeniz Bölgesinde yer alan Hatay, Antakya Yârseli Barajı ve havzasının 1796 günlük ölçüm verileri yapay sinir ağı yöntemi kullanarak baraj haznesinin seviye değişimi tahmini yapılmıştır. Yapay sinir ağının modellenmesinde Boyesian düzenlenme tekniği kullanılmıştır. Bu ise Levenberg-Marquardt (LM) eğitim algoritması kullanılarak ağırlık ve bias katsayıları yenilenmiştir. Yapılan yapay sinir ağı modellemeleri çalışmasında bulunan tahmin sonuçları geleneksel yöntemle bulunan veriler ile kıyaslandığında iyi performans verdiği tespit edilmiştir [5]. Çalışmaların başarılı sonuçlar vermesi sonrasında benzer çalışmalarda zamanla artış görülmüştür. Örneğin, Ülkemiz için önemli bir yere sahip Konya Ovasının ana su kaynağı olan Beyşehir Gölü'nün su seviyesi değişimlerinin yapay sinir ağı yönteminin kullanılarak belirlenmesi bu çalışmalardan biridir. DSİ tarafından ölçülen ve 1962 ile 1990 yılları arasındaki Beyşehir Gölü'ne giren akım- kayıp akım, yağış, buharlaşma, çekilen akım ve seviye ölçümleri kullanılarak yapay sinir ağı ile seviye değerleri tahmin edilmiş, elde edilen tahmin değerleri geleneksel yolla elde edilmiş olan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Beyşehir Gölü için yapılmış olan bu çalışma ile geleneksel yöntemlerle yapılan göl su seviye ölçümlerinin değerlendirilmesinde karşılaşılan zorluklar ortadan kaldırılarak en kısa sürede göl su seviyesinin bulunması amaçlanmıştır [6]. Yine, Sınır komşumuz olan Irakta, Kerkük'ün Kuzeybatısında bulunan Dibis Barajının su seviyesinin tahmin edilmesi için çalışma yapılmıştır. Yapay sinir ağının girdi verileri olarak 10 yıllık veriler kullanılmıştır. Bu veriler baraja giren akım değerleri, barajdan çıkan akım değerleri, yağış ve başlangıç su seviyesi ölçümleridir. Bu verilerin %80'ni eğitim verisi kalan %20'sini ise test verisi olarak kullanmıştır. Yapay sinir ağı modellemesinde bütün modeller ileri beslemeli geri yayılım öğrenme algoritması kullanılmıştır. Analizlerde dört farklı analiz modeli oluşturulmuştur. Bu analiz modelleri; yağışlı/yağışsız, başlangıç su seviyeli/ başlangıç su seviyesiz şeklinde oluşturulmuştur. Bu çalışmada başlangıç su seviyesinin önemli bir veri olduğu sonucuna varılmıştır [7]. Ayrıca, tahmin çalışmalarında YSA modellerinin yanında farklı teknikler de kullanılmaktadır. Bursa İznik Gölü'nde minimum göl seviyesi değişimlerinin otoregresif hareketli ortalama (ARMA) tekniğini ile kurulmuş modeller ile tahmin doğruluğunun test edilmesine çalışılmış. Girdi verileri olarak 1955-2002 yılları arasındaki Elektrik İşleri Genel Müdürlüğünden (EİE) alınmış olan Bursa İznik Gölü'nün günlük su seviye

kayıtları kullanılmıştır. Bu 47 yıllık veriler günlük ölçümler aylık verilere dönüştürülerek 46 yıllık veriler modellerin (AR, MA ve ARMA) eğitimi için son bir yıllık veri ise test ve tahminin doğrulaması için kullanılmıştır. ARMA modeli ile elde edilen analiz sonuçlarının, minimum göl seviyesi tahmininde diğer modellerden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan analiz incelendiğinde herhangi bir veri setine ihtiyaç duymadan sadece kendi minimum su seviyesi veri seti ile minimum su seviyesinin tahmin edilebileceği tespit edilmiştir [8]. Başka bir çalışmada, Van Gölünün günlük su seviyesi tahmini için iki farklı sinir ağı modeli kullanılmıştır. Bu sinir ağları; İleri beslemeli sinir ağları (FFNNs) ve radyal temel fonksiyonlu sinir ağları (RBNNs) modelleridir. Bulunan analiz sonuçları ortalama kare hata (MES) ve  $R^2$  (determinasyon) katsayısı kullanılarak tahmin sonuçları karşılaştırılmış ve FFNN algoritma modelinin RBFNN algoritma modelinden daha iyi performans gösterdiği ifade edilmiş. Yapılan bu çalışma ile elde edilen tahmin sonuçlarına göre gelecekte Van Gölü'nün su seviyesinde düşmelerin olacağı, dolayısıyla Van Gölü sahil çevresindeki hızlı gelişen ve yoğun yerleşimin olduğu bölgelerde suyun artışı tehdit oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır [9]. Yalova Gökçe Barajı için yapılan bir çalışmada, iklim değişikliğinin göl su seviyesindeki etkisi incelenmiş ve barajdaki su seviyesi değişimlerine meteorolojik verilerin etkisi araştırılmıştır. Bunun için baraj havzasındaki günlük yağış, günlük buharlaşma, göl su seviyesi kotları, baraj gölün giren debi ile barajdan çıkan debi değerleri kullanılmış, bu değerlerin aylık ve yıllık değişimleri irdelenmiştir. Sonuç olarak 2023 yılı nüfus ve kişi başına düşen su miktarı bakımından küresel ısınmanın etkisi ile baraj su seviyesindeki değişimlerin yetersiz kalacağı ifade edilmiş [10].

## 2. MATERYAL

Yalova Gökçe Barajı, Marmara bölgesi için önemli su kaynaklarının başında gelmektedir. Çevresinde bulunan yerleşim alanlarına sağladığı içme ve kullanma suyu açısından önemlidir [11]. Yalova Gökçe Barajındaki 2019 yılı su seviyesi tahmininin yapılabilmesi için Devlet Su İşleri 1. Bölge Müdürlüğü ve Yalova Meteoroloji Şube Müdürlüğü'nden temin edilen 2000-2019 yılları arasındaki günlük yağış miktarı, buharlaşma değerleri, baraj su seviyesi değerleri, baraj haznesine giren debi ile çıkan debi değerleri alınmıştır. Alınan bu veriler ile 2019 yılı Yalova Gökçe Barajı rezervuarında meydana gelen su seviyesi değişimleri YSA ile tahmin edilmeye çalışılmıştır.

## 2.1. Çalışma Alanı

Yalova ilinin içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacının önemli bir kısmını Sellimandıra deresinden karşılanmaktadır. Ancak yaz aylarında Sellimandıra deresinin suyunun azalması ve tamamen kurumması, Yalova ili için yeterli suyun teminine engel olmaya başlamış ve bu nedenlere bağlı olarak Yalova Gökçe Barajı, Sellimandıra deresi üzerine 1980-1989 yılları arasında inşa edilmiştir.



Şekil 1. Gökçe Barajı rezervuar alanı ve gövdesinin genel görüntüsü.

Tablo 1. Gökçe Barajı rezervuarının karakteristik bilgileri.

Minimum su seviyesi ( m )	43
Minimum su hacmi ( hm <sup>3</sup> )	1.480
Minimum rezervuar alanı (km <sup>2</sup> )	0.225
Normal su seviyesi ( m )	79.50
Normal su hacmi ( hm <sup>3</sup> )	21.791
Normal rezervuar alanı ( km <sup>2</sup> )	1.207
Maksimum su seviyesi ( m )	80
Maksimum su hacmi ( hm <sup>3</sup> )	22.306
Maksimum rezervuar alanı (km <sup>2</sup> )	1.237
Yağış alanı ( km <sup>2</sup> )	86.5
Dolu savak eşik üst kotu ( m )	72

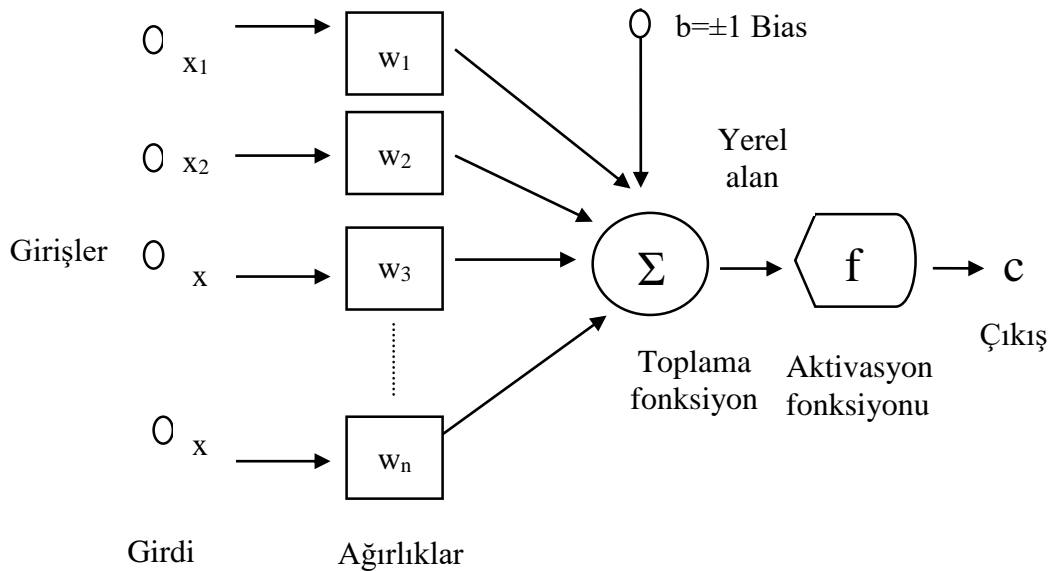
Gökçe Barajının hizmete girmesi ile yer altı suyu tarımsal kullanıma bırakılacak, aşırı çekim önlenmiş olacak ve dolayısıyla yer altı suyunun tuzlanma olasılığı da ortadan kalkacaktır. Sanayi tesisleri ve yerleşim birimleri de sürekli, güvenilir ve arıtmaya tabi tutulmuş daha kaliteli suya kavuşmuş olacaktır [12].

## 2.2. Yapay Sinir Ağları

İnsan beyninin öğrenme, birleştirme uyarılma ve genelleştirme yetenekleri sayesinde oldukça karmaşık, doğrusal olmayan ve paralel dağıtılmış bir işletim sistemi olarak ifade edilir. İnsan beynindeki nöronların haberleşmeleri kimyasal bir ortamda oluşturdukları elektriksel sinyaller aracılığı ile yapmaktadırlar. Bundan dolayı beyin çok yoğun elektriksel bir ağın yapısı gibi düşünülebilir. Gerek görüldüğünde komutlar merkezi sinir sisteminde üretilir ve ilgili motor organlarına iletir. Bu motor organlarda uyarıları doğrulayan geri beslemeli bağlantılar ile merkezi sinir sistemini yönetir ve denetler [13].

Yapay sinir ağları, insan beynini oluşturan sinir sisteminin taklit edilerek sinirsel algılayıcılar yardımıyla daha önceden öğrenilmiş veya sınıflandırılmış olan verileri kullanarak bunlardan yeni bilgiler oluşturabilen ve karar vererek sonuç oluşturabilen bilgisayar programlarıdır. Örüntü tanıma, sistem tanımlama, robotik sinyal işleme, nonlinear denetim alanları gibi birçok alanda kullanılmaktadır [14].

Şekil 2'de de belirtildiği üzere yapay sinir hücreleri beş ana kısımdan oluşur. Bunlar; girdiler, ağırlıklar, toplam fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktıdır.



Şekil 2. Yapay sinir ağı örneği [14].

Girdiler, diğer hücrelerden veya dış ortamdan hücreye giren bilgilerdir. Bunlar sinir ağının öğrenmesi istenen verilerdir. Ağırlıklar, girdi verisini ya da kendinden önceki bir tabakadaki başka

bir işlem elemanının bu işlem elemanı üzerindeki etkisini ifade eder. Toplam fonksiyonu, girdiler ve ağırlıkların hepsinin bu işlem elemanı üzerindeki etkisini hesaplayan bir fonksiyondur. Aktivasyon fonksiyonu, toplam fonksiyon ile elde edilmiş olan net girdiyi bir işlemden geçirerek hücrenin çıktısını oluşturan fonksiyondur [15].

Yapay sinir ağı sistemleri birden fazla sinir hücrelerini içerir. Bu sinir hücrelerinin bir araya gelmesi ise rastgele olmaz. Sinir ağı sistemlerinin oluşabilmesi için hücreler üç tabaka halinde ve her tabaka kendi içinde paralel olarak birleşerek sinir ağını oluşturmuş olurlar. Girdilerin oluşturduğu tabaka girdi tabakasını, çıktılarının olduğu tabaka da çıktı tabakasıdır. Oluşmuş olan bu girdi ve çıktı tabakaları arasında gizli tabakalar mevcut olup bunlar birden fazla sayıda olabilirler.[16]

Bir yapay sinir ağında çıktı oluşabilmesi için sinir ağı belirli verilerle önceden eğitilir, daha sonra ağa verilen bu verilerle genelleme ve karar verebilecek bir düzeye ulaşır ve sonrasında kazanılan bu yetenekle veri çıktıları oluşur. Bu durum denklem 1 ile ifade edilmiştir.

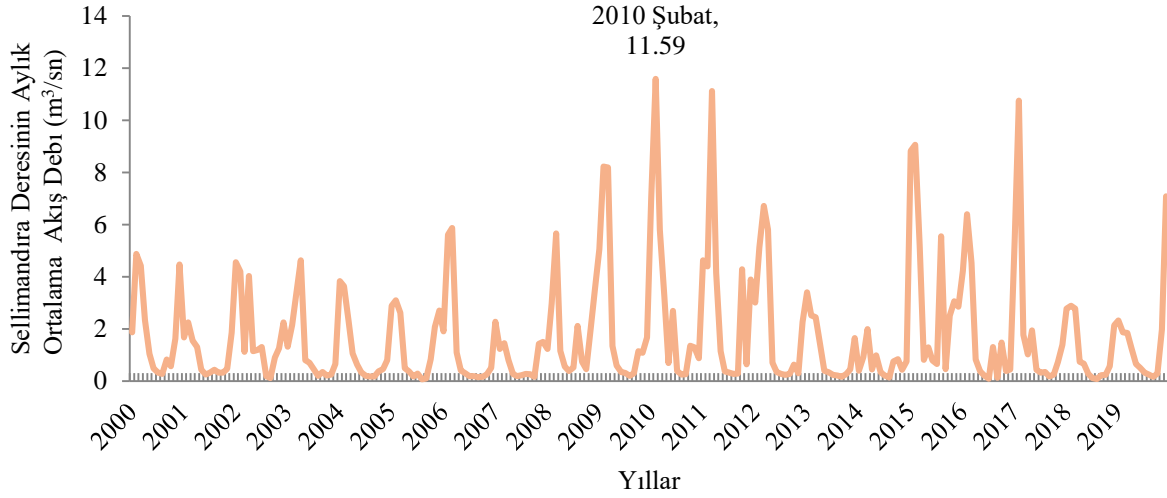
$$c = \sum_{i=1}^n w_{ij}x_i + b \quad (1)$$

Denklem 1.'de;  $c$ , çıkışı,  $x_i$   $i$ . sinir hücrelerinin girdi değeri,  $w_{ij}$  ağırlık katsayıları,  $n$  bir hücreye gelen toplam girdi sayısı,  $b$  eşik değeri ve  $\Sigma$  toplam fonksiyonudur [15].

### 3. YÖNTEM

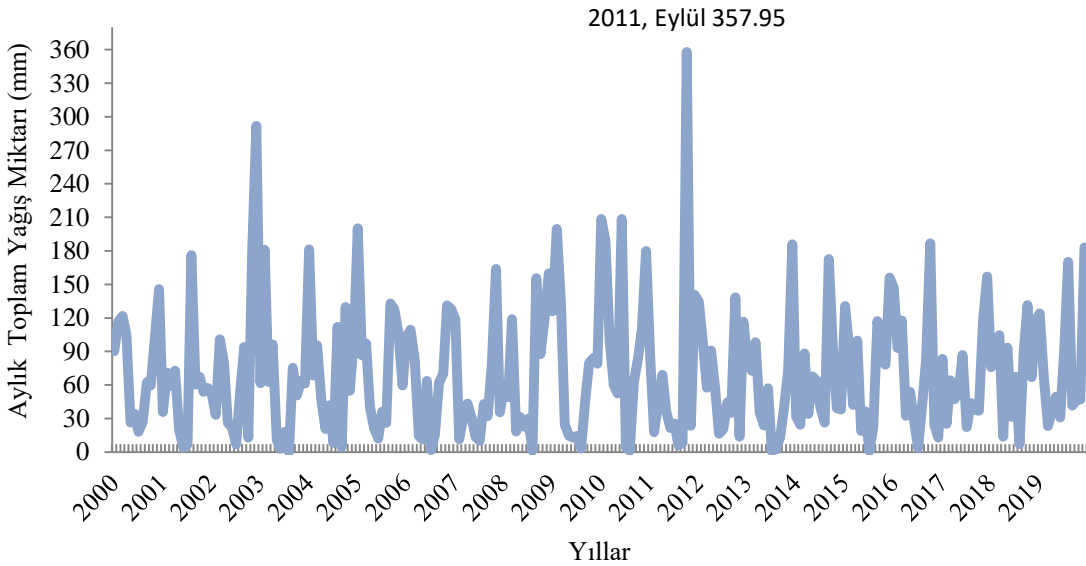
Çalışmada Gökçe Barajının su seviyesinin tahmininde yapay sinir ağının kullanımı planlanmış ve bu amaçla, DSİ 1.Bölge Müdürlüğünden Yalova Gökçe Barajına ait 2000-2019 yılları arasındaki günlük veriler temin edilmiştir. Bu verilerden türetilen aylık veriler kullanarak yapay sinir ağının analizi için girdi verileri oluşturulmuştur. Bu girdi verileri; Gökçe Barajının su kaynağını oluşturan Sellimandıra deresinin akış debisi, baraj havzasındaki Yalova İlının ile Çınarçık İlçesinin ortalama yağış ve buharlaşma değerleri, baraj su tahliyesi değerleri (içme suyu ve sulama suyu miktarı ile dolu savak tahliyesi miktarı) ve baraj sızıntı suyu miktarı kullanılmıştır. Çıktı verisi olarak ise baraj rezervuarındaki su seviyesi ölçümleri kullanılmıştır.





Şekil 3. 2000-2019 yılları arasındaki Sellimandıra deresinin aylık ortalama akış debisi.

Sekil 3'te görüleceği üzere Sellimandıra deresinde en yüksek aylık ortalama akış debi mevsimsel yağışların etkisi etkile ile 2010 Şubat ayında  $11,59 \text{ m}^3/\text{sn}$  iken en düşük akış debisi ise Ağustos ve Eylül aylarında görünmektedir.

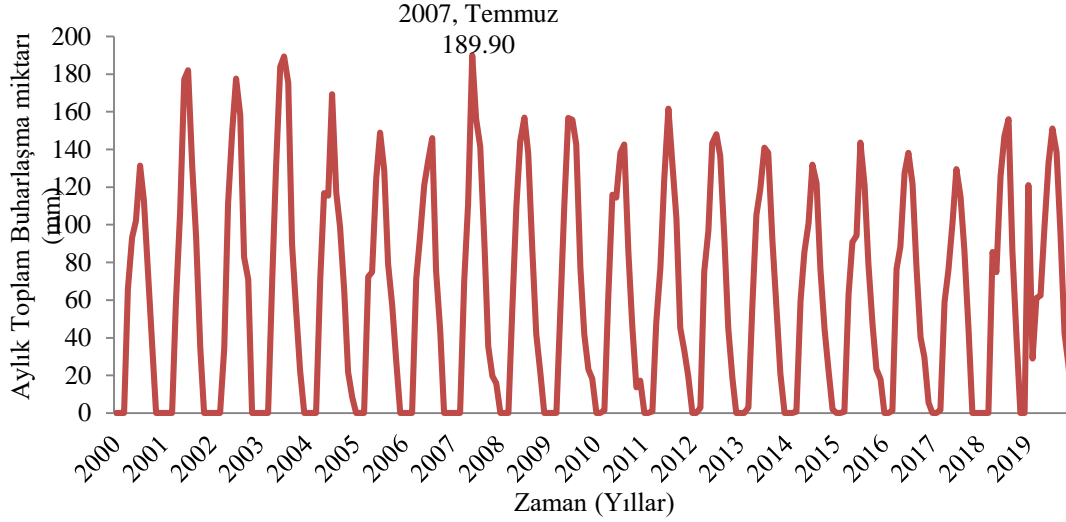


Şekil 4. 2000-2019 yılları arasındaki aylık toplam yağış miktarı.

Sekil 4'te verilen şekilde Yalova Gökçe Barajı havzasına düşen aylık toplam ortalama yağış miktarı 2011 yılında  $357,95 \text{ mm}$  Eylül ayında iken en düşük yağış değerini ise 2015 yılında  $0,90 \text{ mm}$  değeri

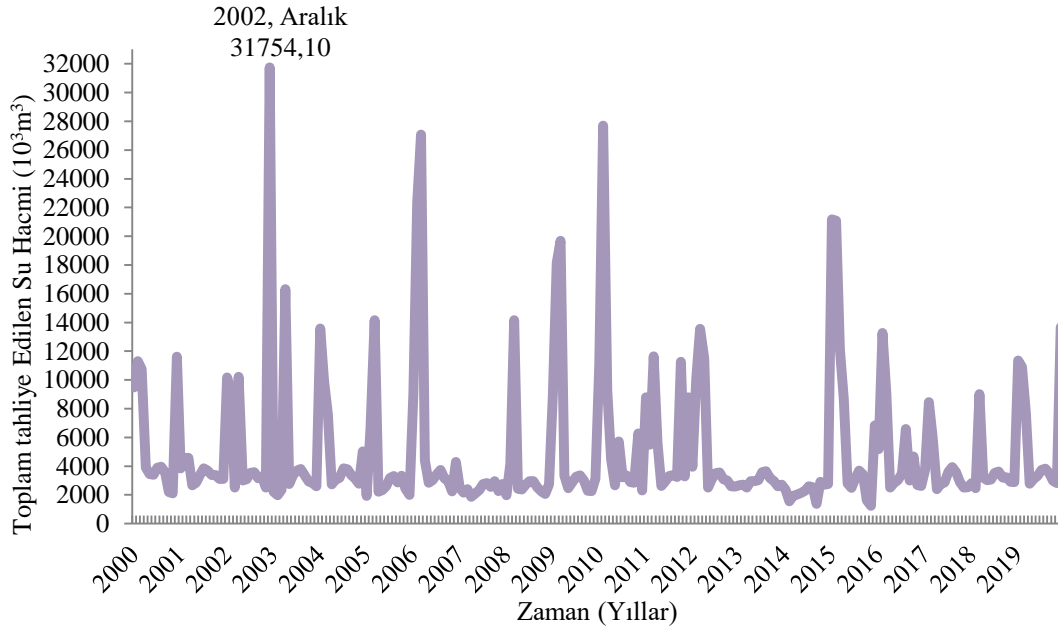


ile Ağustos ayında almıştır. Mevsimsel etiler ile sonbahar ve kış aylarında yağış miktarı artmakta, yaz aylarında ise azalmaktadır.



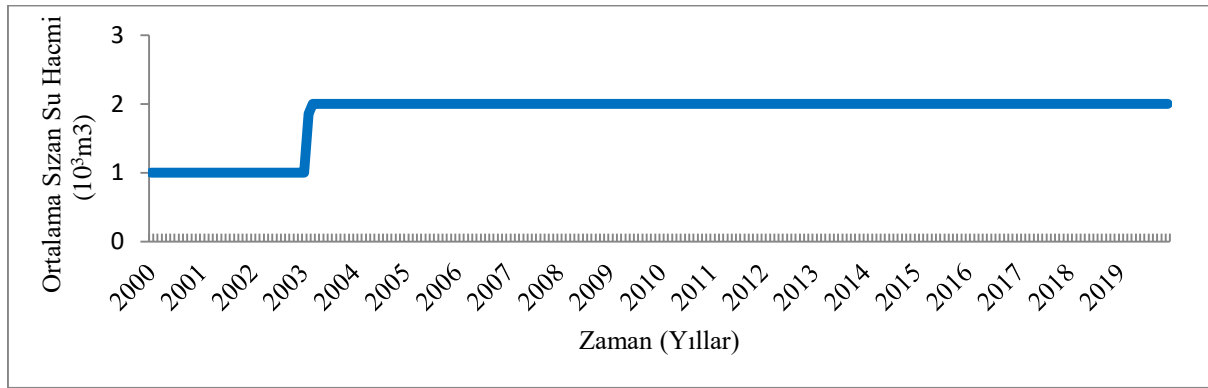
Şekil 5. 2000-2019 yılları arasındaki aylık toplam ortalama buharlaşma miktarı.

Şekil 5'te görüleceği üzere Yalova Gökçe Barajı havzasındaki toplam aylık toplam buharlaşma miktarı 189,9 mm ile 2007 yılı Temmuz ayında görülmüş iken en düşük buharlaşma değerleri ise mevsimsel şartlar dolayısıyla buharlaşma ölçümlerinin yapılamadığı Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında görülmektedir.



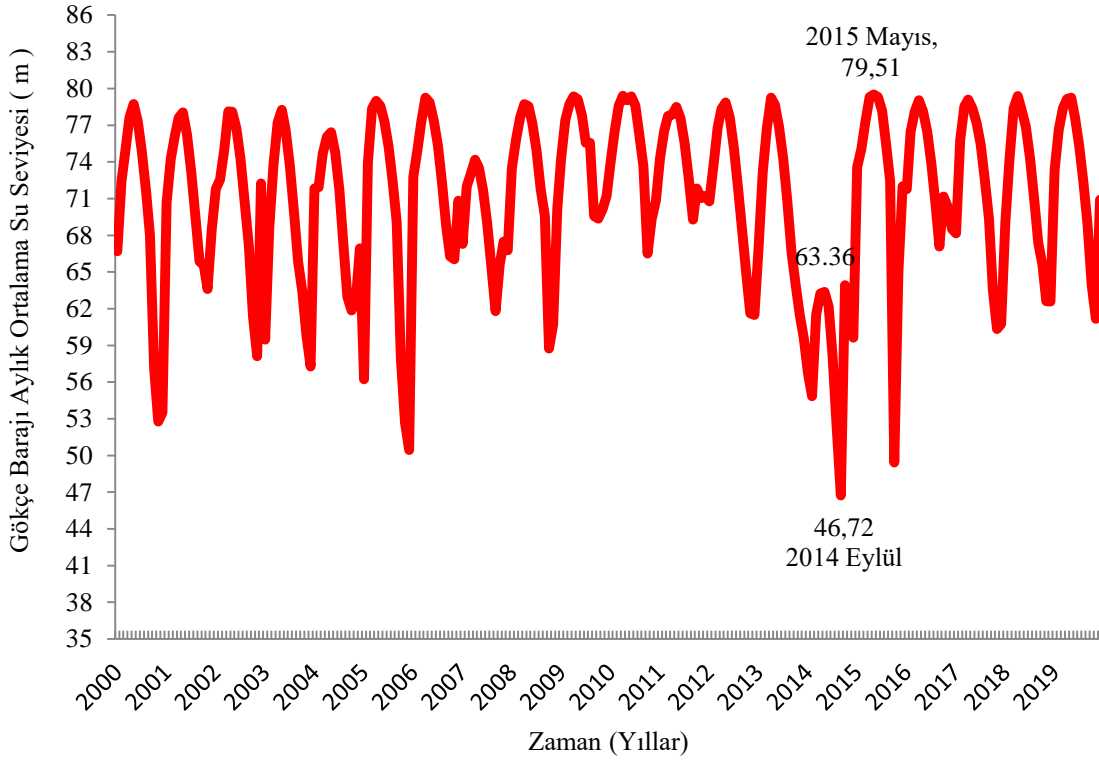
Şekil 6. 2000-2019 yılları arasındaki Gökçe Barajından tahliye (dolu savak tahliye+içme suyu+ dip savak tahliyeleri) olan aylık toplam su miktarı.

Sekil 6'da görüleceği üzere Yalova Gökçe Barajından mevsimsel yağışların oluşturduğu yüzeysel akışlar ve Sellimandıra deresinden gelen akış suları nedeni ile maksimum su seviyesine ulaşan baraj hacmi dolu savağından tahliye yapılarak, barajdaki taşkın suları kontrollü olarak tahliye edilmektedir. Gökçe Barajından toplamda aylık ortalama en yüksek tahliye değeri  $31,754 \times 10^6 \text{ m}^3$  değeri ile 2002 Aralık ayında olmuştur. Barajın içme suyu barajı olması nedeni ile sürekli olarak içme ve kullanma suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı içme suyuna en çok ihtiyaç duyulan aylar ortalama  $3,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  değeri ile Temmuz ve Ağustos aylarında olmaktadır.



Şekil 7. 2000-2019 yılları arasındaki Gökçe Barajından sızıntı su miktarı.

Sekil 7'de görüleceği üzere Yalova Gökçe Barajından 2000-2003 yılları içerisinde ölçülen aylık ortalama sızıntı suyu miktarı  $1 \times 10^3 \text{ m}^3$  iken 2004-2019 yılları içerisinde aylık ortalama sızıntı suyu miktarı  $2 \times 10^3 \text{ m}^3$ 'tür. Bu durum baraj sızıntı suyunda bir miktar artış gözlemlenmiş daha sonra ise sızıntı suyu miktarının sabit değerinde kaldığı görülmüştür.



Şekil 8. 2000-2019 yılları arasındaki Gökçe Barajının aylık ortalama rezervuar su kotu.

Sekil 8’de görüleceği üzere 2000-2019 yılları arasında Yalova Gökçe Barajında mevsimsel yağışlar ve Sellimandıra deresinde gelen akışlar nedeni ile aylık ortalama rezervuardaki su seviyesi en yüksek değerini 2015 yılı Mayıs ayı 79,51 m değeri hesaplanmış olup buharlaşma ve su tahliyeleri etkisi ile en düşük su seviyesi 2014 yılı Eylül ayı 46,72m değeri olarak hesaplanmıştır. Gökçe Barajı 2000-2019 yılları arasında 2014 yılı hariç dolu savak eşik üst kotunun 72,00 olması nedeni ile kış mevsimi şartları dolayısıyla dolu savaktan su tahliyesi yapılmıştır.

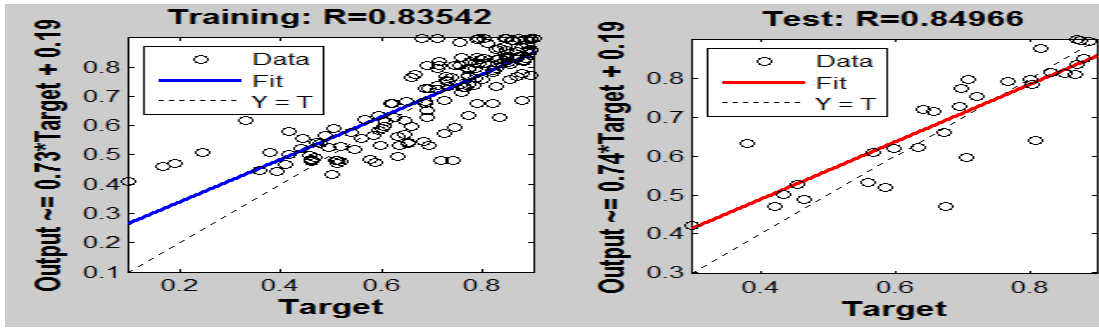
Yapay sinir ağının analizi için ileri beslemeli geri yayımlı bir yöntem olan Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır. Bunun için 2000-2019 yılı arasındaki verilerin; 2000 yılında 2018 yılına kadar olan verilerden 1368 adet (%95) verinin 1140 adet olan verisi ağın eğitim input verisi, 228 adet veri ise target verisi olarak, 2019 yılının verisi olan 72 adet (%5) verinin 60 âdeti test girdi, geriye kalan 12 adet veri ise sinir ağının test edilmesi için kullanılmıştır. Oluşturulan yapay sinir ağında performansı etkileyebilecek hususlardan olan nöron sayıları, gizli hücre sayıları, çevrim sayısı, variant katsayısı, öğrenme ve momentum katsayılarında değişiklikler yapılarak analizler yapılmıştır. Bu analizlerin performans kriterleri ise korelasyon kat sayısı, determinasyon katsayısı,

ortalama kare hata ( MSE ), ortalama mutlak yüzde hata ( MAPE ) ve ortalama mutlak hata (MAE) değerleri seçilmiştir.

#### 4. ANALİZ

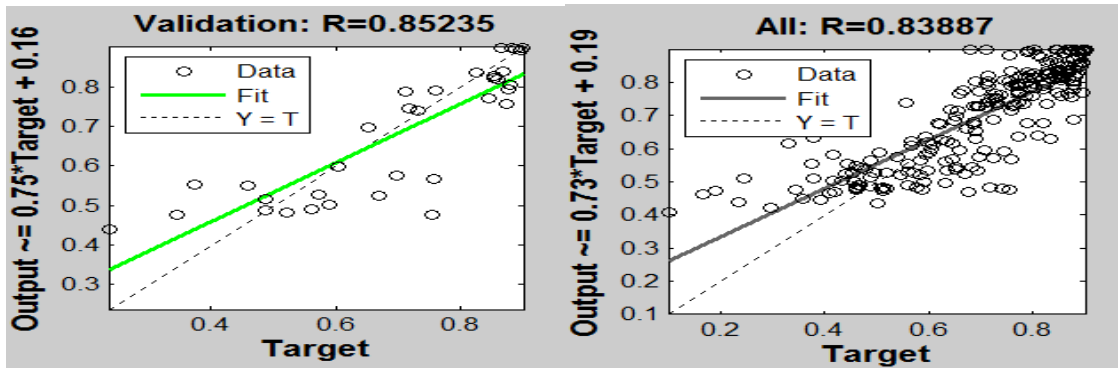
Yapılan bu çalışmada, Levenberg- Marquardt eğitim algoritması ile toplamda 112 adet analiz yapılmış olup korelasyon ( R ) değeri yüksek olan analize ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Bu analizde; Nöron sayısı:6, Gizli hücre sayısı: 9, Çevrim katsayısı: 750, Variant katsayısı: 1500, Öğreneme katsayısı: 0.80, Momentum katsayısı: 0.70 olarak seçilmiştir.



Şekil 9. Eğitim ve Test korelasyon ( R ) değerleri dağılımı.

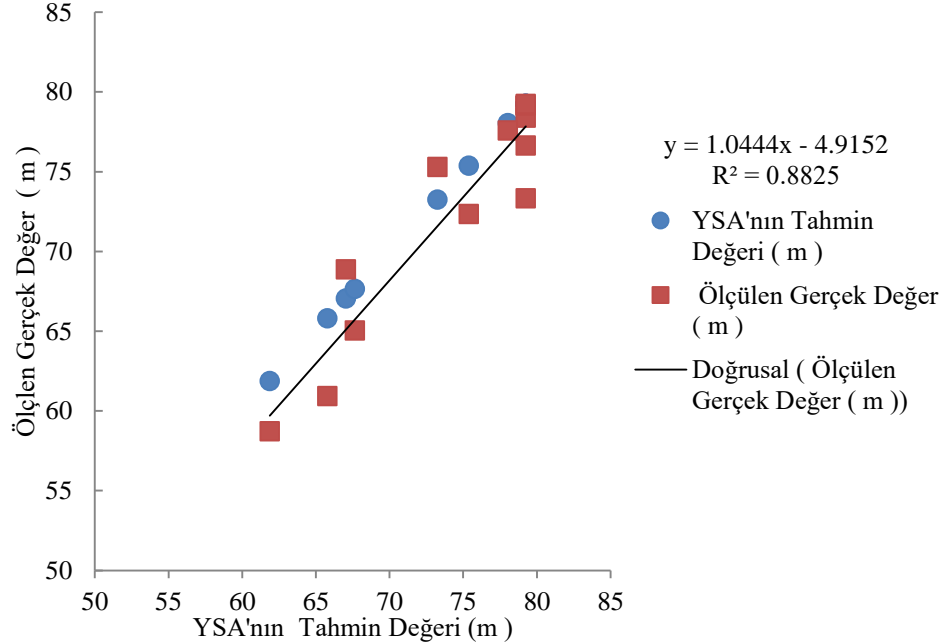
Şekil 9’da sinir ağının eğitim ve test korelasyon değerlerinin bir birine yakın olduğu görülmektedir.



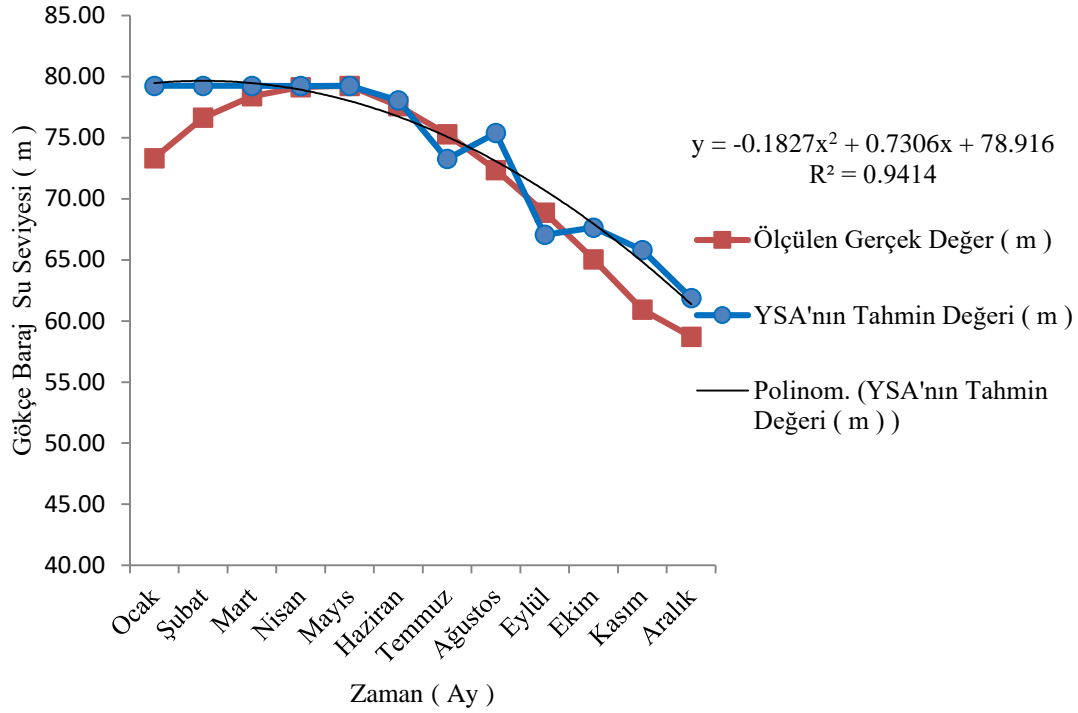
Şekil 10. Validation ve All korelasyon ( R ) değerleri dağılımı.

**Tablo 2. Analiz sonucunda rezervuarın gerçek seviyesi ile YSA'nın tahmin değerleri arasındaki değişimi.**

All R(%) Değeri	Aylar	Normalize Geçek Kot Değerleri	YSA'nın Tahmin Ettiği Normalize Değerler	Rezervuardaki Gerçek Su Seviyesi Değeri ( m )	YSA'nın Tahmin Ettiği Değerleri ( m )
83,89	Ocak	0,66938	0,89999	73,32	79,24
	Şubat	0,79820	0,89999	76,63	79,24
	Mart	0,86689	0,90000	78,39	79,24
	Nisan	0,89604	0,89920	79,14	79,22
	Mayıs	0,90000	0,89999	79,24	79,24
	Haziran	0,83561	0,85321	77,59	78,04
	Temmuz	0,74598	0,66655	75,29	73,25
	Ağustos	0,63153	0,74961	72,35	75,38
	Eylül	0,49612	0,42490	68,88	67,05
	Ekim	0,34698	0,44798	65,05	67,64
	Kasım	0,18650	0,37596	60,93	65,79
	Aralık	0,10000	0,22328	58,71	61,87

**Şekil 11. Tahmin değerleri ile Gerçek Değerlerin Saçılım Grafiği.(a)**

Şekil 11'deki saçılım grafiğinde YSA'nın tahmin değerleri lineer bir saçılım yaptığı, fakat yerinde ölçülen gerçek değerlerin ise dağınık bir saçılımda olduğu görülmektedir.



Şekil 12. Tahmin değerleri ile Gerçek Değerlerin Aylara Göre Dağılım Grafiği.(b)

Şekil 12'de YSA'nın tahmin ettiği Mart, Nisan, Mayıs ile Eylül aylarındaki değerleri yerinde ölçülen değerlere grafikte çakışık olduğu, diğer ayların tahmin değerlerinin ise yerinde ölçülen grafikteki değerlerine yakın olduğu görülmektedir ve modelin kış aylarında hata aralığının arttığı ifade edilebilir.

Tablo 3. Levenberg-Marquardt eğitim fonksiyonu ile yapılan sonuç çizelgesi

MSE	MAE	MAPE (%)	All R	R <sup>2</sup> (b)	R <sup>2</sup> (a)
0,01263	0,089	29,62	83,88	94,14	88,25

Tablo 3'te en iyi performansa ait analiz sonuçları verilmiştir.

## 5. SONUÇ

Yapılan bu çalışma Yalova İli Gökçe Barajının rezervuarında bulunan su seviyesindeki değişimlerin yapay sinir ağı ile tahmin edilmesidir. Bu çalışma ile Gökçe Barajının su seviyesi ölçümleri, yapılan yapay sinir ağı tahmin verileri ile karşılaştırılmış olup bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak aşağıda belirtilen hususlar tespit edilmiştir.

Levenberg-Marquardt algoritması ile yapılan analizler sonucunda en iyi tahmin sonucunun korelasyon katsayısı (R) %83,88 ve determinasyon katsayısı  $R^2$  (a) %94,14'tür. Bulanan bu determinasyon oranı ise tahminlerde kabul edilebilir bir değerdir.

YSA'nın tahmin ettiği Mart, Nisan, Mayıs ile Eylül aylarındaki değerlerinin yerinde ölçülen değerlere yakın değerlere sahiptir. Temmuz ve Eylül ayı tahmin değerlerinin ise yerinde ölçülen değerlerden daha küçük olduğu, ayrıca diğer tahmin değerlerinin genel olarak ölçülen değerlerden yüksek olduğu görünmektedir.

Yapay sinir ağının tahmin ettiği 2019 yılı ortalama baraj su seviyesi 73,77m iken, barajdaki gerçek ortalama su seviyesi ise 72,13m olarak ölçülmüştür.

Bu çalışmada Levenberg-Marquardt (LM) algoritması kullanılmış olup Gradient Descent with Momentum (GDM), BFGS Quasi-Newton (BFG), Scaled Conjugate Gradient (SCG), One Step Secant (OSS) gibi farklı algoritmaları kullanılarak da değişik tahmin sonuçları araştırılabilir.

Ayrıca bu çalışmanın veri araştırması yapılırken 1997- 2019 yılları arasındaki günlük yağış miktarı, buharlaşma değerleri, baraj su seviyesi değerleri, baraj haznesine giren debi değerleri bulunmuş fakat 1997-2000 yılı arasındaki toplam su tahliyesi ile ilgili değerler elde edilememiştir. Bu durumda yapay sinir ağları kullanarak bu çalışmada eksik olan 1997 -2000 yılları arasındaki toplam tahliye suyu hacmi araştırılabilir.

Yapılan analizler ile su seviyeleri tahmin değerleri ile Gökçe Barajının rezervuarındaki su seviyesinde ilerde su miktarında sıkıntı yaşanıp yaşanmayacağı veya dolu savaktan su tahliyesinin olup olmayacağının bir göstergesi olabilir. Bu tahmin değerleri ile Gökçe Barajının su seviyesinin bir önceki gerçekleşen değerlerine göre artışlar olacağı tespit edilmiştir. Bu durum da bir yıllık tahmin verisi ile su sıkıntısının yaşanıp yaşanmayacağı söylenebilir, ancak bu durum yalnızca bir ön bilgi olabilecektir.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında Gökçe Barajının su seviyesinin tahmininde yapay sinir ağı algoritmalarının kullanılması baraj işletmesi çalışmalarında fayda sağlayacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Erkek, C., Ağırlioğlu, N., Su Kaynakları Mühendisliği, 7. Baskı, Beta Basım A.Ş., İkitelli Çevre Sanayi Sitesi 8. Blok No.38-40-42-44, Başakşehir, İstanbul, 2013.
- [2] Bayazıt, M., Hidroloji, Birsen Yayınevi, Davutpaşa Cad. Davutpaşa Emintaş Sitesi 103/430, Topkapı, İstanbul, 2013.
- [3] Albayrak, G. A., İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Yönetimine Etkisi, Ankara Örneği, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, 2017.
- [4] Altunkaynak, A., Forecasting Surface Water Level Fluctuations Of Lake Van By Artificial Neural Network. Water Resour Manage (21), 399-408., 2007.
- [5] Çalım, M.M., Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Baraj Hazne Kotu Tahmini., Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 2008.
- [6] Yazar, A., Onüçyıldız, M., Yapay Sinir Ağları ile Beyşehir Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin Belirlenmesi., Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24(2), 21-30, 2009.
- [7] Abu Salam, Z., K., A., Yapay Sinir Ağları İle Dibis Barajının Seviye Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Isparta, S., 1-45, 2018.
- [8] Özen, A., Ediş, S., Göl, C., İznik Gölü Minimum Su Seviyelerinin Zaman Serisi Yöntemleri İle Modellenmesi, Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 8(24), 125-132, 2014.
- [9] Doğan, E., Kocamaz, U., Utkucu, M., Yıldırım, E., Modelling Daily water level fluctuations of Lake Van (Eastern Turkey) using Artificial Neural Networks. Fundam. Appl. Limnol., 187(3), 177-189, 2016.





- [10] Sönmez,O., Demir, F., Doğan, D., Impact of Climate Change on Yalova Gokce Dam Water Level, Published in 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, ISITES2017 Baku – Azerbaijan, 29-30 September, 2017.
- [11] Doğan, E., Gümrükcüoğlu, M., Sandalci, M., & Opan, M. Modelling of evaporation from the reservoir of Yuvacik dam using adaptive neuro-fuzzy inference systems. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 23(6), 961-967., 2010.
- [12] Planlama Raporu, DSİ 1. Bölge Müdürlüğü, Duaçınarı, Ankara Yolu Cad., No:221 16260, Yıldırım, Bursa, 1978.
- [13] Soycan, Y.T. Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Kompaksiyon Parametrelerinin Tahmini, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, S 23., 2008.
- [14] Keskenler, M. F.<sup>1</sup> ve Keskenler, E. F.<sup>2</sup>, Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi, Rize, Takvim-i Vekayi, ISSN.2148-0087, Cilt 5, No:2., S 8-18., 2017.
- [15] Terzi, Ö., Köse, M., Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Göksu Nehrinin Akım Tahmini, SDV International Technologic Science, No. 3, S.3, December, 2012.
- [16] Kartalopoulos, S.V., Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concepts and Applications, IEEE Press, New York, S.205., 1996.



## SOME PROPERTIES OF NEUTROSOPHIC INTEGERS

Yılmaz ÇEVEN\*, Şerife Sultan TEKİN

*Department of Mathematics, Süleyman Demirel University, 32260 Isparta, Turkey*

**Abstract:** We defined some new concepts and investigated some basic properties about neutrosophic rationals in this study. We give some divisibility properties, neutrosophic prime numbers, factorization in neutrosophic integers. As a result of investigation, we see that Division Algorithm is valid for neutrosophic integers. We define the norm of a neutrosophic integer and give some properties and relations.

**Keywords:** Neutrosophic ring; neutrosophic rational number; neutrosophic integer

## NÖTROSOFİK TAM SAYILARIN BAZI ÖZELLİKLERİ

**Özet:** Bu çalışmada nütrosöfik rasyonel sayılar hakkında bazı yeni kavramlar tanımlandı ve temel özellikler incelendi. Bu doğrultuda bazı bölünebilirlik özellikleri, nütrosöfik asal sayı kavramı, nütrosöfik tamsayıların asal çarpanlarına ayrılışı incelendi. Nütrosöfik tamsayılar için bölme algoritmasının geçerli olduğu görüldü. Ayrıca bir nütrosöfik tam sayının normu tanımlandı ve norm ile ilgili bazı özellikler ve bağıntılar ispatlandı.

**Anahtar Kelimeler:** Nütrosöfik halka, nütrosöfik rasyonel sayı, nütrosöfik tam sayı

## 1. Introduction

Florentin Smarandache introduced the neutrosophy concept in 1980. This concept is the base of many subjects as neutrosophic set, logic, probability and statistics. Neutrosophic set is a generalization of the fuzzy set.

Thanks to the neutrosophic theory, the concept of neutrosophic algebraic structures has emerged. Firstly, the concept of neutrosophic algebraic structures is introduced by V. Kandasamy and F. Smarandache in [5] and they gave some definitions about neutrosophic groups and its varieties. In [6], V. Kandasamy and F. Smarandache introduced the concept of neutrosophic rings. They worked on some of the earlier studies for rings in neutrosophic rings. Also, some researchers studied neutrosophic rings, neutrosophic triplet groups, neutrosophic triplet rings in [1,2,3,7]. In [4], Conrad gave the properties of Gaussian integers as norm, divisibility, the division theorem, Euclidean Algorithm, Bezout's theorem, unique factorization, modular arithmetic, primes.

## 2. Preliminaries

In this part of the manuscript, we give some elementary definitions and results for emphasis. The reader can see [6] for further details about neutrosophic rings.

Just as complex field includes an imaginary element  $i$  with  $i^2 = -1$ , the neutrosophic rings include the indeterminate element  $I$  satisfies the property  $I^2 = I$ .

**Definition 2.1**[6] Let  $(R, +, \cdot)$  be a ring and  $I$  be an indeterminate element which satisfies  $I^2 = I$ . The set

$$\langle R \cup I \rangle = \{a + bI : a, b \in R\}$$

is called a neutrosophic ring generated by  $I$  and  $R$  under the binary operations of  $R$ .

We denote  $R \cup I$  as  $R[I]$  for brevity.

**Example 2.2**  $\mathbb{Z}[I]$  is the neutrosophic ring of integers,  $\mathbb{Q}[I]$  is the neutrosophic ring of rationals,  $\mathbb{R}[I]$  is the neutrosophic ring of real numbers and  $\mathbb{C}[I]$  is the neutrosophic ring of complex numbers.

**Definition 2.3** The neutrosophic ring  $R[I]$  is called commutative if for all  $x, y \in R[I]$ ,  $xy = yx$ .

In addition,  $R[I]$  is called a commutative neutrosophic ring with unity if there exists  $1 \in R[I]$  such that  $1 \cdot x = x \cdot 1$  for all  $x \in R[I]$ .

In the following we will consider only the rings  $\mathbb{Z}[I]$  and  $\mathbb{Q}[I]$ .

### 3. Results

As known,  $\mathbb{Z}[I] = \{a + bI : a, b \in \mathbb{Z}\}$  and  $\mathbb{Q}[I] = \{a + bI : a, b \in \mathbb{Q}\}$ .  $\mathbb{Z}[I]$  and  $\mathbb{Q}[I]$  are commutative rings with unity  $1 + 0I = 1$ . It is also obvious that  $\mathbb{Z} \subset \mathbb{Z}[I]$  and  $\mathbb{Q} \subset \mathbb{Q}[I]$ .

**Proposition 3.1** Let  $a + bI \in \mathbb{Z}[I]$ . Then  $(a + bI) \cdot (x + yI) \in \mathbb{Z}$  for  $x + yI \in \mathbb{Z}[I]$  if and only if  $x = (a + b)k$  and  $y = -bk$  ( $k \in \mathbb{Z}$ ).

**Proof.** Let  $(a + bI) \cdot (x + yI) \in \mathbb{Z}$  for  $x + yI \in \mathbb{Z}[I]$ . Then  $bx + (a + b)y = 0$ . Hence we see that  $x = (a + b)k$  and  $y = -bk$  ( $k \in \mathbb{Z}$ ). Converse is trivial.

**Proposition 3.2** The set of invertible elements of  $\mathbb{Z}[I]$  is  $\{\mp 1, \mp(1 - 2I)\}$ .

**Proof.** Let  $a + bI \in \mathbb{Z}[I]$ . Suppose that  $a + bI$  is invertible and its inverse in  $\mathbb{Z}[I]$  is  $x + yI$ . Then we have  $(a + bI) \cdot (x + yI) = 1$ . So  $ax = 1$  and  $bx + (a + b)y = 0$ . Then we have the following case:

case 1: we have  $a = x = 1$  and  $b + (1 + b)y = 0$ . So  $y = -\frac{b}{1 + b} \in \mathbb{Z}$ . We obtain that  $b = 0, y = 0$  or  $b = -2, y = -2$ . Therefore  $1 + 0I = 1$  and  $1 - 2I$  are invertible elements.

case 2:  $a = x = -1$  and  $-b + (b - 1)y = 0$ . So  $y = \frac{b}{b - 1} \in \mathbb{Z}$ . We obtain that  $b = 0, y = 0$  or  $b = 2, y = 2$ . Therefore  $-1 + 0I = -1$  and  $-1 + 2I$  are invertible elements. Also the inverses of all elements is themselves.

**Proposition 3.3** The set of invertible elements of  $\mathbb{Q}[I]$  is  $U = \{a + bI : a, b \in \mathbb{Q}, a \neq 0, a + b \neq 0\}$

and  $(a + bI)^{-1} = \frac{1}{a} - \frac{b}{a(a + b)}I$  for  $a + bI \in U$ .

**Proof.** Let  $a + bI \in \mathbb{Q}[I]$ . If  $(a + bI).(x + yI) = 1$  then  $ax = 1$  and  $bx + (a + b)y = 0$ . Hence we have  $x = \frac{1}{a}$  and  $y = -\frac{b}{a(a + b)}$ . Hence the claim appears to be true.

Note that since  $(3 - 3I)(0 + 4I) = 0$ , the neutrosophic ring  $\mathbb{Z}[I]$  has zero divisor. So  $\mathbb{Z}[I]$  is not an integral domain.

We see that some natural properties in  $\mathbb{Z}$  is not carried out faithfully by the neutrosophic ring  $\mathbb{Z}[I]$ . We will see this facts in the following results.

**Definition 3.4** Let  $x = a + bI \in \mathbb{Q}[I]$ . The neutrosophic rational number  $a + b - bI$  is called the conjugate of  $x$  and denoted by  $\bar{x}$ . The norm of the number  $x = a + bI$  is defined by  $N(x) = x.\bar{x} = a(a + b)$ .

**Proposition 3.5** Let  $x = a + bI$  and  $y = c + dI \in \mathbb{Q}[I]$ .

- (i)  $N(x) \in \mathbb{Q}$ ,
- (ii) If  $x \in \mathbb{Z}[I]$ , then  $N(x) \in \mathbb{Z}$ ,
- (iii)  $N(x) = 0 \Leftrightarrow a = 0$  or  $a = -b$ ,
- (iv)  $a \in \mathbb{Q} \Rightarrow N(a) = a^2$ ,
- (v)  $N(bI) = 0$ ,
- (vi)  $N(xy) = N(x)N(y)$ ,
- (vii) If  $x \neq 0$  and  $N(x) \neq 0$ , then  $\frac{1}{x} \in \mathbb{Q}[I]$ ,
- (viii) If  $y \neq 0$  and  $N(y) \neq 0$ ,  $N\left(\frac{x}{y}\right) = \frac{N(x)}{N(y)}$ .

**Proof.** (i)-(v) is clear.

$$\begin{aligned} \text{(vi)} \quad N(xy) &= N(ac + (ad + bc + bd)I) \\ &= ac(ac + ad + bc + bd) \\ &= a^2c^2 + a^2cd + abc^2 + abcd \\ &= (a^2 + ab)(c^2 + cd) \\ &= N(x).N(y) \end{aligned}$$

$$\text{(vii)} \quad \text{Let } x = a + bI \in \mathbb{Q}[I]. \text{ Then we obtain } \frac{1}{x} = \frac{\bar{x}}{x.\bar{x}} = \frac{a+b}{N(x)} - \frac{b}{N(x)}I \in \mathbb{Q}[I].$$

(viii) Let  $x = a + bI \in \mathbb{Q}[I]$ . Since

$$\begin{aligned} N\left(\frac{1}{x}\right) &= N\left(\frac{a+b}{N(x)} - \frac{bI}{N(x)}\right) \\ &= \frac{a+b}{N(x)} \left(\frac{a+b}{N(x)} - \frac{b}{N(x)}\right) \\ &= \frac{1}{N(x)} \end{aligned}$$

$$\text{we have } N\left(\frac{x}{y}\right) = N\left(x \cdot \frac{1}{y}\right) = N(x).N\left(\frac{1}{y}\right) = \frac{N(x)}{N(y)}.$$

**Proposition 3.6** Let  $u \in \mathbb{Z}[I]$ . Then  $u$  is a unit element iff  $N(u) = \mp 1$ .

**Proof.** Let  $u$  is a unit element. Then there exists an element  $v \in \mathbb{Z}[I]$  such that  $uv = 1$ . Hence we have  $N(u.v) = N(1) = 1$ . By Proposition 3.5 (vi),  $N(u).N(v) = 1$ . So we obtain  $N(u) = \mp 1$ . Conversely, let  $u = a + bI$  and  $N(u) = a(a+b) = \mp 1$ . Then it is seen that  $u$  must be one of the numbers  $-1, 1, -1 + 2I, 1 - 2I$ . By Proposition 3.2,  $u$  is a unit element.

**Definition 3.7** If  $x, y$  are neutrosophic integers, then we write  $x|y$ , or  $x$  divides  $y$ , if there is a neutrosophic integer  $z$  such that  $y = xz$ . Then  $x$  and  $z$  are called divisors of  $y$ .

**Example 3.8 (i)** Since  $3 = (3 - 2I)(1 + 2I)$ , we have  $1 + 2I|3$  and  $3 - 2I|3$ .

(ii) Does  $2+7I$  divides  $3+5I$ ? Since  $\frac{3+5I}{2+7I} = \frac{(3+5I)(9-7I)}{(2+7I)(9-7I)} = \frac{27}{18} - \frac{11}{18}I \notin \mathbb{Z}[I]$ ,  $2+7I$  does not divide  $3+5I$  in  $\mathbb{Z}[I]$ .

**Theorem 3.9**  $a+bI$  in  $\mathbb{Z}[I]$  is divisible by an integer  $m$  in  $\mathbb{Z}[I]$  iff  $m|a$  and  $m|b$  in  $\mathbb{Z}$ .

**Proof.** If  $m|(a+bI)$  in  $\mathbb{Z}[I]$ , then we have  $a+bI = m(x+yI)$  for some  $x, y \in \mathbb{Z}$ . So, this is equivalent to  $a = mx$  and  $b = my$  or  $m|a$  and  $m|b$  in  $\mathbb{Z}$ .

In Theorem 3.9, if we take  $b=0$ , we see that divisibility between integers does not change in  $\mathbb{Z}[I]$ , that is, for  $a, c \in \mathbb{Z}$ ,  $c|a$  in  $\mathbb{Z}[I]$  if and only if  $c|a$  in  $\mathbb{Z}$ . But this does not mean other properties in  $\mathbb{Z}$  stay the same. For example, we will see later that all primes in  $\mathbb{Z}$  factor in  $\mathbb{Z}[I]$ .

**Theorem 3.10** For  $u, v \in \mathbb{Z}[I]$ , if  $u|v$  in  $\mathbb{Z}[I]$ , then  $N(u)|N(v)$  in  $\mathbb{Z}$ .

**Proof.** Write  $v = uw$  for  $w \in \mathbb{Z}[I]$ . If we take the norm of both sides, we have  $N(v) = N(u)N(w)$ . So we obtain  $N(u)|N(v)$  in  $\mathbb{Z}$ .

The converse of Theorem 3.10 is usually false. Consider  $2+I$  and  $3+5I$ .  $N(2+I) = 6$  and  $N(3+5I) = 24$ . Hence  $N(2+I)|N(3+5I)$ . But  $2+I$  does not divides  $3+5I$ .

**Theorem 3.11** For all  $u \in \mathbb{Z}[I]$ ,  $u$  has at least two multiplier.

**Proof.** For  $1 \in \mathbb{Z}[I]$ , we have  $1 = (1-2I)(1-2I) = (-1+2I)(-1+2I) = (-1)(-1) = 1.1$ . Then for all  $u = a+bI \in \mathbb{Z}[I]$ , we can write

$$u = u.1 = (-u)(-1) = u(1-2I)(1-2I) = u(-1+2I)(-1+2I) = (-u)(-1+2I)(1-2I).$$

Let  $u \in \mathbb{Z}[I]$ . There are always eight trivial factors of  $u$ :  $\mp 1, \mp u, \mp(1-2I), \mp(1-2I)u$ . We call these the trivial factors of  $u$ . Note that the norms of these factors are  $\mp 1$  and  $\mp N(u)$ . Any other factor of  $u$  is called non-trivial. The non-trivial factors of  $u$  are the factors with norm strictly different from  $\mp 1$  and  $\mp N(u)$ .

**Definition 3.12** Let  $u$  be a neutrosophic integer.  $u$  is called a composite neutrosophic integer if it has at least two non-trivial factors. If at least one of the factors of  $u$  is a trivial factor, we call  $u$  a prime neutrosophic integer.

**Example 3.13** A non-trivial factorization of 3 is  $(1+2I)(3-2I)$ . Generally, for a prime  $p$  in  $\mathbb{Z}$ , in  $\mathbb{Z}[I]$ , a non-trivial factorization of  $p$  is  $(p+(1-p)I)(1+(p-1)I)$ . So although  $p$  is prime in  $\mathbb{Z}$ , it is not prime in  $\mathbb{Z}[I]$ . Since  $3+5I=(1-9I)(3-4I)$ ,  $3+5I$  is not prime in  $\mathbb{Z}[I]$ . However,  $5-4I$  is a prime in  $\mathbb{Z}[I]$ .

To show  $5-4I$  is prime in  $\mathbb{Z}[I]$ , assume that it is a composite number and let its non-trivial factorization be  $5-4I=u.v$ . Then we have  $N(5-4I)=N(u.v)$ . So we get  $5=N(u).N(v)$ . Therefore  $N(u)=\mp 5$  or  $\mp 1$ . We get a contradiction since the factorization is non-trivial. Hence,  $5-4I$  has only trivial factorizations in  $\mathbb{Z}[I]$ , so  $5-4I$  is prime in  $\mathbb{Z}[I]$ .

So we can write the following Theorem:

**Theorem 3.14.** Let  $p$  be a prime number in  $\mathbb{Z}$ . If the norm of a neutrosophic integer  $x$  is  $\mp p$  in  $\mathbb{Z}[I]$ , then  $x$  is prime in  $\mathbb{Z}[I]$ .

**Proof.** Let  $u \in \mathbb{Z}[I]$  and  $N(u)=p$ . Assume  $u$  is a composite number and let its non-trivial factorization be  $u=xy$  for  $x, y \in \mathbb{Z}[I]$ . Taking the norm of both sides, we have  $p=N(x).N(y)$ . Hence  $N(x)=\mp 1$  or  $\mp p$ . Therefore we see that  $u$  has the trivial factorization. we get a contradiction. So a neutrosophic integer such that its norm is  $\mp p$  is a prime in  $\mathbb{Z}[I]$ .

**Corollary 3.15** The prime numbers in  $\mathbb{Z}[I]$  have one of the following form:

$$\mp(p+(1-p)I), \mp(p-(1+p)I), \mp(1+(p-1)I), \mp(1-(p+1)I)$$

where  $p$  is a prime number in  $\mathbb{Z}$ .

**Proof.** If  $N(a+bI)=a(a+b)=\mp p$ , then we obtain eight different case:  $a=\mp p$  and  $a+b=\mp 1$ ,  $a=\mp 1$  and  $a+b=\mp p$ . The desired result is obtained from these cases.

**Theorem 3.16** The neutrosophic integers such that norm is an even number is a multiple of  $2-I$  or  $1+I$ .



**Proof.** Let  $a + bI \in \mathbb{Z}[I]$  and  $N(a + bI) = a(a + b)$  be an even number. Then, if  $a = 2k$  for any  $k$  in  $\mathbb{Z}$ , since  $2k + bI = (k + (k + b)I)(2 - I)$  and  $N(2 - I) = 2$ ,  $a + bI$  is a multiple of  $2 - I$ . Also if  $a = 2k + 1$  and  $b = 2t + 1$  for any  $k, t$  in  $\mathbb{Z}$ , since  $2k + 1 + (2t + 1)I = (2k + 1 + (t - k)I)(1 + I)$ , and  $N(1 + I) = 2$ ,  $a + bI$  is a multiple of  $1 + I$ .

**Theorem 3.17** (Division Algorithm) Suppose  $u, v \in \mathbb{Z}[I]$  and  $v \neq 0$ . Then there exist  $q, r \in \mathbb{Z}[I]$  such that

$$u = q.v + r, \quad |N(r)| < |N(v)|.$$

**Proof.** We know that  $\frac{u}{v} \in \mathbb{Q}[I]$ . Let  $\frac{u}{v} = x + yI$  where  $x, y \in \mathbb{Q}$ . Let  $m, n \in \mathbb{Z}$  be the nearest integers to  $x, y$  respectively. Then it can be written  $|x - m| \leq \frac{1}{2}$  and  $|y - n| \leq \frac{1}{2}$ . Take  $q = m + nI$ .

Then we get

$$\begin{aligned} N\left(\frac{u}{v} - q\right) &= N((x - m) + (y - n)I) \\ &= (x - m)((x - m) + (y - n)) \\ &= (x - m)^2 + (x - m)(y - n) \\ &\leq \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \\ &< 1. \end{aligned}$$

Hence since

$$\begin{aligned} \left|N\left(\frac{u}{v} - q\right)\right| &= \left|N\left(\frac{u - qv}{v}\right)\right| \\ &= \left|\frac{N(u - qv)}{N(v)}\right| \end{aligned}$$

$$= \frac{|N(u - qv)|}{|N(v)|}$$

$$< 1,$$

we have  $|N(u - qv)| < |N(v)|$ . Setting  $u - qv = r$ , the result follows.

**Example 3.18** Let  $u = 5 + 6I, v = 3 + 2I$ . Then

$$\frac{u}{v} = \frac{5 + 6I}{3 + 2I} = \frac{(5 + 6I)(5 - 2I)}{(3 + 2I)(5 - 2I)} = \frac{25 + 8I}{15} = \frac{25}{15} + \frac{8}{15}I = x + yI.$$

Then we take  $m = 2, n = 1$ . Hence  $q = 2 + I$  and  $r = u - qv = -1 - 3I$ . Then it is true that  $u = qv + r$  and  $|N(r)| = 4 < |N(v)| = 15$ .

Note that there is one important difference between the Division Algorithms in  $\mathbb{Z}[I]$  and  $\mathbb{Z}$ : the quotient and remainder are not unique in  $\mathbb{Z}[I]$ .

**Example 3.19** We see that

$$8 + 6I = (3 + 2I)(2 + I) + 2 - 3I \text{ and } |N(2 - 3I)| = 2 < |N(2 + I)| = 6.$$

It is also true that

$$8 + 6I = (3 + 2I)(4 - I) - 4 + 3I \text{ and } |N(-4 + 3I)| = 4 < |N(4 - I)| = 12.$$

#### 4. Conclusions

In this paper, we give some properties of neutrosophic rationals and integers. We obtain some divisibility properties, neutrosophic prime numbers, factorization of neutrosophic integers. We see that Division Algorithm is valid for neutrosophic integers. Also we see that the set of neutrosophic integers cannot be an integral domain even if the set of integers is an integral domain. In the next future, we plan some additional properties of neutrosophic integers as the Euclidean algorithm, unique factorization, modular arithmetic in  $\mathbb{Z}[I]$ .



## REFERENCES

- [1] Agboola A.A.A., Akinola A.D. and Oyebola O.Y., Neutrosophic Rings I, International J.Math. Combin. Vol.4(2011), 1-14.
- [2] Agboola A.A.A., Adeleke E.O. and Akinleye S.A., Neutrosophic Rings II, International J.Math. Combin. Vol.2(2012), 1-8.
- [3] Ali, M, Smarandache, F. and Khan, M., Study on the Development of Neutrosophic Triplet Ring and Neutrosophic Triplet Field, Mathematics 2018, 6, 46.
- [4] Conrad, K., The Gaussian integers. <http://www.math.uconn.edu/~kconrad/blurbs>, Accessed, May, 2016
- [5] Kandasamy W.B., V., Smarandache, F., Some Neutrosophic Algebraic Structures and Neutrosophic N-Algebraic Structures, Hexis, Phoenix, Arizona, 2006.
- [6] Kandasamy W.B., V., Smarandache, F., Neutrosophic Rings, Hexis, Phoenix, Arizona, 2006.
- [7] Smarandache, F., Ali, Mumtaz, Neutrosophic triplet group, Neural Comput & Applic (2018) 29:595–601.

## ÜÇLÜ KUANTUM TELİNDE ELEKTRİK ALAN VE LAZER ALAN'NIN ELEKTRONİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Mustafa ULAŞ<sup>1\*</sup>, Havva UYAR<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Kırklareli Üniversitesi Fen Edebiyatı Fakültesi, Fizik Bölümü, 39030 KIRKLARELİ

<sup>2</sup>Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 39030 KIRKLARELİ

### ÖZET

Üçlü kare kuyu tel sistemine dışarıdan uygulanan elektrik ve lazer alan etkisi altında hidrojenimsi yabancı atom bağlanma enerjisi hesaplandı. Bağlanma enerjisinin dışarıdan uygulanan etkilere duyarlılığı, farklı tel boyutları dikkate alınarak gösterildi. Üçlü kuantum kuyu yapısı GaAs ve  $Al_xGa_{1-x}As$  yarıiletken malzemeden oluşturuldu. Uygulanan elektrik alan tel eksenine dik ve lazer alan tel eksenine paralel olacak şekilde seçildi. Hesaplamalarda sonlu farklar nümerik yöntemi kullanıldı. Hesaplamalar sonucu elektron bant enerjilerinin uygulanan alanlar ve tel boyutlarına nasıl bağlı olduğu gösterildi. Bu tür yapıların elektronik özelliklerinin teorik olarak anlaşılması, teknolojik yeni cihazların geliştirilmesi için ekonomik bir yöntemdir.

**Anahtar Kelimeler:** Üçlü kuantum teli, bağlanma enerjisi, elektrik alan, lazer alan.

### THE EFFECT OF ELECTRIC FIELD AND LASER FIELD ON ELECTRONIC FEATURESIN A TRIPLE QUANTUM WIRE

**Abstract:** Hydrogenic foreign atom binding energy was calculatedun dertheeffect of electric and laser field applied externally to the triple square well wire system. The sensitivity of binding energy to externally applied effects was demonstrated by considering different wire sizes. The triple quantum well structure was created from GaAsand  $Al_xGa_{1-x}As$  semiconductor material. The applied electric field was chosen to be perpendicular to the wire axis and the laser field to be parallel to the wire axis. In calculations, finite difference numerical method was used. As a result of the calculations, it was shown how the electron band energies depend on the applied fields and wire sizes. Theoretical understanding of the electronic properties of such structures is an economical method for developing new technological devices.

**Keywords:** Triple quantum well wire, binding energy, electricfield, laser field

Corresponding author: mustafa.ulas@klu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-4498-588X>

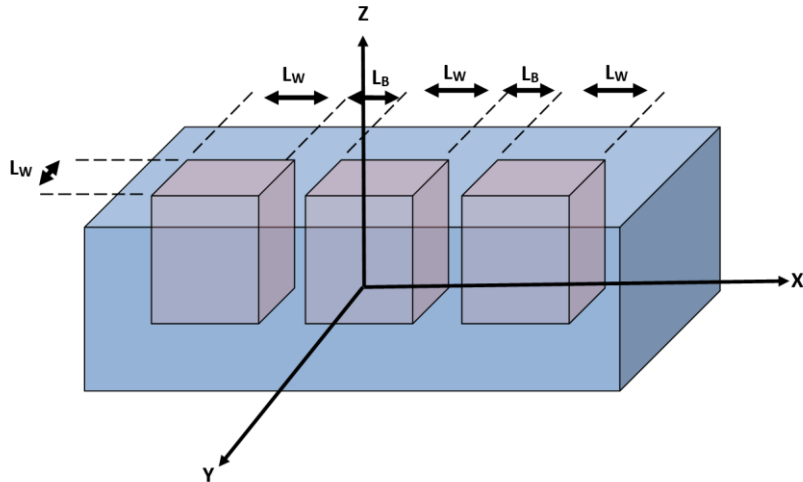
## 1.GİRİŞ

Yarı iletken teknolojisindeki gelişmeler, ileri düzey çok katmanlı düşük boyutlu yapıların kolaylıkla yapılabilmesine imkân sağlamıştır. Son nesil teknolojik cihazların önemli parçalarından olan düşük boyutlu yarıiletken yapıların fiziksel ve optik özellikleri son yıllarda birçok bilim insanı tarafından çalışılan popüler bir alan haline gelmiştir. Yarı iletken kuantum noktaları ve tellerinde hidrojenimsi yabancı atom durumları ve bağlanma enerjisi teorik olarak hesaplanmış, bağlanma enerjisinin tel kalınlığı ile değişimi gösterilmiştir [1,2]. Dışarıdan uygulanan elektrik alanın bağlama enerjisi ve tel geometrisi üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir [3-9].

Son yılların popüler çalışmaları ise eşit potansiyel engelli simetrik ve asimetric kuantum yapılarında elektron geçişleri, lazer alan altında incelenmiş, potansiyel profilleri ve geçiş katsayısının lazer giydirme parametresine bağıllığı gösterilmiştir [10,11].

Bu çalışmada üçlü kare kesitli kuantum tel kuyularında bulunan bir elektronun, sonradan bu yapıya katkılanmış yabancı bir atoma bağlanma enerjisi, kuyu genişliğine, dışarıdan uygulanan elektrik ve lazer alan şiddetine bağıllığı, sonlu farklar nümerik yöntemini kullanılarak teorik olarak hesaplanmıştır.

## 2.TEORİ



**Şekil 1.** Çok katmanlı kuantum tel kuyusunun şematik gösterimi. Mavi renkli kısımlar  $Al_x Ga_{1-x} As$ , kırmızı taraflı kısımlar GaAs yarı iletkenleridir. Buradaki x Al konsantrasyonudur.

Şekil 1 de şematik şekli verilen kare kesitli GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As üçlü kuantum teli içindeki bir elektronun, etkin kütle yaklaşımı altında Hamiltonyen'i

$$H = -\frac{\hbar^2}{2m^*} \left[ \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] + V(x, y) + |e|Fx \quad (1)$$

ile verilir. Burada F dışarıdan uygulanan elektrik alan şiddeti, m\* elektronun indirgenmiş kütlesi, e ise elektronun yüküdür. Denklemdaki V(x,y) ise elektronun bu yapı içerisindeki x ve y yönünde hareket ederken ki gördüğü potansiyeldir.

$$V(x, y) = \begin{cases} 0 & -\frac{3LW}{2} - L_B < x < -\frac{LW}{2} - L_B \quad |y| < \frac{LW}{2} \\ 0 & -\frac{LW}{2} < x < \frac{LW}{2} \quad |y| < \frac{LW}{2} \\ 0 & \frac{LW}{2} + L_B < x < \frac{3LW}{2} + L_B \quad |y| < \frac{LW}{2} \\ V_0 & \text{Diğeryerlerde} \end{cases} \quad (2)$$

Bu üçlü kuantum tel yapısına -z doğrultusunda ve x yönünde polarize olmuş dışarıdan yüksek frekanslı lazer alanı uygulandığında Hamiltonyen denklemi, etkin Rydberg  $R^* = (m^*e^4/2\varepsilon_0^2\hbar^2)$  ve etkin Bohryarıçapı  $a^* = (\varepsilon_0\hbar^2/m^*e^2)$  boyuntundaboyutunda aşağıdaki gibi olur.

$$H = -\left[ \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] + V_{DC}(x, y, \alpha_0) + \eta x \quad (3)$$

Burada  $\eta = |e|a^*F\left(\frac{kV}{cm}\right)R^*$  ile verilir.  $V_{DC}$  ise dışarıdan uygulanan yüksek frekanslı lazerin potansiyel profili üzerindeki değişikliği betimleyen giydirilmiş potansiyel olarak isimlendirilir. Buradaki  $\alpha(t) = \alpha_0 \cos(\omega t)$  uygulanan lazerin zamana göre değişimini,  $\alpha_0 = \frac{eA_0}{m^*\omega}$  ise lazerin şiddetini betimleyen parametredir,  $A_0$  uygulanan lazerin genliği,  $\omega$  ise uygulanan lazerin frekansıdır. Yapıya dışarıdan uygulanan lazerin yüksek frekansları için  $V_{DC}$  giydirilmiş potansiyel yaklaşık olarak aşağıdaki gibi olur.

$$V_{DC}(x, y, \alpha_0) = \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi/\omega} V(x + \alpha(t), y) dt. \quad (4)$$

Elektronun taban durumu enerji [E] değerini ve dalga fonksiyonunu [ $\psi(x, y)$ ] bulmak için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$H\psi(x, y) = E\psi(x, y) \quad (5)$$

Bu iki boyutlu diferansiyel denklemi sonlu farklar nümerik yöntemi kullanılarak, taban durum enerji özdeğeri ve öz değervektörü bulunur. Bu yapıya katılanmış yabancı atom katıldığında, elektron ile yabancı atom etkileşmesini içeren Hamiltonyen denklemi aşağıdaki gibidir.

$$H_{imp} = H - \frac{2}{\varepsilon\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2+z^2}} \quad (6)$$

Buradaki  $\varepsilon$  elektronun  $x$ ,  $y$  ekseninde hareket ettiği koordinattaki ortamın dielektrik (perdeleme esnasında gördüğü) sabitidir. Denklemden  $x_i$  ve  $y_i$  ise hidrojenimsi yabancı atomun sistemdeki koordinatıdır. Bu çalışmada  $x_i$  ve  $y_i$  sistemin merkezinde alınmıştır.

( $x_i = 0$  ve  $y_i = 0$ ). Bu diferansiyel denklemin çözümü için aşağıdaki gibi varyasyonel deneme dalga fonksiyonu kullanılmıştır. Bu dalga fonksiyonu

$$\psi_{imp}(x, y, z) = N_{imp}\psi(x, y)e^{-\frac{\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2+z^2}}{\lambda}} \quad (7)$$

ile verilir. Buradaki  $N_{imp}$  deneme dalga fonksiyonunun normalizasyon sabiti,  $\lambda$  deneme dalga fonksiyonunun varyasyonel parametresidir. Yapının içinde bulunan elektronun yabancı atomlu ortamdaki enerjisi

$$E_{imp} = \left\{ \frac{\langle \psi_{imp}(x, y, z) | H_{imp} | \psi_{imp}(x, y, z) \rangle}{\langle \psi_{imp}(x, y, z) | \psi_{imp}(x, y, z) \rangle} \right\}_{\lambda_{minimum}} \quad (8)$$

ile verilir. Yabancı ortamdaki sistemin içinde bulunan bir elektronun yabancı atoma bağlanma enerjisi ise

$$\begin{aligned} E_b &= E - E_{imp} \\ &\cong -\frac{1}{\lambda^2} + \frac{2A}{B} \\ A &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (\psi^2(x, y) K_0(2\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2}/\lambda)) dx dy \\ B &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (\psi^2(x, y) \sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2} K_1(2\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2}/\lambda)) dx dy \end{aligned} \quad (9)$$

ile hesaplanır. Burada sırası ile  $K_0$  ve  $K_1$  sıfırcı ve birinci dereceden düzeltilmiş Bessel fonksiyonlarıdır.

### 3.SONUÇ VE TARTIŞMA

GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As üçlü kuantum kuyu tellerinde yarı sabitler göz önüne alındığında,  $a^* \cong 100 \text{ \AA}$  ve  $R^* \cong 5.7 \text{ meV}$ , Al konsantrasyonu  $x=0.3$  alındı. Bu değer potansiyel bariyerin yaklaşık  $V_0=224 \text{ meV}$  değerlerine karşı gelir. Tüm hesaplamalarda bariyer genişliği  $0,5 a^*$  olarak ele alınmıştır.

Şekil 2a'da sistemin merkezine konulmuş ( $x_i=0$ ,  $y_i=0$ ) yabancı atoma elektronun bağlanma enerjisinin, tel kalınlığına göre değişimi incelenmiştir. Bu grafikte dışarıdan lazer

uygulanmayıp ( $\alpha=0$ ), üç farklı elektrik alan değeri uygulanmıştır. ( $F=0-20-40$  kV/cm). Bağlanma enerjisi, tel kalınlığı arttıkça hemen, hemen lineer olarak azalmaktadır. Bunun nedeni tel kalınlığı arttıkça elektron daha geniş alana yayılarak merkezdeki yabancı atomdan uzaklaşmasıdır. Uygulanan elektrik alanlar ise bu değişimin eğimini daha da artırmaktadır. Yani elektronun merkezdeki yabancı atoma bağlanma enerjisi elektrik alansız duruma göre daha düşüktür. Bunun nedeni ise, Şekil2 b-c-d-e de görüldüğü üzere, dışarıdan uygulanan artı x doğrultusundaki elektrik alan, elektronun gördüğü potansiyeli değiştirmesindedir. Bu durumda daha önceden merkezdeki telde yoğunlaşan elektronsal taraftaki tele (eksi x doğrultusunda) çekilerek yabancı atomdan uzaklaşmış ve bağlanma enerjisi azalmıştır.

Şekil 3a'da sistemin merkezine konulmuş ( $x_i=0, y_i=0$ ) yabancı atoma elektronun bağlanma enerjisinin, tel kalınlığına göre değişimi incelenmiştir. Bu grafikte dışarıdan elektrik alan uygulanmayıp ( $F=0$ ), beş farklı lazer alan değeri uygulanmıştır ( $\alpha=0-0.25-0.50-0.75-1.00$  a\*). Bağlanma enerjisi, tel kalınlığı arttıkça lineer olarak azalmaktadır. Bunun nedeni dar tellerde elektron merkezdeki yabancı atoma daha yakinken geniş kuyularda daha geniş bölgeye yayılarak yabancı atomdan uzaklaşmasıdır. Uygulanan lazer alanlar ise bağlanma enerjisini, elektrik alanın tersine artırmaktadır. Yani elektronun merkezdeki yabancı atoma bağlanma enerjisini lazer alansız duruma göre daha büyük değerlere getirmektedir. Bunun nedeni ise, Şekil3 b-c-d-e de görüldüğü üzere, dışarıdan eksi z doğrultusunda uygulanan ve artı x doğrultusunda polarize olmuş lazer alan, elektronun gördüğü potansiyeli değiştirmesindedir. Bu durumda daha önceden merkezdeki telde yoğunlaşan elektron, merkez civarına yoğunlaşarak, yabancı atoma daha yaklaşması ile bağlanma enerjisini artmıştır. Şekil3a da görüldüğü gibi değişimler iki farklı guruba ayrılmıştır. Lazerin ilk iki değeri için elektronun gördüğü potansiyel üç ayrı tel potansiyelinden oluşurken, lazerin son üç değeri için ikili tel potansiyeline dönüşmektedir.

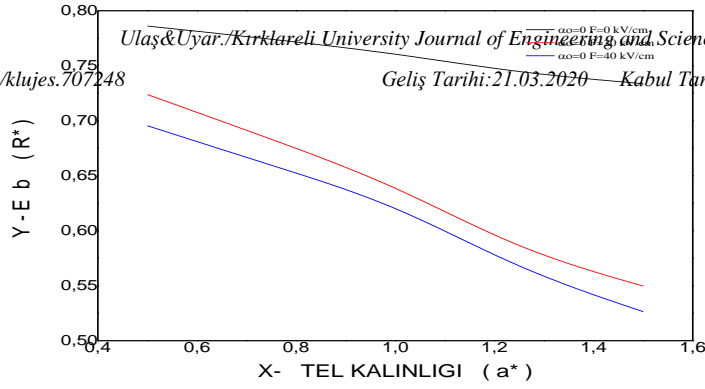
Şekil 4a'da sistemin merkezine konulmuş ( $x_i=0, y_i=0$ ) yabancı atoma elektronun bağlanma enerjisinin, elektrik alan şiddetine göre değişimi incelenmiştir. Bu grafikte dışarıdan lazer uygulanmayıp ( $\alpha=0$ ), beş farklı tel kalınlığı ( $0.50-0.75-1.00-1.25-1.50$  a\*) seçilmiştir. Tel kalınlığı arttıkça bağlanma enerjisi Şekil4a'da görüldüğü gibi azalmaktadır. Artı x doğrultusunda dışarıdan uygulanan elektrik alan şiddeti arttıkça, bağlanma enerjisi azalmaktadır. Burada elektrik alanın küçük değerleri için ( $0-7$  kV/cm) bağlanma enerjisindeki azalma daha keskin iken, diğer elektrik alan şiddetlerinde bağlanma enerjisindeki azalma daha yavaştır. Bağlanma enerjisindeki



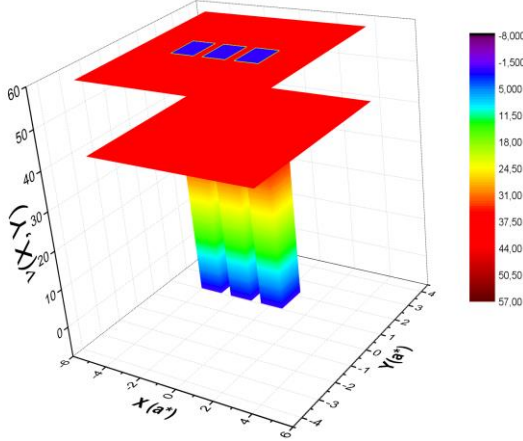


bu azalmanın nedeni ise, Şekil4 b-c-d-e de görüldüğü üzere, dışarıdan uygulanan artı x doğrultusundaki elektrik alan, elektronun gördüğü potansiyeli değiştirmesindedir. Bu durumda daha önceden merkezdeki telde yoğunlaşan elektron, sol taraftaki tele (eksi x doğrultusunda) çekilerek yabancı atomdan uzaklaşmış ve bağlanma enerjisi azalmıştır.

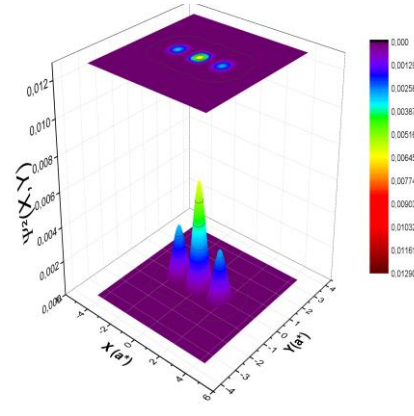
Hesaplamalar sonucunda sabit bir yapının elektronik özellikleri dışarıdan uygulanan lazer ve elektrik alanları ile önemli ölçüde değiştiği gösterilmiştir. Bulunan bu değerler literatürle karşılaştırılarak uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir. Dışarıdan uygulanan bu alanlar kaldırıldığında, yapının elektronik özellikleri eski halindeki özelliklerine geri dönmektedir. Böylece dışarıdan uygulanan alanlar ile istenilen elektronik özellikler ayarlanabilen düşük boyutlu yapılar oluşturulabilir.



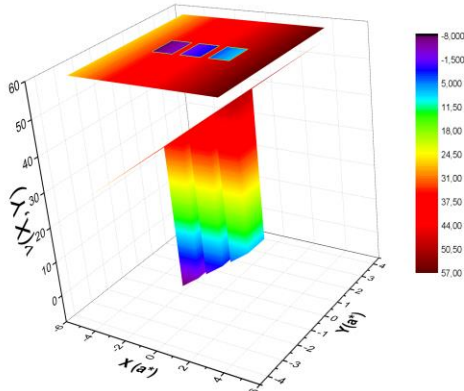
(a)



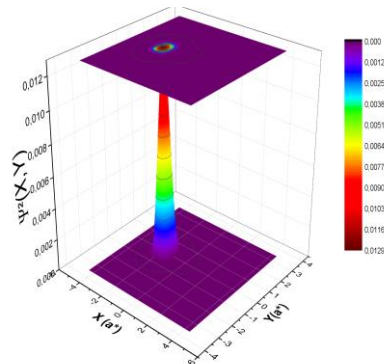
(b)



(c)

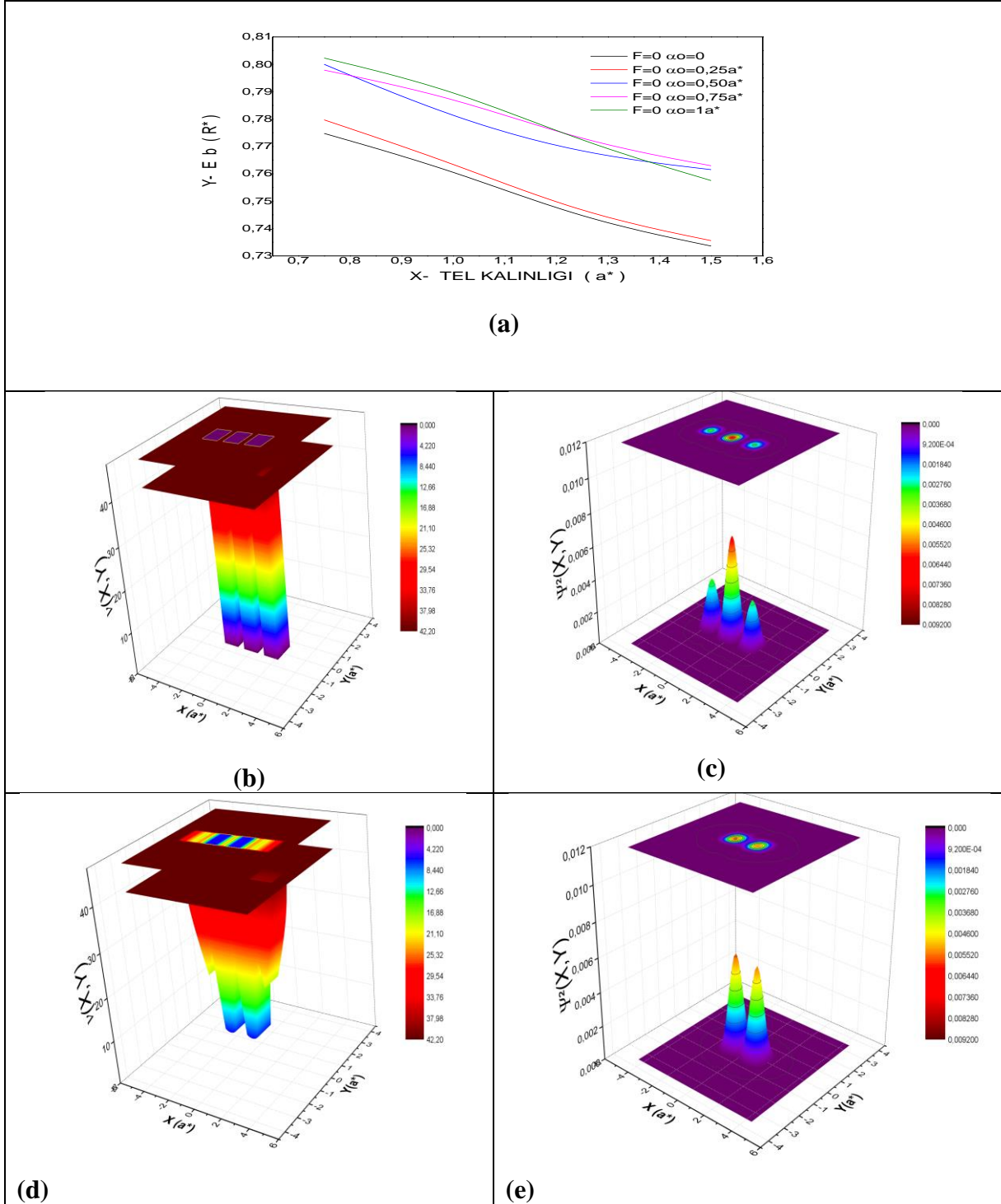


(d)



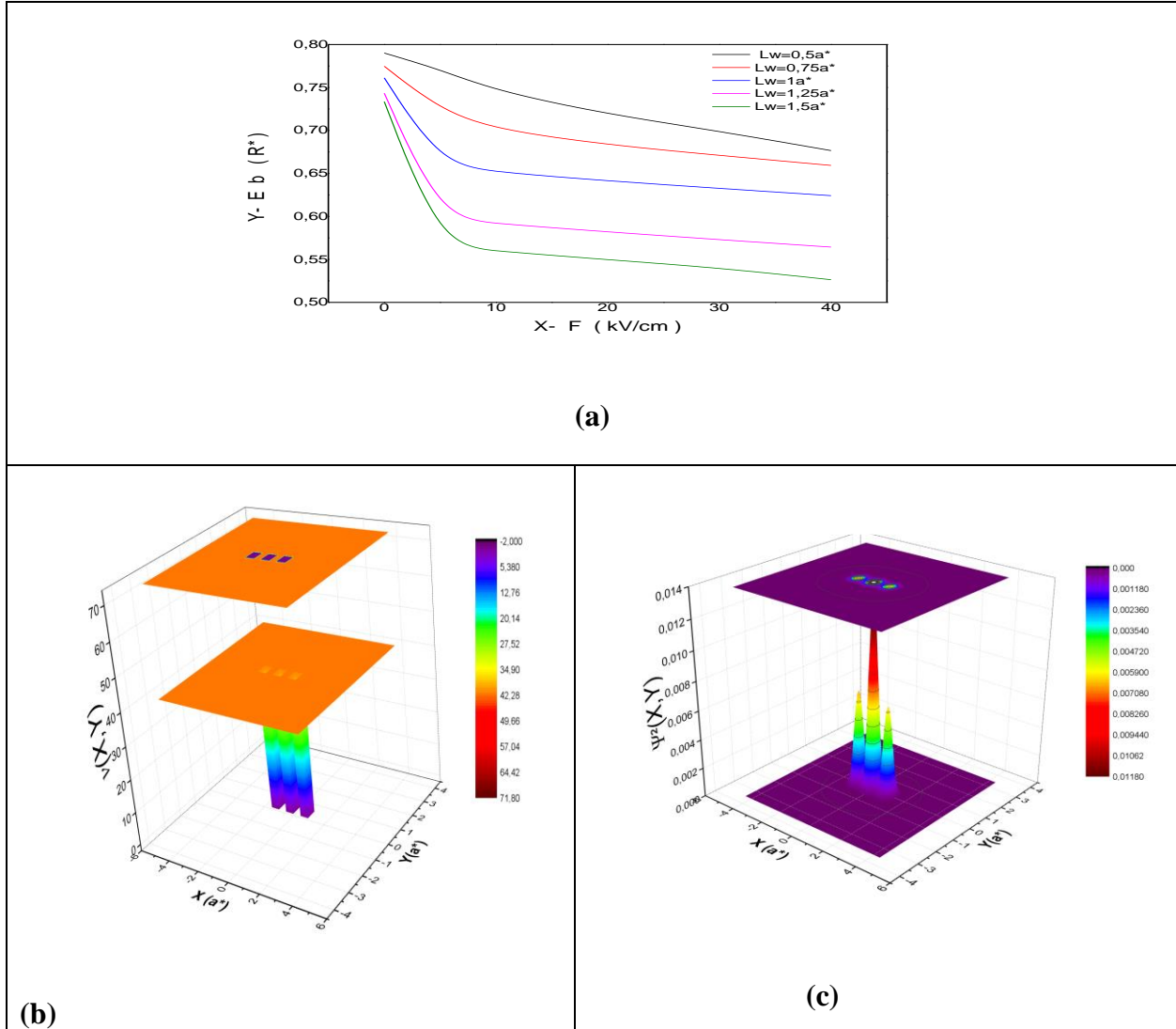
(e)

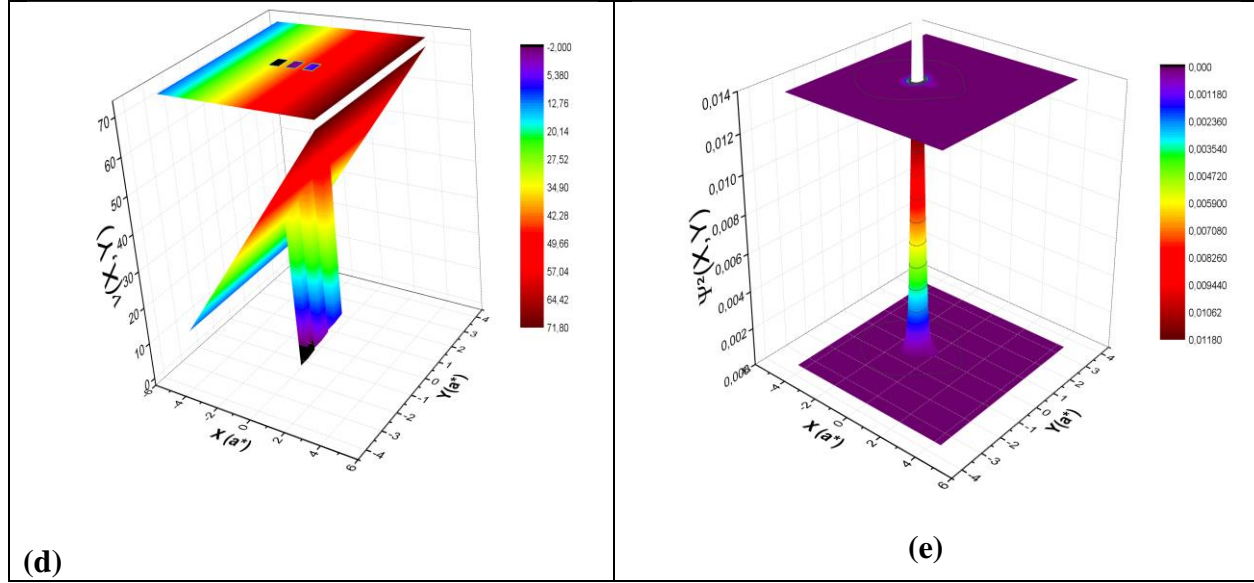
**Şekil 2.a)** Bağlanma enerjisinin, farklı elektrik alan değerlerinde ve lazer alansız, tel genişliğine göre değişimi. **b)** Tel kalınlığının  $1.25a^*$  değerinde elektrik ve lazer alansız elektronun gördüğü potansiyel profili. **c)** Tel kalınlığının  $1.25a^*$  değerinde elektrik ve lazer alansız elektronun bulunma olasılığı. **d)** Tel kalınlığının  $1.25a^*$  olduğu durumda, elektrik alan  $40 \text{ kV/cm}$  değerinde ve lazer alansız elektronun gördüğü potansiyel profili. **e)** Tel kalınlığının  $1.25a^*$  olduğu durumda, elektrik alan  $40 \text{ kV/cm}$  değerinde ve lazer alansız elektronun bulunma olasılığı.



**Şekil 3.a)** Bağlanma enerjisinin, farklı lazer alan değerlerinde ve elektrik alansız, tel genişliğine göre değişimi. **b)** Tel kalınlığının 1.25a\* değerinde elektrik ve lazer alansız elektronun gördüğü potansiyel profili. **c)** Tel kalınlığının 1.25a\* değerinde elektrik ve lazer alansız elektronun bulunma olasılığı. **d)** Tel kalınlığının 1.25a\* olduğu durumda, lazer alanın 1 a\* değerinde ve elektrik alansız

elektronun gördüğü potansiyel profili. e) Tel kalınlığının  $1.25a^*$  olduğu durumda, lazer alanının  $1a^*$  değerinde ve elektrik alansız elektronun bulunma olasılığı.





**Şekil 4.a)** Bağlanma enerjisinin, farklı tel kalınlık değerlerinde ve lazer alansız, elektrik alana göre değişimi. **b)** Tel kalınlığının  $0.50a^*$  değerinde elektrik ve lazer alansız elektronun gördüğü potansiyel profili. **c)** Tel kalınlığının  $0.50a^*$  değerinde elektrik ve lazer alansız elektronun bulunma olasılığı. **d)** Tel kalınlığının  $0.50a^*$  olduğu durumda, lazer alansız ve elektrik alanı  $40 \text{ kV/cm}$  değerinde elektronun gördüğü potansiyel profili. **e)** Tel kalınlığının  $0.50a^*$  olduğu durumda, lazer alansız ve elektrik alanı  $40 \text{ kV/cm}$  değerinde elektronun bulunma olasılığı.

## KAYNAKLAR

- [1] CHUU, D.S., HSIAO, C.M., MEI, W.N., Hydrogenicimpurity states in quantum dots and quanyum wires. PhysicalReview B, 46, 3898-3905, 1992.
- [2] BOUHASSOUNE, M., CHARROUR, R., FLİYOU, M., BRİA, D., NOUGAOUİ, A., Bindingenergy of shallow impurities in polar quanyum well wire. Physica B, 304, 389-397, 2001.
- [3] CHAO, H.T., TRANTHOAI, D.B., Effect of theelectricfield on a hydrogenicimpurity in a quantumwires. Physica B, 205, 273-278, 1995.
- [4] ULAS, M., AKBAS, H., TOMAK, M., Shallowdonors in a quantum well wire: Electricfield and geometrical affects. Phys. Stat. Sol., 200, 67-73, 1997.
- [5] MONTES, A., DUQUE, C. A, PORRAS-MONTENEGRO, N. Density of shallow donor impurity states in rectangular crosssectionGaAsquantum well wires under applied electric field. J. Physc. Condens. Matter, 11, 5351-5358, 1998.
- [6] OKAN, S. E., AKBAS, H., TOMAK, M., Bindingenergies of helium-like impurities in parabolik quantum wells under an applied electric field. Superlattice and Microstructures, 28, 171-176,2000.



- [7] AKTAS, S., OKAN, S. E., AKBAS, H., Electric field effect on the binding energy of a hydrogenic impurity in a coaxial GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub> As quantum well wires. *Superlattice and Microstructures*, 30, 129-134, 2001.
- [8] AKTAS, S., Boz, F., The binding energy of a hydrogenic impurity in triple GaAl/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub> quantum well wire under applied electric field. *Trakya Univ. J.Sci.*, 5(2), 159-165, 2004.
- [9] Ulaş, M., ERDOĞAN, I., ÇİÇEK, E., SENTURK DALGIC, S. Self polarization in GaAs-(Ga, Al)As quantum well wires: electric field and geometrical effects. *Physica E*, 25, 515-520, 2005
- [10] AKTAS, S., BİLEKKAYA, A., BOZ, F. K. OKAN, S. E., Electron transmission in symmetric and asymmetric double-barrier structure controlled by laser field. *Superlattices and Microstructures*, 85, 266-273, 2015.
- [11] AKTAS, S., KES, H., BOZ, F.K., OKAN, S. E., Control of a resonant tunneling structure by intense laser field. *Superlattices and Microstructures*, 98, 220-227, 2016.

## FARKLI STARTER KÜLTÜR KULLANIMININ BEYAZ PEYNİRLERİN OLGUNLAŞMA SÜRESİNCE LAKTOZ DEĞİŞİMLERİNE ETKİSİ

Yılmaz ÖZCAN<sup>1\*</sup>, Nevzat ARTIK<sup>2</sup>, Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

### Özet

Bu çalışmada Beyaz peynirde farklı starter kültür kullanımının olgunlaşma süresince laktoz değişimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Termofilik (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus dellbruecki* subsp. *bulgaricus*) ve mezofilik (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* ve *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*) kültür kullanılarak üretilen peynirde 90 günlük depolama süresince kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler incelenmiştir. Toplam mezofilik aerofilik bakteri sayımları (TMAB) ve MRS agar sayım sonuçları kullanılan starter kültürden ve olgunlaşma süresinden etkilenmiştir. Beyaz peynir örneklerinin kurumadde, titrasyon asitliği, yağ, pH, toplam azot (TA), suda çözünen azot (SÇA) ve laktoz miktarlarında önemli değişiklikler gözlemlenmiştir. Örneklerin laktoz miktarları 0.0333 mg/g ile 0.1857 mg/g arasında bulunmuştur. Laktoz miktarı olgunlaşmanın ilk 15 gününde artış göstermiş sonraki dönemlerde dalgalanmalar görülmüştür. Laktoz miktarının kullanılan starter kültürden önemli ölçüde etkilendiği, en düşük laktoz miktarının termofilik kültür kullanılarak üretilen peynir örneklerinde olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Beyaz peynir, laktoz, HPLC, olgunlaşma

## THE EFFECT OF DIFFERENT STARTER CULTURE USE ON THE LACTOSE CHANGES OF WHITE CHEESE DURING RIPENING

### Abstract

In this study, the effect of the use of different starter cultures on the lactose change during ripening was investigated. Chemical and microbiological properties of cheese produced using thermophilic (*Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus dellbruecki* subsp. *bulgaricus*) and mesophilic (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* and *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*) culture were examined during 90 days of storage. Total mesophilic aerophilic bacterial and MRS agar count

Sorumlu yazar:yilmaz.ozcan@klu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6763-3158>



results were affected by the starter culture used and the ripening time. Significant changes were observed in the dry matter, titration acidity, fat, pH, total nitrogen (TN), water-soluble nitrogen (WSN) and lactose content of White cheese samples. The lactose amounts of the samples were found between 0.0333 mg/g and 0.1857 mg/g. The amount of lactose increased in the first 15 days of ripening and fluctuations were seen in the following periods. It was observed in the samples of cheese that the amount of lactose was significantly affected by the starter culture used and that the lowest amount of lactose was produced using thermophilic culture.

**Keywords:** White cheese, lactose, HPLC, ripening

## 1. GİRİŞ

Peynir dünyanın farklı yerlerinde farklı tür sütlerden üretilen evrensel bir süt ürünüdür. Dünya’da üretilen sütün üçte biri peynir yapımında kullanılmaktadır [1]. Beyaz peynir, Dünya’da en fazla çeşidi olan ve ülkemizde de en çok üretilen ve tüketilen peynir çeşididir. Türk tipi beyaz peynir çoğunlukla bir ay ile üç ay arasında 4 ile 8 °C arasındaki sıcaklıklarda olgunlaştırılan salamura edilmiş hafif asidik ve tuzlu bir tada sahiptir [2].

Birçok süt ürünü uygun koşullarda üretilip depolandıktan sonra kimyasal ve biyolojik olarak stabil olmasına karşın, peynir biyokimyasal olarak dinamik durumdadır. Peynirin depolama süresince olan dinamik durumu olgunlaşma süresince gerçekleşen biyokimyasal ve mikrobiyolojik olaylar dizisidir [3]. Proteoliz, glikoliz ve lipoliz gibi biyokimyasal reaksiyonlar birincil reaksiyonlar olarak adlandırılmakta olup bunların ardından gerçekleşen yağ asitlerinin ve amino asitlerin metabolize olması gibi ikincil reaksiyonlar da peynirde uçucu aroma bileşiklerinin oluşumunda çok önemlidir [4].

Beyaz peynir üretiminde starter kültürler son üründe arzu edilen tat, koku, aroma ve yapısal özellikleri elde edebilmek için kullanılan ve özellikleri bilinen mikroorganizmalardır. Fermente süt ürünlerini standart ve yüksek kalitede üretebilmek için uygun özellikleri taşıyan starter kültürlerin kullanılması gereklidir [5].

Üretimden sonra peynirde bulunan kalıntı laktoz starter laktik asit bakterileri tarafından metabolize edilerek asitliği artırmakta ve bu durum istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini



engellemektedir. Glikoliz olarak adlandırılan bu reaksiyon dizisinde laktoz laktaz enzimi aracılığıyla glikoz ve galaktoza parçalanmakta ve sonrasında glikoz laktik aside dönüşmektedir [6]. Olgunlaşma süresince meydana gelen değişimler ve farklı starter kültür kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde depolama süresindeki laktoz değişiminin peynirin olgunlaşması üzerine etkisinin önemli olduğu görülmektedir [6-9]. Bu çalışmanın amacı beyaz peynirde farklı starter kültür kullanımının olgunlaşma sırasında laktoz değişimine etkisini incelemektir.

## 2. MATERYAL ve METOD

### 2.1. Materyal

Beyaz peynir üretiminde Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim-Araştırma-Uygulama çiftliğinden temin edilen çiğ inek sütü kullanılmıştır. Çiğ süt, gerekli kontroller yapıldıktan sonra Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt İşletmesi' nde Beyaz peynire işlenmiştir. Peynir üretiminde CHR HANSEN(Danimarka) firmasından temin edilen R-707 kodlu mezofilik homofermentatif kültür (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* ve *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*) 1300 litre süte 50U olacak şekilde kullanılırken TCC-4 kodlu termofilik kültür (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus dellbruecki* subsp. *bulgaricus*) 1000 litre süte 50U olacak şekilde kullanılmıştır. Mikrobiyolojik ve kimyasal analizlerde kullanılan besiyerleri yüksek saflıkta olup Merck firmasından temin edilmiştir (Darmstadt, Germany).

### 2.2. Peynir Üretimi

Başlangıç olarak üretimde kullanılacak çiğ sütün analizleri yapılmış ve süt plakalı ısı değiştirici ile 78 °C'de 1 dakika pastörize edilmiş ve mayalama sıcaklığına soğutulmuştur. Mayalama sıcaklığı mezofilik kültürle yapılan peynirde 34 °C, termofilik kültürle yapılan peynirde 38 °C olarak belirlenmiştir. Süte % 50'lik kalsiyum klorür (CaCl<sub>2</sub>) çözeltilisinden, % 0.02 oranında ilave edilmesinden sonra starter kültür termofilik kültürden yapılan peynirlere (T) ve mezofilik kültürden yapılan peynirlere (M) ayrı ayrı ilave edilmiştir. Maya kuvvet tayini yapıldıktan sonra 90 dakikada pıhtı kesilecek şekilde maya miktarı ayarlanmıştır. 90 dakika sonra pıhtı kesilmiş ve işlenmiştir. Sonrasında teleme baskıya alınmış ve 150 dakika baskıda kaldıktan sonra peynir 7x7x7 ebatlarında kesilmiştir. Mezofilik kültürle yapılan peynirlere 29 °C'de, termofilik kültürle yapılan peynirlere

37 °C' de % 15'lik salamuradan ilave edilmiştir. 18 saat sonra peynirler toplanmış bekleme kaplarında 2 saat bekletilmiş sonrasında % 9'luk salamura ilave edildikten sonra ambalajlar kapatılmış ve 4 °C'lik depoya konularak olgunlaşmaya bırakılmıştır. Salamuraların pH'ını ayarlamak için peyniraltı suyu kullanılmıştır. Olgunlaştırmanın 0., 15., 30., 60. ve 90. günlerinde analizler yapılmıştır.

### 2.3. Kimyasal Analizler

Beyaz peynir örneklerinin kurumadde analizi sabit tartıma gelinceye kadar etüvde kurutulularak gerçekleştirilmiş, yağ tayini Gerber metoduna göre belirlenmiş, asitlik miktarı % laktik asit cinsinden hesaplanmış, pH değeri potansiyometrik olarak belirlenmiştir [10]. Toplam azot (TA) ve suda çözünen azot (SÇA) Kjeldahl metodunun modifiye edilmesi ile belirlenmiştir [11]. Olgunlaşma indeksi ise SÇA değerinin TA değerine oranı olarak hesaplanmıştır [12]. Laktoz tayininde ise örnekler analizden önce ön işlemden geçirilmiştir [2]. Sonrasında Tablo 1'de belirtilen koşullarda Yüksek performanslı sıvı kromatografisi(HPLC) cihazında(Agilent-A.B.D) laktoz tayini gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 1.** HPLC çalışma koşulları

Model	Agilent
Kolon	Zorbax Carbohydrate Analysis, 4,6 mm ID×150 mm (5µm)
Dedektör	HP1100 RID
Enjeksiyon hacmi	100µl
Mobil faz	Su: Asetonitril (25:75)
Akış Hızı	1ml/dk
Kolon Sıcaklığı	30 °C
Dedektör Sıcaklığı	30 °C

## 2.4. Mikrobiyolojik Analizler

Mikrobiyolojik analizler için aseptik koşullar altında alınan 10 g peynir numunesi 90 ml dilüsyon sıvısı (ringer) ile homojenize edildikten sonra seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Beyaz peynirlerin mikrobiyel yükünün belirlenmesinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için PCA (Sigma Aldrich) (30°C’ de 48 saat), toplam laktik asit bakterileri için MRS Agar (Merck) (35°C’de 72 saat) kullanılmıştır [14].

## 2.5. İstatistiksel Analizler

Kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerden elde edilen bulgular varyans analizi tekniği (ANOVA) ile SPSS 18.0 paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Örnekler arasındaki farklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

## 3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

### 3.1. Kimyasal Analizler

Peynir örneklerinin 90 günlük depolama süresince genel niteliklerinde belirlenen değişimlere ilişkin ortalama değerler Tablo 2’de verilmiştir. Analizler sonucunda olgunlaşma süresince örneklerin kurumadde miktarlarının azaldığı görülmüştür ( $p<0.05$ ). Olgunlaşma süresince kurumadde miktarındaki azalışın peynir ile salamura arasındaki osmotik basınçtan dolayı salamuradan peynir numunelerine su geçişinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Olgunlaşma süresince kurumadde miktarlarındaki düşüş literatür çalışmalarıyla benzerlik göstermekte olup % kurumadde miktarlarının benzerlik gösterdiği çalışmalar da mevcuttur [12, 15]. Termofilik kültürle üretilen peynir örneklerinin kurumadde miktarları mezofilik kültürle üretilen peynirlerin kurumadde miktarlarından yüksek çıkmıştır ( $p<0.05$ ).

Beyaz peynirlerin yağ oranlarının olgunlaşma süresi boyunca azaldığı ve starter kültür kullanımının yağ oranlarını etkilediği görülmüştür ( $p<0.05$ ). Termofilik kültürle üretilen beyaz peynirler en yüksek yağ oranına sahip olmuştur. Yağ oranında olgunlaşma süresince meydana gelen azalmaların kurumadde miktarındaki azalmanın ve lipoliz reaksiyonlarının bir sonucu olarak gerçekleştiği düşünülmektedir [16]. Olgunlaşma sırasında yağ oranlarında gerçekleşen düşüş benzer çalışmalardaki sonuçlarla uyum göstermiştir [17-19]. Kurumaddede yağ oranlarının ise

olgunlaşma süresince azaldığı ( $p<0.05$ ), buna karşın kullanılan kültürden önemli ölçüde etkilenmediği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Mezofil grup içerisinde yer alan *Lactococcus* türleri laktozdan önemli miktarda asit üretebilirler ve bu sebepten dolayı laktik streptokoklar olarak da bilinirler [20, 21]. Nitekim asitlik değerleri incelendiğinde mezofilik kültür ilaveli peynirlerin titrasyon asitliği değerleri termofilik kültür ilaveli peynirlerin titrasyon asitliği değerlerinden yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Kurumaddede yağ oranları salamurada olgunlaştırılan beyaz peynirlerde gerçekleştirilen benzer çalışma sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur [22]. Her iki örneğin titrasyon asitliği değerleri 15. günden sonra azalma göstermiş olup bu durumun olgunlaşmanın ilerlemesiyle serbest aminoasitlerin deaminasyonu sonucu oluşan amonyaktan ve laktik asidin bir miktarının salamuraya geçişinden kaynaklandığı düşünülmektedir [22-24]. Peynirlerin pH değerlerinde depolama süresi ve kullanılan starter kültür yönünden önemli bir değişim gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). Pappa ve Anyfantakis [25], mezofilik kültür kullanılarak üretilen peynirlerin pH değerinin termofilik kültür kullanılanlara göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bulgularımızla paralellik gösteren bu durum peynir üretiminde kullanılan mayalanma ve olgunlaştırma sıcaklıklarının mezofilik kültürler için ideal olduğunu göstermiştir.

Örneklerin TA değerlerindeki değişim incelendiğinde mezofilik kültür ilaveli peynirlerin toplam azot oranları daha düşük bulunmuş olmasına rağmen bu durum istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Olgunlaşma süresinin ise TA değerlerinde önemli düşüş görülmüştür ( $p<0.05$ ). Olgunlaşma süresince kurumadde de azalmaya bağlı olarak proteolizin teşvik edildiği ve enzimlerin kazeini parçalamasıyla oluşan düşük molekül ağırlıklı peptitlerin ve aminoasitlerin salamuraya geçişinden kaynaklandığı düşünülmektedir [26]. Beyaz peynir örneklerinde toplam azot değerinin olgunlaşma süresince düştüğü benzer çalışmalar ile desteklenmiştir [27-29]. Peynirde olgunlaşmanın bir göstergesi olarak kabul edilen SÇA olgunlaşma süresince artış göstermiştir ( $p<0.05$ ). Bununla birlikte termofilik kültür kullanılarak üretilen peynir örneklerinin SÇA değeri yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Bu farkın kullanılan suşların proteolitik aktivitelerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Olgunlaşma indeksi olgunlaşma süresince arttığı belirlenmiş ( $p<0.05$ ), 15 günlük depolama süresince termofilik kültür kullanılan peynir örneklerinde olgunlaşma indeksi değeri yüksek bulunmuş olgunlaşmanın sonraki dönemlerinde bu değerlerde dalgalanmalar görülmüştür ( $p>0.05$ ). Olgunlaşma indeksi değerleri benzer



çalışmalardaki bazı değerlerden yüksek bulunurken sonuçların benzerlik gösterdiği ve olgunlaşma sırasında benzer artışların meydana geldiği çalışmalar da bulunmaktadır [19, 27].

Mezofilik kültür kullanılan peynir örneklerinde olgunlaşmanın 15. ve 60. günlerinde laktoz miktarında artış gözlenmiş diğer günlerde azalma görülmüştür. Diğer taraftan termofilik kültür kullanılan örneklerin laktoz miktarlarında 30. günden sonra azalma görülmüştür. Laktoz miktarlarındaki bu değişimlerin depolama süresince laktozun salamuraya geçişinden ve laktik asit bakterilerinin kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir. Peynir örneğine ait laktoz HPLC kromatogramı Şekil 1’ de gösterilmiştir.

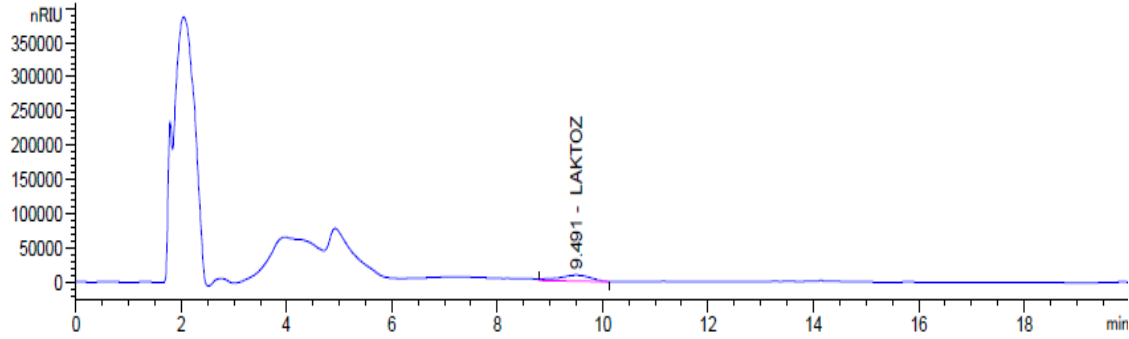
**Tablo 2.** Peynir örneklerinin depolama süresince kimyasal özelliklerinin değişimi

Kültür	Gün	Kurumadde (%)	Yağ (%)	Titrasyon asitliği(%)	pH	Toplam azot (%)	Suda çözünen azot (%)	Olgunlaşma indeksi (%)	Laktöz (mg laktöz/g peynir)
M	0	49.11±0.38 <sup>aB</sup>	23.33±1.43 <sup>aB</sup>	1.486±0.06 <sup>bA</sup>	4.97±0.02 <sup>aB</sup>	2.79±0.03 <sup>aA</sup>	0.16±0.03 <sup>cB</sup>	5.78±0.95 <sup>dA</sup>	0.1001±0.01 <sup>bA</sup>
	15	38.67±1.16 <sup>bB</sup>	17.25±1.02 <sup>bB</sup>	1.717±0.16 <sup>aA</sup>	4.83±0.05 <sup>abB</sup>	2.15±0.05 <sup>bA</sup>	0.20±0.01 <sup>bcB</sup>	9.15±0.68 <sup>cA</sup>	0.1857±0.04 <sup>aA</sup>
	30	38.26±0.76 <sup>bB</sup>	16.42±0.42 <sup>bcB</sup>	1.341±0.02 <sup>cA</sup>	4.73±0.05 <sup>abB</sup>	2.03±0.10 <sup>bA</sup>	0.21±0.01 <sup>bB</sup>	10.55±1.08 <sup>bA</sup>	0.1607±0.00 <sup>aA</sup>
	60	36.65±1.36 <sup>cB</sup>	15.67±1.12 <sup>bcB</sup>	1.350±0.12 <sup>bcA</sup>	4.68±0.04 <sup>cB</sup>	1.90±0.19 <sup>bA</sup>	0.29±0.03 <sup>aB</sup>	15.38±0.99 <sup>aA</sup>	0.1807±0.01 <sup>aA</sup>
	90	36.52±1.94 <sup>cB</sup>	16.00±2.3 <sup>bcB</sup>	1.313±0.03 <sup>bcA</sup>	4.71±0.03 <sup>cB</sup>	2.44±0.71 <sup>bA</sup>	0.33±0.01 <sup>aB</sup>	14.19±3.45 <sup>aA</sup>	0.1650±0.02 <sup>aA</sup>
T	0	53.75±0.89 <sup>aA</sup>	25.67±0.47 <sup>aA</sup>	1.276±0.03 <sup>bB</sup>	5.01±0.11 <sup>aA</sup>	3.65±0.30 <sup>aA</sup>	0.18±0.00 <sup>cA</sup>	4.95±0.43 <sup>dA</sup>	0.0333±0.01 <sup>bB</sup>
	15	42.19±1.59 <sup>bA</sup>	18.75±0.89 <sup>bA</sup>	1.509±0.11 <sup>aB</sup>	5.05±0.05 <sup>abA</sup>	2.59±0.49 <sup>bA</sup>	0.21±0.04 <sup>bcA</sup>	8.12±0.46 <sup>cA</sup>	0.0532±0.02 <sup>aB</sup>
	30	40.33±0.76 <sup>bA</sup>	17.00±1.22 <sup>bcA</sup>	1.173±0.03 <sup>cB</sup>	5.06±0.07 <sup>abA</sup>	2.13±0.08 <sup>bA</sup>	0.25±0.02 <sup>bA</sup>	11.65±0.84 <sup>bA</sup>	0.0556±0.01 <sup>aB</sup>
	60	38.22±0.50 <sup>cA</sup>	16.75±0.54 <sup>bcA</sup>	1.218±0.04 <sup>bcB</sup>	4.84±0.05 <sup>cA</sup>	2.27±0.12 <sup>bA</sup>	0.33±0.02 <sup>aA</sup>	14.81±1.54 <sup>aA</sup>	0.0370±0.01 <sup>aB</sup>
	90	37.32±0.87 <sup>cA</sup>	16.33±0.62 <sup>bcA</sup>	1.233±0.03 <sup>bcB</sup>	4.82±0.03 <sup>cA</sup>	2.14±0.41 <sup>bA</sup>	0.34±0.02 <sup>aA</sup>	16.36±2.38 <sup>aA</sup>	0.0439±0.02 <sup>aB</sup>

Küçük harfler olgunlaşma süresindeki önemli farkları göstermektedir. p<0.05

Büyük harfler kültürler arasındaki önemli farkları göstermektedir. p<0.05

M, mezofilik; T, termofilik



Şekil 1. Peynir örneğine ait laktoz HPLC kromatogramı

Termofilik kültür ilaveli peynirlerin laktoz miktarları mezofilik kültür ilaveli peynirlerin laktoz miktarlarından düşük bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

### 3.2. Mikrobiyolojik Analizler

Beyaz peynir örneklerine ait mikrobiyel sayım sonuçlarına ait veriler Tablo 3' de gösterilmiştir. Beyaz peynir örneklerinin Toplam mezofilik aerofilik bakteri (TMAB) sayıları olgunlaşma süresince düşüş göstermiştir ( $p<0.05$ ). Her iki peynir grubunda da olgunlaşmanın ilk 15 gün düşüş gösterdiği görülmüş olup bunun da ortamda gelişen asitlikten kaynaklandığı düşünülmektedir. TMAB sayılarında olgunlaşma süresince gerçekleşen dalgalanmaların ortamda bulunan mikroorganizmaların yeni koşullara adapte olmasından kaynaklanacağı düşünülmüştür [28]. Termofilik kültür kullanılarak üretilen peynir örneklerinin TMAB sayımları yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Başlangıçtaki sayımlara kıyasla olgunlaşma süresince meydana gelen azalmanın salamuradan peynire tuz geçişi kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Farklı kültür inokülasyonları ile üretilen beyaz peynirde TMAB sayılarının olgunlaşma süresince azaldığı belirlenmiş termofilik kültür kullanılan örneklerin araştırma sonuçlarımıza göre yüksek olduğu, mezofilik kültür kullanılan örneklerin çalışmamızın sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği görülmüştür [29].

MRS agar sayım sonuçlarının olgunlaşma süresince önemli ölçüde değiştiği ( $p<0.05$ ) bununla birlikte termofilik kültür ile mezofilik kültür kullanımının MRS agar sayım sonuçlarını etkilediği belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Mezofilik kültür kullanılan peynirlerde olgunlaşmanın 15. gününden

İtibaren meydana gelen belirgin düşüşün olgunlaşmanın ilk 15 gününde gelişen asitliğin sonraki dönemlerde inhibe edici özellik göstermesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Termofilik kültür kullanılan örneklerde 15 günlük depolama süresince asitlik artışının MRS agar sayım sonuçlarını önemli ölçüde etkilememesi, kullanılan kültürün asitliğe karşı dirençli olduğunu göstermiştir. Her iki peynir örneğinde de ilk 15 gün asitlik gelişmiş ancak mezofilik kültür ilaveli peynirlerde fazla miktarda gelişen asitlik MRS agar sayım sonuçlarında etkisini göstermiştir.

**Tablo 3.** Peynir örneklerine ait mikrobiyel sayım sonuçları (log kob/g peynir)

Kültür	Gün	TMAB	MRS agar
M	0	9,82±0,05 <sup>aA</sup>	8,78±0,29 <sup>aA</sup>
	15	9,32±0,12 <sup>bA</sup>	8,39±0,54 <sup>abA</sup>
	30	9,10±0,51 <sup>bA</sup>	7,17±0,41 <sup>bcA</sup>
	60	9,15±0,18 <sup>bcA</sup>	6,18±0,48 <sup>bcA</sup>
	90	8,28±0,13 <sup>cA</sup>	5,85±1,10 <sup>cA</sup>
T	0	6,24±0,03 <sup>aB</sup>	6,38±0,88 <sup>aB</sup>
	15	5,51±0,53 <sup>bB</sup>	6,32±0,26 <sup>abB</sup>
	30	5,78±0,13 <sup>bb</sup>	6,56±0,55 <sup>bcB</sup>
	60	5,16±0,10 <sup>bcB</sup>	6,46±0,76 <sup>bcB</sup>
	90	5,41±0,53 <sup>cB</sup>	6,49±0,90 <sup>cB</sup>

Küçük harfler depolama süresindeki önemli farkları göstermektedir. p<0.05

Büyük harfler kültürler arasındaki önemli farkları göstermektedir. p<0.05

M, mezofilik; T, termofilik

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada olgunlaştırma süresinin ve farklı starter kültür kullanımının salamurada olgunlaştırılmış beyaz peynirlerin kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Mezofilik (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* ve *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*) ve termofilik (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) kültürler kullanılarak üretilen beyaz peynir örnekleri standartlara uygun olarak üretilmiş ve olgunlaştırılmıştır. Örneklerin kullanılan starter kültüre ve olgunlaşma süresine bağlı olarak



kurumadde, yağ, titrasyon asitliği, pH, suda çözünen azot gibi kimyasal özelliklerinde farklılıklar belirlenmiştir. Çalışmanın temelini oluşturan laktoz miktarlarına bakıldığında mezofilik kültür kullanılarak üretilen beyaz peynirlerin termofilik kültür kullanılarak üretilen beyaz peynirlere göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte farklı proteolitik aktivitelere ve asit oluşturma kabiliyetine sahip termofilik ve mezofilik suşların laktoz miktarı ve olgunlaşmadaki biyokimyasal değişimler üzerine etkisinin suşların beyaz peynir üretiminde kullanılabilirliğinin belirlenmesi açısından önemli olduğu gözlenmiştir.

## 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kırklareli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (Proje No: KLÜBAP-38) tarafından desteklenmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Yetişemiyen, A., Sezgin, E., Atamer, M., Koçak, C., Gürsel, A., Gürsoy, A. Süt Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara. 2010.
- [2] Topçu, A., Saldamlı, İ. Proteolytical, chemical, textural and sensorial changes during the ripening of Turkish white cheese made of pasteurized cow's milk. International Journal of Food Properties, 9 (4), 665-678, 2006.
- [3] McSweeney, P. L. H., Fox, P. F. Chemical methods for the characterization of proteolysis in cheese during ripening. Le lait, 77(1), 41-76, 1997.
- [4] McSweeney, P. L. H., Fox, P. F. Metabolism of residual lactose and of lactate and citrate. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, 1, 361-371, 2004.
- [5] Yaygın, H., Kılıç, S. Süt endüstrisinde saf kültür. Altındağ Matbaacılık, 107, 1993.
- [6] Üçüncü, M. 2004. A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi. Meta Basım Matbaacılık İşleri, İzmir. 2004.
- [7] Leclercq-Perlat, M. N., Sicard, M., Trelea, I. C., Picque, D., Corrieu, G. Temperature and relative humidity influence the microbial and physicochemical characteristics of Camembert-type cheese ripening. Journal of Dairy Science, 95(8), 4666-4682, 2012.
- [8] Masoud, W., Jakobsen, M. The combined effects of pH, NaCl and temperature on growth of cheese ripening cultures of *Debaryomyces hansenii* and coryneform bacteria. International Dairy Journal, 15(1), 69-77, 2005.

- [9] Tunçtürk, Y., Yarımbatman, S. Peynirde proteoliz tipine ve oranına etki eden faktörler. *Gıda*, 30(1), 9-14, 2005.
- [10] Rynne, N. M., Beresford, T. P., Kelly, A. L., Guinee, T. P. Effect of milk pasteurisation temperature on age-related changes in lactose metabolism, pH and the growth of non-starter lactic acid bacteria in half-fat Cheddar cheese. *Food Chemistry*, 100(1), 375-382, 2007.
- [11] Metin, M. Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 2008.
- [12] Gripon, J. C., Desmazeaud, M. J., Le Bars, D., Bergere, J. L. Etude du rôle des micro-organismes et des enzymes au cours de la maturation des fromages. II.-Influence de la présure commerciale. *Le lait*, 55(548), 502-516, 1975.
- [13] Uraz, T., Şimşek, B. Ankara piyasasında satılan beyaz peynirlerin proteoliz düzeylerinin belirlenmesi. *Gıda*, 23(5), 371-375, 1998.
- [14] Şimşek, B., Sağdıç, O. Isparta ve yöresinde üretilen dolaz (tort) peynirinin bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 346-351, 2006.
- [15] Kaptan, B. Farklı Bakteri Kültürlerinin Beyaz Peynir Yapımında Uygunluğunun Ve Biyojen Amin Oluşturma Riskinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
- [16] Zomorodi, S., Asl, A. K., Rohani, S. M. R., Miraghaei, S. Survival of *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium bifidum* in free and microencapsulated forms on Iranian white cheese produced by ultrafiltration. *International Journal of Dairy Technology*, 64(1), 84-91, 2011.
- [17] Dağdemir, E., Özdemir, S. (2006). Salamura beyaz peynirlerden izole edilen laktik asit bakterilerinin tanımlanması ve seçilen bazı izolatların kültür olarak kullanılabilme olanakları, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 2006.
- [18] Karaca, O. B. Mikrobiyel kaynaklı proteolitik ve lipolitik enzim kullanımının beyaz peynirlerin özellikleri ve olgunlaşmaları üzerine etkileri, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 2007.
- [19] Erkaya T. Probiyotik kültürlerle üretilen Beyaz peynirlerin olgunlaşma süresince bazı kalite özellikleri ve oluşan peptitlerin biyoaktivitesinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 2014.

- [20] Axelsson, L. Lactic Acid Bacteria: Classification and Physiology. Food Science and Technology-New York-Marcel Dekker, 139, 1-66, 2004.
- [21] Kılıç, S. Süt Endüstrisinde Laktik Asit Bakterileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 542, 2008.
- [22] Gürsel, A., Tunail, N., Gürsoy, A., Ergül, E., Aydar, L. Y. Yerli ve ithal fekal ve streptokoklar ile laktobasil içeren starter kombinasyonlarının Beyaz peynir üretiminde kullanılması. Kükem dergisi, (7), 1-14, 1994.
- [23] Polychroniadou, A. Objective indices of maturity of Feta and Teleme cheese. Milchwissenschaft, 49(7), 376-379, 1994.
- [24] Prieto, B., Urdiales, R., Franco, I., Fresno, J. M., Carballo, J. "Quesucos de Liébana" cheese from cow's milk: biochemical changes during ripening. Food Chemistry, 70(2), 227-233, 2000.
- [25] Pappa, H. C., Anyfantakis, E. M. Effect of concentrated starter cultures on the manufacture of Feta cheese. Milchwissenschaft, 56(6), 325-329, 2001.
- [26] Michaelidou, A., Alichanidis, E., Urlaub, H., Polychroniadou, A., Zerfiridis, G. K. Isolation and identification of some major water-soluble peptides in Feta cheese. Journal of Dairy Science, 81(12), 3109-3116, 1998.
- [27] Dinkçi, N., Göncü, S. Mucor miehei' den elde edilen lipaz (Piccantase A) enziminin Beyaz peynirin olgunlaşmasında kullanılması üzerine araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37(2-3), 141-148, 2000.
- [28] Dağdemir, E., Celik, S., Ozdemir, S. The effects of some starter cultures on the properties of Turkish White cheese. International Journal of Dairy Technology, 56(4), 215-218, 2003.
- [29] Kara, R. Geleneksel bir peynir: Afyon tulum peynirinin karakterizasyonu ve deneysel olarak inokule edilen Brucella abortus ve Brucellamelitensis suşlarının üreme ve canlı kalma yeteneklerinin araştırılması, Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Besin/Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 2011.

## ÜÇLÜ KUANTUM TELİNDE MANYETİK ALAN VE LAZER ALAN'NIN ELEKTRONİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Mustafa ULAŞ<sup>1\*</sup>, Irmak DÖNMEZER<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Kırklareli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 39100 KIRKLARELİ

<sup>2</sup>Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

### ÖZET

Üçlü kare kuyu tel sistemine dışarıdan uygulanan manyetik ve lazer alan etkisi altında yapının içinde bulunan bir elektronun hidrojenimsi yabancı atoma bağlanma enerjisi hesaplandı. Bağlanma enerjisinin, dışarıdan uygulanan etkilere duyarlılığı, farklı tel boyutları dikkate alınarak gösterildi. Üçlü kuantum tel yapısı olarak GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As yarıiletkenlerinin kullanıldığı kuantum tel kuyusu düşünüldü. Uygulanan manyetik alan tel eksenine paralel negatif z yönünde ve aynı şekilde, lazer alan tel eksenine paralel negatif z doğrultusunda olacak şekilde seçildi. Hesaplamalarda sonlu farklar nümerik diferansiyel denklem çözme yöntemi kullanıldı. Elektron bant enerjilerinin, uygulanan alanlara ve tel kalınlığına nasıl bağlı olduğu gösterildi. Bu tür yapıların elektronik özelliklerinin anlaşılması için deneysel çalışmalara göre daha ekonomik ve daha hızlı sonuç elde edileceği gösterildi.

**Anahtar Kelimeler:** Üçlü kuantum teli, bağlanma enerjisi, manyetik alan, lazer alan.

### THE EFFECT OF MAGNETIC FIELD AND LASER FIELD ON THE ELECTRONIC FEATURES OF THE TRIPLE QUANTUM WIRE

#### ABSTRACT

The binding energy of an electron in the structure under the influence of magnetic and laser field applied externally to the triple square well wire system was calculated. The sensitivity of the binding energy to externally applied effects was demonstrated by considering different wire sizes. Quantum wire well was considered, using the GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As semiconductors as a triple quantum wire structure. The applied magnetic field was chosen to be in the negative z direction parallel to the wire axis and likewise, the laser field to be in the negative z direction parallel to the wire axis. In calculations, finite difference numerical differential equation solving method was used. How electron band energies depend on applied areas and wire thickness was shown. In order to understand the electronic properties of such structures, it has been shown that more economical and faster results will be obtained than experimental studies.

**Keywords:** Triple quantum wire, binding energy, magnetic field, laser field

Corresponding author: mustafa.ulash@klu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-4498-588X>

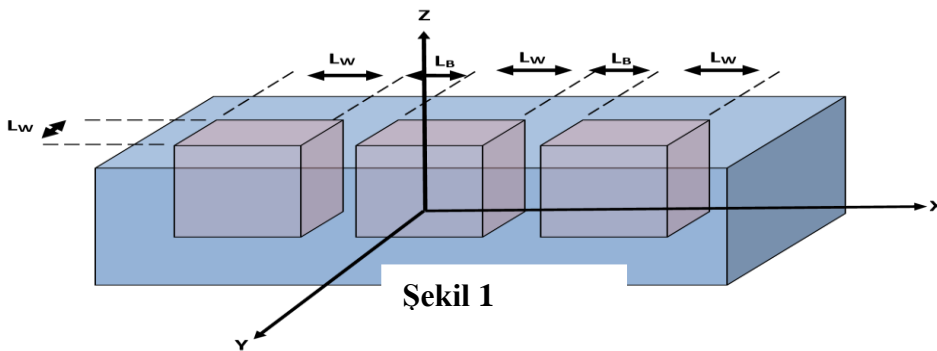
## 1.GİRİŞ

Son yılların teknolojik gelişmeleri çok katmanlı yapıların kolaylıkla yapılabilmesine imkân sağlamıştır. Bu teknolojik gelişmeler sonucunda birçok bilimsel çalışmalar düşük boyutlu yapılar üzerine yoğunlaşmıştır. Son nesil teknolojik cihazların önemli parçalarından olan düşük boyutlu yarıiletken yapıların fiziksel ve optik özellikleri son yıllarda birçok bilim insanı tarafından çalışılan popüler bir alan olmuştur. Yarı iletken kuantum kuyuları ve tellerinde eksitonik bağlanma enerjisi hesaplanmış [1], çift engelli asimetrik çoklu kuyularda tel geçiş katsayısı çalışılmıştır [2]. Silindirik kuantum tel kuyusunun merkezindeki bir yabancı atomun bağlanma enerjisi varyasyon yöntemi kullanılarak hesaplanmış, bağlanma enerjisinin tel kalınlığı ile değişimi gösterilmiştir [3-5].

Dışarıdan uygulanan manyetik alanın tel kuyuları üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak ele alınarak sonuçlar tartışılmıştır [6-9]. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda eşit potansiyel engelli simetrik ve asimetrik kuantum yapılarında elektron geçişleri, lazer alan altında incelenmiş, potansiyel görünüşleri ve geçiş katsayısının lazer giydirme parametresine bağlılığı gösterilmiştir [10,11].

Bu çalışmada üçlü kare kesitli kuantum tel kuyularda bulunan bir elektronun, sonradan bu yapıya katılanmış yabancı bir atoma bağlanma enerjisi, kuyu genişliğine, dışarıdan uygulanan manyetik ve lazer alan şiddetine bağlılığı, sonlu farklar nümerik yöntemini kullanılarak teorik olarak hesaplanmıştır.

## 2. TEORİ



**Şekil 1:** Çok katmanlı kuantum tel kuyusunun şematik gösterimidir. Mavi renkli kısımlar Al<sub>x</sub> Ga<sub>1-x</sub>As, kırmızı taraflı kısımlar GaAs yarı iletkenleridir. Buradaki x Al konsantrasyonudur.

Şekil 1 de şematik şekli verilen kare kesitli GaAs/Alx Ga1-x As üçlü kuantum teli içindeki bir elektronun, etkin kütle yaklaşımı altında harici alanlar içermeyen Hamilton denklemi

$$H = -\frac{\hbar^2}{2m^*} \left[ \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] + V(x, y) \quad (1)$$

ile verilir. Burada  $m^*$  elektronun indirgenmiş kütlesi,  $e$  ise elektronun yüküdür. Denklemdaki  $V(x,y)$  ise elektronun bu yapı içerisindeki  $x$  ve  $y$  yönünde hareket ederken ki gördüğü potansiyeldir.

$$V(x, y) = \begin{cases} 0, & -\frac{3L_W}{2} - L_B < x < -\frac{L_W}{2} - L_B \quad |y| < \frac{L_W}{2} \\ 0, & -\frac{L_W}{2} < x < \frac{L_W}{2} \quad |y| < \frac{L_W}{2} \\ 0, & \frac{L_W}{2} + L_B < x < \frac{3L_W}{2} + L_B \quad |y| < \frac{L_W}{2} \\ V_0, & \text{Diğer yerlerde} \end{cases} \quad (2)$$

Bu üçlü kuantum tel yapısına eksi  $z$  doğrultusunda ve  $x$  yönünde polarize olmuş dışarıdan yüksek frekanslı lazer alanı hem de eksi  $z$  doğrultusunda düzgün manyetik alan uygulandığında Hamiltonyen denklemi, etkin Rydberg  $R^* = (m^* e^4 / 2 \epsilon_0^2 \hbar^2)$  ve etkin Bohr yarıçapı  $a^* = (\epsilon_0 \hbar^2 / m^* e^2)$  boyutunda aşağıdaki gibi olur.

$$H = -\left[ \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] + V_{DC}(x, y, \alpha(t)) + \frac{\gamma^2}{4}(x^2 + y^2) \quad (3)$$

Burada dışarıdan üniform şekilde uygulanan manyetik alandan dolayı potansiyele gelen katkı terimindeki ve manyetik alan şiddetini betimleyen  $\gamma = (e \hbar B(\text{Tesla})) / (2m^* c R^*)$  ile verilir.  $V_{DC}$  ise dışarıdan uygulanan yüksek frekanslı lazerin potansiyel profili üzerindeki değişikliği betimleyen giydirilmiş potansiyel olarak isimlendirilir. Buradaki  $\alpha(t) = \alpha_0 \cos(\omega t)$  uygulanan lazerin zamana göre değişimini,  $\alpha_0 = \frac{e A_0}{m^* \omega}$  ise lazerin şiddetini betimleyen parametredir,  $A_0$  uygulanan lazerin genliği,  $\omega$  ise uygulanan lazerin frekansıdır. Yapıya dışarıdan uygulanan lazerin yüksek frekansları için  $V_{DC}$  giydirilmiş potansiyel yaklaşık olarak aşağıdaki gibi olur.

$$V_{DC}(x, y, \alpha_0) = \frac{w}{2\pi} \int_0^{2\pi/w} V(x + \alpha(t), y) dt. \quad (4)$$

Elektronun taban durum enerji  $[E]$  değerini ve dalga fonksiyonunu  $[\psi(x, y)]$  bulmak için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$H\psi(x, y) = E\psi(x, y) \quad (5)$$

Bu iki boyutlu diferansiyel denkleme sonlu farklar nümerik yöntemi kullanılarak, taban durum enerji özdeğeri ve özdeğer vektörü bulunur. Bu yapıya katkılanmış yabancı atom için, elektron yabancı atom etkileşmesini içeren Hamiltonyen denklemi aşağıdaki gibidir.

$$H_{imp} = H - \frac{2}{\varepsilon\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2+z^2}} \quad (6)$$

Buradaki  $\varepsilon$  elektronun  $x, y$  ekseninde hareket ettiği koordinattaki ortamın dielektrik (perdeleme esnasında gördüğü) sabitidir. Denklemdaki  $x_i$  ve  $y_i$  ise hidrojenimsi yabancı atomun sistemdeki koordinatıdır. Bu çalışmada  $x_i$  ve  $y_i$  sistemin merkezinde alınmıştır ( $x_i = 0$  ve  $y_i = 0$ ). Bu diferansiyel denklemin çözümü için aşağıdaki gibi varyasyonel deneme dalga fonksiyonu kullanılmıştır. Bu dalga fonksiyonu

$$\psi_{imp}(x, y, z) = N_{imp}\psi(x, y)e^{-\frac{\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2+z^2}}{\lambda}} \quad (7)$$

ile verilir. Buradaki  $N_{imp}$ . deneme dalga fonksiyonunun normalizasyon sabiti,  $\lambda$  deneme dalga fonksiyonunun varyasyonel parametresidir. Yabancı atomlu yapının içinde bulunan elektronun enerjisi

$$E_{imp} = \left\{ \frac{\langle \psi_{imp}(x, y, z) | H_{imp} | \psi_{imp}(x, y, z) \rangle}{\langle \psi_{imp}(x, y, z) | \psi_{imp}(x, y, z) \rangle} \right\}_{\lambda_{minimum}} \quad (8)$$

ile verilir. Yabancı ortamdaki sistemin içinde bulunan bir elektronun yabancı atoma bağlanma enerjisi ise

$$E_{bağlanma} = E - E_{imp} \quad (9)$$

$$\cong -\frac{1}{\lambda^2} + \frac{2A}{B} \quad (10)$$

$$A = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (\psi^2(x, y) K_0(2\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}/\lambda)) dx dy \quad (11)$$

$$B = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (\psi^2(x, y) \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} K_1(2\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}/\lambda)) dx dy \quad (12)$$

ile hesaplanır. Burada sırası ile  $K_0$  ve  $K_1$ . sıfıncı ve birinci dereceden düzeltilmiş Bessel fonksiyonlarıdır.

### 3. SONUÇ VE TARTIŞMA

GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As üçlü kuantum tel kuyularında sabitler göz önüne alındığında,  $a^* \cong 100$  Å ve  $R^* \cong 5.7$  meV, Al konsantrasyonu  $x=0.3$  alındı. Bu değer potansiyel bariyerin yaklaşık  $V_0=224$  meV değerlerine karşı gelir. Tüm hesaplamalarda bariyer genişliği  $0.5 a^*$  olarak ele alınmıştır.

Şekil 2a' da sistemin merkezine konulmuş ( $x_i=0, y_i=0$ ) yabancı atoma elektronun bağlanma enerjisinin, tel kalınlığına göre değişimi incelenmiştir. Bu grafikte dışarıdan lazer uygulanmayıp ( $\alpha=0$ ), üç farklı manyetik alan değeri uygulanmıştır. ( $B=0-1-2$  Tesla). Bağlanma enerjisi, tel kalınlığı arttıkça azalmaktadır. Bunun nedeni tel kalınlığı arttıkça elektron daha geniş alana yayılarak merkezdeki yabancı atomdan uzaklaşmasıdır. Uygulanan manyetik alanlar ise bağlanma enerjisini artırmaktadır. Yani elektronun merkezdeki yabancı atoma bağlanma enerjisi manyetik alansız duruma göre daha artmıştır. Bunun nedeni ise, Şekil 2 b-c-d-e de görüldüğü üzere, dışarıdan uygulanan artı z doğrultusundaki manyetik alan, elektronun gördüğü potansiyeli değiştirmesindedir. Bu durumda daha önceden merkezdeki telden uzaklaşan elektron, merkeze doğru çekilerek yabancı atoma yaklaşmış ve bağlanma enerjisi artmıştır.

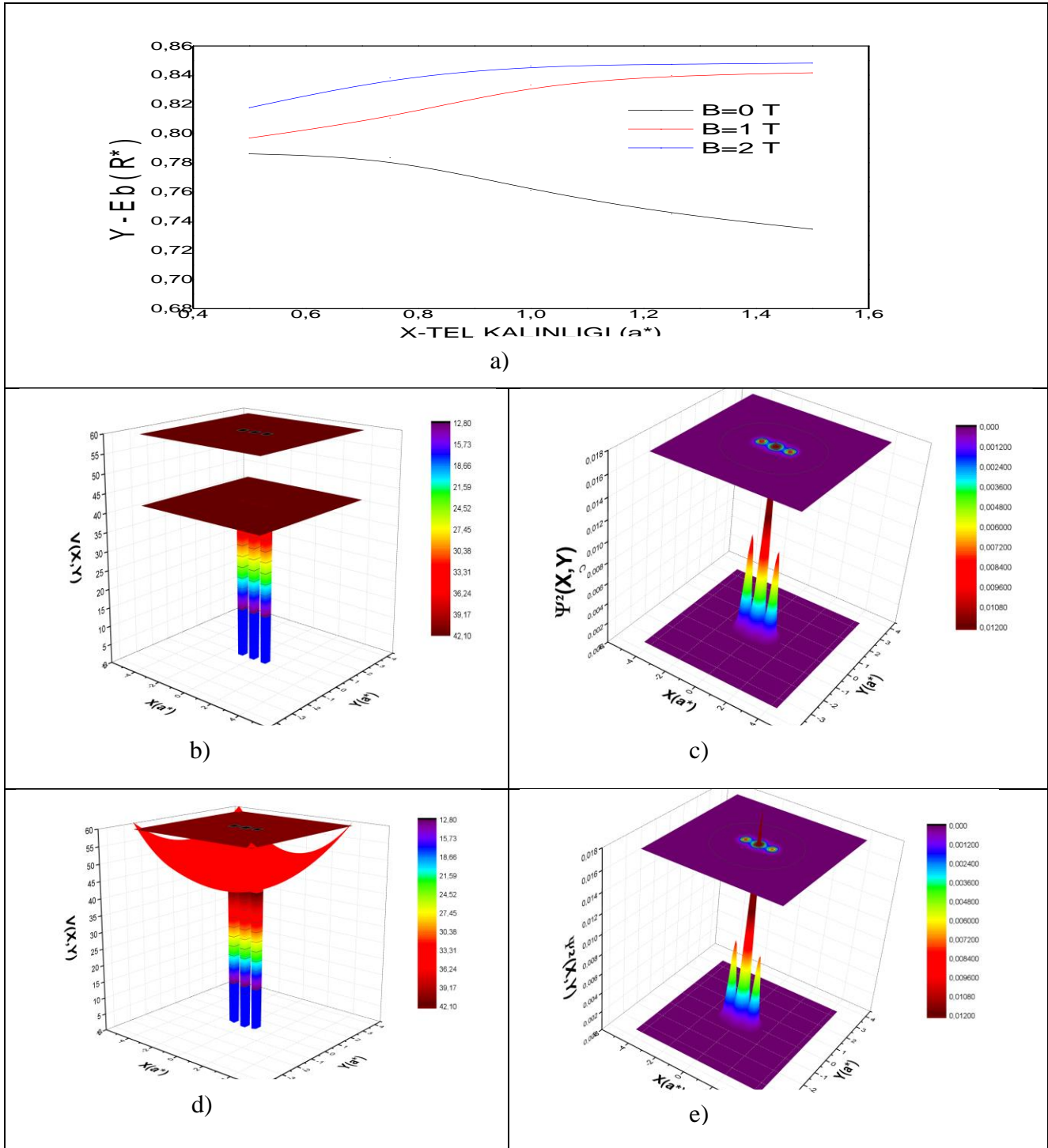
Şekil 3a'da sistemin merkezine konulmuş ( $x_i=0, y_i=0$ ) yabancı atoma elektronun bağlanma enerjisinin, tel kalınlığına göre değişimi incelenmiştir. Bu grafikte dışarıdan uygulanan farklı manyetik alan değerlerinde ( $B=0, 1, 2$  Tesla), lazer alanın sabit değeri ( $\alpha=0.75a^*$ ) için bağlanma enerjisinin arttığı gözlenmiştir. Tel kalınlığı artarken bağlanma enerjisinin artması, dışarıdan uygulanan lazer ve manyetik alanın, her ikisinin de artma yönünde katkı verdiğini görmekteyiz. Bunun nedeni dışarıdan uygulanan bu iki alanın, geniş kuyularda, elektronun bölgeye yayılarak yabancı atomdan uzaklaşmasına engel olmasındandır. Uygulanan lazer alan, bağlanma enerjisini,



geniş kuyularda manyetik alandan daha fazla artırmaktadır. Yani elektronun merkezdeki yabancı atoma bağlanma enerjisini, lazer alan daha büyük değerlere getirmektedir. Bunun nedeni ise, Şekil 3 b-c-d-e’de görüldüğü üzere, dışarıdan eksi z doğrultusunda uygulanan polarize olmuş lazer alan, elektronun gördüğü potansiyeli değiştirmesindedir. Bu durumda daha önceden merkezdeki telde yoğunlaşan elektron, merkez civarına yoğunlaşarak, yabancı atoma daha da yaklaşması ile bağlanma enerjisini arttırmıştır.

Şekil 4a’da sistemin merkezine konulmuş ( $x_i=0, y_i=0$ ) yabancı atoma elektronun bağlanma enerjisinin, manyetik alan şiddetine göre değişimi incelenmiştir. Bu grafikte dışarıdan lazer uygulanmayıp ( $\alpha=0$ ), beş farklı tel kalınlığı (0.50-0.75-1.00-1.25-1.50 a\*) seçilmiştir. Tel kalınlığı arttıkça bağlanma enerjisi Şekil 4a’da görüldüğü gibi artmaktadır. Eksi z doğrultusunda dışarıdan uygulanan manyetik alan şiddeti arttıkça, küçük tel kalınlıklarında bağlanma enerjisinin yavaş arttığı, tel kalınlığının artması ile bağlanma enerjisindeki artışın hızlandığı görülmektedir. Şekilden, manyetik alanın 0.45 Tesla olduğu kesişme tel kalınlığı 0.5a\* ile 0.75a\* iken ikinci kesişme noktası yaklaşık 0.9 Tesla değerinde ve tel kalınlığı 1a\*-1,5a\* dır. Manyetik alan etkisi tel kalınlığının düşük olduğu bölgede az, tel kalınlığının fazla olduğu bölgede daha etkin olduğunu görebiliriz. Bağlanma enerjisindeki bu artışın nedeni ise, Şekil 4 b-c-d-e’de görüldüğü üzere, dışarıdan uygulanan eksi z doğrultusundaki manyetik alan, elektronun gördüğü potansiyeli değiştirmesindedir. Bu durumda daha önce kenarlarda yoğunlaşan elektron, artık merkeze doğru çekilerek yabancı atoma doğru itilmiş ve bağlanma enerjisi artmıştır.

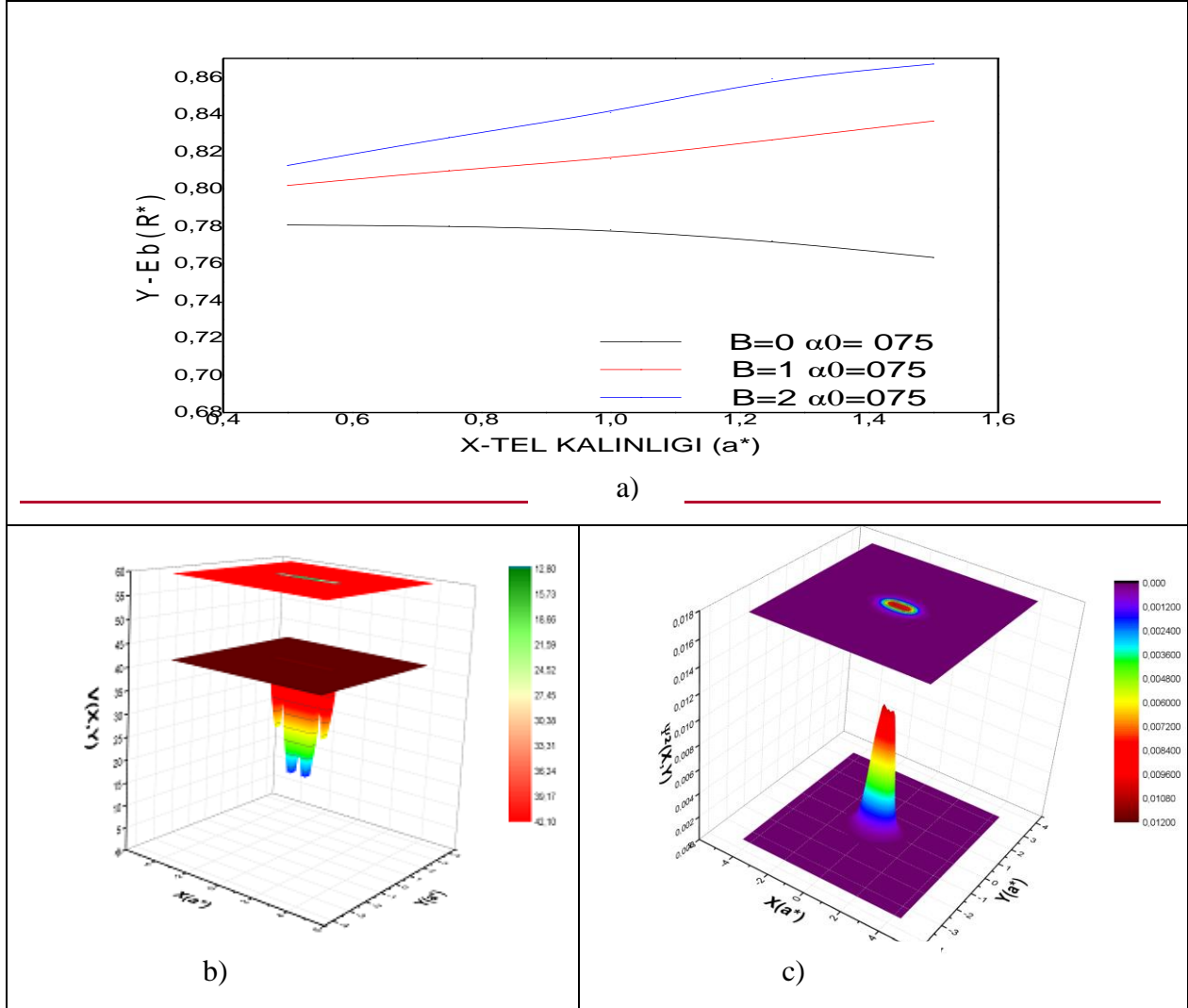
Hesaplamalar sonucunda sabit bir yapının elektronik özellikleri dışarıdan uygulanan lazer ve manyetik alanları ile önemli ölçüde değiştiği gösterilmiştir. Bulunan bu değerler literatürle karşılaştırılarak uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir. Dışarıdan uygulanan bu alanlar kaldırıldığında, yapının elektronik özellikleri eski halindeki özelliklerine geri dönmektedir. Böylece dışarıdan uygulanan alanlar ile istenilen elektronik özellikler ayarlanabilen düşük boyutlu yapılar oluşturulabilir.

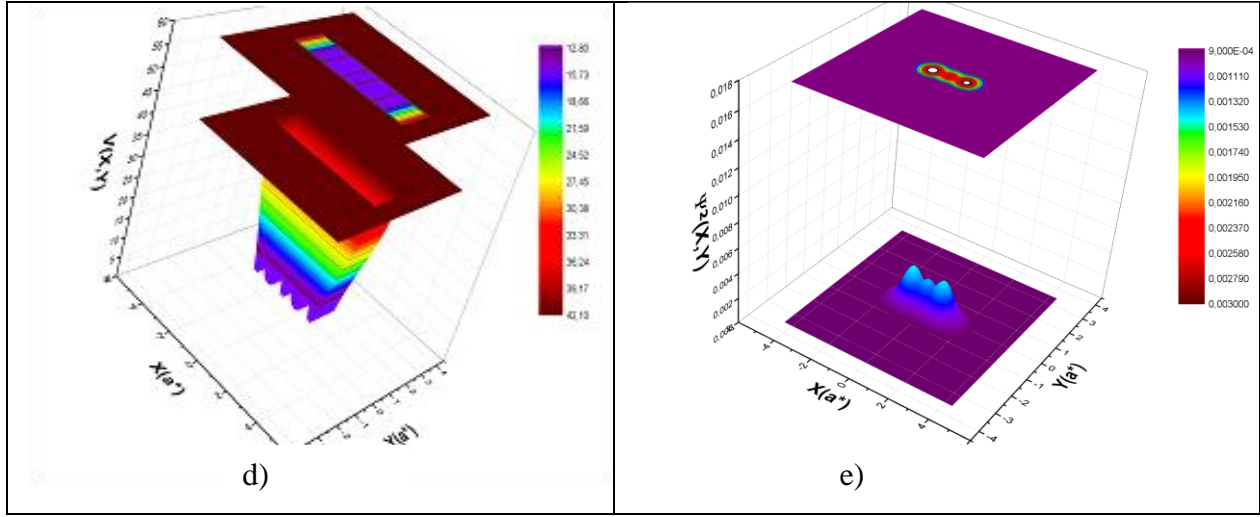


Şekil 2

**Şekil 2:** a) Bağlanma enerjisinin, farklı manyetik alan değerlerinde ve lazer alansız, tel genişliğine göre değişimi. b) Tel kalınlığının  $0.50a^*$  değerinde manyetik ve lazer alansız elektronun gördüğü potansiyel profili. c) Tel kalınlığının  $0.50a^*$  değerinde manyetik ve lazer alansız elektronun

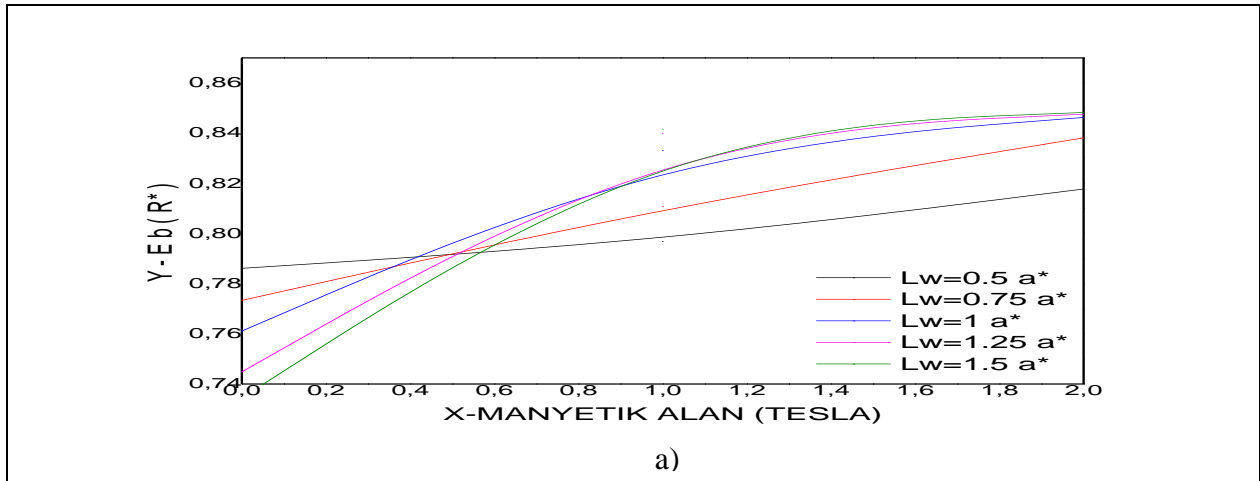
bulunma olasılığı. **d)** Tel kalınlığının  $0.50a^*$  olduğu durumda, manyetik alan 1 Tesla değerinde ve lazer alansız elektronun gördüğü potansiyel profili. **e)** Tel kalınlığının  $0.50a^*$  olduğu durumda, manyetik alan 1 Tesla değerinde ve lazer alansız elektronun bulunma olasılığı.

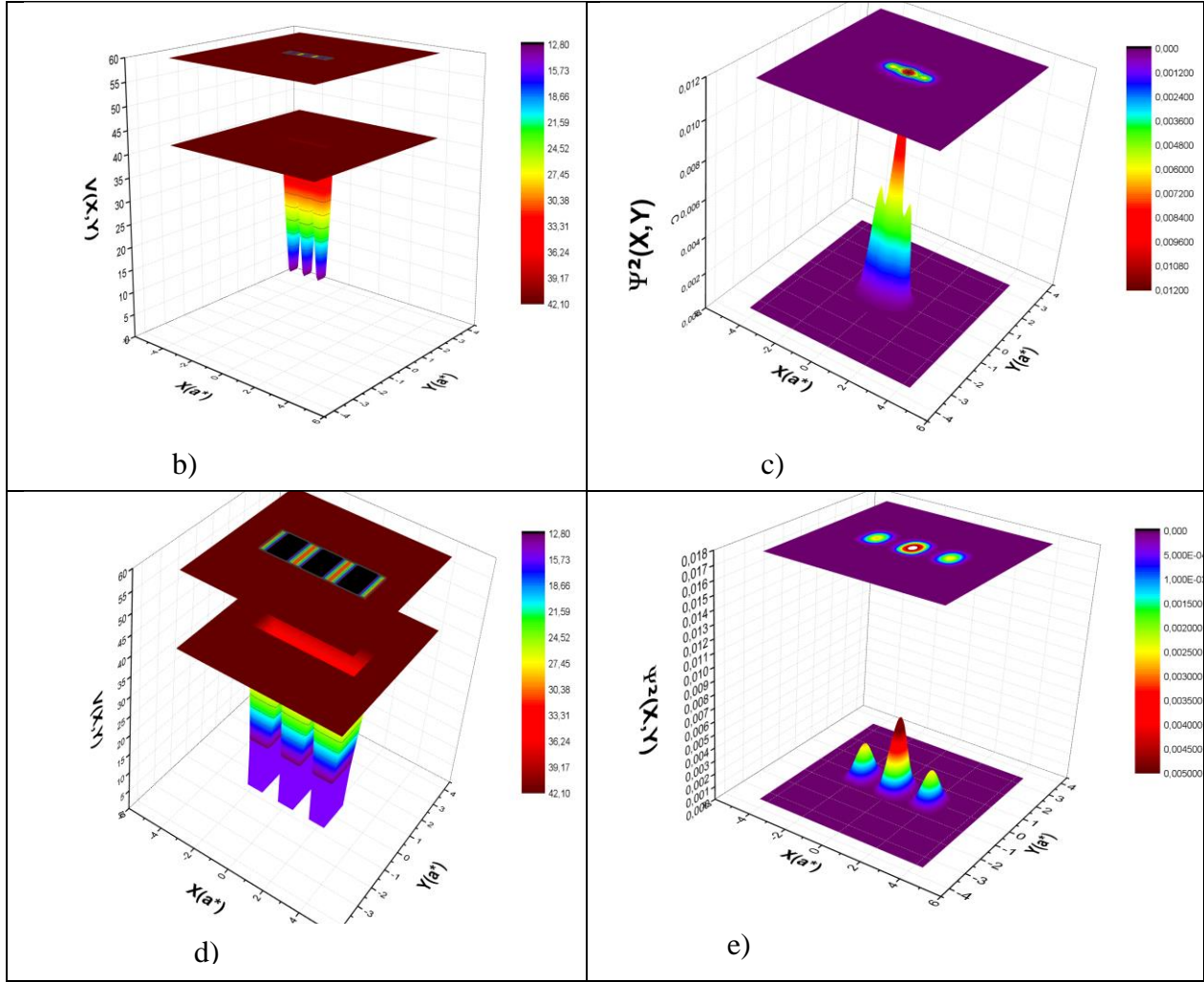




Şekil 3

**Şekil 3:** a) Bağlanma enerjisinin, lazer alanın  $0.75a^*$  şiddetinde ve farklı manyetik alan değerlerinde, tel kalınlığına göre değişimi. b) Tel kalınlığının  $0.50a^*$  değerinde manyetik alansız ve lazer alanın  $0.75a^*$  değerinde elektronun gördüğü potansiyel profili. c) Tel kalınlığının  $0.50a^*$  değerinde lazer alan  $0.75a^*$  şiddetinde, manyetik alansız elektronun bulunma olasılığı. d) Tel kalınlığının  $1.50a^*$  olduğu durumda, lazer alanın  $0.75a^*$  şiddetinde ve manyetik alansız elektronun gördüğü potansiyel profili. e) Tel kalınlığının  $1.50a^*$  olduğu durumda, lazer alanın  $0.75a^*$  şiddetinde ve manyetik alansız elektronun bulunma olasılığı.





Şekil 4

Şekil 4: a) Bağlanma enerjisinin, farklı tel kalınlık değerlerinde ve lazer alansız, manyetik alana göre değişimi. b) tel kalınlığının  $0.50a^*$  değerinde manyetik alansız ve lazer alanı  $0.25a^*$  olduğu durumda elektronun gördüğü potansiyel görünüşü. c) tel kalınlığının  $0.50a^*$  değerinde manyetik alansız ve lazer alanı  $0.25a^*$  olduğu durumda elektronun bulunma olasılığı. d) tel kalınlığının  $1.50a^*$  olduğu durumda, manyetik alansız lazer alanı  $0.25a^*$  olduğu durumda elektronun gördüğü potansiyel profili. e) tel kalınlığının  $1.50a^*$  olduğu durumda, manyetik alansız ve lazer alanı  $0.25a^*$  olduğu durumda elektronun bulunma olasılığı.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] ZHANG, Y., MASCARENHAS, A., Scaling of exciton binding energy and virial theorem in semiconductor quantum wells and wires. *Physical Review B*, 59, 2044-2044, 1999.
- [2] HAMAGUCHI, H., YAMAMOTO, H., YAMADA, N., Resonant tunneling transmission characteristics and tunneling time in asymmetrical double-barrier structures with multiple prewells. *Jpn. J. Appl. Phys*, 43, 5157-5165, 2004.
- [3] BOUHASSOUNE, M., CHARROUR, R., FLİYOU, M., BRİA, D., NOUGAOUI, A., Binding energy of shallow impurities in polar quanyum well wire. *Physica B*, 304, 389-397, 2001.
- [4] CHUU, D.S., HSIAO, C.M., MEI, W.N., Hydrogenic impurity states in quantum dots and quanyum wires. *Physical Review B*, 46, 3898-3905, 1992.
- [5] KOREPOW, SV., LİBERMAN, MA., Transport properties of double quantum wires in magnetic field. *Physica B*, 259-261, 1028-1029, 1999.
- [6] EL-SAİD, M., TOMAK, M., Magnetic-field dependence of hydrogenic impurity states in a quantum well wire. *Nuovo Cimento*, 13, 165-168, 1991.
- [7] VİLLAMİL, P., PORRAS-MONTENEGRO, N., Binding and transition energies of shallow impurities in cylindrical GaAs quantum-well wires under a uniform magnetic field. *J. Phys. Condens. Matter*, 10, 10599-10612, 1998.
- [8] XIAO, Z., ZHU, J., HE, F., Impurity binding energy of a cylindrical quantum wire in a magnetic field. *Phys. Stat.Sol.(b)*, 191, 401-408.
- [9] NICULESCU, E., GEARBA, A., CONE, G., NEGUTU, C., Magnetic field dependence of the binding energy of shallow donor in GaAs quantum-well wires. *Superlattices and Microstructures*, 29, 319-328, 2001.
- [10] AKTAS, S., BİLEKKAYA, A., BOZ, F. K. OKAN, S. E., Electron transmission in symmetric and asymmetric double-barrier structure controlled by laser field. *Superlattices and Microstructures*, 85, 266-273, 2015.
- [11] AKTAS, S., KES, H., BOZ, F.K., OKAN, S. E., Control of a resonant tunneling structure by intense laser field. *Superlattices and Microstructures*, 98, 220-227, 2016



**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, <http://dergipark.ulakbim.gov.tr> adresine 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 <http://dergipark.ulakbim.gov.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://fbederigi.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"