



*Uluslararası Fen ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi  
International Journal of Science and Technology Research*

Yıl  
Year **2017**

Cilt  
Volume **1**

Sayı  
Number **1**

ISSN: 2587-0742

teknoloji  
dergisi  
science international  
fen journal  
**bilge**  
technology  
uluslararası  
research

Kutbilge Akademisyenler Derneği  
ISPARTA



## BILGE INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH BİLGE ULUSLARARASI FEN VE TEKNOLOJİ ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

---

VOL:1    ISSUE:1    2017    ISSN:2587-0742

---

**Owner:**

Dr. Hamza KANDEMİR

**Editör:**

Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

**Assistant to Editor:**

Prof. Dr. Mehmet KILIÇ  
Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ  
Asst. Prof. Dr. Mustafa KARABOYACI

**Technical editors:**

Res. Asst. Abdullah BERAM  
Instructor Serkan ÖZDEMİR

**Technical Assistant:**

Alican ÇIVGA  
Aslan MERDİN  
Tunahan ÇINAR

**Office Work:**

Instructor Doğan AKDEMİR

**Cover designer:**

Res. Asst. Abdullah BERAM

**Press:**

Copy32 press-ISPARTA

**Contact:**

Kutbilge Association of Academicians,  
32040, Isparta

**Web** : [dergipark.gov.tr/bilgesci](http://dergipark.gov.tr/bilgesci)

**E-mail** : [kutbilgescience@gmail.com](mailto:kutbilgescience@gmail.com)

**Editorial Board:**

Ahmet AKSOY, Prof. Dr.  
*Akdeniz University, Turkey*  
Amer KANAN  
*Al-Quds University, Palestine*  
Ender MAKİNECİ, Prof. Dr.  
*İstanbul University, Turkey*  
Gülcan ÖZKAN, Prof. Dr.  
*Süleyman Demirel University, Turkey*  
İbrahim ÖZDEMİR, Prof. Dr.  
*Süleyman Demirel University, Turkey*

Rene van den HOVEN, Prof. Dr.  
*University of Vet. Medicine Vienna, Austria*  
Semra KILIÇ, Prof. Dr.  
*Süleyman Demirel University, Turkey*  
Ali Cesur ONMAZ, Assoc. Prof. Dr.  
*Erciyes University, Turkey*  
Halil GÖKÇE, Assoc. Prof. Dr.  
*Giresun University, Turkey*  
Kubilay AKÇAOZOĞLU, Assoc. Prof. Dr.  
*Niğde Ömer Halisdemir University, Turkey*

Ayşe KOCABIYIK, Asst. Prof. Dr.  
*Süleyman Demirel University, Turkey*  
Aziz ŞENCAN, Asst. Prof. Dr.  
*Süleyman Demirel University, Turkey*  
Fecir DURAN, Asst. Prof. Dr.  
*Gazi University, Turkey*  
Kubilay TAŞDELEN, Asst. Prof. Dr.  
*Süleyman Demirel University, Turkey*  
Nuri Öztürk, Asst. Prof. Dr.  
*Giresun University, Turkey*  
Ramazan ŞENOL, Asst. Prof. Dr.  
*Süleyman Demirel University, Turkey*  
Şule Sultan UĞUR, Asst. Prof. Dr.  
*Süleyman Demirel University, Turkey*



## BILGE INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH BİLGE ULUSLARARASI FEN VE TEKNOLOJİ ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

---

CILT:1    NO:1    2017    ISSN:2587-0742

---

**İmtiyaz sahibi:**  
Dr. Hamza KANDEMİR

**Editör:**  
Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

**Editör Yardımcıları:**

Prof. Dr. Mehmet KILIÇ  
Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ  
Yrd. Doç. Dr. Mustafa KARABOYACI

**Teknik Editörler:**  
Arş. Gör. Abdullah BERAM  
Öğr. Gör. Serkan ÖZDEMİR

**Teknik Yardımcılar:**  
Alican ÇIVGA  
Aslan MERDİN  
Tunahan ÇINAR

**Büro İşleri:**  
Öğr. Gör. Doğan AKDEMİR

**Kapak Tasarım:**  
Arş. Gör. Abdullah BERAM

**Baskı:**  
Copy32 Matbaa-ISPARTA

**İletişim:**  
Kutbilge Akademisyenler Derneği,  
32040, Isparta  
**Web** : [dergipark.gov.tr/bilgesci](http://dergipark.gov.tr/bilgesci)  
**E-mail** : [kutbilgescience@gmail.com](mailto:kutbilgescience@gmail.com)

**Danışma Kurulu:**

Ahmet AKSOY, Prof. Dr.  
*Akdeniz Üniversitesi, Türkiye*

Amer KANAN  
*Al-Quds Üniversitesi, Filistin*

Ender MAKİNECİ, Prof. Dr.  
*İstanbul Üniversitesi, Türkiye*

Gülcan ÖZKAN, Prof. Dr.  
*Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye*

Ibrahim ÖZDEMİR, Prof. Dr.  
*Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye*

Rene van den HOVEN, Prof. Dr.  
*Viyana Veterinerlik Üniversitesi, Avusturya*

Semra KILIÇ, Prof. Dr.  
*Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye*

Ali Cesur ONMAZ, Doç. Dr.  
*Erciyes Üniversitesi, Türkiye*

Halil GÖKÇE, Doç. Dr.  
*Giresun Üniversitesi, Türkiye*

Kubilay AKÇAÖZÜĞLU, Doç. Dr.  
*Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Türkiye*

Ayşe KOCABIYIK, Yrd. Doç. Dr.  
*Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye*

Aziz ŞENCAN, Yrd. Doç. Dr.  
*Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye*

Fecir DURAN, Yrd. Doç. Dr.  
*Gazi Üniversitesi, Türkiye*

Kubilay TAŞDELEN, Yrd. Doç. Dr.  
*Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye*

Nuri Öztürk, Yrd. Doç. Dr.  
*Giresun Üniversitesi, Türkiye*

Ramazan ŞENOL, Yrd. Doç. Dr.  
*Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye*

Şule Sultan UĞUR, Yrd. Doç. Dr.  
*Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye*

Değerli okurlar ve yazarlar,

Dergimizin ilk sayısını hayatına sunmaktan mutluluk duyuyorum...

Öncelikle şunu belirtmeliyim ki, heyecan içerisinde yayınladığımız bu sayı, ekibimizin ilk dergi tecrübesidir. Diğer yandan da çalışma arkadaşlarımızın zamanla edinmiş olduğu tecrübelerin bir çıktısıdır. Derginin her aşamasında desteklerini esirgemeyen, Kutbilge Akademisyenler Derneği Yönetim Kuruluna ve diğer akademisyen arkadaşlarına teşekkürlerimi iletiyorum.

Bu derginin çıkış noktasını, ülke ve dünya literatürüne faydalı çalışmalar yapmayı hedef almış akademisyenler arasındaki iletişimini kuvvetlendirmek ve farklı disiplinlerden araştırmaların yayınlanarak okurlara ulaşmasını kolaylaştırmak fikri oluşturmuştur. İlk etapta yılda iki kez yayinallyamayı düşündüğümüz bu dergiyi ileride çok daha iyi noktalara sizlerle beraber getireceğimizden şüphe duymamakla beraber sizlerin de elinden geldiğince katkı yapacağımı ümit etmekteyim.

Siz değerli bilim insanları ile sonraki sayımızda görüşmek temennisi ile sevgiyle kalmanızı dilerim.

Saygılarımla...

Editör  
Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Dear readers and authors,

I am happy to present the first issue of our journal to the broadcast life ...

I should say that it is our team's first journal experience which the issue we published in excitement. On the other hand, it is an output of experiences that our colleagues have acquired over time. I extend my thanks to the Board of Directors of the Kutbilge Association of Academician and other academicians who have supported in every step of the journal.

We published the first issue in acknowledgment of experience and devoted effort of our colleagues. As to starting point, we have aimed both to strengthen communication among academicians and to make it easier for readers to reach various studies through different disciplines. I believe that we will uplift this journal which to be publish two issues a year with you in the future and I hope that you will contribute to our journal as much as you can.

Dear scientists, I hope to see you in the next issue.

Yours sincerely...

Editor  
Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

CONTENTS

Research

- Recycling of rose wastes to activated carbon with ecological precursor  
*Mustafa Karaboyacı, Bahadır Tama, Aziz Şençan, Mehmet Kılıç* ..... 1-8
- Structural and spectroscopic (FT-IR and NMR) analyses on (*E*)-pent-2-enoic acid  
*Nuri Öztürk, Halil Gökcə* ..... 9-15
- Habitat suitability mapping of *Anatololacerta danfordi* (Günther, 1876) in Isparta-Sütçüler district  
*Ahmet Mert, Akin Kıraç* ..... 16-22
- Estimating wind energy potential by artificial neural networks method  
*Ümit Şenol, Zabit Musayev* ..... 23-31

Review

- Distribution, biology, damage and control methods of *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), 1853 (Cerambycidae: Lamiinae)  
*Çağdan Uyar, Ali Küçükosmanoğlu* ..... 32-38
- The invasive alien species threatening the world pine forests; *Fusarium circinatum*  
*R. Ceyda Beram, Funda Oskay, A. Gülden Aday Kaya, Asko Lehtijärvi, H. Tuğba Doğmuş Lehtijärvi* ..... 39-45

## İÇİNDEKİLER

### Araştırma

- Recycling of rose wastes to activated carbon with ecological precursor  
*Mustafa Karaboyacı, Bahadır Tama, Aziz Şençan, Mehmet Kılıç* ..... 1-8
- Structural and spectroscopic (FT-IR and NMR) analyses on (*E*)-pent-2-enoic acid  
*Nuri Öztürk, Halil Gökcə* ..... 9-15
- Isparta-Sütçüler yöresinde Anatololacerta danfordi (Günter, 1876)'nin habitat uygunluk haritalaması  
*Ahmet Mert, Akin Kıracı* ..... 16-22
- Rüzgar enerjisinden elektrik üretiminin yapay sinir ağları ile tahmini  
*Ümit Şenol, Zabit Musayev* ..... 23-31

### Derleme

- Distribution, biology, damage and control methods of *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), 1853 (Cerambycidae: Lamiinae)  
*Çağdan Uyar, Ali Küçükosmanoğlu* ..... 32-38
- Dünya çam ormanlarını tehdit eden yabancı istilacı tür; *Fusarium circinatum*  
*R. Ceyda Beram, Funda Oskay, A. Gülden Aday Kaya, Asko Lehtijärvi, H. Tuğba Doğmuş Lehtijärvi* ..... 39-45

## Recycling of Rose Wastes to Activated Carbon with Ecological Precursor

Mustafa KARABOYACI<sup>1</sup>, Bahadir TAMA<sup>2</sup>, Aziz ŞENCAN<sup>1</sup>, Mehmet KILIÇ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel University Department of Chemical Engineering, Isparta, 32260, Turkey

<sup>2</sup>Süleyman Demirel University, Department of Environmental Engineering, Isparta, 32260, Turkey

\* Corresponding author (İletişim yazarı): \* mustafakaraboyaci@sdu.edu.tr

**Abstract:** Nowadays environmental damage of heavy metals is increasing and that becomes a big problem for human and human health. Especially after the industrial revolution, increasing of production and consumption materials, adversely affect the environment. Among all the pollutions, heavy metal is an important part. Because they are toxic or poisonous even at low concentration. The most widely used process is activated carbon adsorption for heavy metal adsorption from wastewater. Activated carbon can produce from carbon containing substances. Turkey is an important rose oil producer of the world and every year over 12 000 tons of rose processing wastes produced. In this study, activated carbon was obtained from rose crops of rose oil factories. There are some activation methods for increasing surface area of the carbon. In this study, potassium chlorate ( $KClO_3$ ) was used for increasing carbons surface area.  $KClO_3$  never used before for activation. The thermal decomposition of  $KClO_3$  (potassium chlorate) generates  $KCl$  and  $O_2$  gas. Effects of  $O_2$  gas outlet on the pore size of activated carbon were studied. The surface characterization was examined with Brunauer-Emmett-Teller (BET) analysis and  $Pb^{+2}$  adsorption capacity of obtaining activated carbon was determined by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES) analysis.

**Keywords:** Activated carbon, rose waste,  $KClO_3$  activation, waste utilization,  $Pb^{+2}$ , adsorption

### 1. Introduction

Environmental issues are at the beginning of the most important hazards that threaten human and animal health and these problems are growing every passing day. The limit of waste elimination capacity and durability of nature is known to be very high within their functions, but the human-induced factors force the limit of the capacity to withstand, even exceed. On this purpose, human beings have used the methods of waste treatment in order to help nature which are still artificial. Most of the waste treatment methods and systems used for waste elimination are very effective. However the problems caused by the disposal of secondary wastes occurred during the process as a consequence are on the other side of the coin. Thus the scientists are working to develop new environment-friendly treatment systems. It should be provided to contribute in both environment and economy via the use of organic and inorganic substances, especially in nature and the environment, or the waste products and surplus resulting from the human activities (industry, agriculture, domestic, etc.).

Lead has the feature of being the most first important harmful metal to human activities and the eco-system. Lead is the most important heavy metal which bears environmental pollutants because it is toxic in any case and it is propagated as a metal or a compound in the

atmosphere. Lead causes people with acute and chronic effects on people. Especially it harms the liver and stomach of people in a short period of time and it harms the brain and kidneys in a long time. Some of the heavy metals are required for humans and animals as a nutrient. Therefore, many countries have set standards for drinking water and they have developed regulations in regard to the discharge of industrial wastewater for not polluting the drinking water resources (Karaboyaci, 2010). One of the most effective methods for heavy metal treatment is to filter the wastewater with activated carbon. Therefore the production of cheaper activated carbon and consequently the wastewater purification becomes more important. Therefore, in recent years, many studies have examined the preparation of activated carbon from low-cost and readily available materials, mainly industrial and agricultural byproducts.

The formation of porosity which is the most important feature of activated carbon, is provided via the activation process that is followed by carbonization (Bandosz, 1999; Gergova and Eser, 1996). In the activation process, the volume and the radius of the pores that are formed in the carbonization process increase and new pores are developed. The conditions of carbonization and the structure of the raw material determine the pore structure and the pore size distribution. In order to obtain activated carbons which

are porous and have a high surface area there are two types of activation methods: physical activation and chemical activation.

Agricultural wastes are lignocellulosic materials containing three basic structural components as hemicellulose, cellulose and lignin. Besides these they also contain some extractive components. In general, these three components have a relatively high molecular mass that highly participates in the total mass. However the extractives have a very low contribution to the main mass because of their low molecular structures. Lignocellulosic structures are also referred as "photo mass" as they are formed as a result of photosynthesis (Giraldo and Moreno-Piraján, 2008). For this purpose, highly porous and capable activated carbons can be produced via a wide range of different agricultural waste products such as tree bark, apricots, almonds, cherries and olives, beans, nuts, peanuts, and walnuts.

The average amount of the rose flower produced in Isparta is over 12 000 tons / year between 1986 and 1999. However in recent years, there has been a steady reduction and this amount has decreased to the level of 6000 tons/year. Rose pulp has occurred 27 000 tons per year between 1986 and 1999 in Isparta (wet weight). Rose pulps that have occurred during rose processing season lasting about 45 days, are filled in the earth pits opened around the facility or discharged into the stream beds. This situation also causes odor and visual pollution besides the water pollution around the plants built by the wayside (Tosun et al., 2003).

In this study, the conversion of rose pulp to activated carbon, which has no area of use today and the possibilities of improving the performance of this product by activating via various chemicals are investigated.  $KClO_3$  was used as chemical activation agent.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Rose pulp

The rose pulp used in this study is obtained from the rose oil plants in Isparta. Rose pulps are dried at room temperature before being used in the study. After the drying process, the rose pulps are minimized to the desired particle diameter by grinding robot after the drying process. Rose pulp has been sifted through the sieves with 300 and 180 micron mesh respectively and the remaining material between two sieves has been used for homogenous particle size.

### 2.2. Chemicals and measurements

All the chemicals used in the study are in analytical purity. As a stock 1000 mg/L Pb (II) solution is prepared by using Lead(II) nitrate ( $Pb(NO_3)_2$ ) The Pb (II) solution which used in adsorption experiments was prepared by being diluted from this stock solution. For arranging the pH, 0.1 M NaOH and 0.1 M HCl solution were used. For determining the activated carbons heavy metal adsorption capacity, the filtrates were analyzed with ICP-OES device. 3% and 5%  $KClO_3$  by weight of rose pulp were used in chemical activation process.

### 2.3. Chemical activation

3% and 5%  $KClO_3$  by weight of rose pulp was used for chemical activation.  $KClO_3$  was solved in 10 mL of water and 10 grams of rose pulp added to the solution. The mixture was mixed in to provide absorption of all  $KClO_3$  solution by rose pulp. Rose pulp was dried at room temperature and after drying it was converted to activated carbon by pyrolysis.

### 2.4. Thermal activation

Rose pulp has been converted into activated carbon by pyrolysis at 1000 °C. Rose pulp was put in a ceramic boat and pyrolysis in a tube oven under nitrogen gas. Rose pulp was pyrolyzed for 60 minutes. Obtained activated carbon samples, have been washed with distilled water to remove from the on-site residues and allowed to dry at room temperature.

### 2.5. Determining the optimum pH value

In order to determine the effect of pH value on the adsorption capacity, adsorption tests at different pH values have been performed. pH interval for Pb (II) adsorption experiments are selected as 2-7. 50 mg adsorbent (1 g/L) has been added to 100 ppm 50 mL  $Pb^{2+}$  solution and shaken for 1 hour in an orbital incubator at 100 rpm and 25 °C. The mixture has been shaken within the orbital incubator at 100 rpm and 25 °C for 1 hour. In order to observe whether there is any precipitation in terms of metal ions during the absorption process, the control samples with a pH value adjusted at the requested value that don't consist of any activated carbon, are shaken with the other mixtures at the same time. After the shaking process, the activated carbon is filtered from the solution and the metal concentration in the filtrate is determined by ICP OES analysis. The pH value obtained by the maximum adsorption capacity is accepted as the optimum pH value.

## 2.6. Kinetic studies

In order to determine the equilibrium time of adsorption, 50 mL Pb<sup>2+</sup> solution with 100 mg/L concentration is placed in vials at optimum pH values. The mixtures prepared by adding 50 mg (1g/L) adsorbent in the vials was stirred in an orbital incubator at 100 rpm and 20 °C for 1, 3, 5, 15 and 30 minutes. At the end of the period, the adsorbent is filtered by using a 1 µm pore sized filter paper. Metal concentrations in the filtrates are measured by ICP OES.

## 2.7. Isotherm studies

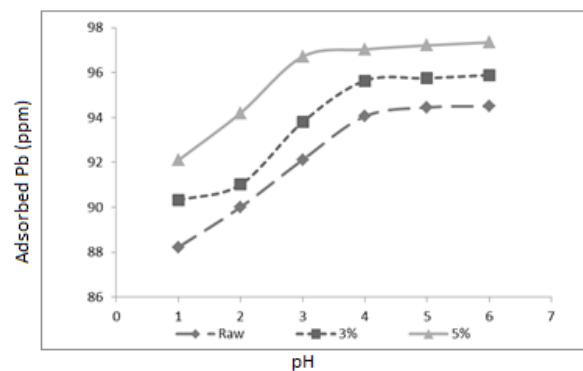
In order to determine the equilibrium status of the absorbance process of activated carbon for heavy metals, isotherm experiments are performed. It represents the amount of metal bound on the adsorbent surface as a function of the material present in the solution. For this purpose, activated carbon with 25, 50, 75, 100, 125 and 150 mg (0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 g/L) dry weights have added to the solution containing 50 ml 100 mg/L Pb<sup>2+</sup> and the mixture is shaken in an orbital incubator at 20, 30 and 50 °C temperature until the equilibrium period specified by the kinetic studies. Then, mixes were filtered and their Pb<sup>2+</sup> concentrations were determined by ICP OES. The experimental data obtained is analyzed according to the nonlinear regression analysis and Freundlich and Langmuir isotherm parameters are calculated.

## 3. Result and Discussion

### 3.1. Optimum pH values

Graldo and Pirajá (David and Hon, 1995) have reported in their study performed for Pb<sup>2+</sup> adsorption with activated carbon obtained from lignocellulosics that the type in the solution that is dominant up to pH 6 is water-soluble Pb<sup>2+</sup>, approximately 6 water-soluble forms of Pb(OH)<sub>2</sub> and Pb(OH)<sup>+</sup> and Pb(OH)<sub>2</sub> starts to precipitate after pH.

Lead species found between pH 2 and 8 are Pb<sup>2+</sup>, Pb(OH)<sub>2(S)</sub> and Pb(OH)<sup>+</sup>, which may interact with the solid surface due to its textural and electrostatic characteristics, with these latter affected by the surface chemical groups and the pH of the solution. Therefore optimum pH studies are performed between pH 1-6 and the results given in Figure 1 are obtained. As it can be clearly seen from figure 1, optimum pH values for all adsorbents are about 5.5. In the previous studies it is indicated that the adsorbent surface at low pH values can be positively loaded with H<sup>+</sup> ions. In our study, data is obtained that is corroborative with these results.



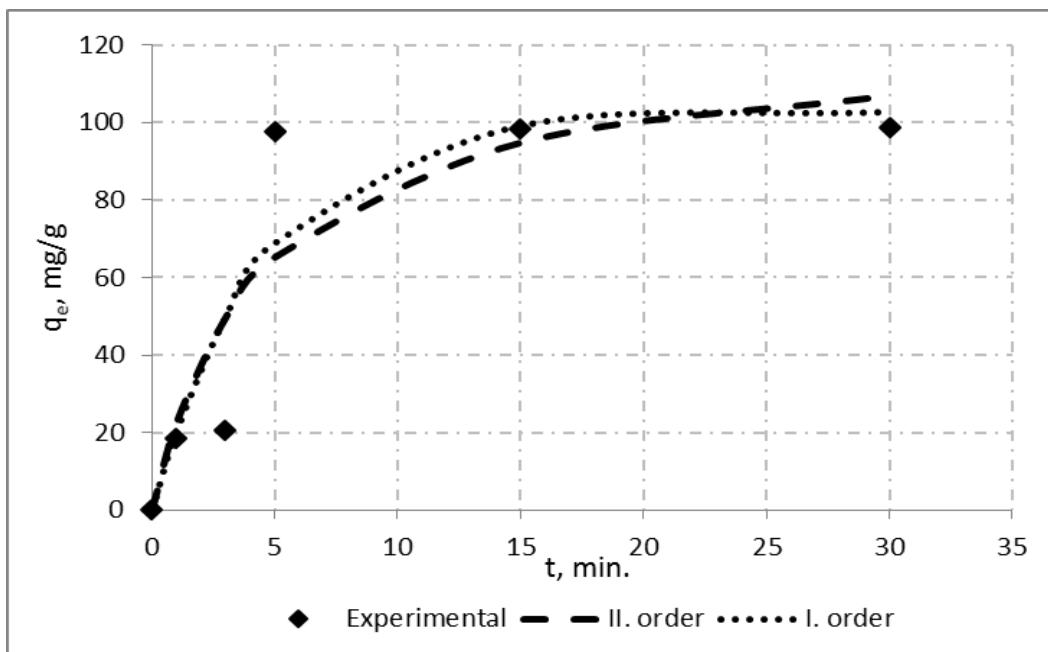
**Figure 1.** Optimum pH values of activated carbons

### 3.2. Results of the kinetic studies

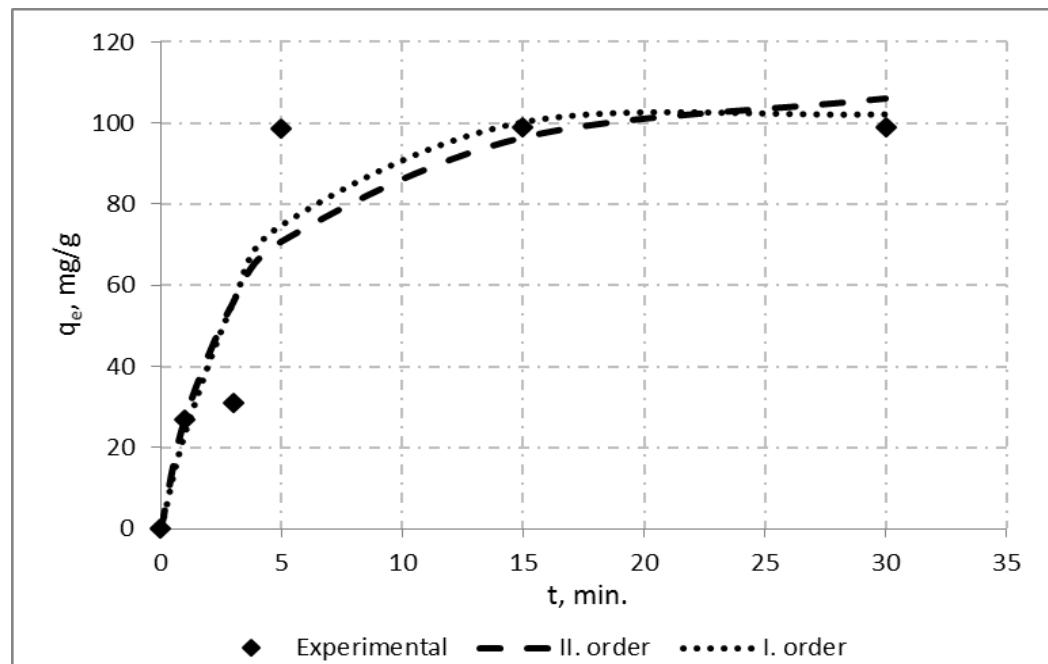
Kinetic studies are performed in order to determine the capture rate of the pollutant in the solution by activated carbon. Thus Figure 2 shows the pseudo 1st and 2nd kinetic graphics that is drawn as a result of the experiment performed for the activated carbon obtained from the raw rose pulp. In this equations; qe represents the amount of metal ion adsorbed during the equilibrium time (mg/g), K<sub>1</sub> represents the pseudo first order kinetic constant (min<sup>-1</sup>), K<sub>2</sub> represents the equilibrium rate constant of pseudo-second order sorption (g.mg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>) and R<sup>2</sup> is the correlation coefficient.

When 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> order pseudo kinetics graphics of the raw rose pulp have been analyzed, it is seen that approximately 69% of the adsorption process has been completed in the first 5 minutes. This is an indication of that the adsorption process occurs quickly. It is observed that the adsorption process is completed after 15 minutes. It is seen from the chart, experimental data are compatible with the same rate in both kinetic models.

Figure 3 shows the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> order pseudo kinetics graphics of the activated carbon obtained from rose pulp which is treated with 3% KClO<sub>3</sub>. When the graphic is analyzed, it is observed that approximately 75% of the adsorption process has been completed in the first 5 minutes and the adsorption process is completed after 15 minutes. In the experimental studies, it is observed that adsorption process has been completed in the first 5 minutes. It looks like experimental data are compatible with the same rate in both kinetic models. So the adsorption process for this activated carbon occurs more quickly.



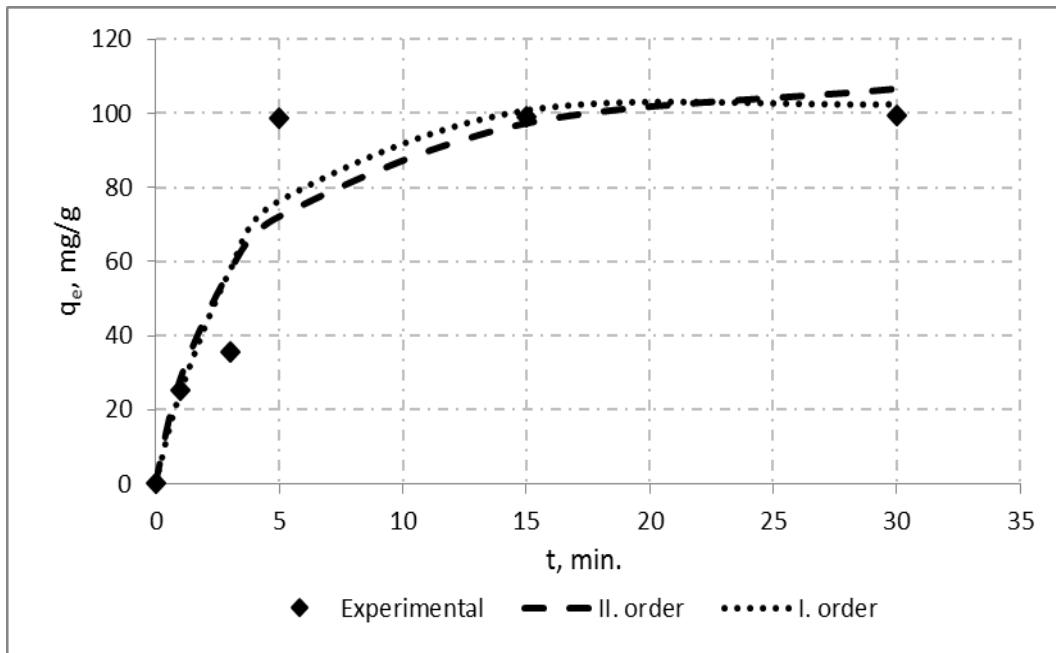
**Figure 2.** The pseudo 1. and 2. order kinetical graphics of the adsorption process for raw activated carbon



**Figure 3.** The pseudo 1. and 2. order kinetical graphics of the adsorption process for activated carbon treated with 3%  $\text{KClO}_3$

Figure 4 shows the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> order pseudo kinetics graphics drawn for the activated carbon that is obtained from the rose pulp treated with 5%  $\text{KClO}_3$ . When the graphic is analyzed, it is observed that 76.2% of the adsorption process is completed in the first 5 minutes

and the process is completed at the end of 15 minutes. In experimental studies, it is observed that adsorption is completed in the first 5 minutes. So calculations are compatible with experimental data and process occurs so quickly.



**Figure 4.** The pseudo 1. and 2. order kinetical graphics of the adsorption process for activated carbon treated with 5%  $\text{KClO}_3$

It can be seen that the  $R^2$  values in Table 1 comply with 1<sup>st</sup> order pseudo kinetic model of adsorption process better in all three activated carbons. However the values obtained for both models are very close to each other. It can be assumed that the two reactions can be present of which the first one reaches equilibrium quickly and rapidly and the latter may last for a long and slow period of time. These two reactions may occur in series or parallel in the adsorption process (Khambhaty et al., 2009). A good concordance of the

experimental data with pseudo I and II models indicate that both physical and chemical adsorption effects process in  $\text{Pb}^{2+}$  adsorption acts at the same time. When the adsorption capacities in table 1 were analyzed, results show that the 1<sup>st</sup> order kinetic model has approximately 102 mg/L specific adsorption capacity for all three adsorbents and this data matches to the experimental data and at this point we can think that adsorption has a dominant effect on adsorption process.

|                    | $K_{1.ad}$ | $q_e$  | $R_1^2$ | $q_e$  | $K_{2.ad}$ | $R^2$ |
|--------------------|------------|--------|---------|--------|------------|-------|
| Raw                | 0.221      | 102.78 | 0.849   | 122.57 | 0.0018     | 0.822 |
| 3% $\text{KClO}_3$ | 0.264      | 102.15 | 0.880   | 117.83 | 0.0025     | 0.855 |
| 5% $\text{KClO}_3$ | 0.273      | 102.38 | 0.902   | 117.76 | 0.0026     | 0.876 |

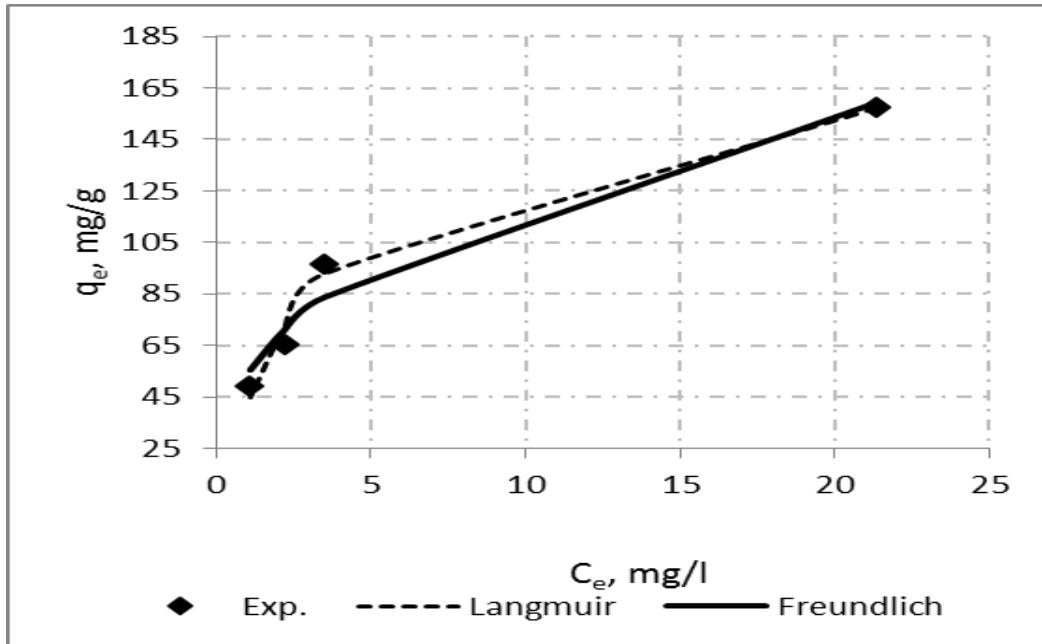
**Table 1.** Pseudo 1. and 2. order kinetic model constants and regression numbers of the activated carbons.

### 3.3. Results of the isotherm studies

Adsorbing process continues until a balance is formed between the material concentration accumulated on the adsorbent and the material concentration remained in the solution. Mathematically this balance is explained by the adsorption isotherms. Figure 5 shows the Langmuir and Freundlich Isotherm graphics of  $\text{Pb}(\text{II})$  adsorption of activated obtained from the raw rose pulp. In this table  $K_F$  represents the proportional adsorption capacity,  $a$  represents the adsorption density,  $q_m$

represents the maximum monolayer adsorption capacity (mg/g),  $a^L$  represents the isotherm fix which states the adsorption energy (L/mg).

As in the kinetic studies, the results in the isotherm studies are also very close each other. When we consider the  $R^2$  values, we see that this value is 0.9883 for Langmuir and 0.9655 for Freundlich.



**Figure 5.** Raw activated carbon Pb(II) Adsorption's Langmuir and Freundlich Isotherm

Because these two values are very close to each other, we can argue that adsorbent of adsorption has an heterogeneous surface but  $\text{Pb}^{2+}$  forms a single layer saturated fixed plate on this heterogeneous surface.

In Figure 6, Langmuir and Freundlich isotherm graphics of  $\text{Pb}^{2+}$  adsorption of activated carbon obtained from rose pulp treated with 3%  $\text{KClO}_3$  are seen. As seen from the graphics, values are very close to each other. When we observe the  $R^2$  values, this value is 0.9586 for Langmuir and 0.9032 for Freundlich isotherm model. In this way, we can see that concordance to the Langmuir isotherm has increased when compared to the activated carbon obtained from the raw rose pulp. Thus we may conclude that treatment with 3%  $\text{KClO}_3$  has made the surface more uniform.

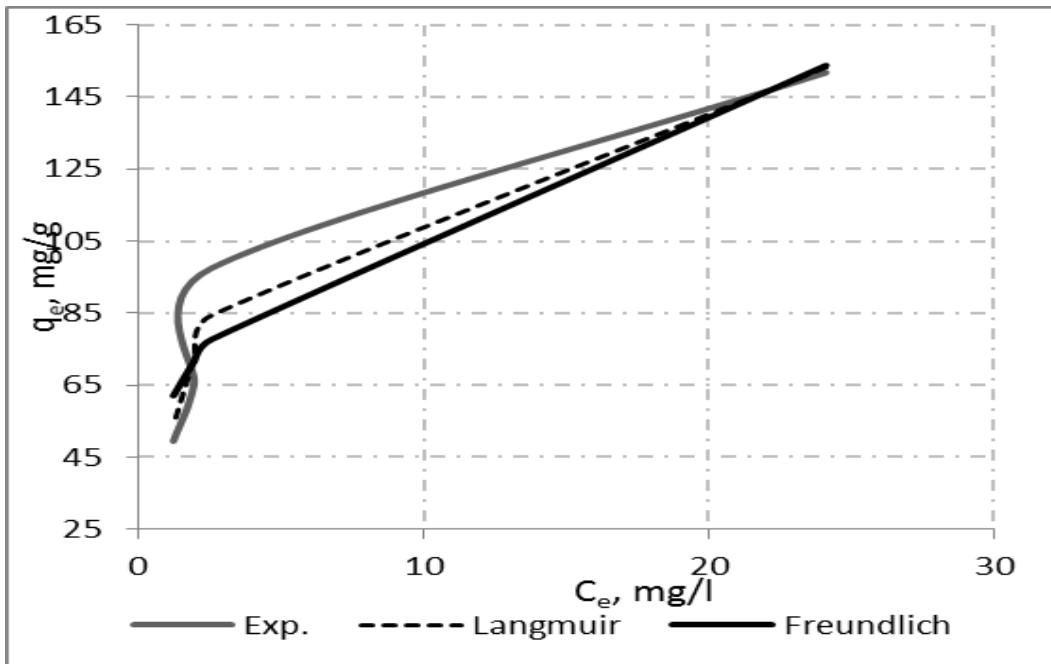
Figure 7 shows the Langmuir and Freundlich isotherm graphics of the  $\text{Pb}^{2+}$  adsorption of activated carbon obtained from the rose pulp treated with 5%  $\text{KClO}_3$ . As can be seen from the graphics, experimental data here is closer to Langmuir isotherm. When we consider the  $R^2$  values in table 2, we can see that this value is 0.9959 for Langmuir and 0.9452 for Freundlich. Considering this data, the increasing quantity of  $\text{KClO}_3$  has reduced the heterogeneity of the surface. Namely, ionic points that may interact with metal cation on the surface can become homogeneous with by chemical activation.

The empirical form of Freundlich equation is applicable to monolayer adsorption (chemisorption) and multilayer adsorption (Van der Waals adsorption). Some authors explains that Langmuir isotherm corresponds to a dominant ion-exchange mechanism while the Freundlich isotherm shows adsorption-complexation reactions taking place in the adsorption process (Fiol et al., 2006).

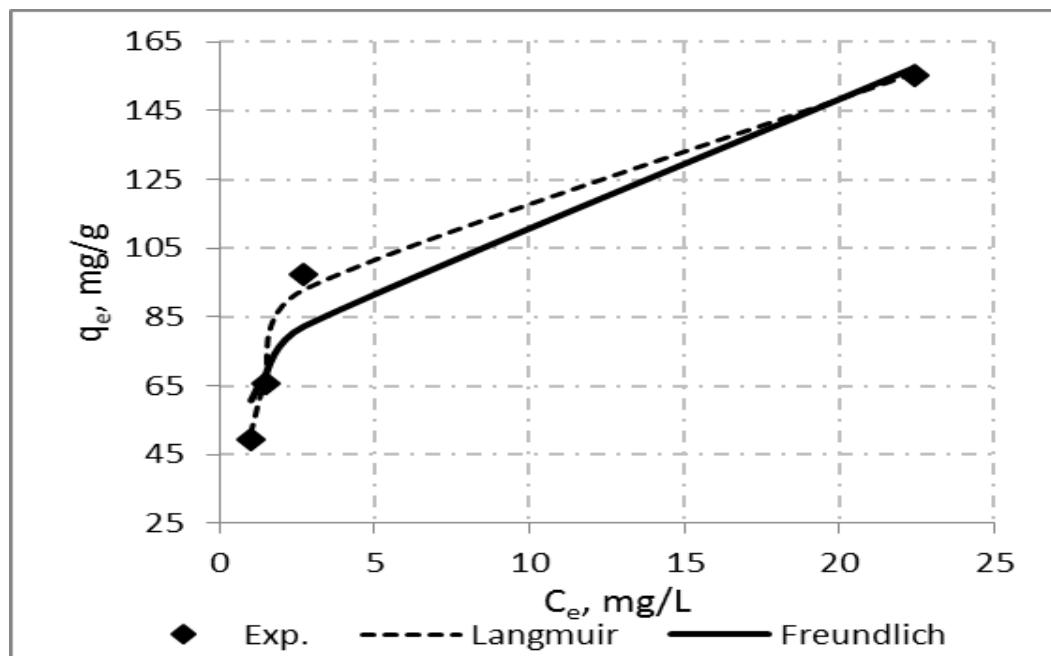
**Table 2.** Langmuir and Freundlich Constants of adsorbents

|                    | Freundlich |         |        | Langmuir |        |        |
|--------------------|------------|---------|--------|----------|--------|--------|
|                    | n          | $K_F$   | $R^2$  | $a_L$    | $q_m$  | $R^2$  |
| Raw                | 0.3555     | 53.6432 | 0.9655 | 0.2986   | 182.08 | 0.9883 |
| 3% $\text{KClO}_3$ | 0.3042     | 58.3972 | 0.9032 | 0.3904   | 169.50 | 0.9586 |
| 5% $\text{KClO}_3$ | 0.3082     | 60.3921 | 0.9452 | 0.4298   | 172.23 | 0.9959 |

Since Langmuir and Freundlich adsorption models mathematically characterize the adsorption of diluted solutions, adsorption data in average dilution intervals show compliance for both isotherms. Due to the content in active binding centers at various centers in the heterogeneous surfaces, Freundlich model is a more realistic approach than the Langmuir model (Seydioglu, 2009).



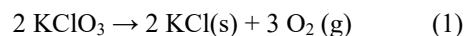
**Figure 6.** 3%  $\text{KClO}_3$  treated activated carbon Pb(II) Adsorption's Langmuir and Freundlich Isotherm



**Figure 7.** 5%  $\text{KClO}_3$  treated activated carbon Pb(II) Adsorption's Langmuir and Freundlich Isotherm

In Table 3, the effect of the  $\text{KClO}_3$  activation on the surface area is shown.  $\text{KClO}_3$  releases oxygen gas by undergoing thermal decomposition at high temperatures. At this point our main expectation is that potassium chlorate, which has been absorbed by the rose pulp, generates  $\text{O}_2$  gas by thermal decomposition and thus the outgoing  $\text{O}_2$  gas creates new recesses and protrusions in the adsorbent and also on its surface. As expected, it had caused an increase of 1636% on the

surface area of activated carbon that has been obtained from the rose pulp via  $\text{KClO}_3$  treatment. The increasing chemical quantity has no effect on the increase in the surface area. Therefore, concentrations below %3 can be tried for more economical and ecological activation.



**Table 3.** BET surface area of three different activated carbons

| BET Surface Area     |          |                   |
|----------------------|----------|-------------------|
| Raw                  | 7.9943   | m <sup>2</sup> /g |
| 3% KClO <sub>3</sub> | 129.4916 | m <sup>2</sup> /g |
| 5% KClO <sub>3</sub> | 130.7575 | m <sup>2</sup> /g |

#### 4. Conclusion

As a result, we can say that converting rose wastes to activated carbon is a good way to obtain cheaper activated carbon. Because today rose pulp is nothing more than waste. And also it is a good way for elimination and evaluation of rose wastes. KClO<sub>3</sub> is a good chemical activator that can increase the surface area 1636%. KClO<sub>3</sub> activation may be tried in commercial production of activated carbon. The Langmuir and Freundlich adsorption models were used to describe the equilibrium isotherm and isotherm constant calculation. It was found that the maximum equilibrium adsorption capacities were 182.08 mg/g, 169.50 mg/g and 172.23 mg/g for raw, 3% KClO<sub>3</sub> and 5% KClO<sub>3</sub> respectively.

Our study shows that activated carbon, which obtained from rose pulp is a good adsorbent for poisonous Pb<sup>2+</sup> ions. Because it has a relatively high adsorption capacity compared to other studies in the literature. It can adsorb ions from solution both chemical and physical ways. Therefore, can say that the main interactions responsible from adsorption are weak chemical interactions such as Van der Waals interactions.

#### References

- Bandosz, T.J. (1999). Effect of pore structure and surface chemistry of virgin activated carbons on removal of hydrogen sulfid, carbon, 37:483–491 doi:10.1016/S0008-6223(98)00217-6.
- David, N.S., Hon (Ed.). (1995). Chemical modification of lignocellulosic materials. CRC Press, New York.
- Fiol, N., Villaescusa, I., Martínez, M., Miralles, N., Poch, J., Serarols, J. (2006). Sorption of Pb (II), Ni (II), Cu (II) and Cd (II) from aqueous solution by olive stone waste. Separation and purification technology, 50(1), 132-140. doi:10.1016/j.seppur.2005.11.016.
- Gergova, K., Eser, S. (1996). Effects of activation method the pore structure of activated carbons from apricot stone, carbon, 34: 879–888 doi:10.1016/0008-6223(96)00028-0.
- Giraldo, L., Moreno-Piraján, J.C. (2008). Pb<sup>2+</sup> adsorption from aqueous solutions on activated carbons obtained from lignocellulosic residues. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 25(1), 143-151. Doi10.1590/S0104-66322008000100015.
- Karaboyacı, M. (2010). Modifiye edilmiş lignoselülozikler ile ağır metal adsorpsiyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta. s113.
- Khambhaty, Y., Mody, K., Basha, S., Jha, B. (2009). Kinetics, equilibrium and thermodynamic studies on biosorption of hexavalent chromium by dead fungal biomass of marine Aspergillus niger. Chemical Engineering Journal, 145, 489-499 doi:10.1016/j.cej.2008.05.002.
- Seydioglu, G. (2009). Bitkisel Atıkların Granül Aktif Karbon Üretiminde Değerlendirilmesi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Müh. ABD Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Tosun, İ., Gönüllü, M.T., Günay, A. (2003). Gül posasının kompostlaştırılmasına gözenek malzemesi ve aşının etkisi. Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi., 2003/2 pp 93-102.

## Structural and Spectroscopic (FT-IR and NMR) Analyses on (*E*)-pent-2-enoic Acid

Nuri ÖZTÜRK<sup>1</sup>, Halil GÖKCE<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Giresun University, Dereli Vocational School, 28950, Giresun, Turkey

<sup>2</sup>Giresun University, Vocational School of Health Services, 28200, Giresun, Turkey

\* Corresponding author (İletişim yazarı): \* halil.gokce@giresun.edu.tr

**Abstract:** Proton and carbon-13 NMR chemical shifts and vibrational frequencies (FT-IR) of *trans*-2-pentenoic acid (2-pentenoic acid or (*E*)-pent-2-enoic acid) were studied, both experimentally and theoretically. The optimized molecular geometric parameters of monomer and dimer forms, vibrational frequencies and NMR chemical shifts of the mentioned compound were computed by using DFT/B3LYP/6-311+G(2d,p) level. The computed data were compared with experimental ones. The HOMO and LUMO analyses were performed at the mentioned computational level.

**Keywords:** *trans*-2-pentenoic acid, 2-pentenoic acid, (*E*)-pent-2-enoic acid), FT-IR spectroscopy, DFT/B3LYP, <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR chemical shifts, HOMO-LUMO.

### 1. Introduction

Unsaturated fatty acids are very important compounds in food, nutrition and health sciences due to their role in biological processes especially for humans. These acids can be classified as monounsaturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids and acetylenic fatty acids. They can be found in trans or cis molecular forms, which exhibit long nonpolar unsaturated alkyl chains and polar carboxylic head groups (Sonnect et al., 2015). An experimental study on  $\alpha,\beta$ -unsaturated carboxylic acid (2-methyl-2-pentenoic acid) was performed by using *in situ* attenuated total reflection infrared (ATR-IR) spectroscopic technique (Tan and Williams, 2013).

Quantum chemical computation methods have been widely used to investigate structural, spectroscopic, electronic, magnetic, nonlinear optical and thermodynamic properties of molecules. Density functional theory (DFT) method has been used in many studies in the literature for effective and accuracy evaluation of molecular properties (Gökce and Bahçeli, 2013; Akyıldırım et al., 2017). The aim of this study is to investigate molecular structures for monomeric and dimeric, vibrational wavenumbers, <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR chemical shifts and HOMO-LUMO properties of 3 *trans*-2-pentenoic acid (2-pentenoic acid or (*E*)-pent-2-enoic acid) molecule, both experimentally (FT-IR and NMR) and theoretically (DFT/B3LYP/6-311+G(2d,p) level).

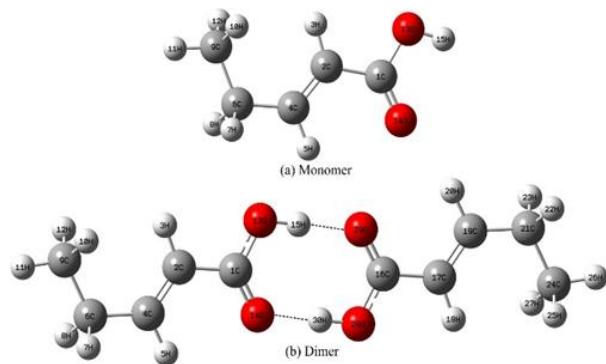
### 2. Computational Details

All calculations were performed by using Gaussian 09W program and the computed results were visualized with GaussView5 program (Frisch et al., 2009; Dennington et al., 2009). The optimized molecular geometric parameters for monomeric and dimeric forms, vibrational wavenumbers, proton and carbon-13 NMR chemical shifts and HOMO-LUMO analyses of the title molecule were computed by using DFT (Density Functional Theory)/B3LYP (Becke's three parameters exact exchange-functional (B3) combined with gradient-corrected correlational functional of Lee, Yang, Parr (LYP)) method with 6-311+G(2d,p) basis set. (Lee et al., 1988; Becke, 1993). The calculated vibrational wavenumbers were scaled with 0.954 (in the region of 1600-4000 cm<sup>-1</sup>) and 0.989 (in the region of 0-1600 cm<sup>-1</sup>) for B3LYP/6-311+G(2d,p) level (Wang et al., 2015). The vibrational frequency assignments were performed by using VEDA 4 program in terms of potential energy distribution (PED) (Jamr'oz, 2004). For NMR chemical shift computations, the optimized molecular structures in chloroform of monomer and dimer forms of the title molecule were first obtained at B3LYP/6-311+G(2d,p) level by using integral equation formalism polarizable continuum model (IEPCM) method. Then, proton and carbon-13 NMR chemical shifts were calculated with the mentioned computational level in chloroform by using gauge invariant atomic orbital (GIAO) method (London, 1937; Ditchfield, 1974; Wolinski et al., 1990). Additionally, HOMO and LUMO energy values and their shapes were calculated with B3LYP/6-311+G(2d,p) level in gas phase of the title molecule.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Molecular structure

The optimized molecular structures of monomeric and dimeric forms of *trans*-2-pentenoic acid (2-pentenoic acid or (*E*)-pent-2-enoic acid) molecule were given in Fig. 1. The experimental (single-crystal X-ray study) (Peppel et al., 2015) and calculated (with B3LYP/6-311+G(2d,p) level) structural parameters for monomeric and dimeric forms of the title molecule were summarized in Table 1.



**Figure 1.** The optimized (a) monomeric and (b) dimeric molecular structures of (*E*)-pent-2-enoic acid.

**Table 1.** Experimental and calculated bond lengths and bond angles of (*E*)-pent-2-enoic acid.

| Bond lengths<br>(Å) | X-Ray <sup>a</sup> | Calculated |        | Bond angles<br>(°) | X-Ray <sup>a</sup> | Calculated |        |
|---------------------|--------------------|------------|--------|--------------------|--------------------|------------|--------|
|                     |                    | Monomer    | Dimer  |                    |                    | Monomer    | Dimer  |
| C1-C2               | 1.4723(16)         | 1.4747     | 1.4742 | C2-C1-O13          | 113.26(10)         | 111.32     | 112.87 |
| C1-O13              | 1.3223(13)         | 1.3606     | 1.3226 | C2-C1-O14          | 123.99(10)         | 126.75     | 123.65 |
| C1=O14              | 1.2337(14)         | 1.2088     | 1.2305 | C13-C1-O14         | 122.75(11)         | 121.94     | 123.48 |
| C2-H3               | 0.9500             | 1.0822     | 1.0822 | C1-C2-H3           | 119.0              | 116.66     | 115.98 |
| C2=C4               | 1.3301(16)         | 1.3334     | 1.3334 | C1-C2-C4           | 122.06(10)         | 120.61     | 121.24 |
| C4-H5               | 0.9500             | 1.0874     | 1.0872 | H3-C2-C4           | 119.0              | 122.74     | 122.78 |
| C4-C6               | 1.4981(16)         | 1.4957     | 1.4960 | C2-C4-H5           | 117.2              | 116.98     | 117.04 |
| C6-H7               | 0.9900             | 1.0977     | 1.0978 | C2-C4-C6           | 125.63(10)         | 126.83     | 126.79 |
| C6-H8               | 0.9900             | 1.0977     | 1.0978 | H5-C4-C6           | 117.2              | 116.19     | 116.17 |
| C6-C9               | 1.5239(16)         | 1.5265     | 1.5264 | C4-C6-H7           | 108.4              | 107.58     | 107.58 |
| C9-H10              | 0.9800             | 1.0924     | 1.0924 | C4-C6-H8           | 108.4              | 107.58     | 107.58 |
| C9-H11              | 0.9800             | 1.0915     | 1.0915 | C4-C6-C9           | 115.33(10)         | 116.59     | 116.59 |
| C9-H12              | 0.9800             | 1.0924     | 1.0924 | H7-C6-H8           | 107.5              | 104.40     | 104.40 |
| O13-H15             | 0.95(2)            | 0.9697     | 1.0042 | H7-C6-C9           | 108.4              | 109.98     | 109.98 |
| H15···O29           | 1.69(2)            | -          | 1.6407 | H8-C6-C9           | 108.4              | 109.98     | 109.98 |
| O13···O29           | 2.6322(13)         | -          | 2.6448 | C6-C9-H10          | 109.5              | 111.48     | 111.50 |
|                     |                    |            |        | C6-C9-H11          | 109.5              | 110.41     | 110.41 |
|                     |                    |            |        | C6-C9-H12          | 109.5              | 111.48     | 111.50 |
|                     |                    |            |        | H10-C9-H11         | 109.5              | 107.70     | 107.70 |
|                     |                    |            |        | H10-C9-H12         | 109.5              | 107.91     | 107.88 |
|                     |                    |            |        | H11-C9-H12         | 109.5              | 107.70     | 107.70 |
|                     |                    |            |        | C1-O13-H15         | 108.7(12)          | 106.45     | 110.49 |
|                     |                    |            |        | O13-H15···O29      | 173.3(19)          | -          | 178.82 |

<sup>a</sup> Taken from (Peppel et al., 2015)

As can be seen from results in Table 1, *trans*-2-pentenoic acid (2-pentenoic acid or (*E*)-pent-2-enoic acid) molecule may be existed in dimeric form by via strong inter-molecular hydrogen bonds in solid phase. Especially, the C1=O14 and C1-O13 bond lengths were computed as 1.2088 Å and 1.3606 Å in monomeric form, whereas they were calculated 1.2305 Å and 1.3226 Å in dimeric form, respectively. The experimental values for these bond lengths were recorded as 1.2337(14) Å and 1.3223(13) Å, respectively (Peppel et al., 2015). Similarly, inter-molecular hydrogen bond parameters (H15···O29, O13···O29 and O13-H15···O29) in dimeric form of the title molecule were experimentally found as 1.69(2) Å, 2.6322(13) Å and 173.3(19)°, respectively (Peppel et al., 2015). These parameters were calculated 1.6407 Å, 2.6448 Å and 178.82°, respectively. The O13-H15 bond length was recorded as 0.95(2)/0.9697/1.0042 Å (exp./cal. for monomer/cal. for dimer) (Peppel et al., 2015).

The C2=C4 bond length was found as 1.3301(16) Å (exp.) and 1.3334 Å (for both monomer and dimer) (cal.). The C1-C2, C4-C6 and C6-C9 bond lengths were calculated as 1.4747/1.4742 Å, 1.4957/1.4960 Å and 1.5265/1.5264 Å, while they were experimentally recorded as 1.4723(16) Å, 1.4981(16) Å and 1.5239(16) Å, respectively (Peppel et al., 2015).

### 3.2. Vibrational frequencies

There are 15 atoms and 39 fundamental vibrational modes of *trans*-2-pentenoic acid (2-pentenoic acid or (*E*)-pent-2-enoic acid) molecule. The molecule belongs

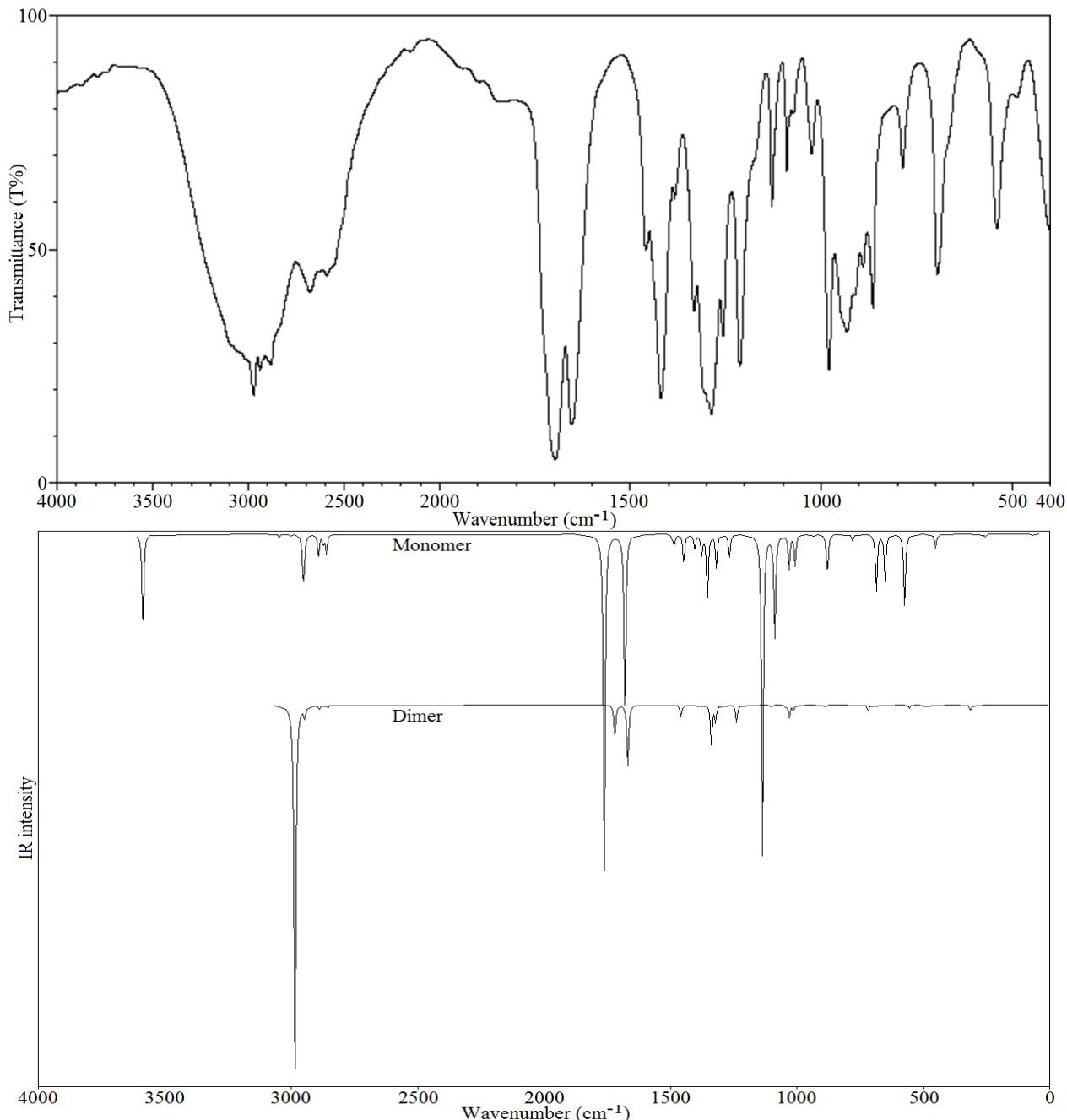
to  $C_s$  point group and all vibrational modes are active under  $C_s$  symmetry. The 39 vibrational modes were distributed as 25A'+14A''. The experimental (recorded in liquid form) (AIST, 2017) and calculated vibrational wavenumbers, IR intensities, vibrational assignments and symmetry species of the title molecule were listed in Table 2. The vibrational wavenumbers for monomeric and dimeric forms of the title molecule were computed at B3LYP/6-311+G(2d,p) level. The experimental (AIST, 2017) and simulated IR spectra of the title molecule are given in Fig. 2.

**Table 2.** Experimental and calculated vibrational wavenumbers and their assignments of (*E*)-pent-2-enoic acid.

| Sym. | Assignments (PED%)   | Exp. freq.             | DFT/B3LYP/6-311+G(2d,p) level |              |                 |
|------|--|------------------------|-------------------------------|--------------|-----------------|
|      |  | IR (cm <sup>-1</sup> ) | Unscaled freq.                | Scaled freq. | I <sub>IR</sub> |
| A''  | $\tau\text{O}_{13}\text{C}_1\text{C}_2\text{C}_4(60)+\tau\text{C}_9\text{C}_6\text{C}_4\text{C}_2(29)$   | -                      | 67                            | 66           | 1.887           |
| A''  | $\tau\text{C}_1\text{C}_2\text{C}_4\text{C}_6(58)+\tau\text{O}_{13}\text{C}_1\text{C}_2\text{C}_4(19)+\tau\text{C}_9\text{C}_6\text{C}_4\text{C}_2(11)$                  | -                      | 145                           | 143          | 1.051           |
| A'   | $\delta\text{C}_6\text{C}_4\text{C}_2(38)+\delta\text{C}_1\text{C}_2\text{C}_4(36)+\delta\text{O}_{13}\text{C}_1\text{C}_2(12)+\delta\text{C}_9\text{C}_6\text{C}_4(11)$ | -                      | 146                           | 144          | 0.498           |
| A''  | $\rho\text{CH}_3(36)+\tau\text{C}_1\text{C}_2\text{C}_4\text{C}_6(28)+\tau\text{C}_9\text{C}_6\text{C}_4\text{C}_2(12)+\tau\text{HCCC}(11)$                              | -                      | 201                           | 199          | 0.151           |
| A'   | $\delta\text{C}_9\text{C}_6\text{C}_4(34)+\delta\text{C}_1\text{C}_2\text{C}_4(25)+\delta\text{O}_{13}\text{C}_1\text{C}_2(12)+\delta\text{C}_6\text{C}_4\text{C}_2(10)$ | -                      | 258                           | 256          | 2.282           |
| A''  | $\rho\text{CH}_3(66)+\tau\text{C}_9\text{C}_6\text{C}_4\text{C}_2(13)+\tau\text{C}_1\text{C}_2\text{C}_4\text{C}_6(10)$  | -                      | 282                           | 278          | 0.768           |
| A'   | $\delta\text{O}_{13}\text{C}_1\text{C}_2(44)+\delta\text{OCO}(12)+\nu\text{C}_1\text{C}_2(12)+\delta\text{C}_1\text{C}_2\text{C}_4(10)$                                  | 483                    | 457                           | 452          | 12.044          |
| A'   | $\delta\text{C}_9\text{C}_6\text{C}_4(33)+\delta\text{C}_6\text{C}_4\text{C}_2(20)+\delta\text{O}_{13}\text{C}_1\text{C}_2(18)$  | 540                    | 534                           | 528          | 0.958           |
| A''  | $\tau\text{HOCC}(84)$  | -                      | 580                           | 574          | 63.849          |
| A'   | $\delta\text{OCO}(53)+\nu\text{CO}(16)$  | -                      | 658                           | 651          | 39.226          |
| A''  | $\gamma\text{O}_{14}\text{C}_2\text{O}_{13}\text{C}_1(29)+\rho\text{CH}_2(27)+\tau\text{HOCC}(14)+\tau\text{HCCC}(14)$   | 697                    | 693                           | 685          | 49.595          |
| A''  | $\gamma\text{O}_{14}\text{C}_2\text{O}_{13}\text{C}_1(43)+\rho\text{CH}_2(19)$   | 787                    | 788                           | 779          | 6.280           |
| A'   | $\nu\text{C}_9\text{C}_6(48)+\nu\text{C}_6\text{C}_4(32)$  | 865                    | 887                           | 877          | 19.577          |
| A''  | $\tau\text{HCCC}(56)+\gamma\text{O}_{14}\text{C}_2\text{O}_{13}\text{C}_1(15)$   | 891                    | 890                           | 881          | 17.401          |
| A'   | $\nu\text{C}_1\text{C}_2(41)+\nu\text{CO}(12)$   | 933                    | 943                           | 933          | 1.775           |
| A''  | $\tau\text{HCCC}(87)$  | 980                    | 1018                          | 1007         | 26.720          |
| A'   | $w\text{CH}_2(23)+\nu\text{C}_6\text{C}_4(20)+\rho\text{CH}_3(13)+\nu\text{C}_9\text{C}_6(10)$   | 1025                   | 1042                          | 1031         | 29.156          |
| A'   | $\nu\text{C}_9\text{C}_6(24)+\rho\text{CH}_3(13)$  | 1079                   | 1099                          | 1087         | 89.035          |
| A''  | $\tau\text{C}_9\text{C}_6\text{C}_4\text{C}_2(24)+t\text{CH}_2(24)+\rho\text{CH}_3(11)$  | 1073                   | 1111                          | 1099         | 2.379           |
| A'   | $\nu\text{CO}(36)+\delta\text{HOC}(22)$  | 1130                   | 1148                          | 1136         | 276.945         |
| A'   | $\delta\text{HCC}(40)+\delta\text{HOC}(32)$  | 1268                   | 1281                          | 1267         | 19.650          |
| A''  | $t\text{CH}_2(62)+\rho\text{CH}_3(15)$   | 1288                   | 1292                          | 1278         | 0.304           |
| A'   | $\delta\text{HCC}(67)+\nu\text{C}=\text{C}(12)$  | 1334                   | 1333                          | 1318         | 29.169          |
| A'   | $\delta\text{HOC}(17)+\delta\text{HCC}(12)+w\text{CH}_2(11)$   | -                      | 1369                          | 1353         | 58.574          |
| A'   | $w\text{CH}_2(31)+\delta_s\text{CH}_3(17)$ (sym. bend.)  | 1384                   | 1391                          | 1376         | 16.827          |
| A'   | $\delta_s\text{CH}_3(82)$ (sym. bend.)   | 1420                   | 1419                          | 1403         | 13.017          |
| A'   | $\delta_s\text{CH}_2(87)$  | -                      | 1463                          | 1447         | 26.390          |
| A''  | $\delta_s\text{CH}_3(85)$  | -                      | 1501                          | 1484         | 8.676           |
| A'   | $\delta_s\text{CH}_3(75)$  | 1496                   | 1509                          | 1492         | 3.467           |
| A'   | $\nu\text{C}=\text{C}(64)+\delta\text{HCC}(17)$  | 1653                   | 1698                          | 1620         | 162.307         |
| A'   | $\nu\text{C}=\text{O}(79)$   | 1697                   | 1781                          | 1699         | 293.639         |
| A'   | $\nu_s\text{CH}_2(99)$   | 2883                   | 2998                          | 2860         | 16.449          |
| A''  | $\nu_{as}\text{CH}_2(98)$  | -                      | 3011                          | 2872         | 8.444           |
| A'   | $\nu_s\text{CH}_3(99)$   | -                      | 3031                          | 2892         | 19.949          |
| A''  | $\nu_{as}\text{CH}_3(94)$  | 2940                   | 3091                          | 2949         | 26.171          |
| A'   | $\nu_{as}\text{CH}_3(87)$  | 2973                   | 3095                          | 2953         | 27.223          |

|    |                                      |           |      |      |        |
|----|--------------------------------------|-----------|------|------|--------|
| A' | vC <sub>4</sub> H <sub>5</sub> (100) | -         | 3142 | 2997 | 2.265  |
| A' | vC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> (100) | -         | 3194 | 3047 | 3.303  |
| A' | vOH(100)                             | 2500-3500 | 3759 | 3586 | 85.703 |

v, stretching;  $\delta$ , in-plane bending;  $\tau$ , torsion;  $\gamma$ , out-of-plane bending;  $\delta_s$ , scissoring and symmetric bending; w, wagging; t, twisting;  $\rho$ , rocking; Sym., symmetry species;  $I_{IR}$ , IR intensity (km/mol); PED, potential energy distribution.



**Figure 2.** Experimental (top) and simulated (bottom) IR spectra of or (E)-pent-2-enoic acid.

FT-IR spectrum in dimeric carboxylic acids give a very broad band in the region of 2500-3300 cm<sup>-1</sup> due to OH vibrational stretching band (Colthup et al., 1964; Bellamy, 1975; Lambert et al., 1987; Silverstein and

Webster, 1998; Stuart, 2004). The observed band in the region of 2500-3500 cm<sup>-1</sup> in Fig. 2 can be indicated to dimeric form of the title molecule. This band was computed at 3586 cm<sup>-1</sup> for monomer, whereas it was

calculated at 2990 and 2888 cm<sup>-1</sup> for dimer. The OH in-plane bending modes can be appeared as mixed with other vibrational modes in the region of 1200-1450 cm<sup>-1</sup> (Colthup et al., 1964; Bellamy, 1975; Lambert et al., 1987; Silverstein and Webster, 1998; Stuart, 2004). For monomeric form, the OH in-plane bending modes were recorded at 1130 and 1268 cm<sup>-1</sup> (AIST, 2017) and they were calculated at 1136, 1267 and 1353 cm<sup>-1</sup>. For dimeric form, the OH in-plane bending modes were computed at 1478, 1455, 1334 and 1329 cm<sup>-1</sup>. Similarly, the OH out-of-plane bending mode for monomeric form was obtained at 697 (exp.)/685 (cal. with 17% contribution of PED) and 580 (cal. with PED contribution of 84%) cm<sup>-1</sup>, whereas this band for dimeric form was calculated at 975 and 1024 cm<sup>-1</sup>.

The position of this stretching band can be changed depending on effects such as the physical state, electronic and mass effects of neighboring substituents, conjugations and inter- and intar-molecular hydrogen bonding (Colthup et al., 1964; Bellamy, 1975; Lambert et al., 1987; Silverstein and Webster, 1998; Stuart, 2004). The C=O stretching band was recorded at 1697 cm<sup>-1</sup> as a strong (AIST, 2017) and it was computed at 1699 cm<sup>-1</sup> (with PED contribution of 79%) for monomer form of the title molecule. This band in dimer form was

calculated at 1657, 1607 and 1592 cm<sup>-1</sup>. Silverstein and Webster (Silverstein and Webster, 1998) assigned CO stretching mode in the region of 1320-1210 cm<sup>-1</sup> for dimer carboxyl compounds. The CO stretching modes for dimeric form were computed at 1226, 1234, 1334 and 1329 cm<sup>-1</sup>. However, this band for monomeric structure was found 1130 (exp.)/1136 (cal. with 36% contribution of PED) (AIST, 2017). The experimental and computed wavenumber values for the C=C stretching band were found at 1653 and 1620 cm<sup>-1</sup> (with PED contribution of 64%).

The vibrational assignments and wavenumbers (both experimental and calculated) for other modes were given in Table 2.

### 3.3. <sup>13</sup>C and <sup>1</sup>H NMR chemical shift analyses

The proton and carbon-13 NMR chemical shifts for monomeric and dimeric forms of the title molecule were calculated at B3LYP/6-311+G(2d,p) level in chloroform. The experimental (Peppel et al., 2015; AIST, 2017) and computed <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR chemical shifts were summarized in Table 3.

**Table 3.** Experimental and calculated proton and carbon-13 NMR chemical shifts (with respect to TMS, all values in ppm) of (*E*)-pent-2-enoic acid.

| Atoms | $\delta_{\text{exp.}}$ (chloroform-d) <sup>a</sup> | $\delta_{\text{exp.}}$ (chloroform-d) <sup>b</sup> | Monomer                             | Dimer                               |
|-------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
|       |  |  | $\delta_{\text{cal.}}$ (chloroform) | $\delta_{\text{cal.}}$ (chloroform) |
| C1    | 172.66   | 172.69   | 173.324                             | 180.516                             |
| C2    | 120.02   | 119.76   | 118.994                             | 121.208                             |
| C4    | 153.68   | 153.77   | 165.954                             | 166.052                             |
| C6    | 25.52  | 25.54  | 29.648                              | 29.542                              |
| C9    | 12.05  | 21.10  | 9.479                               | 9.511                               |
| H3    | 5.83   | 5.82   | 6.014                               | 5.977                               |
| H5    | 7.14   | 7.14   | 7.896                               | 7.946                               |
| H7    | 2.29   | 2.21-2.30  | 2.452                               | 2.455                               |
| H8    |  |  | 2.452                               | 2.455                               |
| H10   | 1.09   | 1.08   | 1.014                               | 1.028                               |
| H11   |  |  | 1.120                               | 1.116                               |
| H12   |  |  | 1.014                               | 1.028                               |
| H15   | 11.99  | 12.35  | 5.815                               | 13.570                              |

<sup>a</sup> AIST, 2017

<sup>b</sup> Peppel et al., 2015

Due to the highly electronegative O atom, the carboxylic acid and their derivatives occur carbon-13 NMR signal at the interval 160-180 ppm (Pavia et al., 2009). The carbon-13 NMR chemical shift signal recorded at 172.66/172.69 ppm can be assigned to C1 atom in carboxyl group of the title molecule (Peppel et al., 2015; AIST, 2017). The computed value for this carbon atom was computed at 173.324 ppm for monomer form and 180.516 ppm for dimer one. Alkene carbons generally

appear between 100 ppm and 140 ppm in <sup>13</sup>C NMR chemical shift spectrum (Pavia et al., 2009). However, this chemical shift region can be changed due to other groups (methylene, methyl, etc.) bonded to alkene carbons. The experimental and computed NMR signals for C2 and C4 atoms were found at 120.02 (exp.)/119.79 (exp.)/118.994 (cal. for monomer)/121.208 (cal. for dimer) ppm and 153.68 (exp.)/153.77 (exp.)/165.954 (cal. for monomer)/166.052 (cal. for dimer) ppm,

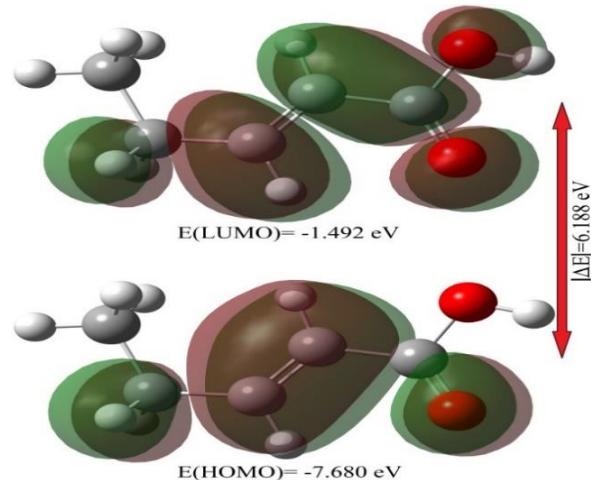
respectively (Pavia et al., 2009). The NMR signals for carbons of methylene and methyl groups were given in Table 3.

The proton NMR signal of H15 atom in carboxyl group in the title molecule were recorded at 11.99/12.35 ppm (Pavia et al., 2009), while the calculated value for this proton were at 5.815/13.570 ppm (monomer/dimer). The NMR signals obtained for H3 and H5 proton atoms are at 5.83 (exp.)/5.82 (exp.)/6.014 (cal. for monomer)/5.977 (cal. for dimer) ppm and 7.14 (exp.)/7.14 (exp.)/7.896 (cal. for monomer)/7.949 (cal. for dimer) ppm, respectively (Pavia et al., 2009). The methylene protons (H7 and H8) were given rise to resonance signals at 2.29 (exp.)/2.21-2.30 (exp.)/2.452 (cal. for monomer)/2.455 (cal. for dimer) ppm, while the methyl protons (H10, H11 and H12) were found at 1.09 (exp.)/1.08 (exp.)/1.014-1.020 (cal. for monomer)/1.028-1.116 (cal. for dimer) ppm (Pavia et al., 2009).

### 3.4. HOMO and LUMO analyses

The highest occupied molecular orbital (HOMO) and lowest unoccupied molecular orbital (LUMO) are called as frontier molecule orbitals (FMOs). They are main orbitals taking part in chemical reaction (Fukui, 1982). The HOMO presents the outermost orbital filled by electrons. It is directly related to the ionization potential. Behaving as an electron donor, it can be considered as valance band. The LUMO implies the first empty innermost orbital unfilled by electrons. It is directly related to the electron affinity. Behaving as an electron acceptor, it can be thought as conductance band.

The HOMO-LUMO energy band gap is an indicatator of molecular chemical stability and it is a very important parameter for determination of molecular electrical properties (Pearson, 1986). The HOMO and LUMO energy values, their shapes and energy gap were depicted in Fig. 3. As seen from Fig. 3, HOMO is localized on other groups excluding methyl and OH groups, while the LUMO is placed over whole molecule excepting methyl group. The HOMO and LUMO energy values were computed as -7.680 eV and -1.492 eV, respectively. Similarly, HOMO-LUMO energy band gap was obtained as 6.188 eV.



**Figure 3.** Simulated HOMO and LUMO shapes of (*E*)-pent-2-enoic acid.

### 4. Conclusion

The experimental spectroscopic analyses of *trans*-2-pentenoic acid (2-pentenoic acid or (*E*)-pent-2-enoic acid) were studied by using FT-IR and NMR methods. Quantum chemical computations were performed with DFT/B3LYP/6-311+G(2d,p) level. The observed broad band in the region of 2500-3300 cm<sup>-1</sup> in FT-IR spectrum and signal at 11.99/12.35 ppm in proton NMR chemical shifts are indicated to dimeric form of the title molecule. The experimental values are in a good aggreement with computed data.

### References

- AIST, (2017). National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Spectral Database for Organic Compounds, SDBS. [http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/cre\\_index.cgi](http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/cre_index.cgi), (Accessed on 10 March 2017).
- Akyıldırım, O., Gökce, H., Bahçeli, S., Yüksekk, H. (2017). Theoretical and Spectroscopic (FT-IR, NMR and UV-Vis.) Characterizations of 3-p-chlorobenzyl-4-(4-carboxybenzylidenamino)-4,5-dihydro-1H-1,2,4-triazol-5-one Molecule. Journal of Molecular Structure, 1127: 114-123.
- Becke, A.D. (1993). Density-functional Thermochemistry. III. The Role of Exact Exchange. The Journal of Chemical Physics, 98: 5648-5652.
- Bellamy, L.J. (1975). The Infrared Spectra of Complex Molecules, 3rd ed. Wiley, New York.
- Colthup, N.B., Daly, L.H., Wiberley, E. (1964). Introduction to Infrared and Raman Spectroscopy, Academic Press, New York.

- Dennington, R., Keith, T., Millam J. (Eds.) (2009). GaussView, Version 5, Semichem Inc., Shawnee Mission KS.
- Ditchfield, R. (1974). Self-consistent Perturbation Theory of Diamagnetism. *Molecular Physics*, 27: 789-807.
- Frisch, M.J., Trucks, G.W., Schlegel, H.B., Scuseria, G.E., Robb, M.A., Cheeseman, J.R., Scalmani, G., Barone, V., Mennucci, B., Petersson, G.A., Nakatsuji, H., Caricato, M., Li, X., Hratchian, H.P., Izmaylov, A.F., Bloino, J., Zheng, G., Sonnenberg, J.L., Hada, M., Ehara, M., Toyota, K., Fukuda, R., Hasegawa, J., Ishida, M., Nakajima, T., Honda, Y., Kitao, O., Nakai, H., Vreven, T., Montgomery Jr., J.A., Peralta, J.E., Ogliaro, F., Bearpark, M., Heyd, J.J., Brothers, E., Kudin, K.N., Staroverov, V.N., Kobayashi, R., Normand, J., Raghavachari, K., Rendell, A., Burant, J.C., Iyengar, S.S., Tomasi, J., Cossi, M., Rega, N., Millam, J.M., Klene, M., Knox, J.E., Cross, J.B., Bakken, V., Adamo, C., Jaramillo, J., Gomperts, R., Stratmann, R.E., Yazyev, O., Austin, A.J., Cammi, R., Pomelli, C., Ochterski, J.W., Martin, R.L., Morokuma, K., Zakrzewski, V.G., Voth, G.A., Salvador, P., Dannenberg, J.J., Dapprich, S., Daniels, A.D., Farkas, Ö., Foresman, J.B., Ortiz, J.V., Cioslowski, J., Fox, D.J. (2009). Gaussian 09, Revision C.01, Gaussian, Inc., Wallingford CT.
- Fukui, K. (1982). Role of Frontier Orbitals in Chemical Reactions. *Science*, 218: 747-754.
- Gökce, H., Bahçeli, S. (2013). Molecular Structure, spectroscopic properties and DFT calculations of 2-(methylthio)nicotinic acid. *Optics and Spectroscopy*, 115(4): 469–483.
- Jamroz, M.H. (2004). Vibrational Energy Distribution Analysis, VEDA4, Warsaw.
- Lambert, J.B., Shurvell, H.F., Cooks, R.G. (1987). Introduction to Organic Spectroscopy, Macmillan Publish, NewYork, USA.
- Lee, C., Yang, W., Parr, R.G. (1988). Development of the Colle-Salvetti Correlation-Energy Formula into a Functional of the Electron Density. *Physical Review B*, 37: 785-789.
- London, F. (1937). Théorie Quantique Des Courants Interatomiques Dans Les Combinaisons Aromatiques. *Journal de Physique et le Radium*, 8: 397-409.
- Pavia, D.L., Lampman, G.M., Kriz, G.S., Vyvyan, J.R. (2009). Introduction to Spectroscopy, Brooks/Cole Cengage Learning, USA.
- Pearson, R.G. (1986). Absolute Electronegativity and Hardness Correlated with Molecular Orbital Theory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 83: 8440-8441.
- Peppel, T., Sonneck, M., Spannenberg, A., Wohlrab, S. (2015). Crystal Structure of (E)-pent-2-enoic Acid. *Acta Crystallographica E71: o316*.
- Silverstein, R.M., Webster, F.X. (1998). Spectroscopic Identification of Organic Compound, 6nd ed. John Wiley & Sons, New York.
- Sonneck, M., Peppel, T., Spannenberg, A., Wohlrab, S. (2015). Synthesis and Molecular Structures of (E)-non-2-enoic Acid and (E)-dec-2-enoic Acid. *Crystals*, 5(4): 466-474.
- Stuart, B.H. (2004). Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications, JohnWiley & Sons, England.
- Tan, S., Williams, C.T. (2013). An In Situ Spectroscopic Study of Prochiral Reactant–Chiral Modifier Interactions on Palladium Catalyst: Case of Alkenoic Acid and Cinchonidine in Various Solvents. *J. Phys. Chem. C*, 117(35): 18043–18052.
- Wang, Z., Chen, J., Li, L., Zhou, Z., Geng, Y., Sun, T. (2015). Detailed Structural Study of β-artemether: Density Functional Theory (DFT) Calculations of Infrared, Raman Spectroscopy, and Vibrational Circular Dichroism. *Journal of Molecular Structure*, 1097: 61-68.
- Wolinski, K., Himton, J.F., Pulay, P. (1990). Efficient implementation of the gauge-independent atomic orbital method for NMR chemical shift calculations. *Journal of the American Chemical Society*, 112: 8251-8260.

## Isparta-Sütçüler Yöresinde *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876)'nin Habitat Uygunluk Haritalaması

Ahmet MERT<sup>1\*</sup>, Akın KIRAÇ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

\* Corresponding author (İletişim yazarı): \* ahmetmert@sdu.edu.tr

**Özet:** *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876) Türkiye herpetofaunasında Lacertidae familyasına ait endemik bir kertenkele türündür. Bu tür Toros Dağları ve çevresindeki uygun habitatlarda yayılış göstermektedir. Bu çalışma Batı Akdeniz de yer alan Sütçüler (Isparta) yöresinde Maksimum Entropi yöntemi ile hedef tür için uygun habitatları belirlemek ve haritalandırmak amacıyla gerçekleştirılmıştır. 2014 yılının Mayıs-Ekim ayları arasında gerçekleştirilen arazi çalışması sonucunda sahada türe ait 33 örnek alanda var verisi elde edilmiştir. Bio iklim değişkenleri, uydu verilerinden türetilen bitki indeksleri ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak üretilen veya sayısallaştırılan altlık haritalar olmak üzere toplamda birbirileyle ilişkili göstermeyen 21 çevresel değişken ile hedef türe ait var verileri arasındaki ilişkiler MaxEnt yazılımı ile modellenmiş ve haritalanmıştır. *Anatololacerta danfordi* için elde edilen habitat uygunluk modeline göre (eğitim veri seti AUC: 0.916, test veri seti AUC: 0.898) türünün dağılımını etkileyen çevresel değişkenlerin anakaya, dere yoğunluğu, eğim, engebelilik, arazi yüzü şekli, radyasyon indeksi ve arazi örtü/kullanım sınıfları olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Anatololacerta danfordi*, Endemik, Kertenkele, MaxEnt, Sütçüler yöresi

## Habitat Suitability Mapping of *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876) in Isparta-Sütçüler District

**Abstract:** *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876) is an endemic lizard species of the Lacertidae family in Turkey herpetofauna. This lizard species is spreading in the Taurus Mountains and in the appropriate habitats around it. This study was carried out with the aim of determining and mapping suitable habitats for the target species with Maximum Entropy method in Sütçüler (Isparta) region in Western Mediterranean. As a result of the field work between May-October of 2014, 33 present data of this species were obtained. Relationships between the 21 environmental variables and present data of target species, which do not correlate with each other, such as bio climate variables, vegetation indices derived from satellite data or digitized baseline maps, are modeled and mapped by MaxEnt software. According to the habitat suitability model of *Anatololacerta danfordi* (training data set AUC: 0.916, test data set AUC: 0.898); bedrock, stream density, slope, ruggedness, landform index, radiation index, and land cover/use classes have been the limiting factors in the distribution of *Anatololacerta danfordi*.

**Keywords:** *Anatololacerta danfordi*, Endemic, Lizard, MaxEnt, Sütçüler district

### 1. Giriş

Türkiye'nin yaban hayatı unsurlarının ve biyolojik çeşitliliğinin önemli bir kısmını da sürüngen türleri oluşturmaktadır. Türkiye herpetofaunasında 62 farklı kertenkele türü bulunmaktadır ve bu türlerden 7 tanesi endemiktir (Baran vd., 2012). Bu 7 endemik türden biri olan hedef tür, geçmişte *Lacerta danfordi* kompleksi altında tür/alttır tartışmalarına konu olmuştur ve günümüzde *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876) bilimsel ismini almıştır. Türün Türkiye'de Batı Akdeniz, Doğu Akdeniz ve İç Anadolu'ya kadar yayılışı bilinmektedir (Eiselt ve Schmidtler, 1987; Çevik vd.,

2006; Arnold vd., 2007; Güçlü ve Olgun, 2008; Baran vd., 2012; Bellati vd., 2015).

Yaban hayatının ve biyolojik çeşitliliğin korunması için türlerin dağılımına etki eden faktörlerin ve habitatlarının bilinmesi gerekmektedir. Yani türleri korumaya almadan önce, habitat isteklerini belirlemek ve uygun habitatı koruma ile işe başlamak istenilen sonucun gerçekleşmesinde önemli rol oynamaktadır. Yaban hayvanlarının hangi habitatları neden tercih etiklerinin açıklanabilmesi için, o alandaki çeşitliliğin ve varyasyonun hesaplanması gerekmektedir. Bunun için

de çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır (Özkan, 2009).

Sürdürülebilir yaban hayatı yönetimi planlamalarında, türlerin habitat tercihleri ve potansiyel yayılış alanlarının niteliklerini bilmek bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu nedenle tür dağılım haritaları, tür koruma çalışmalarında son derece önemli bir altyapı oluşturmaktadır (Clark, vd., 1993; Corsi vd., 1999). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracılığıyla oluşturulan tür dağılım modellemeleri, türün biyolojisi ve arazi özelliklerinden yola çıkarak dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılmaktadır (Phillips, vd., 2004).

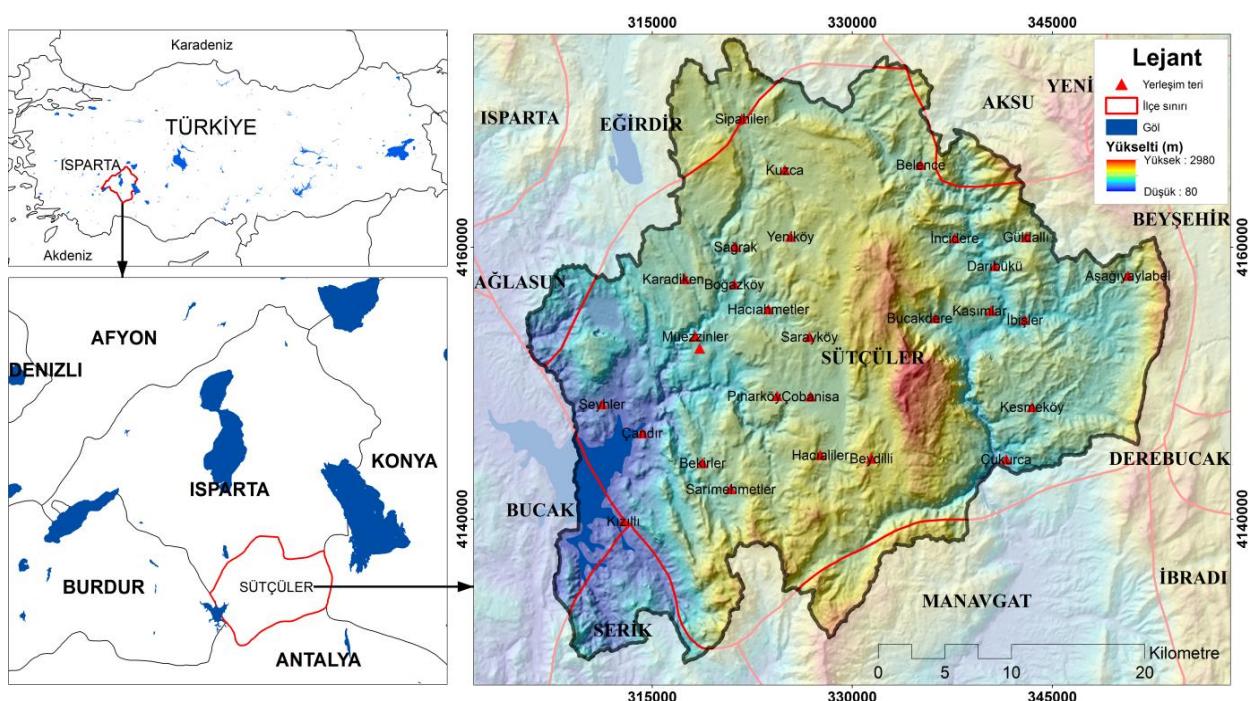
Tür dağılımı modellemesinde birçok yöntem kullanılmaktadır, bu yöntemlerden biri de Maksimum Entropi (MaxEnt) yaklaşımıdır. MaxEnt, türlerin yalnızca var kayıtlarından türlerin dağılımlarını modelleyen bir yazılımdır (Elith, 2011). MaxEnt yaklaşımı temel olarak, hedef türün alandaki varlığına ait kayıtların bulunduğu yerlerin özelliklerini irdeler ve türün yayılışını etkileyen faktörlerin bu alanlarda aldığı değerlerden yola çıkarak tüm alan için bir uygunluk düzeyi tahmin etmektedir (Baldwin, 2009). MaxEnt yöntemi diğer var verisi ile çalışan yöntemlere göre daha az veri ile daha doğru sonuçlar vermesi sebebi ile modelleme çalışmalarında daha fazla tercih edilmektedir (Hernandez vd., 2006; Wisz vd., 2008).

MaxEnt yöntemi türlerin habitat tercihi, tür koruma ve türlere ait habitatları korunması, endemik türlerin ve tehlike altındaki türlerin gelecekteki potansiyel yayılış alanlarının ortaya koyulması, istilacı türlerin potansiyel yayılışlarının belirlenmesi, hastalık etmeni mikroorganizmaların aktüel ve potansiyel yayılışlarının belirlenmesi gibi birçok konuda kullanılmaktadır (Pearson vd., 2007; DeMatteo ve Loiselle, 2008; Suarez-Seoane vd., 2008; Yost vd., 2008; Boubli ve Lima, 2009; Rödder ve Weinsheimer, 2009; Thorn vd., 2009; Hoenes ve Bendner, 2010; Süel, 2014).

## **2. Materyal ve Yöntem**

## **2.1. Çalışma alanı**

Çalışma alanı Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğü sınırları olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Çalışma alanı yaklaşık olarak 129000 ha büyüklüğündedir. Çalışma sahası  $30^{\circ} 47' 49''$ -  $31^{\circ} 20' 42''$  doğu boyamları ile  $37^{\circ} 18''$  10'-  $37^{\circ} 43''$  48' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanı içerisinde yükselti 80 ile 2545 m arasında değişmektedir (Şentürk, 2012). Alanda Akdeniz iklimi ve karasal iklim hakim olup yıllık ortalama sıcaklık  $14,1^{\circ}\text{C}$ , yıllık ortalama toplam yağış miktarı ise 950,1 mm'dir (Sargin, 2006; Özkan ve Gülsoy, 2009; DMİ, 2011).



**Şekil 1.** Çalışma alanı (İsparta-Sütçüler Yöresi)

## 2.2. Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları ile gerçekleştirilen envanter, yörenin tamamını temsil edecek şekilde alınan 251 örnek alanda gerçekleştirılmıştır. 2014 yılının Mayıs-Ekim ayları arasında gerçekleştirilen arazi çalışmasında  $100 \times 100$  m boyutlarındaki örnek alanlarda envanter yapılmıştır. Her örnek alanda, kertenkele türleri doğal pozisyonda olduğu anda tespit edilip (Sillero ve Gonçalves-Seco, 2014), bulunduğu yerin koordinatı Magellan Triton arazi tipi el GPS'si ile kaydedilmiştir. Teşhis edilen türler, tarih, saat, koordinat verileri ve örnek alan ile ilgili habitat bilgileri arazi envanter karnesine kaydedilmiştir. Arazi bitiminde tüm bu bilgiler bilgisayar ortamına aktarılarak depolanmıştır.

## 2.3. Çevresel değişkenler için altlık haritaların üretilmesi

19 farklı bioiklim verisi <http://www.worldclim.org> adresinden indirilmiştir. Dünya ölçüğinde olan bu veri çalışma alanı ölçüğinde kesilmiş ve kullanıma hazır hale getirilmiştir (Hijmans vd., 2005).

Çalışmada öncelikle sahaya ait 1/25000 ölçekli topografik haritalardaki eşyüselti eğrileri sayısallaştırılmış ve CBS yazılımları yardımcı ile üçgenlenmiş düzensiz ağ (ing: triangulated irregular network (TIN)) yöntemi kullanılarak alana ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuştur. Çevresel değişkenlerden eğim, bakı ve yükselti haritaları SYM yardımıyla oluşturulmuştur. ArcMap 10.2 yazılımı ile öncelikle eğim ve bakı haritaları elde edilmiştir. Daha sonra, Jenes (2006) tarafından hazırlanan ve bu yazılımin eklentisi olan “topography tools” eklentisi kullanılarak alana ait topografik pozisyon indeksi, arazi yüzü şekli indeksi, engebelilik indeksi, pürüzlülük indeksi, topografik nemlilik indeksi, gölgelenme indeksi, farklı saatlere ait topografik aydınlanma indeksi ve solar radyasyon indeksi oluşturulmuştur. Farklı denklemler kullanılarak sırasıyla; bakı uygunluk indeksi (BUI), radyasyon indeksi (RI) ve sıcaklık indeksi (SI) değerleri hesaplanmıştır ve haritaları elde edilmiştir. Bu indekslere ait denklemler sırasıyla şu şekildedir;

$$BUI = \cos(A_{max}-A) + 1$$

$$RI = [1 - \cos((\pi/180)(Q-30))] / 2$$

$$SI = \cos(\alpha_1) \times \tan(\alpha_2) = (\cos(A_{max}-A)+1) \times \tan(\text{eğim})$$

Ayrıca alana ait anakaya haritası, Maden Tetskik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek koordinatlandırılmıştır (MTA, 2011). Bu işlemin ardından, altlık harita olarak elde edilen sayısal anakaya haritası üzerinde poligon olarak farklı anakaya tipleri gösterilmiştir.

Meşcere haritaları yardımıyla vejetasyon altlıklarının oluşturulması için Isparta Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan çalışma alanına ait sayısal meşcere haritaları kullanılmıştır. Meşcere haritası içerisinde bulunan bölmecikler ziraat, su, yerleşim, çalılık, orman olmak üzere beş farklı grup olacak şekilde sınıflandırılmıştır.

MODIS VI uydusu verilerinden biri olan MOD13Q1 modülüne ürettiği Normalize edilmiş bitki fark indeksi (NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)) ve Gelişmiş bitki indeksi (EVI (Enhanced Vegetation Index)) verileri kullanılmıştır.

Dere yoğunluğuna ait altlık haritanın oluşturulabilmesi için öncelikle sayısallaştırılmış topografik harita üzerinde bulunan akar dereler vektör halinde çizilmiştir. Daha sonra ArcMAP 10.2 içerisinde bulunan çizgi yoğunluğu aracı (line density) kullanılarak dere çizgisi ile bu çizgi etrafında bulunan 2000 m' lik mesafe baz alınarak dere yoğunluğu allığı oluşturulmuştur (Mert vd., 2013).

## 2.4. İstatistik ve habitat uygunluk modellemesi

Bio iklim verileri ve CBS yardımı ile elde edilen çevresel değişkenler arasında yüksek korelasyon görülebilmektedir. Aralarında yüksek korelasyon gösteren değişkenlerin modele dahil edilmesi durumu ise ortaya çoklu bağlantı problemini çıkarmaktadır (Şentürk, 2012; Süel, 2014) Çoklu bağlantı sorununu ortadan kaldırmak amacıyla üretilen 47 adet çevresel değişkene Pearson Korelasyon Analizi ( $R^2 < 0,85$ ) ve Faktör Analizi uygulanacaktır. Bu analizler sonucunda temsilci değişkenler seçilecek ve modelleme aşamasında bu değişkenler kullanılacaktır.

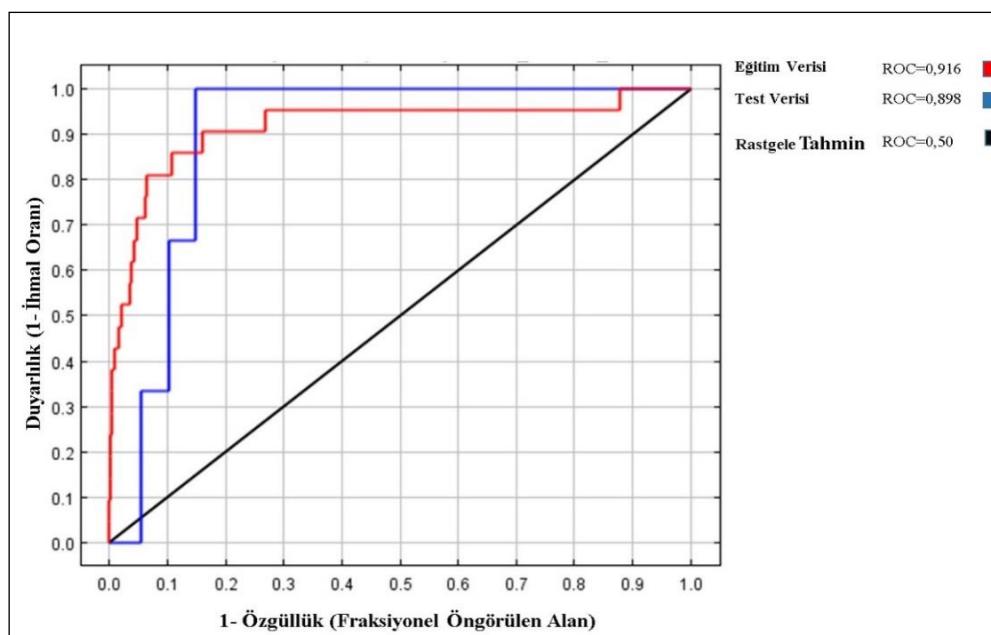
*Anatololacerta danfordi*'nin habitat uygunluk modelini ve harmasını elde etmek için MaxEnt 3.3.3k yazılımı kullanılmıştır (Philips vd., 2006; Elith vd., 2011). “ascii” dosyası olarak oluşturulan 21 adet çevresel değişken ve “csv” dosyası olarak oluşturulan 33 örnek alandaki hedef türe ait var verileri bu yazılımda analize tabi tutulmuştur. Eğitim verisi %90, test verisi %10 ve 10 tekerrür olacak şekilde analiz yapılmıştır. Model başarısını belirlemek için ROC eğrisi AUC değerlerine bakılmıştır. AUC değerleri 1'e yakınsa mükemmel, 0,7'ye yakın ise açıklayıcı, 0,5'e yakın ise bilgi vermeyen model olarak değerlendirilmiştir (Philips vd., 2004; Elith vd., 2006).

### 3. Bulgular

Çevresel değişkenlere uygulanan Pearson Korelasyon Analizi ( $R^2 < 0,85$ ) ve Faktör Analizi sonucunda 21 çevresel değişkenin modelleme aşamasında kullanılabileceği görülmüştür. Bu değişkenler bioiklim değişkenlerinden yıllık yağış (bio12), solar aydınlanma değişkenlerinden 8am, gunorta, toplam solar aydınlanma, diğer çevresel değişkenlerden bakı, bakı uygunluk indeksi, topografik nemlilik indeksi, dere yoğunluk, eğim, engebelilik, gölgelenme indeksi, radyasyon indeksi, sıcaklık indeksi, solar radyasyon indeksi, topografik pozisyon indeksi, yükselti, arazi yüzü şekli, normalleştirilmiş bitki fark indeksi, yüzü şekli indeksi, normalleştirilmiş bitki fark indeksi,

gelişmiş bitki indeksi, anakaya, arazi örtü/kullanım sınıfları olmuştu.

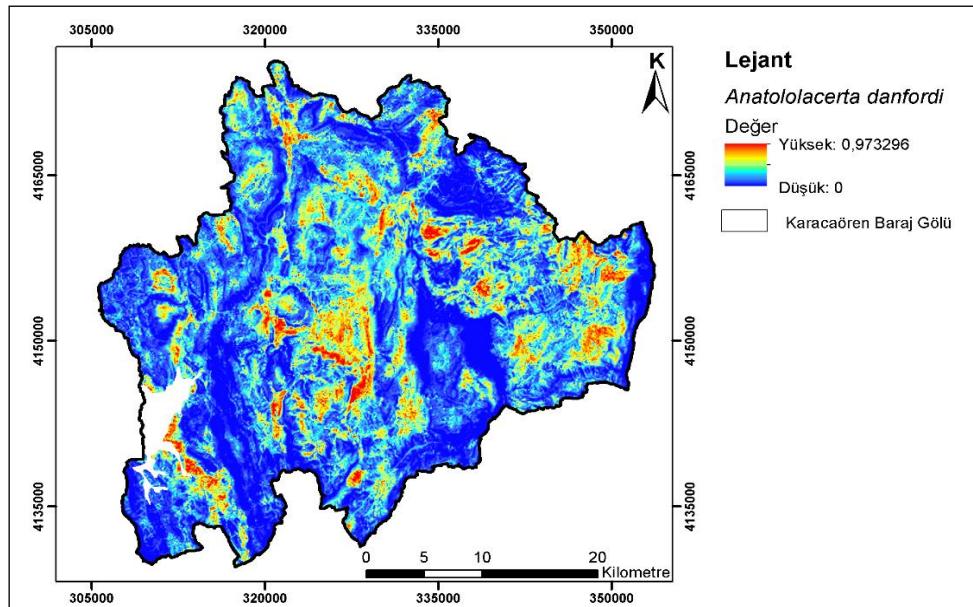
Elde edilen habitat uygunluk modelinin eğitim veri seti AUC değeri 0.916 ve test veri seti AUC değeri 0.898 olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Bu sonuca göre modelin mükemmel model başarısına oldukça yakın olduğu görülmüştür (Elith vd., 2006). *Anatololacerta danfordi* türünün dağılımını etkileyen çevresel değişkenlerin anakaya, dere yoğunluğu, eğim, engebelilik, arazi yüzü şekli, radyasyon indeksi ve arazi örtü/kullanım sınıfları olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 2.** *Anatololacerta danfordi* habitat uygunluk model performansı

*Anatololacerta danfordi* için uygun habitatları oluşturan söz konusu 7 adet çevresel değişken elde etmek istediğimiz habitat uygunluk haritasını şekillendirmiştir (Şekil 3). Haritada kırmızı ile gösterilen alanlar *A.danfordi*'nin var olma olasılığının en fazla olduğu

mevcut ve potansiyel alanlardır. Mavi ile gösterilen alanlar ise tür için uygun olmayan alanlar anlamına gelmektedir.



**Şekil 3.** *Anatololacerta danfordi* habitat uygunluk haritası

#### 4. Tartışma ve Sonuç

*Anatololacerta danfordi* için elde edilen habitat uygunluk modelini oluşturan anakaya çevresel değişkeni incelendiğinde, hedef türün traverten, volkanik tortul kayaç, konglomera ve olistostorm anakaya tiplerini tercih ettiği fakat silisli şist ve peridotit anakaya tiplerini tercih etmediği tespit edilmiştir. *A. danfordi*'nin saklanma ve barınma amacıyla traverten, volkanik tortul kayaç, konglomera ve olistostorm tipi anakayaları tercih ettiği düşünülmektedir. Çünkü bu tip anakayalar çatlaklı ve delikli bir yapıya sahiptir. *A. danfordi*'nın eğimin ve engebeliliğin en az olduğu yerleri tercih ettiği görülmektedir. Arazi yüzü şekli değişkeni için vadi içi tepeler ve U şeklindeki vadiler söz konusu tür için uygun alanlar oluşturmaktadır. Dere yoğunluğunun fazla olduğu alanların tür için uygun olması, diğer taraftan radyasyon indeksine göre kuzeybatı, kuzey, kuzeydoğu bakaların uygun alanlar oluşturmaması, *A. danfordi*'nın nemli alanları tercih ettiğini göstermiştir. Arazi örtü/kullanım sınıfları tercihi yerleşim, ziraat ve su olan *A. danfordi*'nın beslenme biyolojisi özellikleri nedeni ile bu alanları tercih ettiği düşünülmektedir. Literatürde *A. danfordi*'nın gözlemlere dayalı olarak habitatının suda uzak olmayan taşlık ve kayalık alanlar olarak belirtilmektedir (Arnold vd., 2007; Baran vd., 2012). Çalışma sonuçları ile uyum sağlamasına rağmen buna benzer habitat tarifleri yüzeysel ve eksik kalmaktadır. Türün dağılımına etki edebilecek hiçbir çevresel değişkeni dışarda bırakmadan yapılan habitat uygunluk modelleri, türün hangi anakaya tiplerini tercih ettiği, hangi topografik özellikleri tercih ettiği, hangi iklimsel şartlara toleransı olduğu vb. hakkında detaylı

bilgi vererek tür için daha spesifik bir habitat tarifi öne sürmektedir.

*Anatololacerta danfordi*'nın habitat uygunluk haritası incelendiğinde Sipahiler ile Kuzca arasındaki alanların, Müezzinler-Sütçüler, Sütçüler-Sarayköy hattındaki alanların, Pinarköy-Çobanisa-Hacıaliler-Sarımehmetler arasındaki alanların, Yeniköy ile Tota Dağı arasındaki alanların, İncidere-Daribükü-İbişler arasındaki alanların, Güldallı ile Aşağıyayabel arasındaki alanların, Kesmeköy ile Bayşehir arasındaki alanların bu tür için uygun habitatlar olduğu görülmektedir. Kızılı ile Serik arasında kalan alanlar, Müezzinler ile Eğirdir arasında kalan alanlar ve Belence'nin kuzeyi arazi çalışmalarında türe ait var verisi elde edilememesine rağmen *A. danfordi* için potansiyel habitatlar olarak belirlenmiştir.

*Anatololacerta danfordi* gibi endemik türlerin, diğer yandan nadir ve nesli tehlige altındaki türlerin ekolojik isteklerinin belirlenmesi, mevcut ve potansiyel habitat uygunluk haritalarının oluşturulması, biyolojik çeşitliliğin ve türlerin korunması ile ilgili çalışmalarda sonuç alabilmek için oldukça önemlidir. Ayrıca türlerde ait habitat uygunluk haritalarının, yaban hayatı için oluşturulacak yönetim planlarında dikkate alınması beklenmektedir.

#### Teşekkür

4414-D1-15 No'lu Proje ile bu çalışmayı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz. Bu çalışma 11-13 Mayıs 2017 tarihleri arasında Kayseri'de düzenlenen Ecology 2017 isimli

uluslararası sempozyumda “Habitat Suitability Mapping of *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876) in Isparta-Sütçüler District, Turkey” başlığı ile özet metin olarak yayınlanmıştır.

## Kaynaklar

- Arnold, E.N., Arribas, O., Carranza, S. (2007). Systematics of the Palaearctic and Oriental lizard tribe lacertini (Squamata: Lacertidae: Lacertinae), with descriptions of eight new genera. Zootaxa 1430. 20-21 p.
- Baldwin, R.A. (2009). Use of Maximum Entropy modeling in wildlife research. Entropy, 11(4), 854-866.
- Baran, İ., Ilgaz, Ç., Avcı, A., Kumlutaş, Y., Olgun, K. (2012). Türkiye Amfibi ve Sürüngenleri. Tübitak Popüler Bilim Kitapları, 204s., Ankara.
- Bellati, A., Carranza, S., Garcia-Porta, J., Fasola, M., Sindaco, R. (2015). Cryptic diversity within the *Anatololacerta* species complex (Squamata: Lacertidae) in the Anatolian Peninsula: Evidence from a multi-locus approach. Molecular Phylogenetics and Evolution, 82: 219-233.
- Boubli, J.P., Lima, M.G. (2009). Modeling the geographical distribution and fundamental niches of Cacajao spp. and Chiropotes israelita in Northwestern Amazonia via a maximum entropy algorithm, International Journal of Primatology, 30, 217–228.
- Clark, J.D., Dunn, J.E., Smith, K.G. (1993). A multivariate model of female black bear habitat use for a geographic information system. The Journal of Wildlife Management, 519-526.
- Corsi, F., Duprè, E., Boitani, L. (1999). A large- scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. Conservation Biology, 13(1), 150-159.
- Çevik, E., Başkale, E., Kaya, U., Turgay, F. (2006). Taxonomic status of some *Lacerta danfordi* (GÜNTHER, 1876) populations. Russian Journal of Herpetology, 13(2), 89-92.
- DeMatteo, K.E., Loiselle, B.A. (2008). New data on the status and distribution of the bush dog (*Speothos venaticus*): Evaluating its quality of protection and directing research efforts. Biological Conservation, 141, 2494–2505.
- DMİ, (2011). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi (TMVAS). 1974-2011 Yılları Arasında Isparta (Sütçüler) Yöresine Ait Çok Yıllık İklim Verileri, (Sayısal veri), Ankara.
- Eiselt, J., Schmidtler, J. F. (1987). Der *Lacerta danfordi* complex. Spixiana, 9: 289-328.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.McC., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K.S., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M.S., Zimmermann, N.E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, 29, 129-151.
- Elith, J., Phillips, S., Hastie, T., Dudik, M., Chee, Y.E., Yates, C.J. (2011). A statistical explanation of mavent for ecologist. A Journal of Conservation Biogeography, 17, 43-57.
- Güçlü, Ö., Kurtuluş, O. (2008). Present status of *Lacerta danfordi* complex (GUNTHER, 1876) in Southwestern Anatolia, Turkey. Russian Journal of Herpetology, 15(3), 179-188.
- Hernandez, P.A., Graham, C.H., Master, L.L., Albert, D.L. (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. Ecography, 29(5), 773-785.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology, 25(15), 1965-1978.
- Hoenes, B.D., Bender, L.C. (2010). Relative habitat-and browse-use of native desert mule deer and exotic oryx in the greater san andres mountains, New Mexico, human-wildlife interactions, 4(1), 12–24.
- Jenness, J., (2006). Topographic Position Index (tpi\_jen\_avx) Extension for ArcView 3. x version 1.2. Jenness Enterprises, Flagstaff, AZ.
- Mert, A., Şentürk, Ö., Güney, C.O., Akdemir, D., Özkan, K. (2013). Mapping of some distal variables available for mapping habitat suitabilities of the species: A case study of Buldan District. The 3rd International Geography Symposium, Eds: Atalay, İ., Efe, R., 10-13 June, 2013, Kemer Antalya, pp. 210.
- MTA, (2011). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, <http://www.mta.gov.tr>, (Erişim tarihi:07.02.2015).
- Özkan, K. (2009). Yaban Hayatı Ekolojisi’nde Analitik Değerlendirme Açısından Uygun Envanter Metodu Üzerine Bir Öneri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı 2, 160-169.
- Özkan, K., Gülsoy, S. (2009). Effect of environmental factors on the productivity of crimean pine (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*)’in Sutculer, Turkey. Journal of Environmental Biology, 30(6), 965-970.

- Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M., Peterson, A.T. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic Geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34, 102-117.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. (2006). Maximum Entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3), 231-259.
- Phillips, S.J., Dudík, M., Schapire, R.E. (2004). A Maximum Entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings of The Twenty-First International Conference On Machine Learning*, ACM, 83p.
- Rödder, D., Weinsheimer, F. (2009). Will future anthropogenic climate change increase the potential distribution of the alien invasive cuban treefrog (Anura: Hylidae). *Journal of Natural History*, 43, 1207-1217.
- Sargin, S. (2006). Sütçüler'de kır yerleşmeleri ve yerleşme düzene etki eden faktörler. *Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(16), 63-88.
- Sillero, N., Gonçalves-Seco, L. (2014). Spatial structure analysis of a reptile community with airborne lidar data. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(8), 1709-1722.
- Suárez-Seoane, S., Moren, E.L.G., Prieto, M.B.M., Osborne, P.E., Juana, E. (2008). Maximum Entropy Niche-Based modelling of seasonal changes in little bustard (*Tetrax tetrax*) distribution. *Ecological Modelling*, 219, 17-29.
- Süel, (2014). Isparta-Sütçüler Yöresinde Av Türlerinin Habitat Uygunluk Modellemesi, 2014. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 151s.
- Thorn, J. S., Nijman, V., Smith, D., Nekaris, K. A. I. (2009). Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (Primates: *Nycticebus*). *Diversity and Distributions*. 15(2): 289-298.
- Wisz, M.S., Hijmans, R., Li, J., Peterson, A.T., Graham, C., Guisan, A. (2008). Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 14(5), 763-773.
- Yost, A.C., Petersen, S.L., Gregg, M., Miller, R. (2008). Predictive modeling and mapping sage grouse (*Centrocercus urophasianus*) nesting habitat using Maximum Entropy and a long-term dataset from Southern Oregon. *Ecological Informatics*, 3(6), 375-386.

## Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretiminin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini

Ümit SENOL<sup>1\*</sup>, Zabit MUSAYEV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı 06520 Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Bozok Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 66200 Yozgat, Türkiye

\* Corresponding author (İletişim yazarı): \* umit.senol@teias.gov.tr

**Özet:** Bu çalışmada, çeşitli rüzgar türbinleri ile yapay sinir ağları (YSA) modeli oluşturarak rüzgar enerjisinden elektrik üretimi tahmini yapılmıştır. Oluşturulan modelde kullanılacak olan rüzgar hızı verileri test aşamasında, farklı tip rüzgar türbinlerine ait çıkış güçleri ise eğitim aşamasında kullanılmıştır. Uygulama sonrası ortaya çıkan regresyon eğrilerinde oluşturulan modelin yaptığı tahminlerin güvenilir ve tutarlı olduğu anlaşılmıştır. Tahmin sonuçlarına göre seçilen bölgenin rüzgar potansiyelinin oldukça iyi olduğu ve kaliteli türbinlerle yüksek kapasiteli enerji üretiminin sağlanabileceği görülmüştür. Ayrıca enerji sektöründeki uygulamacılar ve karar konumunda olan kişilerin elektrik enerjisi ihtiyaçının sürekli arttığı günümüzde, rüzgar enerjisine yönelik çalışmalarında alternatif olarak YSA'nın kolaylıkla kullanabileceği ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Rüzgar enerjisi, Rüzgar santrali, Rüzgar hızı, Yapay sinir ağları.

## Estimating Wind Energy Potential by Artificial Neural Networks Method

**Abstract:** In this study, electricity generation from wind energy is estimated by creating various wind turbines and artificial neural networks (ANN) models. The wind speed data to be used in the model was used during the test phase, while the output powers from different types of wind turbines were used during the training phase. It has been understood that the predictions made by the model created in the regression curves that emerged after the application are reliable and consistent. According to the estimation results, it is seen that the selected zone has very good wind potential and high quality energy production can be achieved with high quality turbines. Moreover, it has been revealed that ANN can easily use alternatives in wind energy applications in the days when the electricity energy needs of the people in the energy sector and the decision makers are constantly increasing.

**Keywords:** Wind energy, Wind power plants, Wind speed, Artificial neural network.

### 1. Giriş

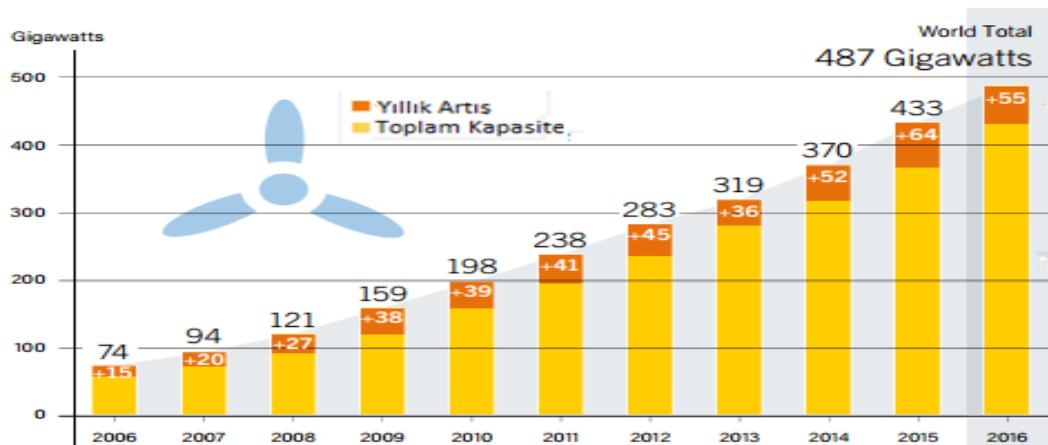
Ülkelerin kalkınma düzeyini belirleyen ekonomik ve sosyal gelişmelerin en önemli unsurlardan birisi enerjidir. İlerleyen teknolojiye bağlı olarak ülkelerin elektrik enerjisine olan ihtiyaçları sürekli artış göstermektedir. Son yıllarda enerjiyi en güvenilir kaynaklardan, en ucuz ve kaliteli yöntemlerle üretebilmek oldukça önem kazanmıştır (Yağcı, 2013). Günümüzde ülkeler enerji ihtiyaçlarının büyük bir kısmını fosil yakıtlar olarak bilinen kömür, petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarından karşılamaktadır. Küresel ısınmaya sebep olan fosil yakıtlar aynı zamanda havanın kirlenmesine, asit yağmurlarının oluşmasına, ozon tabakasını delinmesine ve ormanların tahribatına da sebep olmaktadır (Wai vd., 2008). Fosil yakıt kaynaklarının zamanla tükenmeye başlaması ve

verdiği zararlarından dolayı ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlamışlardır. Ayrıca her geçen gün artmaka olan enerji talebi de ancak sürdürülebilir ve temiz enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanabilmesi mümkündür (Azad vd., 2015).

Büyük bir potansiyele sahip olan yenilenebilir enerji kaynakları son yıllarda hızla yaygınlaşmakta, ülkelerin enerji politikalarının en önemli unsuru haline gelmekte ve her geçen gün daha cazip bir yatırım halini almaktadır. Teknolojisi ve kullanımı ile en hızlı gelişme gösteren ve ekonomisi de konvansiyonel enerji kaynakları ile rekabet edebilir hale gelen yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden birisi rüzgar enerjisidir (Elibüyük vd., 2016). Rüzgar enerjisi eski çağlardan günümüze değirmenlerde tahıl öğütmede, su

pompalamada, deniz ile nehir taşımacılığında ve çeşitli mekanik güç çevrimlerinde kullanılmakta iken günümüzde ise rüzgar enerjisinden elektrik elde etmek için modern türbinler tasarlanmış ve dünyanın birçok bölgesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Da Rosa, 2013). Rüzgar enerjisinin temiz ve tükenmez bir enerji kaynağı olması, enerjide dışa bağımlılığı azaltması, santrallerin kısa sürede kurulması ve bölgesel olduğundan dünya pazarından büyük ölçüde bağımsız olması en büyük avantajlarıdır.

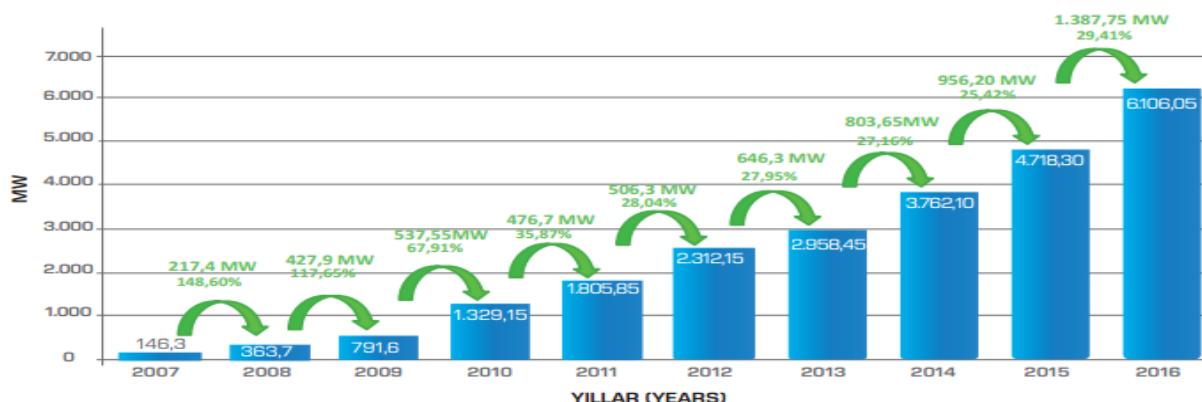
1990'lı yillardan itibaren rüzgar enerjisi teknolojisi son büyük gelişme kaydetmiş ve yüksek kapasiteli rüzgar güç santralleri kurulmuştur. 1990'lı yılların başında dünya genelinde kurulu rüzgar gücü sadece 2,160 MW iken, 1999 yılının sonunda dünyanın kurulu rüzgar gücü yaklaşık 6 kat artarak 13,455 MW'a ulaşmıştır. 2000'li yıllarda bu artış devam etmiş, dünyanın kurulu rüzgar gücü 2003 yılı sonunda 33,400 MW, 2006 yılının sonunda 74,000 MW ve 2016 yılına kadar bu güç yaklaşık 487,000 MW'a ulaşmıştır (REN21, 2016).



**Şekil 1.** 2006-2016 döneminde dünyada rüzgar enerjisi kapasitesi

Ülkemizin Avrupa ve Asya arasında bir köprü konumunda bulunması ve üç tarafı denizlerle kaplı olması, özellikle Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu kıyılarında ortalama 4.5-10 m/s rüzgar hızları ile önemli bir rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir (İlkiliç ve Türkbay, 2010). Türkiye'de şebekeye bağlı rüzgar enerjisiyle elektrik üretimi 1998 yılında başlamış ve özellikle 2005

yılından itibaren rüzgar enerji santrallerinin kurulu güç ve enerji üretiminde büyük artış göstermiştir. Türkiye'de rüzgar enerjisi kurulu gücü Ocak 2017 tarihi itibarıyla 6,106 MW seviyesine ulaşmış (Şekil 2) ve bu da Türkiye'deki elektrik enerjisi kurulu gücünün yaklaşık %6.3'sini Rüzgar santrallerinden oluşturmaktadır (TUREB, 2017).



**Şekil 2.** Türkiye'deki rüzgar enerjisi santralleri için kümülatif kurulum (TUREB, 2017)

Bu çalışmada, çeşitli rüzgar türbinleri ile YSA modeli oluşturarak rüzgar enerjisinden elektrik üretimi tahmini yapılmıştır. Çalışmada uygulanacak model YSA'nın Matlab (R2014A Sürümü) yazılımı ile gerçekleştirılmıştır. Çalışmada belirtilen amaç çerçevesinde rüzgar hızı verileri kullanılacak bölge olarak Aydın ilinin Çine ilçesinin Turguttepe mevkii seçilmiş olup, 2015 yılında rüzgar hızının yüksek olduğu 90 m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı verilerinden yararlanılmıştır. Ayrıca çalışmada YSA çıktı verileri olarak kullanılacak rüzgar türbinleri Gamesa G97, Suzlon S.88, Siemens SWT2.3, Nordex N100, Enercon E82, Vestas V117 tipi rüzgar türbinleri olup olup rüzgar türbinlerinin kule yüksekliği 90 m olarak seçilmiştir. YSA modeli çıktı verileri olarak kullanılacak bu türbinler günümüzde en çok kullanılan ve verimlilik bakımından oldukça yüksek olan rüzgar türbinleridir.

## 2. Yapay Sinir Ağları (YSA)

YSA, insan beyninin özelliklerinden olan, öğrenme yolu ile yeni bilgiler üretebilme, çoğullama ve keşfedebilme gibi üstün yetenekleri, herhangi bir yardım almadan gerçekleştirebilen bir bilgisayar sistemidir (Öztemel, 2003). Bilgisayar teknolojisi ve yazılım sektöründeki gelişmelere bağlı olarak YSA modellemesinin basitleşmesi ve klasik yöntemlerle çözümü zor olan problemlere daha kolay çözüm getirmesi, YSA'nın mühendislik uygulamalarında ve özellikle karmaşık problemlerin modellemesinde yaygın kullanım alanı bulmasını sağlamıştır. YSA, biyolojik sinir hücreinden esinlenerek geliştirilen yapay sinir hücrelerinin birleşmesiyle meydana gelmektedir. YSA'nın; doğrusal olmayan yapıları modelleyebilmesi, paralel dağılmış yapısı, öğrenme ve genelleme yapabilme yeteneği, farklı problemler için uyarlanabilirliği ve hata toleransına sahip olması en önemli özelliklerindendir (Hamzaçebi, 2011).

Temel bir YSA hücresi biyolojik sinir hücrenine göre çok daha basit bir yapıya sahiptir. Bir YSA modeli girdi katmanı, çıktı katmanı ve gizli katmandan oluşmaktadır. Gizli katman birden fazla katmandan oluşabilir ve her katmanda nöronlar bulunmaktadır. Girdi katmanında kullanılan değişken sayısı kadar, çıktı katmanında ise kullanılan çıktı sayısı kadar nöron bulunmaktadır. Fakat gizli katmanda ne kadar nöronun yer olması gerektiğine ilişkin belirli bir kural yoktur. Her bir nöron kendisinden önceki katmandaki nöronların çıktı değerlerini girdi değeri olarak kullanmaktadır. Ara katmanda ve çıktı katmanda yer alan nöronlar belirli bir aktivasyon fonksiyonuna göre kendisine gelen sinyalleri işlemekte ve varsa bir sonraki katmana iletmektedir. Aktivasyon fonksiyonları YSA'nın çıktısını şekillendiren bir

fonksiyondur. Bir ara katmanı ve ara katmanında yeteri kadar nöron bulunan bir YSA modeli her çeşit doğrusal olmayan fonksiyonu modelleyebilmektedir (Fausett, 1994). YSA hangi tip problemin çözümünde kullanılacaksa buna uygun aktivasyon fonksiyonun seçilmesi gerekmektedir.

YSA'nın en önemli avantajları hızlı olması, basit olması ve öğrenme kapasitesinin yüksek olmasıdır. YSA'nın diğer modelleme tekniklerinden farkı, problemlerin çözümü için matematiksel modeller kullanmak yerine gözlem ve/veya deney verilerine dayanan benzetimler kullanmasıdır. Literatürde rüzgar enerjisi tahminlerinde YSA metodunun sıkılıkla kullanıldığı görülmektedir.

Doğancı vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, Orta ve Batı Karadeniz bölgelerinde bulunan il ve ilçelerden örneklemeler yapılarak rüzgar enerjisi tahmin çalışması yapılmıştır. YSA metodu kullanılarak, algoritma tipi, aktivasyon fonksiyonu, eğitim fonksiyonu, katman sayısı, nöron sayısı gibi parametrelerin farklı kombinasyonları ile Bafraya, İnebolu, Zonguldak ve Karabük için hesaplanan tahmin değerleri ile gerçek değerlerin örtüsü görülmüştür.

Kılıç ve Arabacı (2015) tarafından yapılan çalışmada ise Burdur ilinin gelecekteki rüzgar hızı değerleri YSA metodu kullanılarak tahmin edilmiştir. Türkiye Meteoroloji Enstitüsünden alınan veriler kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda, YSA metodunun benzer çalışmalar için uygun bir metodoloji olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Kaya vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, çeşitli rüzgar türbin verileri ile iki farklı model oluşturularak Kastamonu ili rüzgar gücü potansiyeli tahmin edilmeye çalışılmıştır. Güç tahmini için kullanılan 2015 yılına ait Kastamonu ili günlük maksimum rüzgar hızı verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. İki modelleme için sırasıyla YSA ve çoklu adaptif bulanık sinir ağları (ANFIS) yöntemleri kullanılmıştır. Sonuç olarak kullanılacak türbin tipine göre üretilebilecek maksimum güç değerleri tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre Kastamonu'nun rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu görülmüştür.

Sezgin vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, GTA yöntemi kullanılarak üretilen SiC (p) esaslı kaplanan çeliklerinin aşınma miktarlarının YSA ile tahmini yapmış ve gerçeğe yakın değerler elde edilmiştir.

## 3. Uygulama

Bu çalışmada; YSA modeli ile rüzgar enerjisinden elektrik üretimi tahmin edilmeye çalışılmıştır. YSA ile rüzgar enerjisi potansiyeli tahmini yapılrken Turguttepe mevkiiye ait rüzgar hızı verileri girdi, 6

farklı rüzgar turbine ait çıkış güçleri ise çıktı değeri olarak kullanılmıştır. Rüzgar hızı ölçümlerinde ideal yaklaşım, kullanılan rüzgar turbininin kule yüksekliğinde ölçüm yapılmasıdır. Bu yüzden çalışmada kullanılan rüzgar turbinlerinin kule yüksekliğinin 90 m olmasından dolayı bölgedeki 90 m yükseklikte ölçülen rüzgar hızı değerleri değerler

kullanılmıştır. YSA modelinde kullanılacak olan rüzgar hızı değerleri Çizelge 1'de, rüzgar turbinlerinin 0-25 m/s arası rüzgar hızına göre ürettiği enerji miktarı ise Çizelge 2'de gösterilmiştir. Çizelge 2'de yer alan 6 farklı rüzgar turbininin ürettiği enerji miktarı gibi teknik veriler üretici firma kataloglarından elde edilmiştir.

**Çizelge 1.** Aylara göre günlük ortalama rüzgar hızı değerleri (m/s)

| Günler | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran |
|--------|------|-------|------|-------|-------|---------|
| 1      | 8    | 17,7  | 3,7  | 7,6   | 4,3   | 5,1     |
| 2      | 6,7  | 16,7  | 3,9  | 5,5   | 6     | 5,4     |
| 3      | 6,4  | 10,2  | 5,7  | 4,7   | 4,4   | 4,9     |
| 4      | 6,5  | 8,4   | 9,5  | 7,7   | 9,8   | 4,9     |
| 5      | 9,6  | 6,3   | 6,6  | 4,9   | 6,9   | 8,1     |
| 6      | 13,4 | 10,9  | 8,2  | 10,7  | 7,7   | 5,3     |
| 7      | 13,5 | 4,8   | 8,8  | 8,7   | 4,5   | 3,6     |
| 8      | 21,1 | 7,4   | 5,7  | 6,2   | 5,4   | 4       |
| 9      | 16,4 | 5,3   | 5,2  | 13,1  | 6,8   | 4       |
| 10     | 5,7  | 13,6  | 3,8  | 20,9  | 6,5   | 4,2     |
| 11     | 7,7  | 18,2  | 3    | 19,4  | 7     | 6,3     |
| 12     | 15,1 | 11,8  | 5,1  | 11,4  | 5,6   | 8,1     |
| 13     | 9    | 9,9   | 6,9  | 11,3  | 7     | 7,1     |
| 14     | 3,7  | 3     | 6,1  | 5,5   | 5,7   | 9,4     |
| 15     | 3,7  | 3,5   | 7,3  | 5,4   | 6,2   | 10,5    |
| 16     | 8,9  | 7,4   | 16,2 | 5,1   | 4,9   | 5,8     |
| 17     | 3,5  | 11,3  | 12,3 | 7,3   | 3,8   | 5,6     |
| 18     | 4,1  | 16,2  | 4,2  | 10,5  | 5     | 6,3     |
| 19     | 8    | 16,5  | 6,9  | 8,8   | 6,7   | 4,8     |
| 20     | 6,5  | 18    | 5,5  | 3     | 7,3   | 4,8     |
| 21     | 6,2  | 12,4  | 11,6 | 8,2   | 3,9   | 4,4     |
| 22     | 3,8  | 7,8   | 7    | 12,1  | 5,1   | 4,8     |
| 23     | 8,2  | 12,7  | 5,3  | 11,1  | 5,4   | 4,6     |
| 24     | 12,2 | 6,6   | 3,5  | 4,6   | 7,6   | 7,9     |
| 25     | 9,6  | 8,9   | 5,3  | 5,4   | 7,9   | 9,3     |
| 26     | 6,8  | 7,7   | 6,2  | 4     | 5,7   | 7,1     |
| 27     | 7,5  | 8,4   | 10,6 | 3,3   | 4,6   | 5,7     |
| 28     | 5,7  | 8     | 8,9  | 10,4  | 3,2   | 9,9     |
| 29     | 8,9  | -     | 6,8  | 6,9   | 4,8   | 5,5     |
| 30     | 12,1 | -     | 6,7  | 5     | 8,4   | 4,2     |
| 31     | 20,7 | -     | 8,4  | -     | 4,6   | -       |

**Çizelge 1.** Aylara göre günlük ortalama rüzgar hızı değerleri (m/s) (Devam)

| Günler | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| 1      | 5,2    | 4,3     | 3,6   | 6,7  | 5,9   | 7,4    |
| 2      | 10     | 4,5     | 4,6   | 3,9  | 7,9   | 7,8    |
| 3      | 13,1   | 4,4     | 3,6   | 2,6  | 4,9   | 14,8   |
| 4      | 8,3    | 4,9     | 5,6   | 4,5  | 2,9   | 12,8   |
| 5      | 5,3    | 3,7     | 4,7   | 3    | 2,5   | 5      |
| 6      | 8,1    | 6,3     | 7,5   | 4,8  | 2,7   | 7,1    |
| 7      | 5,9    | 3,7     | 5,1   | 7    | 3,5   | 6,6    |
| 8      | 4,4    | 2,8     | 4,8   | 3,4  | 8     | 3,8    |
| 9      | 4,3    | 3       | 7,2   | 4,5  | 14,6  | 3,7    |

|    |      |      |     |      |      |      |
|----|------|------|-----|------|------|------|
| 10 | 4,4  | 3,2  | 2,9 | 5,3  | 7,4  | 2,8  |
| 11 | 10,5 | 3,2  | 4,6 | 8,2  | 9,4  | 3    |
| 12 | 10,1 | 4,7  | 6,4 | 10,1 | 7,2  | 6,4  |
| 13 | 10   | 5,2  | 9,1 | 4,8  | 5,8  | 11,6 |
| 14 | 5,2  | 3,6  | 4,7 | 4,8  | 3,9  | 7,2  |
| 15 | 10,4 | 5,4  | 4,8 | 3,3  | 2,9  | 3,5  |
| 16 | 9,9  | 3    | 5,9 | 3,4  | 8,5  | 3,8  |
| 17 | 10,3 | 4    | 7,8 | 2,7  | 11,6 | 6,5  |
| 18 | 8,7  | 5,3  | 4,7 | 6,1  | 6,5  | 2,2  |
| 19 | 5,8  | 5    | 4,6 | 4,6  | 6,5  | 3,6  |
| 20 | 5,2  | 4,2  | 5   | 6,5  | 6,7  | 4,6  |
| 21 | 7,1  | 6,1  | 6,3 | 7    | 11,9 | 6,6  |
| 22 | 6,7  | 5,5  | 5,6 | 8,1  | 13   | 7    |
| 23 | 5,1  | 9    | 8,7 | 10   | 6,1  | 11,7 |
| 24 | 4,3  | 10   | 7   | 9,5  | 2,1  | 7,9  |
| 25 | 3,4  | 10,3 | 2,5 | 6,8  | 10   | 3,1  |
| 26 | 4,5  | 7,7  | 3,3 | 8,8  | 13,6 | 10,5 |
| 27 | 6,2  | 5,5  | 3,8 | 11,2 | 10,9 | 2,8  |
| 28 | 4,3  | 8,8  | 2,9 | 12,2 | 15,3 | 2,4  |
| 29 | 4,6  | 12   | 4,7 | 4,9  | 3,5  | 5    |
| 30 | 5,3  | 13   | 9,8 | 3,1  | 9,4  | 16,9 |
| 31 | 5,2  | 7,5  | -   | 5,5  | -    | 20,8 |

Çizelge 2. Rüzgar türbinlerinin rüzgar hızına göre ürettiği enerji miktarı (kW)

| Rüzgar hızı (m/s) | Gamesa G97 | SuzlonS.88 | Siemens SWT2.3 | Nordex N100 | EnerconE82 | VestasV117 |
|-------------------|------------|------------|----------------|-------------|------------|------------|
| 0                 | 0          | 0          | 0              | 0           | 0          | 0          |
| 1                 | 0          | 0          | 0              | 0           | 0          | 0          |
| 2                 | 0          | 0          | 0              | 0           | 0          | 0          |
| 3                 | 14         | 15         | 66             | 24          | 25         | 24         |
| 4                 | 94         | 35         | 171            | 84          | 82         | 139        |
| 5                 | 236        | 130        | 352            | 212         | 174        | 312        |
| 6                 | 438        | 310        | 623            | 391         | 321        | 570        |
| 7                 | 714        | 525        | 1002           | 599         | 525        | 936        |
| 8                 | 1084       | 820        | 1497           | 912         | 800        | 1419       |
| 9                 | 1508       | 1160       | 2005           | 1299        | 1135       | 2027       |
| 10                | 1836       | 1540       | 2246           | 1744        | 1510       | 2705       |
| 11                | 1973       | 1880       | 2296           | 2149        | 1880       | 3168       |
| 12                | 1992       | 2100       | 2300           | 2389        | 2200       | 3292       |
| 13                | 1998       | 2100       | 2300           | 2492        | 2500       | 3300       |
| 14                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 2770       | 3300       |
| 15                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 2910       | 3300       |
| 16                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 3000       | 3300       |
| 17                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 3000       | 3300       |
| 18                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 3000       | 3300       |
| 19                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 3000       | 3300       |
| 20                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 3000       | 3300       |
| 21                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 3000       | 3300       |
| 22                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 3000       | 3300       |
| 23                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 3000       | 3300       |
| 24                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 3000       | 3300       |
| 25                | 2000       | 2100       | 2300           | 2500        | 3000       | 3300       |

YSA modeli tasarımı ve eğitimi için Matlab nntool arayüzü kullanılarak analizler yapılmaya çalışıldı. Giriş ve çıkış verileri Microsoft Excel paket programına kaydedilip normalizasyon işlemine tâbi tutulduktan sonra Matlab paket programına aktarılıarak burada işlenmiştir. Normalizasyon, YSA modelinin ağ giriş ve

çıkışlarına belirli ön işlem adımları uygulayarak YSA'ya sunulan verilerin eğitimi daha verimli hale getirilmesidir. Bu çalışmada Min – Max normalizasyon yöntemi kullanılmış ve tüm veriler [0,1] arasında Eşitlik 1 yardımıyla ölçeklendirilmiştir.

$$X_n = \frac{(X_0 - X_{min})}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

Çizelge 3'te normalize yöntemi uygulanan rüzgar hızlarından bir kesit görülmektedir.

$X_n$  ve  $X_0$  normalleştirilmiş ve orijinal veriyi,  $x_{min}$  ve  $x_{max}$  minimum ve maksimum veriyi fade etmektedir.

**Çizelge 3.** Rüzgar hızı normalizasyon değerleri

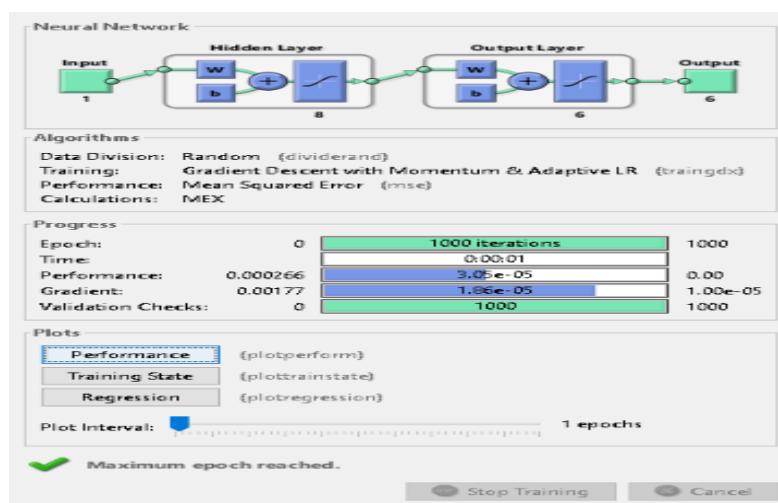
| Günler | Ocak     | Şubat    | Mart     | Nisan    | Mayıs    | Haziran  |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0      | 0,310526 | 0,821053 | 0,084211 | 0,289474 | 0,115789 | 0,157895 |
| 1      | 0,242105 | 0,768421 | 0,094737 | 0,178947 | 0,205263 | 0,173684 |
| 2      | 0,226316 | 0,426316 | 0,189474 | 0,136842 | 0,121053 | 0,147368 |
| 3      | 0,231579 | 0,331579 | 0,389474 | 0,294737 | 0,405263 | 0,147368 |
| 4      | 0,394737 | 0,221053 | 0,236842 | 0,147368 | 0,252632 | 0,315789 |
| 5      | 0,594737 | 0,463158 | 0,321053 | 0,452632 | 0,294737 | 0,168421 |
| 6      | 0,6      | 0,142105 | 0,352632 | 0,347368 | 0,126316 | 0,078947 |
| 7      | 1        | 0,278947 | 0,189474 | 0,215789 | 0,173684 | 0,1      |
| 8      | 0,752632 | 0,168421 | 0,163158 | 0,578947 | 0,247368 | 0,1      |
| 9      | 0,189474 | 0,605263 | 0,089474 | 0,989474 | 0,231579 | 0,110526 |
| 10     | 0,310526 | 0,821053 | 0,084211 | 0,289474 | 0,115789 | 0,157895 |

### 3.1. YSA ile modelleme

Bu bölümde, en uygun YSA modelinin belirlenebilmesi için model parametreleri birçok kez değiştirilmiş ve en düşük hata değeri ile tahmini gerçekleştiren model belirlenmiştir. Kullanım kolaylığı, yakınsama hızı ve hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modellerdeki tahmin başarısı sebebiyle ileri beslemeli geri yayılım (feed-forward backprop) algoritması kullanılmıştır. Oluşturulan veri setlerinin eğitilmesi amacıyla traingdx (Variable Learning Rate Backpropagation) eğitim algoritması, learnsgdm öğrenme fonksiyonu ve aktivasyon fonksiyonu olarak tanjant sigmoid fonksiyonu (tansig) kullanılarak YSA modeli tasarlanmıştır. Performans fonksiyonu olarak da ortalama karesel hata (mean square error-MSE) kullanılmıştır. Oluşturulan modelde

günlük rüzgar hızları giriş verisi, 6 farklı rüzgar turbine ait çıkış güçleri ise çıktı verisi olarak seçilmiş olup gizli katmandaki nöron sayısı da 8 olarak belirlenmiştir. Çalışmada uygulanan gizli katman sayısı, bu katmanlardaki nöron sayısı ve kullanılan aktivasyon fonksiyonu deneme yanılma ile bulunmuştur.

Oluşturulan YSA modeli eğitiminde durma kriteri olarak "1000" iterasyon, "0" hata 1e-5 gradient değeri ve "1000" doğrulama (validation) hata sayısı kullanılmıştır. Eğitimi 1 s sürede 1000 iterasyona ulaşarak durmuştur. Dividerand fonksiyonu ise eğitim verilerini randomize şekilde %70, %15 ve %15 olarak kendi içinde eğitim, doğrulama ve test olarak ayırmıştır. Kullanılan Matlab YSA arayüzü ve eğitim verileri toplu olarak Şekil 3'te gösterilmiştir.

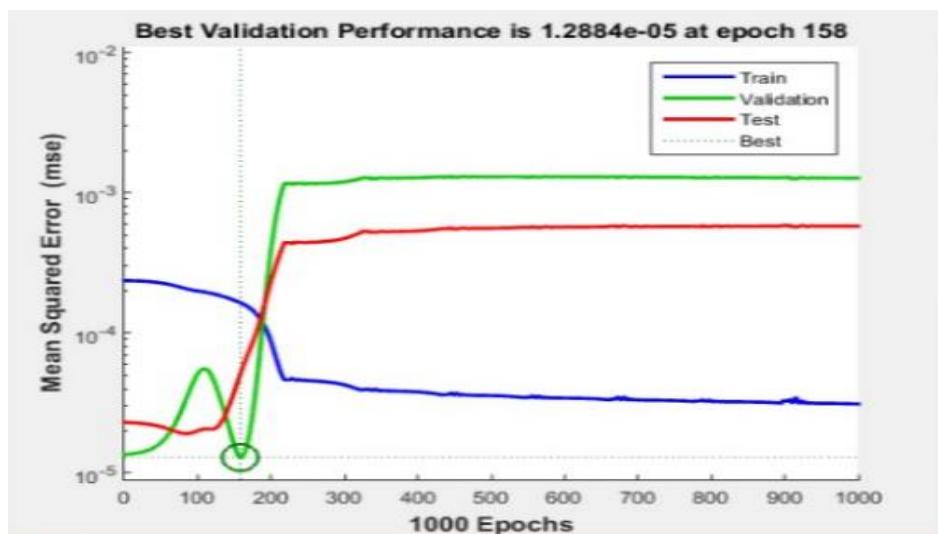


**Şekil 3.** Kullanılan Matlab YSA arayüzü ve eğitim parametreleri

### 3.2. Modelin eğitimi ve testi

Rüzgar enerjisinden üretebilecek elektrik üretim tahmini yapmak için YSA modelini oluşturduktan sonra eğitim ve test sürecine geçilmiştir. Buradaki amaç oluşturduğumuz YSA modelinde en küçük hata düzeyine ulaşmaya çalışılmaktır. Bu aşamada eğitim seti ağa sunulmaktadır ve YSA modelinin eğitimi için öğrenim oranı 0.01, momentum değeri 0.9 olarak alınmıştır. En iyi performansı veren ağırlık değerlerinin seçiminde, eğitim sonunda elde edilen doğrulama

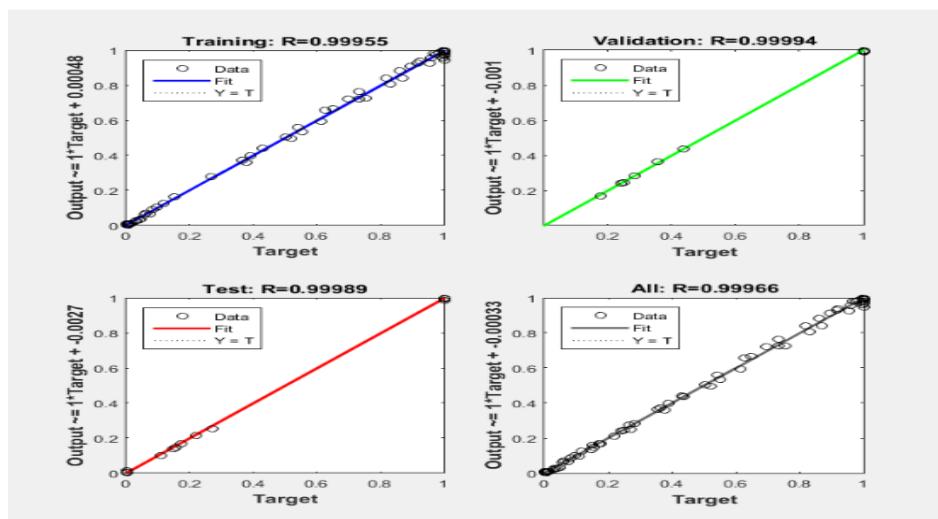
setinin hata değerleri kullanılmıştır. Test aşamasında ise ilk önce eğitim aşamasında verilen değerlerin tamamı tekrar ağa sunulur, böylelikle sinaptik ağırlıklar matrisi ve girdi değerleri ağa sunularak programın en az hata payı ile tahmin yapılması sağlanır. Test aşamasında algoritmanın gerçek sonuçlara yaklaşım yaklaşmadığı denetlenir. Oluşturulan YSA modeli 1000 iterasyon yapılarak program tarafından eğitilmiş ve YSA modelinin iterasyona bağlı hata değişim grafiği incelendiğinde en düşük hata değerinin 158'inci iterasyonda olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4).



**Şekil 4.** Eğitim, doğrulama ve test verilerine ait eğitim aşamasındaki performans fonksiyonunun değişimleri

Modelleme performansının gösterilmesi için gerçekte olması gereken çıkış ile YSA'nın çıkışının karşılaştırması ise eğitim, doğrulama ve test verilerinin sonuçlarına ait regresyon eğrileri ise Şekil 5'te

verilmiştir. Bu sonuçlara göre tüm veriler için regresyon değerleri 1'e yakın çıkmış yani YSA model çıkış değerlerinin gerçek verilere çok yakın değerler aldığı görülmüştür.



**Şekil 5.** Eğitim, doğrulama ve test verilerinin sonuçlarına ait regresyon eğrileri

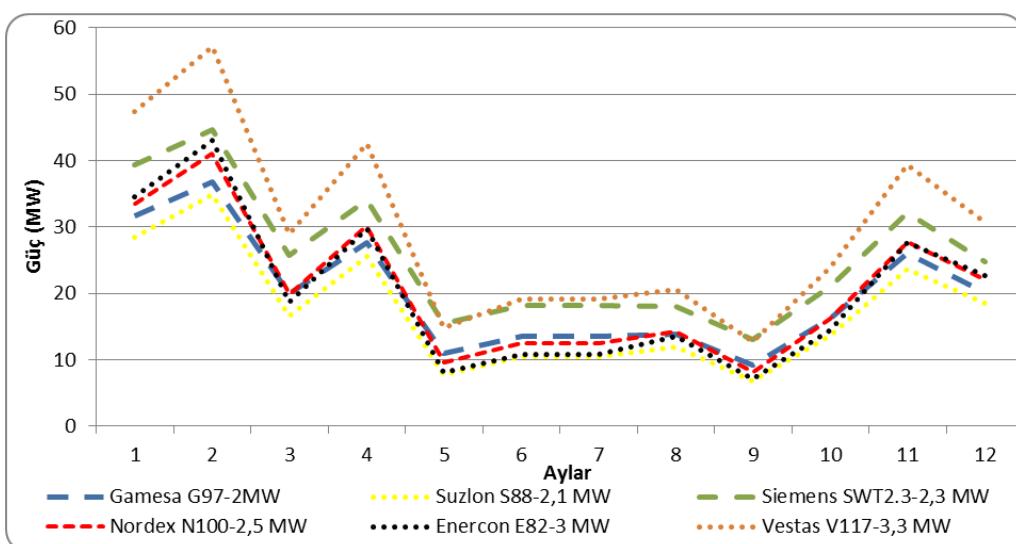
### 3.3. Tasarlanan YSA modeli ile rüzgar enerjisi elektrik üretim tahmini sonuçları

Uygulamanın bu kısmında tasarlanan YSA modelinin eğitim ve test aşamasından sonra Aydın ilinin Çine ilçesine bağlı Turguttepe mevkiine ait 2015 yılı günlük rüzgar hızı verileri baz alınarak Gamesa G97, Suzlon S.88, Siemens SWT2.3, Nordex N100, Enercon E82 ve Vestas V117 tipi rüzgar türbinleri kullanıldığında üretilebilecek enerji üretim miktarları tahmin edilmiştir. Çizelge 4'te oluşturduğumuz YSA modelinde tahmin edilen rüzgar enerjisi güç miktarının

aylara göre ortalama tahmini değerleri, Şekil 6'da ise elde edilen değerler grafik halinde gösterilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre bölgenin rüzgar potansiyelinin oldukça iyi olduğu ve kaliteli türbinlerle yüksek kapasiteli enerji üretiminin sağlanabileceği görülmüştür. YSA ile modeli tahmin edilen ve gerçekleşen üretim değerlerinin birbirine çok yakın değerler olduğu görülmektedir. Buna tahmini güç değerleri incelendiğinde türbin tipi en verimi en iyi olan Vestas V117 olduğu bu türbini sırasıyla Siemens SWT2.3, Nordex N100, Enercon E82, Gamesa G97, Suzlon S88 türbinlerinin takip ettiği görülmektedir.

**Çizelge 4.** Aylara tahmini güç değerleri

| Aylar | Gamesa G97-2MW | Suzlon S88-2,1 MW | Siemens SWT2.3-2,3 MW | Nordex N100-2,5 MW | Enercon E82-3 MW | Vestas V117-3,3 MW |
|-------|----------------|-------------------|-----------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| 0     | 1019,54        | 916,61            | 1268,87               | 1078,30            | 1112,43          | 1529,20            |
| 1     | 1316,48        | 1247,78           | 1594,76               | 1465,87            | 1538,45          | 2038,38            |
| 2     | 641,50         | 536,68            | 829,96                | 640,43             | 602,76           | 934,06             |
| 3     | 921,22         | 849,84            | 1136,72               | 1004,10            | 989,28           | 1417,39            |
| 4     | 353,05         | 249,66            | 497,22                | 310,51             | 263,50           | 476,11             |
| 5     | 448,92         | 348,51            | 606,15                | 418,39             | 361,75           | 636,83             |
| 6     | 434,44         | 337,27            | 586,60                | 404,89             | 350,08           | 616,29             |
| 7     | 445,58         | 382,51            | 579,48                | 458,43             | 434,47           | 665,03             |
| 8     | 308,00         | 225,11            | 433,01                | 274,58             | 236,33           | 422,95             |
| 9     | 525,79         | 442,31            | 678,31                | 522,48             | 469,74           | 771,31             |
| 10    | 865,95         | 785,78            | 1069,72               | 925,60             | 924,17           | 1313,41            |
| 11    | 646,32         | 596,50            | 799,54                | 711,82             | 733,36           | 990,03             |
| 12    | 1019,54        | 916,61            | 1268,87               | 1078,30            | 1112,43          | 1529,20            |



**Şekil 6.** Rüzgar turbinlerinin aylara göre ortalama elektrik üretim tahmin değerleri

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, YSA kullanılarak en küçük hata ile rüzgar enerjisinden elektrik üretimi tahmini yapılmıştır. Elde edilen test sonuçlarına göre, modelin yaptığı tahminlerin güvenilir ve tutarlı olduğu görülmüştür.

Gerçekte olması gereken çıkış güçleri ile YSA modelinin tahmin ettiği çıkış güçlerinin karşılaştırılmasına ait eğitim, doğrulama ve test verilerinin sonuçlarına ait regresyon değerleri 1'e yakın çıkmış yani bu değerlerin 1'e yaklaşması ağıın başarılı olduğunu göstermektedir. Bu modelin cevabına göre

Turguttepe mevkiinin rüzgar potansiyelinin rüzgar enerjisi üretimi'ne elverişli olduğu görülmektedir. REPA' dan alınan bilgiye göre de bu verimliliğin uygun değerlerde olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışma ile rüzgar enerjisi sektöründeki uygulamacılar ve karar verme konumunda olan yöneticilerin, geleceğe yönelik planlama çalışmalarında geleneksel tahmin yöntemlerine alternatif olarak YSA'yı kolaylıkla kullanabilecekleri görülmüştür. Ayrıca çalışmada kullanılan altı adet türbinin her birinin avantaj ve dezavantajları vardır. Bu çalışmadan yola çıkarak kullanılan altı adet rüzgar turbininin maliyet analizleri ve fizibilite çalışmaları da yapılabilir.

## Kaynaklar

- Bragança, H., Diogo, E., Moniz, F., Amaro, P. (2009). First report of pitch canker on pines caused by *Fusarium circinatum* in Portugal. Plant Disease, 93(10), 1079-1079.
- Azad, K., Rasul, M. G., Islam, R., Shishir, I. R. (2015). Analysis of wind energy prospect for power generation by three weibull distribution methods, energy procedia, 75, 722-727.
- Da Rosa, A.V. (2013). Fundamentals of renewable energy processes, 3rd ed. Amsterdam, Netherlands, Elsevier.
- Doğancı, Ö., Ertürk, M., Özsunar, A., Arcaklıoğlu, A. (2016). Orta ve Batı Karadeniz Bölgesi rüzgar enerjisi tahmin çalışması, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 5(1), 153-163.
- Elibüyük, U., Üçgül, İ., Yakut, A.K. (2016). Süleyman Demirel Üniversitesi rüzgar enerjisi santrali projesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Yekarum e-Dergi, 3(2), 22 – 32.
- Fausett, L. (1994). Fundamentals of neural networks: Architectures, Algorithms and Applications, Prentice Hall, New York.
- Hamzaçebi, C. (2011). Yapay sinir ağları: tahmin amaçlı kullanımı matlab ve neurosolution uygulamalı, Ekin Yaynevi, Bursa.
- İlkiliç, C., Türkbay, İ. (2010). Determination and utilization of wind energy potential for Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(8), 2202-2207.
- Kaya, Ü., Caner, M. ve Oğuz, Y., (2016). Rüzgar Türbin Modelleri Kullanarak Kastamonu İli Rüzgar İle Elektrik Üretim Potansiyeli Tahmini. Technological Applied Sciences, 11(3), 65-74.
- Kılıç, B., Arabacı, E. (2015). Burdur ili gelecekteki rüzgar hızı değerlerinin yapay sinir ağları metodu ile tahmini, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Özel Sayı, ISSN 1302-3055, 45-50.
- Öztemel, E. (2003). Yapay sinir ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- REN21, (2016). Renewables 2017 Global Status Report, [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/GSR2017\\_Full-Report.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/GSR2017_Full-Report.pdf), ISBN 978-3-9818107-6-9.
- TUREB, (2017). Türkiye rüzgar enerjisi istatistik raporu, Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, <http://www.tureb.com.tr>, (25.02.2017).
- Sezgin, C.T., Kaya, Ü. ve Akkaş, M., (2016). GTA Yöntemi Kullanılarak Üretilen Sic (P) Esaslı Kaplanan Çeliklerinin Aşınma Miktarlarının Yapay Sinir Ağları (YSA) Yöntemi İle Tahmin Edilmesi, Technological Applied Sciences, 11(4), 146-152.
- Wai, R., J., Wang, W., H., Lin, C. Y. (2008). High-Performance Stand-Alone Photovoltaic Generation System, IEEE Transactions On Industrial Electronics, 55(1), 240-250.
- Yağcı, E. (2013). Rüzgar hızı yükseltmelerinde kullanılan farklı yöntemlerin karşılaştırılması ve hata analizleri, yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, Enerji Bilim ve Teknoloji Programı, İstanbul.

## Distribution, Biology, Damage and Control Methods of *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), 1853 (Cerambycidae: Lamiinae)

Çağdan UYAR<sup>1\*</sup>, Ali KÜÇÜKOSMANOĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istanbul University, Faculty of Forestry, 34473, İstanbul, Turkey

\* Corresponding author (İletişim yazarı): \*cagdanuyar@outlook.com

**Abstract:** The Asian longhorned beetle (ALB), *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), is a polyphagous sapwood borer cerambycid beetle found in many hardwood species and capable of killing healthy trees. ALB is a native Asian pest but as a result of international trade, it is introduced to new places. According to the observations, it mainly occurs in China, Japan, Korea; while occurring less commonly in Malaysia, Myanmar, Taiwan, Vietnam, Indonesia and Philippines, and they occur as invasive species in North America, Canada, Denmark, Holland, France, Italy and Romania. The main purpose of eradication is detection, identification and improving the success of control efforts. The studies about ALB that have been conducted so far aimed at identifying the countries in which ALB was detected, its epidemic mechanism, regions where ALB was detected, control methods, how it transfers and, which tree species are affected, and international efforts to prevent new introductions. These studies have been reviewed to highlight the control strategies against ALB that spreads between countries by solid wood packaging, decorating plants and trade of seedlings.

**Key Words:** Invasive species, review, insect infestation, control methods.

### 1. Introduction

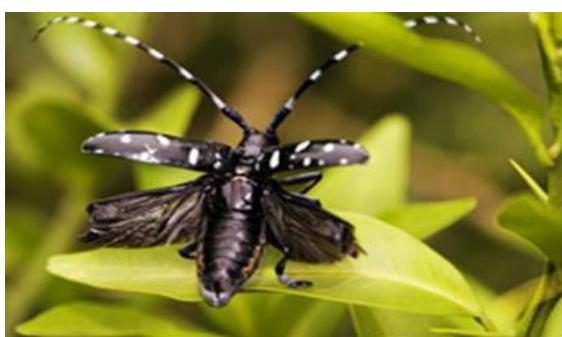
The Asian longhorned beetle is both primary and secondary pest and, native to the far eastern regions of Asia. Researchers believe that this beetle was introduced into the U.S. in early 1990's through solid wood packaging or crating materials on cargo ship from China. By 2012, this beetle had also infested Canada (Ontario) and Europe (Austria, Czech Republic, France, Germany, Italy, Netherlands and United Kingdom). All models demonstrate that it is found in many locations worldwide. At present, control methods are applied against *A. glabripennis* in areas where it has been introduced, as a result of which reduction in its population is observed. After an infestation is discovered, extensive surveys are conducted and, if breeding populations are detected, at the very least the infested trees are removed and destroyed. Quarantines and eradication programs were launched to protect high-risk tree genera such as *Platanus*, *Acer*, *Aesculus*, *Populus*, *Corylus*, *Salix*, *Citrus* and *Ulmus*. Close attention is paid to imported solid wood packaging materials and living plants to prevent new introductions. Unlike many cerambycid species, *A. glabripennis* can attack healthy trees as well as trees under stress. Several generations can develop within an individual tree, leading eventually to its death (Anonymous, 2015b). We reviewed the taxonomy, diagnostics, distribution, damage, basic biology, host plants, epidemic mechanism, current control methods, bionomics, invasion history and management of *Anoplophora*

*glabripennis*, including the information available in the extensive worldwide literature.

### 2. Morphology and Biology of Alb

Typically cerambycid in shape, adults are 25 mm (male) to 35 mm (female) long. Antenna is 2.5 times longer than body length in males; 1.3 times longer than body length in females. The beetle is shiny black with about 20 irregular, white spots on the elytra. The antenna has 11 segments and segments are approximately 5 millimetres, each with a whitish blue base. Egg deposition begins a week after copulation. The eggs, about 32 per female (Wong and Mong, 1986), are laid one by one under the bark, in oviposition slits chewed out by the female. Slits are generally cut on the eastern side of the trunk or of branches greater than 5 cm in diameter (Li and Wu, 1993). Eggs hatch after about two weeks. ALB eggs are off-white and about 5.7 mm long, the tip of the eggs is slightly concave (Peng and Liu, 1992). Just before hatching, eggs turn yellowish-brown. The larva is a legless grub up to 50 mm long when fully grown. It is creamy white in colour, with a chitinized brown mark on the prothorax. The larva feeds in the cambial layer of bark in the branches and trunk and later enters the woody tissues. Optimal temperature for pupas ranges from 10°C to 12°C. Pupas are off-white. Pupation takes place in chambers in the heartwood, accompanied by presence of characteristic wood "shavings" that are packed into the chamber. Adults emerge from large circular holes (1cm dia), which are a

visible sign of infestation, above the sites where the eggs were laid. Larva digs the pupation chambers inside the tree, which can be filled with frass (Anonymous, 2015a). In males; elytra covers abdomen, elytra is narrow, antenna is twice as long as the body, and they are generally smaller than females. In females; abdomen partially covers elytra, elytra is rounded, antenna is slightly longer than body (Fig.1). Adults emerge over an extended period from spring to fall, but especially from late June to early July. Adults remain on or near their emergence tree and engage in maturation by feeding on leaves, petioles, and tender bark (Anonymous, 2015). Larva is pale-yellow, worm-like, elongated, and cylindrical with a varied texture on the underside; the eighth segment of the abdomen has a protruding structure. The pupa is 25-30 mm long and 8 mm wide and begins to resemble the adult beetles. Asian longhorned beetle can be distinguished from the related species such as citrus longhorned beetle *Anoplophora chinensis* (CLB) by the markings on the wing covers and the pattern of the antenna (UVM, 2008).



**Figure 1.** Dorsal view of the Asian longhorned beetle

**Classification:** The current systematic position of ALB is shown below. The current systematic categories are used in this particular study.

Kingdom: Animalia  
Phylum: Arthropoda  
Class: Insecta (Hexapoda)  
Order: Coleoptera  
Family: Cerambycidae  
Subfamily: Lamiinae  
Tribe: Monochamini  
Genus: *Anoplophora*  
Species: *glabripennis*  
Scientific Name: *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky, 1853)  
Common Name: Asian longhorned beetle  
(Anonymous, 2016).

### 3. Catching Methods

To identify *Anoplophora glabripennis* damage and infestation; a binocular will be very helpful while

checking possible signs of ALB. We should slowly circle the tree and search for the emergence holes on the trunk and the branches. Furthermore, oviposition sites, sap and frass can be recognized. Except conifers and oaks; all trees including all young trees and shrubs should be checked. It is also possible to use acoustic evaluation techniques to detect the damage and signs of ALB exit holes, which is a cost effective option. It's almost impossible to detect ALB because its larvae feed inside the tree. The use of acoustic methods reduces costs and hazards of the inspection. Larval sounds are studied to identify their difference in the spectral and temporal features to distinguish infested trees from others (Mankin, et al., 2008). Identification of certain pheromones is useful to detect male ALBs which are chemically identified in recent studies. Male pheromones, which are two dialkyl ether volatiles, are secreted in a ratio of 1:1. Female pheromones, which are not chemically identified in the studies yet, are only for mating. Nevertheless, the studies conducted in China show that contact pheromones produced by females are involved in sex recognition (Jiafu et al., 2009). Adults are generally active between May and October and live for about a month. Since the Asian Longhorned Beetle has the ability to fly, their rapid growth and expansion in the short term could not be controlled. It is reported that ALBs have the potential to fly 2000 m in a season. Although it is reported that adults can fly 30-225 m weekly in a single flight on a clear day (Wang, pers. comm., 1996), flight of short-distance is typical of many cerambycids. The most active period for adult activity is late June to early July (Li and Wu, 1993). It takes 1-2 years for Asian Longhorned Beetle to develop from egg to adult in China depending upon the climate and feeding conditions. It mainly overwinters as larva but it has been recorded in some cases that it also overwinters as an egg or pupa (Li and Wu, 1993; Poland et al., 2006). Lifespan for adult males is approximately 3-50 days and for females it is 14-66 days, according to the studies conducted in China. Moreover, the studies performed in the USA show that the lifespan is 80-100 days for both genders at 25°C environmental conditions.

### 4. Control Methods

Different organisms in nature have certain kinds of relationships. The most common relationship is about nutrition. These organisms are considered as harmful or beneficial always depending on their relationships with mankind. The factors influencing the decision about control methods against diseases and pests are variable. These methods can be applied according to the following factors: Type and biology of the pest, type and phenology of the plant, predators, climate factors, economical damage threshold and cost-potential benefit ratio. Control methods for pests and epidemic can be listed as cultural, mechanical, physical, legal, biotechnical, biological, chemical, and integrated

control methods. Right after the identification stage, first we should define eradication. Some of the pests and disease factors can spend a part of their lives on a plant, which has served as a host before their most preferred host plants. Eradication refers to the termination of these housing plants and other housing weeds with the cultivated plants when necessary. From the abovementioned control methods; physical, chemical, biological and integrated methods are developed for ALB.

#### 4.1. Physical control methods

Only certified tree care specialists can remove the infested trees, according to the ALB quarantines. This guarantees that the strict guidelines for destroying the trees are followed (UVM, 2008). This is currently the only proven method of control. In addition to catching adults, blocking frass holes, killing eggs and young larva are some other physical control methods. These methods are not cost effective and not convenient.

#### 4.2. Chemical control methods

Direct injection of insecticides or delivery by soil has minimal non-target impacts, while low mammalian toxicity is preferred in eradication programs (Poland et al., 2006). Recent studies regarding the chemical methods (ARS BIIR scientists) show that encapsulated pyrethroid lambda-cyhalothrin (Demand CS - Scimitar CS) insecticide is 100% successful on the adults in the USA. But this successful result of chemical treatment is not enough to solve the infestation. It should be applied as part of the eradication program. Some examples are as follows: spraying the insecticide in the canopies of host trees to kill adults; insertion of sticks containing insecticide into the larval frass holes to kill larva. Nevertheless, chemical control methods are avoided for their harmful effects on the environment. There are also

efforts to develop environmentally safe and biological control methods.

#### 4.3. Biological control methods

In conjunction with the eradication programs biological control studies were initiated in order to find, identify, and evaluate parasitoids and other bio-control agents that might successfully control ALB. Entomopathogenic fungi, nematodes, insect parasitoids and predators are on the focus for the biological control of Asian Longhorned Beetle because of their potential to create epidemics (Zhang et al., 1999a; Dubois et al., 2008). Biological control methods require further research development and investment. Fungal bands can spread to the other parts of the environment by the adult beetles; after which all adults exposed to contaminated environments were killed by fungal infection. Adult beetles become contaminated with spores when walking over the fibre bands (Shanley and Hajek, 2008). The nematodes are used in modern biological control to fight a wide variety of pests like cerambycids. Strains of nematodes were found to be the most effective ones against ALB in tests with insects on filter paper, in artificial diet, and in actual galleries. Concentration of 5000 nematodes of *Steinernema carpocapsae* (Agrietas and Beijing strains) per beetle was affective in killing larva and pupa of Asian Longhorned Beetle (Wang et al., 1996). In a field study, where similar protocols were applied, 7500 nematodes per beetle were necessary to reduce the *A. glabripennis* population by approximately 85% (Liu et al., 1998) (Fig. 2-3). In laboratory bioassays, *Dastarcus helophoroides* Fairmaire (Coleoptera: Bothrideridae) is recognized as a major natural enemy that attacks Asian Longhorned Beetle pupa and larva (Wang et al., 1999). According to some studies conducted in China, when entomopathogenic nematodes were introduced through the exiting holes, the number of new Asian Longhorned Beetle emergence holes dropped significantly.



**Figure 2.** *Steinernema carpocapsae* nematode  
(Photo Courtesy of the Society for Invertebrate Pathology)



**Figure 3.** ALB larva killed by nematodes  
(Photo by L. Solter, University of Illinois)

Studies focus on two nematodes (*H. marelatus* and *S. carpocapsae*), which had the highest mortality, survival and reproduction rates. The usage of fungal entomopathogens is the second major approach to bio-control of Asian Longhorned Beetle in the USA. Entomopathogenic fungi are grown on non-woven fabric and cut into bands which are wrapped around the branches or trunk of trees. During the development period when they are reluctant to fly, adult beetles walk across the band (Shanley and Hajek, 2008). Fungal spores stick to their bodies, which then kills them. Coleopteran and hymenopteran parasitoids and predatory woodpeckers have been investigated as bio-control agents. (Jiafu et al., 2009). Woodpeckers (*Dendrocopos major* and *Picus canus*) are the major predators of ALB larva in China, as shown by the studies conducted on the methods to encourage nesting. No detailed report on insect predators of ALB or CLB (Robert et al., 2010) was found.

#### 4.4. Integrated control methods (biological-chemical-physical-mechanical)

Another example for controlling long-horned beetles used in Rome can be the other lodestar method for ALB control. A new non-destructive method for detecting the Asian Longhorned Beetle was developed in 2009 the Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) (Department of Forest Protection of the Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape) (BFW, 2009) in Vienna. These ALB/CLB detection dogs are able to find all stages of development in standing or imported plants and wood packaging materials in different environments (Fig. 4-5). Currently, these four Austrian detection dogs - the first of its kind worldwide - are used all over Europe. Additional infested trees, which were not recognized by monitoring before, are now detected by the dogs.



**Figure 4.** Jolly investigated imported plants in a nursery standing separately in a hall area



**Figure 5.** Inspection of the opened crates from the surface by Andor

ALB or CLB can be detected by the specially trained dogs in imported plants, wood packaging material, and standing trees in infestation areas. Natural or urban environment, ports, airports, packing centres, stone importers, nurseries or other companies at destination can be monitoring fields (Hoyer-Tomiczek and Sauseng, 2013). In an historical area of Rome, as invasive longhorned beetle infestation was detected, control methods were used immediately (Fig. 6-7-8-9), and the condition reported as: "The outbreak of *Anoplophora chinensis* - citrus longhorned beetle – in Rome municipality regards an area of considerable historical and archaeological value. Thus, the peculiar features of this area led to take into account phytosanitary measures. These measures, alternative to mechanical removal or destruction of infested trees and stumps, were found in order to ensure both effective phytosanitary actions on infested plants and preserve the archaeological heritage of this area" (Roselli et al., 2013).



**Figure 6.** Excavation for undergrounding the wire mesh used to cover the root system of *Platanus* spp.



**Figure 7.** Caught adult by wire mesh



**Figure 8-9.** Wire mesh covering trunks and soil (using mosquito polyethylene net)

The figures above show that some of the infested stumps are neutralized by using wire mesh. Because they are not mechanically removable due to their location on a sloping ground, the inspectors of the Plant Protection Service carry out weekly inspections on these plants throughout the entire insect flight period to monitor the efficiency and efficacy of these alternative measures. In several cases, adult insects trapped under the metal mesh used to neutralize the infested stumps were detected. These alternative measures for mechanical removal are equally effective (Roselli et al., 2013).

## 5. Discussion and Conclusion

In international trade, *A. glabripennis* is most likely to move as eggs, larva or pupa in packing materials or Dunnage made of the wood of host species (Malumphy, pers. comm., 1999). *A. glabripennis* is usually introduced into more urban areas and not in native forests, which makes eradication more feasible; furthermore, since *A. glabripennis* often do not fly very far, this increases the possibility of eradication, although there are challenges in detecting these beetles and this is definitely a concern in eradication efforts. (Jiafu et al., 2009). Today, infested trees are recognized and destroyed immediately and trading materials are carefully monitored. There is also an important hidden issue, which is the fact that ALB weakens the trees structurally and this is dangerous for pedestrians and vehicles as the limbs of the trees may fall (Smith et al., 2002). Public awareness should be raised in the countries of the region; otherwise it will be easier for ALB to spread in these countries because the invasive insects can also travel on luggage, shoes, and clothing. All regions that have an Asian Longhorned Beetle infestation should have "emergency call line" to report suspected infestations, and prevent the dispersion. The awareness of people is important to look for and prevent further infestations, and the removal process can begin sooner. It is hard to detect the species on the plants or small trees that are imported in winter because it overwinters rarely at pupal stage instead of larval stage. But it can also be detected due to the intense damage it causes on the plants. It is also easy to detect the damage by recognition of the adults on the plant and emergence holes. But at that phase, the infestation of the other plants in the area already starts. The use of Solid Wood Packing Materials (SWPM) for maritime shipping is regulated for adequate treatment methods at certain ports in some countries (Anonymous, 2016). To minimize the harmful effects of ALB and to prevent its dispersion, forest composition should be formed by repellent and/or resistant trees. But if there are preferred trees, a mixed plantation that combines repellents should be used. It is possible to restrict the spread of ALB and reduce damage by combining appropriate species including resistant and trap trees. The recommended ratio between resistant trees, non-host trees and trap trees for a mixed forest is 50-45% to 50-45% to 0-10% (usually 5 to 10%) (Yang, 2005). The following trees are suitable for planting to replace the removed ALB infested trees: Serviceberry or Shadblush, Ironwood, Southern catalpa, Hackberry, Turkish filbert, Ginkgo, Honey locust, Kentucky coffee tree, Tulip tree, Dawn redwood, White oak, Swamp white oak, Bur oak, English oak, Japanese lilac, Bald cypress, Basswood, Little leaf linden (UVM, 2008).

In the light of the abovementioned studies, Discussion and Conclusions can be presented as follows;

- Municipalities, ministries and research facilities should be informed following the detection of the infested areas.
- You should consult your local cooperative extension service, diagnostic labs, or state department of agriculture if you have detected a suspicious sample.
- Quarantine procedures should be applied following the detection of the ALB damage to prevent epidemic.
- Holes should be blocked.
- Infested trees should be destroyed. (Cut, chip and burn)
- Quarantine zone should be fumigated systematically with insecticides beside physical control methods in line with relevant workplace safety procedures and instructions.
- Countries should work on the legal regulations regarding the solid wood packaging in terms of trade.
- Inspections should be carried out by the people employed by Ministry of Forestry and Water Affairs.
- All necessary prevention methods, inspections and strict packaging and shipping regulations should be applied for national and international trade of all kinds of wooden raw material, ornamental plants, and citrus plants.

## References

- Anonymous, (2015). <http://www.cabi.org/isc/datasheet/5557> (Accessed: 01-Apr-2017).
- Anonymous, (2015a). <http://forestpests.org/vd/2178.html> - Orientation to pest (Accessed: 01-Apr-2017).
- Anonymous, (2015b). [http://wiki.bugwood.org/Anoplophora\\_glabripennis](http://wiki.bugwood.org/Anoplophora_glabripennis) (Accessed: 01-Apr-2017).
- Anonymous, (2016). [https://en.wikipedia.org/wiki/Asian\\_long-horned\\_beetle](https://en.wikipedia.org/wiki/Asian_long-horned_beetle) (Accessed: 01-Apr-2017).
- Dubois, T., Lund, J., Bauer, L.S., Hajek, A.E. (2008). Virulence of entomopathogenic hypocrealean fungi infecting *Anoplophora glabripennis*. BioControl, DOI: 10.1007/s10526-007-9112-2.
- Jiafu, H. (2009). Sergio Angeli, Stefan Schuetz, Youqing Luo and Ann E. Hajek, Ecology and management of exotic and endemic Asian longhorned beetle *Anoplophora glabripennis*, *Agricultural and Forest Entomology* 11, 359–375.
- Li, W., Wu, C. (1993). Integrated Management of Longhorn Beetles Damaging Poplar Trees. Forest Press, China.
- Liu, H.X., Chang, Q., Ma, F. (1998). Field test on control of *Anoplophora glabripennis* (Motsch.) and *Melanophila decastigma* Fabr. by *Steinemema carpocapsae*. *Journal of Ningxia Agricultural and Forestry Science*, 5, 15–17.
- Malumphy, pers. comm. (1999). Eppo Data Sheets On Quarantine Pests *Anoplophora glabripennis*, EPPO A1 list: no. 296, EU: subject to emergency measures under Commission Decision 1999/355.
- Smith, M. T., Yang, Z. Q., Hérard, F., Fuester, R., Bauer, L., Solter, L., Keena, M., D'Amico, V. (2002). Biological control of *Anoplophora glabripennis* Motsch.: A synthesis of current research programs. In Proceedings: United States Department of Agriculture Interagency Research Forum GTR-NE-300 (pp. 87-91). USDA Forest Service.
- Roselli, M., Bianchi, A., Nuccitelli, L., Sabbatini, G.P., Roversi, P.F. (2013). Control strategies of *Anoplophora chinensis* in an area of considerable artistic and archaeological value in Rome. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 45(1s), 27-29.
- Yang, H.P. (2005). Review of the Asian Longhorned Beetle Research, Biology, Distribution and Management in China, Translated and adapted from Chinese by Fao, Rome, Italy.
- Peng, J., Liu, Y. (1992). Iconography of Forest Insects in Hunan, China. Hunan Forestry Department, Institute of Zoology, Academia Sinica.
- Poland, T.M., Haack, R.A., Petrice, T.R., Miller, D.L., Bauer, L.S. (2006). Laboratory evaluation of the toxicity of systemic insecticides for control of *Anoplophora glabripennis* and *Plectrodera scalator* (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of Economic Entomology*, 99, 85–93.
- Haack, R.A., Hérard, F., Sun, J., Turgeon, J.J. (2010). Managing invasive populations of Asian longhorned beetle and citrus longhorned beetle: a worldwide perspective. Annual review of entomology, 55.
- Mankin, R.W., Smith, M. T., Tropp, J.M., Atkinson, E.B., Jong, D.Y. (2008). Detection of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) larvae in different host trees and tissues by automated analyses of sound-impulse frequency and temporal patterns. *Journal of economic entomology*, 101(3), 838-849.
- Shanley, R.P., Hajek, A.E. (2008). Environmental contamination with *Metarrhizium anisopliae* from fungal bands for control of the Asian longhorned beetle, *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae). *Biocontrol Science and Technology*, 18, 109–120.
- BFW. (2009). The Bundes forschungszentrum für Wald (BFW), Department of Forest Protection of the Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape) Vienna.

Hoyer-Tomiczek, U., Sauseng, G. (2013). Sniffer dogs to find Anoplophora spp. infested plants. *J. Entomol. Acarol. Res.*, 45, 10-12.

UVM. (2008). The University of Vermont and State Agricultural College's issue, <http://www.uvm.edu/albeetle/faq.html> (Accessed: 08-Dec-2016).

Wang, pers. comm. (1996). Means of Movement and Dispersal, Eppo Data Sheets on Quarantine Pests *Anoplophora glabripennis*, EPPO A1 list: no. 296, EU: subject to emergency measures under Commission Decision 1999/355.

Wang, X., Ma, F. Ren, G. (1996). Laboratory experiment on lethal effect of insect pathogenic nematode to capricorn beetle. *Journal of Ningxia Agricultural College*, 17, 5–8.

Wang, W.D., Liu, Y.N., Bao, S., Ogura, N. Maruda, H. (1999). Research of the enemy of *Anoplophora glabripennis* and *A. nobilis* in Ningxia. *Journal of Beijing Forestry University*, 21, 90–93.

Wong, G., Mong, M. (1986). *Anoplophora glabripennis*. In: Forest Disease and Insect Prevention. Beijing, China.

Zhang, B., Liu, Y., Bai, Y. Shimazu, M. (1999). Pathogenic fungi of Anoplophora spp. (Coleoptera: Cerambycidae) in Ningxia Hui Autonomous Region and their virulence. *Journal of Beijing Forestry University*, 21, 67–72.

## Dünya Çam Ormanlarını Tehdit Eden Yabancı İstilacı Tür; *Fusarium circinatum*

**R. Ceyda BERAM<sup>1\*</sup>, Funda OSKAY<sup>2</sup>, A. Gülden ADAY KAYA<sup>3</sup>, Asko LEHTIJÄRVI<sup>4</sup>,  
H. Tuğba DOĞMUŞ LEHTIJÄRVI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, 18200, Çankırı, Türkiye

<sup>3</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Yenişarbademli Meslek Yüksekokulu, 32850, Isparta, Türkiye

<sup>4</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, 16310, Bursa, Türkiye

\* Corresponding author (İletişim yazarı): \*ceydaberam@gmail.com

**Özet:** Yabancı istilacı türler, doğal yayılış alanlarının dışında bulunan ekosistemleri işgal ederek biyolojik çeşitliliği tehdit eden türlerdir. Ekosistemlerin fonksiyonlarını ve doğal bileşenlerini değiştiren bu türlerden, özellikle tohum ve bitki materyali ile taşınanlar oldukça dikkat çekmektedir. Tohum ile taşınan patojenler, hastalıkların ülke bazında ve ülkeler arası yayılışında önemli bir role sahiptir. Bu tehlikeli patojenler arasında çok sayıda *Fusarium* türü bulunmaktadır.

*Fusarium circinatum* fidanlıklarda çökertene, ormanlarda ise çam çıraklı kanseri hastalığına neden olan, çam türlerinin en tehlikeli patojenlerinden birisidir. Bu fungus çam tohumlarını enfekte ederek, tohum ticareti yoluyla kolaylıkla uzun mesafelere taşınabilemektedir. Doğal ve plantasyon çam ormanları için önemli bir tehdit oluşturan bu türün, bugüne kadar 5 farklı kitada yayılış gösterdiği bilinmektedir. *Pseudotsuga menziesii* ile birlikte en az 57 *Pinus* cinsine ait türün çam çıraklı kanserine karşı çeşitli derecelerde duyarlı olduğu bildirilmiştir. *F. circinatum*, dünya genelinde çok sayıda ülkede karantina organizması olarak listelenmiştir. Avrupa'da, karantina patojeni olarak önerilen zararlıların bulunduğu Avrupa ve Akdeniz Bitki Sağlığını Koruma Örgütü (EPPO) A2 listesinde yer almaktadır. Bunun yanı sıra Türkiye Bitki Karantina Yönetmeliği Ek-2A'ya göre, Türkiye'de varlığı bilmeyen karantinaya tabi zararlı bir organizmadır.

Dünyanın çeşitli bölgelerinde bulunan çam ormanlarında neden olduğu büyük ölçekli kayıplardan dolayı bu mikroorganizmanın önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle, *F. circinatum* ve diğer tüm yabancı istilacı türlerle karşı kontrol önlemleri geç kalınmadan alınmalıdır ve tüm dünyada uygulanmalıdır. Patojenin epidemiyolojisini ve ekolojisini ayrıntılı bir şekilde anlamak patojenle mücadelede önemli bir önkosuldur. Tüm bu nedenlerden dolayı, bu çalışmada *F. circinatum* ile ilgili geniş kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fungus, *Fusarium circinatum*, çam çıraklı kanseri, yabancı istilacı tür

## The Invasive Alien Species Threatening The World Pine Forests; *Fusarium circinatum*

**Abstract:** Invasive alien species are species threatening biological diversity by occupying ecosystems outside of natural spreading areas. Among these invasive alien species that change the functions and natural components of ecosystems, especially the ones that are carried by seed and other plant material draw great attention. In pathogens, carried by seeds, have a crucial role in spreading the diseases both domestically and across country borders. Among the important pathogens carried by seeds are a large number of *Fusarium* species.

*Fusarium circinatum* is one of the most dangerous pathogen of *Pinus* species, causing damping-off in nurseries and pitch canker in forests. This aggressive fungus may infect pine seeds and, therefore, can easily be spread long distances by the seed trade. It is a very significant threat to natural and planted pine forests, and to date it has invaded countries across five continents. At least 57 species of *Pinus* along with *Pseudotsuga menziesii* are susceptible to pitch canker to varying degrees. *F. circinatum* has recently been listed as a quarantine organism in numerous countries throughout the World. In Europe, it is currently included in the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) A2 list of pests recommended for regulation as quarantine pests. In addition, to Regulation on Plant Quarantine Annex-2A, it is a forest pathogen included in the quarantine list although it is not present in the country.

The importance of this microorganism is increasing day by day due to the large-scale losses to pine forestry in various parts of the World. For this reason, control measures against *F. circinatum* and all other invasive species should be taken and carried out without delay in the world. A thorough understanding of the epidemiology and ecology of the causal agent is an important prerequisite for managing this pathogen. In this study, an extensive search of literature dealing with *F. circinatum* was performed.

**Keywords:** Fungi, *Fusarium circinatum*, pitch canker, invasive alien species

## 1. Giriş

Doğal yayılış alanlarının dışında bulunan ekosistemleri işgal ederek, çevreye, ekonomiye ve insan sağlığına zarar verebileceği düşünülen türler, yabancı istilacı türler (YİT) olarak adlandırılmaktadır. Bu türler, kazara veya kasıtlı olarak giriş yaptıkları ekosistemlerde popülasyonlarını kontrol eden doğal predatör ve rakiplerinin bulunmaması nedeniyle biyolojik çeşitliliği etkilemeye ve bu bölgelerde ciddi hasarlara neden olmaktadır (Vitousek vd., 1997; Mooney ve Hobbs, 2000; Pimentel, 2002; Pimentel vd., 2005; Westphal vd., 2008; Pejchar ve Mooney, 2009; Fisher vd., 2012).

Ülkeler arası yapılan ulaşım, ticaret, turizm gibi ivme kazanan faaliyetler, iklim değişikliği ve büyük oranda insan müdahaleleri sonucunda ortaya çıkan yeni koşullar organizmaların kendi doğal yaşam alanları dışındaki alanlara taşınmasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu tip taşınmalar, türlerin yayılışını sınırlayan en önemli faktörler arasında yer alan biyocoğrafik engellerin daha hızlı ve kolay aşılmasına olanak sağlamaktadır (Liebhold vd., 1995; Filip ve Morrell, 1996; Everett, 2000; Hulme, 2009). Yapılan çalışmalar, müdahale altında bulunan doğal ekosistemlerin bu tür istilalara daha eğilimli olduğunu göstermektedir (Mooney ve Hobbs, 2000).

Dünya çapında kayıtlara geçen istilacı patojenlerin sayısının ve bu patojenlerin neden olduğu salgınların son yıllarda benzeri görülmemiş bir hızla arttığı bilinmektedir (Santini vd., 2013; Eschen vd., 2014). Avrupa'da tespit edilen orman patojeni sayısının 1800-2008 yılları arasında 123'e ulaştığı (Santini vd., 2013) ve ithalat hacminin genişliği nedeniyle istilacı patojenlerin en fazla İtalya, Fransa, İsviçre, Avusturya ve Macaristan'da bulunduğu bildirilmiştir (Desprez-Loustau, 2009). Bununla birlikte Kuzey Amerika ormanlarında 20'den fazla istilacı patojen bulunduğu (Pimentel vd., 2000) ve en az yedi farklı ağaç türünün bu istilacı türler sebebi ile yok olma tehdidi ile karşı karşıya kaldığı rapor edilmiştir (Liebhold vd., 1995; Orwig, 2002). Avrupa ve Akdeniz Bitki Sağlığını Koruma Örgütü (EPPO) A1 karantina listesinde yer alan bitki patojenlerinin yarısından fazlası (%52) orman patojenidir. Bunun yanı sıra Türkiye Bitki Karantina Yönetmeliği Ek 1-A ve 2-A'ya göre, Türkiye'de varlığı bilinmeyen karantinaya tabi 32 fungusun 19'u orman patojenidir.

İstilacı patojenler arasından tohumlarla taşınanlar, sebep oldukları önemli hastalıklar ve zararlar nedeniyle son derece dikkat çekmektedir. Çok sayıda orman ağaçları hastalığı, bulaşık tohumlar aracılığı ile hem fidanlıklara, hem de buradaki fidanlar aracılığı ile yeni alanlara taşımaktadır (Cilliers vd., 1993; Storer vd., 1998). Patojenin bulaştığı fidan ve ağaçlar yakın çevresinin inokulum kaynağını oluşturmaktadır (Burgess ve Wingfield, 2002). Uzun idare sürelerinin söz konusu olduğu ormanlarda tohumla taşınan patojenlerin etkileri, ekonomik olduğu kadar ekosistem ölçüğünde de uzun vadeli ve geri dönüşü olmayan kayıplarla sonuçlanabilmektedir (Kamra, 1989; Singh ve Mathur, 1993).

Ekosistemlerin fonksiyon ve doğal bileşenlerini değiştiren bu istilacı türlerle çok sayıda örnek bulunmaktadır. Tohumlar ile taşınan en önemli patojenler arasında *Diplodia sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton, *Sirococcus conigenus* (DC.) P.F. Cannon & Minter, *Calostypha fulgens* (Pers.) Boud., *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon ve Maublile ile birlikte çok sayıda *Fusarium* türü yer almaktadır (Sutherland vd., 2002).

## 2. *Fusarium circinatum*

*Fusarium circinatum* Nirenberg ve O'Donnell (teleomorf: *Gibberella circinata* Nirenberg ve O'Donnell) dünyanın birçok bölgesinde özellikle çam türlerinin en tehlikeli patojeni olarak bilinmektedir. Etmen fidanlıklarda çökertene, ormanlarda ise çam çıraklı kanserine neden olmaktadır. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco ile birlikte en az 57 *Pinus* türünün çam çıraklı kanserine karşı farklı derecelerde duyarlı olduğu bilinmektedir (Pinestrength, 2017). Bu türler arasında *Pinus radiata* D. Don, *Pinus taeda* L., *Pinus virginiana* Mill., *Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinaster* Aiton, *Pinus sylvestris* L., *Pinus strobus* L., *Pinus densiflora* Siebold & Zucc. gibi türler bulunmaktadır (Hepting ve Roth 1953; McCain vd., 1987; Viljoen vd., 1994; Wingfield vd., 2002; Landeras vd., 2005; Carlucci vd., 2007; Coutinho vd., 2007).

### 2.1. Hastalık etmeninin neden olduğu belirtiler ve tespiti

Dünya üzerinde çam fidanlarının önemli patojeni olarak düşünülen *F. circinatum*'un enfekte ettiği fidanlar tipik çökerten belirtilerini göstermektedir. Enfeksiyonun

erken safhalarında, kök uçları tahrif olmakta ve kökler su alamaz hale gelmektedir. Fidanlarda görülen primer belirti, zamanla ya da aniden gerçekleşen solgunluklardır. Sararan ibreler gün geçtikçe kızıl kahve bir renk almaktır, sürgünlerde geriye doğru ölümler meydana gelmektedir. Hastalık ilerledikçe geriye doğru ölümler artmaktadır, taç gelişimi zayıflamakta ve fidan ölmektedir. Toprak üstü belirtiler patojen kök boğazını ve gövdeyi kuşatana kadar genellikle çok belirgin gözlenmemektedir. Hem etmenin bulaşmış olduğu tohumlar hem de toprak kaynaklı inokulumlar fidanları enfekte edebilme yeteneğine sahiptir. Her iki durumda da oluşan belirtiler, diğer çökerten patojenlerinin neden olduğu belirtilerden ayırt edilememektedir (Wingfield vd., 2008; Mitchell vd., 2011).

Yetişkin ağaçlarda, çam çır乱 kanserinin en yaygın belirtisi; ana gövdede, tepe tacında veya dallarda reçineli kanser oluşumudur. Enfeksiyon genellikle kanser ve küçük dallarda geriye doğru ölümler ile başlamaktadır. Kabuk, kök ve gövdede çatlamalar meydana gelmekte ve oluşan reçine salgısı sonucu ağaçta kanserli dokular gözlenmektedir. Başlangıçta sararan ibreler sonrasında kızıl kahve bir renk almaktadır. Bu belirtiler tekrarlandığı ve hastalık ağaç gövdesini tamamen kuşattığı durumlarda ise etmen geniş çapta ölümlere sebep olmaktadır. Çam türlerinin dal ve gövdeleri bu fungus tarafından her yaşıta enfekte edilebilmektedir (Wingfield vd., 2008; Pinestrength, 2017).

Bu zararlı organizmanın tespit ve teşhisi üzerinde çok sayıda bilimsel araştırma bulunmaktadır Teşhis, kabuk altında reçineli ıslak görünüm, kanserli dokular ve renk değişimi gibi karakteristik belirtilerin varlığı sayesinde yapılabilmektedir. Fungusun kültüre alınması da teşhisi kolaylaştırmaktadır. Son yıllarda, patojenin enfektili bitki dokularından izolasyonuna ve morfolojik tanısına dayanan klasik yöntemlerin yerini DNA esaslı moleküler yöntemlerin aldığı görülmektedir (Geiser vd., 2004; Schweikofler vd., 2004; Garbelotto vd., 2008; Ramsfield vd., 2008; Ioos vd., 2009; Dredan vd., 2012; Fourie vd., 2014).

## 2.2. Hastalık etmeninin biyolojisi ve morfoloji

Patojenin neden olduğu çoğu enfeksiyon rüzgar veya böcekler tarafından taşınan makrokonidi veya mikrokonidiler aracılığı ile gerçekleşmektedir. Makrokonidiler tipik olarak hafif kavisli duvarlara sahip ve 3 septalıdır. Bu özellik *Fusarium* cinsindeki sayısız anamorf ile benzerlik göstermektedir. Mikrokonidiler ise tipik olarak tek hücreli ve ovale yakındır. Miselyumlar beyaz, menekşe rengindedir. Koloniler çokluklukla böülümlere ayrılmış şekilde gözlemlenmektedir. Peritesyumlar doğada görülmediğinden askosporların konukçuya enfekte

etmekte büyük bir önemi olmadığı düşünülmektedir (Storer vd., 1997).

Çam ile beslenen böcekler, hastalığın epidemiyolojisinde patojenin konukçuya erişimini sağlayan yaranma etkeni veya patojeni enfekteli ağaçlardan sağlıklı ağaçlara ileten vektör olarak anahtar rol oynamaktadır. Kabuk böcekleri (*Pityophthorus*, *Ips*, *Conophthorus* gibi) genellikle patojenin neden olduğu hasarlı dallarda çoğalmaktadır. Bu dallarda erginlige erişen kabuk böcekleri, patojenin taşınmasında ve yayılmasında önem arz etmektedir. Ağaçlarda meydana gelen, enfeksiyona uygun yaralar yine bu böcekler tarafından meydana getirilmektedir (Storer vd., 1997). Kaliforniyada gerçekleştirilen araştırmalar, kabuk böceklerinin yanı sıra kozalak ve tohum böceklerinin de fungusun enfeksiyon sürecinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Fox vd., 1991; Hoover vd., 1996).

Patojen, çam tohumları istila ederek veya bu tohumların yüzeyinde kontaminant olarak bulunarak yayılış gösterebilmektedir. Böylece tohumlarda bulunan inokulum kaynağı fidanı enfekte ederek öldürmektedir (Storer vd., 1998). Patojenin bulaştığı tohum, fidan ve ağaçlar da yakın çevresinin inokulum kaynağını oluşturmaktadır (Burgess ve Wingfield, 2002). Etmenin toprak yolu ile bulaşma riski bulunmaktadır. Enfeksiyon sürecinde nem oldukça büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmalar patojenin neden olduğu enfeksiyonun atmosferik nemin ve sıcaklığın yüksek olduğu bölge ve mevsimler ile yüksek oranda ilişkili olduğunu göstermektedir (Dwinell vd., 1985).

## 2.3. Hastalık etmeninin dünya üzerindeki yayılışı

İlk kez 1945 yılında Güney Amerika'da tanımlandığında endemik olduğu düşünülen bu patojenin daha sonra gerçekleştirilen çalışmalarında Meksika kökenli olabileceği ileri sürülmüştür (Wingfield vd., 2008). Tespit edildiği zamandan günümüze kadar hızlı bir şekilde yayılış gösteren bu patojen, Orta Amerika (Haiti ve Honduras), Güney Afrika, Güney Amerika (Şili, Kolombiya ve Uruguay), Asya (Güney Kore Cumhuriyeti ve Japonya) ve Güney Avrupa gibi farklı kıtalara ulaşarak doğal ve plantasyon çam ormanlarında önemli zararlara neden olmuştur (Dwinell, 1998; Wingfield vd., 2002; Carlucci vd., 2007; Wingfield vd., 2008; Pfenning vd., 2014).

Güney Afrika'da bulunan fidanlıklarda ilk kez 1990 yılında tespit edilen patojen (Viljoen vd., 1994), 2005 yılından itibaren genç plantasyonlarda meydana getirdiği salgıların beraberinde rapor edilmeye başlanmıştır (Coutinho vd., 2007). Avrupa'da ilk olarak 21. yüzyılın başlarında İspanya'da bulunan *P. radiata* plantasyonlarında görülen hastalık (Landeras vd., 2005), daha sonra Fransa (EPPO, 2006), İtalya (Carlucci vd.,

2007) ve Portekiz (Bragança vd., 2009)'de tespit edilmiştir. Patojen, hızlı yayılma potansiyeli ile söz konusu kitalarda bulunan diğer ülkeleri de tehdit etmektedir. Yapılan çalışmalarda Yeni Zelanda, Çin ve Avustralya gibi hastalığın henüz kaydedilmediği birçok ülkenin fungusun gelişimi için uygun iklim koşullarına sahip olduğu bildirilmiştir. Etmenin neden olduğu zararın şiddeti, bulunduğu konukça veya bölgeye bağlı olarak farklılık göstermektedir (Ganley vd., 2009).

#### **2.4. Olası tehditler ve kontrol önlemleri**

Türkiye İstatistik Kurumu, dış ticaret istatistikleri 2005-2014 yıllarına ait orman ağaçları tohumları ithalatına ait veriler incelendiğinde, en fazla tohum ithalatının bu hastalık etmeninin orijini olan ABD'den yapıldığı görülmektedir (TÜİK, 2015). Bu durumda, ithal orman ağaçları tohumları ile ülkemize bilinen ya da bilinmeyen çok sayıda zararlı organizmanın giriş yapmış ya da yapabilecek olması muhtemeldir. Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu (EFSA), mevcut konukça dağılımı ve iklim koşulları altında, bu patojenin Avrupa'da bulunan (Batı Rusya ormanları hariç) 50 milyon hektar çam ormanının yaklaşık %20'sini tehlikeye attığını bildirmiştir. Patojen çok kısa bir sürede neredeyse tüm Avrupa'yı etkisi altına alacak potansiyele sahiptir. Normalin üzerinde seyreden iklim değişiklikleri (kuraklık, sel, yüksek sıcaklık farkı ve fırtına) bu patojenin varlığını sürdürmesi için daha elverişli ortam koşulları yaratmaktadır (Pinestrength, 2017).

Watt vd. (2011) ve Möykkynen vd. (2015) tarafından yapılan çalışmalarda, ülkemizde özellikle Marmara bölgesinin bu hastalık etmeninin yerleşme ve yayılması için uygun iklim koşullarına sahip olduğu belirtilmektedir. *P. radiata* da dahil olmak üzere, bir çok egzotik çam türüne ait plantasyon sahaları bu bölgede bulunmaktadır. Diğer taraftan yerli ve egzotik çam türlerine ait tohum bahçeleri ve tohum meşcereleri yer almaktadır. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, hastalık etmeninin ülkemize giriş yapması durumunda çam ormanlarımıza yerleşip yayılabilme potansiyeli yüksektir.

Dünya çapında sıkı karantina düzenlemelerine olan gereksinime dikkat çeken bu patojen (Burgess ve Wingfield, 2002) ülkemiz çam ormanları için de büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bu zararlı organizma 2007 yılından bu yana Avrupa Birliği bitki sağlığı önlemlerine konu olmuş, ülkemize giriş ve yayılması, 17.06.2014 tarihinde yayınlanan, "Ani Meşe Ölümü ve Çam Çıraklı Kanser Hastalığı İle Turuncgil Uzun Antenli Böceği Ve Kestane Gal Arısı Mücadelesi Hakkında Yönetmelik" hükümlerince yasaklanmıştır. Bunun yanı sıra Türkiye Bitki Karantina Yönetmeliği Ek-2A'ya göre, Türkiye'de varlığı bilinmeyen karantinaya tabi zararlı bir organizmadır.

*F. circinatum*, Avrupa'da karantina patojeni olarak önerilen zararlıların bulunduğu Avrupa ve Akdeniz Bitki Sağlığını Koruma Örgütü (EPPO) A2 listesinde yer almaktadır. Avrupa genelinde bu patojenin önemi açısından farkındalığı artırmak ve tespitinden mücadelelesine kullanılan yöntemleri en iyi hale getirmek amacıyla Avrupa Birliği tarafından, bugüne kadar 35 ülkenin katılımının sağlandığı bir COST aksiyonu programı (COST Action FP1406: Pinestrength) başlatılmıştır. Araştırmacılar, ormancılar, ilgili endüstri kolları ve politikacıların ortak çalışmalarının ve bilgi paylaşımının desteklendiği bu işbirliği sayesinde, aksiyona dahil olmayan ancak bu patojen ve diğer bitki hastalıkları konusunda oldukça tecrübeli olan; Şili, Yeni Zelanda, Kore Cumhuriyeti, Güney Afrika ve ABD gibi ülkeler, Avrupa ülkelerinin bilgi ve becerilerine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır (Pinestrength, 2017).

#### **3. Sonuç**

Ülkemiz, sahip olduğu jeolojik konum, biyolojik çeşitlik ve nispeten yetersiz kalan karantina önlemleri gibi faktörlerin meydana getirdiği koşullar nedeniyle, yabancı istilacı patojenler açısından son derece büyük bir tehdit altında bulunmaktadır. Bu türlerin neden olduğu hastalıklar için uygulanan bilinçsiz mücadele yöntemleri, doğal dengenin bozulmasına yol açarak; canlı-cansız tüm çevreyi ciddi boyutta etkilemektedir. Bu nedenle çam ağaçlarının en tehlaklı patojeni olma özelliğini taşıyan ve hızlı yayılış potansiyeli ile dikkat çeken *F. circinatum* ve diğer tüm istilacı türlere yönelik gerekli önlemler geç kalınmadan alınmalı ve uygulanmalıdır.

İstilacı türlerin yönetiminde doğru stratejik kararların alınabilmesi için hastalık etmeni yakından tanınmalı ve neden olabileceği hasarlar önceden tahmin edilebilmelidir. Bu bağlamda, istilacı türlerin bir ülkeye girmeden ya da henüz geniş alanlara yayılmadan önce güçlü görsel araçlar olarak kullanılan zararlı risk haritalarının oluşturulması, bu türlerin yönetiminde önemli bir aşamadır. Söz konusu türler, ülkemize bir kez giriş yaptığında bunların yok edilmesi ya da yayılmasının engellenmesi hemen hemen imkânsızdır. Odun hammaddesi, odun ambalaj materyali ve canlı bitki ithalatıyla ülkemize çok fazla sayıda yabancı istilacı türün giriş yapabileceği göz önünde bulundurulduğunda, sıkı karantina önlemlerinin gerekliliği bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Yerli çam türlerimizin ve orjinlerimizin bu etmene olan hassasiyeti henüz bilinmemekle beraber, yakın bir zamanda Türkiye'ye de bulaşacağı kuvvetle muhtemel bu tehlaklı patojene karşı ülke olarak hazırlıklı olmamız gerekmektedir. Yabancı istilacı türlerin bir ortama girdikten sonra neden olduğu ekonomik kaybın bedeli, bu türlerin ülkeye girişini engelleyici faaliyetlere göre çok daha büyük bedellere mal olmaktadır.

## Teşekkür

Yazarlar olarak, bu hastalık etmenini tanımadığımıza ve önemi açısından farkındalığımızı artırarak ülke çapında hazırlıklı olmamıza olanak sağlayan COST-FP1406 aksiyonuna teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Bragança, H., Diogo, E., Moniz, F., Amaro, P. (2009). First report of pitch canker on pines caused by *Fusarium circinatum* in Portugal. Plant Disease, 93(10), 1079-1079.
- Burgess, T., Wingfield, M.J. (2002). Quarantine is important in restricting the spread of exotic seed-borne pathogens in the Southern Hemisphere. International Forestry Review, 4(1), 56-65.
- Carlucci, A., Colatruglio, L., Frisullo, S. (2007). First report of pitch canker caused by *Fusarium circinatum* on *Pinus halepensis* and *Pinus pinea* in Apulia (Southern Italy). Plant Disease, 91(12), 1683-1683.
- Cilliers, A.J., Swart, W.J., Wingfield, M.J. (1993). A Review of *Lasiodiplodia* the obrome with particular reference to its occurrence on coniferous seeds. South African Forestry Journal, 166(1), 47-52.
- Coutinho, T.A., Steenkamp, E. T., Mongwaketsi, K., Wilmot, M., Wingfield, M.J. (2007). First outbreak of pitch canker in a South African pine plantation. Australasian Plant Pathology, 36(3), 256-261.
- Desprez-Loustau M.L. (2009). The alien fungi of Europe. Drake JA, ed. Handbook of alien species in Europe, DAISIE. Invading nature, series in invasion ecology, 3, 15-28, Berlin, Germany.
- Dreaden, T.J., Smith, J.A., Barnard, E.L., Blakeslee, G. (2012). Development and evaluation of a real-time pcr seed lot screening method for *Fusarium circinatum*, Causal Agent of Pitch Canker Disease. Forest Pathology, 42(5), 405-411.
- Dwinell, L.D., Barrows-Broadus, J., Kuhlman, E.G. (1985). Pitch canker: a disease complex of Southern pines. Plant Disease, 69, 270-276.
- Dwinell L.D. (1998). Global distribution of the pitch canker fungus. Devey ME, Matheson AC, Gordon TR (eds) Current and potential impacts of pitch canker in radiata pine, proceedings of the IMPACT Monterey workshop, California, USA, CSIRO Forestry and Forest Products Report No. 112. CSIRO, Canberra, 54-57.
- Eschen, R., Holmes, T., Smith, D., Roques, A., Santini, A., Kenis, M. (2014). Likelihood of establishment of tree pests and diseases based on their worldwide occurrence as determined by hierarchical cluster analysis. Forest Ecology and Management, 315, 103-111.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (2006). First report of *Gibberella circinata* in France. EPPO Reporting Service 2006-05 no:104. [http://www.eppo.int/PUBLICATIONS/reporting/reporting\\_service.htm](http://www.eppo.int/PUBLICATIONS/reporting/reporting_service.htm) (Erişim tarihi: 01.05.2017).
- Everett, R.A. (2000). Patterns and pathways of biological invasions. Trends in Ecology and Evolution, 15(5), 177-178.
- Filip, G.M., Morrell, J.J. (1996). Importing pacific rim wood: pest risks to domestic resources. Journal of Forestry, 94(10), 22-26.
- Fisher, M.C., Henk, A.D., Briggs, C.J., Brownstein, J.S., Madoff, L.C., McCraw, S.H., Gurr, S.J. (2012). Emerging fungal threats to animal, plants and ecosystems. Nature, 484, 186-194.
- Fourie, G., Wingfield, M.J., Wingfield, B.D., Jones, N.B., Morris, A.R., Steenkamp, E.T. (2014). Culture-independent detection and quantification of *Fusarium circinatum* in a pine-producing seedling nursery, southern forests, A Journal of Forest Science, 76(3), 137-143.
- Fox, J. W., Wood, D. L., Koehler, C. S., O'keefe, S. T. (1991). Engraver beetles (*Scolytidae: Ips* species) as vectors of the pitch canker fungus, *Fusarium subglutinans*. The Canadian Entomologist, 123(6), 1355-1367.
- Ganley, R. J., Watt, M. S., Manning, L., Iturritxa, E. (2009). A global climatic risk assessment of pitch canker disease. Canadian Journal of Forest Research, 39(11), 2246-2256.
- Garbelotto, M., Smith, T., Schweikofler, W. (2008). Variation in rates of spore deposition of *Fusarium circinatum*, the causal agent of pine pitch canker, over a 12-month-period at two locations in northern California. Phytopathology, 98(1), 137-143.
- Geiser, D.M., Jiménez-Gasco, M., Kang, S., Makalowska, I., Veeraraghavan, N., Ward, T.J., Zhang, N., Kuldau, G.A., O'Donnell, K. (2004). FUSARIUM-ID v. 1.0: A DNA sequence database for Identifying *Fusarium*", European Journal of Plant Pathology, 110, 473-479.
- Hepting, G.H., Roth, E.R. (1953). Host relations and spread of the pine pitch canker disease. Phytopathology, 43, 475.
- Hoover, K., Wood, D.L., Storer, A.J., Fox, J.W., Bros, W.E. (1996). Transmission of the pitch canker fungus, *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini*, to Monterey pine, *Pinus radiata*, by cone-and twig-

- infesting beetles. *The Canadian Entomologist*, 128(06), 981-994.
- Hulme, P.E. (2009). Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 10-18.
- Ioos, R., Fourier, C., Lancu, G., Gordon, T.R. (2009). Sensitive detection of *Fusarium circinatum* in pine seeds by combining an enrichment procedure with real-time PCR using dual-labelled probe chemistry. *Phytopathology*, 99(5), 582-590.
- Kamra, S.K. (1989). Improving the forest seed situation in some African countries. Turnbull, J. W. (Ed.) *Tropical Tree Seed Research*. Gympie, Australia.
- Landeras, E., García, P., Fernández, Y., Braña, M., Fernández-Alonso, O., Méndez-Lodos, S., Armengol, J. (2005). Outbreak of pitch canker caused by *Fusarium circinatum* on *Pinus* spp. in Northern Spain. *Plant Disease*, 89(9), 1015-1015.
- Liebold, A.M., Macdonald, W.L., Bergdahl, D., Mastro, V.C. (1995). Invasion by exotic forest pests- a threat to forest ecosystems. *Forest Science*, 41(30), 1-49.
- McCain, A.H., Koehler, C.S., Tjosvold, S.A. (1987). Pitch canker threatens California pines. *California agriculture*, 41(11-12), 22-23.
- Mitchell, R. G., Steenkamp, E. T., Coutinho, T. A., Wingfield, M. J. (2011). The pitch canker fungus, *Fusarium circinatum*: implications for South African forestry. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 73(1), 1-13.
- Mooney, H.A., Hobbs, R.J. (2000). Invasive species in a changing world. Island Press, Washington, DC.
- Möykkynen, T., Capretti, P., Pukkala, T. (2015). Modelling the potential spread of *Fusarium circinatum*, the causal agent of pitch canker in Europe. *Annals of Forest Science*, 72(2), 169-181.
- Orwig, D.A. (2002). Ecosystem to regional impacts of introduced pests and pathogens: historical context, questions and issues. *Journal of Biogeography*, 29(10-11), 1471-1474.
- Pejchar, L., Mooney, H.A. (2009). Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(9), 497-504.
- Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, R., Morrison, D. (2000). Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *BioScience*, 50(1), 53-65.
- Pimentel, D. (2002). Biological invasions: economic and environmental costs of alien plant. *Animal, and Microbe Species*. CRC Press.
- Pimentel, D., Zuniga, R., Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52(3), 273-288.
- Pfenning L.H., Costa S.D.S., Melo M.P.D., Costa H., Ventura J.A., Auer C.G., Santos A.F.D. (2014). First report and characterization of *Fusarium circinatum*, the causal agent of pitch canker in Brazil. *Trop Plant Pathology*, 39(3), 210-216.
- Ramsfield, T.D., Dobbie, K., Dick, M.A., Ball, R.D. (2008). Polymerase chain reaction-based detection of *Fusarium circinatum*, the causal agent of pitch canker disease. *Molecular Ecology Research*, 8(6), 1270-1273.
- Richardson, M.J. (1990). An annotated list of seed-borne diseases. (4th edn.). International Seed Testing Association, Zurich.
- Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, M. L., Capretti, P., Chandelier, A., Cech, T., Chira, D., Diamandis, S., Gaitniekis, T., Hantula, J., Holdenrieder, O., Jankovsky, L., Jung, T., Jurc, D., Kirisits, T., Kunca, A., Lygis, V., Malecka, M., Marcais, B., Schmitz, S., Schumacher, J., Solheim, H., Solla, A., Szabo, I., Tsopelas, P., Vannini, A., Vetraino, A., Webber, J., Woodward, S., Stenlid, J. (2013). Biogeographical Patterns and Determinants of Invasion by Forest Pathogens in Europe. *New Phytologist*, 197(1), 238-250.
- Schweigkofler, W., O'Donnell, K., Garbelotto, M. (2004). Detection and quantification of airborne conidia of *fusarium circinatum*, the causal agent of pine pitch canker, from two California sites by using a real-time PCR approach combined with a simple spore trapping method. *Applied Environmental Microbiology*, 70, 3512-3520.
- Singh, P., Mittal, R.K. (1989). Influence of seed-borne fungi on the nutrient composition and growth of conifer seedlings. *European Journal of Forest Pathology*, 19(2), 65-77.
- Singh, P., Mathur, S.B. (1993). Disease problems of forest tree species: diagnosis and management. In: Somé, L. M. & de Kam, M. (Ed.) *Proceedings of IUFRO Symposium on Tree Seed Problems, with Special Reference to Africa*. Project Group P.2.04.00 - Seed Problems. Ouagadougou, Burkina Faso, November, 23 - 28.
- Storer A.J., Gordon T.R., Wood D.L., Bonello P. (1997). Pitch canker disease of pines: current and future impacts. *Journal of Forestry*, 95(12), 21-26.
- Storer, A.J., Gordon, T.R., Clarck, S.L. (1998). Association of the pitch canker fungus, *Fusarium subglutinans* f.sp. *pini* with Monterey pine seeds

- and seedlings in California. *Plant Pathology*, 47, 649-656.
- Sutherland, J.R., Diekmann, M., Berjak, P. (2002). Forest tree seed health. IPGRI Technical Bulletin, (6).
- Viljoen, A., Wingfield, M.J., Marasas, W.F.O. (1994). First report of *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini* on seedlings in South Africa. *Plant Disease*, 78(3), 309-312.
- Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, L.L., Rejmanek, M., Westbrooks, R. (1997). Introduced species: a significant component of human caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, 21, 1-16.
- Watt, M.S., Ganley, R.J., Kriticos, D.J., Manning, L.K. (2011). *Dothistroma* needle blight and pitch canker: the current and future potential distribution of two important diseases of *Pinus* species. *Canadian Journal of Forest Research*, 41(2), 412-424.
- Westphal, M.I., Browne, M., MacKinnon, K., Noble, I. (2008). The link between international trade and the global distribution of invasive alien species. *Biological Invasions*, 10(4), 391-398.
- Wingfield, M.J., Jacobs, A., Coutinho, T.A., Ahumada, R., Wingfield, B.D. (2002). First report of the pitch canker fungus, *Fusarium circinatum*, on pines in Chile. *Plant Pathology*, 51(3), 397-397.
- Wingfield, M.J., Hammerbacher, A., Ganley, R.J., Steenkamp, E.T., Gordon, T.R., Wingfield, B.D., Coutinho, T.A. (2008). Pitch canker caused by *Fusarium circinatum*—a growing threat to pine plantations and forests worldwide. *Australasian Plant Pathology*, 37(4), 319-334.
- Pinestrength, (2017). COST Action FP1406: Pine pitch canker strategies for management of *Gibberella circinata* in greenhouses and forests (Pinestrength). <http://www.pinestrength.eu/> (Erişim Tarihi: 05.04.2017).
- TÜİK, (2015). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> (Erişim Tarihi: 12.04.2017).

## **Yazar rehberi**

Makale A4 sayfa boyutunda, Times New Roman yazı tipinde, 10 punto olarak ve düz metin şeklinde yazılmalıdır. Makaleye sayfa ve satır numarası eklenmelidir.

**Kapak sayfası:** Kapak sayfasında sırasıyla makale başlığı, yazar adı soyadı, yazar iletişim bilgileri bulunmalıdır.

**Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce):** Özet 500 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır. Araştırmanın gerekçesini, amaçlarını, uygulanan yöntemi, sonuç ve önerileri içermelidir. Özet sonuna 3-6 kelimedenden oluşan anahtar kelimeler eklenmelidir.

**Ana metin:** Makale ana metni tek satır aralıklı olarak yazılmalı, çizelge ve şekillerle birlikte toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Konu başlıkları 1., 1.1., 1.1.1., şeklinde numaralandırılmalıdır.

**Dipnotlar:** Metin içerisinde dipnotlardan olabildiğince kaçınılmalıdır. Çizelge ve şekillerde ise gerekli olması halinde ilgili objenin altında yer almmalıdır.

**Semboller ve kısaltmalar:** Birim sembollerini Uluslararası Birimler Sistemine (The International System of Units; SI) göre olmalıdır.

**Kaynaklar:** Metin içinde geçen kaynaklar yazarların soyadları ve yayını ile birlikte verilmelidir (Örnek: Özkan vd., 2008; Özdemir, 2015). Metin sonundaki kaynaklar önce alfabetik sonra kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır. Bir yazarın aynı yılda birden fazla yayınına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayınlarından sonra gelecek a, b, c... harflerile ayrılmalıdır (Örnek: Kandemir, 1999a; 2000b; 2001).

**Çizelgeler ve şekiller:** Bütün çizelge ve şekiller metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalı ve ilgili yere eklenmelidir. Çizelgelerin üzerinde ve şekillerin altında başlıklar yer almmalıdır. Çizelge ve şekiller hem elektronik ortamda hem de kağıt baskında net olarak görünür ve anlaşılır olmalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlüğünde hazırlanmalıdır. Şekillerde kullanılan karakterler Times New Roman yazı tipinde olmalıdır.

**Makalenin gönderilmesi:** Dergimizin bütün hakemlik ve yayincılık işlemleri elektronik sistem üzerinden gerçekleştirilmektedir. Dergimize yayın göndermek isteyen yazarların ilk olarak dergimizin "web sitesine" girerek "kayıt" ekranından üye olmaları gerekmektedir. Kayıtlı yazarlarımız sisteme "giriş" yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte ve hakem önerilerini de içeren "Telif Hakkı Devri Formunu" sisteme ek belge olarak yüklemelidirler.

## **Instructions for authors**

Manuscript should be written in A4 page size, with Times New Roman font and 10 pt font size, as plain text. Page and line numbers should be included into the manuscript.

**Cover page:** Cover page should include title of the manuscript, names and contact information of the authors.

**Title and abstract (Turkish and English):** Abstract should not written exceed 500 words. Explains rationale, goals, methods, results and recommendations of the study. Keywords with 3-6 words should be included at the end of the abstract.

**Main text:** Main body of the manuscript should be written in single line spacing, and it should not exceed a total of 15 pages including tables and figures. Headings should be numbered as follows: 1., 1.1., 1.1.1.

**Footnotes:** Use of footnotes within the text should be avoided as much as possible. If necessary, it can be located below tables and figures.

**Symbols and abbreviations:** Unit symbols should comply with The International System of Units.

**References:** In the text, literature should be given with the last name of the author and year of the publication (For example: Özkan et al., 2008; Özdemir, 2015). At the end of the paper, references should be ordered first alphabetically and then chronologically. If there is more than one paper from the same author for a given year, these references should be identified by the letters a, b, c..., after the year of publication (For example: Kandemir, 1999a; 2000b; 2001).

**Tables and figures:** All tables and figures should be numbered in the order of their citation in the text, and they should be located in suitable places. Titles of the tables should be located above, and titles of the figures should be located below the related table or figure. Tables and figures should be easily visible and understandable both in print and electronic versions. Figures should be prepared in at least 300 dpi resolution. Characters within the figures should be in Times New Roman font type.

**Submission of a manuscript:** In our journal, all review and publishing processes are conducted within an electronic system. Authors who want to submit their manuscript to our journal should first visit our "web page" and "register" as an author. Our registered members can "log in" to the system and then upload their manuscript and "COPYRIGHT RELEASE FORM" as an appendix, containing their suggested referees.

### Kaynaklar

Kaynak kullanımı aşağıda örneklerde belirtilen şekillerde olmalıdır.

### References

Using of references should be in the form as follows.

#### Article in periodical journals / Periyodik dergilerde makale

- Akyıldırım, O., Gökce, H., Bahçeli, S., Yüksek, H. (2017). Theoretical and Spectroscopic (FT-IR, NMR and UV-Vis.) Characterizations of 3-p-chlorobenzyl-4-(4-carboxybenzylidenamino)-4,5-dihydro-1H-1,2,4-triazol-5-one Molecule. *Journal of Molecular Structure*, 1127: 114-123.
- Tan, S., Williams, C.T. (2013). An In Situ Spectroscopic Study of Prochiral Reactant–Chiral Modifier Interactions on Palladium Catalyst: Case of Alkenoic Acid and Cinchonidine in Various Solvents. *J. Phys. Chem. C*, 117(35): 18043–18052.

#### Book / Kitap

- Özkan, K. (2016). Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) Nasıl Ölçülür? Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 98, ISBN: 976-9944-452-89-2, Isparta, 142 s.
- Whittaker, E. T. (1988). A treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies. Cambridge University Press.

#### Reference to a chapter in an edited book / Kitapta bölüm

- Westhoff, V., Van Der Maarel, E. (1978). The braun-blanquet approach in classification of plant communities, Reinhold Tüxen (Ed.), *Handbook of Vegetation Science*, Springer Netherlands, pp. 619-704.
- Şencan, A., Sevindir, H.C., Kılıç, M., Karaboyaci, M. (2011). Biosorption of CR+ 6 from Aqueous Solution with Activated Sludge Biosolids (Ref. NO: MT11-OP-475), Gökçekus, H., Türker, U., LaMoreaux, J.W., (Ed, Survival and Sustainability, 973-984.

#### Thesis and dissertation / Tez

- Gülsoy, S. (2011). *Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Enler (Anacardiaceae)'in Gölleler Yöresi'ndeki Yetişme Ortamları Özellikleri ve Yetişme Ortamı-Meyve Uçuğu Yağ İçeriği Etkileşimleri. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 194 s.
- Özdemir, S. (2015). Ovacık Dağı Yöresi’nde Türk Kekiği (*Origanum onites* L.) ve Büyük Çiçekli Adaçayı (*Salvia tomentosa* Miller) Türlerinin Ekolojik Özellikleri. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı. 74s.

#### Conference proceedings / Konferans bildirisi

- Özkan, K., Kavgaci, A. 2009. Küresel isımanın orta dağlık alanlarda tür çeşitliliği üzerine olası etkileri (Acipayam yöresi örneği). I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu (Eds: Palta, Ç.,), 16-18 Haziran 2009, Konya, Türkiye, 277-284.
- Özkan, K., Negiz, M.G., Şentürk, Ö., Kandemir, H. (2012). Gölleler Bölgesi'ndeki Bazı Önemli Rekreasyon Alanları ve Onların Ekolojik Özellikleri, I. Rekreasyon Araştırmaları Kongresi 2012, Bildiri Kitabı, 12-15 Nisan, 587-596, Detay Yayıncılık, Kemer-Antalya.

#### Electronic reference / Elektronik kaynak

- FAO, (2016). Sustainable Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/sustainability/en/>, Accessed: 14.06.2016.
- Milliparklar, (2017). Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. <http://www.milliparklar.gov.tr/korunanalanlar/kavramlar.htm>, Erişim Tarihi: 18.06.2017

Bilge Uluslararası Fen ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi online ve açık erişimli yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Dergi dili İngilizce ve Türkçe'dir. Yılda iki sayı yayınlanan dergide Temel bilimler, Doğa bilimleri, Mühendislik ve Teknoloji bilimleri konularında bilimsel makaleler yayınlanmaktadır. Dergimize gönderilen makalelerin daha önce yayınlanmamış orijinal çalışmalar olması gerekmektedir. Dergide yayımlanacak makalenin atıflarından, bilimsel verilerinden, sonuçlarından ve etik kurallara uygun olup olmadığından yazarlar sorumludur (yazar/yazarlar bu durumu telif hakkı sözleşmesinde kabul eder). Orijinal araştırmaya dayalı çalışmalarla öncelik verilmekte, sınırlı sayıda derleme makale yayınlanmaktadır. Dergiye gönderilen makale, yayın kurulu tarafından yayına uygunluk açısından incelekten sonra en az iki hakeme gönderilir. Hakemlerin değerlendirmeleri sonucunda en az iki yayınlanabilir raporu alan makale, dergi yönetimince uygun görülen bir sayıda yayınlanır. Hakem raporlarının birisinin olumlu, diğerinin olumsuz olması durumunda makale üçüncü bir hakeme gönderilir. Bu durumda makalenin yayınlanıp yayınlanmasına üçüncü hakemin raporuna göre karar verilir. Hakemler tarafından düzeltme istenen makaleler gerekli düzeltmeler için yazara geri gönderilir. Düzeltilen metnin belirtilen sürede dergi sisteme yüklenmesi yazarın sorumluluğundadır. Makalenin yayınlanması konusunda son karar, dergi editörlüğüne aittir.

Bilge International Journal of Science and Technology Research is an online, open access, peer-reviewed, international research journal. Language of the journal is English and Turkish. The journal published two issues a year publishes scientific articles on the subjects of Basic Sciences, Natural Sciences, Engineering and Technology. Authors should only submit original work, which has not been previously published and is not currently considered for publication elsewhere. The authors are responsible for the citations of the article to be published, its scientific data, its results, and whether it is in line with ethical rules (Author / authors accept that in the copyright agreement). Research papers will be given priority for publication while only a limited number of review papers are published in a given issue. The articles are sent to least two reviewer after examined by the editor board in terms of compliance with the publication. As a result of the evaluations of the reviewers, the article which received at least two publishable reports will be published at a suitable number for the management of the journal. If one of the reviewer reports is positive and the other is negative, the article will be sent a third reviewer. In this case, the publication of the article is decided according to the third report. The articles corrected by the referees are returned to the author for necessary corrections. It is the responsibility of the author to upload the revised text to the journal system for the specified period. The final decision on the publication of the article belongs to chef editor.