

ISSN 1012-2354



ERCIYES ÜNİVERSİTESİ

# ***FEN BİLİMLERİ***

**ENSTİTÜSÜ DERGİSİ**

*Erciyes University  
Journal of  
the  
Institute  
of  
Science and Technology*

**Cilt (Vol.): 36**

**Sayı (No): 2**



ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ  
Erciyes University Journal of Institute of Science and Technology



ISSN: 1012-2354

**Genel Yayın Yönetmeni**

Prof. Dr. Recai KILIÇ, Erciyes Üniversitesi

**İmtiyaz Sahibi**

Prof. Dr. Mustafa ÇALIŞ, Erciyes Üniversitesi

**Editör**

Prof.Dr. Mehmet AKKURT , Erciyes Üniversitesi

Prof.Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN , Erciyes Üniversitesi

Prof.Dr. M. Tamer ŞENEL , Erciyes Üniversitesi

**Editörler Kurulu**

Prof.Dr.Musa SARI,Gazi Üniversitesi, msari@gazi.edu.tr

Prof.Dr.Orhan BÜYÜKGÜNGÖR, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, orhanb@omu.edu.tr

Prof.Dr.Hasan Küçükbay, İnönü Üniversitesi, hasan.kucukbay@inonu.edu.tr

Prof.Dr.Kamil KOÇ, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, kamil.koc@cbu.edu.tr

Prof.Dr.Tuncay CANDAN, The American University of the Middle East,  
Tuncay.Candan@aum.edu.kw

Prof. Dr. Derviş KARABOĞA, Erciyes Üniversitesi, karaboga@erciyes.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet HAYTA , Erciyes Üniversitesi, mhayta@erciyes.edu.tr

Prof.Dr. Doğan IŞIK , Erciyes Üniversitesi, dogani@erciyes.edu.tr

Prof.Dr. M.Duran TOKSARI , Erciyes Üniversitesi, dtoksari@erciyes.edu.tr

Doç.Dr. BURAK UZAL, Abdullah Gül Üniversitesi, burak.uzal@agu.edu.tr

Doç.Dr. Fehmi NAİR , Erciyes Üniversitesi, fnair@erciyes.edu.tr

Doç.Dr. NİĞMET UZAL, Abdullah Gül Üniversitesi, nigmet.uzal@agu.edu.tr

Doç. Dr.Murat GÖKÇEK , Ömer Halisdemir Üniversitesi, mgokcek@ohu.edu.tr

Cilt: 36 Sayı: 2

Ağustos 2020

## İçindekiler

Sayfalar	Makaleler	Türü
151-160	Yığılanmış Özdevinimli Kodlayıcılar ile Göğüs Kanserinin Sınıflandırılması ve Klasik Makine Öğrenme Metotları ile Performans Karşılaştırması	Araştırma Makalesi
161-169	Altın Üçgen ve Düzgün Beşgen Üzerinde Oluşan Altın Üçgenlerin Bir Dinamik Geometri Yazılımı ile Araştırılması	Araştırma Makalesi
170-177	İnsansız Hava Aracı Görüntülerinde Evrişimli Sinir Ağı Kullanarak Araç Sayımı için Yeni Bir Haritalama Yöntemi	Araştırma Makalesi
178-192	An Evaluation of the Robustness Chi-Square Steganalysis Method on Wav Audio Files with Various Content	Araştırma Makalesi
193-203	Grafen Oksit (GO), Azot Katkılanmış Grafen Oksit (NGN-OKSİT) ve Azot Katkılanmış Grafen (NGN)'in Antikanser Etkilerinin Araştırılması	Araştırma Makalesi
204-213	Diatrizoat, Ioxaglate Kontrast Bileşiklerinin Moleküler Yapıları ve Elektronik Özellikleri	Araştırma Makalesi
214-220	Diagnosis of <i>Micrococcus luteus</i> Infection in Cultured Sharpsnout Sea Bream ( <i>Diplodus puntazzo</i> Cetti, 1777)	Araştırma Makalesi
221-227	Dört kez iyonlaşmış Lantanın (La V) Yarı Ömür Hesaplamaları	Araştırma Makalesi
228-237	Konumsal Verilerin Bağlantılı Veri Olarak Yayınlanması : Trabzon Örneği	Araştırma Makalesi
238-243	Characterization of Some Special Curves in $E_1^3$	Araştırma Makalesi
244-253	A Makespan Minimization Problem of Job Dependent Risk Deterioration	Araştırma Makalesi
254-263	Examining the Factors Affecting Customers' Adoption of Mobile Banking with Structural Equation Model	Araştırma Makalesi
264-273	Kuraklık Stresinin Fasulyede Bitki Gelişimi, Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi	Araştırma Makalesi
274-279	Prohexadione-Calcium Uygulama Yöntemlerinin Hıyar ( <i>Cucumis sativus</i> L.) Fidelerinin Gelişimi ve Yaprak Pigmentasyonu Üzerine Etkileri	Araştırma Makalesi
280-285	Bazı Organik Materyallerin Karpuz ( <i>Citrillus lanatus</i> Thunb.)' un İyon Alımına Etkisi	Araştırma Makalesi
286-298	Probabilistic Seismic Hazard Assessment of City Center of Kayseri	Araştırma Makalesi

## Yığılanmış Özdevinimli Kodlayıcılar ile Göğüs Kanserinin Sınıflandırılması ve Klasik Makine Öğrenme Metotları ile Performans Karşılaştırması

Tayyip Özcan\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği, KAYSERİ

(Alınış / Received: 25.04.2020, Kabul / Accepted: 04.08.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Anahtar Kelimeler

Göğüs Kanseri,  
Derin Öğrenme  
Yığılanmış Özdevinimli  
Kodlayıcılar,  
Veri Ön İşleme,  
Makine Öğrenme Metotları

**Öz:** Göğüs kanseri, her yıl çokça ölüme sebebiyet veren en tehlikeli kanser türleri arasında yer almaktadır. Erken tanı durumları kanser tedavilerinde yapıcı rol oynamaktadır. Bu nedenle araştırmacılar, hastalara ve sağlıklı insanlara ait veriler üzerinde sınıflandırma ve kümeleme yöntemlerini kullanarak deneysel araştırmalar yapmaktadır. Gelişen teknoloji ile makine öğrenme destekli teşhis çalışmalarının yanı sıra derin öğrenme yöntemlerinin kullanımında kayda değer bir artış görülmektedir. Bu çalışmada, bir derin öğrenme metodu olan yığılanmış özdevinimli kodlayıcılar (stacked autoencoders, SAE) kullanılarak göğüs kanseri sınıflandırılmasında kullanılmak üzere yeni bir model tasarlanmıştır. Tasarlanan SAE ile performans karşılaştırması gerçekleştirmek üzere en yaygın kullanılan makine öğrenme yöntemlerinden destek vektör makineleri, k-en yakın komşuluk, naive bayes ve karar ağaçları metotları bu çalışmada ayrıca kullanılmıştır. Doğruluk oranı metriğinin yanı sıra, eğitim ve test aşamalarındaki geçen süre (zaman karmaşıklığı) deneysel çalışmalarda hesaplanmıştır. Deneysel çalışmalarda, veri ön işleme adımlarından normalizasyon süreci uygulanarak, sınıflandırma başarımına etkisi incelenmiştir. Deneysel sonuçlara göre doğruluk oranı kriteri baz alındığında %79,31 doğruluk oranı ile en başarılı sonuç veri ön işleme destekli SAE ile elde edilmiştir. Zaman karmaşıklığı metriğine göre KNN algoritması eğitim sürecinde en hızlı algoritma olurken SAE algoritması test sürecinde en hızlı olan algoritma olarak tespit edilmiştir.

## Classification of Breast Cancer using Stacked Autoencoders and Performance Comparison with Classical Machine Learning Methods

### Keywords

Breast Cancer,  
Deep Learning,  
Stacked Autoencoders,  
Data Preprocessing,  
Machine Learning  
Algorithms

**Abstract:** Breast cancer is among the most dangerous cancer types that cause many deaths every year. Early diagnosis states play a constructive role in cancer treatments. Therefore, researchers conduct experimental research on the data that belongs to patients and healthy people using classification and clustering methods. In addition to machine learning assisted diagnostic studies with the developing technology, there is a significant increase in the use of deep learning methods. In this study, a new model is designed to be used in the classification of breast cancer using stacked autoencoders (SAE) which is a deep learning method. Support vector machines, k-nearest neighborhood, naive bayes, and decision trees methods, which are the most commonly used machine learning methods to compare performance with the designed SAE, were also used in this study. In addition to the accuracy rate metric, the elapsed time (time complexity) during the training and testing stages was calculated in experimental studies. In the experimental studies, the effect of the classification performance was examined by applying the normalization process from the data pre-processing steps. According to the experimental results, the most successful result with 79.31% accuracy rate was obtained by data pre-processing aided SAE. According to the time complexity metric, KNN algorithm is the fastest algorithm in the training process, while the SAE algorithm is the fastest in the test process.

\*İlgili Yazar, email: tozcan@erciyes.edu.tr

## 1. Giriş

Kadınlarda en sık görülen kanser tipi olan göğüs kanseri, göğüs dokusundaki süt kanalını meydana getiren ve süt yapıcı hücrelerin kontrolsüz olarak çoğalmasıyla ortaya çıkmaktadır [1]. Göğüs kanserindeki en önemli hususlardan birisi, kanserin kan ve lenf yoluyla diğer organlara yayılmadan teşhisi ve tedavisidir. Dolayısıyla göğüs kanserinde erken teşhis oldukça önemlidir. Bu amaç doğrultusunda araştırmacılar göğüs kanseri üzerine yoğun çalışmalar yapmaktadır.

Bu çalışmada sınıflandırma amacıyla kullanılacak olan Breast Cancer Coimbra (BCC) [2] veri seti üzerine literatürde çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiş bulunmaktadır. Gültepe ve Kartbaev, BCC veri setini kullanarak göğüs kanseri için veri madenciliği çalışmaları gerçekleştirmişlerdir [3]. Yaptıkları çalışmada J48, çok katmanlı algılayıcılar (multilayer perceptron, MLP), k-en yakın komşuluk (K-nearest neighbor, KNN) ve destek vektör makineleri (support vector machines, SVM) algoritmalarını kullanan ekip J48 algoritması ile en başarılı sonucu elde etmiştir. Çalışmada veri setinin bölünmesi (eğitim ve test olarak) hakkında bilgi verilmemiştir. Bir başka çalışmada, Sharma ve Nair özellik ölçeklendirme, çapraz doğrulama ve torbalama tekniği ile çeşitli topluluk makine öğrenme adımlarını uygulamışlardır [4]. BCC veri setini, %90 eğitim %10 test olacak şekilde bölen ekip, karar ağaçları (decision trees, DT) ve KNN ile en başarılı sonucu elde etmiştir. Arunadevi ve Ganeshamoorthi göğüs kanseri sınıflandırmak için kullanılan öznelikler arasında özellik seçimi için bir çalışma gerçekleştirmiştir [5]. KNN, SVM ve yapay sinir ağları (artificial neural networks, ANN) algoritmalarının sınıflandırma, rastgele orman (random forest, RF) ve genelleştirilmiş doğrusal model (generalized linear model, GLM) tekniklerinin özellik seçici olarak kullanıldığı çalışmada farklı performans metriklerine göre değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. GLM tekniğinin özellik seçici, SVM algoritmasının sınıflandırıcı olarak seçtiği durumda en başarılı sonuçların elde edildiği gözlemlenmiştir. BCC veri seti kullanılarak gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, Saritas ve Yasar, ANN ve naive bayes (NB) algoritmaları ile sınıflandırma gerçekleştirmiş ve performans analizleri yapmıştır [6]. Çalışmada, ANN için veri seti, eğitim (75 örnek), doğrulama (12 örnek) ve test (29 örnek) olarak ayrılırken NB için veri seti, eğitim (93 örnek) ve test (23 örnek) olarak ayrılmıştır. Deneysel çalışmalarda her iki yöntem için başarılı sonuçlar elde edilmiştir. KNN, SVM, DT, RF algoritmalarının yer aldığı 8 farklı yöntemin sınıflandırıcı olarak kullanıldığı çalışmada Salod ve Singh [7], göğüs kanseri tespitinde makine öğrenme algoritmalarının performanslarını karşılaştırmışlardır. Özellik seçimi adımının da uygulandığı çalışmada veri seti, %60 eğitim, %30 doğrulama ve %10 test seti olacak şekilde bölünmüştür. Deneysel çalışmalar farklı performans metriklerine göre değerlendirilmiştir.

Makine öğrenme algoritmalarının yanı sıra gelişen teknoloji ile derin öğrenme yöntemleri farklı problemler [8-16] için literatürde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Bir derin öğrenme yöntemi olan yığınlanmış özdevinimli kodlayıcılar (stacked autoencoders, SAE), birden fazla gizli katman içeren ve birbiri ardınca çalışan özdevinimli kodlayıcılar (autoencoders, AE) ile oluşmaktadır. Giriş, gizli ve çıkış katmanından meydana gelen SAE, geri yayılım algoritmasını eğitimde kullanan ve giriş verisini çıkış etiketi olarak atayan bir yöntemdir [10]. Özellik çıkarma, gürültü giderme ve sınıflandırma gibi farklı amaçlarla kullanılabilir.

Sınıflandırma yöntemlerinin performanslarını iyileştirmede, modelde kullanılan verinin ön işlemden geçirilmesi çoğunlukla pozitif yönde katkı sağlamaktadır. Girdi olarak kullanılan parametrelerin değerleri arasında büyük fark olması durumunda, girdi değerlerini düzenleyecek ve belirli bir aralığa göre güncelleyecek normalizasyon ön adımına ihtiyaç duyulmaktadır. Min-max, z-score, medyan ve sigmoid en sık kullanılan normalizasyon teknikleri arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada, veri ön işleme adımı ile SAE ve softmax sınıflandırıcısının sınıflandırma eğitimi aşamasında kullanıldığı bir model tasarlanmıştır. Önerilen modelin performans analizini gerçekleştirebilmek için SVM, KNN, NB ve DT makine öğrenme algoritmaları ayrıca kullanılmıştır. Bütün deneysel çalışmalar BCC veri seti ile gerçekleştirilmiştir. Doğruluk oranı performans metriğinin yanında modellerin eğitimi ve test sürecinde geçen süreye göre zaman karmaşıklığı analizi yapılmıştır. Deneysel sonuçlara göre veri ön işleme adımında girdi değerlerini 0 ile 1 arasına normalize eden min-max normalizasyon tekniğinin kullanıldığı önerilen yöntemle en başarılı sonuç elde edilmiştir.

Bu çalışmanın temel çıktıları şu şekilde sıralanabilir:

- Veri ön işleme ve softmax sınıflandırıcılı SAE kullanılarak bir sınıflandırma modeli tasarlanmıştır.
- Tasarlanan model ile (normalizasyon destekli) %79,31 doğruluk oranı elde edilerek karşılaştırma yapılan diğer algoritmalar geride bırakılmış ve en başarılı sonuç elde edilmiştir.
- Zaman karmaşıklığına göre, eğitim süresi en kısa olan algoritma KNN iken, test süresi en kısa olan yöntem önerilen metottur.

- Normalizasyon veri ön işleme adımı ile kullanılan algoritmalarından SVM, KNN ve önerilen modelin başarı oranları artırılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan materyal ve metotlar Bölüm 2 ile detaylı olarak sunulmuştur. Bölüm 3 ile deneysel sonuçlardan bahsedilmiş olup çalışmanın değerlendirilmesi Bölüm 4' te yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada BCC veri seti kullanılarak göğüs kanseri sınıflandırmak için bir SAE tabanlı yöntem tasarlanmıştır. Kullanılan yöntemin performans analizi yapılabilmesi için en yaygın kullanılan makine öğrenme algoritmalarından SVM, KNN, NB ve DT diğer sınıflandırma metotları olarak kullanılmıştır. Sınıflandırma problemlerinde başarıyı artırabilecek veri ön işleme adımları çalışmada yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Değerleri 0 ile 1 arasında düzenleyen normalizasyon tekniği bu çalışmada veri ön işleme adımı olarak kullanılmıştır.

### 2.1. Breast Cancer Coimbra veri seti

Rutin kan analizinde elde edilebilen, "Age", "BMI (kg/m<sup>2</sup>)", "Glucose (mg/dL)", "Insulin (µU/mL)", "HOMA", "Leptin (ng/mL)", "Adiponectin (µg/mL)", "Resistin (ng/mL)" ve "MCP-1(pg/dL)" nicel öznelikleri içeren veri seti, sağlıklı (1=Healthy controls) ve hasta (2=Patients) olarak iki etiketten oluşmaktadır. Toplamda 116 örnek içeren veri setinde 64 örnek hastalara aitken geriye kalan 52 örnek sağlıklı bireylere aittir. Deneysel çalışmada kullanılmak üzere veri seti %75 eğitim %25 test olacak şekilde rastgele bölünmüştür. Her bir aşamada kullanılacak olan örnek sayısı Tablo 1 ile gösterildiği gibidir.

**Tablo 1.** Örnek sayısı dağılımı.

	Eğitim	Test	Toplam
Sağlıklı	39	13	52
Hasta	48	16	64
Toplam	87	29	116

### 2.2. Veri ön işleme

Verilerin daha kaliteli hale getirilmesi için bazı ön işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Verinin yok sayılması, eksik olanların doldurulması gibi adımlar **veri temizleme** ön işlemiyle gerçekleştirilirken, farklı kaynaklardan verilerin bir araya getirilmesi ve kullanıcıya dönüştürülmüş verinin aktarımı **veri entegrasyonu** ön işlemiyle gerçekleştirilmektedir. Girdi parametrelerinin değerleri arasında çok fark olması halinde giriş değerlerini indirgemek için **normalizasyon** ön işlemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada değerlerin 0 ile 1 arasına yayıldığı, Denklem 1. ile hesaplanan min-max normalizasyon yöntemi, ön işlem olarak kullanılmıştır.

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

### 2.3. Makine öğrenme algoritmaları

**Destek vektör makineleri (support vector machines, SVM)**, Vapnik ve arkadaşları tarafından önerilmiştir [17]. Regresyon ve sınıflandırma problemlerinde kullanılabilen bu yöntem, bu çalışmada sınıflandırma işlemi için kullanılmıştır. Yapısal risk minimizasyonu ve istatistiksel öğrenme teorisine dayanan bu yöntem uygulaması kolay esnek bir algoritmadır. Bir düzlemde bulunan iki grup arasına bir sınır çizgisi çekilerek iki grup ayrılabilir. Fakat bu sınır çizgisinin bulunacağı konum iki grubun üyelerine en uzak olan konumda olmalıdır. SVM algoritması bu sınırın nasıl çizileceği konusunda devreye girer. Overfitting (ezberleme) sorunun bulunmaması ve yüksek doğruluk oranları gibi avantajlarının yanı sıra olasılıksal tahminler yürütememe ve çekirdek fonksiyonlarının pozitif tanımlı sürekli fonksiyonlar olma zorunluluğu dezavantajları arasında sayılabilmektedir [18]. Bu çalışmada, SVM yöntemi için doğrusal çekirdek fonksiyonunu (linear kernel function) kullanılmıştır.

**K-en yakın komşuluk (K-nearest neighbor, KNN)** algoritması, en basit sınıflandırma algoritmaları arasında yer almaktadır. Algoritmada öncelikle bir **K** değeri belirlenir. Bu değer, verilen bir noktaya en yakın komşuların sayısıdır. Uzaklık fonksiyonları yardımı ile verilen noktanın (yeni veri), mevcut verilere göre tek tek uzaklığı hesaplanır. Özellik değerlerine göre sınıf ataması (etiketleme) gerçekleşir. Hızlı ve basit bir algoritma olması avantajlarının yanında büyük veriler için kullanıldığında büyük bellek gereksinimine ihtiyaç duyma dezavantajı

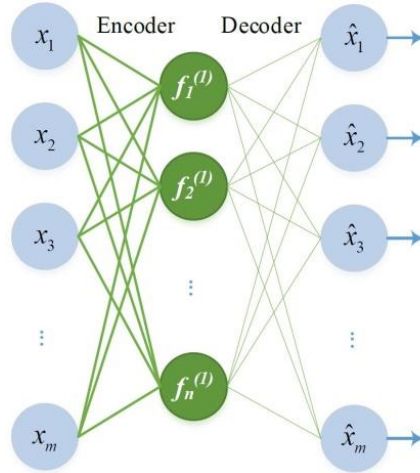
bulunmaktadır [19]. Bu çalışmada, komşuluk sayısı değeri (**K**) 10 olarak belirlenmiş olup, uzaklık metriği olarak 'euclidean' seçilmiştir.

**Naive bayes (NB)** algoritması, 1812 yılında Thomas Bayes tarafından önerilmiştir. NB' nin temeli Bayes teoremine dayanmaktadır. Algoritmada bir örnek için her durumun olasılığı hesaplanır ve olasılık değeri en yüksek olana göre sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir. Az sayıda eğitim verisiyle yüksek başarılı sonuçların elde edilebileceği bu yöntemle dengesiz veri kümeleri üzerinde de çalışılabilmektedir [20].

**Karar ağaçları (decision trees, DT)**, karmaşık bir işlemin, alt parçalara ayrılıp basit kararlar kümesine dönüştürülmesi esasına dayanmaktadır. Etiketli giriş verileri ile bir veya daha fazla ağaçtan oluşan bir model oluşturulur. Test amacıyla yeni bir veri modele gönderildiğinde, daha önceki eğitimden öğrendiklerine göre yeni verinin sınıfını tahmin eder. Anlaşılması, yorumlaması kolay ve düşük hesaplama karmaşıklığına sahip olma, DT' nin avantajlarından bazılarıdır [21].

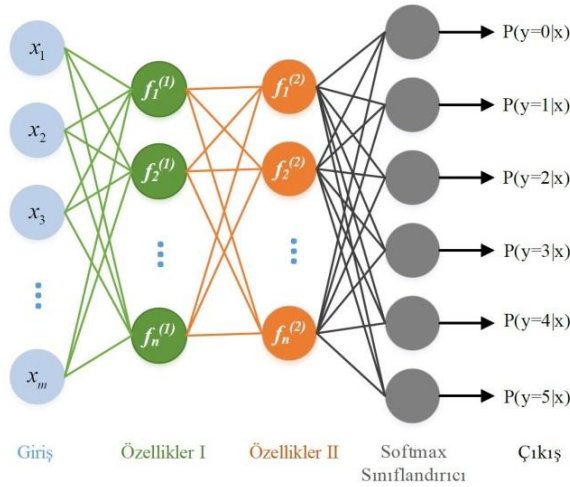
#### 2.4. Yığınlanmış özdevinimli kodlayıcılar

Özdevinimli kodlayıcılar (autoencoders, AE) çıktısında girişin elde edilmeye çalışıldığı bir sinir ağı türüdür. Eğitim sürecinde geri yayılım algoritmasını kullanan bu model, eğitimsiz öğrenme gerçekleştiren ve giriş verisini çıkış etiketi olarak tanımlayan bir derin öğrenme metodudur [10]. Örnek bir AE mimarisi Şekil 1 ile sunulmuştur. Giriş, gizli ve çıkış katmanlarından oluşan AE yapısında kodlayıcı (encoder) ve kod çözücü (decoder) birimler bulunmaktadır.



Şekil 1. Temel bir AE mimarisi [10].

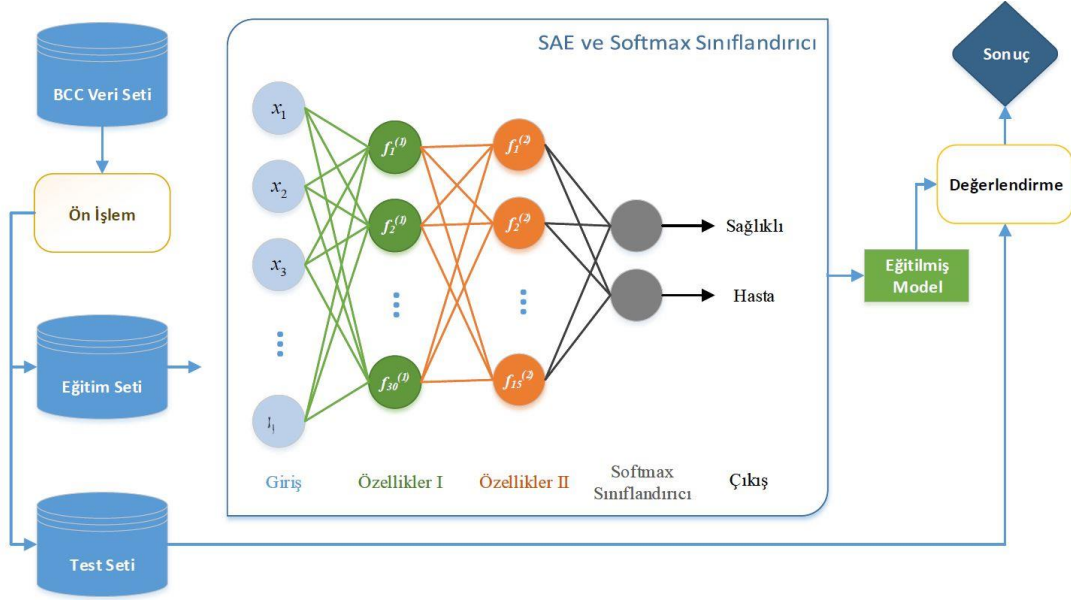
Birden fazla gizli katmanı olan AE mimarisi, yığınlanmış özdevinimli kodlayıcı olarak (stacked autoencoders, SAE) tanımlanmaktadır [22]. Örnek bir SAE mimarisi Şekil 2 ile gösterildiği gibidir.



Şekil 2. Temel bir SAE mimarisi [10].

## 2.5. Tasarlanan SAE tabanlı sınıflandırıcı

BCC veri setinin sınıflandırılması için SAE tabanlı bir sınıflandırma modeli önerilmiştir. Şekil 3 ile gösterilen modelde, veri setine öncelikle ön işleme adımı uygulanabilmekte daha sonra veri seti eğitim ve test verisi olarak ikiye bölünmektedir. Tablo 2 ile ifade edilen iki AE' den oluşan SAE modeli (AE1 + AE2) ile eğitim seti kullanılarak eğitim işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra SAE ve softmax sınıflandırıcıdan oluşan modelin eğitimi ile eğitilmiş model elde edilir. Eğitilmiş model, test seti ile değerlendirme aşamasına girdikten sonra Denklem 2 ile tanımlanan doğruluk oranı metriğine göre sonuç elde edilir.



Şekil 3. Önerilen sınıflandırma modeli.

Tablo 2. Oluşturulan SAE metoduna ait parametreler ve değerleri.

	Parametreler					
	Nöron Sayısı	L2 Düzenleme Katsayısı	Seyreklik Oranı	Encoder Transfer Fonksiyonu	Decoder Transfer Fonksiyonu	Maksimum Epok
AE1	30	0,001	0,05	"logsig"	"purelin"	500
AE2	15	0,001	0,05	"logsig"	"purelin"	500

$$\text{Doğruluk oranı} = \frac{\text{Doğru tahmin sayısı}}{\text{Test seti toplam örnek sayısı}} \quad (2)$$

Bir yöntemin hesaplama karmaşıklığı, metodun çalışması için gerekli süreyi ya da bellek alanını ifade etmek üzere kullanılan kavramdır. Çalışmada kullanılan tüm yöntemlere ait hesaplama karmaşıklığı Tablo 3 ile sunulmuştur. Burada N örnek sayısına, M öznitelik sayısına, k komşuluk sayısına, H ağaç yüksekliğine, h gizli nöron sayısına ve K, AE' lerin gizli nöronlar sayısı toplamına karşılık gelmektedir [15].

Tablo 3. Yöntemlere ait hesaplama karmaşıklıkları.

Yöntem	Hesaplama Karmaşıklığı
SVM	$O(N^2)$
KNN	$O(M \log(k) N \log(N))$
NB	$O(NM)$
DT	$O(H)$
Önerilen	$O(NK + MhN)$



### 3. Bulgular

Bu çalışmada BCC veri seti üzerinde SVM, KNN, NB ve DT makine öğrenme algoritmalarının yanı sıra SAE tabanlı derin bir sınıflandırıcı model ile göğüs kanseri tespiti yapılmıştır. Verilerin daha düzenli, daha anlamlı hale getirilebilmesi için ön adımlardan geçirilmesi sonucunda problemin çözümünde genellikle daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Min-max normalizasyon ön işlemi ile deneysel çalışmalarda kullanılan sınıflandırıcıların çoğunluğunda başarı oranı artmıştır. Kullanılan sınıflandırma algoritmalarına ait doğruluk oranları, eğitim ve test sürecinde geçen zaman (zaman karmaşıklığı) Tablo 4 ile sunulmuştur. Doğruluk oranı ve zaman karmaşıklığı kriterlerinin yanı sıra, duyarlılık ve kesinlik metrikleri de performans değerlendirmesinde kullanılmıştır. Denklem 3 ile ifade edilen duyarlılık (recall, sensitivity) değeri pozitif olarak tahmin edilmesi gereken durumların hangi oranda pozitif olarak tahmin edildiğini ifade etmektedir. Burada TP, hasta olarak tahmin edilen ve gerçekte hasta olan kişi sayısını ifade ederken FN değeri, gerçekte hasta olan ama hasta değil olarak tahmin edilen kişi sayısını ifade etmektedir. Denklem 4 ile ifade edilen kesinlik (precision) değeri pozitif olarak tahmin edilen durumların gerçekte ne kadarının pozitif olduğunu ifade etmektedir. Burada FP, hasta olmayanların hasta olarak tahmin edildiği durum sayısını vermektedir.

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

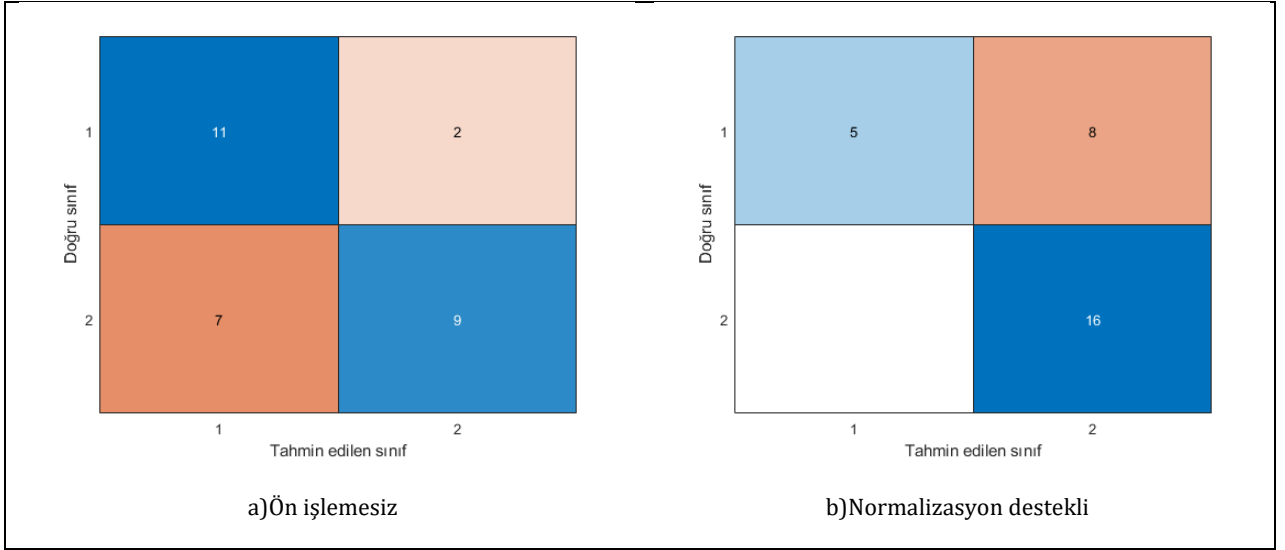
$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (4)$$

Tablo 4 incelendiğinde herhangi bir ön işlem yokken, SVM ve NB algoritmaları makine öğrenme tabanlı algoritmalar içerisinde %68,97 doğruluk oranıyla en başarılı sonuçları verse de ön işlemsiz önerilen modelle %75,86 doğruluk oranı elde edilmiştir. Ön işlem olarak normalizasyon adımı uygulandığında SVM, KNN ve önerilen modelin başarı oranları artarken NB ve DT algoritmalarının başarı oranları düşmüştür. Doğruluk oranı metriğine göre bütün tablo incelendiğinde normalizasyon ön işleminin uygulandığı önerilen yöntemle %79,31 doğruluk oranı ile en başarılı sonuç elde edilmiştir. Bir diğer performans metriği olan zaman karmaşıklığına göre normalizasyon destekli KNN algoritması en kısa eğitim süresine sahipken, normalizasyon destekli önerilen model en kısa test süresine sahiptir. Duyarlılık metriği göz önüne alındığında normalizasyon destekli SVM, KNN ve önerilen model %100,00 değerine ulaşırken, kesinlik metriğine göre ön işlemsiz NB yöntemi ile %88,89 değeri elde edilmiştir.

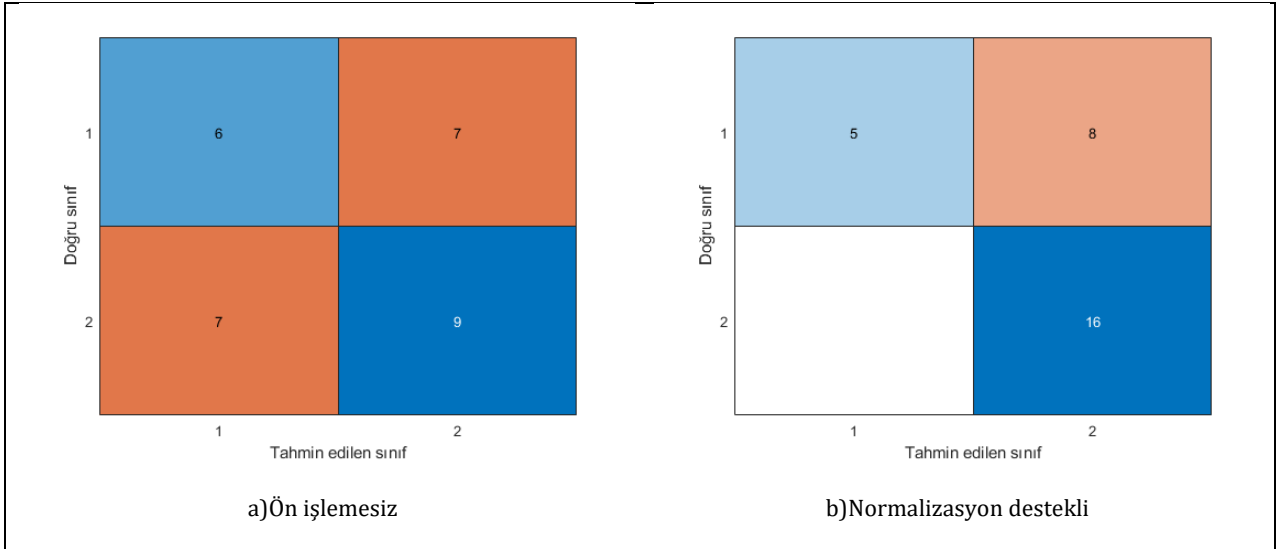
**Tablo 4.** Performans değerlendirme tablosu.

Ön İşleme	Yöntem	Doğruluk Oranı (%)	Duyarlılık (%)	Kesinlik (%)	Eğitim Süresi	Test Süresi
Yok	SVM	68,97	56,25	81,82	1,6315	0,0446
	KNN	51,72	56,25	56,25	0,2608	0,0309
	NB	68,97	50,00	<b>88,89</b>	1,8347	0,5359
	DT	62,07	81,25	61,90	1,8705	0,0392
	Önerilen model	75,86	75,00	80,00	1,7143	0,0105
Normalizasyon	SVM	72,41	<b>100,00</b>	66,67	0,5528	0,0511
	KNN	72,41	<b>100,00</b>	66,67	<b>0,1626</b>	0,0198
	NB	65,52	68,75	68,75	0,3085	0,0301
	DT	51,72	75,00	54,55	0,2599	0,0164
	Önerilen model	<b>79,31</b>	<b>100,00</b>	72,73	1,4843	<b>0,0086</b>

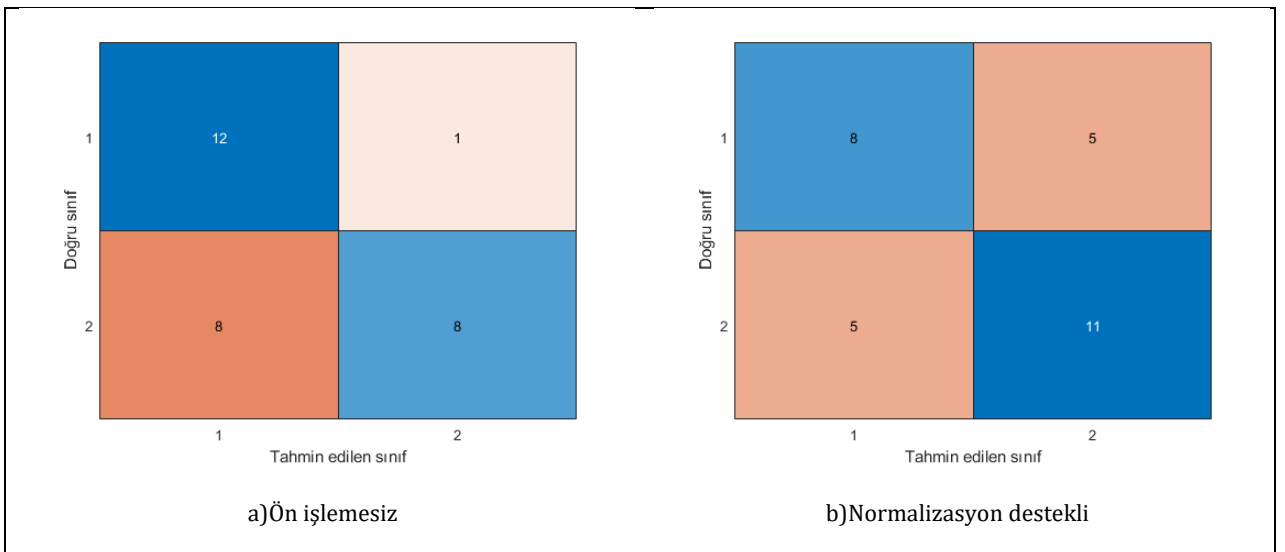
Sınıflandırma problemlerinde performans gösteriminin bir diğer versiyonu test seti üzerinde doğru ve tahmin edilen sınıflarla oluşturulan karmaşıklık matrisleridir. BCC veri seti üzerinde SVM, KNN, NB ve DT klasik makine öğrenmelerine ait karmaşıklık matrisleri Şekil 4 – 7 ile sırasıyla verilmiştir.



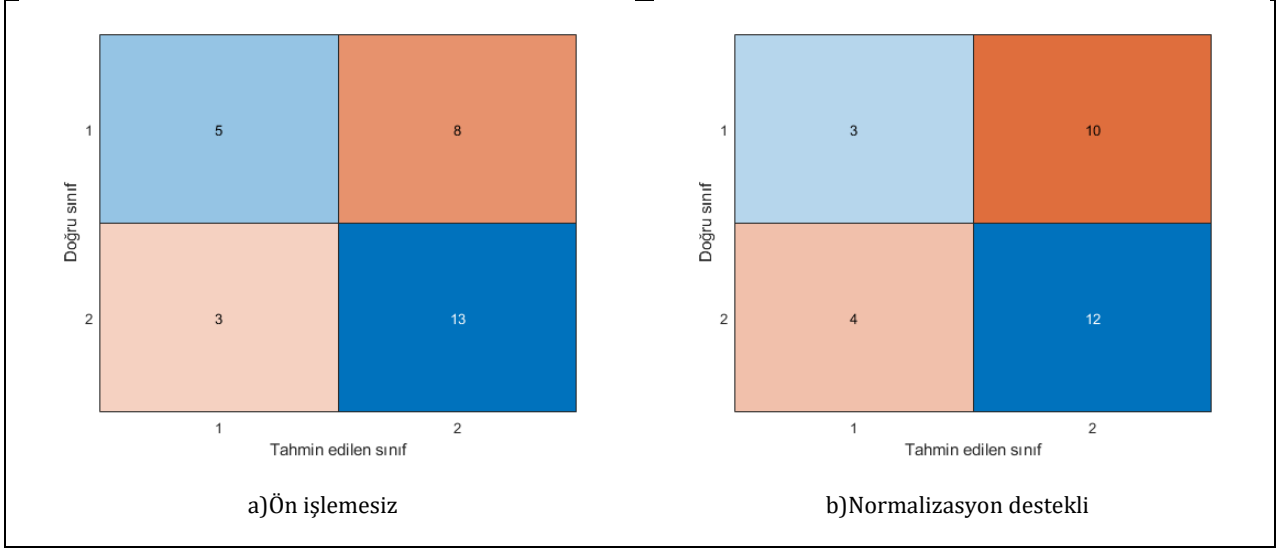
Şekil 4. SVM için veri ön işlemez ve normalizasyon destekli koşullara ait karmaşıklık matrisleri.



Şekil 5. KNN için veri ön işlemez ve normalizasyon destekli koşullara ait karmaşıklık matrisleri.

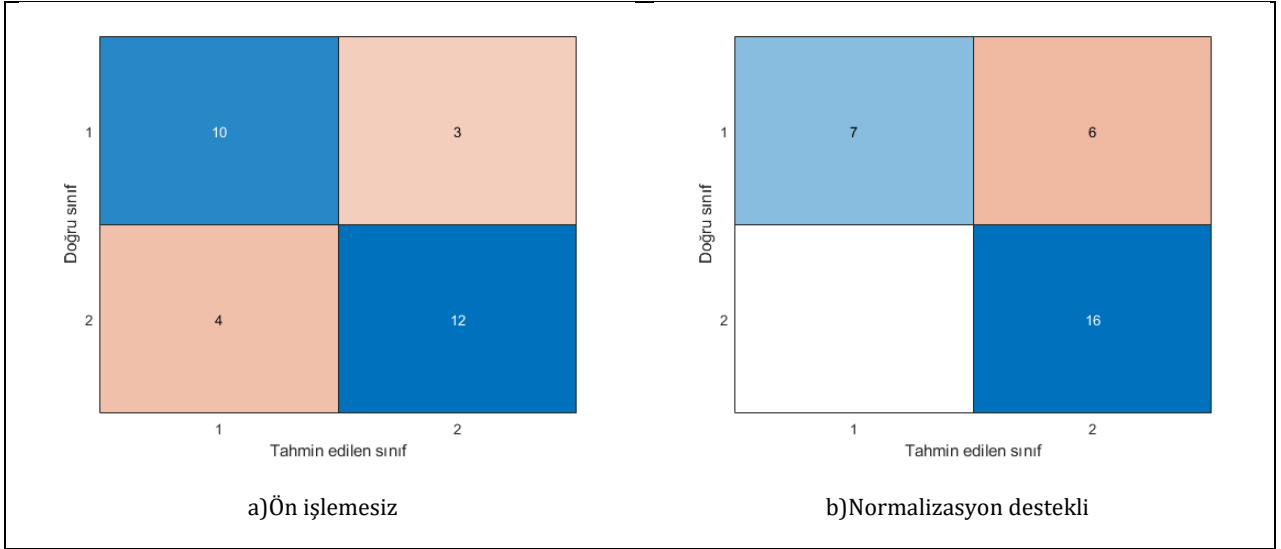


Şekil 6. NB için veri ön işlemez ve normalizasyon destekli koşullara ait karmaşıklık matrisleri.



Şekil 7. DT için veri ön işlemez ve normalizasyon destekli koşullara ait karmaşıklık matrisleri.

Derin öğrenme tabanlı önerilen modelle elde edilen sonuçlara ait karmaşıklık matrisleri Şekil 8 ile sunulmuştur.



Şekil 8. Tasarlanan model için veri ön işlemez ve normalizasyon destekli koşullara ait karmaşıklık matrisleri.

Literatürde yer alan diğer çalışmalar ile önerilen yöntem için deneysel kurulum ve sonuçlara ait bilgiler Tablo 5 ile özetlenmiştir. Bu veri seti için çeşitli sınıflandırma yöntemlerinin çeşitli veri seti ayrımı (eğitim, doğrulama, test) teknikleri ile analiz edildiği görülmektedir.

Tablo 5. BCC veri seti üzerine literatürde yer alan çalışmalara ait özet bilgiler.

Çalışma	Metot	Eğitim-Test Ayrımı	Doğruluk (%)
Gültepe ve Kartbaev [3]	J48	Bilinmiyor	76,92
Sharma ve Nair [4]	DT, KNN	%90 Eğitim - %10 Test	100,00
Arunadevi ve Ganeshamoorthi [5]	GLM, SVM	Bilinmiyor	91,30
Saritas ve Yasar [6]	ANN	75 Eğitim - 12 Doğrulama - 29 Test	86,95
Saritas ve Yasar [6]	NB	93 Eğitim Verisi - 23 Test Verisi	83,54
Tasarlanan Yöntem	SAE	%75 Eğitim - %25 Test	79,31

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Göğüs kanseri, kadınlarda en sık görülen kanser türüdür. Hastalığın erken teşhisi, tedavisi için oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada, bir derin öğrenme metodu olan SAE tabanlı sınıflandırıcı ile kan değerlerinden oluşan BCC veri seti başarılı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Metodun başarısını diğer yöntemlerle karşılaştırmak için en yaygın kullanılan makine öğrenme algoritmalarından SVM, KNN, NB ve DT algoritmaları BCC veri setini sınıflandırmada kullanılmıştır. Metotların performansını artırmak için veri ön işleme adımı literatürde sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Bu çalışmada sınıflandırma metotlarının performansına etkisini gözlemlemek için min-max normalizasyon ön işleme tekniği tüm sınıflandırıcılar için kullanılmıştır. Bu ön işlemin SAE, SVM ve KNN metotlarının doğruluk oranını artırdığı gözlemlenmiştir. Deneysel sonuçlar incelendiğinde tasarlanan SAE tabanlı sınıflandırıcı modelin %79,31 doğruluk oranı ile en başarılı yöntem olduğu görülmüştür. Bu çalışmada ayrıca, yöntemlerin zamansal karmaşıklıkları incelenmiş olup, KNN algoritmasının eğitim aşamasında, tasarlanan yöntemin test aşamasında diğer yöntemlere göre daha hızlı çalıştığı saptanmıştır.

Gelecek çalışmalarda, farklı veri ön işleme adımları kullanılarak yöntemlerin performansına etkisi analiz edilebilir. Ayrıca önerilen yöntem, farklı makine öğrenme algoritmaları ile karşılaştırılabilir veya yöntemlerin performansını ölçmek için farklı veri seti kullanılabilir. Son olarak, önerilen yöntemde SAE yerine farklı bir derin öğrenme metodu kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilebilir.

#### Kaynakça

- [1] Bicer , M. B., Aydın, E. A., Akdagli, A. 2014. Meme kanseri görüntülemesinde mikrodalganın yeri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 30(4), 257-263.
- [2] Patrício, M., Pereira, J., Crisóstomo, J., Matafome, P., Gomes, M., Seiça, R., Caramelo, F. 2018. Using Resistin, glucose, age and BMI to predict the presence of breast cancer. BMC Cancer, 18(1).
- [3] Gültepe, Y., Kartbaev, T. 2019. A Study of Data Mining Methods for Breast Cancer Prediction. Proceedings Book, 303.
- [4] Sharma, R. K., Nair, A. R. 2019. Efficient Breast Cancer Prediction Using Ensemble Machine Learning Models. 4th International Conference on Recent Trends on Electronics, Information, Communication & Technology (RTEICT), 100-104.
- [5] Arunadevi, J., Ganeshamoorthi, K. 2019. Feature Selection Facilitated Classification For Breast Cancer Prediction. International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), 560-563.
- [6] Saritas, M. M., Yasar, A. 2019. Performance Analysis of ANN and Naive Bayes Classification Algorithm for Data Classification. International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, 7(2), 88-91.
- [7] Salod, Z., Singh, Y. 2019. Comparison of the performance of machine learning algorithms in breast cancer screening and detection: A protocol. Journal of Public Health Research, 8(3), 112-118.
- [8] Ozcan, T., Basturk, A. 2020. Transfer learning-based convolutional neural networks with heuristic optimization for hand gesture recognition. Neural Computing and Applications, 31(12), 8955-8970.
- [9] Ozcan, T., Basturk, A. 2019. Lip reading using convolutional neural networks with and without pre-trained models. Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering, 7(2), 195-201.
- [10] Ozcan, T., Basturk, A. 2020. Human action recognition with deep learning and structural optimization using a hybrid heuristic algorithm. Cluster Computing, 1-14.
- [11] Ozcan, T., Basturk, A. 2020. Performance Improvement of Pretrained Convolutional Neural Networks for Action Recognition. The Computer Journal, 1-13.
- [12] Özcan, T., Baştürk, A. 2019. Static image-based emotion recognition using convolutional neural network. 27th Signal Processing and Communications Applications Conference, 24-26 Nisan, Sivas, 1-4.
- [13] Kilic, E., Ozturk, S. 2019. A subclass supported convolutional neural network for object detection and localization in remote-sensing images. International journal of remote sensing, 40(11), 4193-4212.
- [14] Gul, E., Ozturk, S. 2019. A novel hash function based fragile watermarking method for image integrity. Multimedia Tools and Applications, 78(13), 17701-17718.
- [15] Adem, K., Kiliçarslan, S., Cömert, O. 2019. Classification and diagnosis of cervical cancer with stacked autoencoder and softmax classification. Expert Systems with Applications, 115, 557-564.

- [16] Kilicarlan, S., Adem, K., Celik, M. 2020. Diagnosis and classification of cancer using hybrid model based on ReliefF and convolutional neural network. *Medical Hypotheses*, 137, 109577.
- [17] Boser, B. E., Guyon, I. M., Vapnik, V. N. 1992. A training algorithm for optimal margin classifiers. *Proceedings of the fifth annual workshop on Computational learning theory*; Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- [18] Tas, O. 2016. Destek Vektör Makineleri. <https://www.slideshare.net/oguzhantas/destek-vekt-tr-makineleri-support-vector-machine> (Erişim Tarihi: 13.04.2020).
- [19] Ulgen, E. K. 2017. K-En Yakın Komşuluk. <https://medium.com/@k.ulgen90/makine-ogrenimi-bolum-2-6d6d120a18e1> (Erişim Tarihi: 15.04.2020).
- [20] Hatipoglu, E. 2018. Naive Bayes. <https://medium.com/@ekrem.hatipoglu/machine-learning-classification-naive-bayes-part-11-4a10cd3452b4> (Erişim Tarihi: 16.04.2020).
- [21] Turgut, S. 2017. Makine öğrenmesi yöntemleri kullanarak kanser teşhisi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55s, İstanbul.
- [22] Ozcan, T. 2020. Derin öğrenme ile insan edimlerinin tanınması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 204s, Kayseri.

## Altın Üçgen ve Düzgün Beşgen Üzerinde Oluşan Altın Üçgenlerin Bir Dinamik Geometri Yazılımı ile Araştırılması

Recep Aslaner\*<sup>1</sup>, Sevgi Bakan\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup>İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, MALATYA

\*<sup>2</sup> Milli Eğitim Bakanlığı Arapgir Milli Eğitim Müdürlüğü, MALATYA

(Alınış / Received: 06.05.2018, Kabul / Accepted: 26.04.2020, Online Yayınlanma/ Published Online: 17.08.2020)

### Anahtar Kelimeler

Altın oran,  
altın üçgen,  
dinamik geometri  
yazılımı,  
düzgün beşgen.

**Öz:** Geometrik açıklamalar problem çözme becerilerini geliştirir. Uzamsal usa vurma, problem çözmenin önemli bir şeklidir ve problem çözme matematik çalışmanın en temel sebeplerindedir. Bu çalışmada kenar uzunlukları arasında altın oranın geçerli olduğu bir ikizkenar üçgen (ki bu üçgene altın üçgen adı verilir) ele alınarak genel özellikleri incelenmiştir. Bir Dinamik Geometri Yazılımı (DGY) olan Geogebra programı ile taban uzunluğu verilen bir altın üçgenin nasıl çizildiği gösterilmiştir. Bir düzgün beşgen olarak köşegenleri çizilip kesişim noktaları ile oluşan üçgenlerden hangilerinin birer altın üçgen olduğu ve bunların sayısı araştırılmıştır. Bu araştırma sonucu beşgenin her bir köşe noktasına bağlı yedi farklı altın üçgen olduğu keşfedilmiş ve bir düzgün beşgen üzerinde toplam 35 tane altın üçgen oluştuğu gösterilmiştir.

## The Golden Triangle and Searching the Golden Triangles on a Regular Pentagon with a Dynamic Geometry Software

### Keywords

Golden ratio,  
golden triangle,  
dynamic geometry  
software,  
regular pentagon

**Abstract:** Geometric descriptions improve problem solving skills. Spatial reasoning is an important form of problem solving, and problem solving is the most basic reason of mathematical work in this study, an isosceles triangle (which is called the golden triangle) in which the ratio is valid between of sides and the edges applies the general properties. In this study we shown how to draw a golden triangle given a base length by the Geogebra program, which is a Dynamic Geometry Software (DDY). Taking a regular pentagon, the diagonals are drawn and the number of the triangles formed by the intersection points is one of the golden triangles and their number is investigated. This research has revealed that the pentagon is composed of seven different golden triangles connected to each corner point, and there are total 35 golden triangles on a regular pentagon.

\*İlgili Yazar, email: recep.aslaner@inonu.edu.tr

### 1. Giriş

Matematik biliminin oluşmasıyla ilgili iki temel yaklaşım vardır. Bunlardan birincisi, matematiği insanın kendisinin icat ettiği, ikincisi ise matematiğin evrende var olduğu, insanın onu zaman içinde fark ettiğidir. İkinci görüşü destekleyen doğal kanıtlar oldukça fazladır. Altın oran kavramı bu örneklerden biridir. İnsan yaşamında önemli bir yeri olan ve insanın birçok bilişsel becerisinin gelişmesinde rol oynayan matematik, teknolojik gelişmelerin kendine sunduğu ortam ve öğretimleri hiç kuşkusuz kendini oluşturan parçalara da yansıtmasını bilmiştir. Bu parçaların en önemlilerinden biri de geometridir [1]. Matematiğin önemli yapıtaşlarından olması, doğadaki varlıkların bir geometrik şekle sahip olması, matematiğin yansıra fen bilimleri, mühendislik gibi birçok bilim dalında kullanılması, matematiksel model oluşturmada ve problem çözmeye kullanılması geometriyi daha

da önemli kılmaktadır [2]. Doğa, içinde bir geometri olduğu için mi güzeldir, yoksa geometri, doğanın her tarafında yer aldığı için mi güzeldir? [3] sorusu güzelliğin ne olduğu ile açıklanabilir. Matematik güzelliği, en yüksek sanatın gösterebileceği kesin kusursuzluğa uzanan yüce bir güzelliştir. Güzellik ilkin insan beyniyle ilgilidir ve eğitimle geliştirilir. “Güzel gören, güzel düşünür. Güzel düşünen ise hayatından lezzet alır.” Değişene bakıldığında geometrinin insanın maddi hayatını kolaylaştırmakla kalmayıp manevi hayatını da etkilediği söylenebilir. Nelerin beyindeki bu değerlendirmelere etken olduğu konusuna gelince tüm bu düşüncüler matematikte birleşirler. Çünkü oran, orantı, denge, uyum, birliktelik (kompozisyon) ve düzen hep matematiğin biçimsel ve ruhsal araçları veya türevleridir. Bunlardan yararlanılarak yola çıkılan ve erişilen geometrik şekil (matematik) insan beyninde güzellik duygusu yaratır. Güzellik denetimlenmiş geometridir [4].

*Matematik (Geometri) + Yetenek ve eğitime bağlı algı = Güzellik Duygusu*

Güzellikleri sayılarla, hatta sayıların oranları ile ifade edebiliriz. Söz konusu olan oran doğadaki güzellik ölçüsü olan 1,618... altın orandır. Altın oran bir matematiksel kavramdır. Matematiksel bakış açısı ile analiz edilmesi öncelikli bir problem olmuştur. Fakat uyum ve güzellik ölçütü olarak sanat ve estetiğin bir sınıflandırmasını yapmakta önemli bir yer alır. Altın oran, kısıtlayıcı değil, tam tersine çeşitliliği arttıran ve sonra da bu çeşitler arasında yakınlaştırıcı bir birliği arayan önemli bir ölçüttür [3].

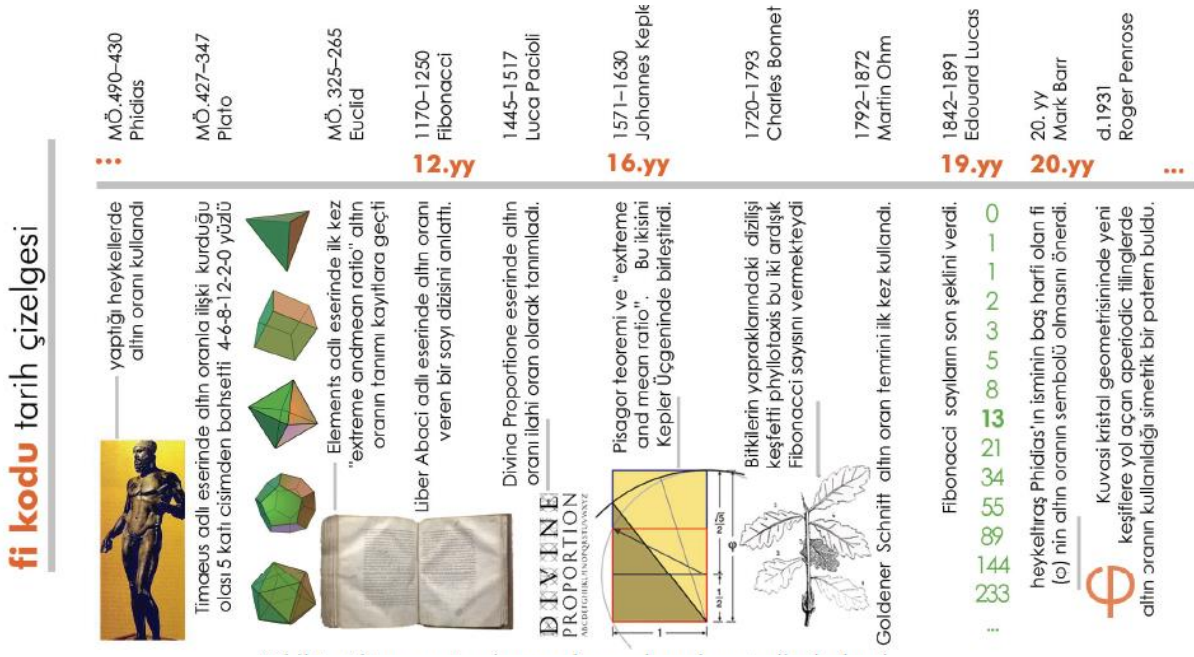
Johannes Kepler (1571-1630) “geometrinin iki büyük hazinesi vardır. Bunlardan birisi Pisagor Bağıntısı, diğeri ise bir çizginin altın oranda bölünmesidir. Birincisini bir ölçek altınla kıyaslayabilir, ikincisine de değerli bir mücevherdir diyebiliriz.” ifadesini söylemiştir [5].

*Güzelliğin ve güvenliğin sırrı olarak Yaraticının vermiş olduğu bir şifre* gözüyle bakılan altın oran bu çalışmanın odak noktasıdır. Altın orana ilişkin bilinen en eski matematik bilgisi ilk kez M.Ö. 3. yüzyılda Euclid’in Stoikhea *Elemanlar* adlı kitabında “extreme and mean ratio (sıra dışı ve ortalama oran)” adıyla kayda geçmiştir. Ancak eski Mısır’da M.Ö. 3. binyılda bilindiği bile öne sürülmüştür. Yunanlılara da Pisagor ve öğrencileri tarafından tanıtıldığı söylenmiştir [5].

İlk olarak 1509’da Luca Pacioli tarafından De Divina Proportione (İlahi Oran), isimli kitapta tanımlanan bu oran, aynı adlı kitap için çizimler hazırlayan Lenardo da Vinci tarafından Sectio Aurea (Altın Oran) olarak adlandırılmıştır. Ayrıca Ortaçağ’ın en önemli İtalyan matematikçilerinden biri olan Leonardo Fibonacci Dizisi veya Sayıları olarak teorideki sayıların ve bunlara bağlı olarak oluşan Altın Oran ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. 1202 yılında tamamladığı Liber Abaci (Hesaplama Kitabı) adlı kitabında onluk sistemde nasıl aritmetik yapılacağını anlatmaktadır. Kitabın üçüncü bölümünde yer alan tavşan problemi Fibonacci sayılarını ifade edip, günümüze kadar yol gösterici olmuştur. Tavşan popülasyonlarının çizelgesinin yapılmasıyla, Fibonacci ardışık sayıların birbirine bölünmesiyle, Altın Oran elde edilir. Dizideki bir sayıyı kendinden önceki sayıya böldüğümüzde yaklaşık olarak 1.618’i elde etmemizi sağlayan 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584 Fibonacci sayılarıdır. Örnek:  $233/144 = 1.618$ ,  $377/233 = 1.618$ ,  $610/377 = 1.618$ , ... gibi [6].

19. yüzyılın başlarında, matematik alanında irrasyonel sayıların irdelenmesiyle ilgi odağı olan Altın Oran özellikle plastik sanatlarda kullanılmıştır. Yunan heykeltıraş Phidias’ın Altın Oran uygulayıcısı olması ve bu oran sistemine yer vermesi, 1.618 sayısının isminin ilk iki harfi olan Yunan alfabesindeki Phi (Fi) harfiyle matematikte anılmasına sebep olmuştur [7].

Aşağıda Şekil 1’de verilen tarih çizelgesinde Altın oran ile ilgili kilometre taşları niteliğindeki çalışmalar gösterilmiştir.



Şekil 1. Altın oran üzerine yapılmış çalışmaların tarih çizelgesi (8)

### 1.1. Altın oranın özellikleri

Gözlemleyebildiğimiz bütün varlık âleminde bu oranın geçerli ve tutarlı olarak göze çarpması, insanları şaşkına çevirecek kadar ciddiye alınmış ve bu alanda birçok çalışma yapılmıştır. Evrenin var oluşundan bu yana tutarlı olarak bütün varlıklarda bu oranın bulunması, dünyaca ünlü matematikçilerin de hayranlıkla incelediği ve kendi çalışmalarında kullandıkları bir konu alanı olmuştur.

Bu oranın yaklaşık değeri,  $\phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1.61803398875 \dots$

Altın oranın çarpma işlemine göre tersi  $1/\phi=0,618'$ dir, yani kendisinin 1 eksiğine eşittir.

Aynı şekilde altın oranın karesi ise,  $\phi^2 = (1.618)^2 = 2.618'e$ , yani kendisinin bir fazlasına eşittir.

## 2. Materyal ve Metot

Şimdi altın oran, altın oranın geometrik yaklaşımı ve altın oran içeren geometrik şekiller kavramları ele alarak bu kavramlarla ilgili ifade edilen önermeleri bir dinamik geometri yazılımı (DGY) olan *Geogebra programını* kullanarak doğrudan *ispat metodu* ile göstereyim.

### 2.1. Geometride altın oran

"*Farklı iki nokta bir doğru parçası belirtir.*" ve bu doğru parçası üzerinde alınan her bir nokta bu doğru parçasını iki parçaya ayırır. Bu parçalar eşit uzunlukta olabileceği gibi biri diğerinden daha uzun da olabilir. Acaba "*üzerinde alınan bir nokta ile iki parçaya ayrılan bir doğru parçasının, uzun parçaya oranı ile uzun parçanın kısa parçaya oranı eşit olsa nasıl bir bölme elde edilir?*" sorusu insanoğlunu yıllarca meşgul etmiştir. Yapılan araştırmalar elde edilen sonucun sabit bir değer olduğunu ve başlangıçta verilen doğru parçasının uzunluğu ile bir alakasının olmadığını göstermiştir.

Bu problemin matematik dilindeki ifadesi aşağıdaki şekildedir:

Bir [AC] doğru parçası ve bu doğru parçası üzerinde bir B noktası alalım. Öyle ki doğru parçasının büyük olan parçaya oranı, büyük parçanın küçük parçaya oranına eşit olsun.

Bu önermeye ait geometrik şekil ve bu şekle ait matematiksel ifadesi,



Bir  $[AC]$  doğru parçası ve bu doğru parçası üzerinde alınan bir  $B$  noktası için  $\frac{|AC|}{|AB|} = \frac{|AB|}{|BC|}$  olsun, şeklindedir.

Eğer burada  $|AB|=1$  ve  $|AC|=x$  olarak alınırsa eşitliğimiz  $\frac{x}{1} = \frac{1}{x-1}$  eşitliğine dönüşür,



Şekil 2. Altın bölme

Bu eşitlikten elde edilen  $x^2 - x - 1 = 0$  denkleminin pozitif kökü olan  $\phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$  değerine matematikte *altın oran* adı verilmiştir [6].

Başta insan vücudu olmak üzere doğada birçok yerde rastlanan bu orana, “*güzelliğin ve güvenliğin sırrı olarak Yaratıcının vermiş olduğu bir şifre*” gözüyle bakılmış, Leonardo da Vinci’den Mimar Sinan’a kadar birçok bilim adamı tarafından eserlerinde kullanılmış ve hala kullanılmaktadır. Altın oran tanımına göre farklı iki sayı ve bu sayıları uzunluk kabul eden iki doğru parçasına sahip olan geometrik şekillerin bir altın çeşidi tanımlanabilir. Bu geometrik şekillerden en yaygın olarak bilineni altın dikdörtgendir.

## 2.2. Altın dikdörtgen

Dikdörtgen, *karşılıklı kenarları ve açıları eş olan* dörtgendir. Bu tanıma göre kare bir dikdörtgendir. Ancak dikdörtgen denildiğinde kareden farklı yani iki farklı kenar uzunluğuna sahip olan bir dörtgen kastedilir. Buna göre “*uzun kenarın kısa kenara oranı altın orana eşit olan dörtgene altın dikdörtgen*” adı verilir.

Birçok sanatçının bilerek veya bilmeyerek eserlerinde bu dikdörtgene yer verdikleri gözlenmiştir. Rönesans dönemi İtalyan mimarı, mühendisi, mucidi, matematikçisi, anatomisti, müzisyeni, heykeltıraşı ve ressamı olan Leonardoda Vinci (1452 - 1519) yi sanatının doruğuna ulaştıran ve en çok tanınmış yapıtı Mona Lisa (1503 - 1507) tablosu buna örnek olarak verilebilir.

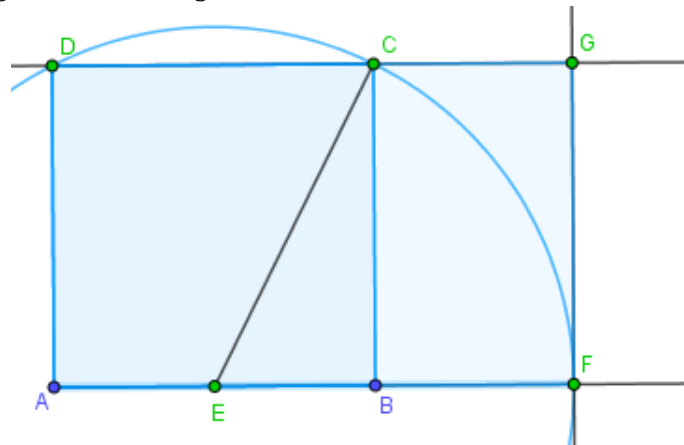
Altın dikdörtgenin kare ile yakın bir ilişkisi vardır. Bu dikdörtgenin kısa kenarı üzerine içe doğru bir kare çizildiğinde geriye kalan dikdörtgen yine bir altın dikdörtgendir. O halde kısa kenar uzunluğu verilen bir altın dikdörtgen çizilebilir.

Aşağıda altın dikdörtgenin Geogebra yazılımı ile nasıl çizileceğinin aşamaları belirtilmiştir.

Kısa kenar uzunluğu  $|AD| = a$  br olan altın dikdörtgenin şeklini çizmek için,

- Bir  $[AB]$  ışını alalım.
- Düzgün çokgen seçeneği ile bir ABCD karesini çizelim.
- $[AB]$ 'nin orta noktası olan E merkezli  $r = |EC|$  yarıçaplı çemberin ışınla kesişim noktasına F diyelim.
- Işına F noktasından dik, C noktasından paralel çizilen doğruların kesişim noktası G olmak üzere

elde edilen AFGD dikdörtgeni bir altın dörtgendir.



Şekil 3. Altın dikdörtgen

Gerçekten bu dikdörtgen için  $\frac{|AF|}{|FG|} = \frac{|FG|}{|GC|}$  olduğu  $|EC|=|EF|$  eşitliğinden faydalanarak gösterilebilir.

B noktasını hareket ettirerek çizilen dikdörtgenin bir altın dikdörtgen olduğu dinamik olarak görülebilir.

A ve B noktaları “başlangıç nesneleri” dikdörtgen “sonuç nesnesi” alınarak kısa kenar uzunluğu verilen altın dikdörtgeni çizen bir “makro” oluşturulabilir.

Dinamik geometri yazılımları matematiğin görsel algılama merkezini oluşturan geometriyi kâğıt-kalem sürecindeki statik yapıdan kurtarıp bilgisayar ekranında dinamik hale getirerek, geometrik nesnelere üzerinde varsayımında bulunmaya ve geometrik nesnelere arasında ilişki kurmaya imkân sağlar [9].

### 2.3. Altın üçgen

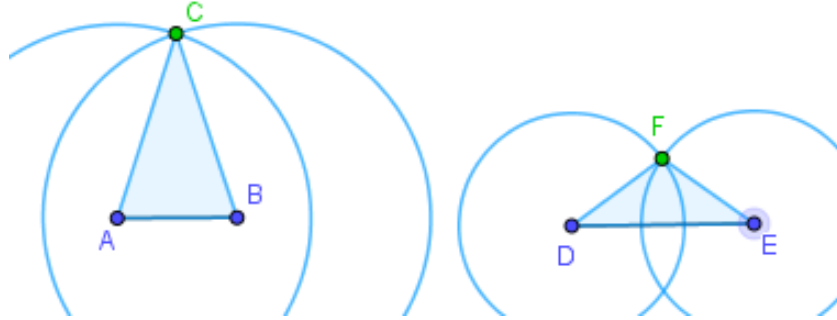
Her üçgen üç kenar uzunluğuna sahiptir. Bu kenar uzunluklarından ikisi eşit olan üçgenlere *ikizkenar üçgen* adı verilir. O halde bir Altın üçgen tanımlanacaksa bu üçgen bir ikizkenar üçgen olmalıdır. Kenar uzunluklarının oranı altın orana eşit olan ikizkenar üçgene *Altın Üçgen* denir.

Buna göre iki farklı altın üçgen tanımlanabilir. Bunlar,

- Eş kenarların uzunluğu taban uzunluğundan büyük olan altın üçgen ve
- Taban uzunluğu eş kenarların uzunluğundan büyük olan altın üçgendir.

Eş kenarların uzunluğu taban uzunluğundan büyük olan altın üçgen Geogebra ile aşağıda verilen basamaklar uygulanarak çizilebilir.

- Bir [AB] doğru parçası alalım.
- $|AB| = f$  olmak üzere giriş alanına  $f * (1 + \sqrt{5})/2$  değeri yazılırsa cebir penceresinde bir a değeri oluşur.
- “Merkez ve yarıçapla çember” seçeneğini kullanarak A ve B merkezli a yarıçaplı iki çember çizilir.
- Bu çemberlerin kesişim noktası C alınarak elde edilen ABC üçgeni bir altın üçgendir.

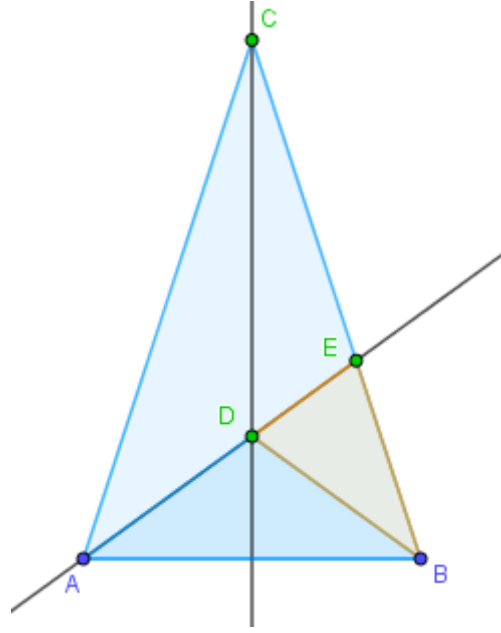


Şekil 4. Tabanı verilen Altın üçgenlerin çizimi

Araçlar menüsünden yeni araç oluştur seçeneği ile üçgen çıkış nesnesi A ve B noktaları giriş nesnelere alınarak tabanı verilen altın üçgeni çizen bir araç oluşturulur. Taban uzunluğunun eş kenarların uzunluklarından büyük olması durumunda ise, giriş alanına  $2f*(1+\sqrt{5})$  yazılıp yukarıdaki adımlar tekrarlanır.

### 2.4. Altın üçgenin özellikleri

Bir ABC altın üçgeninde B açısının açıortay doğrusunun, tabanın orta dikme doğrusu ile kesişim noktası D ve karşı kenarını kestiği nokta E olmak üzere elde edilen ABD ve BED üçgenleri de birer altın üçgendir.



Şekil 5. Altın üçgenler

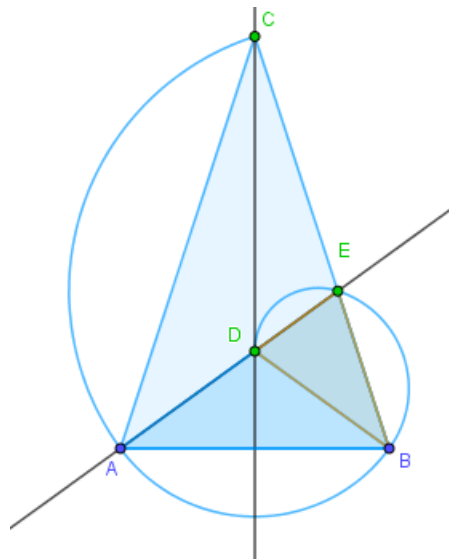
- Bu üçgenlerden BDE, ABC üçgeni ile benzer üçgenler olup taban açıları  $72^{\circ}$  ve tepe açısı  $36^{\circ}$ dir.
- ABD altın üçgeninin ise taban açıları  $36^{\circ}$  ve tepe açısı  $108^{\circ}$ dir.

A ve B noktaları “başlangıç nesnelere”, ABC üçgeni ve E noktası “sonuç nesnelere” alınarak yeni bir makro tanımlanıp bu makro kullanılarak B ve E noktaları, E ve D noktaları ... ve böylece devam edilerek iç içe altın üçgenlerden oluşan bir fractal oluşturulabilir.

## 2.5. Altın üçgen sarmalı

- Şekil 5 de görülen altın üçgende, D merkezli AB yayını çizelim.

A ve B noktalarını “başlangıç nesnelere”, ABC üçgenini, AB yayını ve E noktasını “sonuç nesnelere” olarak AÜ Sarmalı isimli bir makro tanımlayalım. Bu makroyu kullanarak CA, (AB zaten var) BE, ED, DX, X\_ ... noktaları seçilerek üçgen için C köşesinden başlayan bir sarmal oluşturulabilir (tabanı CA olan ilk üçgeni gizleyiniz.) Bu sarmala üçgen için altın sarmal (*Logaritmik spiralle*) adı verilir.

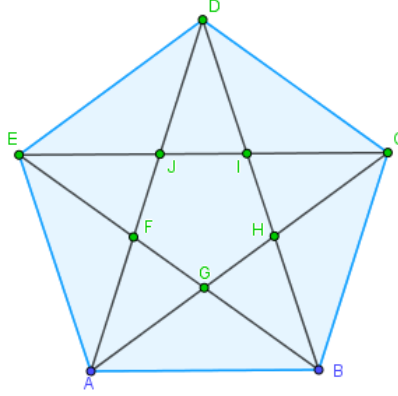


Şekil 6. Altın üçgen sarmalı

Başlangıç nesnesi olarak seçtiğimiz A veya B noktalarını sürükleyerek değişimi görebiliriz. Benzer düşünceyle altın dikdörtgen için de bir *sarmal Golden Spiral* oluşturulabilir.  $\Phi$ 'nin kendini tekrarlama özelliği vardır. Altın orana sahip her şekil, altın oranı kendi içinde sonsuz sayıda tekrarlayabilir [9].

### 3. Bulgular

Şimdi bizi bu araştırmayı yapmayı sevk eden ve çalışmamızın esas problemini oluşturan soruya dönelim. Bir düzgün beşgen olarak köşegenlerini çizdiğimizde bu beşgen üzerinde birçok üçgenin oluştuğu görülmektedir.



Şekil 7. Düzgün beşgen

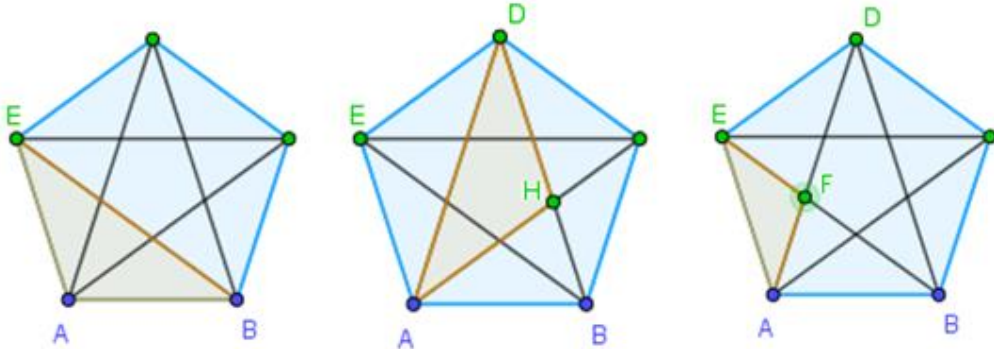
Acaba bu üçgenlerden hangileri birer altın üçgendir? Bu altın üçgenlerin sayısı nedir? Sorularına cevap bulmaya çalışalım. Bunun için bir Dinamik Geometri Yazılımı olan Geogebra programı ile bir düzgün beşgen çizerek köşegenlerin kesişim noktalarını alalım ve elde ettiğimiz şekilde kaç tane altın üçgen olduğunu araştıralım.

Bir düzgün beşgenin her bir iç açısının ölçüsü  $\frac{360}{5} = 108^\circ$  dir. Buna göre, A köşesini temel alırsak,

- $ABE$  üçgeninde  $m(A) = 108^\circ$  ve  $|AB| = |AE|$  olduğundan  $m(B) = m(E) = (180 - 108)/2 = 36^\circ$  olup bu üçgen bir altın üçgendir.

Benzer düşünceyle  $BCA$ ,  $CDB$ ,  $DEC$  ve  $EAD$  üçgenleri de birer altın üçgendir. Aynı şekilde

- $AHD$ ,  $BIE$ ,  $CJA$ ,  $DFB$  ve  $EGC$  üçgenleri
- $AFE$ ,  $BGA$ ,  $CHB$ ,  $DIC$  ve  $EJD$  üçgenleri de birer altın üçgendir.



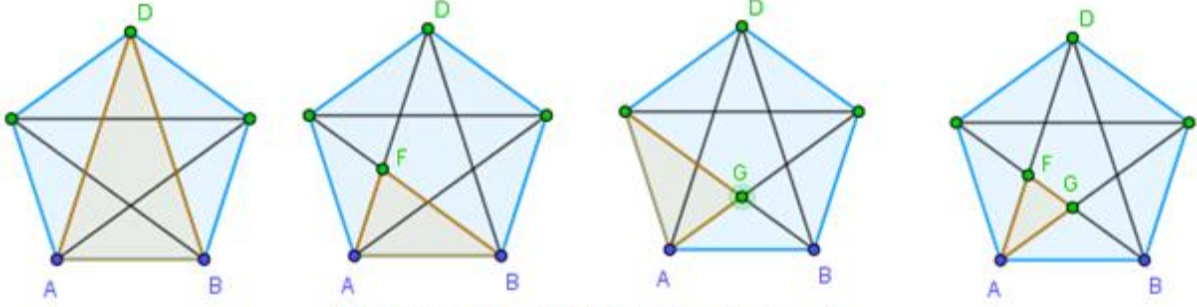
Şekil 8. Taban uzunluğu büyük olan altın üçgenler

$ABD$  üçgeninde  $m(D) = 36^\circ$  ve  $m(A) = m(B) = 72^\circ$  dir. O halde bu üçgen bir altın üçgendir.

Benzer düşünceyle  $BCE$ ,  $CDA$ ,  $DEB$  ve  $EAC$  üçgenleri de birer altın üçgendir. Ayrıca

- $ABF$ ,  $BCG$ ,  $CDH$ ,  $DEI$  ve  $EAG$

- AGE, BHA, CIB, DJC ve EID
- AGF, BHG, CIH, DJI ve EFJ üçgenlerinin de birer altın üçgen olduğu gösterilebilir.



Şekil 9. Kenar uzunluğu büyük olan altın üçgenler

Böylece aşağıdaki sonucu ifade edebiliriz:

**Sonuç:** Bir düzgün beşgende köşegenler yardımıyla her bir köşeden 7 farklı altın üçgen olmak üzere toplamda  $7 \times 5 = 35$  altın üçgen oluşur. Bu üçgenlerin,

15'i kenarları arasında  $1 : \Phi : 1$  ilişkisi bulunan ve iç açıları  $36^\circ - 108^\circ - 36^\circ$  olan (tabanı uzun olan) altın üçgen iken 20'si kenarları arasında  $\Phi : 1 : \Phi$  ilişkisi bulunan ve iç açıları  $72^\circ - 36^\circ - 72^\circ$  olan (kenarı uzun olan) altın üçgenlerdir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada ilk olarak bir doğru parçasında altın oran, altın üçgen, altın üçgen sarmalı, altın dikdörtgen ve düzgün beşgen kavramları ele alınmıştır. Daha sonra bir düzgün beşgen alınarak bu beşgenin köşegenleri çizilince oluşan altın üçgenler bir dinamik geometri yazılımı olan Geogebra programı ile çizilmiş ve bu yazılım sayesinde yukarıda verilen kavramlar arasındaki matematiksel ilişkiler keşfedilmiş, ilişkilendirilmiş ve bir sonuca ulaşılmıştır. Bu sonuca göre bir düzgün beşgende her bir köşeden 7 farklı altın üçgen olmak üzere toplamda 35 altın üçgen oluştuğu gösterilmiştir. Ayrıca çalışmada kenar uzunlukları arasında altın oranın geçerli olduğu bir ikizkenar üçgen (altın üçgen) ele alınarak genel özellikleri incelenmiş ve Geogebra yazılımı ile taban uzunluğu verilen bir altın üçgenin nasıl çizildiği gösterilip altın üçgen sarmalı oluşturulmuştur.

Doğadaki dengeyi ve güzelliği sağlayan "Altın Oran (İlahî Oran)"ın düzgün beşgen üzerindeki yansımaları dinamik olarak görülmüştür. Dinamik geometri yazılımları sayesinde bilgisayarda karmaşık kavramlar görselleştirilebilir, zihinlerde var olan düşünceler ekranda temsil edilerek somutlaştırılabilir. Bir kavram ve bu kavramın diğer kavramlarla olan ilişkileri hakkında birtakım tahminlerde bulunulup, bu tahminlerin doğruluğu test edilebilir. Yine bu yazılımlar sayesinde bilgisayarda farklı şekiller oluşturulabilir ve bilgisayarın ürettiği şekillere anlam vermeye çalışmak o kavramla ilgili zihinsel görüntüleri zenginleştirir.

Dinamik Yazılımlarla ilgili olarak Berna Cantürk ve Hatice Açan tarafından (2016)'da yapılan Bir Meta-Analiz Çalışmasında; 2007-2016 yılları arasında Türkiye'de uygulanan dinamik geometri yazılımlarının sonuçları değerlendirilerek, derslerde DGY kullanılmasının geometri başarısına nasıl bir etkisi olduğunu incelemiştir. Çalışmaya dinamik geometri yazılımlarının kullanılmasının öğrencilerin geometri başarılarına etkisine ait toplam 41 çalışma meta-analize alınmış ve bu çalışmalardan 43 etki büyüklüğü değeri hesaplanmıştır. Gerekli analizler yapıldıktan sonra, Türkiye'de yapılan dinamik geometri yazılımlarının kullanılmasının geleneksel öğretime göre oldukça başarılı olduğu ve hesaplanan 0,954 etki büyüklüğünün güçlü düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır [10].

MEB tarafından en son yanılanmış olan matematik öğretimi programlarında DGY'lerin etkin olarak kullanılması önerilmektedir. Ancak öğretmenlerin birçoğu bu programlardan habersizdir. "Pınar baştan bulanır." Atasözümüze göre

- Öğretmen yetiştiren fakültelerde seçmeli olarak verilen DGY içerikli derslerin zorunlu hale getirilmesi.
- Görev yapan öğretmenlerin de hizmet içi eğitimlerle eğitilmesi önerilmektedir.

## Kaynakça

- [1] Gülburnu, M. 2013. 8. Sınıf geometri öğretiminde kullanılan Cabri 3D'nin akademik başarıya etkisi ve öğrenci görüşlerinin değerlendirilmesi. Adıyaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 184s, Adıyaman.
- [2] Gürbüz, R., ve Gülburnu, M. 2013. 8. sınıf geometri öğretiminde kullanılan Cabri 3D'nin kavramsal öğrenmeye etkisi. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, 4(3): 224-241.
- [3] Aydın, B. 2015. Fraktal boyuta dair. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 40s, Bilecik.
- [4] Tuncer, O. C. 2015. Vakıf yapılarında estetik kavramlar. Vakıflar Dergisi, 43(2015): 149-172.
- [5] Topkaya, H. 2013. Matematiksel mantık, ispat teknikleri, Fibonacci sayısı, Pisagor teoremi ispatı. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 94s, Eskişehir.
- [6] Beyoğlu, A. 2016. Sanat eğitiminde altın oran ve Leonardo da Vinci'nin eserleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi, 13(1): 360-382.
- [7] Livio, M. 2008. The golden ratio: the story of phi, the world's most astonishing number. Broadway Books. 14.02.2017, Retivered from:  
[https://www.google.com/books?hl=tr&lr=&id=bUARfgWRH14C&oi=fnd&pg=PA1&dq=LIVIO,+M.,+\(2002\).+The+Golden+Ratio:+The+Story+of+Phi,+The+World%27s+Most+Astonishing+Number.+New+York:+Broadway+Books.&ots=AQThfSEhMj&sig=Sm0-3Qmm0UHcuHNrPKSs5pQqiCw](https://www.google.com/books?hl=tr&lr=&id=bUARfgWRH14C&oi=fnd&pg=PA1&dq=LIVIO,+M.,+(2002).+The+Golden+Ratio:+The+Story+of+Phi,+The+World%27s+Most+Astonishing+Number.+New+York:+Broadway+Books.&ots=AQThfSEhMj&sig=Sm0-3Qmm0UHcuHNrPKSs5pQqiCw).
- [8] Selçuk, S. A., Sorguç, A. G. ve Akan, A. E. 2009. Altın oranla tasarlamak: doğada, mimarlıkta ve yapısal tasarımda  $\phi$  dizini. Trakya University Journal of Natural Sciences, 10(2): 149-157.
- [9] Aslaner, R. 2018. Dinamik Geometri Öğretimi, ANI Yayıncılık, Ankara 166s.
- [10] Cantürk B., Açıan H. 2016. *Dinamik Geometri Yazılımı Kullanımının Geometri Başarısına Etkisi: Bir Meta-Analiz Çalışması*. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education Vol.7 No.1 (2016), 1-23

## İnsansız Hava Aracı Görüntülerinde Evrişimli Sinir Ağı Kullanarak Araç Sayımı için Yeni Bir Haritalama Yöntemi

Ersin KILIÇ\*<sup>1</sup> , Serkan ÖZTÜRK<sup>2</sup>,

\*<sup>1</sup> Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği, KAYSERİ

<sup>2</sup> Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği, KAYSERİ

(Alınış / Received: 24.04.2020, Kabul / Accepted: 04.08.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Anahtar Kelimeler

Evrişimli Sinir Ağları,  
Araba Sayımı,  
Havadan Görüntüleme

**Öz:** İnsansız hava araçlarından (İHA) elde edilen görüntüleri yapay zeka sistemleri ile analiz eden otomatik sistemlerin sayısı giderek artmaktadır. Bu çalışmaların örneklerini şehircilik ve trafik uygulamalarında da görmekteyiz. Bu uygulamalar için görüntüde bulunan arabaların sayısının belirlenmesi oldukça önemlidir. Veri hazırlama ve etiketleme işlemi yapıldığı yönteme bağlı olarak çok zahmetli olmaktadır. Özellikle çerçeve etiketleme ile verilerin hazırlanması uzun zaman almaktadır. Nokta etiketleme ile verilerin hazırlanması çerçeve etiketleme ile hazırlanan süreyi 4 kat azaltmaktadır. Bu çalışmada nokta etiketleme ile hazırlanan veri ile İHA görüntülerinden araç sayımı öğrenebilen derin öğrenme modeli önerilmektedir. Nokta etiketleme ile derin modellerin eğitilmesi için yeni bir kayıp fonksiyonu önerilmiştir. Önerilen yöntemin başarımının değerlendirilmesi amacıyla CARPK veri seti üzerinde deneysel sonuçlar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar çerçeve etiketleme ile eğitilen modeller ile kıyaslandığında önerilen yöntemin bu modeller ile yarışabilecek düzeyde başarımla elde ettiği görülmektedir.

## A Car Counting Method in Aerial Images Based on Convolutional Neural Network

### Keywords

Convolutional Neural  
Networks, Car Counting,  
Aerial Imaging

**Abstract:** Numbers of automated artificial intelligence systems that process images captured from unmanned aerial vehicles (UAV) are gradually increasing. Examples of these studies have been performed in urbanization and traffic applications. Determining the number of cars in the image is very crucial for these applications. Data preparation and labeling process is very laborious depending on the method it is performed. It takes a long time to prepare the data, especially with bounding box annotation. Preparation of data with point annotation reduces the time prepared with bounding box labeling by 4 times. In this study, a novel deep learning model that can learn vehicle counting from UAV images with data prepared with point labeling is proposed. A novel loss function has been proposed for the training of the model with point annotation. Experiments on the CARPK dataset show the competitive counting and localizing performance of the proposed method compared with existing methods that were been trained with bounding box annotations.

\*İlgili Yazar, email: ersinkilic@erciyes.edu.tr

### 1. Giriş

İnsansız hava araçlarının (İHA) gelişimi ve yaygınlaşması sayesinde havadan çekilmiş görüntülerin analizi çok büyük önem kazanmıştır. Tarım, hayvancılık, şehir planlaması, trafik kontrolü, orman yönetimi ve benzeri birçok alanda yeni uygulamaların ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır [1]. Bu alanlarda yürütülen uygulamalar genellikle

görüntünün analizine ihtiyaç duymaktadır ve en önemli problemlerden birisi görüntüde bulunan nesnelerin sayısının belirlenmesidir. Yolda ya da park halindeki arabaların sayılması şehir planlaması ve trafik kontrolü gibi alanlarda geliştirilen uygulamalarda sıklıkla karşılaşılan bir problemdir [2].

Nesne sayımı problemi, nesne tespiti probleminin nesne tespiti ise nesne segmentasyonu probleminin bir alt problemi olarak tanımlanabilir. Nesne segmentasyonu, görüntünün tüm piksellerinin belirli nesne sınıfları ile etiketlenmesidir. Bu da görüntüde bulunan tüm nesnelerin sınırlarının detaylı bir şekilde bulunmasını sağlamaktadır. Nesne tespiti, görüntüde bulunan belirli nesnelerin konum ve sınıflarının belirlenmesidir. Genellikle nesne tespitinde, nesnelere dikdörtgen çerçeveler ile temsil edilmektedir. Nesne konumunun bulunması, nesneyi temsil eden çerçevenin en az iki noktasının koordinatlarının tespitidir. Dolayısıyla, nesne segmentasyonu ve tespiti yöntemleri nesne sayımı probleminin çözümünde kullanılabilir. Nesne segmentasyonu ve tespitinde olduğu gibi nesne sayımında da evrişimli sinir ağları (CNN) tabanlı yöntemler son yıllarda en yüksek başarıyı gösteren yöntemlerdir [3, 4, 5]. Gelişmiş CNN modelleri nesne segmentasyonu ve tespiti problemleri için denetimli öğrenme yaklaşımı ile eğitilmektedir. Bu modellerin eğitimi için piksel etiketleme, çerçeve etiketleme gibi yüksek seviyede imge etiketlemeye ihtiyaç duyulmaktadır.

İmge etiketleme genellikle 4 farklı şekilde yapılmaktadır. Bunlar; düşük seviyeden yüksek seviyeye doğru olmak üzere görüntü etiketleme, nokta etiketleme, çerçeve etiketleme ve piksel etiketlemedir. Görüntü etiketlemede, sadece görüntüde bulunan nesnelerin sınıfları kaydedilmektedir. Nokta etiketleme, görüntüde bulunan nesnelerin sınıfları ve nesnenin merkez noktası kaydedilmektedir. Çerçeve etiketleme, görüntüde bulunan nesnelerin sınıfları ve nesnenin sınırlarını belirleyen bir dikdörtgen çerçeve kaydedilmektedir. Dikdörtgenler, 2 nokta veya 4 nokta ile temsil edilmektedir. Eğer 4 nokta ile temsil ediliyorsa, nesnenin doğrultusu hakkında da bilgi taşımaktadır. Piksel etiketleme, görüntüde bulunan her piksel için bir nesne sınıfı atanarak kaydedilmesidir. Şekil 1'de 4 farklı imge etiketleme yöntemi için örnekler görülmektedir. Düşük seviyeden yüksek seviyeye ilerledikçe imge etiketlemenin zaman maliyeti artmaktadır. Görüntü etiketleme de nesne başına 1 sn. harcanırken bu süre nokta etiketleme de 2.4 sn., çerçeve etiketleme de 10 sn., piksel etiketleme de ise 78 saniyedir [6]. Bu sebeple, düşük seviye imge etiketlemesi ile eğitilebilen başarılı nesne sayımı yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.



**Şekil 9. Farklı imge etiketleme yöntemleri. a-) görüntü etiketleme, b-) nokta etiketleme, c-) çerçeve etiketleme, d-) piksel etiketleme**

Nesne sayımında başarılı olan ilk CNN modelleri genellikle görüntü sınıflandırıcı ağların, görüntüde bulunan nesne sayımını tahmin eden tek çıkışlı ağlara dönüştürülmesi ile elde edilmiştir. Bu CNN modelleri çok boyutlu doğrusal olmayan regresyon modelleri olarak sınıflandırılmaktadır ve eğitimleri için görüntüde bulunan nesne sayısı kullanılmaktadır. Nesnelerin konum bilgisi olmadan eğitilen bu CNN modellerinin aktivasyon haritaları görselleştirildiğinde modellerin nesnelerin konumlarına odaklandığı görülmektedir [7]. Bu aktivasyon haritaları nesnelerin sayısını tahmin eden CNN modellerinin nesnelerin konumları hakkında da bilgi içerdiğini kanıtlamaktadır. Aslında onlarca farklı sınıftan nesnelerin tespiti ve segmentasyonunu başarılı şekilde gerçekleştiren CNN'ler için bu şaşırtıcı bir özellik değildir. Regresyon ya da nesne tespiti ile nesne sayımı gerçekleştiren modellerin başarı performanslarını artırmak için aktivasyon haritalarının regülasyonuna dayalı yöntemler kullanılmıştır [7]. Bu modellerin eğitimi için zahmetli ve zaman maliyeti yüksek bir işlem olan çerçeve etiketleme yapılması gerekmektedir.

Son yıllarda, havadan çekilmiş görüntülerde araba sayımı için yapılmış başarılı çalışmalar derin öğrenme yöntemlerini kullanmaktadırlar. Özellikle görüntü sınıflandırma, nesne tespiti ve segmentasyonu problemlerinde oldukça başarılı olan CNN modelleri kullanılmaktadır. Nesne sayımı problemi üzerine yapılan çalışmalar 2 farklı grupta sınıflandırılabilir: 1- Nesne tespiti yöntemleri ile nesne sayımı, 2- Regresyon yöntemleri ile nesne sayımı.

Son yıllarda nesne tespiti probleminde CNN modellerinin gösterdiği başarı diğer tüm yöntemleri gölgede bırakmıştır. En çok bilinen mimari R-CNN ailesidir. Gelişim sırasıyla birbirine takip eden 3 adet üyesi bulunmaktadır: R-CNN [8], Fast R-CNN [9] ve Faster R-CNN [3]. Faster R-CNN iki aşamalı nesne tespiti mimarilerinin en çok bilinen örneğidir. Faster R-CNN ve varyantları araba sayımı için kullanılmıştır [10]. YOLO [4]



ve RetinaNet [5] gibi tek aşamalı nesne tespiti yöntemleri de araba sayımı problemi için kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin genel nesne tespiti problemlerinde başarılı olmalarına rağmen yoğun ve küçük nesnelere içeren havadan çekilmiş görüntülerde nesne tespiti ve sayımı için revize edilmeleri yöntemlerin başarısını artırmaktadır. Hsieh ve ark. [10] 'Layout Proposal Network' (LPN) isimli nesnelere uzamsal bilgilerini göz önünde bulundurarak nesne önerisi yapan yeni bir mimari önermişlerdir. Goldman ve ark. [11] yoğun nesne içeren görüntülerde nesne tespiti için oluşturulan CNN mimarilerinde son işlem aşaması olarak kullanılan maksimum olmayana baskılama (non-maximum suppression - NMS) yönteminin başarısız performansının oluşturduğu olumsuz etkiyi yok etmek için nesnelere jaccard indekslerini öğrenmesini sağlayan Soft-IoU isimli yeni bir katman içeren mimariyi önermişlerdir. Li ve ark. [12] yoğun ve küçük nesnelere tespiti için yeni ölçek uyarlamalı çerçeve üretim yöntemi ve tahmin edilen çerçevelerin kesin referans çerçevelere daha benzer olmalarını baskılayan yeni bir kayıp fonksiyonu önermişlerdir. Cai ve ark. [13] İHA görüntülerinde nesne tespiti ve sayımı için yeni bir çerçevesiz derin öğrenme modeli önermişlerdir. Nesnelere merkez ve köşe noktalarını referans olarak alan bu yöntem önerdiği yeni bir modül ile nesnelere küresel ve yerel görünüşlerini dikkate alarak lokalizasyon doğruluğunu artırmıştır. Önerilen yöntem eğitim aşamasında çerçeve etiketlemeye ihtiyaç duymamasıyla nesne tespitine dayalı diğer yöntemlerden ayrılmaktadır. Veri seti hazırlama süresini ve etiketleme zahmetini azaltmaktadır.

Regresyon tabanlı nesne sayımı yöntemleri nesnelere konumlarını tespit etmeden sadece nesne sayısını bulmaya odaklanmaktadır [14, 15, 16, 17, 2]. Direkt olarak hedefe ulaşmaya çalışan bu yöntemler alt düzey görüntü özelliklerini kullanarak nesne sayısını tahmin etmektedir [14, 17]. Bazı yöntemler yoğunluk haritası üzerinden nesne sayısını tahmin etmeye çalışmaktadır. Lempitsky ve Zisserman [14] tasarladıkları nesne sayımı modelini eğitmek için nokta etiketleme ile gauss maskesi kullanarak kesin referans yoğunluk haritası oluşturma yöntemi önermişlerdir. Aich ve Stavness [7] bu kesin referans yoğunluk haritasını kullanarak CNN tabanlı modellerinin aktivasyon haritalarının regülasyonunu gerçekleştirerek regresyon tabanlı yöntemin daha başarılı olmasını sağlamışlardır. Regresyon tabanlı nesne sayımı yöntemlerinin istenilen düzeyde başarılı olmaları için çerçeve etiketlerini kullanan eğitim süreçlerine ihtiyaç duydukları yapılan çalışmalarda görülmektedir. Önerilen yöntem nokta etiketleme kullanarak regresyon tabanlı yöntemler ile yarışabilecek düzeyde başarı göstermektedir. Ayrıca, yöntemimiz nesnelere merkez noktalarını da tespit ederek nesne konumu hakkında da bilgi oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, havadan çekilmiş görüntülerde araba sayımı için nokta etiketleme ile eğitilen basit ve efektif yeni bir evrişimli sinir ağı tabanlı derin öğrenme modeli önerilmiştir. Önerilen yöntem nesnelere merkez noktalarını tespit eden tek aşamalı bir nesne tespiti modeli içermektedir. Bu model nesnelere merkez noktalarını ve görüntünün arka planını ayırt eden bir haritanın regresyonunu gerçekleştirmektedir. Önerilen yöntemde modelin eğitimi için veri setinde bulunan görüntülerin nokta etiketleme yöntemi ile etiketlenmesi yeterlidir. Çıkarılma aşamasını model tek bir ileri geçiş ile tamamlanmaktadır ve sonuç olarak 2-boyutlu bir harita üretmektedir. Tahmin edilen bu haritadan nesne sayısı ve merkez noktalarını belirlemek için son bir işlem aşaması uygulanmaktadır. Önerilen yöntemin başarısını ölçmek için CARPK [10] araba sayımı veri seti kullanılmaktadır. Önerilen yöntem oldukça basittir ve farklı alanlarda nesne sayımı ve tespiti için kullanılma potansiyeline sahiptir. Bu çalışmanın temel katkıları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

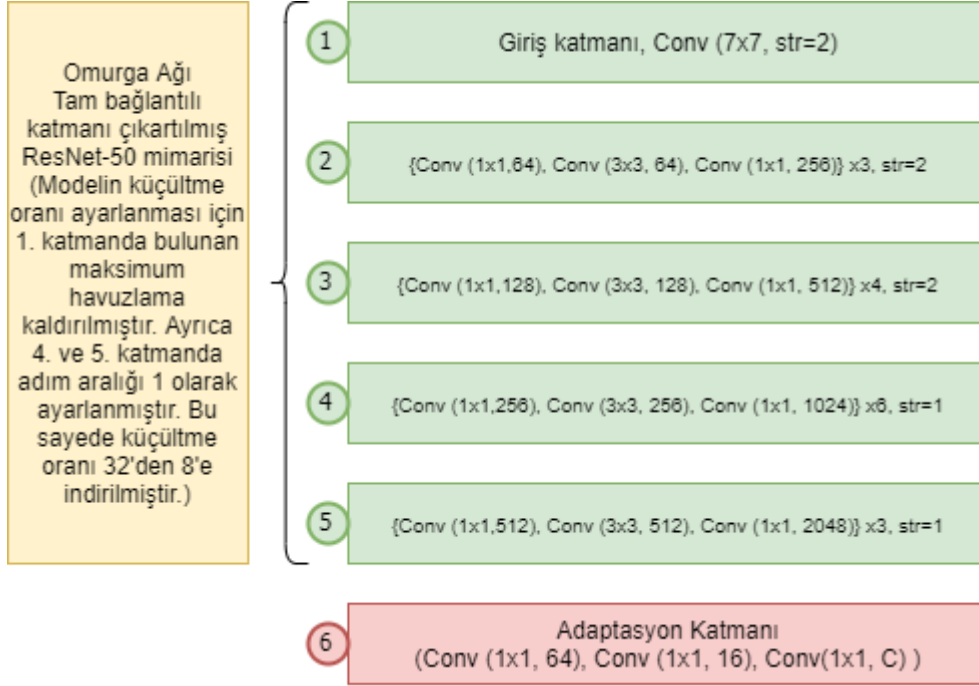
1. Modelin eğitimi için nesnelere merkez noktalarını ve görüntünün arka planını gösteren yeni bir harita oluşturma yöntemi ve bu haritanın eğitiminde kullanılacak yeni bir kayıp fonksiyonu önerilmiştir.
2. Evrişimli sinir ağları tabanlı derin öğrenme modelleri ile nesne sayımında nokta etiketleme kullanarak eğitilen, çerçeve etiketleme ile eğitilmiş yöntemler ile yarışabilecek düzeyde başarılı bir yöntem önerilmiştir.
3. Önerilen yöntemin başarısını CARPK veri seti vasıtasıyla İHA kullanılarak çekilen görüntüler üzerinde test edilmiştir. Nesnelere hakkında daha fazla bilgi kullanılarak eğitilen modeller ile yarışabilecek düzeyde başarı elde edilmiştir. Bu başarı performansı ileride yapılabilecek çalışmalar için umut vericidir.

## 2. Materyal ve Metot

Önerilen yöntem 2 temel aşamadan oluşmaktadır: 1. Giriş görüntüsü üzerinden nesne ile arka planı ayırt eden bir harita oluşturan CNN modelidir. 2. Tahmin edilen haritadan nesne konum ve sayılarını tespit eden son işlem aşamasıdır. Nesne haritası tahmin eden CNN modelinin eğitimi için nokta etiketleme ile oluşturulan kesin referans haritaları kullanılmaktadır. Nesne haritasında arka plan 0 ile temsil edilmektedir. Nesnelere ise 255 değeri temsil edilmektedir. Nesnelere merkez noktaları ve istenilen kadar komşu pikselleri 255 değeri ile doldurularak nesne haritaları oluşturulmaktadır.

Önerilen CNN modeli arzu edilen her boyutta giriş verisini işleyebilmektedir. Çıkışta oluşan tahmini nesne haritası ise CNN modelinin küçültme oranına (kr) göre değişmektedir. Örnek olarak kr=8 ise 512x512 boyutunda giriş

görüntüsü için çıkış olarak 64x64 boyutunda nesne haritası oluşmaktadır. CNN modeli tam bağlantılı (fully connected) katmanı çıkartılan omurga ağ ve adaptasyon katmanı olmak üzere için ana parçadan oluşmaktadır. Omurga ağı olarak literatürde kullanılan AlexNet [18], VGG [19], ResNet [20] gibi herhangi bir omurga ağı kullanılabilir. Omurga ağını takip eden adaptasyon katmanları 1x1 filtre boyutlu evrişim katmanlarından oluşmaktadır. Adaptasyon katmanında evrişim katmanlarının çıkışlarına sızdıran relu (leaky relu) aktivasyon fonksiyonu uygulanmıştır. Adaptasyon katmanı omurga ağ tarafından oluşturulan özellik haritalarının sayısını nesne sınıfı sayısına indirmektedir. Önerilen modelin girişi  $w \times h \times 3$  boyutunda ise çıkış  $w/kr \times h/kr \times C$  boyutunda olmaktadır. Burada C veri setinde bulunan nesne sınıfı sayısını temsil etmektedir. CNN modeli her bir nesne sınıfı için ayrı nesne haritası tahmin etmektedir. Omurga ağı olarak ResNet-50 kullanan modelin genel yapısı şekil 3'te görülmektedir. Modelin küçültme oranı modelin içerdiği havuzlama katman sayısı ve adım aralığı özelliğine bağlıdır. Ayrıca modelin içerdiği evrişim katmanlarında adım aralığı sistemin küçültme oranını belirlemektedir.



Şekil 10. Omurga Ağı olarak ResNet-50 kullanan modelin genel mimarisi ('Conv' evrişim işlemini ve 'str' adım aralığını temsil etmektedir. )

Genellikle görüntülerde nesnelere arka planlara göre çok az yer kaplamaktadır. Bu da oluşturulan veri setlerinde arka plan ve ön plan piksel sayılarında bir dengesizliğe yol açmaktadır. Bu da eğitilen modellerin taraflı olmalarına neden olmaktadır. Bu sebeple, oluşturulan sistemin kesin referans nesne haritasını daha kolay öğrenebilmesi için nesne (ön plan) bölgelerinde yapılan hatayı daha ön plana çıkararak bir kayıp fonksiyonu önerilmiştir. Arka plan piksellerinin sayısının nesne pikselleri sayısından çok daha fazla olması, eğitim verisinde dengesizlik oluşturmaktadır. Bu da sistemin arka plan sınıfını daha fazla tahmin etme eğilimine itmektedir. Bunun önüne geçmek için ortalama mutlak hata (MAE) revize edilmiştir. Kesin referans nesne haritasından arka plan pikselleri ve ön plan piksellerinde yapılan hatalar ayrı ayrı hesaplanıp toplanarak toplam hata elde edilmektedir. Arka plan hatasının hesaplanması için standart ortalama mutlak hata olduğu gibi kullanılmıştır. Ön plan hatası ise toplam mutlak hatanın nesne sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir. Önerilen kayıp fonksiyonunun formülleri 1, 2 ve 3. Denklemlerde görülmektedir.  $y$  model tarafından tahmin edilen haritayı,  $x$  kesin referans nesne haritasını ve  $k$  görüntüde bulunan nesne sayısını temsil etmektedir. Kesin referans nesne haritasında bir nesne  $m$  adet piksel ile temsil ediliyorsa; ön plan hatası arka plan hatasına göre  $m$  kat daha önemli olması bu şekilde sağlanmaktadır. Bu da doğal olarak dengesiz olan veriden eğitilen modelin aşırı öğrenmeden kaçınmasına ve daha kolay şekilde eğitilmesine katkı sağlamaktadır.

$$L_{bg} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|}{n} \quad (1)$$

$$L_{fg} = \frac{\sum_{i=1}^m |y_i - x_i|}{k} \quad (2)$$

$$L = L_{bg} + L_{fg} \quad (3)$$

Tahmin edilen haritadan nesne merkezlerinin ve sayının belirlenmesi için ilk aşamada harita ikili görüntüye dönüştürülmektedir. Bu önceden belirlenmiş bir eşik değerine göre yapılmaktadır. İkili görüntüde oluşan nesne bölgelerinin merkez noktalarını ve sayısını belirlemek amacıyla bağlı bileşen analizi [21] yöntemi kullanılmaktadır.

### 3. Bulgular

İHA görüntülerinden araba sayımı sisteminin başarımının değerlendirilmesi için CARPK veri seti kullanılmıştır. Değerlendirme kriteri olarak ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama hata kareleri kökü (RMSE) kriterleri kullanılmıştır.

#### 3.1. Veri Seti

CARPK veri seti 989 adet eğitim görüntüsü ve 454 adet test görüntüsünden oluşmaktadır. Veri setinde bulunan görüntüler İHA ile 4 farklı otoparktan elde edilmiştir. Görüntülerde toplamda 89777 adet araba bulunmaktadır ve bu arabalar çerçeve etiketleme yöntemi ile etiketlenmiştir. Görüntüler yaklaşık olarak 40 metre uzaklıktan elde edilmiştir. Şekil 4'te veri setinden alınan örnek görüntüler gözükmemektedir.

#### 3.2. Deneysel Bulgular

Önerilen yöntemin başarımının değerlendirilmesi için CARPK üzerinden yapılan deneysel çalışmalarda omurga ağı olarak ResNet-50 mimarisi kullanılmıştır. Omurga ağı takip eden adaptasyon katmanında 3 adet evrişim katmanı bulunmaktadır. Bu katmanlar omurga ağından gelen 512 adet özellik haritasını sırasıyla 64, 16 ve 1'e indirmektedir. Model için kr 4 olarak belirlenmiştir. Eğitim esnasında görüntüler 540x960 boyutuna getirilmiştir. Eğitim için oluşturulan kesin referans nesne haritasında her bir nesne 2 piksel ile temsil edilmiştir. Modelin aşırı öğrenmeden kaçınması amacıyla veri artırma tekniklerinden döndürme, HSV (Hue, Saturation, Value - Renk Özü, Doygunluk, Parlaklık) uzayında renk değiştirme ve arka plan görüntüsü ekleme teknikleri kullanılmıştır. Döndürme veri artırma tekniği 0.2 olasılık oranında görüntünün -45 ila 45 derece arasında döndürülmesi ile uygulanmıştır. HSV uzayında renk değiştirme 0.5 olasılıkla uygulanmıştır. Arka plan ekleme veri artırma tekniği ise hiçbir nesne içermeyen 19 adet görüntü eklenerek uygulanmıştır. Bu sayede sistemin hatalı sayım oranı azaltılmıştır. Model 60 epok eğitilmiştir. Eğitim oranı 0.0001 olarak seçilmiştir ve her 20 epokta bir 0.1 ile çarpılarak azaltılmıştır. Eğitim için ADAM (A Method for Stochastic Optimization - Stokastik Optimizasyon için Bir Yöntem) optimizasyon algoritması kullanılmıştır.

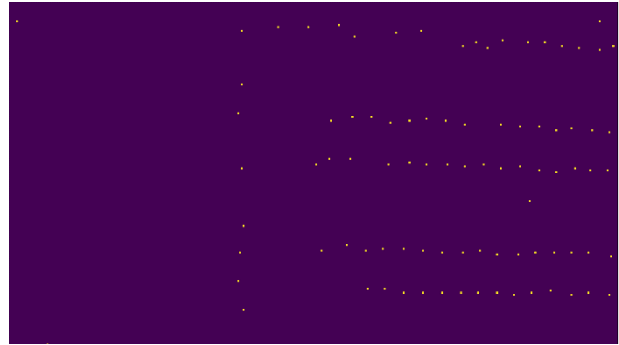
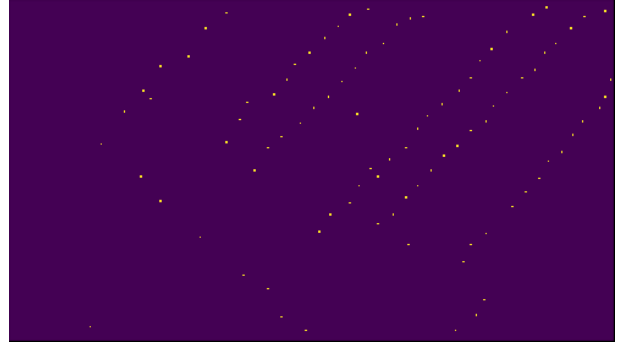
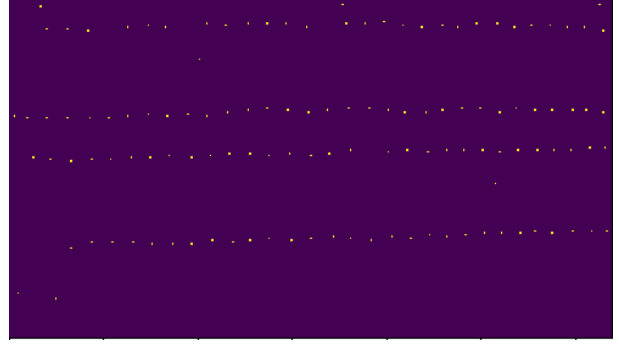
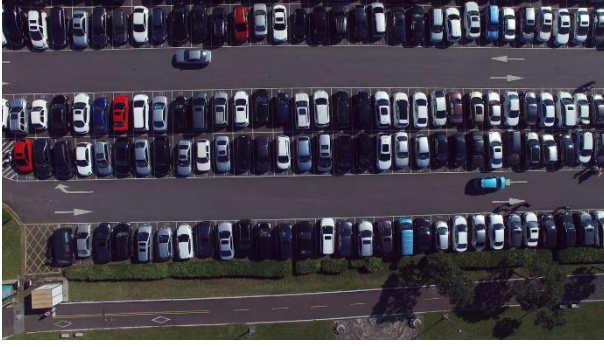
**Tablo 1.** Önerilen yöntem ve kıyaslanan yöntemlerin CARPK veri seti üzerindeki MEA ve RMSE kriterleri ile başarımları

Yöntem	Etiketleme Yöntemi	MAE	RMSE
Faster R-CNN [10, 3]	çerçeve	24,32	37,62
YOLO [10, 4]	çerçeve	48,89	57,55
One-Look Regression [2, 10]	Nesne sayısı	59,46	66,84
ShuffleDet [22]	çerçeve	26,75	38,46
LPN [10]	çerçeve	23,80	36,79
RetinaNet [5]	çerçeve	16,62	22,30
IoUNet [11]	çerçeve	6,77	8,52
VGG-GAP-HR [7]	çerçeve	7,88	9,30
GANet [13]	çerçeve	4,80	6,90
Amato vd. [23]	çerçeve	3,72	5,11
Önerilen Yöntem	merkez nokta	9,30	13,44

Tablo 2. Örnek görsel sonuçlar.

Giriş Görüntüsü

Elde edilen nesne haritası



Eğitilen modelin başarı performansının etkinliğinin değerlendirilmesi için farklı yöntemlerin CARPK veri seti üzerindeki başarımları ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonuçları ve yöntemlerin kullandığı etiketleme yöntemleri Tablo 1’de gözükmektedir. Önerilen model MAE kriteri üzerinden 9.30 ve RMSE kriteri üzerinden 13.40 hata oranını elde etmiştir. Elde edilen sonuçlar nesnelerin nokta etiketlerini kullanarak eğitilen önerilen yöntemin nesne çerçeve etiketlerini kullanarak eğitilen bir çok yöntemden daha başarılı sonuçlar elde ettiğini ve diğer yöntemler ile yarışabilecek düzeyde başarımlar gösterdiğini ortaya koymuştur. Etiketleme maliyetini azaltan yöntemin sağladığı verimlilik nesne sayımı başarımının kıymetini artırmaktadır. Yöntemin nesnelerin merkez noktalarını tespit ederek çıktı olarak sunması da artı bir özelliğidir. Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen görsel sonuçlar Tablo 2’de gözükmektedir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada imge etiketleme maliyeti düşük nokta etiketleme ile eğitilebilen yeni bir CNN tabanlı araba sayımı derin öğrenme modeli önerilmektedir. Model elde edilen deneysel sonuçların ışığında çerçeve etiketleme kullanan birçok yöntemden daha iyi sonuç elde etmiştir. Nokta etiketleme ile eğitilen sistemin kolay ve verimli bir şekilde eğitilebilmesi için yeni bir kayıp fonksiyonu önerilmiştir. Önerilen yöntem çerçeve etiketleme kullanan nesne tespiti modelleri ile yarışabilen bir yöntem olduğu deneysel sonuçlarla gösterilmiştir. Gelecek çalışmalarda farklı nesnelere için yöntemin uygulanması amaçlanmaktadır.

## Teşekkür

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi tarafından Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir. (FDK-2018-8624)

## Kaynakça

- [1] C. Huai, Z. Libao, M. Jie ve Z. Jue, «Target heat-map network: An end-to-end deep network for target detection in remote sensing images,» *Neurocomputing*, no. 331, pp. 375-387, 2019.
- [2] N. Mundhenk, G. Konjevod, W. Sakla ve B. Kofi, «A Large Contextual Dataset for Classification, Detection and Counting of Cars with Deep Learning,» %1 içinde *The 14th European Conference on Computer Vision*, Amsterdam, 2016.
- [3] S. Ren, K. He, R. Girshick ve J. Sun, «Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks,» *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, cilt 39, no. 6, pp. 1137 - 1149, 2017.
- [4] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick ve A. Farhadi, «You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection,» *CoRR*, cilt abs/1506.02640, pp. 1-15, 2015.
- [5] T.-Y. Lin, P. Goyal, R. Girshick, K. He ve P. Dollar, «Focal Loss for Dense Object Detection,» *CoRR*, cilt abs/1708.02002, pp. 1-12, 2017.
- [6] A. Bearman, O. Russakovsky, V. Ferrari ve L. Fei-Fei, «What's the Point: Semantic Segmentation with Point Supervision,» %1 içinde *European Conference on Computer Vision*, SANTIAGO, CHILE, 2015.
- [7] I. Stavness ve S. Aich, «Improving Object Counting with Heatmap Regulation,» *CoRR*, pp. 1-17, 2018.
- [8] R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell ve J. Malik, «Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation,» *CoRR*, cilt abs/1311.2524, pp. 1-12, 2013.
- [9] R. Girshick, «Fast R-CNN,» *CoRR*, cilt abs/1504.08083, pp. 1-15, 2015.
- [10] M.-R. Hsieh, Y.-L. Lin ve W. Hsu, «Drone-based Object Counting by Spatially Regularized Regional Proposal Networks,» %1 içinde *International Conference on Computer Vision*, Venice, 2017.
- [11] E. Goldman, R. Herzig, O. Ratzon, I. Levi, J. Goldberger ve T. Hassner, «Precise Detection in Densely Packed Scenes,» *CoRR*, cilt abs/1904.00853, pp. 1-15, 2019.
- [12] W. Li, H. Li, Q. Wu, X. Chen ve K. N. Ngan, «Simultaneously Detecting and Counting Dense Vehicles From Drone Images,» *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, cilt 66, no. 12, pp. 9651 - 9662, 2019.
- [13] Y. Cai, D. Du, L. Zhang, L. Wen, W. Wang, Y. Wu ve S. Lyu, «Guided Attention Network for Object Detection and Counting on Drones,» *CoRR*, pp. 1-15, 2019.
- [14] V. Lempitsky ve A. Zisserman, «Learning To Count Objects in Images,» %1 içinde *Advances in Neural Information Processing Systems 23*, Curran Associates, Inc., 2010, pp. 1324--1332.
- [15] L. Boominathan, S. S. S. Kruthiventi ve R. V. Babu, «CrowdNet: A Deep Convolutional Network for Dense Crowd Counting,» %1 içinde *24th ACM international conference on Multimedia*, Amsterdam , 2016.
- [16] W. Xie, J. A. Noble ve A. Zisserman, «Microscopy cell counting and detection with fully convolutional regression networks,» *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization*, cilt 6, no. 3, pp. 283-292, 2018.
- [17] L. Fiaschi, R. Nair, U. Köthe ve F. Hamprecht, «Learning to count with regression forest and structured labels,» %1 içinde *21st International Conference on Pattern Recognition*, Tsukuba Science City, 2012.
- [18] A. Krizhevsky, I. Sutskever ve G. E. Hinton, «ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks,» %1 içinde *Advances in Neural Information Processing Systems 25*, Curran Associates, Inc., 2012, pp. {1097--1105.
- [19] K. Simonyan ve A. Zisserman, «Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition,» *CoRR*, pp. 1-11, 2014.
- [20] K. He, X. Zhang, S. Ren ve J. Sun, «Deep Residual Learning for Image Recognition,» %1 içinde *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Las Vegas, NV, 2016.

- [21] L. He, Y. Chao, K. Suzuki ve K. Wu, «Fast connected-component labeling,» *Pattern Recognition*, cilt 42, no. 9, pp. 1977--1987, 2009.
- [22] S. M. Azimi, «ShuffleDet: Real-Time Vehicle Detection Network in On-Board Embedded UAV Imagery,» %1 içinde *European Conference on Computer Vision*, Munich, 2018.
- [23] G. Amato, L. Ciampi, F. Falchi ve C. Gennaro, «Counting Vehicles with Deep Learning in Onboard UAV Imagery,» %1 içinde *IEEE Symposium on Computers and Communications*, Barcelona, 2019.

## An Evaluation of the Robustness Chi-Square Steganalysis Method on Wav Audio Files with Various Content

Ali Durdu\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup>Ali DURDU Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri,  
ANKARA

(Alınış / Received: 01.08.2018, Kabul / Accepted: 06.08.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Keywords

Chi-square,  
Data security,  
Hidden data,  
Steganalysis,  
Steganography

**Abstract:** This paper presents the performance of the chi-square method for steganalysis purposes on audio files through various content. Predetermined rates of stego data have been embedded into 4500 distinct cover wav files via LSB (Least Significant Bit) method using three types of audio input files: music, human voice, animal sounds. Results of the experiment have revealed that hidden data in wav files containing dissimilar audio samples cannot be easily detected by chi-square steganalysis method. However, wav files containing similar audio samples demonstrate better performance compared to dissimilar samples.

## Farklı İçeriklere Sahip Wav Ses Dosyalarında Ki-kare Steganaliz Atağına Karşı Sağlık Değerlendirmesi

### Anahtar Kelimeler

Ki-kare,  
Veri güvenliği,  
Gizli veri,  
Steganaliz,  
Steganografi

**Öz:** Bu çalışmada, farklı içerikli wav ses dosyalarına LSB(Least Significant Bit) yöntemi ile gizlenen veriler ki-kare yöntemiyle steganaliz edilmiştir. Çalışmada müzik, insan ve hayvan seslerinden 3 kategoride 4500 farklı wav ses dosyasına farklı oranlarda veriler gizlenmiştir. Bu çalışmada ki-kare steganaliz yöntemi diğer çalışmalardan farklı olarak imgeler yerine wav ses dosyalarına uyarlanmıştır. Deney sonuçlarına göre benzersiz ses örnekleri (insan veya müzik ses örnekleri) içeren wav ses dosyalarına gizlenen verilerin ki-kare steganaliz yöntemi tarafından tespit edilemediği gözlenmiştir. Benzer ses örnekleri (hayvan ses örnekleri) içeren dosyalarda ise gizlenen veriler ki-kare steganaliz yöntemi tarafından tespit edilmiştir.

\*İlgili Yazar, email: ali.durdu@asbu.edu.tr

### 1. Introduction

While development of the technology has provided fast communication applications, at the same time secure communication has come into prominence. Different methods have been developed for secure communication such as cryptography and steganography.

Steganography is a data hiding method in an innocent media to prevent initial observations from third parties. Thus, third parties are not aware of the presence of the secret data when steganography is concerned. Steganography can be applied to image, video, audio or text files. For example, Kuo et al. have proposed a novel high capacity data hiding algorithm which is based on multi-bit encoding function[1].

There are studies that are related to the finding of data which are hidden with the methods of steganography. These methods whose name is steganalysis tries to analyze the carrier file with the aid of different methods. In studies carried out, steganalysis methods in digital environment were generally applied on image files [2]–[15]. Wu et al. have proposed a frame of feature dimension reduction based semi-supervised learning for high-dimensional unbalanced JPEG image steganalysis [2]. Holub and Fridrich have introduced a novel feature set for steganalysis of JPEG images [4]. Nouri and Mansouri have proposed a new SVD-based feature set for steganalysis both in spatial and JPEG domains [5]. Mohammadi et al. have introduced a new feature-based blind steganalysis method [6]. In the literature, there are also steganalysis studies on audio files. [16]–[18]. Liu et al. have proposed steganalysis method for detecting the presence of information-hiding behavior in wav audios. [16]. Ren et al. have proposed a method for detection of adaptive multirate (AMR) audio steganography [17]. Yavanoglu et al. have introduced an intelligent steganalysis method to investigate wave audio signals if they contain any steganographic content or not [18].

In this study, steganalysis has been carried out for audio files in content-based approach. In the study two data sets are used and in total 4500 audio files are steganalyzed. The hidden data have been embedded into the cover medium by LSB (Least Significant Bit) method. The imperceptibility variation of hidden data in the test files has been examined in respect to the content.

The steganography method which is used to conceal data to the audio files and chi-square steganalysis method which is used to identify the data are shown in the part 2. In part 3, data set which is used in the study and experimental results are presented. The result of the study is elucidated in part 4.

## 2. Material and Method

### 2.1. Steganography method

LSB substitution steganography method is used so that it can be an input for the steganalysis method in this study in order to conceal data to the data set which will be used. The reason for the preference of LSB steganography method is that chi-square steganalysis method is designed for the data which is concealed with LSB. In LSB method, each carrier is concealed into the last least significant bit of the every byte in the file. Hence, an 8-byte audio sample can accommodate a single secret data byte. The bits of secret data can be placed either successively or randomly in the bytes. The steganography algorithm prefers to locate the secret data in the last bits of each audio byte successively. The system has been evaluated with various amounts of inputs as the effect of size constraints can be eliminated by using randomly sized secret data.

The steganography algorithm initially reads the original audio file in wav format. The generated random secret message is embedded into an audio file at a desired data rate. The secret message is written in the last bits of the audio file and data has been hidden into the audio file at 100%. So as to hide data for the desired rate, the secret data is embedded then the rest is filled with the original audio file, and in this way stego file is created. The cover audio file is regenerated in wav format at the end of these procedures.

Audio samples can be 8, 16, 32 or 64 bits in length [19]. However, 16-bit wav audio files are widespread on the Internet. Steganography and steganalysis algorithms are compatible with all wav audio file formats regardless of the size. Hiding and detection procedures are carried out by steganography and steganalysis algorithms in accordance with the bit size of wav files that makes the system suitable for all wav formats. Incorrect changes in the data that are in the header section in Wav audio files might cause a complete disruption because the data in the header section represent the basic of the audio file. Therefore, a part of the header section cannot be used in data placement procedures.

### 2.2. Chi-square steganalysis method

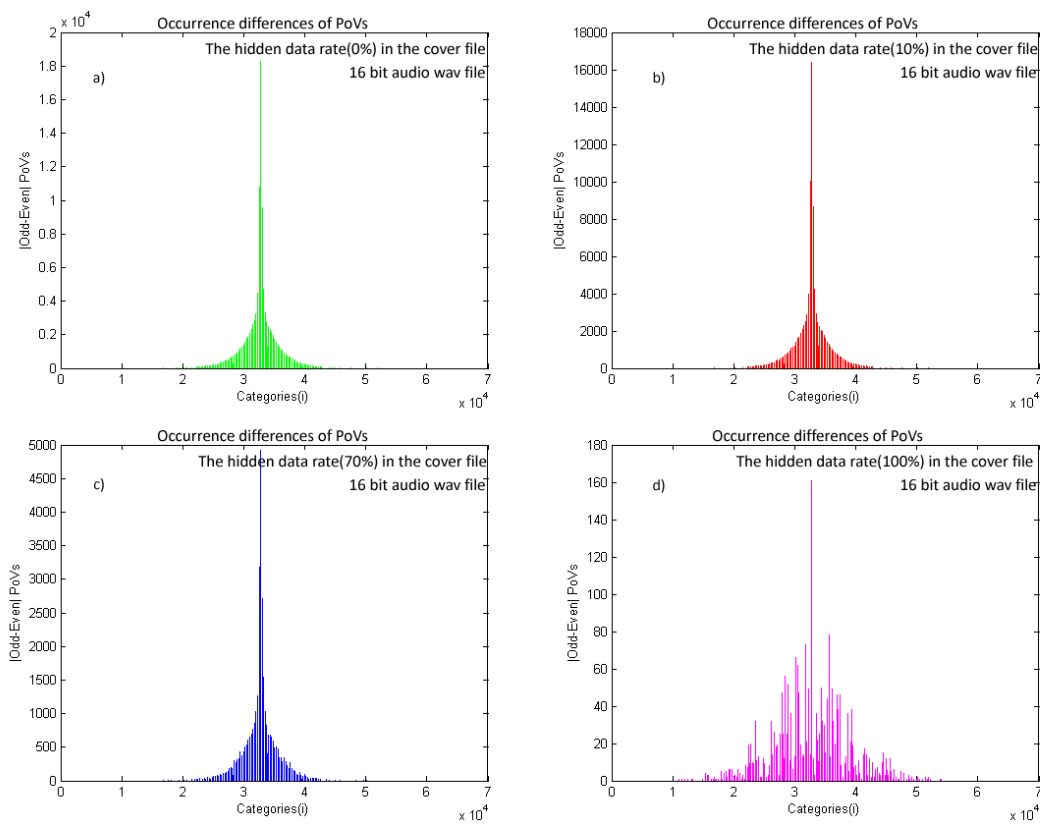
Even though it is not possible to distinguish cover audio file from its original in terms of aural manner, it leaves some statistical marks on the file. Several steganalysis methods are available that analyze statistical marks which occurs after the concealment of data. For instance, global detection systems [26], [27]  $\chi^2$  test (chi-square) [20], [21], RS analysis, histogram analysis [23], visual attacks [22], RQP methods [24] and JPEG steganalysis [25]. Some of these methods are used only for pictures; nevertheless, some of them can also be used for audio files. While in the studies of literature, chi-square steganalysis method is used on picture files, it is used on wav audio files in this study.

Significant distortion cannot be created by LSB method in a cover audio file and that distortions mostly cannot be detected by human ear. However, some statistical marks are left on the file. Chi-square method, which manipulates those marks, was discovered when Westfeld and Pfitzmann thought that LSBs in an image are not random. What



they believed was that the occurrence of each of two pixels in each pair of values (PoV) tends to be far from the average of the PoV. In other words, the occurrence of even numbered pixels cannot possibly be close to the occurrence of odd numbered pixels in a stego image. It is observed that in Westfeld and Pfitzmann's studies the data in the original files, in this file the data is not concealed, odd and even numbered occurrences are not equal. Nevertheless, it is observed that occurrences in the file in which the data is concealed are equal [21]. Chi-square steganalysis method works by using this difference. When the data is concealed PoVs value in the original file alters. As a matter of fact, while embedding a secret data using LSB method, increment even numbered pixels by one or they remain unchanged. Odd values are increased once or there is no change [20]. As a result of this change, each even in the histogram of pixel values approaches to the same number and the histogram of the file is "pair-wise".

In wav audio, concealed data at various rates are concealed with LSB method. Odd and even numbered occurrences are grouped in the same category. Differences between odd and even numbered occurrences are close to the zero when the file is full of concealed data. In each category, differences of odd and even numbered occurrences are calculated and the obtained histograms are demonstrated in the figure 1. Histograms show the data rate depending on the differences between the categories. To give an illustration, if concealed data carrier file is full of concealed data, difference between the categories is close to the zero.



**Figure 1.** The differences of categorized odd and even occurrences of wav audio file with various rates of embedding message

### 3. Results

#### 3.1. Audio sets

Audio Set 1: In this study, have used audio files incorporating music, human and animal voice files retrieved from YouTube [28]. These audio files have been split into 10-second samples using Audacity software [29] and resaved as 16-bit wav format. At the end of the process have obtained 3000 wav files, 1000 from each category.

Audio Set 2: For the second data set, 1500 files, 500 from each category i.e. music, human and animal voice have been downloaded from various servers [30, 31]. These audio files are, in 16-bit wav format, 10-seconds or shorter.

#### 3.2. Content based chi-square analysis

Chi-square is an analysis method that works on odd and even numbered occurrence distributions. A sound sample comprising of odd and even numbered samples forms a PoVs. In this method, if the occurrence difference of PoVs is small i.e. close to zero, it is assumed that the content can incorporate hidden data. On the other hand (bigger than zero), the method returns a negative result. Thus, if an audio file contains dissimilar sounds, there will be too many sound samples in different occurrences. Therefore, each dissimilar sound sample constitutes a distinct category. Since there are so many different odd and even numbered occurrences, the number of categories will ascend and the difference between odd and even occurrences will decrease. This situation leads to false positive result in chi-square method. Some files can incorporate similar audio samples like animal sounds. In this case, the number of odd and even numbered occurrences of audio samples is high. Hence, the categories pile on certain numbers and the number of distinct categories demonstrates lower values. In some cases, there are only a few categories but too many occurrences; in this case, the chi-square analysis generates true positive results for files with such content.

Figure 2 shows the result of chi-square analysis of audio files selected by three categories: animal, human and music sounds. For the experimental scenario, both similar and dissimilar audio samples from each category are selected. The chi-square analysis of animal audio file with similar sound samples with 0%, 30%, 50%, 70% and 100% hidden data produces true positive results as seen in Figure 2a. However, it generates false positives when animal audio files contain dissimilar sound samples as shown in Figure 2-b. While the method on human sound file containing similar audio samples embedded with hidden data rate of 0%, 30%, 50%, 70% and 100 % hidden data produces true positive results for 0 %, the results are partially true positive for hiding rate up to almost 12%, yet they are completely false positive beyond 12% as seen in Figure 2.c. The motive behind this peculiarity is that it is hard to find human sound samples with similar content. Even a person reciting the same sentence may not generate similar sound samples. In addition, music files with similar content reflex similar behavior. Hence, the method generates false positives beyond 20% at 0% hidden data rate and beyond 10% for the rest of hidden data rates as shown in Figure 2.e. Consequently, all files containing dissimilar sound samples, the method yields false positive as seen in Figure 2.b, 2.d, and 2.f.

Figure 3 demonstrates odd and even numbered occurrence differences (PoVs) of audio samples chosen from three categories, namely animal, human and music. Audio files with similar and dissimilar sound contents from each category have been selected for analysis. By examining the occurrence difference of PoVs of the animal sound file with similar sound samples with a hidden data rate of 0%, 30%, 50%, 70% and 100% in Figure 3.a, the remarkable difference can be observed. However, occurrence difference of PoVs of the animal sound file with dissimilar sound samples is insignificant as seen in Figure 3.b. This occurrence is also repeated for the rest of the categories. Therefore, similar sound samples create fewer categories compared to dissimilar ones. Additionally, a high number of sound samples in all categories leads to high number of occurrence of PoV. This fact is also valid for Figure 3.a and Figure 3.c, which is a direct consequence of chi-square analysis. It also explains why chi-square generates true positives for files that have similar sound samples. On the contrary, more categories appear for files that dissimilar sound samples and the number of occurrence in categories are minimal. That is why occurrence differences are also low as seen in Figure 3.b, 3.d, and 3.f. Apparently, obtained results conflicts with the outcomes of chi-square analysis. When analyzed a file containing hidden data, the number of occurrence difference of odd and even values in the file approaches to zero. On the other hand, although there is no hidden data in files with dissimilar sound samples, the numbers of occurrence differences are close to zero, which explains why chi-square analysis produces false positives for those files.

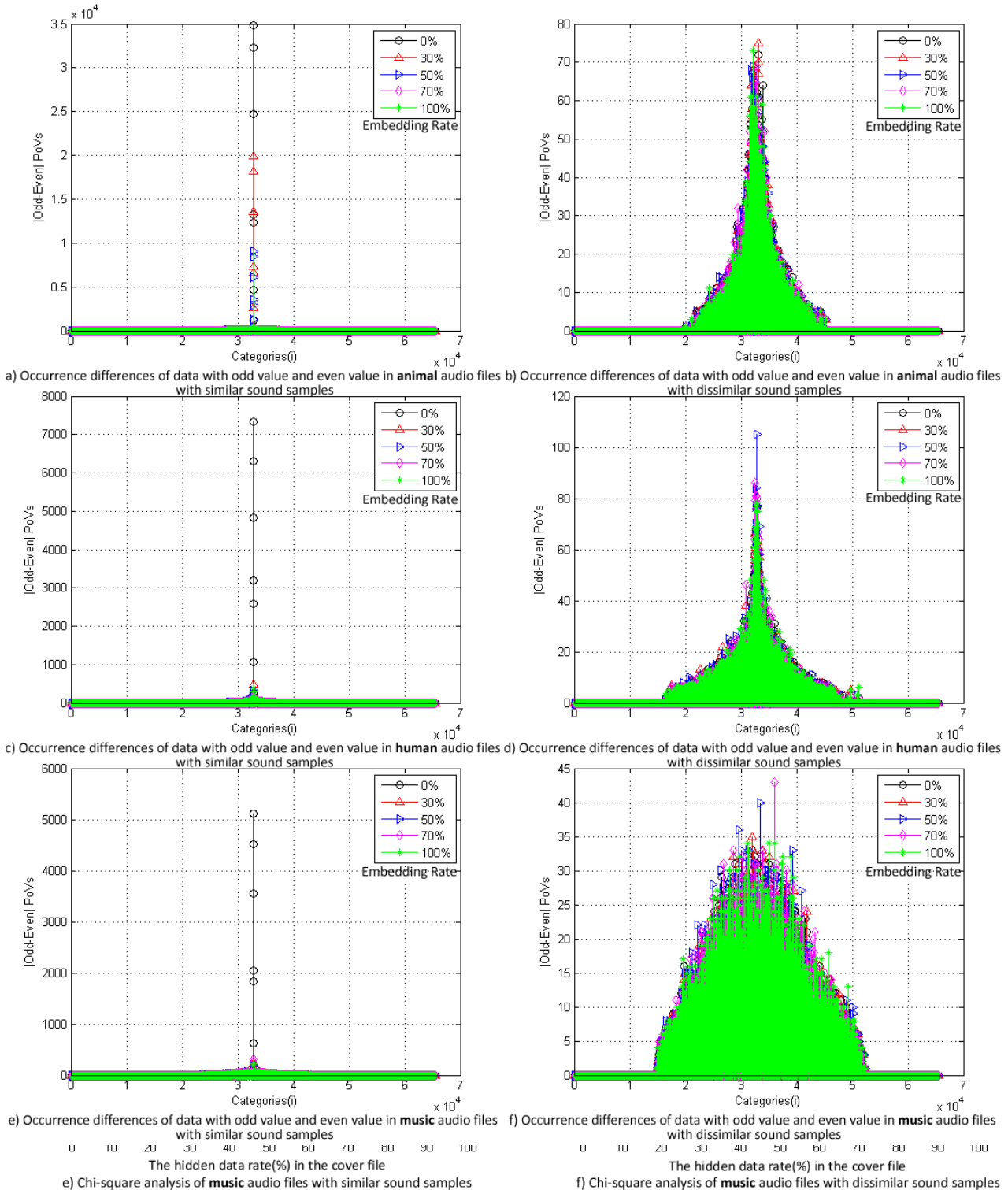
Figure 4 shows the relationship between chi-square sums (given in Eq-2) and the number of categories of audio files chosen from three categories, namely animal, human, and music. When chi-square sums are higher than the value of categories, chi-square method yields accurate results. As seen on Figure 4.a, when no hidden data in the cover files which are composed of similar audio samples, the chi-square sum is higher than the value of categories. On the contrary, when the cover files include dissimilar audio samples with the same hidden data rate the value of categories are higher than chi-square sums as seen in Figure 4.b. This is because of the fact that fewer categories are formed in similar audio samples. However, the numbers of occurrences of audio samples in categories are increased. So, the more occurrences the categories have the more chi-square sums obtain. In Figure 4.a, 4.c and 4.e, chi-square method has produced accurate results, while in Figure 4.b, 4.d and 4.f it has produced inaccurate results. The reason for this is the low number occurrences in many categories and these

causes to a low amount of chi-square sums. Since chi-square method utilizes the difference between odd and even values, it produces positive results because of a low level of frequency difference. However, such exceptional cases generate false positive results and therefore, hidden data on the files cannot be detected by chi-square method.

Audio Set 1: In this study has embedded hidden data into 3000 audio files with hidden data rates of 0%, 30%, 50%, 70% and 100 % followed by implementation of chi-square analysis on these files. As seen in Figure 5.a, 5.b, and 5.c chi-square method have produced false positive results when 3000 audio files with 10-second samples are used. The main reason for having a massive rate of false positives is the low number of differences between odd and even samples as shown in Figure 6.a, 6.b, and 6.c. The number of categories in accordance with these results, outnumbered chi-square sums as seen in Figure 7.a, 7.b, and 7.c.

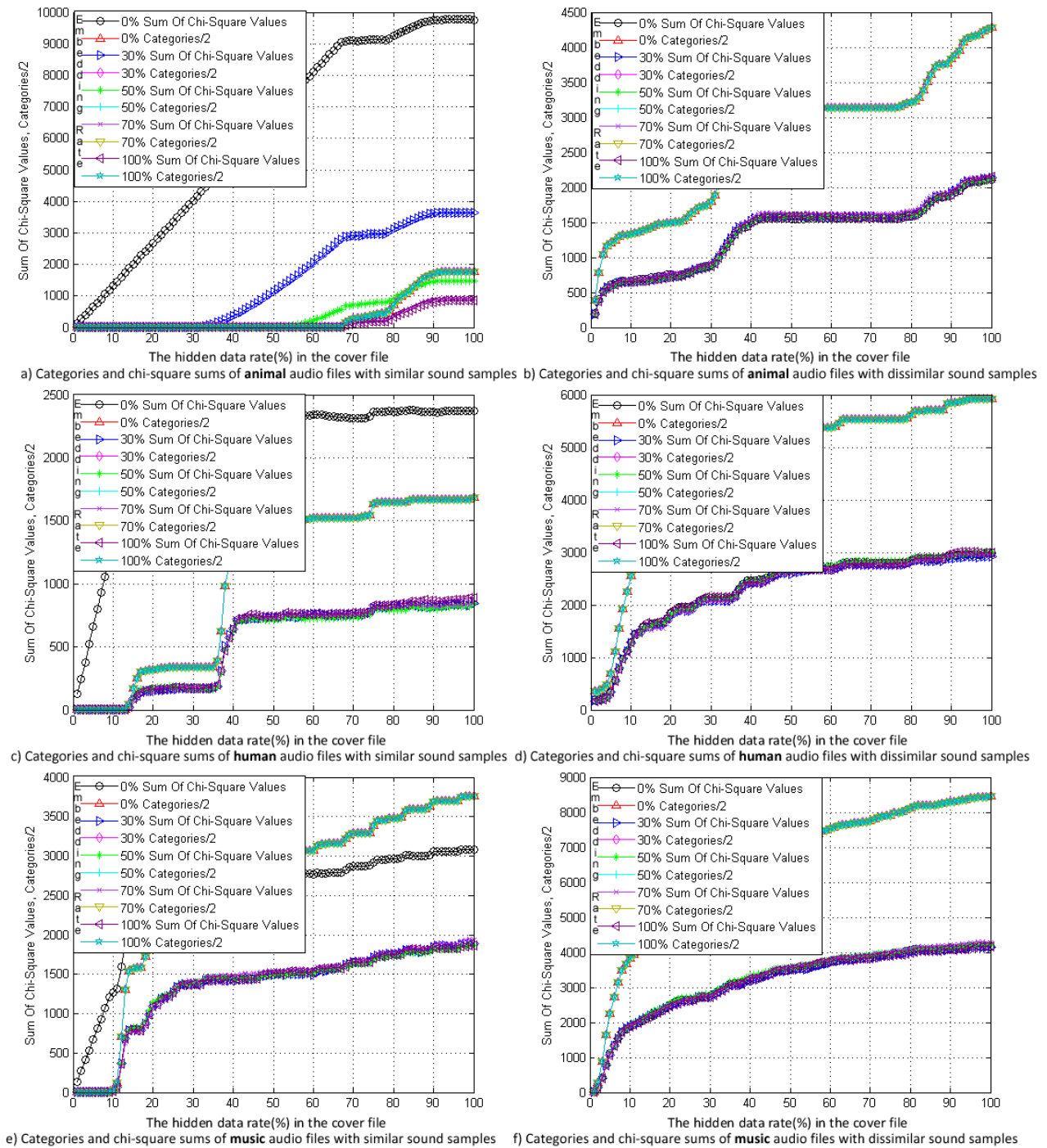
**Figure 2.** Chi-square analysis of animal, human and music audio files containing similar and dissimilar sound sample

Audio Set 2: In another experiment, has employed 1500 audio files, which have a lower number of categories, to embed hidden data with rates of 0%, 30%, 50%, 70%, and 100%. After that chi-square analysis has been applied on these files. Figure 8, 9 and 10 shows the average values obtained from the analysis. Results seen in Figure 5, 6,

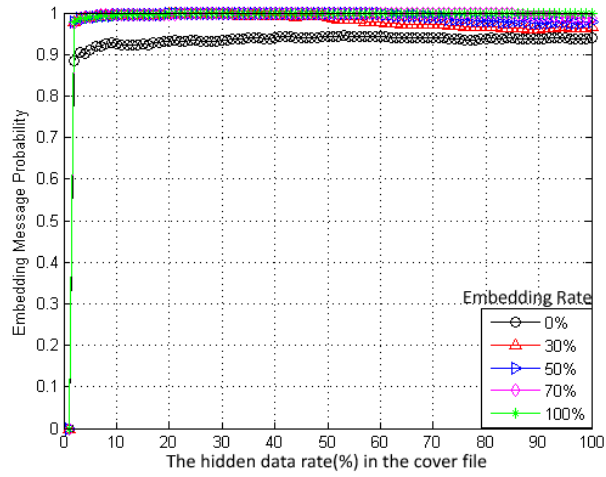


7 and Figure 8, 9, 10 support each other. However, the results obtained from the analysis for Audio Set 2 are more applicable than those for Audio Set 1. This is due to the fact that categories can occur and this is essentially compatible with the operating logic of chi-square method.

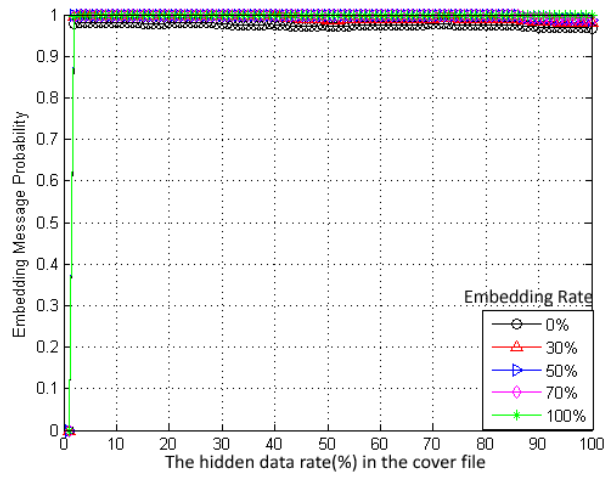
**Figure 3.** Occurrence differences of odd and even numbered audio samples in animal, human and music audio files with similar and dissimilar audio samples with different rates of embedding messages



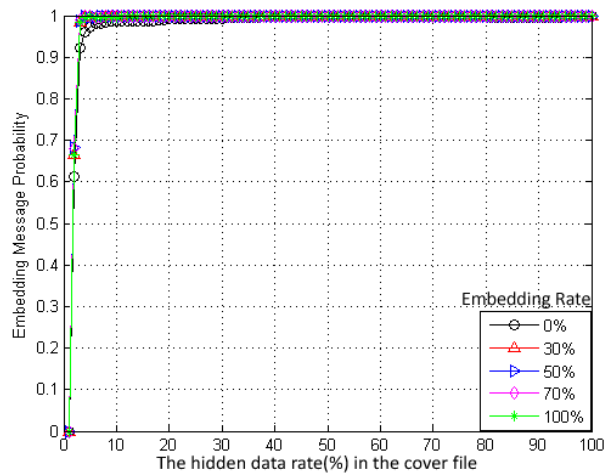
**Figure 4.** Categories and chi-square sums of animal, human and music audio files with similar and dissimilar sound samples with various embedding rates



a) Average chi-square graph analyses of 1000 wav **animal** audio files with different rates of embedding a messages

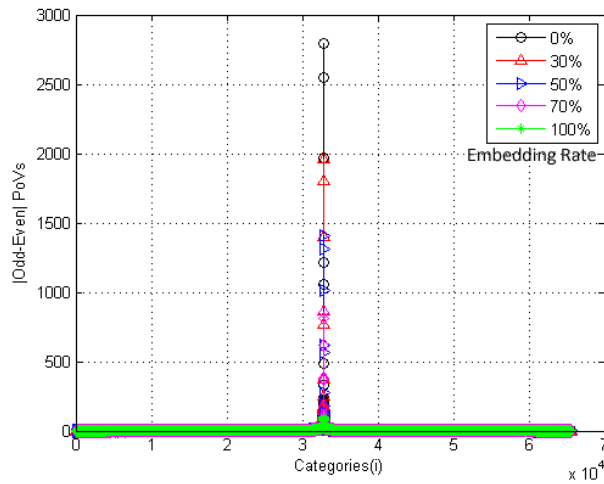


b) Average chi-square graph analyses of 1000 wav **human** audio files with different rates of embedding a messages

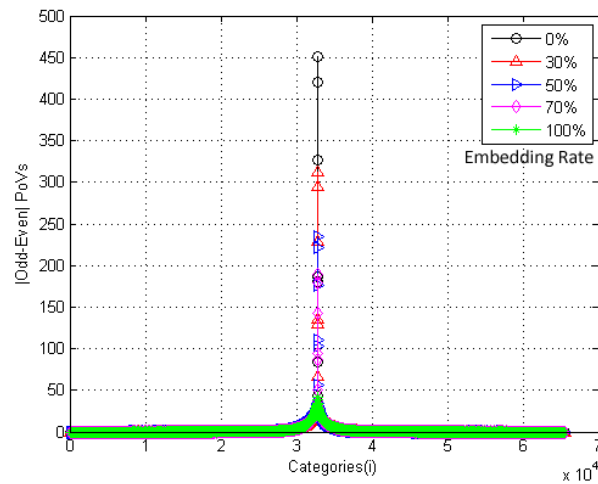


c) Average chi-square graph analyses of 1000 wav **music** audio files with different rates of embedding a messages

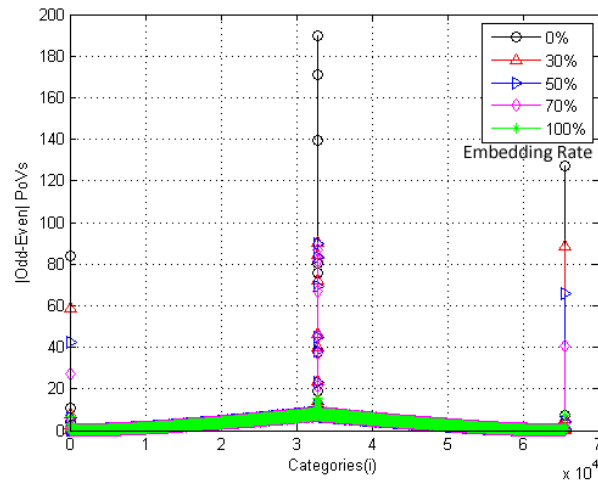
**Figure 5.** Audio Set 1: Average chi-square graph analyses of 3000 wav different type (animal, human and music) audio files  
Audio Set 2 has shorter audio files and thus, fewer



a) Average occurrence differences graph of data with odd and even value analyses of 1000 wav **animal** audio files with different rates of embedding a messages

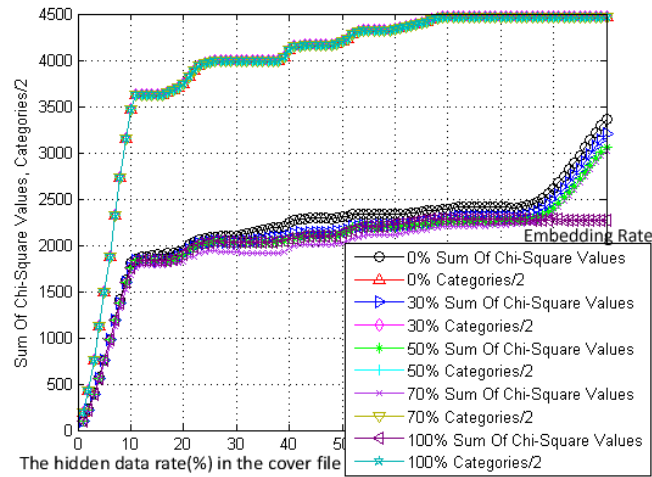


b) Average occurrence differences graph of data with odd and even value analyses of 1000 wav **human** audio files with different rates of embedding a messages

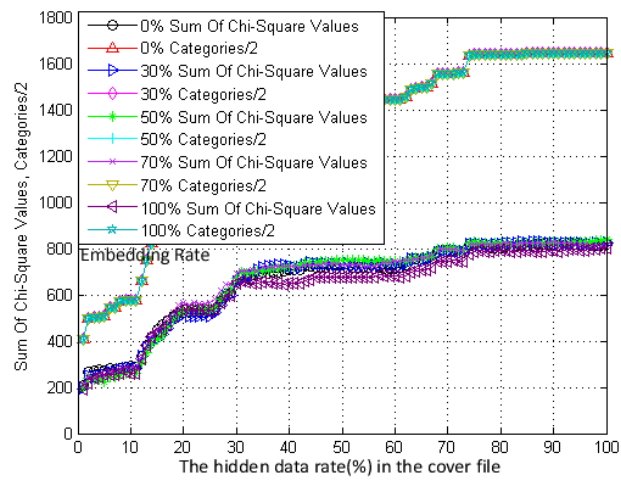


c) Average occurrence differences graph of data with odd and even value analyses of 1000 wav **music** audio files with different rates of embedding a messages

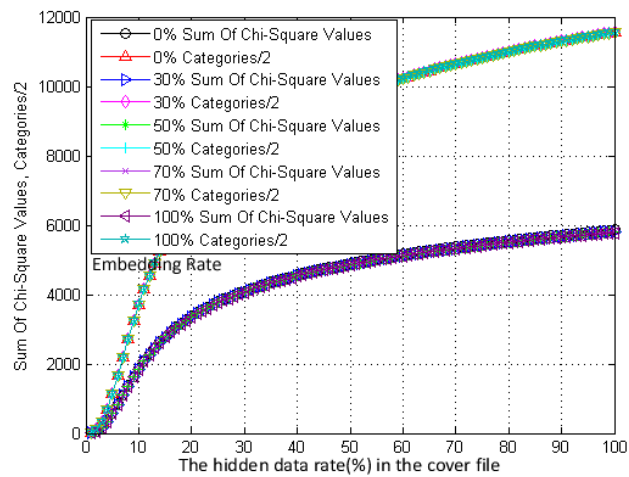
**Figure 6.** Audio Set 1: Average occurrence differences graph of data analyses of 3000 wav different type (animal, human music) audio files



a) Average graph categories and chi-square sums analyses of 1000 wav **animal** audio files with different rates of embedding a messages



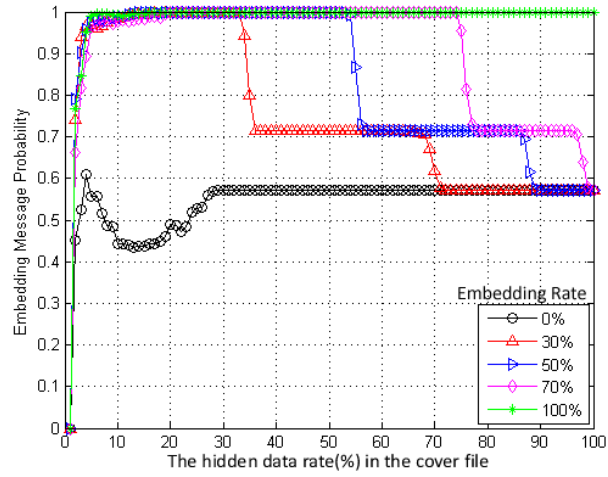
b) Average graph categories and chi-square sums analyses of 1000 wav **human** audio files with different rates of embedding a messages



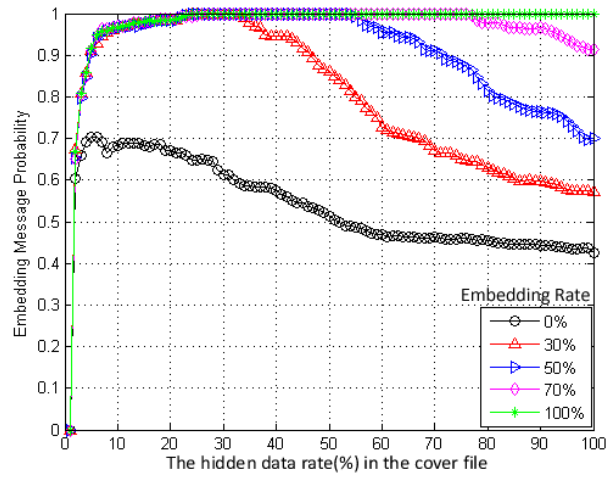
c) Average graph categories and chi-square sums analyses of 1000 wav **music** audio files with different rates of embedding a messages

**Figure 7.** Audio Set 1: Average graph categories and chi-square sums analyses of 3000 wav different type (animal, human and music) audio files

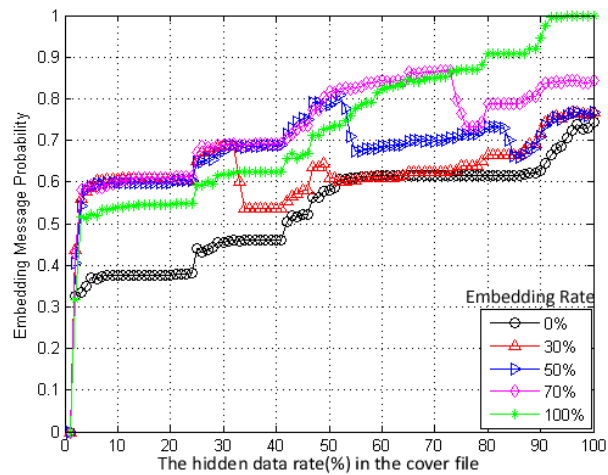




a) Average graph Chi-square analyses of 500 wav **animal** audio files with different rates of embedding a messages

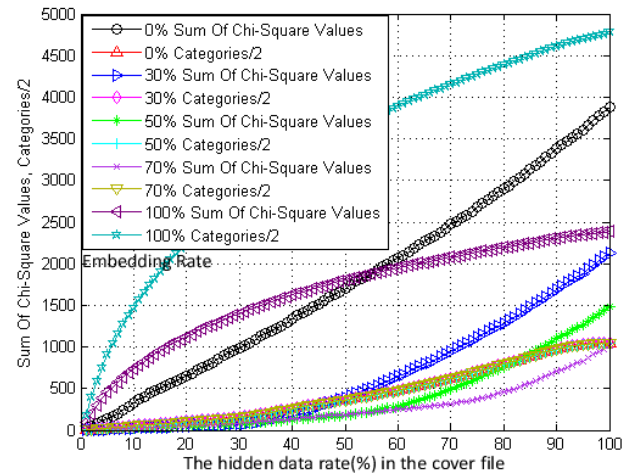


b) Average graph Chi-square analyses of 500 wav **human** audio files with different rates of embedding a messages

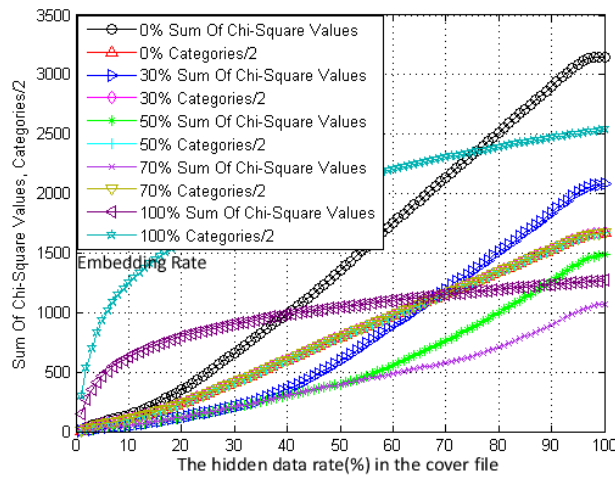


c) Average graph Chi-square analyses of 500 wav **music** audio files with different rates of embedding a messages

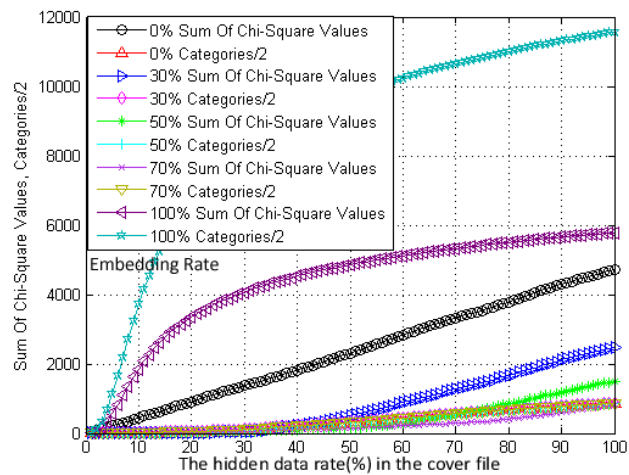
**Figure 8.** Audio Set 2: Average chi-square graph analyses of 1500 wav different type (animal, human and music) audio files



a) Average graph categories and chi-square sums analyses of 500 wav **animal** audio files with different rates of embedding a messages

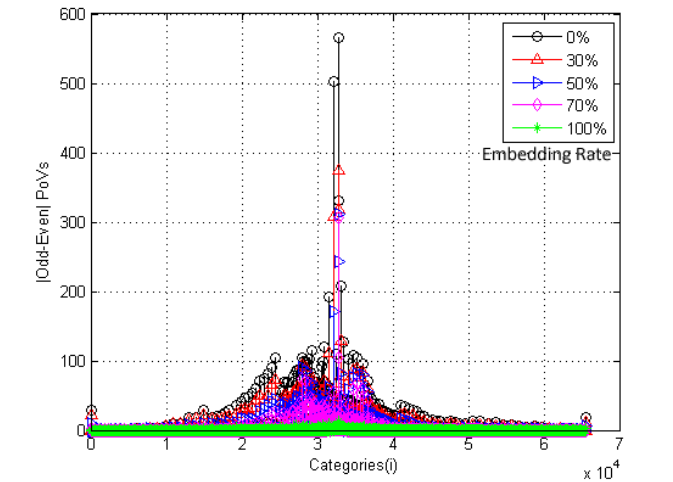


b) Average graph categories and chi-square sums analyses of 500 wav **human** audio files with different rates of embedding a messages

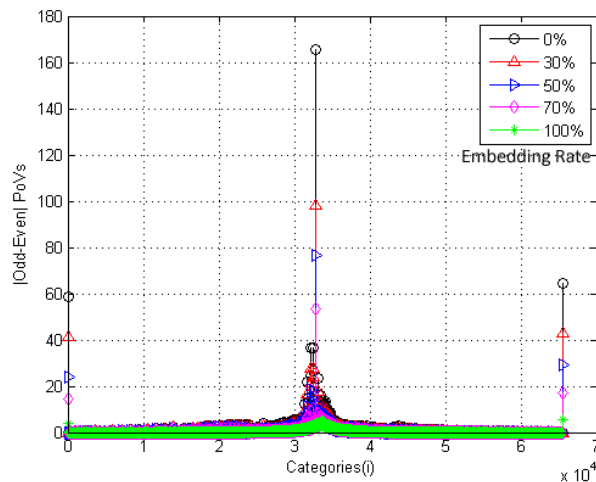


c) Average graph categories and chi-square sums analyses of 500 wav **music** audio files with different rates of embedding a messages

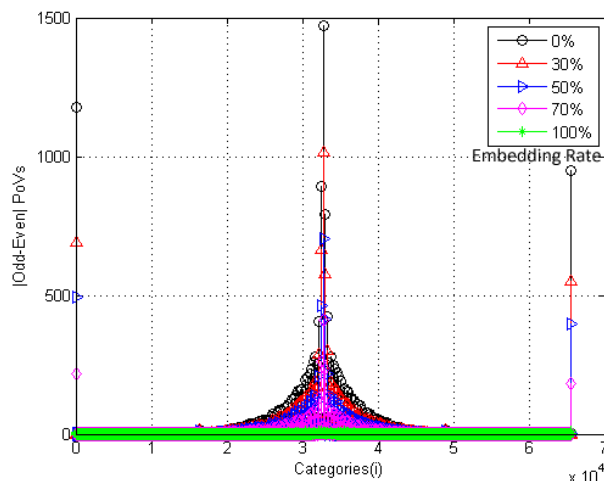
**Figure 9.** Audio Set 2: Average occurrence differences graph of data analyses of 1500 wav different type (animal, human and music) audio files



a) Average graph occurrences differences of data with odd and even value analyses of 500 wav **animal** audio files with different rates of embedding a messages



b) Average graph occurrences differences of data with odd and even value analyses of 500 wav **human** audio files with different rates of embedding a messages



c) Average graph occurrences differences of data with odd and even value analyses of 500 wav **music** audio files with different rates of embedding a messages

**Figure 10.** Audio Set 2: Average graph categories and chi-square sums analyses of 3000 wav different type (animal, human and music) audio files

When the embedding rate is 100% in musical audio files, it can produce 12000 different categories as seen in Figure 7.c and Figure 10.c. This implies more categories can be formed in musical audio files since they are rich in many dissimilar audio samples. While the difference between odd and even categories is 3000 in the case of 0% data hiding, it is only 550 in Figure 9.a. Comparing Figure 7.a, b, and c with Figure 10.a, b, and c respectively; it can be seen that the number of categories and chi-square sums remain the same at each hiding rate as audio samples with the same length. On the other hand, the number of categories and chi-square sums vary on Figure 8, 9 and 10 as it includes audio samples with various lengths. So we can conclude that the length of the sound file is of great influence on the performance of chi-square method. Hence, hiding data in shorter audio files results in better performance for chi-square method.

Some audio files contain similar sounds. Music files, for example, contain repetitive sounds in music tones of repeated parts and this increases the number of frequencies of odd and even audio samples, which then causes the categories to pile at certain numbers and also creates fewer different categories. In cases when there are only a few categories but too many frequencies, chi-square analysis produces true negative results. Thus, it is not safe to hide data in such files.

In conclusion, we can say that human sounds and music sounds have a high chance of containing unique sounds. It is extremely difficult to detect data hidden in these files with chi-square analysis. Yet, for audio files with similar sound samples, like animal sounds, chi-square produces more accurate results. It is understood from all experiments that data hiding in audio files with unique sound samples could not be detected by chi-square. In contrast, data hiding in audio files with similar sound samples could be partially detected by chi-square.

#### 4. Discussion and Conclusion

In this paper, we have evaluated and analyzed the performance scores of four steganalysis methods on 16-bit audio wav files in which different rate of secret data embedded.

In our study, various rates of data have been hidden in 4500 different wav audio files from 3 categories of music, human and animal sounds and analyzed via chi-square analysis method. Analyses carried out reveal that chi-square produces proper results for audio files with similar sound samples while it produces inappropriate results for audio with dissimilar sound samples. Chi-square analysis produced accurate results for animal sounds with similar audio samples. It has, thus, become clear that preferring especially sound files, which include music and human voice for data hiding, will be safer so that they will not be detected by chi-square. Since the objective of the study is to evaluate and to analyze the chi-square method for steganography purposes using an extensive number of audio files, any comparison with the literature has not been provided.

#### References

- [1] Kuo, W.-C., Kuo, S.-H., Wang, C.-C., Wu, L.-C. 2016. High capacity data hiding scheme based on multi-bit encoding function. *Opt. - Int. J. Light Electron Opt.*, 127(2016), 4, 1762–1769.
- [2] Wu, A., Feng, G., Zhang, X., Ren, Y. 2016. Unbalanced JPEG image steganalysis via multiview data match. *J. Vis. Commun. Image Represent.*, 34(2016), 103–107.
- [3] Li, M., Liu, Q. 2015. Steganalysis of SS Steganography: Hidden Data Identification and Extraction. *Circuits, Syst. Signal Process.*, 34(2015), 10, 3305–3324.
- [4] Holub, V., Fridrich, J. 2015. Low-complexity features for JPEG steganalysis using undecimated DCT. *IEEE Trans. Inf. Forensics Secur.*, 10(2015), 2, 219–228.
- [5] Nouri, R., Mansouri, A. 2015. Blind image steganalysis based on reciprocal singular value curve. in *Machine Vision and Image Processing (MVIP), 2015 9th Iranian Conference on*, 124–127.
- [6] Mohammadi, F. G., Abadeh, M. S. 2014. Image steganalysis using a bee colony based feature selection algorithm. *Eng. Appl. Artif. Intell.*, 31(2014), 35–43.
- [7] Zhang, H., Ping, X. J., Xu, M. K., Wang, R. 2014. Steganalysis by subtractive pixel adjacency matrix and dimensionality reduction. *Sci. China Inf. Sci.*, 57(2014), 4, 1–7.
- [8] Lu, J. C., Liu, F. L., Luo, X. Y. 2014. Selection of image features for steganalysis based on the Fisher criterion. *Digit. Investig.*, 11(2014), 1, 57–66.
- [9] Pathak, P., Selvakumar, S. 2014. Blind Image Steganalysis of JPEG images using feature extraction through the process of dilation. *Digit. Investig.*, 11(2014), 1, 67–77.
- [10] Holub, V., Fridrich, J. 2013. Random projections of residuals for digital image steganalysis. *IEEE Trans. Inf. Forensics Secur.*, 8(2013), 12, 1996–2006.
- [11] Gul, G., Kurugollu, F. 2013. JPEG image steganalysis using multivariate PDF estimates with MRF cliques. *IEEE Trans. Inf. Forensics Secur.*, 8(2013), 3, 578–587.

- [12] Cho, S., Cha, B.-H., Gawecki, M., Jay Kuo, C.-C. 2013, Block-based image steganalysis: Algorithm and performance evaluation. *J. Vis. Commun. Image Represent.*, 24(2013), 7, 846–856.
- [13] Chen, G., Zhang, D., Zhu, W., Tao, Q., Zhang, C., Ruan, J. 2012, On optimal feature selection using harmony search for image steganalysis. in *Proceedings - International Conference on Natural Computation*, 1074–1078.
- [14] Zong, H., Liu, F. L., Luo, X. Y. 2012, Blind image steganalysis based on wavelet coefficient correlation, *Digit. Investig.*, 9(2012), 1, 58–68.
- [15] Dai, Z., Xiong, Q., Peng, Y., Gao, H. 2012, Research on the large scale image steganalysis technology based on cloud computing and BP neural network, in *Proceedings of the 2012 8th International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, IIH-MSP 2012*, 415–419.
- [16] Liu Q., M., Sung, A. H., Qiao, M., 2008, Detecting information-hiding in WAV audios,. *Pattern Recognition*, 19th International Conference on, 1051-4651.
- [17] Ren, Y. , Cai, T., Tang, M., Wang, L. 2015, AMR steganalysis based on the probability of same pulse position, *IEEE Trans. Inf. Forensics Secur.*, 10(2015), 9, 1801–1811.
- [18] Yavanoglu, U., Ozcakmak, B., Milletsever, O. 2012, A New Intelligent Steganalysis Method for Waveform Audio Files, 11th Int. Conf. Mach. Learn. Appl., Dec, 233–239.
- [19] Microsoft Wave. 2018. <http://soundfile.sapp.org/doc/WaveFormat> (Accessed: 29.04.2018).
- [20] Stanley, C. A. 2005, Pairs of Values and the Chi-squared Attack, 1–45.
- [21] Westfeld, A., Pfitzmann, A. 2000, Attacks on Steganographic Systems Steganos, S-Tools and Some Lessons Learned, 1–16.
- [22] Şahin, A. 2007, “New Methods on Image Steganography and Their Reliabilities, Trakya University, Natural and Applied Sciences, Ph.D. Thesis, Trakya.
- [23] Yalman, Y. 2010, Design And Implementation Of A Steganography Method Based On Histogram Modification For Digital Images, Kocaeli University, Natural and Applied Sciences, Ph.D. Thesis, Kocaeli.
- [24] Fridrich, J., Long, M. 2000, Steganalysis of LSB encoding in color images, *IEEE Int. Conf. Multimed. Expo. ICME2000. Proceedings. Latest Adv. Fast Chang. World Multimed.* 3(2000), c, 1279–1282.
- [25] Fridrich, J., Goljan, M. 2002, Practical Steganalysis of Digital Images – State of the Art, Apr., 1–13.
- [26] Farid, H. 2002, Detecting hidden messages using higher-order statistical models, in *Proceedings. International Conference on Image Processing*, 2, II-905-II-908.
- [27] Farid, H. 2001, Detecting Steganographic Messages in Digital Images, Technical Report, Oct.
- [28] Youtube, 2018. <http://www.youtube.com> (Accessed: 29.04.2018).
- [29] Audacity, 2018. <http://www.audacityteam.org> (Accessed: 29.04.2018).
- [30] Wav source, 2018. <http://www.wavsource.com> (Accessed: 29.04.2018).
- [31] Daily Wav, 2018. <http://www.dailywav.com> (Accessed: 29.04.2018).

## Grafen Oksit (GO), Azot Katkılanmış Grafen Oksit (NGN-OKSİT) ve Azot Katkılanmış Grafen (NGN)'in Antikanser Etkilerinin Araştırılması

Orhan Ünal \*1, Aytül Ünal, Seyit Alper Çetin, Esra Aydemir<sup>1</sup>, Edip Bayram<sup>2</sup>, Çağdaş Kızıl<sup>2</sup>

\*1 Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, ANTALYA

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü, ANTALYA

(Alınış / Received: 28.11.2019, Kabul / Accepted: 03.03.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Anahtar Kelimeler

Grafen Oksit,  
Azot Katkılanmış Grafen Oksit,  
Azot Katkılanmış Grafen,  
Antikanser

**Öz:** Çalışmada grafen oksit (GO), Azot katkılanmış grafen oksit (NGN-OKSİT) ve azot katkılanmış grafen (NGN) ile MCF-7 (ATCC® HTB-22™, östrojen reseptör pozitif insan meme kanseri), A549 (ATCC® CCL-185, insan akciğer epitelyal karsinoma) ve 293-T (ATTC CRL-1573, insan embriyonik böbrek epitel) hücre hatları kullanılmıştır. A549 akciğer karsinom hücrelerinin canlılığı üzerine en fazla etkiyi NGN göstermiştir. 24 saatlik inkübasyon süresi sonunda NGN için IC<sub>50</sub> değeri 195 µg/ml olarak saptandı. Aynı hücreler de NGN-OKSİT için belirlenen IC<sub>50</sub> değeri 833 µg/ml'dir. Grafen oksit A549 hücrelerinde 1000 µg/ml'lik en yüksek dozda sadece % 17 oranında ölüme yol açmıştır. MCF-7 meme kanseri hücrelerinin canlılığı üzerine en fazla etkiyi NGN göstermiştir. 24 saatlik inkübasyon süresi sonunda NGN için IC<sub>50</sub> değeri 377 µg/ml olarak saptanmıştır. Aynı hücreler de NGN-OKSİT ve grafenoksit en fazla etkiyi test edilen en düşük doz olan 1.9 µg/ml'lik dozda göstermiş ve sırasıyla % 18 ve % 11 oranında ölüme yol açmıştır. Test edilen hiçbir grafen türevi epitel hücreleri üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğu saptanan sitotoksik bir etki göstermemiştir.

## Investigation of The Anticancer Effects of Graphene Oxide (GO), Nitrogen Doped Graphene Oxide (NGN-OXIDE) and Nitrogen Doped Graphene (NGN)

### Keywords

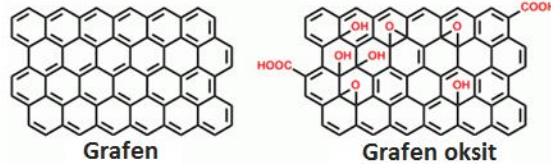
Graphene Oxide,  
Nitrogen Additive Graphene  
Oxide,  
Nitrogen Doped Graphene,  
Anticancer

**Abstract:** Graphene oxide (GO), Nitrogen-doped graphene oxide (NGN-OXIDE), nitrogen-doped graphene (NGN) and MCF-7 (ATCC® HTB-22™, estrogen receptor positive human breast cancer), A549 (ATCC® CCL-185) human lung epithelial carcinoma), 293-T (ATTC CRL-1573, human embryonic kidney epithelium) cell lines were used in this research. A549 showed the greatest effect on viability of lung carcinoma cells. After an incubation period of 24 hours, the IC<sub>50</sub> value for NGN was 195 µg/ml. The same cells have an IC<sub>50</sub> value of 833 µg/ml for NGN-OXIDE. Graphene oxide caused only 17% death in A549 cells at the highest dose of 1000 µg/ml. NGN showed the greatest effect on the viability of MCF-7 breast cancer cells. At the end of the 24 hour incubation period, the IC<sub>50</sub> value for NGN was 377 µg/ml. The same cells, NGN-OXIDE and grapheneoxide, showed the greatest effect at the lowest tested dose of 1.9 µg/ml, resulting in 18% and 11% deaths, respectively.

\*İlgili Yazar, email: ounal@akdeniz.edu.tr

## 1. Giriş

Grafit, yumuşak, yağlı, kâğıt üzerinde iz bırakan, siyah renkli katı bir maddedir. Grafit kristal yapılı olup grafen tabakalarından oluşur. Grafen, karbon atomunun bal peteği örgülü yapılarından bir tanesine verilen isimdir. Periyodik tablodaki en ilginç elementlerden biri Karbon atomudur. Karbonun, grafit (kurşun kalem, katı yağlayıcılar vb.) ve elmas gibi gündelik hayattan çok iyi bilinen allotroplarının yanında nanotüp ve fulleren gibi yeni sentezlenen formları da mevcuttur. Özellikle karbon nanotüpler ve C<sub>60</sub> (fulleren) molekülleri ilk sentezlendikleri yıllardan günümüze kadar katı hal fizikini son derece aktif araştırma alanları arasına girmiştir. Bal peteği kristal yapısında, sp<sup>2</sup> melezleşmesi yapan; grafitin, nanotübün ve C<sub>60</sub>'ın ana yapıtaşı olan grafen ise ancak 2004 yılında sentezlenebilmiştir (Şekil 1). İngilizce'de "Graphite" ve "ene" kelimelerinden türetilen "graphene" terimi türkçede **grafen** olarak karşılık bulmuştur. 2010 Nobel Fizik Ödülü, "iki-boyutlu grafen malzemesine ilişkin çığır açan deneyleri için" Andre Geim ve Konstantin Novoselov'a verilmiştir [1].



Şekil 1. Grafen ve Grafen oksit

Grafen, 1 atom kalınlığında, sp<sup>2</sup> hibrit carbon atomlarının bağlanmasıyla oluşmuş düzlemsel karbon malzeme olarak tanımlanmaktadır [2]. Grafen kristalinde her bir karbon atomu, sahip olduğu π elektronları ile delokalize elektron ağının oluşmasına katkıda bulunur. Grafenin, ilk olarak 2004 yılında Novoselov ve arkadaşları tarafından "sticky bant" kullanılarak mikromekanik ayırma yöntemiyle grafitten izole edilmesinden sonra, grafen konusunda yapılan çalışmalar çok hızlı bir şekilde artmıştır [2]. Grafenin düzlemsel delokalize elektron ağı, elektronların yapı içerisinde relativistik hızlarda hareketine izin verir. Grafen, bu yapısı nedeniyle çok yüksek elektriksel ve termal iletkenliğe, yüksek optik geçirgenliğe, yüksek mekaniksel dayanım ve esnekliğe ve çok yüksek teorik spesifik yüzey alana (2630 m<sup>2</sup>/g) sahiptir. Ayrıca, yüksek kimyasal dayanım ve toksik olmama gibi özellikleri de bildirilmiştir [3]. Bu sıra dışı özelliklerin bir veya birkaçının bir arada bulunması, grafeni mevcut teknolojilerin yerini alabilecek yeni süper özellikli teknolojilerde kullanılacak malzeme haline getirmiştir. Örneğin, optik geçirgenlik, esneklik ve iletkenlik özellikleri birleştirilerek esnek elektroniklerin üretiminde kullanılabilir. Bunun yanında grafenin, alan etkili transistörler, dokunmatik ekranlar, enerji depolama ve dönüşümü (Lityum-iyon piller ve yakıt hücreleri, elektrokimyasal süper kapasitörler, boya duyarlı güneş pilleri) ve sağlık alanında (Hücre görüntüleme, fotokemoterapi, ilaç salınımı, biyosensörler ) gibi birçok alanda kullanılma potansiyeli vardır [3].

Kelime anlamı olarak kanser, bir organ veya dokudaki hücrelerin düzensiz olarak bölünüp çoğalmasıyla beliren kötü urlara denir. Genel anlamda ise kanser vücudumuzun çeşitli bölgelerindeki hücrelerin kontrolsüz çoğalması ile oluşan 100'den fazla hastalık grubudur. Çok çeşitli kanser tipleri olmasına rağmen, hepsi anormal hücrelerin kontrol dışı çoğalması ile başlar. Tedavi edilmez ise ciddi rahatsızlıklara, hatta ölüme dahi neden olabilir. Kanser (cancer) terimi, tıbbın babası olarak bilinen Yunan fizikçi Hippocrates (MÖ 460-370) tarafından oluşturulmuştur. Hippocrates carcinos ve carcinoma terimlerini ülser oluşturan ve ülser oluşturmeyen tümörler için kullanmıştır. Kadınlarda en çok meme, rahim ve kalın bağırsak kanseri; erkeklerde ise en çok akciğer, prostat, mide ve kalın bağırsak kanserleri görülmektedir. Tüm kanserlerin %16'sı, tüm kanser ölümlerinin %28'i erkeklerde %35, kadınlarda %19 akciğer kanseri nedeniyledir. Akciğer kanseri büyük ölçüde sigara kullanımı ile ilişkilidir [4]. Özetle, kanser modern tıbbın en büyük sorunlarından biridir. 2012 yılında dünya üzerinde 14 milyon yeni kanser vakası kaydedildi. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) her yıl kanser vakası sayısının artacağını; 2025 yılında kanser vaka sayısının 19 milyona, 2030'da 22 milyona ve 2035'te ise 24 milyona ulaşabileceğini bildirmektedir. Ve dahası DSÖ'ye göre, kanseri önlemek için gösterilen çaba ne yazık ki yeterli değildir. Kanser tedavisi için yeni ajanlar, yöntemler üzerinde çalışılmalıdır. Bu bağlamda, farklı birçok nanopartikül kanser tedavisinde kullanım için test edilmektedir ve son yıllarda grafen ve grafen bazlı nanomalzemeler kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle kanser tedavisinde ilgi çekmektedir. Grafen bazlı nanomalzemeler antikanser ajanlar olarak fototermal terapide, ilaç taşıyıcı olarak ve dahası tek başlarına nano ilaçlar olarak uygulanabilmektedir [5]. Literatürlerde grafen oksit (GO)'in kanser çalışmalarında kullanıldığı çalışmalar mevcuttur [5, 6]. Diğer taraftan, azot katkılanmış grafen oksit (NGN-OKSİT) ve azot katkılanmış grafen (NGN) ile ilgili hiçbir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada özellikle sentezlediğimiz özgün grafen türevlerinin (NGN-OKSİT ve NGN), en sık görülen iki kanser tipi olan akciğer ve meme kanserlerindeki sitotoksik etkilerini tespit ederek antikanser potansiyelleri olup olmadığını belirlemek amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Grafen Oksit (GO), Azot Katkılanmış Grafen Oksit (NGN-OKSİT), Azot Katkılanmış Grafen (NGN) ve Hücre Hatları

Materyal olarak çalışmada XG Sciences firmasından temin edilen xGnP-M-5 kodlu grafen oksit (GO) ve solvotermal yöntemle sentezlenen azot katkılanmış grafen oksit (NGN-OKSİT) ve azot katkılanmış grafen (NGN) kullanılmıştır. Hücre hatları olarak MCF-7 (ATCC® HTB-22™, östrojen reseptör pozitif insan meme kanseri), A549 (ATCC® CCL-185, insan akciğer epitelyal karsinoma) ve 293-T (ATCC CRL-1573, insan embriyonik böbrek epitel) kullanılmıştır.

### 2.2. Grafen Oksit (GO), Azot Katkılanmış Grafen Oksit (NGN-OKSİT) ve Azot Katkılanmış Grafen (NGN) Üretim Yöntemi

Azot katkılanmış grafen oksit (NGN-OKSİT) ve azot katkılanmış grafen (NGN) üretim yöntemi şu şekildedir. Yöntemde indirgeyici olarak metalik sodyum kullanılmıştır. Buna göre, belirli miktarda N,N-dimetilformamid (DMF) ve metalik Na yüksek basınç reaktörünün teflon haznesine yerleştirilmiş ve ağız sıkıca kapatılmıştır. Karışım 190 °C'de 72 saat bekletildikten sonra oda sıcaklığına kadar soğuması beklenmiş ve ardından teflon haznesinin ağız dikkatlice açılarak oluşan ürün HCl çözeltisi ile nötralize edilmiştir. Fazla Na ile HCl arasındaki reaksiyon tamamlandıktan sonra karışım vakumlu sistemde PVdF membranla süzülüp, deiyonize su ile yıkandıktan sonra 90 °C'de kurutulmuştur. Oluşan ürün NGN-OKSİT olarak etiketlenmiştir. NGN-OKSİT'in bir kısmı Ar atmosferinde, 900 °C'de piroliz edilmiş ve böylece azot atomlarının grafen plakalarına kovalent olarak bağlanması sağlanarak NGN elde edilmiştir. GO ve NGN, taramalı elektron mikroskobu (SEM, LEO 1430) X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) teknikleri ile karakterize edilmiştir. Örneklerin yüzey alanları N<sub>2</sub> adsorpsiyon yöntemi ile belirlenmiştir.

### 2.3. Hücreler ve Kültür Koşulları

MCF-7 (ATCC®HTB-22™, östrojen reseptör pozitif insan meme kanseri), A549 (ATCC®CCL-185, insan akciğer epitelyal karsinoma) ve 293-T (ATCC CRL-1573, insan embriyonik böbrek epitel) hücre hatlarının her biri % 10 Fetal Bovin Serum, 0.02 mM esansiyel olmayan amino asit karışımı, 1 mM Na-pirüvat, 4 mM L-glutamin ve 80 mg gentamisin ilave edilmiş RPMI-1640 besi yeri kullanılarak 37°C'de %5 CO<sub>2</sub>'li Memmert marka etüvde kültüre edilmiştir.

### 2.4. Hücrelere GRAFEN Uygulaması ve Hücre Canlılığının Belirlenmesi

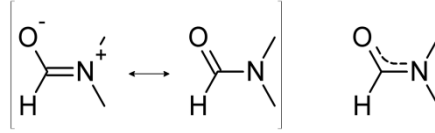
GO, NGN, ve NGN-OKSİT serumsuz besi yeri içerisinde çözündürülerek 1 mg/mL'lik ana stoklar hazırlandı. Hücreler stoktan açılarak küçük petri kaplarına ekildi ve petri kapları %80-90 oranında dolunca tripsinizasyon ile kaldırılıp 1x10<sup>4</sup> hücre/kuyucuk olacak şekilde 96 kuyucuklu steril plaklara bölündü. 24 saatlik süre ardından besiyerleri uzaklaştırılıp, grafenler en yüksek doz 1000 µg/ml olacak şekilde seri dilüsyon ile yarı yarıya dozlar azaltılarak hazırlanmış %1 serum içeren besiyerlerine eklendi. Grafen uygulamasını takiben tek bir sıra kuyucuktaki hücre canlılığı saptandı (Başlangıç zamanı). 24 saatlik inkübasyon sonrasında hücrelerin canlılığı WST-1 testi ile saptandı. WST-1 testi canlı hücrelerdeki metabolik aktiviteyi, hücrelerin WST-1'i parçalayarak çözülebilir formazan tuzları oluşturması ile ölçmektedir. Bunun için süre sonunda besi yerleri uzaklaştırılarak kuyucuklara 90 µl serumsuz besiyeri ve WST-1 karışımından 10 µl eklenerek 37°C de 2 saat inkübe edildi. İnkübasyon süresi sonunda örneklerin absorbansları, Thermo Scientific Marka ELISA okuyucuda 450 nm dalga boyunda okunarak kaydedildi. Sitotoksitesite testlerinden elde edilen deney sonuçlarındaki kontrol ve diğer gruplar arasındaki farklılık GraphPad InStat istatistik programında, Tek Yönlü Anova Testi ve ardından Dunnet Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılarak değerlendirildi. Hücrelerin canlılığının %50 azalmasını sağlayan dozlar (IC<sub>50</sub>) belirlenebilmesi için formül (formül 1) kullanılarak her bir doz için ölü hücre yüzdesi hesaplandı. Elde edilen % ölüm değerleri SigmaPlot 10.0 programı kullanılarak grafiklenmiş ve IC<sub>50</sub> değerleri saptanmıştır.

$$\% \text{ Ölü Hücre} = 1 - \left[ \frac{\text{Canlı Hücre Sayısı}}{\text{Toplam Hücre Sayısı}} \right] \times 100 \quad (1)$$

## 3. Bulgular

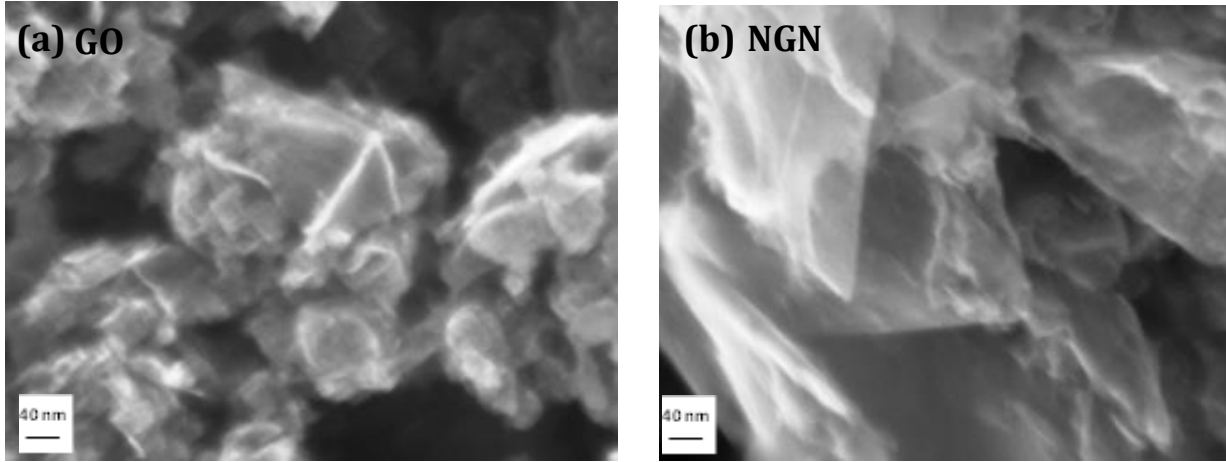
NGN-OKSİT ürünü, NGN üretiminde oluşan yüksek oranda azot ve oksijen içeriğine sahip ara üründür. DMF, Şekil 2'de gösterilen rezonans formları ile solvotermal koşullarda ve indirgen varlığında grafen oluşturabilmektedir.





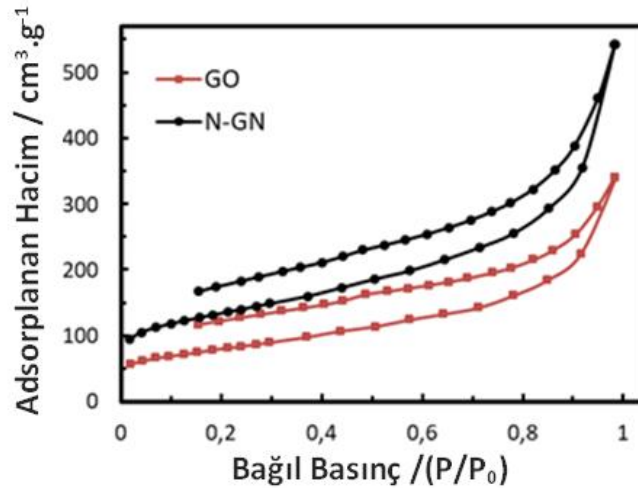
Şekil 2. DMF'nin iki rezonans formu

Solvotermal yöntemle grafen oluşumunda, karbon iskeletinin sodyum varlığında oluşan metil radikalleri üzerinden başladığı, iskelet büyümesinin ise karbonil bağının açılarak metil radikalleri ile eter oluşturması üzerinden ilerlediği bildirilmiştir [7, 8]. Dolayısı ile NGN-OKSİT ara ürününün yüksek molekül ağırlıklı aromatikorganik eter, alkilamin ve amid gibi çeşitli organik bileşiklerden oluşan karışım olduğu düşünülmektedir. GO ve üretilen NGN nin morfolojik yapısı Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile belirlenmiştir. GO ve NGN'ye ait SEM görüntüleri Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. GO (a) ve NGN (b) örneklerine ait SEM görüntüleri

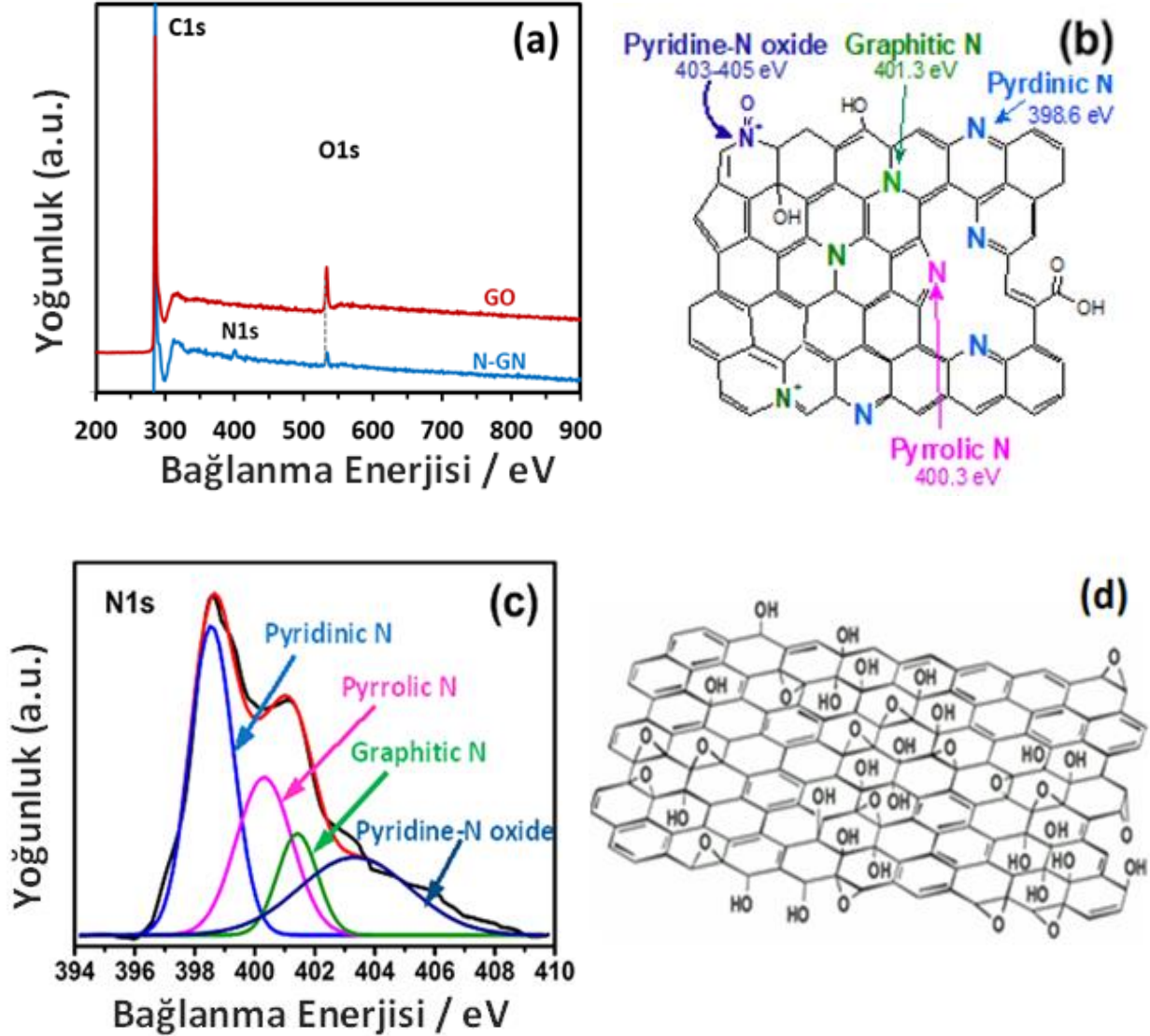
Şekil 3(a)'dan GO nun ortalama 120 nm'den daha büyük partiküllerden oluştuğu görülmektedir. Azot katkılanmış grafenin ise graphene özgü dalgalı ipek yapısında ve daha geniş tabakalı grafen katmanlarından oluştuğu gözlenmektedir (Şekil 3 (b)). Bu durum, piroliz sonucu oluşan amonyak ve alkil aminler gibi gaz ürünlerin yüksek sıcaklıklarda grafen plakalarını birbirinden ayırmasının bir sonucudur [9]. GO ve NGN'ye ait N<sub>2</sub> adsorpsiyon izotermi Şekil 4'de gösterilmiştir;



Şekil 4. GO ve NGN'ye ait N<sub>2</sub> adsorpsiyon izotermi

GO ve NGN için N<sub>2</sub> adsorpsiyon izoterm verileri kullanılarak hesaplanan spesifik yüzey alan değerleri (S<sub>BET</sub>) sırasıyla 210 m<sup>2</sup>/g ve 585 m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur. NGN'nin S<sub>BET</sub> değerinin GO dan yüksek olması, SEM görüntülerinden elde edilen sonuçlar ile uyumlu olarak, termal genişleme yüksek sıcaklık işleminde gaz ürünler oluşturarak plakaların genişlediğini kanıtlamaktadır [7]. Yüksek sıcaklıkta azot içerikli gaz ürünlerin oluşması grafen plakalarındaki kusurlu bölgelere azot atomlarının katkılanabileceğini de akla getirmektedir. Bu öngörü XPS

ile test edilebilir. XPS yüzey elementlerinin oranları ve bağlanma şekilleri konularında bilgi veren önemli bir tekniktir. GO ve NGN örneklerine ait XPS spektrumları Şekil 5 (a)'da verilmiştir. GO da yaklaşık 535 eV'da gözlenen oksijen atomu miktarının NGN'de azaldığı görülmektedir. Diğer taraftan, NGN spektrumunda 398 eV'da N atomuna ait bir pik gözlenmiştir. Bu durum grafenin yapısına N atomlarının katkılındığının kanıtıdır. Ayrıca, 535 eV'da oksijenin de gözlenmesi, yapıdaki N atomlarının bir bölümünün oksit formunda olduğuna işaret etmektedir (Şekil 5(b)).



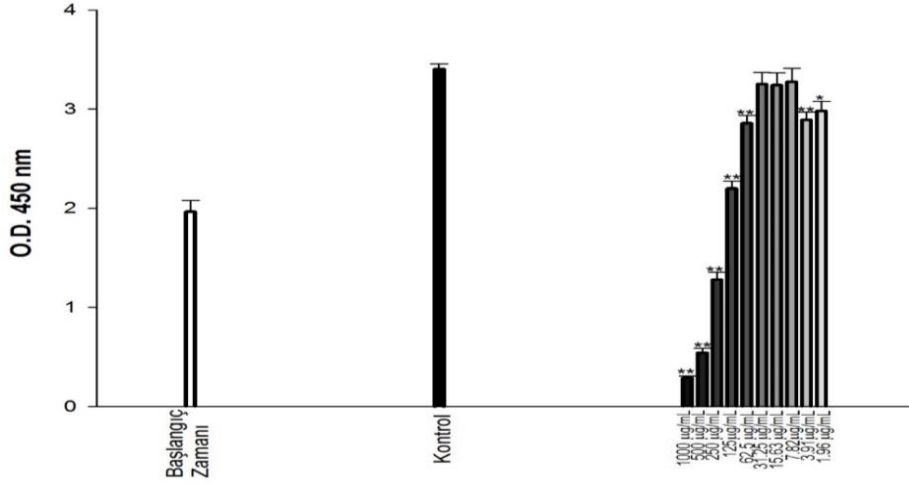
Şekil 5. GO ve NGN örneklerine ait XPS spektrumları (a), NGN yüzeyinde bulunabilecek muhtemel N içeren fonksiyonel gruplar (b), N atomuna ait yüksek çözünürlüklü XPS spektrumu (c), GO yüzeyinde bulunabilecek muhtemel fonksiyonel gruplar (d).

N atomuna ait 398 eV'daki pikin yüksek çözünürlükte incelenmesi ve bu verilerin simülasyonla işlenmesi sonucu NGN yüzeyindeki N atomlarının pyridinium, pyrrole, graphitic ve pyridine-N oksit gruplarından oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 5c) [10].

NGN, NGN-OKSİT ve GO'nun MCF-7 (ATCC®HTB-22™, östrojen reseptör pozitif insan meme kanseri), A549 (ATCC®CCL-185, insan akciğer epitelyal karsinoma) ve 293-T (ATCC CRL-1573, insan embriyonik böbrek epitel) hücre hatlarına uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

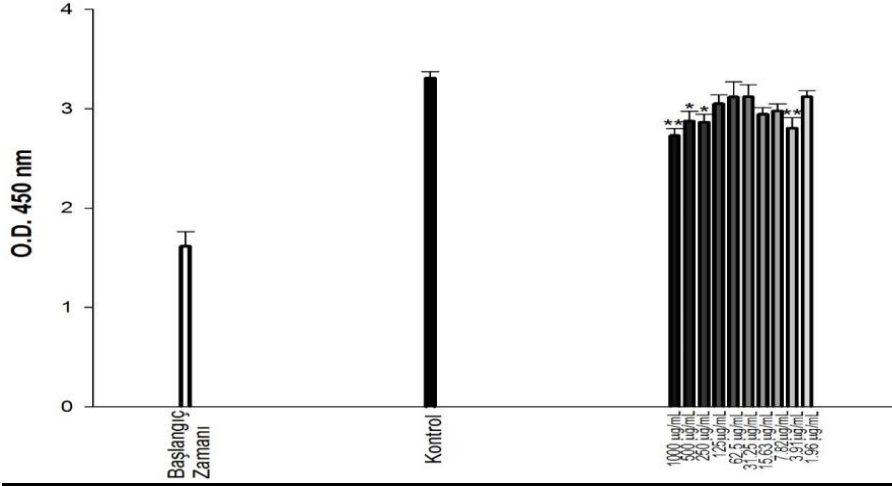
A549 akciğer karsinom hücrelerinin canlılığı üzerine en fazla etkiyi NGN göstermiştir. 24 saatlik inkübasyon süresi sonunda NGN için IC<sub>50</sub> değeri 195 µg/ml olarak saptandı. Aynı hücreler de NGN-OKSİT için belirlenen IC<sub>50</sub> değeri 833 µg/ml'dir. Grafen oksit A549 hücrelerinde 1000 µg/ml'lik en yüksek dozda sadece % 17 oranında ölüme yol açmıştır. A549 hücreleri için sitotoksites ve % ölüm durumları Şekil 6, 7, 8, 9 ve 10'da verilmiştir.

### A549 NGN 24 SAAT



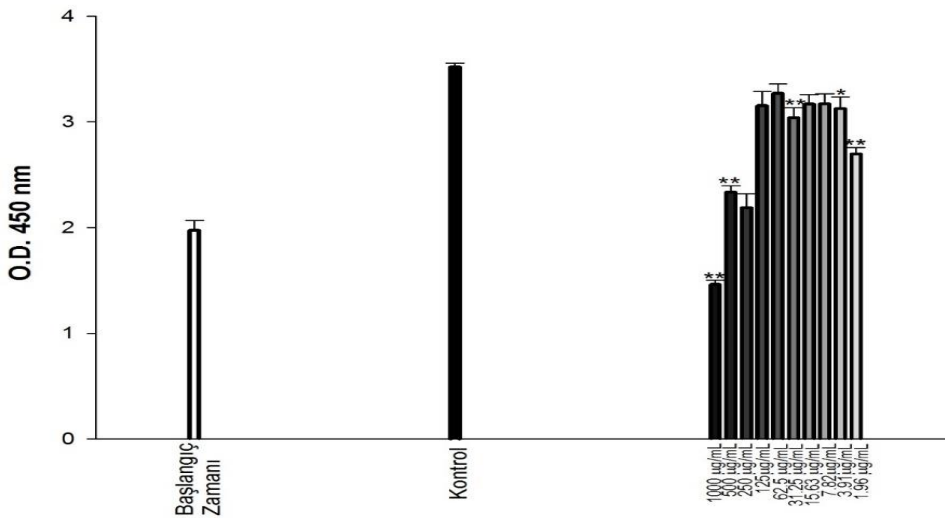
Şekil 6. A549 Akciğer karsinom hücrelerinin canlılığı üzerine NGN uygulamasının etkisi.

### A549 GRAFEN-OKSİT 24 SAAT



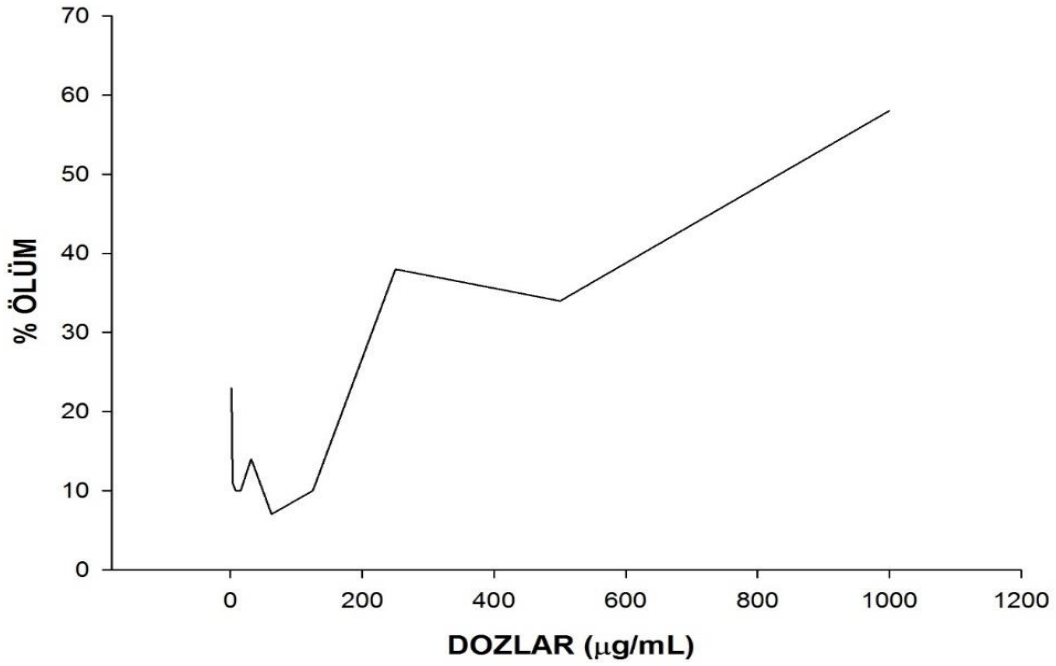
Şekil 7. A549 Akciğer karsinom hücrelerinin canlılığı üzerine GO uygulamasının etkisi.

### A549 NGN-OKSİT 24 SAAT



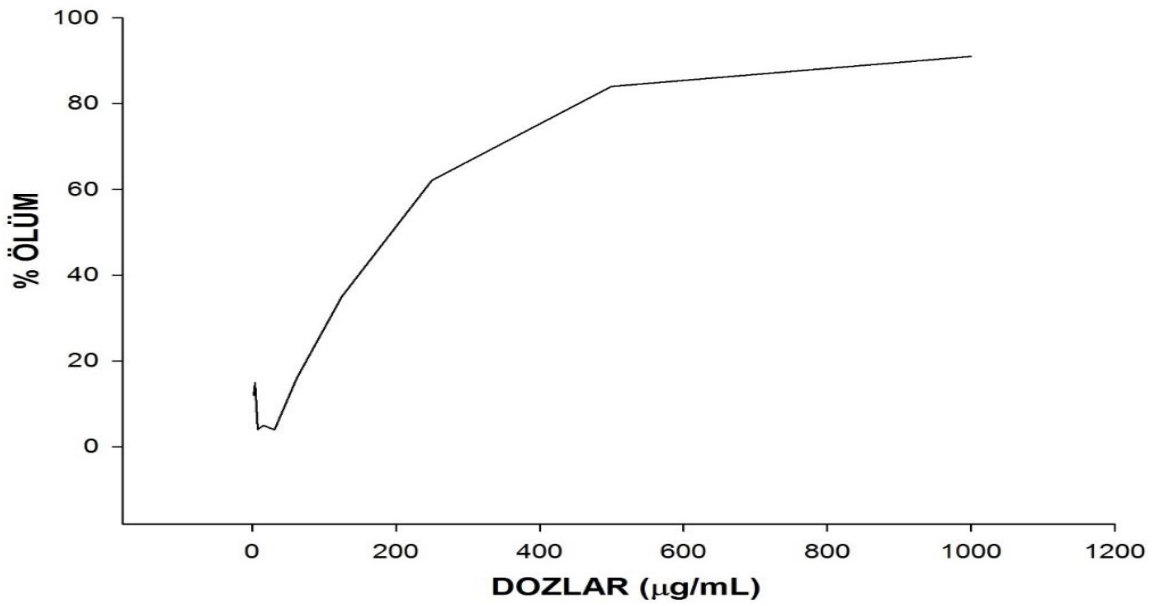
Şekil 8. A549 Akciğer karsinom hücrelerinin canlılığı üzerine NGN-OXSİT uygulamasının etkisi.

## A549 NGN-OKSİT % ÖLÜM 24 SAAT



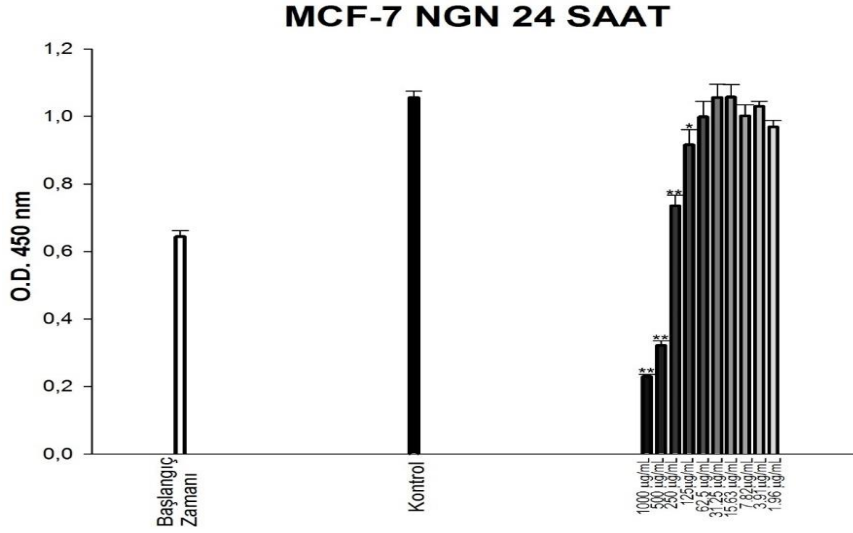
Şekil 9. NGN-OKSİT Uygulamasının A549 akciğer karsinom hücrelerinde % ölüm oranı

## A549 NGN % ÖLÜM 24 SAAT

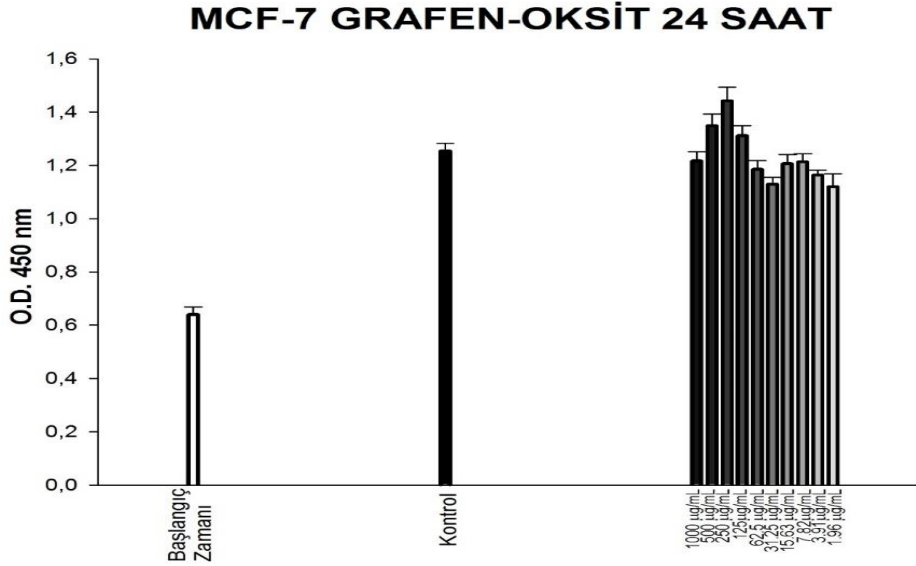


Şekil 10. NGN Uygulamasının A549 akciğer karsinom hücrelerinde % ölüm oranı

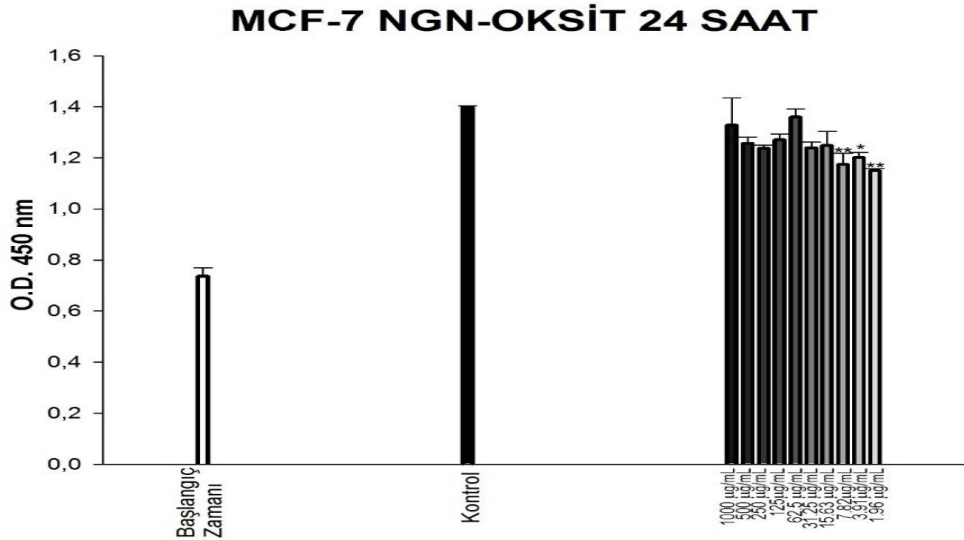
MCF-7 meme kanseri hücrelerinin canlılığı üzerine en fazla etkiyi NGN göstermiştir. 24 saatlik inkübasyon süresi sonunda NGN için IC50 değeri 377 µg/ml olarak saptanmıştır. Aynı hücreler de NGN-OKSİT ve grafenoksit en fazla etkiyi test edilen en düşük doz olan 1.9 µg/ml'lik dozda göstermiş ve sırasıyla % 18 ve % 11 oranında ölüme yol açmıştır. MCF-7 hücreleri için sitotoksosite ve % ölüm durumları Şekil 11, 12, 13, ve 14'de verilmiştir.



Şekil 11. MCF-7 Meme kanseri hücrelerinin canlılığı üzerine NGN uygulamasının etkisi

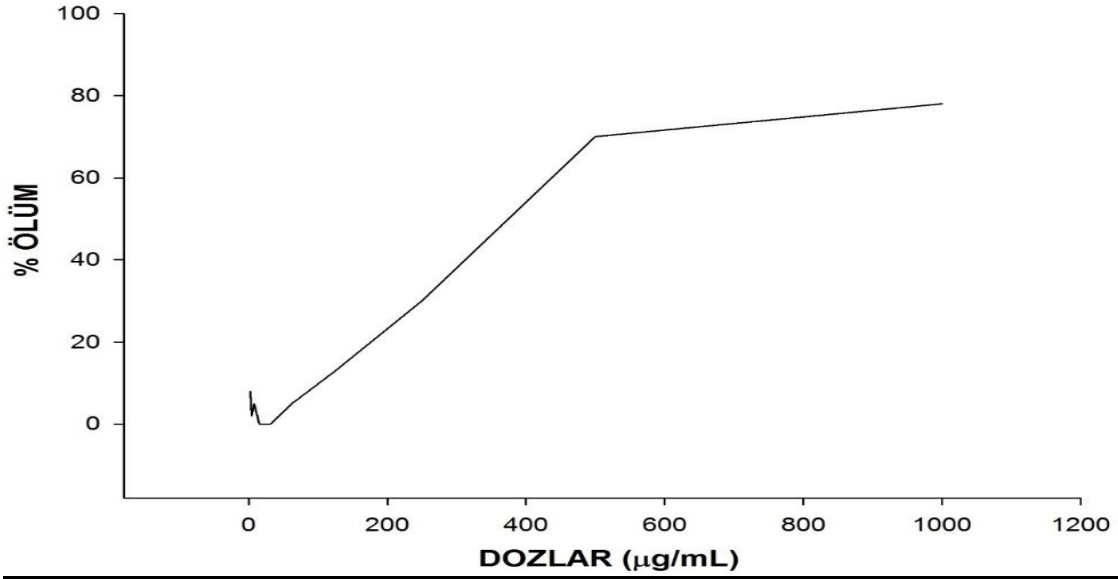


Şekil 12. MCF-7 Meme kanseri hücrelerinin canlılığı üzerine GO uygulamasının etkisi.



Şekil 13. MCF-7 Meme kanseri hücrelerinin canlılığı üzerine NGN-OKSİT uygulamasının etkisi

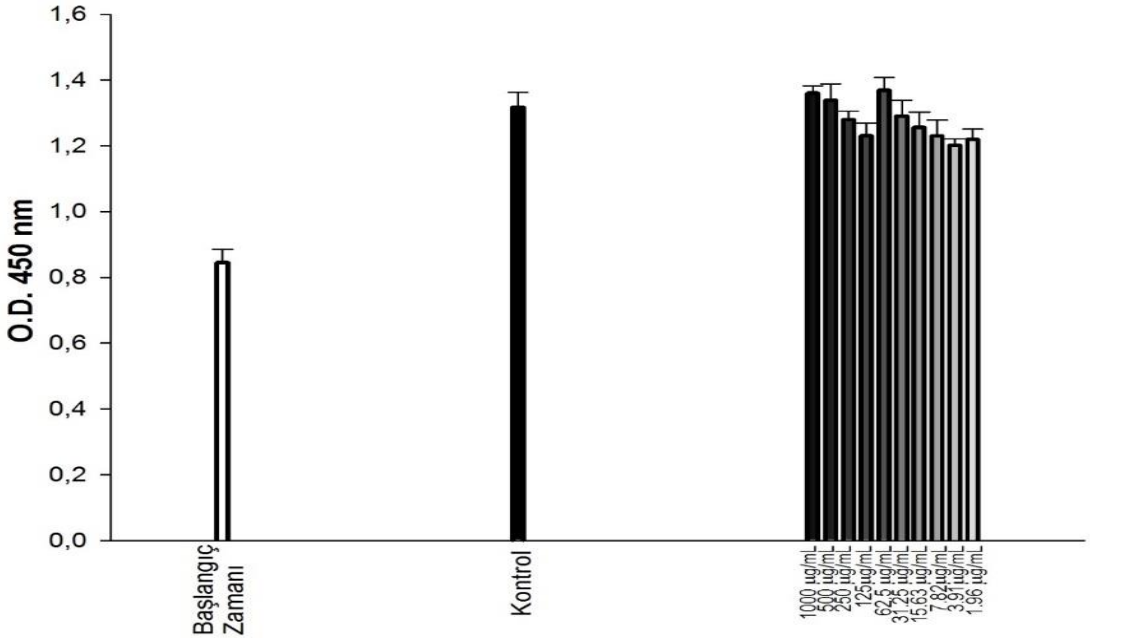
## MCF-7 NGN % ÖLÜM 24 SAAT



Şekil 14. NGN Uygulamasının MCF-7 meme kanseri hücrelerinde % ölüm oranı.

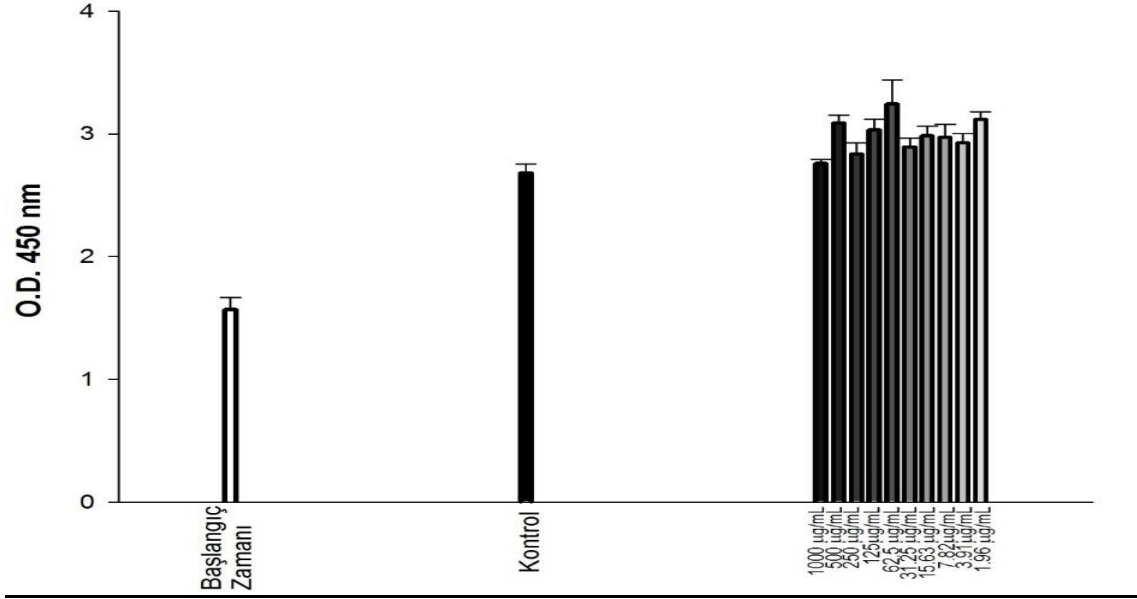
Kullanılan grafen türevlerinin seçici sitotoksik etki gösterip göstermediğini saptamak için denemelerin hepsi 293-T böbrek epitelleri kullanılarak tekrarlanmıştır. Test edilen hiçbir grafen türevi epitel hücreleri üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğu saptanan sitotoksik bir etki göstermemiştir. Bu hücreler için çizilen sitotoksikite şekilleri Şekil 15, 16 ve 17'da verilmiştir.

## 293-T NGN 24 SAAT



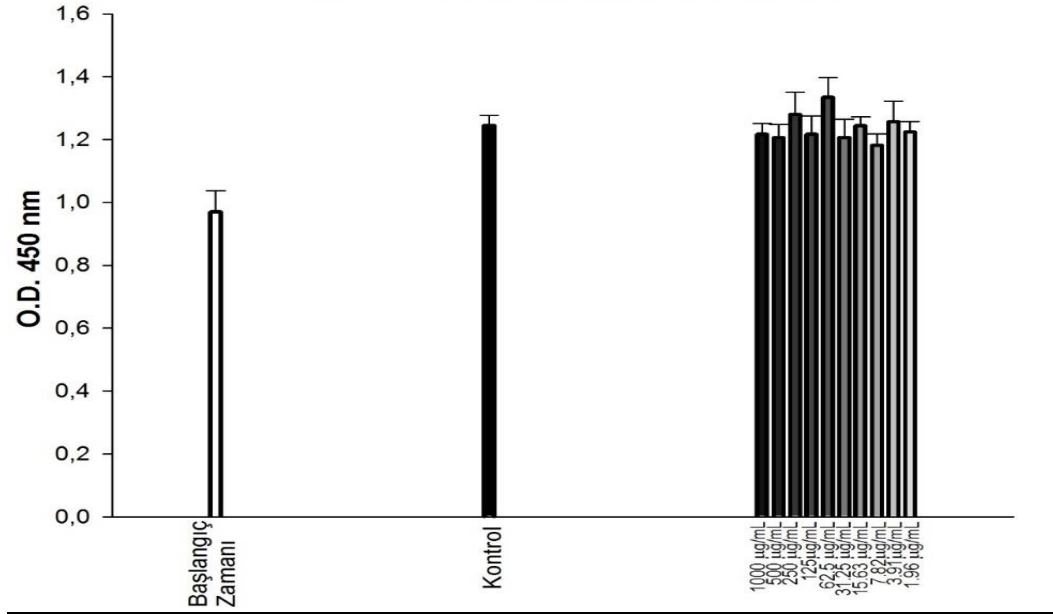
Şekil 15. 293-T Böbrek epitellerinin canlılığı üzerine NGN uygulamasının etkisi.

## 293-T GRAFEN-OKSİT 24 SAAT



Şekil 16. 293-T Böbrek epitellerinin canlılığı üzerine GO uygulamasının etkisi

## 293-T NGN-OKSİT 24 SAAT



Şekil 17. 293-T Böbrek epitellerinin canlılığı üzerine NGN-OXSİT uygulamasının etkisi.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Grafen ve türevleri, elektronik, enerji, malzeme ve biyomedikal alanlardaki potansiyel uygulamaları göz önüne alındığında son yıllarda oldukça dikkat çekmektedir. Ancak, grafen ve türevlerinin toksisiteleri ve biyo uyumlulukları hakkında çok az bilgi mevcuttur.

Çalışmada grafen ve türevlerinin 293-T hücre hattında zamana ve doza bağlı sergilediği sitotoksik etki araştırılmıştır. Elde edilen bulgular grafen ve türevlerinin test edilen hiçbir dozda ve hiç bir inkübasyon süresinde 293T insan böbrek epitellerinde sitotoksik etki göstermediğini ortaya koymaktadır. Var olan kanser tedavilerinin en başında gelen kemoterapinin en önemli yan etkileri, normal epitel hücrelerde de toksik etkiler yaratması sonucu hastalarda saç dökülmesi, kusma ve diare gibi toksik yanıtın oluşmasına yol açmasıdır. Bu bağlamda böbrek epitellerinde hiç bir sitotoksik etki yaratmadığını tesbit edilen grafen ve türevlerinin MCF-7, A549 kanser hücreleri üzerindeki sitotoksik etkileri araştırılmıştır.

Test edilen grafen türevleri arasında A549 akciğer karsinom hücrelerinin canlılığı üzerine en fazla etkiyi NGN göstermiştir. Yirmi dört saatlik inkübasyon süresi sonunda NGN ve NGN-OKSİT için IC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla 195 µg/ml ve 833 µg/ml olarak saptanmıştır. Grafen oksit ise A549 hücrelerinde istatistiksel açıdan önemli olduğu kabul edilen herhangi bir sitotoksik etki yaratmamıştır. Elde edilen bulgular Chang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmanın sonuçları ile paraleldir. Chang ve arkadaşları Grafen oksitin A549 hücresine girmediğini ve belirgin bir sitotoksikiteye sahip olmadığını ancak doza bağımlı bir oksidatif strese neden olabileceğini ve yüksek dozlarda hücre canlılığında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Chang ve arkadaşları çalışmalarında en yüksek doz olarak 200 µg/ml kullanmışlardır [11]. Çalışmada kullanılan 1000 µg/ml'lik en yüksek doz ise sadece % 17 oranında hücre ölüme yol açmıştır.

Çalışmada MCF-7 meme kanseri hücrelerinin canlılığı üzerine en fazla sitotoksik etkiyi yine NGN göstermiştir. 24 saatlik inkübasyon süresi sonunda NGN için IC<sub>50</sub> değeri 377 µg/ml olarak saptanmıştır. Aynı hücrelerde NGN-OKSİT ve Grafenoksit en fazla etkiyi test edilen en düşük doz olan 1.9 µg/ml'lik dozda göstermiş ve sırasıyla % 18 ve % 11 oranında ölüme yol açmıştır. 2013 yılında Gurunathan ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada GO ve türevi olan Bor katkılanmış indirgenmiş grafen oksit (B-rGO)'nun 24 saat sonundaki sitotoksik etkilerini bizim de çalışmamızda kullandığımız MCF-7 hücreleri üzerinde araştırmışlardır. Gurunathan ve arkadaşları 60 µg / mL 'lik dozda GO ve türevi olan B-rGO'nun MCF-7 hücrelerinde bariz bir sitotoksik etki sergilediğini bildirmişlerdir. [12]. NGN ve NGN-OKSİT'in kanser hücrelerinde gösterdiği yüksek sitotoksik etkinin, NGN ve NGN-OKSİT yüzeyinde bulunan ve Şekil 5a,b' de gösterilen azot ve azotoksit fonksiyonel gruplarıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Grafenin hidrofobitesinin yüksek olması NGN ve NGN-OKSİT'in hücre zarına tutunmasını kolaylaştırarak bu fonksiyonel grupların hücre zarı ile etkileşimini artırmaktadır. Diğer taraftan, ön görülen bu etkilerin NGN ve NGN-OKSİT'e maruz kalmış hücrelerin ileri teknikler ile araştırılması ve desteklenmesini gerektirmektedir.

Elde edilen sonuçlar önemli olup birçok kanser çalışmalarında yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu araştırmadan elde edilen veriler daha sonra yapılacak kanser çalışmalarının başarısına katkı sağlayacaktır.

#### Kaynakça

- [1] <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2010/summary/>(Erişim Tarihi: 22.11.2018)
- [2] Novoselov, K.S., Geim, A.K., Morozov, S.V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S.V., 2004. I.V.Grigorieva, A.A. Firsov, Science 306(2004), 666-669.
- [3] Sun, L., Wang, L., Tian, C., Tan, T., Xie, Y., Shi, K., Li, M., Fu, H., 2012. RSC Adv. 2(2012), 4498-4506.
- [4] <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/kanser-nedir-belirtileri> (Erişim Tarihi: 30.11.2018)
- [5] Zuchowska, A., Chudy, M., Dybko, A., Brzozka, Z., 2017. Graphene as a new material in anticancer therapy-in vitro studies. Sensors and Actuators B 243(2017). 152-165.
- [6] **Afarideh B, Rajabibazl M, Omid M, Yaghmaee B, Rahimpour A, Khodabakhshi R, Sarvarian S, 2018.** Anticancer Activity of Graphene Oxide/5-FU on CT26 Ds-Red Adenocarcinoma Cell Line, Oriental Journal of Chemistry, ISSN: 0970-020 X, CODEN: OJCHEG, Vol. 34(2018), No: 4, 2002-2007.
- [7] Jeon, I.Y., Shin, Y.R., Sohn, G.J., Choi, H.J., Bae, S.Y., Mahmood, J., Jung, S.M., Seo, J.M., Kim, M.J., Chang, D.W., Dai, L.M., Baek, J.B, 2012. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 109(2012), 5588-5593.
- [8] Cui, H., Zheng, J., Yang, P., Zhu, Y., Wang, Z., Zhu, Z., 2015. ACS Appl. Mater. Interfaces, 7(2015), 11230-11238.
- [9] Sheng, Z.H., Shao, L., Chen, J.J., Bao, W.J., Wang, F.B., Xia, X.H., 2011. ACS nano 6(2011), 4350-4358.
- [10] Bayram, E., Yilmaz, G., Mukerjee, S., 2016. Appl. Catal. B: Environ. 192(2016), 26-34.
- [11] Chang, Y., Yang, S-T, Liu, J-H, Dong, E, Wang, Y., Cao, A., Liu, Y., Wang, H., 2011. In vitro toxicity evaluation of graphene oxide on A549 cells. Toxicology Letters 200(2011), 201-210.
- [12] Gurunathan, S., Han, J.W., Eppakayala, E., Kim, J-H., 2013. Green synthesis of graphene and its cytotoxic effects in human breast cancer cells. International Journal of Nanomedicine 8(2013), 1015-1027.



## Molecular Structure and Electronic Properties of Diatrizoate, Ioxaglate Contrast Compounds

Fatma Aldibashi\*<sup>1</sup>, Sedat Giray Kandemirli<sup>2</sup>, Fatma Kandemirli<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Malzeme Mühendisliği Bölümü, KASTAMONU

<sup>2</sup> University of Iowa, Department of Radiology, IOWA

<sup>3</sup> Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, KASTAMONU

(Alınış / Received: 03.01.2019, Kabul / Accepted: 03.03.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Keywords

Contrast agents 1,  
HOMO, LUMO 2,  
Electro-negativity 3,  
Chemical hardness 4,  
Chemical softness 5

**Abstract:** The optimization of 2,4,6 tri-iodobenzene, diatrizoate and, ioxaglate contrast agent was done in order to calculate the energetic behavior and dipole moment of the title compounds in the gas phase and in solution phases. The total energy for different orbital transitions, the energy gap between HOMO and LUMO, electro-negativity, chemical hardness, softness, electrophilicity index and dipole moment has been calculated with B3LYP/cep-4g, B3LYP/cep- B3LYP/31g, B3LYP/cep- B3LYP/121g and B3LYP/lanl2dz levels. The four important molecular orbitals (MO) for the title molecule: the second-highest and highest occupied MOs and the lowest and the second-lowest unoccupied MOs which were denoted as HOMO-1, HOMO, LUMO, and LUMO+1, respectively reflect measure of electron transition and are the critical parameters in determining molecular electrical transport properties.

## Diatrizoat, Ioxaglate Kontrast Bileşiklerinin Moleküler Yapıları ve Elektronik Özellikleri

### Anahtar Kelimeler

Kontrast maddeleri 1,  
HOMO, LUMO 2,  
Elektro-negatiflik 3,  
Kimyasal sertlik 4,  
Kimyasal yumuşaklık 5

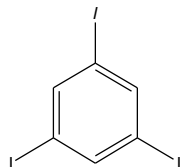
**Öz:** 3,5 tri-iyodobenzen, diatrizoat, ioksaglat kontrast maddesinin optimizasyonu, gaz fazında ve çözelti fazlarında bileşiklerin enerjik davranışını ve dipol momentini hesaplamak için yapılmıştır. Farklı yörünge geçişleri için toplam enerji, enerji açığı HOMO ve LUMO orbitalleri arasındaki enerji aralığı, kimyasal sertlik, yumuşaklık, elektrofiliklik indeksi ve dipol momenti B3LYP / cep-4g, B3LYP / cep- B3LYP / 31g, B3LYP / cep- B3LYP / 121g ve B3LYP / lanl2dz seviyeleri ile hesaplandı. Çalışılan bileşiklerin HOMO ve LOMO arasındaki enerji boşluklarının değerleri triiyodobenzen halkasına bağlı substituentlerden etkilenmektedir. Bu değişim enerji aralığına bağlı olarak hesaplanan diğer değerlerinde değişime neden olmuştur. İkinci mertebeden bir pertürbasyon işleminden, etkileşim enerjisinin substitüsyona göre değiştiği bulunmuştur. DTZ bileşiğinin IR teorik spectrum değerlerinin deney sonuçları ile mükemmel bir uyum içinde olduğu gösterilmiştir.

\*İlgili Yazar, email: noraldibashi@gmail.com

## 1. Introduction

The concept of contrast agents was introduced from 30 years ago as radiocontrast agents and their development initiated slowly by technical limitations [1].

During the past decade, they have become more dynamic. They used to intensify the vascular structures and organs visibility in x-ray based imaging techniques such as ultrasound, fluoroscopy and computed tomography (CT) [1]. Radiocontrast agents are commonly iodine-based compounds. The basis structure is a benzene ring. Iodinated contrasts consist of 2,4,6-triiodinated substituted benzene ring where iodine atoms arranged symmetrically at 2nd, 4th and 6th positions [2,3] Figure 1.

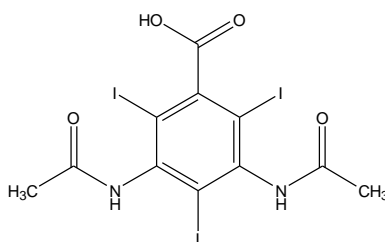


**Figure 1.** Triiodobenzene structure.

Different derivatives of iodinated contrast can be obtained by replacement of other hydrogen atoms on the benzene ring [2].

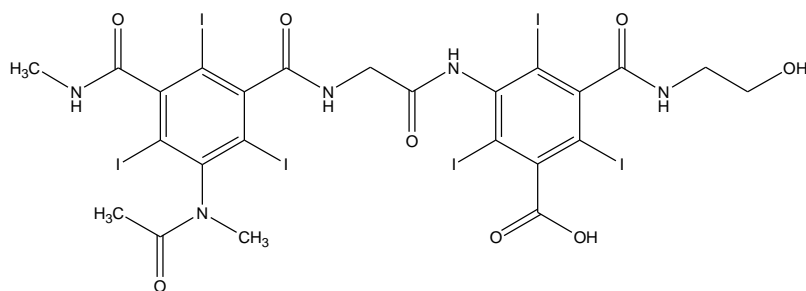
2,4,6-triiodobenzene (TIB) is the basis molecule of radicals (R) available for OH substituents. Of three OH atoms attach to benzene ring to make the molecule more soluble [2,3]. Iodine-based contrast media are usually classified as ionic or non-ionic[2]. Both types can be used in clinical radiology due to their solubility.

In 1956 Hoppe used a second acetyl amino group and added it to the triiodobenzene ring to generate diatrizoate contrast agent [3,4] **Figure 2**. It is an ionic agent, water-soluble as it dissociates into negative and positive ions. This agent had minimized toxicity as animal studies showed [3].



**Figure 2.** Diatrizoate structure.

It was commercialized as Hypaque and its derivatives were the standard contrast agents used until the 1970s when British company Baker and French company Guerbet together introduced new contrast agent named as ioxaglate [3] **Figure 3**. Ioxaglate contains two triiodinated benzene rings which have a carboxylic acid group. When these two rings are combined, the carboxylic acid group of one of them converted to a nonionizing radical and the carboxylic acid group of the other ring converted to an ionizing salt such as meglumine or sodium ioxaglate, It contains an iodine atom to practical ratio 6:2 which equivalent to the ratio of the low-osmole media 3:1 that making it more suitable for clinical use [5].



**Figure 3.** Ioxaglate structure.

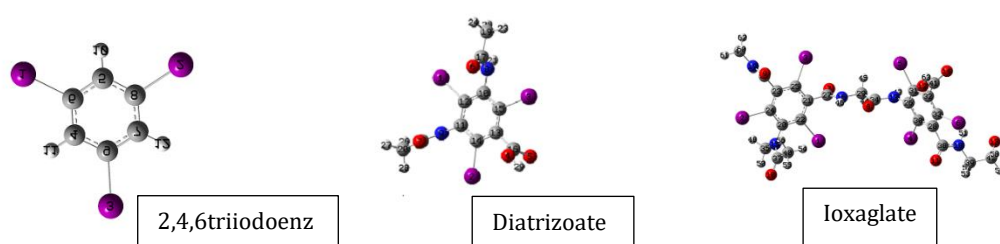
The optimization of 2,4,6-triiodobenzene, diatrizoate, and ioxaglate will be further considered in this study. The aim of our study is to calculate the energetic behaviour, dipole moment, chemical potential, hardness, softness electronegativity and electron excitation energy of the title compounds in gas phase and in water, ethanol, acetic

acid, N,N-dimethyl formamide (DMF), dimethyl sulphoxide (DMSO) and chloroform as solvents using density functional theory.

Orbital energies based on the natural bond orbital (NBO) analysis illustrate the rule of intermolecular orbital interaction in the compound, especially charge transfer from filled donor to empty acceptor NBOs [6]. Estimation of NBOs energetic importance was performed by second-order perturbation theory for each donor NBO (i) and acceptor NBO (j). The stabilization energy related to electron delocalization between donor and acceptor was calculated as:

$$E = q_i \frac{(F_{i,j})^2}{\epsilon_j - \epsilon_i} \quad (1)$$

where  $q_i$  is the orbital occupancy  $\epsilon_i$ ,  $\epsilon_j$  are diagonal elements,  $F_{i,j}$  is off-diagonal NBO Fock matrix element [6]. The optimized molecular structure of the 2,4,6-triiodobenzene and its derivatives diatrizoate and ioxaglate were calculated at B3LYP/lanl2dz level and illustrated in **Figure 4** with numbering of atoms.



**Figure 4.** Structure of triiodobenzene and its derivatives diatrizoate and ioxaglate.

## 2. Material and Method

In this work, the three-dimensional analysis was carried out for evaluating the effect of substituting the groups in 2,4,6-triiodobenzene ring in positions 1, 3 and 5 to produce diatrizoate and ioxaglate compounds which are ionic monomeric and dimeric contrast agents, respectively.

Geometries of all these molecules were fully optimized in the gas phase and solution phases by using Lee-Yang-Parr correlation functional (B3LYP) and gradient corrected DFT with Beck's three-parameter hybrid exchange functional and with the (B3lyp/cep-4g, B3lyp/cep-31g, B3lyp/cep-121g, and B3lyp/lanl2dz) basis set with the Gaussian Program to examine the basis set dependence of the DFT HOMO and LUMO energies. We also performed single point energy calculations on the neutral systems using a basis set (B3lyp/cep-4g, B3lyp/cep-31g, B3lyp/cep-121g, and B3lyp/lanl2dz).

Based on the same theory, the vibrational frequency of diatrizoate was recorded to obtain the vibrational analysis and compared to the experimental results. A scale factor 0.96 was used as a correlation factor for computing results [7]. Molecular properties related to highest occupied molecular orbital energy ( $E_{HOMO}$ ), and lowest unoccupied molecular orbital energy ( $E_{LUMO}$ ) such as the hardness ( $\eta$ ), softness ( $s$ ), electronegativity ( $\chi$ ), chemical potential ( $\mu$ ), electrophilicity index ( $\omega$ ), nucleofugality ( $\Delta E_n$ ), and electrofugality ( $\Delta E_e$ ) were calculated by using the following formulation:

The hardness is half of the energy gap between HOMO and LUMO represented as

$$\eta = \frac{1}{2}(E_{LUMO} - E_{HOMO}) = \frac{1}{2}(1 - A) \quad (2)$$

The softness can be calculated from hardness that:

$$S = \frac{1}{2\eta} \quad (3)$$

(Hard Soft Acid Bas (HSAB) principle.)

Electronegativity can be calculated from  $E_{HOMO}$  and  $E_{LUMO}$  using the following equation:

$$\chi = -\frac{1}{2} (E_{HOMO} + E_{LUMO}) \quad (4)$$

From electronegativity, chemical potential, chemical potential can be estimated that

$$\mu = -\chi \quad (5)$$

$$\mu = \frac{1}{2} (E_{HOMO} + E_{LUMO}) \quad (6)$$

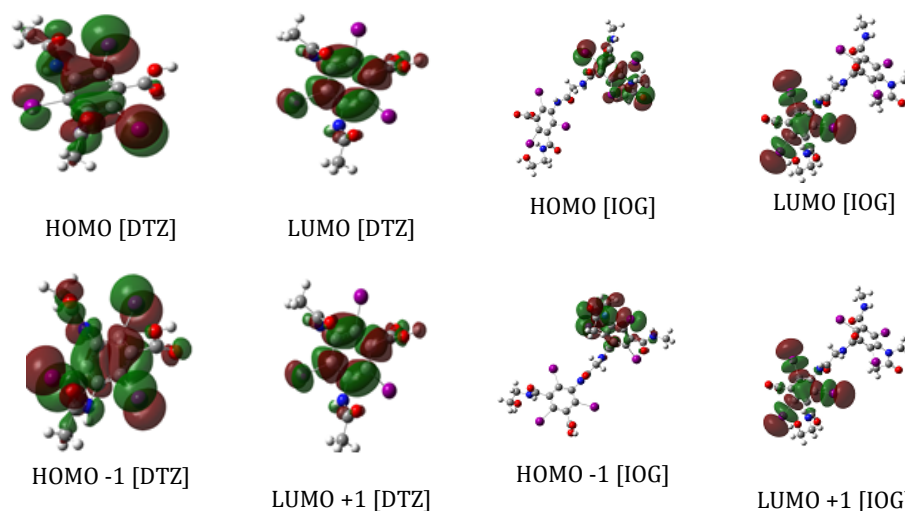
Electrophilicity index ( $\omega$ ), nucleofugality  $\Delta E_n$  and electrofugality  $\Delta E_e$  can be calculated from chemical potential  $\mu$  and the hardness  $\eta$  by the following equations respectively [8]:

$$\omega = \frac{\mu^2}{2\eta} \quad (7)$$

$$\Delta E_n = \frac{(\mu + \eta)^2}{2\eta} \quad (8)$$

$$\Delta E_e = \frac{(\mu - \eta)^2}{2\eta} \quad (9)$$

### 3. Results



**Figure 5** The surfaces of HOMO-1, HOMO, LUMO and LUMO+1 were drawn by using B3LYP.

The surfaces of HOMO-1, HOMO, LUMO, and LUMO+1 were drawn and given in **Figure 5** to understand the bonding scheme of present compounds.

The energies of HOMO and LUMO of title compounds using different basis sets (B3LYP/cep-4g, B3LYP/cep-31g, B3LYP/cep-121g, and B3LYP/lanl2dz) in are given in **Table 1** as a sample of results which were performed in the gas phase.

**Table 1.** The energy of HOMO and LUMO and the energy of Orbitals near HOMO and LUMO in the gas phase.

Basis set(eV)	Cep-4g			Cep-31g			Cep-121g			Lanl2dz		
	TIB	DTZ	IOG	TIB	DTZ	IOG	TIB	DTZ	IOG	TIB	DTZ	IOG
LUMO+2	-1.12	-2.57	-2.76	-1.35	-1.66	-1.91	-1.34	-1.67	-1.91	-1.31	-1.65	-1.88
LUMO+1	-2.25	-2.61	-2.89	-1.35	-1.68	-2.46	-1.34	-1.69	-2.49	-1.31	-1.66	-2.28
LUMO)	-2.25	-2.69	-3.47	-2.36	-2.48	-2.65	-2.39	-2.50	-2.68	-2.16	-2.29	-2.47
HOMO	-7.29	-7.00	-6.98	-6.99	-7.03	-6.83	-7.04	-7.08	-6.89	-6.98	-7.00	-6.77
HOMO-1	-7.29	-7.17	-7.18	-7.00	-7.14	-6.91	-7.04	-7.18	-6.96	-6.98	-7.12	-6.86
HOMO-2	-7.79	-7.44	-7.25	-7.56	-7.23	-7.05	-7.58	-7.27	-7.10	-7.50	-7.17	-7.02

HOMO-LUMO energy-dependent calculation: electronegativity  $\chi$ , hardness  $\eta$ , softness  $S$ , chemical potential  $\mu$ , electrophilicity index  $\omega$ , nucleofugality  $\Delta E_n$ , and electrofugality  $\Delta E_e$  were calculated from HOMO – LUMO energy gap in gas phase and in solution phases and the results are presented in **Tables 2, 3**. **Table 2** illustrates the results in the gas phase and **Table 3** illustrates the results in water as a solution phase.

**Table 2.** Chemical calculation in the gas phase.

M	C	HOMO	LUMO	$\Delta E$	X	$\eta$	S	$\mu$	$\omega$	$\Delta E_e$	$\Delta E_n$
		(eV)	(eV)	(eV)	(eV)	(eV)	(eV) <sup>-1</sup>	(eV)	(eV)	(eV)	(eV)
Cep-4g	TIB	-7.29	-2.25	5.04	4.77	2.52	0.20	-4.77	4.52	10.56	1.01
	DTZ	-7.00	-2.69	4.30	4.85	2.15	0.23	-4.85	5.45	11.38	1.68
	IOG	-6.98	-3.47	3.51	5.22	1.75	0.28	-5.22	7.78	13.88	3.43
Cep-31g	TIB	-6.99	-2.36	4.63	4.68	2.31	0.22	-4.68	4.73	10.57	1.21
	DTZ	-7.03	-2.48	4.55	4.75	2.28	0.22	-4.75	4.96	10.85	1.35
	IOG	-6.83	-2.65	4.18	4.74	2.09	0.24	-4.74	5.39	11.17	1.69
Cep-121g	TIB	-7.04	-2.39	4.64	4.72	2.32	0.22	-4.72	4.79	10.67	1.23
	DTZ	-7.08	-2.50	4.58	4.79	2.29	0.22	-4.79	5.02	10.96	1.37
	IOG	-6.89	-2.68	4.21	4.79	2.11	0.24	-4.79	5.44	11.28	1.71
Lanl2dz	TIB	-6.98	-2.16	4.81	4.57	2.41	0.21	-4.57	4.34	10.12	0.97
	DTZ	-7.00	-2.29	4.71	4.65	2.36	0.21	-4.65	4.58	10.41	1.11
	IOG	-6.77	-2.47	4.30	4.62	2.15	0.23	-4.62	4.97	10.67	1.42

Method M, Compounds C

**Table 3.** Chemical calculation in the water as a solution phase.

M	C	HOMO	LUMO	$\Delta E$	X	$\eta$	S	$\mu$	$\omega$	$\Delta E_e$	$\Delta E_n$	
		(eV)	(eV)	(eV)	(eV)	(eV)	(eV) <sup>-1</sup>	(eV)	(eV)	(eV)	(eV)	
The	TIB	-7.29	-2.27	5.02	4.78	2.51	0.20	-4.78	4.55	10.59	1.03	
	DTZ	-7.29	-2.97	4.33	5.13	2.16	0.23	-5.13	6.08	12.29	2.03	
	Cep-4g	IOG	-7.19	-3.45	3.74	5.32	1.87	0.27	-5.32	7.57	13.82	3.18
		TIB	-6.93	-2.25	4.68	4.59	2.34	0.21	-4.59	4.50	10.26	1.08
		DTZ	-7.22	-2.46	4.76	4.84	2.38	0.21	-4.84	4.92	10.95	1.27
	Cep-31g	IOG	-7.07	-2.53	4.53	4.80	2.27	0.22	-4.80	5.08	11.02	1.42
		TIB	-6.98	-2.28	4.70	4.63	2.35	0.21	-4.63	4.55	10.36	1.10
		DTZ	-7.25	-2.48	4.77	4.87	2.39	0.21	-4.87	4.96	11.02	1.29
	Cep-121g	IOG	-7.11	-2.56	4.55	4.83	2.27	0.22	-4.83	5.13	11.10	1.44
		TIB	-6.94	-2.07	4.87	4.51	2.43	0.21	-4.51	4.17	9.89	0.88
		DTZ	-7.19	-2.29	4.90	4.74	2.45	0.20	-4.74	4.59	10.55	1.07
	Lanl2dz	IOG	-7.19	-2.29	4.90	4.74	2.45	0.20	-4.74	4.59	10.55	1.07

Method M, Compounds C

dipole moment values of the title compounds were investigated in the gas phase and in solution phase by using different solvents, and the results are presented in **Table 4**.

**Table 4.** Dipole moment of the of TIB, DTZ and IOG DTZ at B3LYP/6-311G(d, p) method.

M	C	Gas	water	Acetic acid	Chloroform	DMF	DMSO
		Dipole Moment(Debye)					
Cep -4g	TIB	0.36	0.45	0.43	0.42	0.45	0.45
	DTZ	7.28	8.47	8.34	8.05	8.46	8.45
	IOG	6.45	8.78	8.12	7.88	8.74	8.72
Cep -31g	TIB	0.45	0.59	0.56	0.55	0.59	0.59
	DTZ	6.55	9.23	8.70	9.15	9.19	9.17
	IOG	8.59	11.8	11.07	10.85	11.7	11.7
Cep -121g	TIB	0.45	0.59	0.57	0.56	0.59	0.59
	DTZ	6.32	8.52	8.52	8.34	9.04	9.00
	TIB	0.36	0.45	0.43	0.42	0.45	0.45
Lanal2dz	TIB	0.44	0.59	0.56	0.55	0.59	0.59
	DTZ	6.08	8.33	7.86	7.27	8.07	7.85
	IOG	8.65	11.6	11.00	10.81	11.5	11.9

Method M, Compounds C

The perturbation energies of donor-acceptor interaction of Natural Bonding Orbitals [NBOs] of TIB, DTZ, and IOG are given in **Table 5**.

**Table 5.** Second order perturbation theory analysis of the Fock matrix in NBO basis in TIB, DTZ and IOG.

Gas	Donor (i)	ED(i)I	Acceptor (j)	Type	ED(j)I	E(2) kcal/mol	$\epsilon(j)-\epsilon(i)$ (a.u.)	F(i,j) (a.u.)
TIB	LP311	1.93	C <sub>5</sub> -C <sub>6</sub>	$\pi^*$	0.39	9.73	0.20	0.04
	LP312	1.93	C <sub>7</sub> -C <sub>8</sub>	$\pi^*$	0.39	9.38	0.21	0.04
	LP313	1.93	C <sub>4</sub> -C <sub>9</sub>	$\pi^*$	0.39	9.26	0.21	0.04
DTZ	LP311	1.93	C <sub>11</sub> -C <sub>12</sub>	$\pi^*$	0.45	9.63	0.20	0.04
	LP312	1.90	C <sub>13</sub> -C <sub>14</sub>	$\pi^*$	0.42	12.43	0.19	0.05
	LP313	1.90	C <sub>10</sub> -C <sub>15</sub>	$\pi^*$	0.45	12.49	0.18	0.05
IOG	LP311	1.91	C <sub>21</sub> -C <sub>22</sub>	$\pi^*$	0.42	11.52	0.20	0.05
	LP312	1.91	C <sub>20</sub> -C <sub>24</sub>	$\pi^*$	0.43	11.77	0.19	0.05
	LP313	1.91	C <sub>23</sub> -C <sub>25</sub>	$\pi^*$	0.41	11.92	0.19	0.05

assignments of vibration spectra have been performed by reported FT-IR spectra based on the theoretical predicted wavenumber by density functional B3LYP method, and used the scale factor of 0.96 [7]. **Table 6** represents the optimization output of IR for DTZ compound and compared to the experimental results by Fawaz et al., 2015 [9].

**Table 6.** FT-IR spectra of diatrizoate DTZ at B3LYP/6-31G(d, p) method.

Excrement	Frequency	Frequency	intensity	description
frequency (cm <sup>-1</sup> )	Unscaled (cm <sup>-1</sup> )	Scaled (cm <sup>-1</sup> )		
3523.95	3638	3529	62	$\nu$ (OH) stretch
	3623	3515	60	$\nu$ (NH) stretch
	3142	3047	30	$\nu$ (CH <sub>3</sub> ) stretch
1645	1695	1644	310	$\nu$ (CO) stretch
				$\beta$ (CH) bend
				$\beta$ (NH) bend
1522	1568	1521	40	N (CC)Ring stretch
				$\nu$ (CH)bend
				$\beta$ (NH)bend
1474	1514	1468	34	$\beta$ (CH <sub>3</sub> )bend
	1501	1456	103	$\beta$ (CH <sub>3</sub> )bend
				$\beta$ (NH) bend
	1483	1438	295	$\nu$ (CN) stretch

				$\beta$ (CH <sub>3</sub> )bend
				$\beta$ (NH) bend
	1478	1434	158	v (CN) stretch
				$\beta$ (CH <sub>3</sub> )bend
				$\beta$ (NH) bend
	1435	1391	118	$\beta$ (CH <sub>3</sub> )bend
1371	1397	1355	231	N (CC)Ring stretch $\beta$ (CH)bend
	1261	1224	135	v (CC)Ring stretch
				v (CO) stretch
				$\beta$ (OH) bend.
				$\beta$ (NH) bend
1221	1258	1220	85	v (CC)Ring stretch
				$\beta$ (NH) bend
				v (CN) stretch
				$\beta$ (CH <sub>3</sub> )bend
	1101	1068	284	v (CC)Ring stretch
				$\beta$ (OH)bend
				$\beta$ (CH <sub>3</sub> )bend
970	1006	976	35	v (CC)Ring stretch
				$\beta$ (CH <sub>3</sub> )bend
723	733	711	30	v (CC)Ring stretch
				$\beta$ (CN)bend
				v (CC) stretch
608	634	615	56	v (CC)Ring stretch $\beta$ (OH)bend
				$\beta$ (NH) bend
502	523	508	169	$\beta$ (CH <sub>3</sub> )bend
				$\beta$ (NH) bend

#### 4. Discussion and Conclusion

As seen in **Table 1**, the energies of HOMO have negative values and they became more negative by substitution. For example, in B3LYP/cep-121g basis set energies were -7.04 eV for 2,4,6-triiodobenzene [TIB], -7.08 eV for



diatrizoate [DTZ]. However, it was - 6.98 eV for ioxaglate [IOG], as an effect of two 2,4,6-triiodobenzene rings. Likewise, the energies of LUMO had negative values and they became more negative by substitution. For example, in the same basis set cep-121g the energy of 2,4,6-triiodobenzene was -2.39 eV; -2.50 and -2.68 eV for diatrizoate and ioxaglate, respectively. The same results were obtained when the title compounds were optimized in solution phases by using different solvents.

On **Table 2** change in energy gap values in the gas phase indicates that energy gaps decrease by substitution. For example, when title compounds in the gas phase were optimized by using B3LYP/cep -121g basis set, the energy gap of TIB was 4.64 eV and that value decreased to 4.58 and 4.21 eV for DTZ and IOG, respectively due to 1, 3 and 5 substitution. The same results were obtained when the title compounds were optimized in solution phases by using different solvents **Table 3**. For example, when the title compounds were optimized using B3LYP/cep-121g basis set, the energy gap decreased from 4.70 eV for TIB to 4.55 eV for IOG.

**Table 2** (in gas phase) and **Table 3** (in water as a solvent) show that the electronegativity increased with substitution. For instance, when the title compounds were optimized using B3LYP/ cep-121g, the electronegativity of TIB was about 4.72 eV. This value increased to about 4.79 eV for DTZ and for IOG the value was not affected by the presence of two 2,4,6-triiodobenzene rings and it was 4.79 eV. Likewise, in case of solution phases, the electronegativity increased by substitution. For example, based on Table 3 (in water as a solvent), when the title compounds were optimized using B3LYP/ cep-121g, the electronegativity increased from 4.63 eV for TIB to 4.87 eV for DTZ and 4.83 eV for IOG which was affected by the presence of two 2,4,6-triiodobenzene rings.

We can note from **Table 2 and 3**, that the softness values were not affected so much by the substitution and the three title compounds had nearly similar values. For example, when the title compounds were optimized using B3LYP/cep-121g, TIB and DTZ had the same value of 0.22 eV<sup>-1</sup> and IOG had 0.23 eV<sup>-1</sup>.

Based on **Table 2** (in gas phase) and **Table 3** (in water as a solvent), the chemical potential  $\mu$  electrophilicity index  $\omega$ , nucleofugality  $\Delta E_n$  and electrofugality  $\Delta E_e$  of the title compounds increased with substitution. For example, the optimization of title compounds using B3LYP/cep-121g indicated that the chemical potential  $\mu$  of TIB was -4.72 eV and it was recorded as -4.79 eV for both DTZ and IOG. The electrophilicity index  $\omega$  was 4.79 eV for TIB and it was recorded as 5.02 and 5.4 eV for DTZ and IOG, respectively. Electrofugality  $\Delta E_e$  was 10.67 for TIB and it was recorded 10.96 and 11.28 for DTZ and IOG, respectively. Nucleofugality  $\Delta E_n$  showed increase from 1.23 eV for TIB to 1.71 for IOG.

Dipole moments as presented in **Table 4** show that dipole moment is directly proportional to the increasing of substitution units both in gas and solution phases. For example, in the gas phase, the dipole moment for TIB was 0.45 Debye when it was optimized by using B3LYP/cep-121g, and this value increased remarkably by substitution and became 6.32 Debye and 8.69 Debye for DTZ and IOG, respectively. The same results were obtained in all solution phases. For instance, in case of using the water as a solvent, when the title compounds were optimized by using the same basis set B3LYP/cep -121g, the dipole moment for TIB was 0.59 Debye and this value increased by substitution and became 8.52 Debye and 10.9 Debye for DTZ and IOG, respectively. We noted that the results values were similar for each compound by using different basis sets except cep-4g which gave different values.

Natural Bonding Orbitals [NBOs] calculation from **Table 5** shows that interaction energy linked to the resonance in the molecule electron-donating from lone pair LP 3I2 to  $\pi^*(C7-C8)$  recorded stabilization energy 9.38 Kcal/mole and LP 3I3 to  $\pi^*(C4-C9)$  recorded stabilization energy 9.26 Kcal/mole in TIB compound. This values increased by substitution, as in DTZ compound, LP 3I2 to  $\pi^*(C13-C14)$  recorded stabilization energy of 12.43 Kcal/mole and LP 3I3 to  $\pi^*(C10-C15)$  recorded stabilization energy of 12.9 Kcal/mole. In IOG compounds, LP 3I2 to  $\pi^*(C13-C14)$  recorded stabilization energy of 11.77 Kcal/mole and LP 3I3 to  $\pi^*(C10-C15)$  recorded stabilization energy of 11.92 Kcal/mole, indicating that these values are affected by the presence of two 2,4,6-triiodobenzene in this dimeric contrast compound.

Finally, the optimization output of IR considered for DTZ compound was presented in **Table 6** and the characteristic vibrations were affected by the effects of induction and resonance of the aromatic structural fragment in these molecules. For example, The O-H stretching vibrations lie in the 3200-3500 cm<sup>-1</sup> regions [7]. In the title compound, it appeared at 3529 cm<sup>-1</sup> and it was in agreement with the experimental results recorded at 3524 cm<sup>-1</sup>[9]. The carbonyl stretching vibrations of C=O lie in 1740–1810 cm<sup>-1</sup> region and It is well known that if carboxyl groups form hydrogen bonds with water molecules or other polar groups then the vibrational frequency of the C=O bond can decrease considerably [10]. In the title compounds, the carbonyl stretching vibrations of C=O was observed in 1644 cm<sup>-1</sup>, and it was in agreement with the experimental results recorded at 1645 cm<sup>-1</sup>[9]. The C-C ring stretching vibrations lie in the 1430-1625 cm<sup>-1</sup> region [7]. In the title compound, it appeared at 1521 cm<sup>-1</sup>, and it was in agreement with the experimental results recorded at 1522 cm<sup>-1</sup> [9]. The C-N stretching vibrations

lie in the 1020-1250  $\text{cm}^{-1}$  and 1266-1342  $\text{cm}^{-1}$  region [11]. In the title compound, it appeared at 1220  $\text{cm}^{-1}$ , and it was in agreement with the experimental results recorded at 1221  $\text{cm}^{-1}$ [9].

Through the optimization of 2,4,6-triiodobenzene, diatrizoate, ioxaglate contrast agents by using Lee-Yang-Parr correlation functional (B3LYP), gradient corrected DFT with Beck's three-parameter hybrid exchange function, and with the B3LYP method, our calculations show that the values of energy gaps between HOMO and LUMO in the title compounds increased by substitution and were affected by presence of two 2,4,6-triiodobenzene rings in case of IOG compound.

These changes led to alteration of other energy gap dependent values such as chemical potential, electronegativity, chemical hardness, electrophilicity index and dipole moment.

Based on a second-order perturbation treatment of the Fock matrix in the NBO basis, the interaction energies linked to the resonance in the molecules showed that the electron-donating from lone pairs in title compounds increased by substitution.

Finally, from IR spectra of DTZ compound, the results were in excellent agreement with experiment results. Quantum chemical calculations have long-established great interest in finding ways to reliably and accurately predict the molecular and electronic properties of the compounds especially drug compounds to investigate any side effect or drug-drug interactions and additionally to predict potential new drugs.

## References

- [1] Correias, J. M., Bridal, L., Lesavre, A., Méjean, A., Claudon, M., & Hélénon, O. 2001. Ultrasound contrast agents: properties, principles of action, tolerance, and artefacts. *European radiology*, 11(8), 1316-1328.
- [2] Spampinato M. V., Abid A., Matheus M. G. 2017. Current Radiographic Iodinated Contrast Agents magnetic resonance imaging. *Clinics of North America*, 25(4), 697-704.
- [3] Buschur, M., & Aspelin, P. 2014. Contrast media: history and chemical properties. *Interventional Cardiology Clinics*, 3(3), 333-339
- [4] Gurm, H. S. 2014. Renal Complications in the Catheterization Laboratory, An Issue of Interventional Cardiology Clinics, E-Book 1. 3, No. 3. Elsevier Health Sciences.
- [5] Singh, J., & Daftary, A. 2008. Iodinated contrast media and their adverse reactions. *Journal of nuclear medicine technology*, 36(2), 69-74.
- [6] Gangadharan, R. P., & Krishnan, S., S. 2014. Natural Bond Orbital (NBO) Population Analysis of 1-Azanaphthalene-8-ol. *Acta Physica Polonica, A*, 125(1).
- [7] Sebastian, S., Sylvestre, S., Sundaraganesan, N., Amalanathan, M., Ayyapan, S., Oudayakumar, K., & Karthikeyan, B. 2013. Vibrational spectra, molecular structure, natural bond orbital, first order hyperpolarizability, TD-DFT and thermodynamic analysis of 4-amino-3-hydroxy-1-naphthalenesulfonic acid by DFT approach. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 107, 167-178
- [8] Sharma, P., Kumar, A., Singh, J., & Sahu, V. 2009. Theoretical evaluation of the global and local electrophilicity patterns to characterize hetero diels-alder cycloaddition in the synthesis of isoxazolo [4, 5-e](1, 2, 3, 4-tetrazine). *Chinese Journal of Chemistry*, 27(5), 868-876.
- [9] El-Rahman, M. K. A., Riad, S. M., Gawad, S. A. A., Fawaz, E. M., & Shehata, M. A. 2015. Stability indicating spectrophotometric and spectrodensitometric methods for the determination of diatrizoate sodium in presence of its degradation product. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, (136), 1167-1174.
- [10] Fuente, E., Menéndez, J. A., Diez, M. A., Suarez, D., & Montes-Morán, M., A. 2003. Infrared spectroscopy of carbon materials: a quantum chemical study of model compounds. *The Journal of Physical Chemistry B*, 107(26), 6350-6359.
- [11] Wei, L., Yang, X., Gao, Z. Q., Wang, D. Q., Xue, J. Q., Yang, W. J., & Liu, Y. 2015. Oxovanadium (IV) schiff base complex derived from phenylalanine analogue containing 2, 3-diaminopropionic acid (DAP): synthesis, computational study, and biological evaluation. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, 45(3), 455-467

## Diagnosis of *Micrococcus luteus* Infection in Cultured Sharpsnout Sea Bream (*Diplodus puntazzo* Cetti, 1777)

Tülay AKAYLI<sup>1</sup>, Remziye Eda YARDIMCI\*<sup>1</sup>, Çiğdem ÜRKÜ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Istanbul University, Faculty of Aquatic Sciences, Department of Aquaculture and Fish Diseases, ISTANBUL

(Alınış / Received: 08.03.2019, Kabul / Accepted: 02.09.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Keywords

Sharpsnout Sea Bream,  
Cage Culture,  
*Micrococcus luteus*

**Abstract:** The aim of this study was to determinate the causative agent of mortalities in sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo* Cetti, 1777) cultured in the Aegean Sea. Ten individuals (200-350 g) in were investigated total between May 2009 – 2010 using bacteriological methods. Moribund fish samples exhibited pale gills and liver, skin depigmentation, hemorrhages on the liver and muscles. Bacteriological samples of liver, kidney and spleen were streaked onto Marine Agar (MA) and Tryptic Soy Agar (TSA) plates containing 1,5% NaCl and incubated at 22°C for 48h. Gram-positive non-motile cocci were isolated from visceral organs of diseased fish samples. According to their morphological and biochemical characteristics, these isolates were identified as *Micrococcus luteus*. Kirby-Bauer disk diffusion method was also performed using multidisc. Results were interpreted based on the available data and all isolates were determined to be sensitive against oxytetracycline, erythromycin and chloramphenicol. Histopathologically, vacuolar degeneration and necrosis in the parenchyma cells of liver, tubular necrosis in the kidney and hemosiderin deposit in the spleen were determined. In addition to melting lamella, epithelial cells hyperplasia in the gills was observed. In conclusion, in this study an epizootic with a low mortality rate caused by *M. luteus* was described and this study is the first report of the pathogen in the cultured sharpsnout sea bream.

## Kültüre Edilen Sivriburun Karagöz Balıklarında (*Diplodus puntazzo* Cetti, 1777) *Micrococcus luteus* Enfeksiyonunun Teşhisi

### Anahtar Kelimeler

Sivriburun Karagöz  
Kafes Yetiştiriciliği,  
*Micrococcus luteus*

**Öz:** Bu çalışmanın amacı Ege Denizi'nde kültüre edilen sivriburun karagöz balıklarında (*Diplodus puntazzo* Cetti, 1777) meydana gelen ölümlerin nedeninin belirlenmesidir. Mayıs 2009 ve Mayıs 2010 tarihleri arasında bakteriyolojik yöntemler kullanılarak toplam 10 hasta birey (200-350g) incelendi. Ölmek üzere olan balık örneklerinde solgun solungaç ve karaciğer, deri renginde açılma, karaciğerde ve kaslarda kanamalar görüldü. Hasta balıkların karaciğer, böbrek ve dalağından Marine Agar (MA) ve % 1,5 NaCl içeren Tryptic Soy Agar'a (TSA) yapılan bakteriyolojik ekimler 22 ° C'de 48 saat süreyle inkübe edildi. Gram pozitif hareketli olmayan koklar viseral organlardan izole edildi. Morfolojik ve biyokimyasal özelliklerine göre, bu izolatlar *Micrococcus luteus* olarak tanımlandı. Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi çoklu disk kullanılarak yapıldı. Sonuçlar mevcut verilerine dayanılarak yorumlandı ve tüm izolatların oksitetrasiklin, eritromisin ve kloramfenikole karşı duyarlı olduğu belirlendi. Histopatolojik olarak karaciğer parankim hücrelerinde vakuolar dejenerasyon ve nekroz, böbrekte tübüler nekroz ve dalakta hemosiderin depozitleri saptandı. Lamellalarda erimenin yanı sıra solungaçlarda epitel hücre hiperplazisi gözlemlendi. Sonuç olarak, bu çalışmada *M. luteus*'un neden olduğu düşük mortaliteli bir epizootik tanımlandı ve bu çalışma bu patojenin kültür sivriburun karagöz balıklarında tanımlandığı ilk rapordur.

\*İlgili Yazar, email: etepecik@istanbul.edu.tr

## 1. Introduction

Sharpsnout sea bream, *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777) is a marine fish species distributed in the eastern Atlantic Ocean, Mediterranean sea and Adriatic sea [1]. This fish species has been successfully introduced to aquaculture in the Mediterranean since 1990's due to its high market value [3-5]. In Turkey, first sharpsnout sea bream aquaculture has begun in 2000's in the Aegean Sea. Brood stock management, embryonic development stages and larviculture of this fish were studied and described by Kamacı et al.; Kop et al. and Suzer et al. [6-8]. Total sharpsnout sea bream production of Turkey was 59 tonnes in 2015 [9]. Sharpsnout sea bream also has high mortality rates in on-growing facilities, mainly due to diseases and breeding problems of larvae [4, 5, 10]. Up to day, various infectious and non-infectious diseases were described in this vulnerable cultured species. *Aeromonas hydrophila* [10, 11], *Photobacterium* subsp. *piscicida*, *Vibrio alginolyticus*, *V. splendidus*, *V. vulnificus*, *Staphylococcus epidermidis* [10] and *Edwardsiella tarda* [12] were isolated as a causative agent from cultured sharpsnout sea bream in Greece. In Turkey, a Gram-positive pathogen, *Staphylococcus capitis* subsp. *capitis*, has been reported by Çanak and Timur [13].

The members of the genus *Micrococcus* which is included under the family usually consist of non-spore, aerobic, immobile, quaternary and irregular clusters of Gram-positive cocci. Most of the members that react positively in the catalase test and produce carotenoid pigment [14-15]. They live in various environments, inhabit the soil and may occur in several other ecological niches such marine sediment, chicken meat, fresh water or food as well as in mammals [16-18]. Therefore, they also described emerging opportunistic pathogens [17, 18], some of them are also used as probiotics in aquaculture [19-21]. Micrococcosis was first detected by Conroy in 1966 from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [22], then it was reported that the disease caused high mortalities in rainbow trout fry (0,5-5 g) in England [17]. *M. luteus* was demonstrated as a causative agent by Austin and Stobie [17] and moribund fish exhibited exophthalmia, pale gills, enhanced skin pigmentation, swollen abdomen, swollen kidney, pale and elongated spleen and accumulation of acidic fluid [17]. In Turkey, the disease was reported by Aydın et al. [23] in rainbow trout in Erzurum region in freshwater environment. Also it was reported as a pathogen of cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) [24] and common dentex (*Dentex dentex*) [25] in the Aegean coasts. The aim of this study is to determinate the causative agent of low mortalities observed in sharpsnout sea bream cultured in the Aegean Sea.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Fish Samples

In this study, ten moribund (250-350g in weight) individuals were investigated between May 2009 and May 2010. The behaviours of the moribund fish samples were monitored and the anamnesis information of the epizootic was obtained from the fish farm executives. The fish samples, standing still on the water surface that exhibited clinical symptoms were collected from the cages, and autopsy was performed according to Noga [26] and Bullock [27].

### 2.2. Bacteriological Examination

Totally 10 moribund sharpsnout sea bream individuals were investigated by using bacteriological methods. Samples from internal organs were streaked onto Marine Agar and Tryptic Soy Agar (containing 1,5% NaCl) and incubated at 22°C for 48h. After incubation, the isolated pure bacterial cultures were examined using standard laboratory protocols and identified through biochemical characterization according to Kocur et al. [16] and Buller [28]. Also a rapid diagnosis kit API Staph (Biomeriux, France) was used according to the directions of the producer was used for all isolates.

### 2.3. Antimicrobial Susceptibility Testing

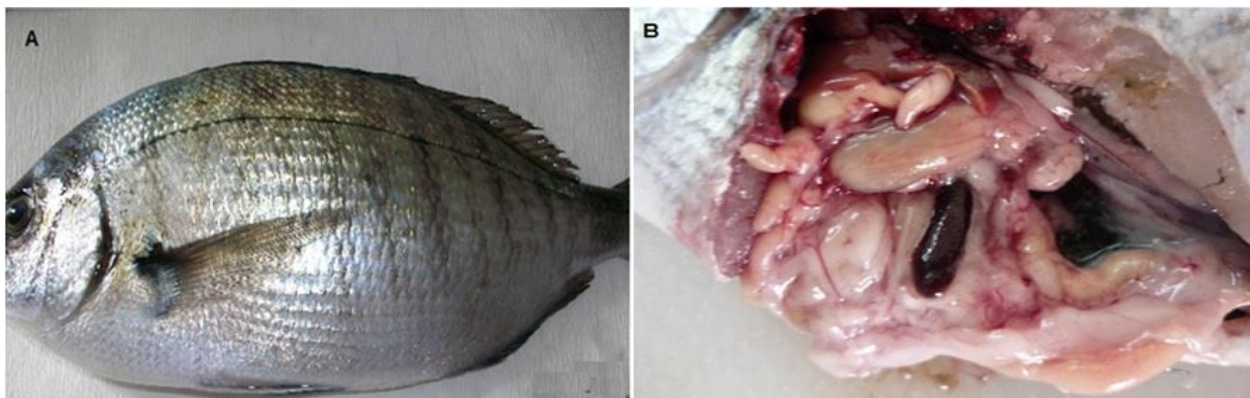
All isolates were tested for antimicrobial susceptibility by using Kirby-Bauer disc diffusion method including multidisc (chloramphenicol, erythromycin, oxytetracycline, kanamycin, streptomycin, ampicillin, ciproflaxacin and flumequine). Isolates were streaked onto Mueller-Hinton agar (Oxoid), incubated at 22°C for 48h, susceptibility zone diameters were measured and analyzed according to Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) [29-30].

### 2.3. Histological Examination

Histopathological tissue samples (approximately 1 mm<sup>3</sup>) from the internal organs were taken and fixed in 10% buffered formalin, processed with routine methods and embedded in paraffin blocks. Sections (5 µm) were stained with hematoxylin-eosin (HE) [31-32] and examined under light microscope using the image analysis system NIS-Elements BR Microscope Imaging Software (Nikon Instruments).

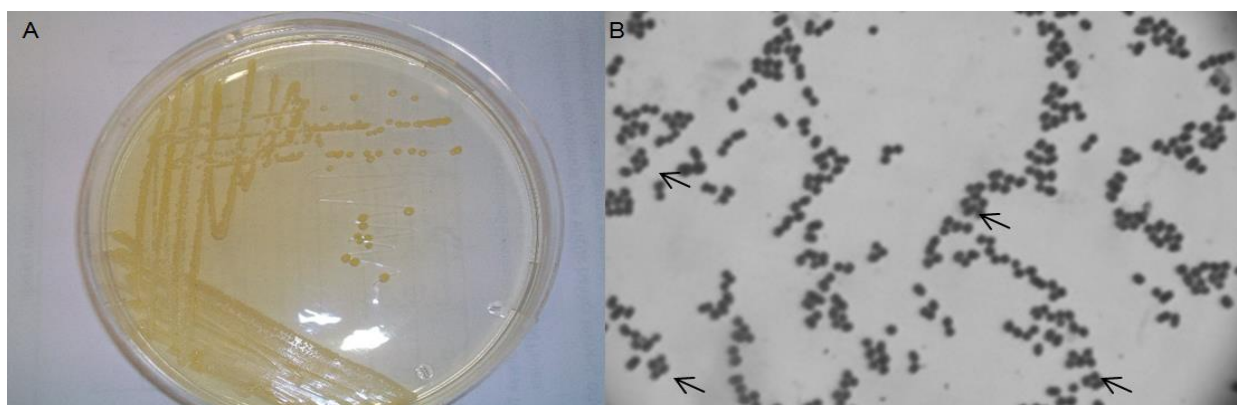
### 3. Results

Moribund fish samples exhibited pale gills and liver, loss of scales, lysis of fins and skin depigmentation (Fig. 1a), hemorrhages on the pale liver and muscles, splenoatrophy and accumulation of a mucoid yellowish fluid in the intestines (Fig. 1b).



**Figure 1.** Moribund fish exhibited (A) skin depigmentation, scale loses, lysis of fins, (B) hemorrhages in the liver, mucoid yellowish fluid in the intestine.

Total of 10 yellow-pigmented Gram-positive isolates were recovered from kidney, spleen, liver and blood of moribund fish samples (Fig. 2a, b). All isolates exhibited the same biochemical and morphological characteristics with, only difference in a few biochemical tests such as arginin dihydrolase, Voges-Prouskauer, citrate and urease utilization. And all of them were identified as *M. luteus* (Table 1). API Staph results of these isolates were also showed in Figure 3. In the antimicrobial susceptibility test, all isolates were determined to be sensitive against oxytetracycline, erythromycin and chloramphenicol.



**Figure 2.** Isolated bacteria (A) yellow-pigmented colonies, (B) Gram-positive result of Gram staining and characteristic tetrad arrangement (arrowed).

**Table 1.** Phenotypic and morphological characteristics of *M. luteus* isolated from cultured sharpsnout sea bream

Characteristics	<i>M. luteus</i> (n:10)
Colony colour	Yellowish
Morphology	Cocci
Gram Staining	+
Motility	-
Cytocrom Oxidase	+
Catalase	+
Coagülase	-
O/F Test	+/-
O/129 (150µg)	R
Indole	-
Metil Red	-
Voges-Prouskauer Test	V
Arjinin	V
Lizin	-
Ornitrin	-
ONPG	-
Inositole	-
Arabinose	-
Sorbitole	-
Production of H <sub>2</sub> S	-
Citrate	V
Urease	V

+:positive reaction, -: negative reaction, R: resistant, V: variable result



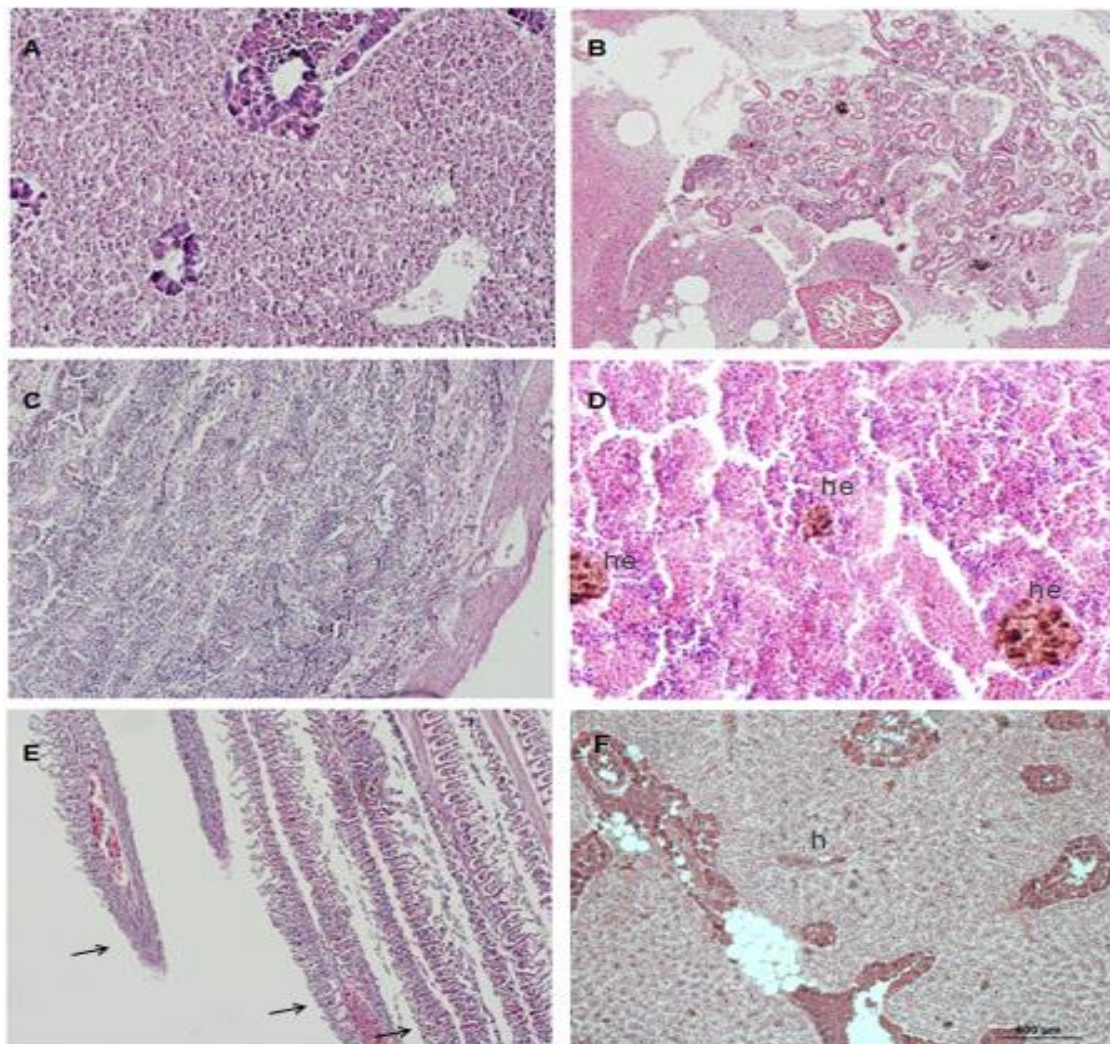
**Figure 3.** API Staph profile of *M. luteus* isolates

Histopathologically, vacuolar degeneration and necrosis in the parenchyma cells of liver (Fig. 4a) and hemorrhage in the liver (Fig. 4f), tubular necrosis in the kidney (Fig. 4b), hyperplasia of intestinal mucosa and hemorrhages in the intestines (Fig. 4c), multifocal hemosiderin deposits, degeneration of parenchyma cells and reduced hemopoietic tissue in the spleen were determined (Fig. 4d). In addition to melting lamella tissue, epithelial cells hyperplasia in the gills was also observed (Fig. 4e).

#### 4. Discussion and Conclusion

In aquaculture, increased production, pressures on faster growth, high density, management and structure efficiency can create conditions favorable for the outbreak of bacterial infectious diseases. The causative agents of these diseases are predominantly opportunistic pathogens. It is also related to a weakened immune system and an altered microbiota [18]. Gram-negative bacteria are still dominant in the pathology of bacterial fish diseases, but Gram-positive bacteria have also been observed in recent years [13, 17, 18]. The study describes the successful identification of *M. luteus* strains in infected fish using bacteriological and histopathological methods.

A few outbreaks of the disease caused by *M. luteus* were diagnosed by Pekala in rainbow trout and brown trout in Poland between 2014 and 2016 [18]. Diseased fish exhibited mainly exophthalmia, skin melanization, pale gills and spleen, swollen abdomen and kidneys. Furthermore, the researchers supposed that the bacteria would appear more often in the future causing considerable commercial losses [18]. However, we have observed a lower mortality rate in the sharpnout sea bream in the present study. In this study, moribund fish samples exhibited pale gills and liver, skin depigmentation, hemorrhages in the liver and muscles. Çanak and Timur [13] also reported similar clinical findings in the fish infected with *Staphylococcus capitis* subsp. *capitis* in Turkey.



**Figure 4.** Tissue sections of moribund fish samples, stained with H&E. (A) vacuolar degeneration and necrosis in the parenchyma cells of liver, (B) tubular necrosis in the kidney, (C) hyperplasia of intestinal mucosa and hemorrhages in the intestines, (D) multifocal hemosiderin deposits (he), degeneration of parenchyma cells and

reduced hemopoietic tissue in the spleen, (E) hyperplasia of the gill lamellae (arrowed) and disruption of gill epithelium, (F) hemorrhagic (h) in the liver

*M. luteus* is a yellow-pigmented non-motile, oxidative bacterium with, Gram-positive cocci shaped cells, which display a characteristic tetrad arrangement. In this study, bacterial isolates recovered from moribund fish samples exhibited yellowish colonies, a tetrad arrangement, and the positive reaction of catalase. These bacteria did not produce  $\beta$ -galactosidase, H<sub>2</sub>S, indole, lysine or ornithine decarboxylase. The API Staph profile and other biochemical characteristics of all isolates were found to be similar to previously reported [17, 18, 22, 26]. This is the first report of *M. luteus* infection causing disease in cultured sharpsnout sea bream.

The sensitivity of the bacteria to chloramphenicol, streptomycin, potentiated sulphonamides and tetracycline was recorded by Austin and Stobie [17]. Some data concerning the antimicrobial resistance of *Kocuria*, *Micrococcus*, *Nesterenkonia*, *Kytococcus*, and *Dermaococcus* were presented by Szczerba without species specifications, and erythromycin susceptibilities were found [33]. In another study, inhibition zones were observed for enrofloxacin and sulphonamide with trimethoprim, besides flumequine and oxolinic acid resistance [18]. Previously, fish pathogenic *M. luteus* strains recovered gilthead seabream and common dentex were reported to be sensitive against oxytetracycline and erythromycin. In this study, all isolates were determined to be resistant against kanamycin, streptomycin, ampicillin, ciprofloxacin, and flumequine. Similarly to other studies, they were found to be sensitive to oxytetracycline, erythromycin, and chloramphenicol [18, 24, 25, 33].

In the present study, histopathological findings coincide with previously reported in the fish tissues infected with staphylococcal bacteria [13, 17, 18, 22, 26]. Our histopathological findings such as vacuolar degeneration and necrosis in the parenchyma cells of the liver and hemorrhage, tubular necrosis in the kidney, multifocal hemosiderin deposits in the spleen, melanomacrophage deposit and necrosis of the kidney tubules are similar to the findings obtained by Çanak and Timur [13] in a staphylococcosis case of cultured sharpsnout sea bream *M. luteus* and *Vibrio* sp. .

In conclusion, Gram-positive, strictly aerobic coccoid bacteria, especially *M. luteus*, are a part of the normal bacterial flora of fish. Some of these species are used as probiotics in fish [19, 34], but some others may become pathogenic under stress conditions. For this reason, these bacteria are renamed as emerging opportunistic pathogens as others researchers have suggested.

## Acknowledgement

This work was supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Istanbul University Project number: 2637.

## References

- [1] Bauchot, M.L., Hureau J.C. 1986. Sparidae. In: Check-list of the Fishes of the Eastern Tropical Atlantic. Clofeta II. (J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post & L. Saldanha eds), p. 790-812. UNESCO: Paris.
- [2] Divanach, P., Kentouri, M., Charalambakis, G., Pouget, F., Steriotti, A. 1993. Comparison of growth performance of six Mediterranean fish species reared under intensive farming conditions in Crete (Greece), in raceways with the use of self feeders. In: Barnabé G, Kestemont P (eds) Production environment and quality. Bordeaux Aquaculture 1992. Spec Publ No. 18, European Aquaculture Society, Ghent, p. 285–297.
- [3] Sara, M., Favalaro, E., Mazzola, A. 1999. Comparative morphometrics of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo* Cetti, 1777), reared in different conditions. Aquacult Eng 19:195–209.
- [4] Papandroulakis, N., Kentouri, M., Maingot, E., Divanach, P. 2004. Mesocosm: a reliable technology for larval rearing of *Diplodus puntazzo* and *Diplodus sargus*. Aquacult Int 12:345–355.
- [5] Katharios, P., Papadaki, M., Papandroulakis, N., Divanach, P. 2008. Severe mortality in mesocosm-reared sharpsnout sea bream *Diplodus puntazzo* larvae due to epitheliocystis infection. Dis Aquat Org, Vol. 82: 55–60.
- [6] Kamacı, O.H., Firat, K., Saka, Ş., Bulut, M., 2005. Determination of Embryonic Development Stages of Sharpsnout Seabream (*Diplodus puntazzo*) Eggs in Rearing Conditions. Journal of Applied Sciences 5(3): 546-552.
- [7] Kop, F., Altan, A., Korkut, Ö. 2006. Growth of Sharpsnout Sea Bream in the net cages under different feeding regimes. Indian Vet. Journal 83:910-911.
- [8] Suzer, C., Aktülün, S., Coban, D., Okan Kamacı, H., Saka, S., Firat, K., Alpbaz, A., 2007 . Digestive enzyme activities in larvae of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). Molecular & Integrative Physiology 148(2):470-7.
- [9] TÜİK, 2016. Su Ürünleri İstatistikleri. [www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1005](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005). (Erişim Tarihi: 21.01.2018).



- [10] Athanassopoulou, F., Prapas, T., Rodger, H. 1999. Diseases of *Puntazzo puntazzo* Cuvier in marine aquaculture systems in Greece. J Fish Dis 22:215–218.
- [11] Doukas, V., Athanassopoulou, E., Karagouni, E., Dotsika, E. 1998. *Aeromonas hydrophila* infection in cultured sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., and *Puntazzo puntazzo* Cuvier from the Aegean Sea. J Fish Dis 21:317–320.
- [12] Katharios, P., Kokkari, C., Dourala, N., Smyrli, M. 2015. First report of Edwardsiellosis in cage-cultured sharpnose sea bream, *Diplodus puntazzo* from the Mediterranean. BMC Veterinary Research 11:155. DOI 10.1186/s12917-015-0482-x
- [13] Çanak, Ö., Timur, G., 2017. Staphylococcal infections of marine fishes cultured in Turkey, Aquaculture Europe 2017, 17-20 October 2017, Dubrovnik-Croatia, 175-176.
- [14] Kloos, W.E., Bannerman, T., 1995. Staphylococcus and Micrococcus. In: Mraz PR, Baron EJ, Fallow MA (ed). Manual of Clinical Microbiology. 6th ed. ASM, 282-298.
- [15] Schleifer, K. H., Kloos, W. E., 1975. A simple test system for the separation of staphylococci from micrococci. J. Clin.Microbiol. 1:337.
- [16] Kocur, M., Kloos, W.E., Schleifer, K.H., 2006. The genus Micrococcus. In: Dworkin, M.,Falkow, S., Rosenberg, E., Schleifer, K.H., Stackebrandt, E. (Eds.), The Prokaryotes,3rd ed. Springer, New York, pp. 961–971.[http://dx.doi.org/10.1007/0-387-30743-5\\_37](http://dx.doi.org/10.1007/0-387-30743-5_37)
- [17] Austin, B., Stobber, M., 1992. Recovery of *Micrococcus luteus* and presumptive Planococcus from moribund fish during outbreaks of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) fry syndrome (RTFS) in England. J. Fish Dis. 15, 203–206.
- [18] Pękalaa, A., Paździora , E., Antychowicz, J., Bernad, A., Głowacka, H., Więceka, B., Niemczuka, W., 2018. *Kocuria rhizophila* and *Micrococcus luteus* as emerging opportunist pathogens in brown trout (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). Aquaculture, 486;285-289.
- [19] Irianto, A., Austin, B., 2002. Probiotics in aquaculture. J. Fish Dis. 25, 633–642.
- [20] Akaylı, T., Albayrak, G., Ürkü, Ç., Çanak, Ö., Yörük, E., 2016. Characterization of *Micrococcus luteus* and *Bacillus marisflavi* Recovered from Common Dentex (*Dentex dentex*) Larviculture System. Mediterranean Marine Science, 17:163-169.
- [21] Dahiya, T., Gahlawat, S.K., Sihag, R.C., 2012. Elimination of Pathogenic Bacterium (*Micrococcus* sp.) by the Use of Probiotics Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 12: 185-187 (2012) DOI: 10.4194/1303-2712-v12\_1\_21
- [22] Austin, B., Austin, D., 2007. Bacterial Fish Pathogens Disease of Farmed And Wild Fish, 7th (revised) Edition, Springer-Praxis Publishing, Chichester, 652s.
- [23] Aydın, S., Ciltas, A., Yetim, H., Akyurt, İ., 2005. Clinical, Pathological and Haematological Effect of *Micrococcus luteus* Infections in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum), Journal of Animal Veterinary Advances 4 (2) 167- 174.
- [24] Çanak, Ö., Akaylı, T., 2018. Bacteria recovered from cultured gilthead seabream (*Sparus aurata*) and their antimicrobial susceptibilities, Eur J Biol, 77(1), 11-17.
- [25] Akaylı, T., Ürkü, Ç., Yardımcı, R.E., Çanak, Ö., 2019. Bacterial Infection in cultured common dentex (*Dentex dentex*, L.1758). ÇOMU J Mar Sci, 2(1), 132-138.
- [26] Noga, E.J., 2000. Fish Disease: Diagnosis and Treatment, Iowa State University Press, Iowa, 99-058466, 517s.
- [27] Bullock, A.M., 1978. Laboratory Methods in Fish Pathology, Ed. by Roberts R.J., Bailliere Tindall, London, 235-267.
- [28] Buller, N.B., 2004. Bacteria from Fish and Other Aquatic Animals: A Practical Identification Manual, CABI Publishing,Cambridge USA, ISBN 0851997384, 361s.
- [29] Clinical and Laboratory Standards Institute, (CLSI), 2006. VET03-A Methods for antimicrobial disk susceptibility testing of bacteria isolated from aquatic animals. In: Approved Guideline. Vol. 26, No. 23, Wayne, PA, USA
- [30] Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), 2008. M100-S25 performance standards for antimicrobial susceptibility testing. In: 25th International Supplement, Vol. 35, No. 3. Wayne, PA, USA.
- [31] Drury, R.A.B., Wallington, E.A., 1980. Carleton's Histological Technique, Fifth edition, Oxford University Press, p. 520, ISBN 0-19-261310-3.
- [32] Culling, C.F.A., 1963. Handbook of Histopathological Techniques, second edition, Butterworth&Co.(Published) Com., 553s.
- [33] Szczerba, I., 2003. Susceptibility to antibiotics of bacteria from genera *Micrococcus*, *Kocuria*, *Nesterenkonia*, *Kytococcus* and *Dermacoccus*. Med. Dosw. Mikrobiol. 55, 75–80.
- [34] Akaylı, T., Ürkü, Ç., Çanak, Ö., Sönmez, E., Erk, M.H., 2016. *Micrococcus luteus*'un Bazı Gram pozitif Balık Patojenlerine Karşı Etkisinin Araştırılması Kocatepe Vet J, 9(2): 74-79.

## Dört kez iyonlaşmış Lantanın (La V) Yarı Ömür Hesaplamaları

Betül Karaçoban Usta\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mühendislik Temel Bilimleri Bölümü,  
SAKARYA

(Alınış / Received: 22.08.2019, Kabul / Accepted: 03.08.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Anahtar Kelimeler

Yarı ömürler,  
Enerji seviyeleri,  
Landé  $g$ -çarpanları,  
Hartree-Fock metodu

**Öz:** Cowan tarafından geliştirilen Relativistik Hartree-Fock (HFR) metodu kullanılarak, dört kez iyonlaşmış lantanın (La V,  $Z = 57$ )  $5s^25p^5$ ,  $5s^25p^44f$ ,  $5s^25p^45d$ ,  $5s^25p^46s$ ,  $5s^25p^46p$ ,  $5s^25p^47s$  ve  $5s^25p^45g$  konfigürasyonlarının enerji seviyeleri ve yarı ömürleri elde edilmiştir. Aynı zamanda, bu seviyelerin Landé  $g$ -faktörleri de hesaplanmıştır. Bu hesaplamada, konfigürasyon etkileşimi ve relativistik etkileri dahil edilmiştir ve Hamiltonyenin hesaplanan özdeğerleri mevcut deneysel enerji seviyeleri kullanılarak en küçük kareler yöntemi ile gözlenen enerji seviyelerine uydurma yaparak iyileştirilmiştir. Enerji seviyeleri için elde ettiğimiz sonuçları literatürde daha önce bildirilmiş olan diğer çalışmalarla karşılaştırdık ve oldukça uyumlu olduğunu gördük. Elde edilen Landé  $g$ -çarpanları ve yarı ömür sonuçları bu çalışmada ilk kez sunulmuştur. Bu veriler astrofizik ve plazma fiziği için kullanışlıdır.

## Lifetime Calculations in Quadruply Ionized Lanthanum (La V)

### Keywords

Lifetimes,  
Energy levels,  
Landé  $g$ -factors,  
Hartree-Fock method

**Abstract:** Using the relativistic Hartree-Fock (HFR) method developed by Cowan, the energy levels and lifetimes of  $5s^25p^5$ ,  $5s^25p^44f$ ,  $5s^25p^45d$ ,  $5s^25p^46s$ ,  $5s^25p^46p$ ,  $5s^25p^47s$ , and  $5s^25p^45g$  configurations of quadruply ionized lanthanum (La V,  $Z = 57$ ) have been obtained. The Landé  $g$ -factors of these levels have been also calculated. In this calculation, configuration interaction and relativistic effects were included and the calculated eigenvalues of Hamilton were improved by fitting the energy levels observed by the least squares method using the available experimental energy levels. We compared our results for energy levels with previously reported the available other works in literature and found it to be quite compatible. These Landé  $g$ -factors and lifetime results are reported for the first time in this work. These data are useful for astrophysics and plasma physics.

\*İlgili Yazar, email : bkaracoban@subu.edu.tr

### 1. Giriş

İyonlaşmış lantanitlerin spektrumuna, kuantum bilgisi, aydınlatma endüstrisi, lazer malzemeleri ve yıldız fiziği gibi çeşitli fizik alanlarında büyük ilgi duyulmaktadır [1]. Lantanitlerin ilk üyesi olan lantan atomu çeşitli teknolojik alanlarda önemli uygulamalara sahiptir. Karbon esaslı aydınlatmada, optik camların yapımında, pahalı kamera merceklerinde, çakmaktaşı ve pil elektrotlarının üretilmesinde, sinema endüstrisinde stüdyo aydınlatmalarında ve projeksiyonlarda kullanılır.

Dört kez iyonlaşmış lantan (La V,  $Z = 57$ ), iyot (I) benzeri elektron dizilimine sahiptir ve bu nedenle de halojen benzeri bir enerji seviyesi yapısına sahip olması beklenir. La V'in taban hal konfigürasyonu  $[Pd]5s^25p^5$ 'dir. La V ile ilgili şimdiye kadar yapılan çalışmalar çok azdır. Bu iyona ait ilk çalışma olarak, Epstein ve Reader'in çalışması sayılabilir [2]. Çalışmalarında La V'in taban hal terimini  $5s^25p^5 \ ^2P_{3/2}$  belirlediler.  $5s^25p^5$ ,  $5s5p^6$ ,  $5s^25p^45d$  ve  $5s^25p^46s$  konfigürasyonlarının tüm seviyelerini sınıflandırdılar. Ayrıca 47 geçişin dalga boylarını sundular.

Biémont ve çalışma arkadaşları  $5s^25p^5\ 2P_{3/2} - 2P_{1/2}$  yasak geçişinin (manyetik dipol ve elektrik kuadropol) geçiş olasılığını hesapladır [3]. Murphy ve grubu çift lazer plazma tekniğini kullanarak 85-96 eV bölgesinde La V'in fotoabsorpsiyon spektrumlarını kaydettiler [4].

Bu çalışmada, La V'in  $5s^25p^5$ ,  $5s^25p^44f$ ,  $5s^25p^45d$ ,  $5s^25p^46s$ ,  $5s^25p^46p$ ,  $5s^25p^47s$  ve  $5s^25p^45g$  seviyelerinin enerjileri, Landé  $g$ -çarpanları ve yarı ömürlerini sunduk. Hesaplamalar Cowan tarafından geliştirilen relativistik Hartree-Fock (HFR) [5] yöntemiyle yapıldı. Hesaplamalarda, La V'in [Pd]  $5s^25p^5$ , [Pd]  $5s^25p^44f$ , [Pd]  $5s^25p^46p$ , [Pd]  $5s^25p^45d$ , [Pd]  $5s^25p^46s$ , [Pd]  $5s^25p^47s$  ve [Pd]  $5s^25p^45g$  konfigürasyonları alındı. Bu konfigürasyon seti değerlik elektronları arasındaki karşılıklı etkileşmeye göre seçilmiştir. Karşılıklı etkileşme ve relativistik etkiler ağır elementlerin spektrumları üzerinde önemli rol oynarlar. Bu yüzden dört kez iyonlaşmış lantan için bu etkiler hesaba alınmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Cowan tarafından geliştirilen HFR yönteminde [6] Hamiltonyen atomik birimlerde

$$H = - \sum_i \nabla_i^2 - \sum_i \frac{2Z}{r_i} + \sum_{i>j} \frac{2}{r_{ij}} + \sum_i \zeta_i(r_i)(\mathbf{l}_i \cdot \mathbf{s}_i) \quad (1)$$

olarak alınır. Burada  $r_i = |\mathbf{r}_i|$  çekirdekten  $i$ . elektrona olan uzaklık,  $r_{ij} = |\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|$ ,  $i$ . ve  $j$ . elektronlar arasındaki uzaklık ve  $i>j$  üzerinden toplam elektronların tüm çiftleri üzerindedir.  $\zeta_i$ , yörünge- ve spin-açısal momentum işlemcilerinin skaler çarpımının bir orantı sayısıdır:

$$\xi = \frac{\alpha^2}{2} \frac{1}{r} \left( \frac{dV}{dr} \right) \quad (2)$$

Radyal fonksiyonlar,  $F^k$  ve  $G^k$  Coulomb integrallerini ve  $\zeta_{nl}$  spin-yörünge integrallerini hesaplamak için kullanılır. Hartree-Fock modeline göre radyal fonksiyonlar elde edildikten sonra,  $\gamma J$  etiketli bir seviyenin  $M$  alt seviyesinin  $\gamma JM$  dalg fonksiyonu,

$$|\gamma JM\rangle = \sum_{\alpha LS} |\alpha LSJM\rangle \langle \alpha LSJ | \gamma J \rangle \quad (3)$$

şeklinde ifade edilir.

Atom için determinant dalg fonksiyonları kullanılıyorsa, toplam bağlanma enerjisi

$$E = \sum_i \left( E_k^i + E_n^i + \sum_{j<i} E^{ij} \right) \quad (4)$$

şeklinde yazılır. Burada  $E_k^i$  kinetik enerji,  $E_n^i$  çekirdek-elektron Coulomb enerjisi ve  $E^{ij}$   $i$ . ve  $j$ . elektronlar arasındaki Coulomb etkileşim enerjisidir.

HFR yönteminde relativistik katkılar olarak spin-yörünge etkileşmesi ile beraber kütle düzeltmesi ve Darwin düzeltmeleri alınmaktadır.

Bir atom seviyesinin Landé  $g$ -çarpanı, manyetik sayısı  $M$  olan alt seviyelerin enerji kayması ile ilgilidir:

$$\Delta E(\gamma JM) = \mu_B B g_{\gamma J} M \quad (5)$$

Burada  $\mu_B$  Bohr manyetonu ve B manyetik alandır. Saf LS çiftlenimine göre  $\alpha_j$  ile belirtilen bir seviyenin Landé g-çarpanı

$$g_{\alpha LS_j} = 1 + (g_s - 1) \frac{J(J+1) - L(L+1) + S(S+1)}{2J(J+1)} \quad (6)$$

formülü ile verilir.  $g_s$  kuantum elektrodinamik (QED) etkiler için düzeltilen elektron spininin  $g$  çarpanıdır [7]. Landé formülünde  $g_s$  için 2 değeri verilir. Enerji seviyeleri için Landé g-çarpanları, bir spektrum analizinde değerli bir yardımcıdır.

Çoğu deneyler ölçümlerin kolaylığından dolayı üst seviyenin yarı ömrünü verir. Bu durumda, tüm düşük seviyelere çok-kutuplu geçişler üzerinden toplam alınmalıdır. Böylece bir J seviyesinin yarı ömrü aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\tau_j = \frac{1}{\sum_i A_{ji}}. \quad (6)$$

(6) formülünde, A geçiş olasılığı,  $\gamma'J'M'$  uyarılmış halden  $\gamma J$  seviyesinin tüm M hallere olan geçiş olasılığıdır.

$$A = \frac{64\pi^4 e^2 a_0^2 \sigma^3}{3h(2J'+1)} S \quad (7)$$

burada  $\alpha = [(E_j - E_i)/hc]$ 'dir ve S elektrik dipol çizgi şiddetidir.

### 3. Bulgular

Bu çalışmamızda, La V'in  $5s^25p^5$ ,  $5s^25p^44f$ ,  $5s^25p^45d$ ,  $5s^25p^46s$ ,  $5s^25p^46p$ ,  $5s^25p^47s$  ve  $5s^25p^45g$  konfigürasyonlarının enerji seviyelerini, Landé g-çarpanlarını ve seviye yarı ömürlerini sunduk. Hesaplamalarda HFR yöntemine göre Cowan tarafından geliştirilen program paketi [5] kullanıldı ve değerlik elektronları arasındaki karşılıklı etkileşme etkileri dikkate alındı. HFR yaklaşıklığı Schrödinger denkleminin dayalı olmasına rağmen spin-yörünge etkisi yanında kütle-hız düzeltmeleri ve Darwin katkıları gibi relativistik etkileri içerir. Bu hesaplamada, Hamiltonyenin hesaplanan özdeğerleri mevcut deneysel enerji seviyeleri kullanılarak en küçük kareler yöntemi ile gözlenen enerji seviyelerine uydurma yaparak iyileştirildi. En küçük kareler yönteminde tüm deneysel seviyeler NIST'ten [8] alındı. En küçük kareler yönteminde spin-yörünge parametrelerinin ölçeklendirme faktörü temel kuantum mekaniksel hesaptaki değerlerinde bırakılırken Slater parametreleri ( $F^k$  ve  $G^k$ ) ve konfigürasyon etkileşme integralleri ( $R^k$ ) için ölçeklendirme faktörlerinin iyileştirilmemiş değerleri 0,85 olarak seçildi. Ölçeklendirme faktörlerinin bu düşük değerleri ağır elementler için Cowan [5] tarafından öne sürülmüştür.

La V'in enerji seviyeleri, Landé g-çarpanları ve yarı ömür sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2'de rapor edilmiştir. Tablolarda, elde edilen enerji sonuçları  $5s^25p^5 \ ^2P_{3/2}$  taban durum seviyesine göre ( $\text{cm}^{-1}$ ) biriminde ve yarı ömürlerde ns biriminde verilmiştir. Tablolarda sadece tek parite durumları "o" üst indisi ile belirtilmiştir. Diğer karşılaştırma değerleri için referanslar, Tablo 1'in altında yazılmıştır.

**Tablo 1.** La V'in düşük seviyelerinin E enerjileri ( $\text{cm}^{-1}$ ), Landé g-çarpanları ve  $\tau$  yarı ömürleri (ns)

Seviyeler		E ( $\text{cm}^{-1}$ )		g-çarpanı	$\tau$ (ns)	
Konf.	Terim	J	HFR	Diğer çalış.	HFR	HFR
$5s^25p^5$	$^2P^o$	3/2	0,00	0,00	1,334	
		1/2	21634,10	21634,1 <sup>a,b</sup>	0,666	
$5s^25p^4(^3P)5d$	$^4D$	5/2	166999,91	166600,9 <sup>a,b</sup>	1,335	26,76
		3/2	167550,82	167307,9 <sup>a,b</sup>	1,201	19,87
		7/2	168461,81	–	1,379	31,88
		1/2	169965,67	169748,5 <sup>a,b?</sup>	0,575	10,19
$5s^25p^4(^3P)5d$	$^4P$	1/2	181767,54	183551,6 <sup>a</sup>	2,214	0,391
		3/2	183163,74	182669,5 <sup>a</sup>	1,098	1,838

				182670 <sup>b</sup>		
		5/2	190208,95	189841,6 <sup>a</sup>	1,359	2,270
				189842 <sup>b</sup>		
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)5d	<sup>4</sup> F	9/2	175215,07	–	1,299	28,26
		5/2	186980,90	187535,3 <sup>a</sup>	1,053	1,043
				187535 <sup>b</sup>		
		3/2	187887,17	188298,8 <sup>a</sup>	0,758	0,882
				188299 <sup>b</sup>		
		7/2	192418,49	–	1,216	0,273
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)5d	<sup>2</sup> F	7/2	177606,11	–	1,130	0,273
		5/2	200868,51	200770,6 <sup>a</sup>	0,972	1,561
				200771 <sup>b</sup>		
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)5d	<sup>2</sup> P	1/2	184606,30	185114,9 <sup>a</sup>	0,488	32,53
		3/2	197000,44	196794,3 <sup>b</sup>	1,328	10,74
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)5d	<sup>2</sup> D	3/2	190294,20	190217,4 <sup>a</sup>	1,097	2,282
		5/2	198214,30	198577,0 <sup>b</sup>	1,242	1,437
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)5d	<sup>2</sup> G	7/2	199715,57	–	0,975	27,46
		9/2	201873,31	–	1,146	23,64
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)5d	<sup>2</sup> F	5/2	208284,18	207398,3 <sup>a</sup>	0,979	1,453
		7/2	212699,22	–	1,142	19,78
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)5d	<sup>2</sup> S	1/2	210274,29	228915,8 <sup>a?</sup>	2,022	0,032
				228916 <sup>b?</sup>		
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> S)5d	<sup>2</sup> D	3/2	222799,09	222023,1 <sup>a</sup>	0,948	0,056
				222023 <sup>b</sup>		
		5/2	235543,21	236365,3 <sup>a</sup>	1,189	0,347
				236365 <sup>b</sup>		
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)5d	<sup>2</sup> P	3/2	231006,30	231423,9 <sup>a</sup>	1,129	0,015
		1/2	236922,70	237221,8 <sup>b</sup>	0,868	0,020
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)5d	<sup>2</sup> D	5/2	231878,81	229739,8 <sup>a</sup>	1,189	0,011
				229740 <sup>b</sup>		
		3/2	251660,89	250921,2 <sup>a</sup>	0,859	0,012
				250921 <sup>b</sup>		
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> )6s <sub>1/2</sub>	<sup>4</sup> P	5/2	224823,38	225191,2 <sup>a</sup>	1,541	0,977
				225191 <sup>b?</sup>		
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>0</sub> )6s <sub>1/2</sub>	<sup>4</sup> P	1/2	239014,50	240308,0 <sup>a</sup>	2,131	0,067
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> )6s <sub>1/2</sub>	<sup>4</sup> P	3/2	246718,42	246854,4 <sup>a</sup>	1,632	0,199
				246854 <sup>b</sup>		
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> )6s <sub>1/2</sub>	<sup>2</sup> P	3/2	228630,72	228545,3 <sup>a</sup>	1,305	0,237
				228545 <sup>b</sup>		
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> )6s <sub>1/2</sub>	<sup>2</sup> P	1/2	250025,69	250411,1 <sup>a</sup>	1,092	0,059
				250411 <sup>b</sup>		
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D <sub>2</sub> )6s <sub>1/2</sub>	<sup>2</sup> D	5/2	256829,92	255936,4 <sup>a</sup>	1,260	0,181
				255936 <sup>b</sup>		
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D <sub>2</sub> )6s <sub>1/2</sub>	<sup>2</sup> D	3/2	257721,58	257047,2 <sup>a</sup>	0,913	0,134
				257047 <sup>b</sup>		
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> S <sub>0</sub> )6s <sub>1/2</sub>	<sup>2</sup> S	1/2	287254,80	–	1,953	0,139

<sup>a</sup> Epstein ve Reader [2], <sup>b</sup> NIST [8]

**Tablo 2.** La V'in bazı uyarılmış seviyeleri için yeni E enerjileri ( $\text{cm}^{-1}$ ), Landé  $g$ -çarpanları ve  $\tau$  yarı ömürleri (ns)

Seviyeler		E ( $\text{cm}^{-1}$ )		$g$ -çarpanı	$\tau$ (ns)
Konf.	Terim	J	HFR	HFR	HFR
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)4f	<sup>4</sup> F <sup>o</sup>	7/2	135767,22	1,214	–
		5/2	135848,86	1,026	–
		9/2	137141,70	1,296	–
		3/2	138035,71	0,593	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)4f	<sup>4</sup> G <sup>o</sup>	11/2	143655,87	1,235	–
		5/2	155889,81	0,684	–
		7/2	156593,72	1,119	–
		9/2	159847,96	1,176	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)4f	<sup>2</sup> G <sup>o</sup>	9/2	144597,01	1,077	–
		7/2	165907,75	1,070	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)4f	<sup>4</sup> D <sup>o</sup>	1/2	144624,08	0,190	–
		3/2	148201,83	1,145	–
		5/2	159988,08	1,136	–
		7/2	163895,86	1,178	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)4f	<sup>2</sup> F <sup>o</sup>	5/2	148517,80	1,036	–
		7/2	150469,98	1,080	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)4f	<sup>2</sup> D <sup>o</sup>	3/2	155585,33	0,729	–
		5/2	166277,71	1,180	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)4f	<sup>2</sup> P <sup>o</sup>	1/2	165591,98	0,474	–
		3/2	166527,53	1,234	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)4f	<sup>2</sup> H <sup>o</sup>	9/2	166019,20	0,973	–
		11/2	167059,89	1,129	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)4f	<sup>2</sup> F <sup>o</sup>	7/2	173310,64	1,138	–
		5/2	179575,13	0,885	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)4f	<sup>2</sup> D <sup>o</sup>	5/2	173498,57	1,116	–
		3/2	179773,40	0,832	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)4f	<sup>2</sup> G <sup>o</sup>	7/2	176274,13	0,920	–
		9/2	178481,69	1,116	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> S)4f	<sup>2</sup> F <sup>o</sup>	5/2	201662,30	0,880	–
		7/2	202180,07	1,141	–
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)6p	<sup>4</sup> P <sup>o</sup>	3/2	267708,44	1,585	0,296
		5/2	268662,09	1,412	0,288
		1/2	287032,61	2,156	0,290
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)6p	<sup>2</sup> P <sup>o</sup>	1/2	272881,26	1,402	0,310
		3/2	290828,59	1,343	0,326
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)6p	<sup>2</sup> D <sup>o</sup>	5/2	273149,30	1,284	0,310
		3/2	295489,31	1,291	0,300
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)6p	<sup>4</sup> S <sup>o</sup>	3/2	280974,30	1,349	0,318
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)6p	<sup>4</sup> D <sup>o</sup>	7/2	273691,71	1,384	0,258
		1/2	282742,70	0,499	0,302
		3/2	287030,19	1,300	0,268
		5/2	292830,39	1,381	0,263
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)6p	<sup>2</sup> S <sup>o</sup>	1/2	295468,59	1,234	0,325

Tablo 2. (devamı)

Seviyeler			E (cm <sup>-1</sup> )	<i>g</i> -çarpımı	τ (ns)
Konf.	Terim	J	HFR	HFR	HFR
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)6p	<sup>2</sup> F <sup>o</sup>	5/2	298439,90	0,953	0,307
		7/2	302661,44	1,189	0,266
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)6p	<sup>2</sup> P <sup>o</sup>	3/2	301911,21	1,449	0,277
		1/2	310328,00	0,704	0,354
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)6p	<sup>2</sup> D <sup>o</sup>	3/2	305609,92	0,891	0,309
		5/2	306879,79	1,201	0,277
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> S)6p	<sup>2</sup> P <sup>o</sup>	1/2	330644,78	0,673	0,330
		3/2	333812,31	1,332	0,266
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> )7s <sub>1/2</sub>	<sup>4</sup> P	5/2	346378,19	1,543	0,323
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>0</sub> )7s <sub>1/2</sub>	<sup>4</sup> P	1/2	359763,61	2,158	0,208
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> )7s <sub>1/2</sub>	<sup>4</sup> P	3/2	366169,01	1,660	0,219
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>2</sub> )7s <sub>1/2</sub>	<sup>2</sup> P	3/2	347742,39	1,315	0,111
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P <sub>1</sub> )7s <sub>1/2</sub>	<sup>2</sup> P	1/2	367211,40	1,192	0,105
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D <sub>2</sub> )7s <sub>1/2</sub>	<sup>2</sup> D	5/2	376501,49	1,259	0,187
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D <sub>2</sub> )7s <sub>1/2</sub>	<sup>2</sup> D	3/2	376759,42	0,894	0,160
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> S <sub>0</sub> )7s <sub>1/2</sub>	<sup>2</sup> S	1/2	405987,89	1,988	0,175
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)5g	<sup>4</sup> G	9/2	387430,64	1,140	0,584
		11/2	387454,15	1,202	0,593
		7/2	387493,25	0,987	0,587
		5/2	407091,00	0,726	0,572
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)5g	<sup>4</sup> F	5/2	387866,21	0,804	0,594
		3/2	388449,33	0,469	0,611
		7/2	407298,71	1,049	0,619
		9/2	408243,84	1,137	0,629
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)5g	<sup>2</sup> G	9/2	387913,19	1,066	0,681
		7/2	388235,19	1,068	0,680
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)5g	<sup>4</sup> H	13/2	388133,20	1,206	0,621
		7/2	401005,72	0,883	0,611
		11/2	407281,28	1,178	0,591
		9/2	407469,18	1,013	0,615
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)5g	<sup>2</sup> H	11/2	388189,21	1,073	0,632
		9/2	401044,64	1,111	0,630
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>3</sup> P)5g	<sup>2</sup> F	5/2	388644,53	0,975	0,656
		7/2	408383,67	0,924	0,636
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)5g	<sup>2</sup> D	3/2	416509,81	0,729	0,532
		5/2	416543,50	1,152	0,548
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)5g	<sup>2</sup> I	13/2	416940,22	1,103	0,581
		11/2	416946,20	0,953	0,572
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)5g	<sup>2</sup> F	7/2	417688,83	1,141	0,605
		5/2	417916,34	0,857	0,632
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)5g	<sup>2</sup> G	9/2	418582,56	1,117	0,625
		7/2	418751,68	0,901	0,638
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> D)5g	<sup>2</sup> H	11/2	418719,52	1,106	0,622
		9/2	418725,61	0,932	0,640

**Tablo 2.** (devamı)

Seviyeler			E (cm <sup>-1</sup> )	g-çarpanı	τ (ns)
Konf.	Terim	J	HFR	HFR	HFR
5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> ( <sup>1</sup> S)5g	<sup>2</sup> G	9/2	447378,61	1,111	0,593
		7/2	447501,66	0,889	0,594

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Tablo 1'de 5s<sup>2</sup>5p<sup>5</sup>, 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>5d ve 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>6s uyarılmış seviyelerinin enerji sonuçları diğer sonuçlarla karşılaştırılmıştır [2, 8]. Ayrıca, bu seviyelerin Landé *g*-çarpanlarını ve yarı ömrünü hesapladık. Literatürde sadece bu konfigürasyonlar için enerji verilerinin karşılaştırma verileri mevcuttur. Bu hesaplamamızdan elde edilen enerji sonuçların, NIST verileri [8] ve Epstein ve Reader'in tarafından yapılan çalışmayla [2] karşılaştırıldığında uyumlu olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçların doğruluğunu göstermek için yüzde farklar (hata)  $[|E_b - E_d|/E_d] \times 100$  hesaplandı. Burada E<sub>b</sub>, bu çalışmayı, E<sub>d</sub>, diğer çalışmaları göstermektedir. Elde edilen sonuçlar ile [2, 8] çalışmasındaki sonuçlar arasındaki yüzde fark, 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>(<sup>1</sup>D)5d <sup>2</sup>S<sub>1/2</sub> seviyesi dışında, %0,00-0,97 aralığındadır. Bu seviye için % fark, %8,14 olarak hesaplanmıştır. Bu seviye için karşılaştırma değerleri her iki kaynakta da belirsizdir. Bu nedenle, % fark fazla çıkmış olabilir.

La V için Tablo 1 ve Tablo 2'de 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>4f, 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>6p, 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>7s ve 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>5g uyarılmış seviyelerinin enerjileri ve 5s<sup>2</sup>5p<sup>5</sup>, 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>4f, 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>5d, 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>6s, 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>6p, 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>7s ve 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>5g seviyelerin yarı ömür ve Landé *g*-çarpanı sonuçları ilk kez bu çalışmada rapor edildi.

Bu çalışmanın ana amacı, La V spektrumunun bir tanımını elde etmek için HFR hesaplamalarını gerçekleştirmektir. Bu çalışmada sunulan enerji verileri ve Landé *g*-çarpanları, bazı ışınım özelliklerinin araştırılmasında kullanılabilir. Ayrıca ilk kez sunulan sonuçlarımızın, çeşitli araştırma alanları ve teknolojik uygulamalarda ve La V spektrumunun yorumlanmasında faydalı olacağını umuyoruz.

#### Teşekkür

Bu çalışmanın incelenmesinde değerli vakitlerini ayıran hakemlere çok teşekkür ederiz.

#### Kaynakça

- [1] Biémont, E., Clar, M., Enzonga, S.Y., Fivet, V., Quinet, P., Träbert, E., Garnir, H.P. 2009. Atomic structure calculations and beam-foil observations of La IV. Canadian Journal of Physics 87, 1275–1282.
- [2] Epstein, G.L., Reader, J. 1976. Resonance lines and energy levels of Cs III, Ba IV, and La V. Journal of the Optical Society of America 66(6), 590–598.
- [3] Biémont, E., Hansen, J.E., Quinet, P., Zeippen, C.J. 1995. Forbidden transitions of astrophysical interest in the 5p<sup>k</sup> (k = 1-5) configurations. Astronomy and Astrophysics Supplement Series 111, 333–346.
- [4] Murphy, N., Cummings, A., Sullivan, G.O., Dunne, P. 2006. 4d → 5p transitions in the EUV photoabsorption spectrum of La V, La VI and La VII. Journal of Physics B Atomic Molecular and Optical Physics 39, 3087–3095.
- [5] Cowan, R.D. 2007. Robert D. Cowan's Atomic Structure Code. <http://www.tcd.ie/Physics/People/Cormac.McGuinness/Cowan/>. (Erişim tarihi: 20.08.2019).
- [6] Cowan, R.D. 1981. The Theory of Atomic Structure Spectra. USA: University of California Press, 731s.
- [7] Jönsson, P., Gustafsson, 2002. S. A program for computing weak and intermediate field Zeeman splittings from MCHF wave functions. Computer Physics Communications 144 (2). 188–199.
- [8] Kramida, A., Ralchenko, Yu., Reader J.; NIST ASD Team. 2018. NIST atomic spectra database Vers. 5.6. <http://physics.nist.gov/asd>. (Erişim tarihi: 20.08.2019).



## Konumsal Verilerin Bağlantılı Veri Olarak Yayınlanması : Trabzon Örneği

Gülten Kara\*<sup>1</sup>, İsra Akyazı<sup>2</sup>, Çetin Cömert<sup>3</sup>,

\*<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği, TRABZON

<sup>2</sup> Wageningen University Geoinformation Science, WAGENINGEN

<sup>3</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği, TRABZON

(Alınış / Received: 09.09.2019, Kabul / Accepted: 03.03.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Anahtar Kelimeler

Bağlantılı Veri,  
Semantik Web,  
Konumsal Veri,  
RDF

**Öz:** İçeriği hızla büyüyen geleneksel web, devasa bir veri kümesine dönüşmüş, bu veri kümesi ile heterojen ortam sunan bir hal almıştır. Gerek gelişen teknoloji gerekse kullanıcıların zaman ve kalite beklentisinin değişmesi ile birlikte, mevcut bilgi sunum teknikleri, bu beklentilerin gerisinde kalmıştır. Geleneksel webin yeni versiyonu olan Semantik Web ve bileşeni bağlantılı veri ile birlikte, sadece dokümanların yayınlanmadığı, bilgisayarların da veriyi anladığı ve analiz edebildiği yeni bir platform oluşturulmuştur. Bağlantılı veri, veri kaynaklarında bulunan verilerin web üzerinde semantik tanımları ile birlikte sunulması için bir dizi tasarım ilkeleri sunar. Bağlantılı veri yaklaşımıyla birlikte konumsal alandaki verilerin web üzerindeki boyutu her geçen gün daha da artmaktadır. Konumsal bağlantılı verilerin yayınlanmasıyla web üzerinde konumsal veriler sorgulanabilir ve diğer veri kaynakları tarafından kullanılabilir hale gelir. Böylece Semantik Web uygulamaları gereği, farklı veri kaynaklarında aynı anlama gelen veri ve kavramlar semantik olarak eşleştirilebilir durumdadır. Bu çalışmada, konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanması için bir metodoloji önerilmiştir ve gereksinimler belirlenerek sonuçlar irdelenmiştir. Bu bağlamda, "Trabzon İdari Sınırlar" veri seti ontolojilerle ilişkilendirilerek web üzerinde bağlantılı veri olarak yayınlanmıştır ve konumsal sorgular gerçekleştirilmiştir.

## Publishing Geospatial Data as Linked Data : Trabzon Case

Linked Data,  
Semantic Web,  
Geospatial Data,  
RDF

**Abstract:** The rapidly growing traditional web has transformed into a gigantic data set, which make it a place providing a heterogeneous environment. With the changes in quality expectation of users and improving technology, current knowledge representation techniques lagged behind these expectations. With the Semantic Web, a new version of the traditional web, and one of its component linked data create a platform where computers can understand and analyze data and only documents are not published. To be able to present data contained in data sources with semantic definitions on the web, linked data provides a set of design principles. With linked data approach, the size of data in spatial field is increasing day by day. Thanks to be published spatial data as linked data, spatial data became queryable, and useable by other data sources. As a result of Semantic Web applications, data and concepts with the same meaning from different sources are semantically intermateable. In this article, a methodology is indicated for publishing spatial data as Linked Data, requirements are determined and the results are examined. In this concept, "Trabzon Administrative Borders" dataset is adjusted to ontologies, published on the web as linked data and spatial queries are carried out.

\*İlgili Yazar, email: gultenkara52@hotmail.com

## 1. Giriş

Bugün günlük yaşantımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiş olan internet 1989 yılında Tim Berners-Lee tarafından World Wide Web kavramı ile hayatımıza girmiş ve çok kapsamlı bir kullanım alanına yayılmıştır. 2001 yılına gelindiğinde yine internetin kurucusu Tim Berners Lee tarafından yeni internet kavramı 'Semantik Web' kullanıma sunulmuştur. Böylece geleneksel internet, dönüşüm sürecine girmiştir. Geleneksel Web'de insanların sahip olduğu ve birbirleri ile paylaşmak istediği cümlelerin ve görsellerin ardında yatan anlam bilgisayarlar için bir şey ifade etmezken "Verinin Web"inde bu cümleler ve görseller sadece insanlar için değil, bilgisayarlar için de anlam bulmakla kalmamış, aynı zamanda verilerin de etkin paylaşımı başlamıştır. Bugün internet üzerinde her hareket bir çeşit veri olmaya başlamışken, her çeşit verinin internet ortamında herkes tarafından kolayca erişilebilir olması sağlanmıştır. Dokümanların yayınlandığı geleneksel webde, dokümanların anlamı bilgisayarlar için yoktur. Onlara anlam katmak ve veriyi anlamlı kılmak, Semantik Web ile mümkündür. Semantik Web, yeni bir web olmayıp, mevcut webdeki bilgilere anlam yüklenmesi ile hem bilgisayarlar hem de insanlar tarafından anlaşılabilmesine imkân verecek olan günümüz webinin bir uzantısıdır [1].

Teknoloji ile bütünleşik hale gelen günümüz dünyasında, internet üzerinde yapılan paylaşımlar artan bir hızla devam etmektedir. Bu durum interneti, içerisinde yapılı, yapısız ve yarı yapılı halde sayısız bilgiyi kapsayan bir ortama dönüştürmüştür. Devasa büyüklükteki bu bilgiler bilgisayarlar tarafından değil, bilginin kullanıcısı olan insanlar tarafından anlaşılabilir ve kullanılabilir bir şekilde sunulmaktadır. Bu noktada farklı veri tabanlarında farklı formatlarda tutulan verilerin her bir kullanıcı tarafından toplanması ve amaca uygun bir hale getirilmesinin gerekliliği, verilerin kullanılmasını zaman ve emek tüketici bir hale getirebilmektedir. Gelinek nokta itibarıyla Geleneksel Web, günümüz dünyasının hissettirdiği hızı yakalaması ve çeşitliliği karşılayabilmesi bağlamında değişime ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaca cevap olarak ortaya çıkan Semantik Web, interneti artık kullanıcı ile anlaşılabilir hale getirmiştir. Bu anlaşılabilirliğin insanlardan bilgisayarlara geçişi ile birlikte, verinin toplanması ve tüketimi daha hızlı ve daha kolay bir şekilde gerçekleşmesi mümkün hale gelmiştir. Ayrıca Semantik Web bağlamında olan bağlantılı verinin kullanımı ile birlikte, çeşitli kaynaklardaki veriler, tek bir veri modeline dönüştürülerek, çeşitli diğer yapıların veriye entegrasyonu ile tek bir çatı altında bilgisayarlar tarafından anlaşılabilir şekilde toplanabilmektedir. İlgili literatürde bağlantılı verileri oluşturmak ve yayınlamak için çok sayıda proje, girişim ve akademik çalışma gerçekleştirilmiştir. Farklı veri kaynaklarındaki verileri tanımlamak amacıyla Bağlantılı Açık Veri Bulutu (Linked Open Data Cloud\*), girişimi başlatılmıştır. Bu girişimin amacı, farklı veri kaynaklarını web üzerinde RDF (Resource Description Framework) olarak sunmak ve onlar arasında link kurmaktır. Mart 2019 tarihi itibarıyla 16.147 linkle 1.239 veri seti içermektedir. DBpedia projesi ise Wikipedia üzerinde yapılı bilginin çıkarılarak varlıkların bağlantılı veri olarak yayınlanmasını amaçlar. Web üzerindeki ilgili veri setlerine kurulan linkler yardımıyla diğer veri setlerine de erişim sağlanır.

Semantik Web uygulamaları ile birlikte web üzerindeki verilerin miktarı her geçen gün daha da artmaktadır. Buna paralel olarak bu verilerin önemli bir kısmını konumsal veriler oluşturmaktadır. Nitekim son zamanlarda hem devlet kurumlarının hem de diğer konumsal veri sağlayıcılarının konumsal verilerini kullanıcılara açık veri olarak sunduğu görülmektedir. Konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanması konusunda çok sayıda proje ve akademik çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

GeoNames, 11 milyondan fazla yer ismini ve tüm ülkeleri kapsayan bir coğrafi veri tabanıdır. GeoNames ontolojisi konumsal semantik bilginin Word Wide Web'e eklenmesini mümkün kılar. 11 milyondan fazla GeoNames yer ismi RDF web servisine karşılık gelen tek anlamlı URI (Uniform Resource Identifier) lere sahiptir. Diğer servisler yer isimleri arasında ilişki tanımlar. Konumsal veri alanında bağlantılı verilerin yayınlanması için öncü kurumlardan biri şüphesiz Büyük Britanya ulusal harita kurumu olan Ordnance Survey dir. Açık Veri girişiminin bir parçası olan konumsal bağlantılı verilerin oluşturulması ve yayınlanması amacıyla 1:50 000 "Scale Gazetteer", "Code-Point Open" ve "Boundary Line" veri setleri bağlantılı veri olarak yayınlanmıştır. Verilerin konumsal ilişkilerini semantik olarak tanımlayan "Spatial Relations Ontology" ve 50 binlik atlası tanımlayan "50K Gazetteer Ontology" ile birlikte "Postcode Ontology", "Geometry Ontology" ve "The Administrative Geography" and "Civil Voting Area Ontology" gibi ontolojiler verileri tanımlamak amacıyla geliştirilmiştir.

LinkedGeoData, OpenStreetMap projesinden elde edilen bilgiyi kullanır ve bu veriyi "Bağlantılı Veri İlkeleri" ne göre RDF olarak erişilebilir kılarak, diğer veri setleri ile ilişkilendirir. LinkedGeoData projesinin amacı, OpenStreetMap verisi ile büyük bir konumsal bilgi tabanı oluşturmaktır. Proje kapsamında OpenStreetMap verisi, bağlantılı veri olarak yayınlanmıştır ve DBpedia ve GeoNames ile ilişkilendirilmiştir [2]. TELEIOS projesinde ise uzaktan algılama teknikleriyle elde edilen görüntülerden çıkarılan veriler proje kapsamında geliştirilen ontolojiler ile ilişkilendirilmiş ve DBpedia ve GeoNames gibi diğer veri setleri ile linkler kurulmuştur. Uydular tarafından elde

\* <https://lod-cloud.net/>

edilen gözlem verilerinin semantik olarak tanımlanarak daha fazla kullanıcı tarafından erişilebilirliği sağlanarak sanal dünya gözlemleri gerçekleştirilmiştir. Finlandiya da bağlantılı verilerin yayınlanması amacıyla başlatılan girişim ile birlikte “Cultural Heritage”, “History”, “Finnish Law”, “Finnish Geographic Names” gibi veri setleri bağlantılı veri olarak yayınlanmıştır [3].

Kara [4], yer adları dizinlerini ulusal ve uluslararası ölçekte inceleyerek Türkiye için bir İdari Birimler Dizini oluşturmuştur. Ardından oluşturulan İdari Birimler Dizinini temel alarak İdari Bölüm Ontolojisini ortaya koymuş, idari birimler arasındaki konumsal ilişkiler ve geometriler için Konumsal İlişkiler Ontolojisi ve Geometri Ontolojisi geliştirmiştir. Bağlantılı Veri İlkeleri’ ni takip ederek İstanbul ili Beşiktaş ilçesi ve komşularını her bir birim için RDF dokümanı oluşturarak Bağlantılı Veri olarak yayınlamıştır. Oluşturulan RDF dokümanları Apache Jena Fuseki yazılımı ile SPARQL Endpoint (uç nokta) olarak sunarak ilgili diğer kullanıcıların erişimine sunulmuştur. Çalışma idari birimler ve Bağlantılı Veri içeriği ile ülkemizde yapılmış öncü çalışmalardan biridir.

Atemezing [5], coğrafi ve geometrik verilerin sunumu için çeşitli kelime hazineleri ve modellerini inceleyerek Datalift Projesi kapsamında coğrafi verinin bağlantılı veri olarak yayınlanmasına odaklanmıştır. Mevcut konumsal içerikli kelime hazinelerinin geometrilerini daha etkili modelleyebilmeleri için genişletilmiş, Fransa odaklı öznitelik ve ilgi alanı için ontoloji geliştirmiştir. Ayrıca Fransa için idari konumsal kaynaklarını webde mevcut olan LinkedGeoData, GeoNames gibi veri setleri ile ilişkilendirmiştir. Fransa için “Administrative Units”, “Gazetteer” ve “Addresses of OSM-Fr” gibi veri setlerini yayınlarak Fransa Bağlantılı Açık Veri Bulutu’ nu oluşturmuştur.

Adlan [6], Bağlantılı Açık Veri Bulutu’ nda bulunan konumsal veri setleri ile ilgili durum analizi yapmış ve bu veri setlerinin kullanılmasına değinmiştir. Ayrıca Hollanda’da tapu sicil verilerinden sorumlu kurumdan elde ettiği Bağlantılı Veri Seti ile Avrupa Birliği doğa koruma ağı bünyesindeki konumsal veri setini Bağlantılı Veri İlkeleri’ ne göre ilişkilendirerek Konumsal Bağlantılı Verileri yayınlamıştır. RDF veri modeline dönüşümde TripleGeo, ilişkilendirme için ise SILK yazılımını kullanmıştır. İlişkilendirme aşamasını geometri ve yer adları temelli olarak iki şekilde sunmuştur.

Büch [7], bağlantılı veri teknolojilerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Mevcut bütünleşik bağlantılı veri çözümlerini irdeleyerek bunlardan birisi olan DataLift ile uygulama senaryosu kapsamında bağlantılı verileri yayınlamıştır.

Saavedra ve diğerleri [8], konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanmasında konumsal verinin çoğunluğunu oluşturan kadastral veriler ile çalışma yürütmüşlerdir. Kolombiya’da iki farklı kadastral veri sağlayıcısından elde ettikleri veriyi Bağlantılı Veri İlkeleri’ ne göre semantik olarak ilişkilendirmişler, ayrıca çıktı veri seti Bağlantılı Veri Bulutu üzerinden GeoNames ve LinkedGeoData veri setleri ile zenginleştirmişlerdir. Kolombiya idari sınırlarını kapsayan ve gerekli tanımları içeren mevcut ontolojileri kullanarak bir ontoloji geliştirmişlerdir. RDF veri modeline dönüşümde shp2GeoSPARQL ve Google Refine-RDF uzantısı kullanılmıştır. Belirtilen Bağlantılı Veri Bulutu veri setlerine link kurma işlemi RDF veri modeline dönüşüm esnasında gerçekleştirmişlerdir.

Missier [9], Rotterdam/ Hollanda için bağlantılı veri yaklaşımını uygulamıştır ve mahallelerin bir harita üzerinde gösterilerek daha kaliteli bakış açısı yakalanmasını amaçlamıştır. Hollanda ve diğer ülkelerdeki bağlantılı veri çalışmalarını incelemiştir. Uygulama aşamasında veri ontolojisi geliştirmiştir ve RDF veri modeline dönüşümde iki farklı yaklaşım izlemiş ve bu yaklaşımları karşılaştırmıştır.

Diaz ve Vilches-Blazquez [10], İspanya’da kadastral veri sağlayıcısından alınan GML ve SHP formatlarındaki veriler, INSPIRE veri modelleri temel alınarak bağlantılı veri olarak yayınlanmıştır. INSPIRE veri modeline ve İspanya idari birimlerine uygun ontoloji geliştirilmiştir. Geometry2RDF yazılımı ile GML verisi, shp2RDF ile SHP verisi RDF veri modeline dönüştürülmüştür. Çıktı RDF verileri DBpedia ve GeoLinkedData verileri ile ilişkilendirilmiş ve Parliament üçlü deposuna (triple store) aktarılmıştır.

Shaon ve diğerleri [11], Büyük Britanya açık veri girişimi kapsamında konumsal verinin bağlantılı veri olarak yayınlanması için bir yöntem önermiş ve bu yöntemi kullanan GeoTOD-II projesi ile bir bağlantılı veri çerçevesi geliştirilmiştir.

Datalift Projesi’nde, veri sağlayıcılarının veri setlerine uygun ontoloji seçim aşamasında kullanabilecekleri mevcut metotlar ve araçlar incelenmiş, çeşitli veri formatlarından RDF veri modeline dönüşümde kullanılabilecek araçlar belirlenmiş ve bütünleşik bir yöntem geliştirilmiştir. Proje ile birlikte, otomatik ilişkilendirme ve bağlantılı veri lisans verme aşamalarına da katkı sağlanmıştır.

† <https://datalift.org/project/>

## 1.1. Problemin tanımı

Konumsal veri tabanlarındaki verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanması için gerekli yöntemin belirlendiği bu çalışmada Trabzon idari sınırlar veri seti bağlantılı veri olarak yayınlanmıştır. İlgili literatürde birçok akademik çalışma bulunmasına rağmen konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanması için bütüncül bir yaklaşım önerilmemiştir. Özellikle konumsal veri üreten kurum verilerinin büyük bir çoğunluğu Esri shape formatındadır. Bu verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekir. Bunun için verilerin RDF formatına dönüştürülmesi, ontolojilerle ilişkilendirilmesi, bağlantılı veri setleri ile arasında link kurulması ve yayınlama gibi işlem adımlarını kapsayan bağlantılı veri yaşam döngüsünün baştan sona kadar yönetilmesi ile mümkün olacaktır. Bağlantılı verilerin yayınlanması için gerekli işlem adımlarından özellikle konumsal verilerin RDF formatına dönüştürülmesi, ontoloji ile ilişkilendirilmesi ve bağlantılı veri setleri ile link kurulması sırasında bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında konumsal bağlantılı verilerin yayınlanması sırasında bu problemleri çözüme kavuşturmak için mevcut literatür incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında uygulama bölgesi olarak Trabzon seçilmiş ve Trabzon iline ait ilçelerin konumsal ve konumsal olmayan öznitelikleri bağlantılı veri olarak yayınlanmıştır.

## 1.2. Çalışmanın amacı

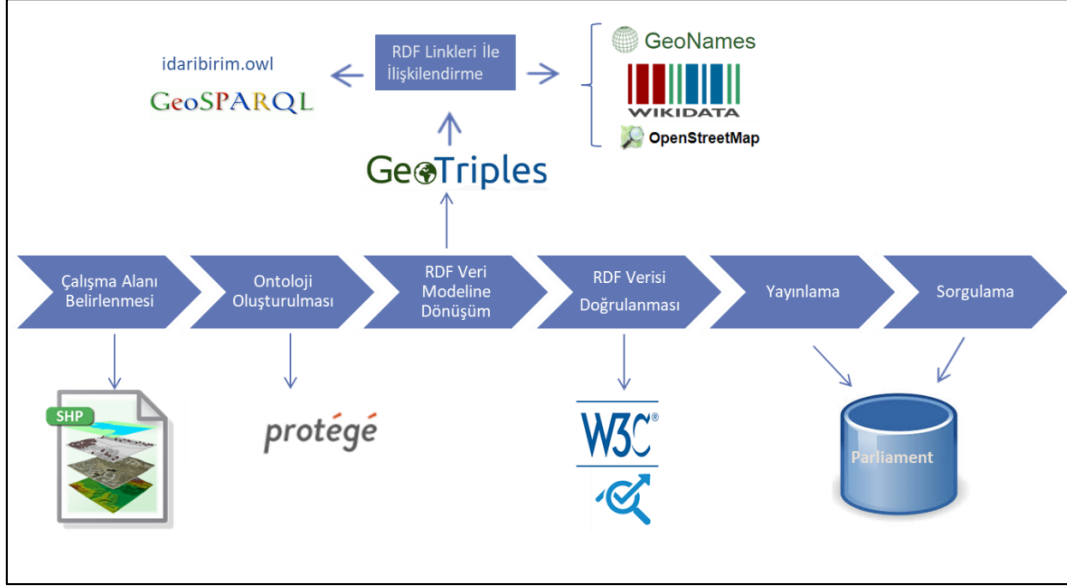
Hâlihazırda hem kamu kurumları hem de diğer veri sağlayıcıları günümüzde ücretli ya da ücretsiz şekilde hem konumsal hem de konumsal olmayan verileri kullanıcılara sunmaktadır. Bu durum her çeşit kullanıcı için verilerin format farklılıkları, aynı varlık olmasına rağmen farklı isimlendirilmesi, veri içeriğinin farklılığı ve ayrıntı düzeyi kullanıcıları özellikle birden farklı kurum verilerine ihtiyaç duyan uygulamalarda gerçek zamanlı durum yönetimi ve iktisadi konular gibi noktalarda yavaşlatmakta, emek ve zaman kaybına neden olmaktadır. Bu problemlerin önüne geçebilmek amacıyla ABD, Hollanda, İngiltere ve İspanya gibi ülkeler, kamu kurumu verileri başta olmak üzere kültürel miras, ulaşım, eğitim gibi diğer birçok veriyi açık veya bağlantılı veri şeklinde kullanıcıya sunmaktadır. Böylece kullanıcılar kendi verilerini bahsedilen veriler ile entegre ederek daha büyük bir veri ağına bağlanma olanağına kavuşmaktadır. Bu noktadan hareketle, ilgili literatürdeki çalışmalara dayanarak ülkemizde ulusal düzeyde bağlantı veri yaklaşımının benimsenmesine katkıda bulunmak ve bağlantılı veri yaklaşımının avantajlarını ortaya koymak çok önemlidir. Çalışmanın amacı, konumsal alanda üretilen verilerin semantik web teknolojilerinden yararlanarak bağlantılı veri olarak yayınlanmasıdır. Bu bağlamda, ulusal düzeyde konumsal veri sunan kurum veya kuruluşların verilerini bağlantılı veri olarak yayınlamaları için metodoloji geliştirilmiştir. Uygulama senaryosu kapsamında Trabzon idari sınırlar veri seti bağlantılı veri olarak yayınlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Geleneksel web dokümanların birbirine linkler yardımıyla bağlı olduğu bir yapıya dayanır. Semantik Web ise yeni bir web olmayıp geleneksel webin bir uzantısıdır. Semantik Web ve Bağlantılı Veri Yaklaşımı'nın geleneksel webe üstünlükleri vardır. Bu üstünlükler aslında semantik web teknolojilerinin beraberinde getirdiği yeniliklerden kaynaklanır. Geleneksel web dikkate alınır, birbirinden bağımsız olarak sunulan içeriklerin birbirleri ile ilgili olduğu çok sayıda internet sitesi mevcuttur. Benzer konuları işleyen iki farklı internet sitesi düşünüldüğünde, herhangi bir kitap ya da film hakkında bir bilgiye ulaşmak isteyen bir kullanıcı geleneksel web ile kıyaslandığında Semantik Web ile birlikte daha kullanışlı, daha fazla ve anlamlı bilgiye kolay bir şekilde ulaşacaktır. Bunun temel sebebi, geleneksel webde farklı veri sağlayıcıları arasında anlamlı ya da tipli ilişkiler kurmanın zorluğudur. Bu zorluğun sebebi, verilerin farklı veri setlerinde tutulmasıdır. Farklı veri setlerinde tutulan verilerin ilişki için birleştirilmesi gerektiğinde tanımlanan birincil anahtarların farklı oluşu nedeniyle otomatik eşleştirme yerine elle eşleştirme gerekir. Bir diğer sebep, tutulan verilerin farklı veri formatlarında oluşudur. Farklı formatta tutulan verilerin entegrasyonu küçük veri setleri için olası gözükse de büyük veri setleri için büyük bir engeldir. Semantik Web' de tüm verilerin RDF çatısı altında birleştirilmesi ile farklı veri sağlayıcıları arasında veri entegrasyonu sağlanır. Ayrıca kullanıcının birden fazla parametrelili sorgu yapması durumunda Semantik Web bileşeni SPARQL sayesinde daha kolay olmaktadır. Klasik web sistemi yerine Semantik Web ile birlikte, veriye insan tarafından anlam verilmesi yerine uygun bir ontoloji ya da kelime hazinesi altında anlam kazandırılan verinin tek bir formatta yayınlanabilmesi birden fazla veri setinin birbiri ile ilişkilendirmesini olanaklı hale getirmektedir. Aynı zamanda veri setleri arasındaki ilişkiler tipli linkler ile ifade edildikleri için bilgisayarlar tarafından anlaşılabilir hale gelir. Bağlantılı Veri Yaklaşımı ile birlikte link kurulan veri setleri diğer bağlantılı veri setleri ile zenginleştirilir. Semantik Web' i farklı kılan en önemli özelliği aslında bu linklerin tipli olmasıdır. Böylece veriler arasında kurulan linklerle global bir veri ağı oluşur. Veri kaynağındaki veriler global veri ağı ile, global veri ağı ise veri kaynağındaki verilerle zenginleştirilmiş olur. Bu ağ üzerinde gerekli bilgilere, kurulan linkler üzerinde gezinerek ulaşılır.

Konumsal verilerin Semantik Web ve bağlantılı teknolojileri ile global veri ağında kullanılabilmesi için konumsal verilerin bağlantılı veriler olarak yayınlanması gerekir. Bu amaçla seçilen uygulama senaryosu kapsamında

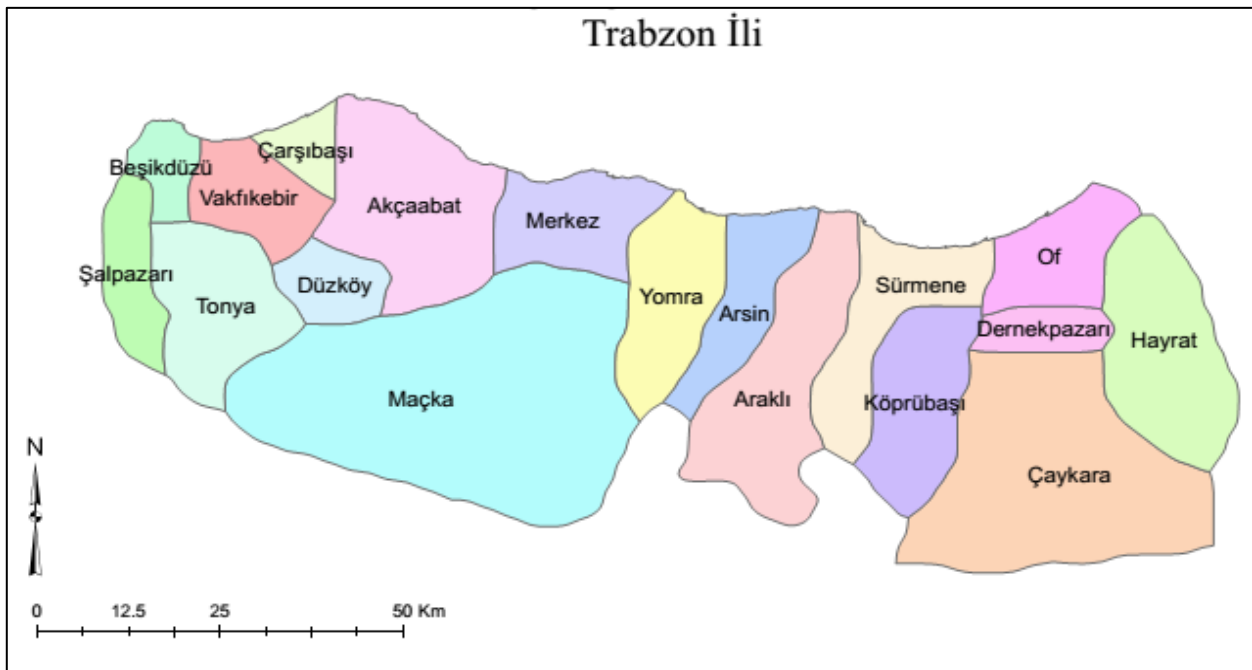
Trabzon idari sınırlar veri seti bağlantılı veri olarak yayınlanmıştır ve sorgulanmıştır. Bunun için çalışma alanının belirlenmesinden sonra bir ad alanı alınmış ve varlıkların isimlendirilmesi ve yayınlanması aşamasında kullanılmıştır. Çalışma kapsamında alan ontolojisi Protégé yazılımında geliştirilmiş, ardından KR- Suite üzerinden Geo-Triples kullanılarak eşleştirme dosyası (mapping file) oluşturulmuştur. Bu eşleştirme dosyası üzerinde alan ontolojisi ve veriler arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. İlgili bağlantılı veri setleri veri içeriğine göre belirlenerek aralarındaki ilişkiler tanımlanmıştır. Sonrasında GeoSPARQL kelime hazinesine uygun olarak verilerin RDF formatına dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan idari sınırlar verisi doğrulama yazılımı kullanılarak doğrulanmış ve Parliament konumsal üçlü deposunda yayınlanmıştır. Konumsal bağlantılı verinin sorgulanması yine Parliament ile gerçekleştirilmiş ve meta veri oluşturulmuştur. Bu süreci özetleyen iş akışı, Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. İdari sınırlar veri setinin bağlantılı veri olarak yayınlanması için iş akışı

## 2.1. Çalışma alanının belirlenmesi

Bu çalışma kapsamında uygulama bölgesi olarak Trabzon seçilmiş ve Trabzon iline ait ilçelerin konumsal ve öznitelik bilgileri temin edilmiştir. Şekilde çalışma bölgesi verilmiştir. CBS yazılımında veri setinde NAME\_0, NAME\_1, TYPE\_1 ve NAME\_2 altında çeşitli öznitelik bilgileri sunulmaktadır. Her bir ilçe için X ve Y merkez koordinatları da öznitelik tablosuna eklenmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı sınırı

## 2.2. Alan adı alımı

Bağlantılı Veri ilkeleri'nden olan varlıklara URI'ler ile isim verme şartı gereği çalışma kapsamında kullanılacak bir alan adı gerekmektedir. Bu nedenle <http://www.israakyazi.com> adresi alınmış ve uygulama senaryosu kapsamında geliştirilen ontolojinin ve oluşturulan RDF formatındaki verilerin yayınlanması için kullanılmıştır. Ardından her bir ilçe için URI verilerek, <http://www.israakyazi.com/yomra/> örneğinde olduğu gibi isimlendirilmiş ve yayınlanmıştır.

## 2.3. Ontoloji oluşturulması

Semantik Web uygulamalarında kullanılacak konumsal verilerin semantik tanımlarının oluşturulması gerekir. Semantik tanımlar, çalışma kapsamında Türkiye idari birimler sınıflandırmasına dayanarak alan ontolojisi geliştirilmiştir. Konumsal ilişkiler için GeoSPARQL Ontolojisi\* içe aktarılmıştır. İlçeler arası ilişkilerin ifade edilmesi için kullanılacak olan konumsal ilişki kısmında "dokunur", "içerir" ve "içindedir" ilişkileri tanımlanmıştır.

## 2.4. RDF veri modeline dönüşüm

Alan ontolojisinin geliştirilmesinin ardından idari sınırlar verisinin RDF dönüşümünün gerçekleştirilmesi gerekir. RDF veri modeline dönüşüm için KR-Suite seçilmiştir. KR Suite seçilmesinin sebebi açık kaynak kodlu olması ve bağlantılı veri için kullanılacak GeoTriples, Strabon ve Sextant yazılımlarını içermesidir. KR-Suite Ubuntu işletim sistemi üzerine kurulmuştur. Öncelikle GeoTriples yazılımı ile shapefile formatındaki verinin RDF veri modeline dönüştürülmesi gerekir. Bu dönüşümün gerçekleştirilmesinden önce RDF linkinden bahsetmek gerekir. RDF linkleri İç RDF linkleri (Internal RDF Links) ve Dış RDF linkleri (External RDF Links) olmak üzere ikiye ayrılır. İç RDF linkleri, sadece bir veri kaynağındaki verileri ilişkilendirirken; Dış RDF linkleri ise bir veri kaynağındaki verilerin tanımı için gerekli olan diğer bağlantılı veri setlerini ilişkilendirir. Dış RDF linkleri özellikle veri kaynağındaki verileri global veri ağı ile ilişkilendireceği için RDF Dış linklerini kurmak Bağlantılı Veri Yaklaşımı için oldukça önemlidir [12]. RDF Dış linkleri ile ilgili bağlantılı veri setleri arasında link kurulur ve sadece veriler arasında olan ilişki belirtilmekle kalmaz aynı zamanda gerçekte aynı varlığa karşılık gelen URI'ler arasında owl:sameAs ilişkisi kurularak kullanıcılara veri kaynağındaki veriler hakkında daha fazla bilgiye ulaşması sağlanır. Uygulama senaryosu kapsamında idari sınır verisi ile alan ontolojisi arasında kurulan ilişki bir iç RDF linkleridir.

RDF linklerinin kurulması için şema ve veri düzeyi olmak üzere iki düzeyde eşleştirme yapılır. Bunlardan ilki veri düzeyindeki eşleştirmedir. İkinci düzey ise şema düzeyinde eşleştirmedir. İki farklı veri seti arasında RDF linkleri ile ilişki kurulmasında bazı zorluklar vardır. Bunun sebeplerinden birisi farklı veri setlerinin verileri tanımlamak için farklı kelime hazineleri kullanmasından kaynaklanır. Diğer bir sebep ise günümüzde devasa veri akışı olmasıdır. Farklı veri kaynaklarındaki çok sayıda RDF üçlüsünden istenilen bilgiye ulaşılması ve iki RDF üçlüsünün kıyaslanması zordur. Ayrıca farklı diller, yazım hataları ve eş anlamlı kelime kullanılması da eşleştirme işlemi zorlaştırır. Bahsedilen problemlerin çözümü için veri tanımları için standart ontolojilerin geliştirilmesi ve kullanılması gerekir. Bu konu, Semantik Web için çözüm bekleyen konulardan birisidir ve bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Alan ontolojisi ile veri setinin ilişkilendirilmesi, ontoloji sınıf ve özellikleri ile idari sınırlar veri setinde yer alan tablo ismi ve özneliklerinin eşleştirilmesi anlamına gelmekte olup şema düzeyinde eşleştirmedir. Şema düzeyinde eşleştirmeler ise rdfs:subclass/subproperty, owl:equivalentclass/property ve SKOS property eşleştirme skos:exactmatch, skos:closematch ile gerçekleştirilir. Veri düzeyinde gerçekleştirilen, üretilen RDF formatındaki verinin diğer bağlantılı veri setlerinde yer alan ilgili verilerle eşleştirilmesidir. Veri düzeyinde eşleştirme genellikle rdfs:seeAlso, owl:sameAs linkleri ile gerçekleştirilir. Uygulama senaryosu kapsamında öncelikle şema düzeyinde eşleştirme gerçekleştirilmiştir. Bunun için GeoTriples yazılımında SHP formatındaki veri R2RML (RDB to RDF Mapping Language) formatına dönüştürülerek eşleştirme dosyası elde edilir. Eşleştirme dosyası üzerinde veri ve alan ontolojisi ve diğer bağlantılı veri setleri ile ilişkilendirilerek GeoSPARQL destekli RDF formatında veri elde edilir. Veri düzeyinde eşleştirme için Trabzon ili ilçelerinin GeoNames, OpenStreetMap ve DBpedia gibi Bağlantılı Veri Uygulamaları ile "rdfs:seeAlso" ile ilişkilendirilmesi için eşleştirme dilleri aracılığı ile gerekli eklemeler yapılmıştır. Örneğin veri setinde bulunan "Yomra" ilçesi GeoNames'de Yomra'ya karşılık gelen <http://geonames.org/8631466/> ile "rdfs:SeeAlso" RDF dış linki kurularak ilişkilendirilmiştir (Şekil 3). Böylece Trabzon/Yomra verisi artık global veri ağının bir parçası olmuştur.

\* [http://schemas.opengis.net/geosparql/1.0/geosparql\\_vocab\\_all.rdf](http://schemas.opengis.net/geosparql/1.0/geosparql_vocab_all.rdf)

```

- <rdf:Description rdf:about="trab/id/18">
  <ogc:hasGeometry rdf:resource="trab/Geometry/18"/>
  <rdfs:seeAlso rdf:resource="https://www.geonames.org/8631466/">
  <idari:dokunur rdf:resource="trab/id/3"/>
  <idari:icindedir rdf:resource="trabzon/">
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="yomra/">
  <idari:dokunur rdf:resource="trab/id/11"/>
  <idari:dokunur rdf:resource="trab/id/12"/>
  <idari:has_GID_0 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">TUR</idari:has_GID_0>
  <idari:has_X_Coord rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double">39.8137305828</idari:has_X_Coord>
  <idari:has_Type2 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">District</idari:has_Type2>
  <idari:has_Name1 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Trabzon</idari:has_Name1>
  <idari:has_Name2 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Yomra</idari:has_Name2>
  <idari:has_Y_Coord rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double">40.8481367083</idari:has_Y_Coord>
  <idari:has_Name0 rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Turkey</idari:has_Name0>
  <rdfs:label rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Yomra</rdfs:label>
  <rdf:type rdf:resource="israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#ILCE"/>
</rdf:Description>

```

Şekil 3. Yomra için XML/RDF serilasyonunda oluşturulan RDF verisi

## 2.5. RDF verisinin doğrulanması

Oluşturulan RDF formatındaki veri setinin RDF kelime hazinesine uygunluğunun test edilmesi gerekir. Doğrulama aşamasında W3 RDF Validation Service<sup>5</sup> kullanılmıştır. Serviste RDF verisi URI adresi girilerek doğrulama sağlanmıştır (Şekil 4).

Validation Results			
Your RDF document validated successfully.			
Triples of the Data Model			
Number	Subject	Predicate	Object
1	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/id/4">http://www.israakyazi.com/trab/id/4</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#icindedir">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#icindedir</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/id/3">http://www.israakyazi.com/trab/id/3</a>
2	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/id/4">http://www.israakyazi.com/trab/id/4</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/id/11">http://www.israakyazi.com/trab/id/11</a>
3	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/id/4">http://www.israakyazi.com/trab/id/4</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/id/12">http://www.israakyazi.com/trab/id/12</a>
4	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/id/4">http://www.israakyazi.com/trab/id/4</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/yomra/">http://www.israakyazi.com/yomra/</a>
5	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/id/4">http://www.israakyazi.com/trab/id/4</a>	<a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#seeAlso">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#seeAlso</a>	<a href="https://www.geonames.org/8631466/">https://www.geonames.org/8631466/</a>
6	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/id/4">http://www.israakyazi.com/trab/id/4</a>	<a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#isDefinedBy">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#isDefinedBy</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/yomra/">http://www.israakyazi.com/yomra/</a>
7	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/id/4">http://www.israakyazi.com/trab/id/4</a>	<a href="http://www.opengis.net/ont/geosparql#hasGeometry">http://www.opengis.net/ont/geosparql#hasGeometry</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/Geometry/18">http://www.israakyazi.com/trab/Geometry/18</a>
8	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/id/4">http://www.israakyazi.com/trab/id/4</a>	<a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#ILCE">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#ILCE</a>

Şekil 4. RDF verisinin doğrulanması

## 2.6. Bağlantılı verinin yayınlanması

Bağlantılı verilerin yayınlanması ve sorgulanması için Triple Store (üçlü deposu) kullanılır. Uygulama senaryosu kapsamında konumsal bağlantılı verilerin depolanmasında kullanılan Parliament\*\* üçlü deposu seçilmiştir. Oluşturulan konumsal bağlantılı veri Parliament üçlü deposunda yayınlanmıştır (Şekil 5).

Yomra	<a href="http://www.opengis.net/ont/geosparql#hasGeometry">http://www.opengis.net/ont/geosparql#hasGeometry</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/trab/Geometry/18">http://www.israakyazi.com/trab/Geometry/18</a>
Yomra	<a href="https://www.geonames.org/8631466/">seeAlso</a>	<a href="https://www.geonames.org/8631466/">https://www.geonames.org/8631466/</a>
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur</a>	Arsin
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#icindedir">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#icindedir</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/trabzon/">http://www.israakyazi.com/trabzon/</a>
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#isDefinedBy">isDefinedBy</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/yomra/">http://www.israakyazi.com/yomra/</a>
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur</a>	MACKA
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#dokunur</a>	Merkez
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_GID_0">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_GID_0</a>	"TUR"^^ <a href="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string</a>
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_X_Coord">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_X_Coord</a>	"39.8137305828"^^ <a href="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double">http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double</a>
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_Type2">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_Type2</a>	"District"^^ <a href="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string</a>
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_Name1">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_Name1</a>	"Trabzon"^^ <a href="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string</a>
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_Name2">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_Name2</a>	"Yomra"^^ <a href="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string</a>
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_Y_Coord">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_Y_Coord</a>	"40.8481367083"^^ <a href="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double">http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double</a>
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_Name0">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#has_Name0</a>	"Turkey"^^ <a href="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string</a>
Yomra	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#type">type</a>	<a href="http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#ILCE">http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl#ILCE</a>

Şekil 5. Bağlantılı Verinin Parliament ile yayınlanması

Konumsal üçlü depoda depolanan idari sınırlar verisi üzerinde aşağıdaki sorgu işlemi gerçekleştirilmiştir:

"select \*

<sup>5</sup> <https://www.w3.org/RDF/Validator/>

\*\* <http://parliament.semwebcentral.org>

**where { ?s idari:dokunur ?o }**

sorgusu ile Trabzon ili kapsamında birbiri ile ortak sınırı olan ilçeler listelenmiştir. Sorgu sonucu Şekil 6' da verilmiştir.

s	p
http://www.israakyazi.com/trab/id/14	http://www.israakyazi.com/trab/id/16
http://www.israakyazi.com/trab/id/14	http://www.israakyazi.com/trab/id/4
http://www.israakyazi.com/trab/id/12	http://www.israakyazi.com/trab/id/18
http://www.israakyazi.com/trab/id/12	http://www.israakyazi.com/trab/id/11

Şekil 6. 'dokunur' sorgusu sonucu

## 2.7. Bağlantılı veri için meta veri yayınlama

Oluşturulan Konumsal Bağlantılı Veri için bir meta veri sunulması gerekmektedir. Bunun için VOID ile yazar ve veri bilgileri, web adresleri ve kullanılan ontolojiler gibi bilgiler meta veri olarak oluşturulmuş ve Şekil 7'de verildiği gibi <http://www.israakyazi.com/calisma/void.ttl> adresinde yayınlanmıştır.

```

← → ↻ ⓘ Güvenli değil | israakyazi.com/calisma/void.ttl

@prefix dctypes: <http://purl.org/dc/dcmitype/> .
@prefix : <#> .
@prefix void: <http://rdfs.org/ns/void#> .
@prefix pav: <http://purl.org/pav/> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix freq: <http://purl.org/cld/freq/> .
@prefix dcterms: <http://purl.org/dc/terms/> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix dcat: <http://www.w3.org/ns/dcat#> .
@prefix prov: <http://www.w3.org/ns/prov#> .
@prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .
@prefix dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/> .

<>
  a void:DatasetDescription ;
  dcterms:description "The VOID description for the RDF representation of this dataset."@en ;
  dcterms:issued "2019-05-28T12:38:50.566Z"^^xsd:dateTime ;
  dcterms:title "VOID Description"@en ;
  pav:createdBy <http://orcid.org/0000-0002-8340-6019> ;
  pav:createdOn "2019-05-28T12:38:50.566Z"^^xsd:dateTime ;
  pav:createdWith <http://voideditor.cs.man.ac.uk/> ;
  foaf:primaryTopic <http://www.openphacts.org/59677578-aa21-4fdf-9d85-d31b8e19cc29> .

<http://orcid.org/0000-0002-8340-6019>
  a foaf:Person ;
  foaf:family_name "KARA" ;
  foaf:givenname "G  lten" ;
  foaf:mbox <mailto:gultenkaras2@hotmail.com> .

<http://www.openphacts.org/59677578-aa21-4fdf-9d85-d31b8e19cc29>
  a void:Dataset ;
  dcterms:description "trabzon il  şeleri"@en ;
  dcterms:issued "2017-05-09T21:00:00.566Z"^^xsd:dateTime ;
  dcterms:license <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/> ;
  dcterms:publisher <http://www.israakyazi.com> ;
  dcterms:title "trabzon"@en ;
  pav:contributedBy <http://orcid.org/0000-0002-8340-6019> ;
  pav:version "1.0.0" ;
  void:dataDump <http://www.israakyazi.com/calisma/trabzon> ;
  dcat:landingPage <http://www.israakyazi.com/calisma/trabzon> .

```

Şekil 7. VOID meta verisi

## 3. Bulgular

Semantik Web ve Bağlantılı Veri Yaklaşımı'nın verilere sağladığı semantik zenginliğin ortaya çıkarılması ve konumsal verilerin semantik olarak zenginleştirilmesi, Semantik Web uygulamaları için en önemli gereksinimlerin başında gelir. Konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanması için bir metodolojinin önerildiği ve gereksinimlerin belirlendiği bu çalışmada ulusal, bölgesel ve yerel ölçekte konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanmasında yol gösterici bir kaynak olarak kullanılması hedeflenmiştir. Konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanması için en önemli işlemlerden biri olan ontolojisinin geliştirilmesidir. Bu aşamada veri setinin çok iyi analiz edilmesi, kapsamının ve girdilerinin belirlenmesi, mevcut standartların irdelenmesi ile tüm ihtiyacı karşılayabilecek bir ontolojinin geliştirilmesi esastır. Bir diğer önemli işlem adımı ise, mevcut verilerin RDF formatına dönüştürülmesidir. Bunun için Geometry2RDF, shp2GeoSPARQL, GeomRDF, TripleGeo ve GeoTriples gibi yazılım araçları daha önce yapılan çalışmalarda verilerle test edilerek karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda, uygulama senaryosunda konumsal özniteliklerle birlikte konumsal olmayan özniteliklerin tamamının RDF dönüşümünü destekleyen GeoTriples yazılımı seçilmiştir. GeoTriples ile verilerin dönüştürülmesi sırasında veri ontolojisi ve diğer kelime hazinelerinin de eşleştirme dosyasına eklenmesi gerekir. Bu işlem kullanıcının ilgili kelime hazinelerinin içeriğini ve RML/R2RML kodlama tekniğini bilmesini gerektirir. Bu bağlamda yazılım araçlarının bu özelliklerinin geliştirilmesi gerekir.



Konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanması için temel adımlardan olan üretilen RDF formatındaki verilerin web üzerindeki veri kaynakları ile eşleştirilmesi aşamasında, veri boyutunun küçük olması ve GeoTriples yazılımının tercih edilmesi sebebiyle şema düzeyinde eşleştirme kullanıcı tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha büyük boyutlu verilerde ise otomatik eşleştirmenin yapılması zaman ve performans açısından daha yararlı olacaktır. Bu durumda mevcut bağlantılı veri setlerinden hangi veri setinin kullanılacağı belirlenmelidir. İlgili bağlantılı veri setinin belirlenmesi, Bağlantılı Veri Yaklaşımı'nın önündeki en büyük engeldir. Çünkü bağlantılı veri setleri Bağlantılı Veri Bulutu hariç dağıtık durumdadır. İlgili bağlantılı veri setlerinin bulunması için bağlantılı veri tarayıcıları veya kataloglarında anahtar kelime tabanlı arama yapılır. İlgili bağlantılı veri setinin belirlenmesinin ardından eşleştirme yapılabilmesi ya da eşleştirme sonuçlarını değerlendirmesi için kullanıcının bağlantılı veri setinin içeriğini bilmesini gerektirir. Semantik Web ve Bağlantılı Veri Yaklaşımı henüz gelişim aşamasındadır ve gerekli teknolojilerin bahsedilen problemleri çözmek için geliştirilmesi gerekir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Geleneksel web, doküman temellidir ve web sayfaları birbirine linkler yardımıyla bağlıdır. Bu yapıda kullanıcı, Web üzerinde okuduğunu anlar ve çıkarım yapılması ya da birden fazla veri kaynağını kullanması gerektiğinde, veriye erişim, veri format farklılıkları ve isimlendirme belirsizliği gibi çeşitli aşamaları geçerek amacına uygun bir şekilde veriyi kullanabilmektedir. Emek ve zaman tüketimine neden olan geleneksel web, hemen hemen her uygulama senaryosunun çok hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirebildiği günümüz dünyasının ihtiyaçlarını karşılamaktan çok uzak olduğu aşikârdır. Semantik Web ile internet, dokümanların egemenliğinden ayrılıp "Verilerin Webi" ne dönüşmektedir. Sadece konumsal olmayan verilerin değil, konumsal verilerin de kapsamlı bir şekilde yayınlanması bu dönüşümü gerekli kılar. Gelinek nokta itibarıyla, konumsal veriye olan ihtiyacın karşılanmasında devlet kurumları ve diğer kullanıcıların farklı kurum ya da kişilerden gelen verileri entegre etme gereksinimi ortaya çıkar. Bu bağlamda Semantik Web' in bileşeni olan bağlantılı veri, içerik farklılıklarından kaynaklanan bu zorlukları ortadan kaldırmak veya en aza indirmek amacıyla bazı standartlar dâhilinde kelime hazineleri oluşturarak veriyi değiştirilebilir ve anlaşılabilir bir formata getirmektedir. Mevcut bağlantılı veri setleri ile RDF linkleri kurularak verilerin global veri ağına bağlanması gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, Trabzon ili 18 ilçesi konumsal bağlantılı veri olarak yayınlanmıştır. Bunun için öncelikle <http://www.israakyazi.com> alan adı alınmış, her bir ilçe için URI tanımlaması yapılarak ilçeler için tek anlamlı isimler belirlenmiştir. Sonrasında idari birim alan ontolojisi, Protégé yazılımında geliştirilmiş ve <http://www.israakyazi.com/ontology/idaribirim.owl> adresinde yayınlanmıştır. Daha sonra Kr-Suite Geo-Triples yazılımı ile RDF üçlülere oluşturulmuştur. Çalışmanın bu kısmında eşleştirme dosyası geliştirilen alan ontolojisi ile ilişkilendirilmiştir. Ontoloji ve veri entegrasyonunun yanı sıra hâlihazırda mevcut bağlantılı veri setleri ile Trabzon ilçeleri RDF dış linkleri ile ilişkilendirilmiştir. Ardından Parliament üçlü deposuna aktarılan idari sınırlar verisi bağlantılı veri olarak yayınlanmıştır ve sorgulanmıştır. Yapılan çalışma ile konumsal alanda verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanması için metodoloji önerilmiştir ve uygulama senaryosu kapsamında karşılaşılan problemler irdelenmiştir.

Konumsal alanda semantik web uygulamalarının yaygınlaştığı günümüzde konumsal veri üreticilerinin bağlantılı verilerini nasıl yayınlacağı konusunda metodoloji önerilen bu çalışmadan elde edilen bulgular, mevcut çalışmalarla karşılaştırılırsa; Büch [7], Saavedra ve diğerleri [8], konumsal verilerin RDF formatına dönüşümünde sadece konumsal özniteliklerin dönüşümünü destekleyen yazılım araçları kullanılmıştır. Bu nedenle konumsal olmayan öznitelikler RDF dosyasına aktarılmamıştır. Bu çalışmada önerilen metodoloji kapsamında hem konumsal hem de konumsal olmayan özniteliklerin RDF dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Kara [4], yer adları dizinlerini incelemiştir ve idari birimler dizini için model önerisinde bulunmuştur. RDF verilerinin oluşturulması ve bağlantılı veri setleri ile link kurulması için Google Refine kullanılmıştır. Veriler excel tablosu oluşturularak Google Refine ile dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Verilerin ontoloji ile ilişkilendirilmesi ve diğer bağlantılı veri setleri ile link kurulması işlemleri manuel olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, ise ESRI shape formatındaki konumsal ve konumsal olmayan verilerin RDF dönüşümünün gerçekleştirilmesi ve ontoloji ile ilişkilendirilmesi işlemleri yarı otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Triple Store olarak konumsal veri desteği olan Parliament üçlü deposu kullanılmıştır. Ateameizing [5], Fransa idari sınırlar veri setini Datalift Projesi kapsamında bağlantılı veri olarak yayınlamıştır ve GEOFLA veri tabanını oluşturmuştur. Detaylar arasındaki konumsal ilişkiler dikkate alınmamıştır. Missier [8], Rotterdam açık konumsal verilerini bağlantılı veri olarak görselleştirmek için web uygulaması geliştirmiştir. RDF dönüşümlerinde shape dosyası dikkate alınmamıştır. Veriler excel tablosu oluşturularak Python skriptleri ile RDF formatına dönüştürülmüştür.

#### Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 3001 Başlangıç Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir. Katkılarından dolayı TÜBİTAK Araştırma Destek Programları Başkanlığı (ARDEB), Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Destek Grubu (ÇAYDAG)'na teşekkür ederiz.

**Kaynakça**

- [1] Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. 2001. The Semantic Web. Scientific American, 284.5 (2001), 28-37.
- [2] Stadler, C., Lehmann, J., Höffner, K., Auer, S. 2012. LinkedGeoData: A Core for a Web of Spatial Open Data. Semantic Web, 3(2012), 333-354.
- [3] Hyvönen, E., Tuominen, J., Alonen, M., Mäkelä, E. 2014. Linked Data Finland: A 7-Star Model and Platform for Publishing and Re-using Linked Datasets. pp. 226-230. Presutti, V., Blomqvist, E., Troncy, R., Sack, H., Papadakis, I., Tordai, A., ed. 2014. The Semantic Web: ESWC 2014 Satellite Events, Springer International Publishing, Cham, p. 523.
- [4] Kara, A. 2014. İdari birimler için bir yer adları dizin ontolojisi geliştirilmesi ve İstanbul örneğinde bağlı veri yaklaşımıyla sunumu. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 180s. İstanbul.
- [5] Ateazing, G. A. 2015. Publishing and consuming geo-spatial and government data on the semantic web, Paris Institute of Technology Institut Des Sciences Et Technologies, PhD Thesis, p. 238, France.
- [6] Adlan, A. C. 2018. Linked spatial data: Beyond the linked open data cloud. University of Twente, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, Master Thesis, p. 91, Netherlands.
- [7] Büch, H. 2014. Publishing linked data different approaches and tools. Term Paper, Stuttgart Media University, Faculty for Information and Communication, Germany.
- [8] Saavedra, J., Vilches-Blázquez, L. M., Boada, A. 2014. Cadastral Data Integration Through Linked Data. pp. 81-85. Huerta, J., Schade, S., Granell, C., eds. 2014. Connecting A Digital Europe Through Location and Place. AGILE Digital Editions, Spain, p. 343.
- [9] Missier, G. A., 2015. Towards a web application for viewing spatial linked open data of Rotterdam, Delft University of Technology, Architecture and The Built Environment Faculty, Master Thesis, p. 114, Netherlands.
- [10] Diaz, A. A., Vilches-Blázquez, L.M., 2014. Cadastral Linked Data According to INSPIRE. INSPIRE Conference, 16-20 June, Aalborg.
- [11] Shaon, A., Woolf, A., Crompton S., Boczek, R., Rogerds, W., Jackson, M., 2011. An Open Source Linked Data Framework for Publishing Environmental Data under the UK Location Strategy. The 10th International Semantic Web Conference, 23-27 October, Bonn, 62-74.
- [12] Heath, T., Bizer, C., 2011. Linked Data Evolving the Web into a Global Data Space. First Edition, Morgan & Claypool, p. 122.

## Characterization of Some Special Curves in $E_1^3$

Beyhan Yılmaz\*<sup>1</sup>, Aykut Has<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü,

KAHRAMANMARAŞ

<sup>2</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü, KAHRAMANMARAŞ

(Alınış / Received: 12.06.2020, Kabul / Accepted: 01.07.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Keywords

Rectifying curve,  
Normal curve,  
Oskulating curve

**Abstract:** The planes which is spanned by  $\{T(s), B(s)\}$ ,  $\{N(s), B(s)\}$  and  $\{T(s), N(s)\}$  are known as the rectifying, normal and osculating plane, respectively. The curve  $\alpha$  is called rectifying, normal and osculating curve for which the position vector  $\alpha$  always lie in its rectifying, normal and osculating plane, respectively. It is also known that if all rectifying planes of a non-planar curve in  $E^3$  pass through a particular point, then the ratio of its torsion and curvature is a non-constant linear function. Rectifying, normal and osculating curves are studied many times in different spaces by many researchers. The aim of this paper is to characterize these curves from another point of view in Minkowski 3-space.

## $E_1^3$ Uzayında Bazı Özel Eğrilerin Karakterizasyonu

### Anahtar Kelimeler

Rektifiyan eğri,  
Normal eğri,  
Oskülatör eğri

**Öz:**  $\{T(s), B(s)\}$ ,  $\{N(s), B(s)\}$  ve  $\{T(s), N(s)\}$  vektörleri tarafından gerilen düzlemler sırasıyla rektifiyan düzlem, normal düzlem ve oskülatör düzlem adını alırlar. Bir  $\alpha$  eğrisi ise pozisyon vektörünün kendi rektifiyan düzleminde, normal düzleminde ya da oskülatör düzleminde yatmasıyla sırasıyla rektifiyan, normal ve oskülatör eğri olarak isimlendirilir. Ayrıca 3-boyutlu Öklid uzayında düzlemsel olmayan bütün rektifiyan eğriler için çok iyi bilinen bir karakterizasyon vardır. Bu karakterizasyon, eğrinin torsiyon ve eğriliğinin oranı sabit olmayan lineer fonksiyon olan eğriler rektifiyandır şeklindedir. Rektifiyan, normal ve oskülatör eğriler, pek çok araştırmacı tarafından farklı uzaylarda pek çok kez çalışılmıştır. Bu çalışmanın amacı 3-boyutlu Minkowski uzayında farklı bir bakış açısı ile bu eğrileri karakterize etmektir.

\*İlgili Yazar, email: beyhanyilmaz@ksu.edu.tr

### 1. Introduction

In differential geometry, the theory of curves is one of the main study areas in Euclidean 3-space. In three-dimensional Euclidean space, to explain the geometric structure of any regular spatial curve, an orthonormal basis  $T(s), N(s)$  and  $B(s)$  called the Frenet frame at each point of the curve is described.

The planes which is spanned by  $\{T(s), B(s)\}$ ,  $\{N(s), B(s)\}$  and  $\{T(s), N(s)\}$  are known as the rectifying, normal and osculating plane, respectively. The curve  $\alpha$  is called rectifying, normal and osculating curve for which the position vector  $\alpha$  always lie in its rectifying, normal and osculating plane, respectively [3]. These curves are studied by many authors and many characterizations are obtained [1, 4, 5, 6, 7, 9].

In this paper, we study these special curves in  $E_1^3$ . These curves have previously been worked on in different spaces, but the importance of this study is to obtain results using a different method.

## 2. Material and Method

Let  $E_1^3$  be Minkowski 3 – space with the following metric

$$\langle , \rangle_L = R^3 \times R^3 \rightarrow R$$

$$(u, v) \rightarrow \langle u, v \rangle_L = u_1v_1 + u_2v_2 - u_3v_3$$

where  $u = (u_1, u_2, u_3)$  and  $v = (v_1, v_2, v_3)$  are the usual coordinate system in  $E_1^3$ . An arbitrary vector  $u \in E_1^3$  said spacelike if  $\langle u, u \rangle_L > 0$  or  $u = 0$ , timelike if  $\langle u, u \rangle_L < 0$  and null (lightlike) if  $\langle u, u \rangle_L = 0$  but  $u \neq 0$ . This classification can be generalized for regular curve  $\alpha$  according as the casual character of their tangent vectors. In other words, the curve  $\alpha$  is called a spacelike (resp. timelike and lightlike) if its velocity vector  $\alpha'(t)$  is spacelike (resp. timelike and lightlike) for every  $t \in I$ . The norm of a vector  $u$  is given by  $\|u\|_L = \sqrt{|\langle u, u \rangle_L|}$ .

Assume that  $\{T(s), N(s), B(s)\}$  is the moving positive directed frame along the unit speed curve  $\alpha$ . Here  $T(s) = \alpha'(s)$  is a tangent vector,  $N(s) = \frac{\alpha''(s)}{\|\alpha''(s)\|}$  is a principal normal vector and  $B(s) = T(s) \times N(s)$  is a binormal vector field along the curve  $\alpha$ .

Frenet-Serret formulas can be given as follows, see [8]:

$$\begin{pmatrix} T'(s) \\ N'(s) \\ B'(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \kappa(s) & 0 \\ -\varepsilon_1\varepsilon_3\kappa(s) & 0 & -\varepsilon_2\varepsilon_3\tau(s) \\ 0 & \tau(s) & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T(s) \\ N(s) \\ B(s) \end{pmatrix},$$

where  $\kappa(s)$  and  $\tau(s)$  are curvature and torsion of  $\alpha$ , respectively. Moreover, the Frenet-Serret vectors satisfy

$$\langle T(s), T(s) \rangle_L = \varepsilon_1, \langle N(s), N(s) \rangle_L = \varepsilon_2, \langle B(s), B(s) \rangle_L = \varepsilon_3,$$

$$\langle T(s), N(s) \rangle_L = \langle T(s), B(s) \rangle_L = \langle N(s), B(s) \rangle_L = 0,$$

and

$$\begin{aligned} T(s) \times N(s) &= B(s), \\ B(s) \times N(s) &= \varepsilon_3 T(s), \\ T(s) \times B(s) &= \varepsilon_1 N(s). \end{aligned}$$

**Definition 2.1.** A curve is congruent to a rectifying curve if and only if the ratio  $\frac{\tau}{\kappa}$  is a nonconstant linear function of arclength of parameter [2]. Also, unit speed curve with nonzero curvatures lies on a sphere if and only if

$$\frac{\tau}{\kappa} = \left( \frac{\kappa'}{\tau\kappa^2} \right)' [3].$$

## 3. Results

In this section we give some new corollaries related to special curves in Minkowski 3-space. Assume that  $\alpha(s)$  be a unit speed non-null curve with non-zero curvature in Minkowski 3-space. Since the rectifying plane of  $\alpha(s)$  is the perpendicular plane to  $N(s)$ , we have

$$\langle \alpha(s) - x_0, N(s) \rangle = 0.$$

If we take the derivative of this expression, we obtain that

$$\langle T(s), N(s) \rangle + \langle \alpha(s) - x_0, N'(s) \rangle = 0.$$

By substituting from the Frenet-Serret formula, we achieve the following equation

$$-\varepsilon_1\varepsilon_3\kappa(s)\langle \alpha(s) - x_0, T(s) \rangle - \varepsilon_2\varepsilon_3\tau(s)\langle \alpha(s) - x_0, B(s) \rangle = 0. \tag{3.1}$$

So we can easily see that,

$$\langle \alpha(s) - x_0, B(s) \rangle = \frac{-\varepsilon_1 \kappa(s)}{\varepsilon_2 \tau(s)} \langle \alpha(s) - x_0, T(s) \rangle. \quad (3.2)$$

If we take the derivative of equation (3.1), we obtain that

$$-\varepsilon_1 \varepsilon_3 (\langle T(s), \kappa(s) T(s) \rangle + \langle \alpha(s) - x_0, \kappa'(s) T(s) + \kappa^2(s) N(s) \rangle) - \varepsilon_2 \varepsilon_3 (\langle T(s), \tau(s) B(s) \rangle + \langle \alpha(s) - x_0, \tau'(s) B(s) + \tau^2(s) N(s) \rangle) = 0.$$

If necessary arrangements are made, we can easily see that

$$-\varepsilon_1^2 \varepsilon_3 \kappa(s) - \varepsilon_1 \varepsilon_3 \kappa'(s) \langle \alpha(s) - x_0, T(s) \rangle - \varepsilon_2 \varepsilon_3 \tau'(s) \langle \alpha(s) - x_0, B(s) \rangle = 0.$$

If equation (3.2) is written in the last equation, we get

$$\varepsilon_1^2 \varepsilon_3 \kappa(s) = \varepsilon_1 \varepsilon_3 \langle \alpha(s) - x_0, T(s) \rangle \left( -\kappa'(s) + \tau'(s) \frac{\kappa(s)}{\tau(s)} \right).$$

Then using the last two equations we reach the following equations;

$$\langle \alpha(s) - x_0, T(s) \rangle = \frac{\varepsilon_1 \kappa(s)}{-\kappa'(s) + \tau'(s) \frac{\kappa(s)}{\tau(s)}} \quad (3.3)$$

and

$$\langle \alpha(s) - x_0, B(s) \rangle = \frac{-\varepsilon_1 \kappa(s)}{\varepsilon_2 \tau(s)} \frac{\varepsilon_1 \kappa(s)}{-\kappa'(s) + \tau'(s) \frac{\kappa(s)}{\tau(s)}}. \quad (3.4)$$

Then if we work with the denominator of equation (3.3), we have

$$\begin{aligned} -\kappa'(s) + \tau'(s) \frac{\kappa(s)}{\tau(s)} &= \frac{\tau'(s) \kappa(s) - \kappa'(s) \tau(s)}{\tau(s)}, \\ &= \frac{\left( \frac{\tau(s)}{\kappa(s)} \right)' \kappa^2(s)}{\tau(s)}. \end{aligned}$$

If we using above result in equation (3.3), we can see that

$$\langle \alpha(s) - x_0, T(s) \rangle = \varepsilon_1 \frac{\frac{\tau(s)}{\kappa(s)}}{\left( \frac{\tau(s)}{\kappa(s)} \right)}. \quad (3.5)$$

So, we obtain that

$$\langle \alpha(s) - x_0, B(s) \rangle = \frac{-1}{\varepsilon_2} \frac{1}{\left( \frac{\tau(s)}{\kappa(s)} \right)}. \quad (3.6)$$

From the equations (3.5) and (3.6), the equation of the curve  $\alpha(s)$  is obtained as follows

$$\alpha(s) - x_0 = \frac{\frac{\tau(s)}{\kappa(s)}}{\left( \frac{\tau(s)}{\kappa(s)} \right)} T(s) - \frac{1}{\varepsilon_2 \varepsilon_3} \frac{1}{\left( \frac{\tau(s)}{\kappa(s)} \right)} B(s). \quad (3.7)$$

Using the equality  $\frac{\tau(s)}{\kappa(s)} = H(s)$  which is called the harmonic curvature function, we have

$$\alpha(s) - x_0 = \frac{H(s)}{H'(s)} T(s) - \frac{1}{\varepsilon_2 \varepsilon_3} \frac{1}{H'(s)} B(s).$$

If we take the derivative of this equation, we get

$$\left(\left(\frac{H(s)}{H'(s)}\right)' - 1\right)T(s) + \left(\frac{H(s)}{H'(s)}\kappa(s) - \frac{1}{\varepsilon_2\varepsilon_3} \frac{1}{H'(s)}\tau(s)\right)N(s) + \left(-\frac{1}{\varepsilon_2\varepsilon_3} \left(\frac{1}{H'(s)}\right)'\right)B(s) = 0.$$

Since  $T(s), N(s)$  and  $B(s)$  are linearly independent, we obtain that

$$\left(\frac{H(s)}{H'(s)}\right)' - 1 = 0, \quad (3.8)$$

$$\frac{H(s)}{H'(s)}\kappa(s) - \frac{1}{\varepsilon_2\varepsilon_3} \frac{1}{H'(s)}\tau(s) = 0, \quad (3.9)$$

and

$$-\frac{1}{\varepsilon_2\varepsilon_3} \left(\frac{1}{H'(s)}\right)' = 0. \quad (3.10)$$

**Corollary 3.1.** Let  $\alpha : I \subset R \rightarrow E_1^3$  be a unit speed timelike curve with non-zero curvature in Minkowski 3-space. If every rectifying plane contains the point  $x_0$  in  $R^3$ , i.e, if  $\alpha(s)$  is a rectifying curve, then  $\frac{\tau}{\kappa}$  is a linear function.

**Proof.** From the equation (3.9), we obtain that  $\varepsilon_2\varepsilon_3 = 1$ . So we can easily say that the curve  $\alpha(s)$  is a timelike in Minkowski 3-space. Easily using the equations (3.8) or (3.10),  $H''(s) = 0$  and  $H(s) = \frac{\tau(s)}{\kappa(s)} = cs + d$  for some constants  $c, d$  and arc length  $s$ .

With similar thought, assume that  $\alpha(s)$  be a unit speed non-null curve with non-zero curvature in Minkowski 3-space. Since the normal plane of  $\alpha(s)$  is orthogonal to  $T(s)$ , we have

$$\langle \alpha(s) - x_0, T(s) \rangle = 0.$$

If we take the derivative of this expression, we get

$$\langle T(s), T(s) \rangle + \langle \alpha(s) - x_0, T'(s) \rangle = 0.$$

Then by substituting from the Frenet-Serret formula, we have

$$\varepsilon_1 + \langle \alpha(s) - x_0, \kappa(s)N(s) \rangle = 0, \quad (3.11)$$

$$\langle \alpha(s) - x_0, N(s) \rangle = \frac{-\varepsilon_1}{\kappa(s)}. \quad (3.12)$$

If we take the derivative of equation (3.11), we can see

$$\langle \alpha(s) - x_0, \kappa'(s)N(s) \rangle - \varepsilon_1\varepsilon_3\kappa^2(s)\langle \alpha(s) - x_0, T(s) \rangle - \varepsilon_2\varepsilon_3\kappa(s)\tau(s)\langle \alpha(s) - x_0, B(s) \rangle = 0.$$

So if we write equation (3.12) in the last equation, we obtain

$$\langle \alpha(s) - x_0, B(s) \rangle = \frac{1}{\varepsilon_2\varepsilon_3} \frac{\left(\frac{\varepsilon_1}{\kappa(s)}\right)'}{\tau(s)}. \quad (3.13)$$

Using the equations (3.12) and (3.13), we can see that

$$\alpha(s) - x_0 = \frac{-\varepsilon_1}{\varepsilon_2\kappa(s)}N(s) + \frac{1}{\varepsilon_2\varepsilon_3^2} \frac{\left(\frac{\varepsilon_1}{\kappa(s)}\right)'}{\tau(s)}B(s). \quad (3.14)$$

If we say  $\frac{\varepsilon_1}{\kappa(s)} = t(s)$ , equation (3.14) takes the form the following equation

$$\alpha(s) - x_0 = \frac{-1}{\varepsilon_2}t(s)N(s) + \frac{1}{\varepsilon_2} \frac{t'(s)}{\tau(s)}B(s).$$

So, if we take the derivative of above equation

$$T(s) = \frac{-1}{\varepsilon_2} t'(s)N(s) - \frac{1}{\varepsilon_2} t(s)(-\varepsilon_1\varepsilon_3\kappa(s)T(s) - \varepsilon_2\varepsilon_3\tau(s)B(s))$$

$$+ \frac{1}{\varepsilon_2} \left( \frac{t'(s)}{\tau(s)} \right)' B(s) + \frac{1}{\varepsilon_2} \frac{t'(s)}{\tau(s)} \tau(s)N(s)$$

and

$$\left( -1 + \frac{\varepsilon_1\varepsilon_3}{\varepsilon_2} \kappa(s)t(s) \right) T(s) + \left( \frac{\varepsilon_2\varepsilon_3}{\varepsilon_2} \tau(s)t(s) + \frac{1}{\varepsilon_2} \left( \frac{t'(s)}{\tau(s)} \right)' \right) B(s) = 0.$$

We know that  $T(s)$  and  $B(s)$  are linearly independent. Thus,

$$-1 + \frac{\varepsilon_1\varepsilon_3}{\varepsilon_2} \kappa(s)t(s) = 0, \tag{3.15}$$

$$\varepsilon_3\tau(s)t(s) + \frac{1}{\varepsilon_2} \left( \frac{t'(s)}{\tau(s)} \right)' = 0. \tag{3.16}$$

**Corollary 3.2.** Let  $\alpha : I \subset R \rightarrow E_1^3$  be a unit speed timelike curve with non-zero and non-constant curvature in Minkowski 3-space. If every normal plane contains the point  $x_0$  in  $R^3$ , i.e, if  $\alpha(s)$  is a normal curve, then the curve is a spherical, i.e,  $\frac{\tau(s)}{\kappa(s)} = \left( \frac{\kappa'(s)}{\kappa^2(s)\tau(s)} \right)'$ .

**Proof.** From the equation (3.15), we obtain  $\frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2} = 1$ . So we can say that  $\alpha$  is a timelike curve. Also using the equation (3.16), we get

$$\varepsilon_3\tau(s)t(s) + \frac{1}{\varepsilon_2} \left( \frac{t'(s)}{\tau(s)} \right)' = 0.$$

Then using the last equation, we obtain

$$\frac{\tau(s)}{\kappa(s)} = \frac{-1}{\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3} \left( \frac{-\varepsilon_1\kappa'(s)}{\kappa^2(s)\tau(s)} \right)'.$$

This completes the proof.

**Corollary 3.3.** Let  $\alpha : I \subset R \rightarrow E_1^3$  be a unit speed non-null curve with non-zero and non-constant curvature in Minkowski 3-space. If every osculating plane contains the point  $x_0$  in  $R^3$ , i.e, if  $\alpha(s)$  is an osculating curve, then the curve is a planar curve.

**Proof.** Since the osculating plane of  $\alpha(s)$  is the perpendicular plane to  $B(s)$ , we have  $\langle \alpha(s) - x_0, B(s) \rangle = 0$ . If we take the derivative of this expression,

$$\langle T(s), B(s) \rangle + \langle \alpha(s) - x_0, B'(s) \rangle = 0.$$

Then by substituting from the Frenet-Serret formula we have

$$\tau(s)\langle \alpha(s) - x_0, N(s) \rangle = 0,$$

$\tau = 0$  is obtained from the last equation.

#### 4. Discussion and Conclusion

Curves theory has studied in Euclidean 3 –space for a long time. Rectifying, normal and osculating curves which are special curve types have been studied many authors in different spaces. As I mentioned in the abstract part, the difference of this work is to characterize these curves from another point of view in Minkowski 3-space.

#### References

[1] Bozkurt, Z., Gök, I., Okuyucu, O. Z. and Ekmekci, F.N. 2013. Characterizations of Rectifying, Normal and Osculating Curves in Three Dimensional Compact Lie Groups. Life Science Journal, 10(3), 819-823.

- [2] Chen, B. Y. 2003. When does the position vector of a space curve always lie in its rectifying plane?. *Amer. Math. Monthly*, 110, 147-152.
- [3] Do Carmo, M. 1976. *Differential geometry of curves and surfaces*. Prentice-Hall, Upper Saddle Riv. N.J.
- [4] İlarıslan, K., Nesovic, E., Petrovic-Torgasev, M. 2003. Some characterizations of rectifying curves in the Minkowski 3 –space. *Novi. Sad. J. Math.*, 33(2), 23-32.
- [5] İlarıslan, K. 2005. Spacelike normal curves in Minkowski space. *Turk. J. Math.*, 29, 53-63.
- [6] İlarıslan, K., Nesovic, E. 2004. Timelike and null normal curves in Minkowski space  $E_1^3$ . *Indian J. Pure Appl. Math.*, 35, 881-888.
- [7] Logan, J. and Oh, Y. M. 2017. Characterization of Rectifying and Sphere Curves in  $R^3$ . *American Journal of Undergraduate Research*, 14(2), 91-94.
- [8] O'Neill, B. 1983. *Semi-Riemannian geometry with applications to relativity*. Academic Press, New York.
- [9] Öztekin, H. 2016. Normal and Rectifying Curves in Galilean Space  $G_3$ : *Proceedings of IAM*, 5(1), 98-109.



## A Makespan Minimization Problem of Job Dependent Risk Deterioration

Mehmet Burak ŞENOL\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, ANKARA

(Alınış / Received: 13.03.2020, Kabul / Accepted: 16.07.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Keywords

Ergonomics,  
Single machine scheduling,  
EAWS,  
Deterioration,  
Risk assessment

**Abstract:** In this study, different job deterioration rates with the position dependent learning rates were included in makespan minimization problem (MMP). Physical workloads and ergonomic design risks that the employee is exposed were considered. The European Assembly Worksheet (EAWS) was selected as a risk evaluation method and employed for determining risk deterioration rate, since it makes possible to assess awkward postures, action forces levels, material handlings and repetitive load of the upper limbs. EAWS risk assessments were made for 10 assembly jobs in a company in the manufacturing sector. It was proved and numerically shown that makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and position dependent learning effect can be optimally solved by Smallest Deterioration Rule (SDR), only if common process time is used instead of basic process time. The results show that our approach is promising in terms of real life machine scheduling problems under ergonomic risk constraints. The contribution of this paper to the literature is the modeling musculoskeletal disorder risks with EAWS and calculation of deterioration rates by a hyperbolic tangent function for the first time. Furthermore, it was proved and numerically shown that makespan minimization problem can be optimally solved with SDR. As a future work, parallel machine scheduling or different deterioration functions could be employed for the ergonomic risks evaluations.

## İşe Bağımlı Risk Bozulmasının Tamamlanma Zamanı Minimizasyonu

### Anahtar Kelimeler

Ergonomi,  
Makine çizelgeleme,  
Avrupa Meclisi Çalışma  
Sayfası (EAWS),  
Bozulma  
Risk değerlendirmesi

**Öz:** Bu çalışmada, tamamlanma zamanı minimizasyon problemine (MMP) farklı iş bozulma oranları ile pozisyona bağlı öğrenme oranları dâhil edildi. Çalışanların maruz kaldığı fiziksel iş yükleri ve ergonomik tasarım riskleri göz önünde bulunduruldu. Uygun olmayan duruşları, faaliyet kuvvet seviyelerini, malzeme taşıma ve üst uzuv yüklenmelerini değerlendirmeyi mümkün kılmaları nedeniyle, Avrupa Meclisi Çalışma Sayfası (EAWS) bir risk değerlendirme yöntemi olarak seçilerek risk bozulma oranını belirlemesi için kullanıldı. İmalat sektöründeki bir şirkette 10 montaj işi için EAWS risk değerlendirmeleri yapıldı. İşe bağlı risk bozulması ve pozisyona bağlı öğrenme etkisi ile tamamlanma zamanı minimizasyon probleminin En Küçük Bozulma Kuralı (SDR) ile temel işlem zamanı yerine genel işlem zamanı kullanılarak en iyi şekilde çözülebileceği kanıtlandı ve sayısal örneklerle gösterildi. Sonuçlar, yaklaşımımızın ergonomik risk kısıtlamaları altında gerçek hayattaki makine çizelgeleme problemleri açısından umut verici olduğunu göstermektedir. Bu makalenin literatüre katkısı, EAWS ile kas-iskelet bozukluğu risklerinin modellenmesi ve bozulma oranlarının ilk kez hiperbolik tanjant fonksiyonu ile hesaplanmasıdır. Ayrıca, tamamlanma zamanı minimizasyon probleminin En Küçük Bozulma Kuralına göre en iyi şekilde çözülebileceği kanıtlanmış ve sayısal olarak gösterilmiştir. Gelecekteki çalışmalarda paralel makine çizelgelemesi ya da ergonomik risk değerlendirmelerinde farklı bozulma fonksiyonları kullanılabilir.

\*İlgili Yazar, email: senolmehmet81@hotmail.com

## 1. Introduction

Performing risk assessment is important in both business and service sector. Risk assessments make possible to take necessary precautions for potential risks. Risk assessment has been employed in different sectors from finance to the construction industry. Also many risk assessment tools and techniques were developed that can be grouped as quantitative, qualitative and hybrid. A few of these techniques can be used for risk assessment of repetitive tasks. Repetitive task is one of the major root causes of musculo-skeletal complaints and disorders. The European Assembly Worksheet (EAWS) has recently been developed as an outstanding technique and used for the risk assessment of musculo-skeletal disorders. EAWS was designed as a screening tool for physical workload in European region. EAWS consists of many sections which are body postures, action forces, material handlings and upper limb moves in repetitive tasks. These sections can be separated to sub-parts that allow evaluation of different aspects in risk assessment of musculo-skeletal disorders. These sub-parts are overall evolution, additional loads, comment, time aspects of repetitive loads, postures, forces, extract from force atlas, manual material handlings and repetitive loads [1].

In literature, many risk assessment techniques for musculo-skeletal disorders were presented. Most known risk assessment techniques are NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), Work Practices Guide for Manual Lifting, Risk Assessment of Repetitive Movements of Upper Limbs (OCRA index), Quick Exposure Check (QEC), Rapid Entire Body Assessment (REBA) and European Assembly Worksheet (EAWS). Also a score table was designed for risk assessment of musculo-skeletal disorders [2-7].

Rapid Upper Limb Assessment (RULA), investigates the number of task movements; static muscle actions, force, body postures and duration of jobs without a break trigger musculo-skeletal disorders risk. This technique utilizes figure of body postures and score tables for evaluating exposure to risk factors [8]. Force required weight, load, center of gravity, frequency, stability, coupling, workplace geometry and environment are defined as risk factors by NIOSH. An algebraic equation is introduced for assessment of manual lifting [9]. REBA was developed for risk assessment of working postures in health care and service industries. This technique is a scoring system which uses score points belong to segment of body postures [5]. Although, EAWS has been widely used in Europe, it has not seen enough attention in Turkey. EAWS was defined as first level risk assessment technique for biomechanical load of the entire body and upper limbs. EAWS is divided into sections employing second level risk assessment techniques such as OWAS, RULA, Snook & Ciriello, NIOSH, OCRA index and Toyota System [10]. Although lots of software was developed for risk assessment, only a small number of risk assessment software employs pictures and video recording. WMSD-RA software is one of the exclusive software which has video recording [11].

Musculo-skeletal disorders were investigated in various problems and one of them is related with effect of ergonomic risk factors on assembly line assignment and balancing problem. OCRA index was used for another risk assessment problem named as Ergo-ALWABP [12]. In addition, ergonomics in lot-sizing was inspected as Ergo-Lot-Sizing problems. Energy expenditure was used for determining risks [13]. Furthermore, scheduling under ergonomic constraints was studied as Ergo-Scheduling problems. In another study, OCRA index was selected for risk assessment of musculo-skeletal disorders [14].

Actual process time was tried to be found by changing learning and deterioration rate or increasing and decreasing processing time parameters. The learning rate was modeled by Mosheiov and Sidney (2003), for the first time [15]. Different parameters were considered for scheduling problems of single machine. These parameters are constant beginning and finish time, early and tardy jobs, variable machine speed, reducible setup and processing times, step improvements [16-26]. On the other hand, weighted-tardiness, earliness, common due-date, total tardiness, time dependent processing times are inspected parameters on parallel machine scheduling [27-32]. In other studies, musculo-skeletal disorder risk factors modeled as deterioration rate in machine scheduling problems. OCRA index and RULA was employed as a risk assessment technique [33-36].

In this study, a model that inspects makespan minimization problem (MMP) with position-dependent learning effect and musculoskeletal disorders risk factors was improved. EAWS was selected as a risk assessment technique for the purpose of calculating actual process times, because it is a comprehensive analysis tool for evaluating the ergonomic risks that may arise due to biomechanical overload. Furthermore, EAWS provides detailed ergonomic risk assessment about body postures, action forces, manual material handling and upper body movements. It is applicable to all manufacturing industry from job shop production to mass production. For all the aforementioned reasons, EAWS was employed in this study. The job-dependent deterioration and the position-dependent learning rates were included in the Makespan Minimization Problem (MMP) model. In this study, hyperbolic tangent function was selected and employed for the first time in order to imitate deterioration rate in production process times. It was shown that MMP with job-dependent deterioration and the position-dependent learning rates on

single machine can be optimally solved with Smallest Deterioration Rule (SDR), only if common process time is used in place of basic process time.

This paper is made up of four sections and the paper is organized as follows. Literature review, purpose and originality of the study are explained in Section-1. Methodology of the research with the EAWS risk assessment and problem definition is presented in Section 2. In Section-3, our proofs and numerical analysis are presented and the MMP with position-dependent learning effect and musculoskeletal disorders risk factors was inspected. EAWS risk assessments were made for 10 assembly jobs in a company in the manufacturing sector. Deterioration rate, actual process time and makespans were computed. It was proved and numerically shown that makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and position dependent learning effect can be solved with SDR, on condition that common process time is used instead of basic process time, otherwise the problem can't be optimally solved. The results show that our approach is promising in terms of real life machine scheduling problems under ergonomic risk constraints. Proposed model makes possible to determine more accurate production plans. Also, it has a great potential in terms of bringing balance between musculoskeletal disorder risks and productivity. Discussions and conclusions are made in Section-4. Extensions of our approach for future research could be related with parallel machine scheduling or different deterioration functions could be employed for the ergonomic risks evaluations. Another extension may be developing a hybrid risk assessment method for musculo-skeletal disorders. Other problems such as the total flow time minimization, due date assignment or weighted due date minimization problems could also be investigated considering EAWS risk assessments as a future work.

The contribution of this paper to the literature is the modeling musculoskeletal disorder risks with EAWS and calculation of deterioration rates by a hyperbolic tangent function for the first time. Furthermore, it was proved and numerically shown that makespan minimization problem can be optimally solved with SDR.

## 2. Material and Method

### 2.1. EAWS risk assessments

The 'New Production Worksheet' (NPW) was developed by General Motors Europe Adam Opel. The Automotive Assembly Worksheet (AAWS) is the improved form of NPW and employed for evaluating risks by German car manufacturers. In Germany, it is compulsory to analyze the physical workload and the ergonomic conditions of hazardous jobs must be improved. Daimler and the Baden-Württemberg's Employers' Associations of Metal and Electrical Industries risk assessment technique (IAD-BkB) was designed for new employment contract and it is based on AAWS. The EAWS, the most current risk assessment method used by German automotive manufacturers, is the revised version of AAWS. EAWS enables risk assessment of upper limb and whole body that means postures, forces, manual handling etc. EAWS score point can be calculated by using Eq.1 [10].

$$EAWS = DS(Fo_m + Po_m + Ad_m) \quad (1)$$

DS: Duration score (up to shift duration)

Fo<sub>m</sub>: Force frequency grip score

Po<sub>m</sub>: Posture score

Ad<sub>m</sub>: Additional factor score

EAWS provides a score point between 0 and 50. EAWS has three risk levels which are low, possible and high as shown in Figure 1. EAWS score point can vary between 0 and 50. This score point can be used as a deterioration rate in machine scheduling problems if it is normalized.

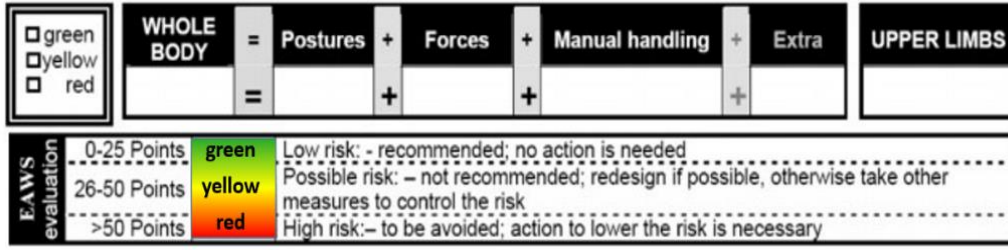


Figure 1. EAWS risk levels [6]

## 2.2. Problem Definition

In other studies actual process time was modeled considering deterioration rate, time depended process rate and position depended jobs [37-39]. In this study, makespan with job dependent risk deterioration of musculoskeletal disorders and position dependent learning rate was investigated. Actual process time was calculated considering deterioration and learning rates, where the process time decreases by the number of repetitions or learning and increases by exposed ergonomic risks or the deteriorations. Here,  $p_{jr}$  is the actual process time of job  $j$  provided that it is scheduled in the position  $r$  of a sequence. Learning effect is represented by  $a$  ( $a < 0$ ) and it is calculated with the equation  $a = \log\alpha/\log 2$ . Here,  $\alpha$  is the learning rate and if  $\alpha=0.8$  then  $a=-0.312$  [40].

Furthermore we used a different function for deterioration rate. In artificial neural networks, there are two “s” shaped transfer functions, which are sigmoid and hyperbolic tangent functions [41-43]. Though sigmoid function is “s” shaped and used as a transfer function, it cannot imitate the deterioration in production process times. But hyperbolic tangent function, which is an increasing “s” shaped function, can imitate the deterioration in production process times. Thus hyperbolic tangent function ( $\sigma_x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$ ) was selected and employed for the first time in this study in order to imitate deterioration rate in production process times.

Deterioration rate ( $\beta_{jr}$ ) and actual process time ( $p_{jr}$ ) values can be determined with the help of Eq.2 and Eq.3, respectively. EAWS was selected as a risk assessment technique for the purpose of calculating actual process times. Deterioration rate ( $\beta_{jr}$ ) in Eq.2 is the normalized EAWS score point of job  $j$  in hyperbolic tangent function. EAWS provides a score point between 0 and 50, thus EAWS score is multiplied by 0.02 for normalization in Eq.2. In order to calculate actual process time ( $p_{jr}$ ) deterioration rate ( $\beta_{jr}$ ) is multiplied with the basic process time ( $p_{[j]}$ ) and with the position dependent learning rate ( $r^a$ ) in Eq.3. Objective function of makespan minimization problem is defined in Eq.4.

$$\beta_{jr} = 1 + \frac{e^{[DS_j(Fo_{mj}+Po_{mj}+Ad_{mj})0.02]} - e^{-[DS_j(Fo_{mj}+Po_{mj}+Ad_{mj})0.02]}}{e^{[DS_j(Fo_{mj}+Po_{mj}+Ad_{mj})0.02]} + e^{-[DS_j(Fo_{mj}+Po_{mj}+Ad_{mj})0.02]}} \quad (2)$$

$$p_{jr} = p_{[j]} \beta_{jr} r^a \quad (3)$$

$$\min \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^n p_{jr} \quad (4)$$

## 3. Results

In this section the MMP with position-dependent learning effect and musculoskeletal disorders risk factors was inspected. Our proofs and numerical analysis show that MMP with job-dependent deterioration and the position-dependent learning rates on single machine can be solved with respect to smallest deterioration rule, only if common process time is used in place of basic process time.

### 3.1 Proofs

According to the shortest process time (SPT) rule optimal machine schedule can be obtained by sorting process times in increasing order. Also two adjacent jobs can be interchanged and compared with actual time. If job's processing times can be determined, the optimal schedule can be obtained by using SPT rule.

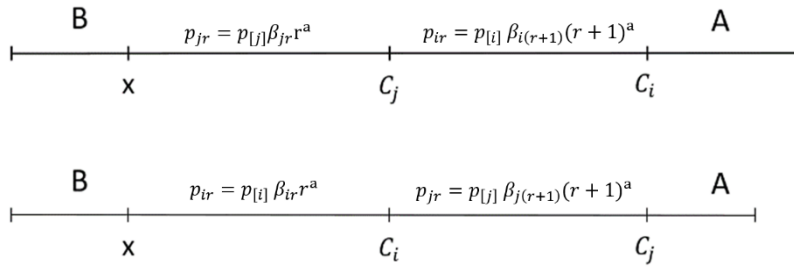


Figure 2. Interchange of adjacent jobs adapted from [37]

#### Lemma-1

If ( $a < 0$  and  $\beta_i > \beta_j$ ) basic process time is used, makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and position dependent learning effect can't be optimally solved with SPT rule.

#### Proof.

Let  $C_j(S)$  be the completion time of job  $j$  in the schedule  $S$ .

Let  $\Delta C(S)$  be the difference between the completion time of two jobs  $i, j$ .

$$C_j(S) = B + p_j \beta_j r^a \quad (5)$$

$$C_i(S) = B + p_j \beta_j r^a + p_i \beta_i (r + 1)^a \quad (6)$$

$$C_i(S') = B + p_i \beta_i r^a \quad (7)$$

$$C_j(S') = B + p_i \beta_i r^a + p_j \beta_j (r + 1)^a \quad (8)$$

$$\Delta C(S) = C_i(S) - C_j(S') = B + p_j \beta_j r^a + p_i \beta_i (r + 1)^a - [B + p_i \beta_i r^a + p_j \beta_j (r + 1)^a] \quad (9)$$

Let's distribute the minus sign in front of the square brackets, so variable  $B$  is subtracted from equality.

$$\Delta C(S) = B + p_j \beta_j r^a + p_i \beta_i (r + 1)^a - B - p_i \beta_i r^a - p_j \beta_j (r + 1)^a \quad (10)$$

Let's distribute the minus sign in front of the parenthesis Eq.(10).

$$\Delta C(S) = p_j \beta_j r^a + p_i \beta_i (r + 1)^a - p_i \beta_i r^a - p_j \beta_j (r + 1)^a \quad (11)$$

Let's group the Eq.11 by  $r^a$  and  $(r + 1)^a$

$$\Delta C(S) = p_j \beta_j r^a - p_i \beta_i r^a + p_i \beta_i (r + 1)^a - p_j \beta_j (r + 1)^a \quad (12)$$

Let's put the Eq.13 in the parentheses  $r^a$  and  $(r + 1)^a$ .

$$\Delta C(S) = (p_j\beta_j - p_i\beta_i)r^a + (p_i\beta_i - p_j\beta_j)(r + 1)^a \quad (13)$$

Let's put the Eq.14 in the parentheses  $(p_j\beta_j - p_i\beta_i)$ .

$$\Delta C(S) = (p_j\beta_j - p_i\beta_i)(r^a - (r + 1)^a) \quad (14)$$

Any comment cannot be done whether  $\Delta C(S) > 0$  or not. Thus, makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and position dependent learning effect can't be optimally solved with SPT rule if basic process time is used.

### Lemma-2

If  $(p_{[i]} = p_{[j]} = p > 0, a < 0$  and  $\beta_j > \beta_i)$  common process time is used instead of basic process time, makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and position dependent learning effect can be optimally solved with SDR.

### Proof.

$$\Delta C(S) = B + p\beta_j r^a + p\beta_i(r + 1)^a - [B + p\beta_i r^a + p\beta_j(r + 1)^a] \quad (15)$$

The sign of negativity in front of the schedule S' is distributed in parentheses.

$$\Delta C(S) = B + p\beta_j r^a + p\beta_i(r + 1)^a - B - p\beta_i r^a - p\beta_j(r + 1)^a \quad (16)$$

Since the completion time constants of previous operations are  $B - B = 0$ , the expression of  $r^a$ ,  $(r + 1)^a$  and  $p$  is distributed in parentheses. Equality reorganizes.

$$\Delta C(S) = p\beta_j r^a - p\beta_i r^a + p\beta_i(r + 1)^a - p\beta_j(r + 1)^a \quad (17)$$

Equality is rearranged by order  $pr^a$ ,  $p(r + 1)^a$  and  $p(r + 1)^a$ .

$$\Delta C(S) = pr^a(\beta_j - \beta_i) + p(r + 1)^a(\beta_i - \beta_j) \quad (18)$$

Equality is rearranged by order  $(\beta_i - \beta_j)$

$$\Delta C(S) = p(\beta_j - \beta_i)(r^a - (r + 1)^a) \quad (19)$$

$p > 0, a < 0$  and  $\beta_j > \beta_i$  hence  $\Delta C(S) > 0$ . Thus, makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and position dependent learning effect can be optimally solved with SDR.

### 3.2 Numerical Analysis

In this section a numerical example is given for the case in Lemma-1 and Lemma-2. EAWS risk assessments were made for the following 10 assembly jobs in a company in the manufacturing sector. Deterioration rate was computed with respect to Eq.2 and actual process time was calculated in regard to Eq.3. Then makespans were computed by employing Eq.4 and Table 1-4 was gathered.

#### Numerical example for Lemma-1

In Lemma-1 it was stated that if basic process time is used, makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and position dependent learning effect can't be solved with SDR or SPT. We will explain this case with numerical examples in Table 1-2. In Table 1, B and A values were calculated as 308.8 and 150.1, respectively.

The makespans for the job 5 in row 5 and job 6 in row 6 were calculated as 367.8 and 444.92 minutes in the  $S$  schedule in Table 1.

**Table 1.**  $S$  schedule for Lemma-1

Jobs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Basic Process Time ( $p_{[ij]}$ )	60	88	56	45	90	80	78	35	50	32
Actual Process Time ( $p_{jr} = p_{[ij]} \beta_{jr} r^a$ )	71.8	124.0	64.3	48.7	59.0	77.1	53.8	28.8	41.0	26.5
Makespan ( $\min \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^n p_{jr}$ )	B=308.8				367.8	444.9	A=150.1			

Let's get the  $S'$  schedule by interchanging jobs 5 and 6 in the Table 1 according to the SPT rule similar to the Figure-1. As shown in Table 2, the  $B'$  and  $A'$  values of the  $S'$  schedule were computed as 308.8 and 150.1 minutes, respectively and they are equal to  $B$  and  $A$  values in the  $S$  schedule in Table 1. The makespans for the job 6 in row 5 and job 5 in row 6 were calculated as 390.6 and 446.2 minutes in the  $S'$  schedule in Table 2 and these values are greater than the makespan values 367.8 and 444.9 in Table 1. Although  $S'$  schedule was gathered with SPT rule, a shorter completion time could not be achieved as it was proposed in Lemma-1. Thus, makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and position dependent learning effect can't be optimally solved with SDR or SPT rule if basic process time is used.

**Table 2.**  $S'$  schedule for Lemma-1

Jobs	1	2	3	4	6	5	7	8	9	10
Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Basic Process Time ( $p_{[ij]}$ )	60	88	56	45	80	90	78	35	50	32
Actual Process Time ( $p_{jr} = p_{[ij]} \beta_{jr} r^a$ )	71.8	124.0	64.3	48.7	81.7	55.6	53.8	28.8	41.0	26.5
Makespan ( $\min \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^n p_{jr}$ )	B'=308.8				390.6	446.2	A'=150.1			

**Numerical example for Lemma-2**

In Lemma-2 it was stated that if common process time is used instead of basic process time, makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and position dependent learning effect can be solved with SDR. We will explain this case with numerical examples in Table 3-4. The average of basic process times of the 10 jobs ( $p = \sum_{i=1}^{10} \frac{p_{[ij]}}{10} = 61.4$ ) in Table 1 was taken and it was accepted as common process time. Actual Process Times ( $p_{jr}$ ) were calculated with respect to common process times. In Table 3,  $B$  and  $A$  values were calculated as 295.06 and 192.8, respectively. The makespans for the job 5 in row 5 and job 6 in row 6 were calculated as 357.4 and 395.1 minutes in the  $S$  schedule in Table 1.

**Table 3.**  $S$  schedule for Lemma-2

Jobs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Common Process Time ( $p$ )	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4
Deterioration rate ( $\beta_{jr}$ )	0,20	1,00	0,75	0,85	0,90	0,10	0,30	0,70	0,80	0,95
Actual Process Time ( $p_{jr} = p_{[ij]} \beta_{jr} r^a$ )	73	85,97	70	66	62,36	37,68	42	50	50	51
Makespan ( $\min \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^n p_{jr}$ )	B=295.06				357,4	395,1	A=192.8			

Let's get the  $S'$  schedule by interchanging jobs 5 and 6 in the Table 3 according to the SDR similar to the Figure-1. As shown in Table 4, the  $B'$  and  $A'$  values of the  $S'$  schedule were computed as 295.06 and 192.8 minutes, respectively and they are equal to  $B$  and  $A$  values in the  $S$  schedule in Table 3. The makespans for the job 6 in row 5 and job 5 in row 6 were calculated as 335.01 and 393.82 minutes in the  $S'$  schedule in Table 4 and these values are smaller than the makespan values 357.4 and 395.1 in Table 3.  $S'$  schedule was gathered with SDR and a shorter completion time was achieved as it was proposed in Lemma-2. Thus, makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and position dependent learning effect can optimally be solved with SDR rule if basic process time is used.

**Table 4.**  $S'$  schedule for Lemma-2

Jobs	1	2	3	4	6	5	7	8	9	10
Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Common Process Time ( $p_{[j]}$ )	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4	61.4
Deterioration rate ( $\beta_{jr}$ )	0,20	1,00	0,75	0,85	0,10	0,90	0,30	0,70	0,80	0,95
Actual Process Time ( $p_{jr} = p_{[j]} \beta_{jr} r^a$ )	73	85,97	70	66	39.96	58.81	42	50	50	51
Makespan ( $\min \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^n p_{jr}$ )	B'=295.06				335.01	393.82	A'=192.8			

#### 4. Discussion and Conclusion

In this study, makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and learning effect was introduced. Musculoskeletal disorder risks were modeled with respect to EAWS which has a common use in German automotive and truck manufacturing industry. It was assumed that deterioration rate is a hyperbolic tangent function of EAWS and varies with jobs. Position dependent learning rate was included in the problem.

It was proved and numerically shown that makespan minimization problem with job dependent risk deterioration and position dependent learning effect can be optimally solved by using smallest deterioration rule, on condition that common process time is used instead of basic process time, otherwise the problem can't be optimally solved. The results show that our approach is promising in terms of real life machine scheduling problems under ergonomic risk constraints. Proposed model makes possible to determine more accurate production plans. Also, it has a great potential in terms of bringing balance between musculoskeletal disorder risks and productivity. The contribution of this paper to the literature is the modeling musculoskeletal disorder risks with EAWS and calculation of deterioration rates by a hyperbolic tangent function for the first time. Furthermore, it was proved and numerically shown that makespan minimization problem can be optimally solved with SDR.

For future research, parallel machine scheduling could be studied. Furthermore different deterioration functions could be employed for the ergonomic risks evaluations. In addition, a hybrid evaluation method including state of the art approaches in the literature could be developed for the risk assessment of musculo-skeletal disorders. Our approach could be applied to different problems such as the total flow time minimization problem, due date assignment problem or weighted due date minimization problems.

#### Acknowledgment

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

#### References

- [1] Otto, A. and A. Scholl, (2011) "Incorporating ergonomic risks into assembly line balancing", European Journal of Operational Research, 212(2): p. 277-286.
- [2] Nelson, G.S., H. Wickes, and J.T. English, (1994) "Manual Lifting: The NIOSH Work Practices Guide for Manual Lifting Determining Acceptable Weights of Lift", Nelson & Associates, 979: p. 7774-7755.
- [3] Occhipinti, E., (1998) "OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs", Ergonomics, 41(9): p. 1290-1311.
- [4] Li, G. and P. Buckle, (1998) "A practical method for the assessment of work-related musculoskeletal risks - quick exposure check (QEC)" in Proceedings of the human factors and ergonomics society.
- [5] Hignett, S. and L. McAtamney (2000) "Rapid Entire Body Assessment (REBA)", Applied Ergonomics 31: p. 201-205.
- [6] Schaub, K., et al. (2013) "The European Assembly Worksheet", Theoretical Issues in Ergonomics Science, 14(6): p. 616-639.
- [7] Colombini, D. and E. Occhipinti (2017) "Risk Analysis and Management of Repetitive Actions A Guide for Applying the OCRA System (Occupational Repetitive Actions)", Boca Raton: CRC Press.
- [8] Valentim, D.P., et al., (2018) "Reliability, Construct Validity and Interpretability of the Brazilian version of the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) and Strain Index (SI)", Brazilian Journal of Physical Therapy., 22(3): p. 198-204.



- [9] R.Thomas, W., V. Putz-Anderson, and A. Garg (1994) "Applications Manual For The Revised Niosh Lifting Equation", Ohio: U.S. Department Of Health And Human Services Public Health Service.
- [10] Lavatelli, I., K. Schaub, and G. Caragnano (2012) "Correlations in between EAWS and OCRA Index concerning the repetitive loads of the upper limbs in automobile manufacturing industries", *Work*, 41 Suppl 1: p. 4436-44.
- [11] Şenyiğit, E. and U. Atici (2017) "Computer-aided work related musculoskeletal disorder risk assessment tool: WMSD-RA", In *International Symposium on Industry 4.0 and Applications*. Karabuk,Turkey. p. 1-4.
- [12] Akyol, S.D. and A. Baykasoğlu (2016) "ErgoALWABP: a multiple-rule based constructive randomized search algorithm for solving assembly line worker assignment and balancing problem under ergonomic risk factor", *Journal of Intelligent Manufacturing*,
- [13] Battini, D., et al., (2015) "Ergo-Lot-Sizing: Considering Ergonomics in Lot-Sizing Decisions" *IFAC-PapersOnLine*, 48(3): p. 326-331.
- [14] Şenyiğit, E. and U. Atici, (2017) "Ergo-Scheduling", *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 4(10): p. 208-217.
- [15] Mosheiov, G. and J.B. Sidney (2003) "Scheduling with general job-dependent learning curves", *European Journal of Operational Research*, 147(3): p. 665-670.
- [16] Lann, A. and G. Mosheiov (1996) "Single machine scheduling to minimize the number of early and tardy jobs", *Computers & Operations Research*, 23(8): p. 769-781.
- [17] Alidaee, B. and A. Ahmadian (1996) "Scheduling on a single processor with variable speed", *Information Processing Letters*, 60(4): p. 189-193.
- [18] Arkin, E.M. and E.B. Silverberg (1987) "Scheduling jobs with fixed start and end times", *Discrete Applied Mathematics*, 18(1): p. 1-8.
- [19] Biskup, D. and H. Jahnke (2001) "Common due date assignment for scheduling on a single machine with jointly reducible processing times", *International Journal of Production Economics*, 69(3): p. 317-322.
- [20] Daniel Ng, C.T., T.C.E. Cheng, and M.Y. Kovalyov (2004) "Single machine batch scheduling with jointly compressible setup and processing times", *European Journal of Operational Research*, 153(1): p. 211-219.
- [21] Hino, C.M., D.P. Ronconi, and A.B. Mendes (2005) "Minimizing earliness and tardiness penalties in a single-machine problem with a common due date", *European Journal of Operational Research*, 160(1): p. 190-201.
- [22] Kim, E.-S. and D. Oron (2015) "Minimizing total completion time on a single machine with step improving jobs", *Journal of the Operational Research Society*, 66(9): p. 1481-1490.
- [23] Cheng, T.C.E., et al., (2006) "Scheduling with step-improving processing times" *Operations Research Letters*, 34(1): p. 37-40.
- [24] Kuo, W.-H. and D.-L. Yang (2006) "Single-machine group scheduling with a time-dependent learning effect", *Computers & Operations Research*, 33(8): p. 2099-2112.
- [25] Yano, C.A. and Y.-D. Kim, (1991) "Algorithms for a class of single-machine weighted tardiness and earliness problems", *European Journal of Operational Research*, 52(2): p. 167-178.
- [26] Toksarı, M.D., D. Oron, and E. Güner (2009) "Single machine scheduling problems under the effects of nonlinear deterioration and time-dependent learning", *Mathematical and Computer Modelling*, 50(3-4): p. 401-406.
- [27] Toksari, M.D. and O.A. Arık (2017) "Single machine scheduling problems under position-dependent fuzzy learning effect with fuzzy processing times", *Journal of Manufacturing Systems*, 45: p. 159-179.
- [28] Arkin, E.M. and R.O. Roundy (1991) "Weighted-Tardiness Scheduling on Parallel Machines with Proportional Weights", *Operations Research*, 39(1): p. 64-81.
- [29] Sivrikaya-Şerifoğlu, F. and G. Ulusoy (1999) "Parallel machine scheduling with earliness and tardiness penalties", *Computers & Operations Research*, 26(8): p. 773-787.
- [30] Mandel, M. and G. Mosheiov (2001) "Minimizing maximum earliness on parallel identical machines" *Computers & Operations Research*, 28(4): p. 317-327.
- [31] Mosheiov, G., (2001) "A common due-date assignment problem on parallel identical machines", *Computers & Operations Research*, 28(8): p. 719-732.

- [32] Biskup, D., J. Herrmann, and J.N.D. Gupta (2008) "Scheduling identical parallel machines to minimize total tardiness", *International Journal of Production Economics*, 15(1): p. 134-142.
- [33] Kuo, W.-H. and D.-L. Yang (2008) "Parallel-machine scheduling with time dependent processing times", *Theoretical Computer Science*, 393(1): p. 204-210.
- [34] Şenyiğit, E. and U. Atici (2017), "Effect of WMSDs on processing time: A case study", In 2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress, Adana, TURKEY.
- [35] Senyigit, E. and U. Atici (2018) "Scheduling with Job Dependent Learning Effect and Ergonomic Risk Deterioration" 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, Ankara, TURKEY.
- [36] Şenyiğit, E. and U. Atici (2019) "Parallel Machine Scheduling with WMSD Risk Considerations", *European Journal of Science&Technology*, p. 336 - 342.
- [37] Woo, Y.-B., S. Jung, and B.S. Kim, A rule-based genetic algorithm with an improvement heuristic for unrelated parallel machine scheduling problem with time-dependent deterioration and multiple rate-modifying activities. *Computers & Industrial Engineering*, 2017. 109: p. 179-190.
- [38] Woo, Y.-B. and B.S. Kim, Matheuristic approaches for parallel machine scheduling problem with time-dependent deterioration and multiple rate-modifying activities. *Computers & Operations Research*, 2018. 95: p. 97-112.
- [39] Rustogi, K. and V.A. Strusevich, Single machine scheduling with general positional deterioration and rate-modifying maintenance. *Omega*, 2012. 40(6): p. 791-804.
- [40] Biskup, D. (1999) "Single-machine scheduling with learning considerations", *European Journal of Operational Research*, 1999. 115: p. 173-178
- [41] Menon, A., et al., Characterization of a Class of Sigmoid Functions with Applications to Neural Networks. *Neural Networks*, 1996. 9(5): p. 819-835.
- [42] Liu, T., T. Qiu, and S. Luan, Hyperbolic-tangent-function-based cyclic correlation: Definition and theory. *Signal Processing*, 2019. 164: p. 206-216.
- [43] Anastassiou, G.A., Multivariate hyperbolic tangent neural network approximation. *Computers & Mathematics with Applications*, 2011. 61(4): p. 809-821.

---

## Examining the Factors Affecting Customers' Adoption of Mobile Banking with Structural Equation Model

İlkay ALTINDAĞ\*

\* Department of Banking, Academy of Applied Sciences, Necmettin Erbakan University, KONYA

(Alınış / Received: 28.01.2020, Kabul / Accepted: 03.03.2020, Online Yayınlanma/ Published Online: 17.08.2020)

---

### Keywords

Structural Equation Model,  
Technology Acceptance  
Model,  
Mobile Banking

**Abstract:** Mobile banking is an application used on a smartphone or tablet that allows you to perform your banking transactions by connecting to the internet from your mobile device without having to go to the branch. Mobile banking usage showed a rapid increase in the last 10 years in Turkey as well as all over the world. However, the fact that some bank customers do not prefer mobile banking for different reasons increases the importance of investigating the factors that affect customers' adoption of mobile banking. It is important that banks adopt the latest information technology system to better understand changing customer needs. The Technology Acceptance Model (TAM) is an information systems theory is used to measure the response of consumers to technological change. The main objective in this research is to analyze the relationships among the factors that determine the attitude of bank customers using mobile banking application via the TAM theory. This research data was collected from surveys applied to public, private and participation bank customers in Konya province. The collected data set was tested by the Structural Equation Model method.

---

## Müşterilerin Mobil Bankacılığa Uyumunu Etkileyen Faktörlerin Yapısal Eşitlik Modeli ile İncelenmesi

### Anahtar Kelimeler

Yapısal Eşitlik Modeli,  
Teknoloji Kabul Modeli,  
Mobil Bankacılık

**Öz:** Mobil bankacılık, şubeye gitmek zorunda kalmadan bir akıllı telefon veya tablet ile mobil cihazınızdan internete bağlanarak bankacılık işlemlerinizi gerçekleştirmenizi sağlayan bir uygulamadır. Mobil bankacılık kullanımı son 10 yılda Türkiye'de ve tüm Dünyada hızlı bir artış göstermektedir. Bununla birlikte, bazı banka müşterilerinin mobil bankacılığı henüz tercih etmemesi, müşterilerin mobil bankacılığı benimsemesini etkileyen faktörlerin araştırılmasının önemini artırmaktadır. Değişen müşteri ihtiyaçlarını daha iyi anlamak için bankaların en son bilgi teknolojisi sistemini benimsemesi önemlidir. Teknoloji Kabul Modeli (TAM), tüketicilerin teknolojik değişime tepkisini ölçmek için kullanılan bir bilgi sistemleri teorisidir. Bu araştırmanın temel amacı, mobil bankacılık uygulamasını kullanan banka müşterilerinin tutumlarını TAM teorisi ile belirlemektir. Bu araştırma verileri Konya ilindeki kamu, özel ve katılım bankası müşterilerine uygulanan anketlerden toplanmıştır. Elde edilen veriler Yapısal Eşitlik Modeli yöntemi ile test edilmiştir.

---

\*İlgili Yazar, email: ialtindag@erbakan.edu.tr

## 1. Introduction

In the past twenty years, mobile commerce (m-commerce) has emerged as a conclusion of the convergence of the wireless technology, internet and mobile devices. The concept of m-commerce for information technology (IT) is a new paradigm. The m-commerce implementation provided greater mobility and flexibility in areas such as quality control, investment and health as an extension of m-commerce. As a result, the m-commerce has become a very important component of today's business world. This new implementation, changes the way finance institutions provide and design services to individuals. It also modifies how people interact with other social components like retail banks. Mobile banking (MB) method is an innovator application used to access banking transactions, with this method customers can perform banking services at any time and at anywhere and to connect banking service quickly and easily via mobile devices [1,2].

Unlike mobile applications, computer and web applications, mobile devices are developed according to their specifications and technical skills [3]. As with other technologies and applications, the adoption of the MB application is also regarding the quality of the application [4]. For this reason, it is significant to specify the relationships between the factors related to the quality of the applications in order to adopt mobile banking applications and to obtain the benefits expected from these applications. Although there are some studies on the factors affecting the use of MB applications in the literature, the number of studies on determining the importance of these factors is quite low [5].

In order to perform the necessary researches in evaluating the efficiency of a MB application, the Technology Acceptance Model (TAM) theory is used. TAM is one of the models highly used method in the literature to identify the factors that have the greatest impact on the acceptance of an information system used [6]. TAM is a method first proposed by Davis (1986) in order to explain the acceptance of the technology on users. TAM was developed by Davis (1989) to explain the effects of user perceptions of system factors that are thought to be effective on users' acceptance of information systems [6-8].

Considering the literature, there are many studies conducted using the technology acceptance method in recent years. Abdullah and Ward (2016), using quantitative Meta-Analysis, e-learning adaptation according to the TAM identify the most frequently used external factors [9]. Lin and Kim (2016), model derived a model of TAM made as a result of the testing work, privacy and concerns about intrusive that predetermined variables perceived to perceived usefulness, but has found they could not detect the ease of use of sponsored advertising [10]. Chen et al. (2017), examined a number of social-psychological behavioral intention to adopt a predictive model based on TAM and Adoption of Smart and Sustainable Energy Technology Models [11]. Dumpit and Fernandez (2017) adopted the TAM, but contained subjective norm, perceived volatility, speed and security of internet are included as an additional structure [12]. Taherdoost (2018), developed the E-Service Technology Acceptance Model (ETAM) to evaluate the acceptance of e-service technology by the user [13]. Verma and Sinha (2018) aimed to identify important factors in a rustic situation based on TAM, which influenced acceptance of a mobile-based AES [14]. Kalyoncuoğlu (2018), examined the factors that affect the acceptance of the use of virtual cards for the reliability of payment transactions in consumers' online purchases with the TAM [15]. To and Tang (2019), investigated the premise of students' aim to attendance evaluation of computer-based courses and consequently suggested an improved TAM [16]. Binyamin and Smith (2019) investigated the factors affecting the use of LMS in higher education students by expanding the TAM method. As a result of this study, 8 external variables were adapted to this method [17].

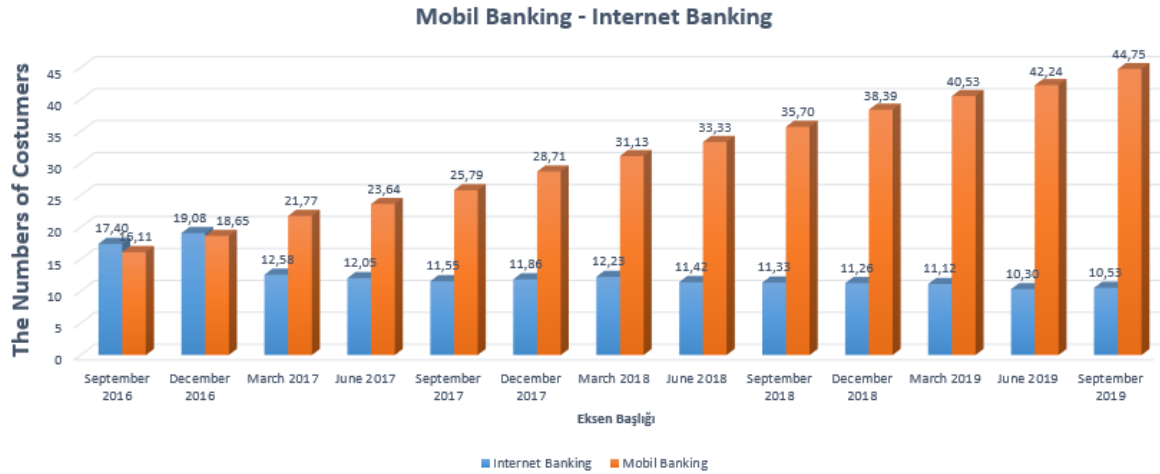
The main objective of this study is to analyze the relationships among the factors specifying the attitude of bank customers that use the MB by using the TAM method.

## 2. Mobil Banking

The banking sector is one of the main sectors that frequently use innovative applications based on Information Technologies (IT). Banks are implementing a variety of IT innovations in order to turn the opportunities offered by developing technologies into advantages and to survive and excel in the highly competitive environment in the sector. Internet banking, an IT product, has facilitated people manage their money thanks to innovations made in the early 1980s. Banks began to offer people the tools to facilitate their financial transactions. Internet banking began to become popular in 2001. Due to the production of smart phones in the early 2000s, the concept of mobile banking, another IT product, emerged.

Due to the advancement on mobile technologies, there have been major technological revolutions in many sectors. The banks operating in Turkey, seriously work to adapt to developments related to mobile banking. By means of the increasing number of smartphone users in recent years, the number of customers using mobile banking passed the number of customers using internet banking.

Digital, Internet and Mobile Banking Statistics which publish by the Banks Association of Turkey are given in Figure 1 [18].



**Figure 1.** Number of individual customers (million) actively using mobile banking and Internet banking systems in Turkey.

According to Figure 1, it is observed that the number of individual banking customers using mobile banking increased rapidly and the number of internet banking users decreased. This rapid increase in mobile banking usage may be with the increasing number of smartphone users and the fact that mobile banking applications become more practical.

In this research, the TAM method was used to explain and model how customers accepted mobile banking application.

### 3. The Technology Acceptance Model (TAM)

Technology Acceptance Model (TAM) is a method used in explaining on adaptation of different management information systems. This model is an information technology system that is widely used in revealing the reasons why users accept new applications. There are two main objectives in this model.

- to estimate the acceptability of a tool.
- to describe the necessary modifications in the system to enable the user to accept the new application.

The concept of TAM was proposed by Davis (1986) to explain computer use. TAM was improved by Davis (1989) to determines the effects of user perceptions of system factors that are thought to be effective on users' acceptance of information systems [7,8].

TAM examines the following dimensions using the Likert scale survey:

Perceived Usefulness (PU) : Davis (1989) was described this factor as "the degree to which a person believes that using a particular system would enhance his or her job performance".(5 Item) [8].

Perceived Ease Of Use (PEOU) : Davis (1989) was defined this factor as "the degree to which a person believes that using a particular system would be free from effort". (5 Item) [8].

Attitude Towards Use (ATU): It is a positive or negative evaluation of the use of new technology by users (4 Item) [8].

Behavioral Intention to Use (BIU): It is a measurement that individual's behavior using new technology (3 Item) [8].

Actual System Use (ASU): Real use refers to the time the user spends using the technology (3 Item) [8].

There are many studies in the literature based on mobile technologies such as mobile devices, smartphones, mobile shopping, mobile communication, mobile marketing and mobile commerce (see [19]-[27]). Nowadays, with the growing interest in the use of mobile banking application, customers' attitudes and intentions should be measured by bank information processing center. In this paper, the analysis was performed to determine customer behavior using the original TAM proposed by Davis (1989).

## 4. Material and Method

### 4.1. Structural Equation Model

Structural Equation Model is a comprehensive statistical analysis method consisting of three basic components. These are (1) path analysis, (2) structural model and measurement model, (3) general estimation processes as historical development. This method used to test models that have a combination of causal and mutual relationships among latent and observed variables. SEM used in many fields of science provides a comprehensive method for testing and measuring meaningful theories. SEM implement a hypothesis testing approach to multivariate analysis of structural theory on a subject [28].

SEM consists of two components;

1. Measurement Model: illustrates the relationship between latent variables and observed variables.
2. Structural Model: illustrates the relationships between the latent constructs or endogenous variables.

SEM provides to determine direct and indirect effects between variables [29-31].

In this study, the SEM method was used to obtain the causal relationships between the factors in the TAM model and to evaluate the statistical significance of the relationships between these factors.

#### 4.1.1 Evaluation of Model Fit for SEM

In the literature, there are many goodness of fit test to evaluate in SEM. The test statistics frequently used in the literature are chi-square statistic ( $\chi^2$ ), Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA), Goodness of Fit Statistic (GFI), Adjusted Goodness of Fit Statistic (AGFI), Standardized Root Mean Square Residual (SRMR), Normed Fit Index (NFI) and Comparative Fit Index (CFI). Goodness of fit values and their fit reference ranges are shown in Table 1 [32].

**Table 1.** Goodness of Fit Indexes for SEM

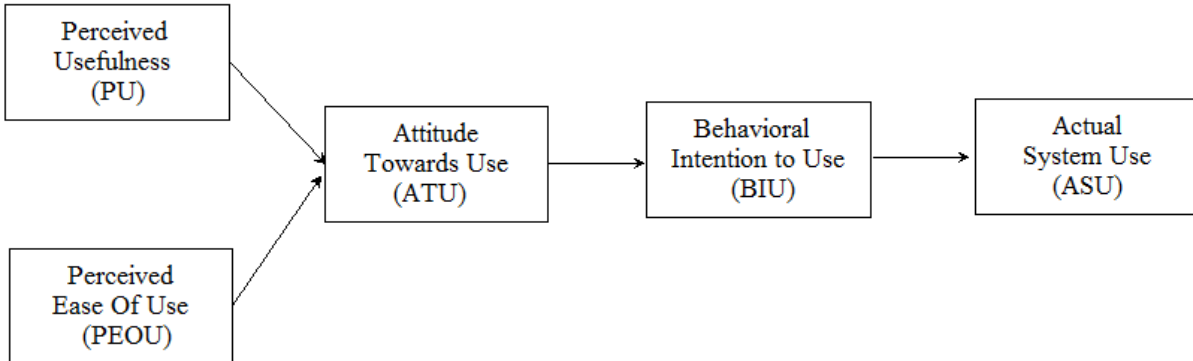
Goodness of Fit index	Value (Excellent Fit)	Value (Acceptable Fit)
$\chi^2/df$	$0 \leq \chi^2/df \leq 2$	$2 < \chi^2/df \leq 3$
RMSEA	$0 \leq RMSEA \leq 0.05$	$0.05 < RMSEA \leq 0.08$
SRMR	$0 \leq SRMR \leq 0.05$	$0.05 < SRMR \leq 0.10$
CFI	$0.97 \leq CFI \leq 1$	$0.95 \leq CFI < 0.97$
GFI	$0.95 \leq GFI \leq 1$	$0.90 \leq GFI < 0.95$
AGFI	$0.90 \leq AGFI \leq 1$	$0.85 \leq AGFI < 0.90$
NFI	$0.95 \leq NFI \leq 1$	$0.90 \leq NFI < 0.95$

### 4.2. Sample

The research population consists of public, private and participation bank customers in Konya. Since the full list of the customers of this bank is not available, bank customers were randomly selected in randomly selected time periods by the banks during a month and a questionnaire was applied to 687 volunteers who will answer the questionnaire.

### 4.3. Research Model and Hypotheses

The research model used in the study is the classical TAM model given in Figure 1. Using this model, the causal relationships between Perceived Usefulness (PU), Perceived Ease of Use (PEOU), Attitude Towards Use (ATU), Behavioral intention to use (BIU) and Actual System Use (ASU) were tried to be explained. TAM model used in the research is given in Figure 2.



**Figure 2.** The original TAM (Davis, 1989)

The items in the measurement tool were compiled considering study of Davis et al.(1989). In the response of the measurement tool, the degree to which the According to “Strongly agree”, “Agree”, “Neither Agree nor Disagree”, “Disagree”, “Strongly Disagree”.

According to Davis' findings, PEOU is positively associated with the use of a system. It has been determined in many studies that there is a positive relationship between PEOU and intention to use. According to the results of experimental and applied researches about TAM, PU is positively associated with the use of an information system and its user attitudes [6]. Based on this information, the research hypotheses are given below, respectively.

*H<sub>1</sub>: Perceived Usefulness has a positive effect on Attitude Towards Use*

*H<sub>2</sub>: Perceived Ease of Use has a positive effect on Attitude Towards Use*

*H<sub>3</sub>: Attitude Towards Use has a positive effect on Behavioral Intention to Use*

*H<sub>4</sub>: Behavioral Intention to Use has a positive effect on Actual System Use*

## 5. Results

### 5.1 Descriptive Statistics

Bank customers' descriptive statistics (Bank category, Gender, Jobs, Age) are summarized in Table 2.

**Table 2.** Fruquency tables for Bank Customers

Customers' Banks			Customers' Gender		
Banks	Frequency	Percent	Gender	Frequency	Percent
Public	295	42.9	Woman	295	42.9
Private	244	35.5	Man	392	57.1
Participation	148	21.5			
Customers' Jobs			Customers' Age		
Jobs	Frequency	Percent	Age	Frequency	Percent
Public	168	24.5	Under 26	286	41.6
Private sector	245	35.7	26-35	190	27.7

Self Employed	56	8.2		36-45	116	16.9
Retired	50	7.3		46-55	45	6.6
Student	144	21		Over 55	50	7.3
Other	24	3.5				

As can be seen from Table 2, 57.1% of the customers are male and 42.9% are female. 42.9% of the customers are public banks, 35.5% are private banks and 21.5% were participation bank customers. The private sector with 35.7% and public institutions with 24.5% are the most frequently employed sectors. The highest age group rank of the participants is under 26 with 41.6% and then 26-35 age group with 27.7%.

## 5.2 Structural Equation Model Results

The SEM results obtained from the analysis performed with AMOS 22 software are presented in Table 3-4 and Figure 3. Considering the decision criterion  $\chi^2/df$  which is used for the evaluation of  $\chi^2$  value calculated for SEM, it was decided that the model variance-covariance matrix was compatible with the population variance-covariance matrix. Jöreskog and Sörbom (1993) used the  $\chi^2/df$  ratio instead of the  $\chi^2$  value to evaluate the fit of the model [6,33]. This ratio value is obtained as 2.98 and it was statistically decided that the compatibility of the data with the model is acceptable.

The goodness of fit values obtained from the analysis performed with AMOS are summarized in Table 3. Take into consideration the descriptive suitability measures  $SRMR = 0.039$  and  $RMSEA = 0.054$  which are based on the difference between the estimated covariance matrix and the sample covariance matrix of the model are evaluated, it is seen that the model provides a good fit. Other goodness of fit indices was calculated as  $CFI = 0.964$ ;  $GFI = 0.937$ ;  $AGFI = 0.918$  and  $NFI = 0.951$ . When the goodness of fit criteria are examined, it can be said that the model is within acceptable limits.

**Table 3.** Fit Index For Proposed SEM

<i>Goodness of Fit index</i>	<i>Model</i>
$\chi^2/df$	2.983
<i>RMSEA</i>	0.054
<i>SRMR</i>	0.039
<i>CFI</i>	0.964
<i>GFI</i>	0.937
<i>AGFI</i>	0.918
<i>NFI</i>	0.951

Structural Model results and Cronbach's Alpha ( $\alpha$ ) values are shown in Table 4. Cronbach's Alpha value which is a reliability measure of the factors, is "close to reliable" if it is between 0.50 and 0.60, and "very reliable" if it is between 0.60 and 0.80. As can be seen from Table 4 the Cronbach  $\alpha$  coefficient of all factors is above 0.7, it can be said that all factors are very reliable.



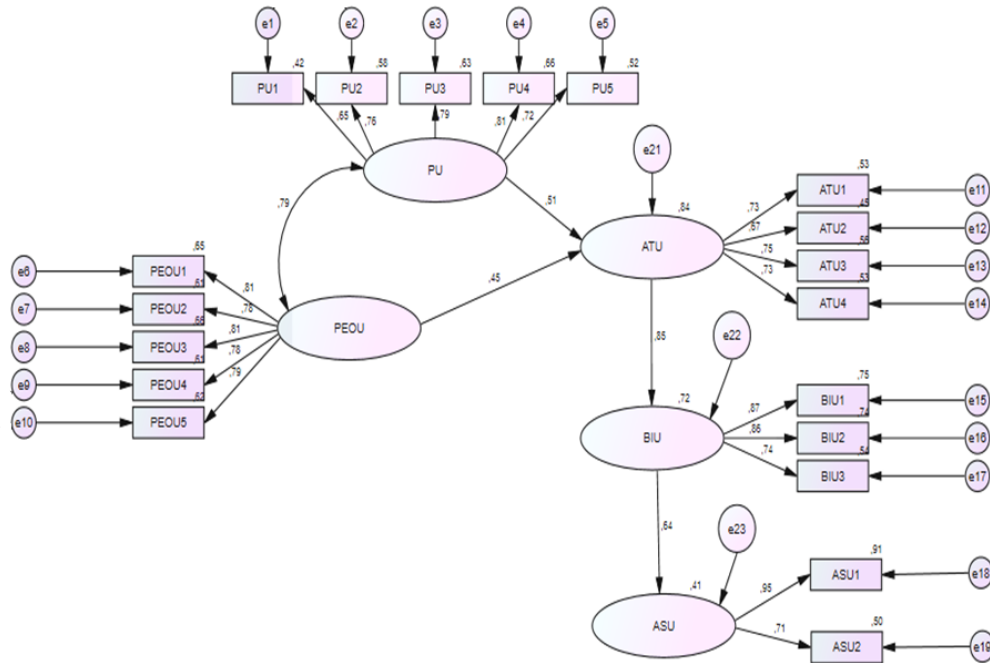


Figure 3. Structural Equation Model for Research Model TAM

Table 4. Structural Model Results for Research Model TAM

Items	Estimate	t value	Cronbach's Alpha ( $\alpha$ )	R <sup>2</sup>
<b>PU</b>			<b>0.898</b>	
<b>PU1</b>	0.649			0.421
<b>PU2</b>	0.759	20.352		0.576
<b>PU3</b>	0.795	17.303		0.632
<b>PU4</b>	0.812	17.57		0.659
<b>PU5</b>	0.723	16.095		0.523
<b>PEOU</b>			<b>0.867</b>	
<b>PEOU1</b>	0.806			0.650
<b>PEOU2</b>	0.779	22.43		0.607
<b>PEOU3</b>	0.812	23.655		0.659
<b>PEOU4</b>	0.781	22.344		0.610
<b>ATU</b>			<b>0.809</b>	
<b>ATU1</b>	0.729			0.531

<b>ATU2</b>	0.668	16.915		0.446
<b>ATU3</b>	0.747	18.974		0.558
<b>ATU4</b>	0.729	18.499		0.531
<b>BIU</b>			0.862	
<b>BIU1</b>	0.868			0.753
<b>BIU2</b>	0.863	28.278		0.745
<b>BIU3</b>	0.737	22.333		0.543
<b>ASU</b>			0.716	
<b>ASU1</b>	0.952			0.906
<b>ASU2</b>	0.710	15.308		0.504

According to Figure 3, a positive statistically significant relationship is found between PU independent latent variable and ATU dependent latent variable (0.51). This value indicates that a one-point increase in PU will lead to a 0.51 point increase in ATU, and vice versa, a decrease in PU will result in a decrease in ATU. The path coefficient value between PEOU independent latent variable and ATU dependent latent variable is 0.45. It is determined that there is a statistically significant and positive middle level relationship between these two latent variables. As a result of causal relationships between PU and PEOU exogenous latent variables and ATU endogenous latent variable, it was found that external variables explained 0.837 % of ATU.

Only the ATU latent variable has a direct effect on the BIU dependent latent variable. Relationship between these two latent variables is 0.85. ATU latent variable explained 72.3% of the BIU latent variable.

Finally, a positive middle level relationship was found between BIU and ASU latent dependent variables (0.64). The coefficient of determination for these two latent variables is 0.412.

The Structural Equation Model and  $R^2$  for the proposed Structural Equations are given in the Table 5. In the light of the findings, all research hypotheses were confirmed statistically.

**Table 5.** The Structural Equations and  $R^2$  for Proposed Structural Equation Model

<b>Structural Equations</b>	<b><math>R^2</math></b>
$ATU = 0.515 \times PU + 0.451 \times PEOU$	0.837
$BIU = 0.851 \times ATU$	0.723
$ASU = 0.642 \times BIU$	0.412

## 6. Discussion and Conclusion

In this research, it is aimed to show the effects of Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, Attitude Towards Use, Behavioral Intention to Use and Actual System Use factors on the model which determine the behavior of users related to mobile banking application covered by classical TAM model. In addition in this study, mobile banking TAM model has been tried to be created in Konya.

The first hypothesis tested in the research, "*H<sub>1</sub>: Perceived Usefulness has a positive effect on Attitude Towards Use*". This hypothesis was accepted by SEM analyze results. ( $PU \rightarrow ATU : \gamma = 0.515, t \text{ value} = 8.730, p < 0.005$ ). The Perceived Usefulness value of bank customers has a positive effect on their Attitude Towards Use value.

The second hypothesis tested in the research, "*H<sub>2</sub>: Perceived Ease Of Use has a positive effect on Attitude Towards Use*". This hypothesis was accepted by SEM analyze results ( $PEOU \rightarrow ATU : \gamma = 0.451, t \text{ value} = 8.338, p < 0.005$ ). The Perceived Ease Of Use value of bank customers has a positive effect on their Attitude Towards Use value.

The third hypothesis tested in the research, "*H<sub>3</sub>: Attitude Towards Use has a positive effect on Behavioral Intention to Use*". This hypothesis was accepted by SEM analyze results ( $ATU \rightarrow BIU : \gamma = 0.851, t \text{ value} = 18.983, p < 0.005$ ). The Attitude Towards Use value of bank customers has a positive effect on their Behavioral Intention to Use value.

The fourth hypothesis tested in the research, "*H<sub>4</sub>: Behavioral Intention to Use has a positive effect on Actual System Use*". This hypothesis was accepted by SEM analyze results ( $BIU \rightarrow ASU : \gamma = 0.642, t \text{ value} = 17.304, p < 0.005$ ). The Behavioral Intention to Use value of bank customers has a positive effect on their Actual System Use value.

Consequently, all four research hypotheses tested for the study were accepted. The results of the study are similar to the TAM models previously performed. In the light of the hypotheses results, we can be said that the adaptation of bank customers in Konya to mobile banking application technology is high. For this reason, we can be said that customers think that mobile banking technology will provide benefits (increase in performance) in their own lives. The increase in mobile banking application users in Turkey (Figure 1) is parallel with the results of our study.

The research was carried out on customers in public, private and participation banks operating in Konya with restraints by time, cost and accessibility. For this reason, researchers interested in this subject can study with larger samples and in various provinces.

## References

- [1] Luo, X., Li, H., Zhang, J., Shim, J. P. 2010. Examining multi-dimensional trust and multi-faceted risk in initial acceptance of emerging technologies: An empirical study of mobile banking services. *Decision support systems*, 49(2), 222-234.
- [2] Gu, J. C., Lee, S. C., Suh, Y. H. 2009. Determinants of behavioral intention to mobile banking. *Expert Systems with Applications*, 36(9), 11605-11616.
- [3] Chang, C. C. 2015. Exploring mobile application customer loyalty: The moderating effect of use contexts. *Telecommunications policy*, 39(8), 678-690.
- [4] Seyrek, I. H., Akşahin, A. 2016. Mobil Bankacılık Uygulamaları Kalite Faktörlerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Karşılaştırılması, *International Review of Economics and Management*, 4(3), 47-61.
- [5] Lin, H. F. 2013. Determining the relative importance of mobile banking quality factors. *Computer Standards & Interfaces* 2013, 35(2), 195-204.
- [6] Çelik H., E., Yılmaz, V., Pazarlıoğlu, V., *Technology Acceptance Model and an Application*, Finans Politik & Ekonomik Yorumlar, Vol. 47, No:540.
- [7] Davis, F.D. 1986. A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results, PhD dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- [8] Davis, F.D. 1989. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS, Quarterly*, 13(3), pp. 319-339.
- [9] Abdullah, F., Ward, R. 2016. Developing a General Extended Technology Acceptance Model for E-Learning (GETAMEL) by analyzing commonly used external factors. *Computers in Human Behavior*, 56, 238-256.
- [10] Lin, C. A., Kim, T. 2016. Predicting user response to sponsored advertising on social media via the technology acceptance model. *Computers in Human Behavior*, 64, 710-718.
- [11] Chen, C. F., Xu, X., Arpan, L. 2017. Between the technology acceptance model and sustainable energy technology acceptance model: Investigating smart meter acceptance in the United States. *Energy research & social science*, 25, 93-104.

- [12] Dumpit, D. Z., Fernandez, C. J. 2017. Analysis of the use of social media in Higher Education Institutions (HEIs) using the Technology Acceptance Model. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1), 5.
- [13] Taherdoost, H. 2018. A review of technology acceptance and adoption models and theories. *Procedia Manufacturing* 2018, 22, 960-967.
- [14] Verma, P., Sinha, N. 2018. Integrating perceived economic wellbeing to technology acceptance model: The case of mobile based agricultural extension service. *Technological Forecasting and Social Change*, 126, 207-216.
- [15] Kalyoncuoğlu, S. 2018. Tüketicilerin online alışverişlerindeki sanal kart kullanımlarının teknoloji kabul modeli ile incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(2), 193-213.
- [16] To, W. M., Tang, M. N. 2019. Computer-based course evaluation: an extended technology acceptance model. *Educational Studies*, 45(2), 131-144.
- [17] Binyamin, S. S., Rutter, M. J., Smith, S. 2019. Extending the Technology Acceptance Model to Understand Students' use of Learning Management Systems in Saudi Higher Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(3).
- [18] [https://www.tbb.org.tr/tr/banka-ve-sektor-bilgileri/istatistiki-raporlar/Dijital\\_Internet\\_ve\\_Mobil\\_Bankacilik\\_Istatistikleri/3814](https://www.tbb.org.tr/tr/banka-ve-sektor-bilgileri/istatistiki-raporlar/Dijital_Internet_ve_Mobil_Bankacilik_Istatistikleri/3814)(Access date: 30.12.2019).
- [19] Lee, W. J., Kim, T. U., Chung, J. Y. 2002. User acceptance of the mobile Internet. In *Proceedings of the First International Conference on Mobile Business*, pp. 8-9.
- [20] Lu, J., Yu, C. S., Liu, C., Yao, J. E. 2003a. Technology Acceptance Model for Wireless Internet, *Internet Research: Electronic Network Application Policy*, 13, 206-222
- [21] Lu, J., C. Liu, C.S. Yu, J.E. Yao 2003b Exploring Factors Associated with Wireless Internet Via Mobile Technology Acceptance in Mainland China, *Communications of the International Information Management Association*, 3, 101-120.
- [22] Rosenbaum, H., Kleber B. 2004. A Socio-Technical Analysis of M-Commerce in Japan: Research in Progress, *AMCIS Proceedings*, 334.
- [23] Cheong, J.H., Park M. 2005. Mobile Internet Acceptance in Korea, *Internet Research*, 15(2), 125-140.
- [24] Dai, H., Palvi, P. C. 2009. Mobile commerce adoption in China and the United States: a cross-cultural study. *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, 40(4), 43-61.
- [25] Bolat, Y. İ., Aydemir, M., Karaman, S. 2017. Uzaktan Eğitim Öğrencilerinin Öğretimsel Etkinliklerde Mobil İnternet Kullanımlarının Teknoloji Kabul Modeline Göre İncelenmesi. *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty (GUJGEF)*, 37(1)
- [26] Uğur, N., G., Turan, A., H., 2016, Mobile application Acceptance model: A scale development Study *Hacettepe Journal of Economics and Administrative Sciences*, Vol. 34, Issue 4, p. 97-125.
- [27] Pastırmacıoğlu, B., Çalışkan, S. Determining a Mobile Internet Acceptance Model of Special Education Teacher Candidates, *ijim* 2018, Vol. 12, No. 4
- [28] Çelik, H. E., Yılmaz, V. 2016. LISREL 9.1 ile yapısal eşitlik modellemesi: Temel kavramlar uygulamalar programlama. *Anı Yayıncılık*, Ankara, 261 p.
- [29] Hoyle, R. H., 1995. *Structural equation modeling: Concepts, issues, and applications*, Thousand Oaks, California: Sage Publications, 312.
- [30] Raykov, T., Marcoulides, G. A. 2006. *A first course in structural equation modeling*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [31] Çelik, H. E. 2009. Yapısal Eşitlik Modellemesi ve Bir Uygulama: Genişletilmiş Online Alışveriş Kabul Modeli, *Doktora Tezi*, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [32] Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., Müller, H. 2003. Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of psychological research online*, 8(2), 23-74.
- [33] Jöreskog, K.G., Sörbom, D. 1993. *LISREL 8 User's Reference Guide; PRELIS 2 User's Reference Guide*, Scientific Software International, Chicago

## Kuraklık Stresinin Fasulyede Bitki Gelişimi, Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi

Sima CAŞKA KILIÇASLAN<sup>1</sup>, Ertan\_YILDIRIM<sup>\*1</sup>, Melek EKİNCİ<sup>1</sup>, Raziye KUL<sup>1</sup>

<sup>\*1</sup> Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, ERZURUM

(Alınış / Received: 08.10.2020, Kabul / Accepted: 03.03.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Anahtar Kelimeler

Kuraklık stresi,  
Fasulye,  
Bitki gelişimi,  
Fizyolojik ve biyokimyasal  
tepkiler

**Öz:** Bu çalışma kuraklık stresinin fasulyede bitki gelişimi, besin maddesi içeriği ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisini belirlemek amacıyla 2019 yılında yürütülmüştür. Araştırmada, kuraklık stresinin etkisini belirlemek amacıyla 3 farklı sulama seviyesi [tam sulama (%100) (D0), tarla kapasitesinin %80'i (D1) ve %60'ı (D2)] kullanılmış ve deneme saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Araştırma sonunda, kuraklık stresinin fasulyede yaprak alanı, yaprak-gövde-kök yaş ağırlığı ile yaprak-gövde-kök kuru ağırlığına olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. % 60 sulama seviyesinde yaprak yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığının % 100 sulama seviyesine göre sırasıyla % 17, 33, 55, 57, 60 ve 52 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Elektriksel iletkenlik (EC) kuraklık stresi ile artarken, doku oransal su içeriği (DOSİ) azalmıştır. Çalışmada, % 80 sulama seviyesinde yapraklarda peroksidaz (POD), katalaz (CAT) ve süperoksitdismutaz (SOD) aktivitesi tam sulamaya göre artış gösterirken % 60 seviyesinde önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Kuraklık stresi ayrıca fasulyede incelenen organlarda bitki besin elementi içeriğini azaltmış, buna karşın hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), malondialdehide (MDA), prolin ve sakkaroz içeriğini artırmıştır.

## The Effect of Drought Stress on Plant Growth, Some Physiological and Biochemical Properties of Bean

### Keywords

Drought stress,  
Bean,  
Plant growth,  
Physiological and biochemical  
responses

**Abstract:** The aim of this study to determine the effects of drought stress on plant growth, nutrient content and some physiological and biochemical properties in bean. 3 different irrigation levels ((100%) (D0), 80% (D1) and 60% (D2) of the field capacity) were used. In this study, it was determined that drought stress had negative effects on leaf area, leaf-stem-root fresh weight and leaf-stem-root dry weight. Leaf fresh weight, stem fresh weight, root fresh weight, leaf dry weight, stem dry weight and root dry weight in 60% irrigation level decreased by 17, 33, 55, 57, 60 and 52%, respectively, compared to 100% irrigation level. Electrical conductivity (EC) increased with drought stress, while tissue water content decreased (DOSİ). In the study, peroxidase (POD), catalase (CAT) and superoxidisedismutase (SOD) activity in leaves increased at 80% irrigation level, while it was found to decrease significantly at 60%. Drought stress also decreased the plant nutrient content in investigated organs. However, it increased hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), melondialdehide (MDA), proline and sucrose content.

\*İlgili Yazar, email: ertanyil@atauni.edu.tr

## 1. Giriş

Bitkiler yaşamlarını devam ettikleri alanlarda, gelişimlerini engelleyici çeşitli olumsuz faktörlere maruz kalmaktadırlar [1]. Bitkinin yaşadığı ortamda bir veya daha fazla faktörün, büyüme ve gelişmeyi olumsuz şekilde etkileyerek ürün kalitesi, miktar ve verimde azalışa neden olmasına “stres” denilmektedir [2]. Stres faktörleri biyotik ve abiyotik olmak üzere iki şekilde sınıflandırılmaktadır. Patojenler, hastalık etmenleri ve mikroorganizmalar gibi faktörler biyotik stres faktörlerini meydana getirirken; kuraklık, tuzluluk, yüksek veya düşük sıcaklık, ağır metal kirliliği, su fazlalığı ise abiyotik stres faktörlerini oluşturmaktadır. Dünyada bitkisel üretimini kısıtlayan abiyotik stres faktörleri yetiştiricilikte bitkinin optimum ürün potansiyeline ulaşmasını engellemektedir. Tarımsal üretimde yaşanan verim kayıplarının sebebi %71 oranında abiyotik, %29 oranında ise diğer stres faktörlerine dayandırılmaktadır [3].

Dünya üzerinde karasal alanların %30'u kurak veya yarı kurak olarak ifade edilir. Daha da önemlisi dünya üzerindeki bitkisel üretiminin yapıldığı sulak arazilerin büyük bir kısmında da şiddetli kuraklık görülmektedir. Kuraklık stresi bitkinin dokularında su veya turgor potansiyelini optimum gelişmeyi olumsuz etkileyecek seviyelere düşürmesi olarak ifade edilir [4]. Hava sıcaklığındaki ani artış ya da nemde hızlı bir azalışın gerçekleşmesiyle bitkilerde akut susuzluk oluşur [5]. Kuraklık stresi bitkilerde vejetatif büyüme, verim, su ilişkileri ve fotosentezi etkilemektedir [6]. Hücrede veya bitki içerisinde oluşan metabolik ve fizyolojik her bir faktörün su stresinden etkilenmeye başladığı kuraklık seviyesi değeri farklılık gösterir [7]. Kuraklığın ilk olarak bitki gelişiminde sorun oluşturduğu safha çimlenme safhasıdır [8]. Toprağa ekilen tohum topraktan ihtiyacı olan suyu alamadığı durumlarda çimlenme olmamaktadır [9].

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), ülkemizin hemen her kesiminde kuru tane ya da taze amaçlı yetiştirilebilen ve genellikle de Karadeniz Bölgesi'nde geniş yayılım göstermiş bir baklagil bitkisidir. Tanelerinde yer alan yüksek protein (% 22.6), karbonhidrat (% 56), mineral madde ve vitaminlerce zenginliği kuru fasulyenin dünyada ve ülkemizde önemini artırmıştır. Fasulyenin ayrıca insülinin yapısında bulunan phasol ve phsolin adlı maddeleri içermesi sebebiyle, kan şekerini düşürücü etkisinin de bulunduğu ifade edilmektedir [10].

Dünyada fasulye üretiminin yarıdan fazlası kurak şartlarda yapılmaktadır [11]. Son yıllarda küresel ısınmayla beraber yaşanan kuraklık bitkisel üretimde önemli seviyelerde tehlike oluşturmaktadır. Daha önceki araştırma sonuçları, kuraklığa maruz kalan bitkilerdeki toleransın artırılmasında, bitkide meydana gelen biyokimyasal ve fizyolojik değişimler, iyon birikimindeki değişimler ve antioksidatif savunma mekanizmalarının indüklenmesinin etkili olduğu ifade edilmektedir [12]. Yapılan çalışmalar kuraklık stresinin fasulyede bitki gelişimini, fotosentetik aktiviteyi, stomatal iletkenliği, klorofil miktarını, azot ve protein içeriğini, bitki besin elementi içeriği, verim ve kaliteyi olumsuz etkilediğini göstermiştir [13, 14, 15, 16, 17, 18]. Fasulyenin kuraklık stresine karşı bitki gelişimi, verim, fizyolojisi ve biyokimyasal tepkileri ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Bununla birlikte kuraklığa karşı fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerinin ayrıntılı olarak yapıldığı çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışma, farklı seviyede sulama uygulamalarının fasulyede bitki gelişimi, yaprak, gövde ve kökte bitki besin maddesi içeriği, fizyolojik (DOSİ, EC) ve biyokimyasal (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, MDA, prolin ve sakaroz, CAT, POD, SOD) özelliklerini belirlemek amacıyla kontrollü sera şartlarında saksı denemesi şeklinde yapılmıştır

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Denemenin Kurulması

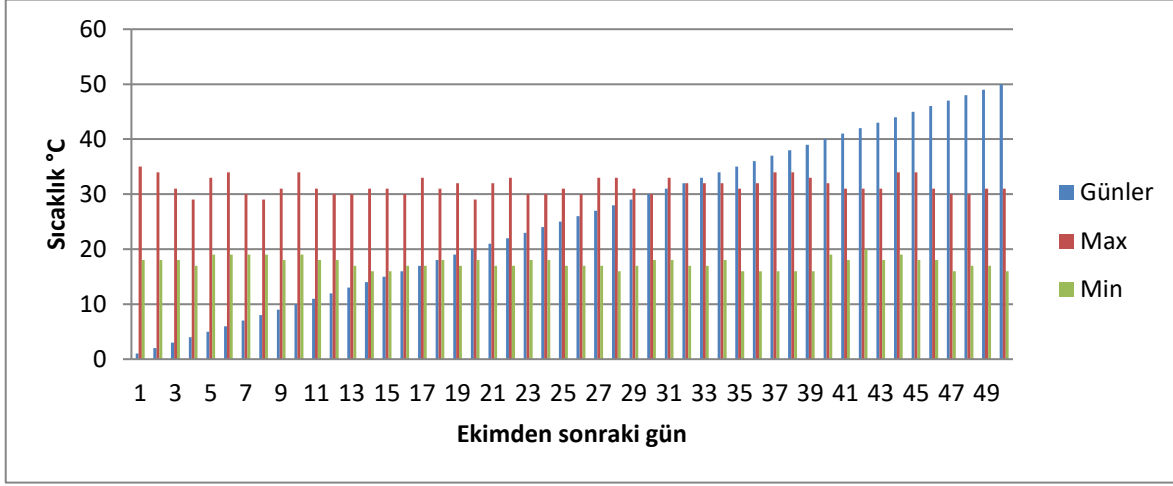
Bu araştırma 2019 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü sera ve laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırmada bitkisel materyal olarak ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan Gina fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşidi kullanılmıştır. Saksılar 2:1:1 (v:v:v) oranında toprak:kum:torf karıştırılarak hacim ağırlığı yaklaşık 3.170 g/cm<sup>3</sup> olacak şekilde hazırlanmış ortamla doldurulmuştur. Saksılar serada tezgâhlar üzerine rastgele dağıtılmıştır. Tohumlar, 17.12.2018 tarihinde ekilmiş ve can suyu verilmiştir. Her saksıya üç tohum ekilmiş ve çıkış yapan sağlıklı bir fide bırakılmıştır. Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü kurulmuştur. Buna göre her tekerrürde 10 saksı (bitki) olacak şekilde toplamda (3 kuraklık seviyesi X 3 tekerrür X 10 saksı) 90 saksı (bitki) ile çalışılmıştır.

### 2.2. Kuraklık Uygulamaları

Bitkilere verilecek sulama suyu miktarı, saksılardaki nem miktarının taşınabilir nem ölçer (HH2 Moisture Meter, WET Sensor, Delta-T Devices, Cambridge, England) ile hacim esaslı olarak hesaplanmıştır. Planlı sulamalara çıkıştan 10 gün sonra başlanmıştır. Sulamayı uygulayabilmek için öncelikle kullanılacak nem ölçerin denemede kullanılan toprak materyaline göre kalibrasyonu yapıldıktan sonra ortamın tarla kapasitesinde tuttuğu hacimsel

nem miktarı belirlenmiştir. Yapılan her sulama uygulamasında tam sulama (%100) yapılan kontrol konusuna (D0) eksilen toprak nemi tekrar tarla kapasitesine ulaşacak şekilde sulama suyu verilmiştir. Kuraklık etkilerinin görülmesi amaçlanan diğer iki konuda tarla kapasitesinin %80 (D1) ve %60'ı (D2) miktarında sulama yapılmıştır.

Sera içi sıcaklık ölçümü günlük olarak yapılmış ve ortalama minimum sıcaklık 17,5°C ve ortalama maksimum sıcaklık 31,6°C olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Deneme boyunca sera içerisinde ölçülen günlük en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri

### 2.3. Deneme Süresince Yapılan Ölçümler

**Yaş ve kuru ağırlık:** Tohum ekiminden 50 gün sonra bitkiler (her tekerrürden 10 bitki), çiçeklenme aşamasına geldiğinde toprak yüzeyinden kesilerek toprak üstü (yaprak, gövde) yaş ve kuru ağırlığı ile köklerde yaş ve kuru ağırlığı belirlenmiştir. Bitki örneklerinden ayrıca, biyokimyasal analizlerde kullanılmak üzere -80 °C'ye ayarlanmış derin dondurucuya konulmuştur.

#### Yaprak Alanı

Deneme sonunda, uygulamadaki bitkilerin yaprak alanları yaprak alan ölçer (CID-202 Portable Laser Leaf Area Meter by CID Bio-Science, Inc. 1554 NE 3rd Avenue Camas, WA, USA) kullanılarak belirlenmiştir.

#### Doku Elektriksel İletkenliği (EC) (%)

Bitkide oluşan stresle beraber yaprak dokularında ve özellikle hücre zarlarında oluşan hasarın bir belirtisi de yaş yaprak dokularındaki elektriksel iletkenliğin artmasıdır. Bu amaçla doku elektriksel iletkenliği (EC) Kaya *et al.* [19]'da belirtilen metoda göre ölçülmüştür.

#### Doku Oransal Su İçeriği (DOSİ)

Tesadüfen seçilen 2 bitkiden alınan yaprak diskleri (1 cm çapında) hemen tartılmış ve böylece taze ağırlıkları tespit edilmiştir (TA). Tartıldıktan sonra diskler içerisinde bir miktar saf su bulunan petri kaplarının içerisinde konularak 5 saat boyunca bekletilerek ve sonra disklerin üzerindeki fazla su kurutma kâğıdı yardımıyla silinerek tekrar tartılarak ve turgorlu ağırlıkları tespit edilmiştir (TU). Daha sonra bu diskler, petrilerin içerisinde konularak 72 °C'ye ayarlanmış olan etüvde 48 saat boyunca kurutularak yeniden tartılarak ve kuru ağırlıkları tespit edilmiştir (KA). Doku su içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır [19].

$$DOSİ = [(TA - KA) / (TU - KA)] \times 100$$

#### Azot Tayini

Her tekerrürden tesadüfen alınan örnekler 70 °C'de kurutma fırınında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup, 1 mm'lik elekten geçebilecek incelikte öğütülerek, bitki besin elementleri analizleri için hazır hale getirilmiştir. Örneklerin (1 g) azot içeriği salisilik + sülfürik asit + tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir [20].

## 2. 8. Diğer Besin Elementlerinin Tayini (P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, B)

Kurutulmuş ve öğütülmüş bitki örneklerinin (1 g) P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe ve B içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile tabi tutulduktan [21] sonra ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) okunmak suretiyle belirlenmiştir [22].

### Bitkilerde Antioksidan Enzimler (Peroksidaz, Katalaz, Süperoksitdismutaz)'in Ekstraksiyonu

Enzimlerin ekstraksiyonu için, taze bitki yapraklarından 0,5 g alınarak havan içine konulup üzerine sıvı azot ilave edilerek toz haline gelinceye kadar öğütülmüştür. Sonra üzerine 5 ml soğuk homojenat tamponu (% 1 PVP ve 1 mM EDTA ihtiva eden 0,1 M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> pH: 7,0) ilave edilerek ve karışım bir santrifüj tüpüne aktarılmış 15000xg ve +4 °C' de 15 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonucunda elde edilen süpernatant antioksidan enzimlerin aktivite ölçümleri için kaynak olarak kullanılmıştır [23, 24].

### Katalaz (CAT - EC: 1.11.1.6) aktivitesinin belirlenmesi

Katalaz (CAT) aktivite tayini Havir ve Mchale [25]'e göre yapılmış, g yaprak başına düşen enzim ünitesi (EU/g yaprak) olarak hesaplanmıştır [26].

### Peroksidaz (POD - EC: 1.11.1.7) Aktivitesinin Belirlenmesi

Peroksidaz (POD) aktivite tayini Angelini *et al.* [23] 'e göre yapılmış, g yaprak başına düşen enzim ünitesi (EU/g yaprak) olarak ifade edilmiştir [26].

### Süperoksit Dismutaz (SOD - EC: 1.15.1.1) Aktivitesinin Belirlenmesi

Süperoksit dismutaz (SOD) aktivite tayini Agarwal and Pandey [27] ve Yordanova *et al.* [28]'e göre yapılmıştır.

### Hidrojen Peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) Analizi

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> analizi Özden *et al.* [29]'da verilen yöntem esas alınarak yapılmıştır.

### Lipid Peroksidasyon (malondialdehyde-MDA) Analizi

Lipid peroksidasyon (malondialdehyde -MDA) analizi Zhang *et al.* [30]'a göre yapılmıştır.

### Prolin Analizi

Bates *et al.* [31]'nın kullandığı yöntem esas alınarak yapılmıştır.

### Sakkaroz Analizi

Kurutulmuş ve öğütülmüş fidelerde sakkaroz içeriğinin hesaplanması Morris [32]'in önerdiği metoda göre yapılmıştır.

## 2.4. İstatiksel Analizler

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü kurulmuştur. Deneme sonucunda elde edilen veriler SPSS 18 paket programı yardımıyla varyans analizine tabi tutularak, ortalamalara ait farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir [33].

## 3. Bulgular

### 3.1. Kuraklık Stresinin Fasulyede Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

Kuraklığın fasulye bitkisinde yaprak alanı, yaprak, gövde ve kök yaş ağırlığı ile yaprak, gövde ve kök kuru ağırlığı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1).



Su kısıtının olduğu uygulamalar incelenen parametreleri olumsuz etkilemiştir. Kurak koşullarda fasulye bitkisinde en fazla yaş ve kuru ağırlık ile yaprak alanında azalma %60 sulamada ortaya çıkmıştır. % 60 sulama seviyesinde yaprak yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığının % 100 sulama seviyesine göre sırasıyla % 17, 33, 55, 57, 60 ve 52 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

**Tablo.1.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulyede bitki gelişimi

Sulama seviyesi	Yaprak alanı	Yaprak yaş ağırlığı	Gövde yaş ağırlığı	Kök yaş ağırlığı	Yaprak kuru ağırlığı	Gövde kuru ağırlığı	Kök kuru ağırlığı
(%)	(cm <sup>2</sup> )	(g)					
100	209 a***	6,24 a***	3,20 a***	2,71 a***	1,85 a***	1,17 a***	0,58 a***
80	202 a	5,80 b	2,66 b	1,98 b	1,04 b	0,59 b	0,35 b
60	171b	5,18 c	2,15 c	1,22 c	0,79 c	0,47 c	0,28 c

\*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

### 3.2. Kuraklık Stresinin Fasulyede EC, DOSİ, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, MDA, Prolin ve Sakkaroz İçeriği Üzerine Etkisi

Kuraklığın fasulye bitkisinde EC, DOSİ, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, MDA, prolin ve sakkaroz üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2). Su kısıtı fasulyede EC değerini artırırken, DOSİ değerinde azalmaya yol açmıştır. Denemede kuraklık uygulamasının fasulye bitkisinde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, MDA, prolin ve sakkaroz içeriğini istatistiksel anlamda önemli düzeyde artırdığı saptanmıştır. En yüksek EC, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ve sakkaroz miktarı %60 sulama seviyesinde bulunmuştur. DOSİ değerinde tersine bir durum söz konusu olup en düşük değer %60 sulama seviyesinde belirlenmiştir. Prolin miktarı en yüksek %80 sulama seviyesinde meydana gelmiştir. MDA içeriği bakımından %60 ve %80 sulama seviyeleri arasında istatistiksel anlamda farklılık bulunmamıştır.

**Tablo 2.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulyede EC, DOSİ, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, MDA, prolin ve sakkaroz içeriği

Sulama seviyesi	EC	DOSİ	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	MDA	Prolin	Sakkaroz
(%)	(%)	(%)	(mmol g <sup>-1</sup> )	(nmol g <sup>-1</sup> )	(µg g <sup>-1</sup> )	(%)
100	14,37 c***	71,95 a***	13,96 c***	9,29 b***	0,06 c**	1,01 c***
80	23,89 b	56,66 b	16,39 b	10,79 a	0,12 a	1,06 b
60	39,47 a	46,32 c	19,46 a	11,07 a	0,09 b	1,14 a

\*\* :p<0,01, \*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur

### 3.3. Kuraklık Stresinin Fasulyede CAT, POD ve SOD Aktivitesi Üzerine Etkisi

Çalışmamızda farklı sulama seviyesi uygulamalarının fasulye bitkisinde yaprakta CAT, POD ve SOD aktivitesi üzerine istatistiksel anlamda etki gösterdiği tespit edilmiştir. Her üç enzim aktivitesi de kontrole (%100) göre %80 sulama seviyesinde artmış, %60 seviyesinde azalmıştır (Tablo 3).

**Tablo 3.** Kuraklık stresi koşulu altında fasulye bitkisinde CAT, POD ve SOD içeriği

Sulama seviyesi	CAT	POD	SOD
(%)	(EU gr/yaprak)		
100	211 b***	12417 b***	851 b***
80	225 a	12479 a	883 a
60	192 c	10713 c	641 c

\*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

### 3.4. Kuraklık Stresinin Fasulyede Yaprak, Gövde ve Kökte Bitki Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi

Kuraklık stresinin fasulye bitkisinde yaprak, gövde ve kökte bitki besin elementi içeriğini önemli derecede etkilediği ve fasulyede yaprak, gövde ve kökte N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe ve B içeriğini önemli düzeyde azalttığı belirlenmiştir (Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6). Yaprak, gövde ve kökte N içeriği sulama seviyesindeki azalmaya paralel olarak önemli düzeyde azalmıştır. İncelenen organlarda P içeriği %80 sulama seviyesinde % 100 sulama seviyesine göre azalmış ancak % 60 seviyesinde istatistiksel anlamda daha fazla azalma göstermemiştir. Potasyum ve Ca içeriği ise % 60 sulama seviyesinde önemli düzeyde azalma göstermiştir. Magnezyum, S, Mn, Fe ve B içeriklerinin N içeriğinde olduğu gibi sulama seviyesindeki azalmaya paralel olarak azaldığı tespit edilmiştir.

**Tablo 4.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde yaprak N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, B içeriği

Sulama seviyesi	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	B
(%)	(%)	(mg/kg)							
100	3,07a***	0,32a***	2,27a***	1,29a*	0,33 a***	0,21a***	32,00a***	96,67a***	11,67a***
80	2,83 b	0,29 b	2,23 a	1,29 a	0,27 b	0,17 b	29,33 b	84,67 b	7,67 b
60	2,48 c	0,28 b	1,80 b	1,26 b	0,24 c	0,15 c	24,33 c	75,33 c	5,67 c

\*:p<0,05, \*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

**Tablo 5.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde gövde N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, B içeriği

Sulama seviyesi	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	B
(%)	(%)	(mg/kg)							
100	2,47a***	0,28a***	1,92a***	1,11a***	0,27a***	0,18a***	26,51a***	83,43a***	9,94a***
80	2,27 b	0,25 b	1,91 a	1,11 a	0,23 b	0,15 b	23,91 b	72,91 b	6,70 b
60	2,05 c	0,24 b	1,57 b	1,03 b	0,19 c	0,13 c	20,30 c	64,59 c	5,27 c

\*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

**Tablo 6.** Kuraklık stresi koşulları altında fasulye bitkisinde kök N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, B içeriği

Sulama seviyesi	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	B
(%)	(%)	(mg/kg)							
100	1,37a**	0,14a**	0,99a***	0,58a*	0,15a***	0,09a***	14,60a***	42,76a***	4,77a***
80	1,26 b	0,13 b	1,00 a	0,58 a	0,13 b	0,08 b	13,09 b	37,98 b	3,54 b
60	1,12 c	0,12 b	0,81 b	0,57 b	0,11 c	0,06 c	10,55 c	33,69 c	2,71 c

\*:p<0,05, \*\*:p<0,01, \*\*\*:p<0,001, aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmamızda su kısıtı koşullarının fasulyede bitki gelişimini olumsuz etkilediği belirlenmiştir (Tablo 1). Benzer şekilde, yapılan çalışmalar marul, hıyar, domates ve farklı birçok sebze türünde kuraklığın bitkilerde bitki gelişimi, verim, fizyolojik ve biyokimyasal olaylar üzerine olumsuz etki yaptığını göstermiştir [34, 35, 36, 37]. Yürütülen bir çalışmada, kurak koşulların fasulyede kuru madde üretimini, yaprak alan indeksini, bitki başına tohum verimi, bin tane ağırlığını ve verimi olumsuz etkilediği bildirilmiştir. Aynı çalışmada kuraklık stresi altında fasulye bitkilerinin fotosentez hızı, stomatal iletkenlik ve transpirasyon hızının olumsuz etkilendiği bildirilmiştir [16]. Ghanbari et al. [17] su kısıtı uygulamalarının fasulyede N ve prolin içeriğini artırdığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde kuraklık stresinin fasulyede bitki yüksekliği, yaprak sayısı, yaprak alanı, bakla sayısı ve kuru madde miktarını olumsuz etkilediği rapor edilmiştir [15]. Çalışmamızdan elde edilen bulgular önceki araştırmacıların bulgularıyla paralellik göstermektedir. Kuraklık stresi altında büyümesini tamamlamış bitkiler su stresi altında olmayanlara göre daha düşük bir biyomasa sahiptirler [38]. Su kısıtından kaynaklanan verim azalışından üç ana mekanizma sorumludur; (i) fotosentetik olarak aktif radyasyonun kanopi absorpsiyonunu azaltması, (ii) radyasyon kullanım verimliliğini azaltma ve (iii) hasat indeksini azaltma [39].

Kuraklık stresi fasulyede DOSİ değerlerinin kontrol uygulamasına göre istatistiksel anlamda azalmasına neden olurken, elektriksel iletkenliği (EC) artırdığı ortaya konulmuştur (Tablo 2). Biyolojik hücre zarlarının birçok abiyotik stres için ilk hedef olduğu bildirilmektedir. Bitkilerde kuraklığa toleransın önemli bir göstergesi hücre zarının bütünlüğü ve stabilitesidir. Yapılan çalışmalarda kuraklık stresinin birçok bitki türünde hücre zarı bütünlüğünü bozduğu tespit edilmiştir [40, 41, 42]. Bitkiler kuraklık stresine maruz kaldıklarında reaktif oksijen türleri üretirler ve bu durum hücre zarı bileşenlerinin bozulmasına yol açar [43]. Kuraklık stresi sonucunda ortaya çıkan oksidatif zararlanma hücre zarında lipid peroksidasyonuna neden olmakta ve bu da zar geçirgenliğini bozarak hücre ölümüne neden olmaktadır [44].

Araştırmada, su kısıtı koşullarının fasulyede H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, MDA, prolin ve sakkaroz içeriğinde artışa yol açtığı tespit edilmiştir (Tablo 2). Bitkilerin belirli çevresel streslere maruz kalması, sıklıkla, süperoksit anyon radikalleri (O<sub>2</sub>), hidroksil radikalleri (OH), hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), alkoksi radikalleri (RO) ve tekli oksijen (O<sub>12</sub>) dahil olmak üzere reaktif oksijen türlerinin bitki dokularında birikmesine yol açmaktadır [45]. Oksidatif stres sonucu oluşan serbest radikallere bağlı olarak hücre zarındaki lipidler peroksidasyona uğramakta ve bunun son ürünü olarak malondialdehide (MDA) ortaya çıkmaktadır [46]. Araştırmacılar, üretimi stres koşulları altında stimüle edilen

reaktif oksijen türlerinin zararlı etkilerini rapor etmişlerdir [44]. Reaktif oksijen türlerinin, lipid peroksidasyonuna ve bunun sonucu olarak hücre zarı yaralanmalarına, protein bozulmasına ve enzim etkisizleşmesine neden olduğu bildirilmektedir [46]. Prolin ve sakkaroz gibi organik osmolitler bitkilerin stres toleransını arttırdığı bildirilmiştir. Çalışmamızda da kuraklık stresi koşullarında her iki osmolitin önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir. Bu durum bitkinin kurak koşullarına adaptasyon sağlamaya çalışmasının göstergesi olabilir. Nitekim, Ghanbari et al. [17] kurak koşullarda yetiştirilen fasulyede prolin miktarındaki artışın kuraklığa toleransın ve kuraklıktan kaçınmanın etkili bir mekanizması olabileceği rapor etmişlerdir.

Çalışmada, CAT, POD ve SOD aktivitesi de kontrole (%100) göre %80 sulama seviyesinde arttığı, %60 seviyesinde azaldığı belirlenmiştir (Tablo 3). Kuraklık stresine maruz kalan birçok bitkide reaktif oksijen türlerine karşı savunmada enzimatik antioksidan mekanizmanın önemli rol oynadığına dair pek çok çalışma bulunmaktadır [47]. Bitkiler SOD, CAT, POD, APX ve GR'dan oluşan enzimatik antioksidan koruyucu sistemler ile strese karşı mücadele etmektedirler. Enzimatik olmayan antioksidan moleküllerin temel görevi fotosentetik hücre zarının korunması iken, enzimatik antioksidan moleküller ise reaktif oksijen bileşiklerini indirgeyerek birikimlerini engellemektedirler [48, 49]. CAT, hidrojen peroksitin su ve oksijene indirgenmesini sağlayarak oluşan oksidatif hasarın önlenmesine yardımcı olan en önemli enzimdir [50]. Sankar et al. [51], tepary fasulyesinde (*Phaseolus acutifolius*), Wang [52], çilekte (*Fragaria vesca*) kuraklık uygulamasının CAT aktivitesinde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Denemede, su kısıtı uygulamalarının fasulyede yaprak, gövde ve kökte N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe ve B içeriğini önemli düzeyde etkilediği ve genellikle azalmalarına neden olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6). Kuraklık şartlarında su mevcudiyetinin azalması, genel olarak sınırlı miktarda besin alımı ve bunların bitkilerde azalan doku konsantrasyonları ile sonuçlanır. Su açığının önemli bir etkisi kök tarafından besin maddelerinin edinimi ve sürgünlere taşınmasıdır. İnorganik besin maddelerinin absorpsiyonundaki azalma, transpirasyondaki azalma ve besin alımındaki bozulmadan kaynaklanabilir [53, 54]. Bununla birlikte, bir türün çeşitleri ve genotiplerinin kuraklık stresi altındaki mineral alımına verdikleri tepki değişebilmektedir. Genel olarak, nem stresi N miktarında artışa, fosfor miktarında ise düşüşe neden olur ve K üzerinde kesin bir etki yaratmaz [47]. Çalışmamızda, incelenen her üç bitki organında da N miktarı su kısıntısındaki artışa ters olarak azalmıştır. K içeriği % 80 sulama seviyesinde bir değişiklik göstermezken % 60 seviyesinde kontrol uygulamasına göre azaldığı tespit edilmiştir. Fosfor içeriği her üç organda da kontrole göre su kısıtı koşullarında önemli seviyede azalma göstermiştir. Kuraklığın bitki beslenmesi üzerindeki etkisi  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ve  $\text{SO}_4^{2-}$  asimilasyonu için sınırlı enerji mevcudiyeti ile ilgili olabilir: bu iyonlar bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için kullanılmadan önce enerjiye bağlı proseslerde dönüştürülmeleri gerekir [55].

Kurak koşulların fasulyede bitki gelişimi, verim ve diğer bazı özellikleri üzerine yapılan çalışmalar bulunmakla birlikte, çalışmamızda incelenen parametrelerin birlikte incelendiği araştırmalar sınırlıdır. Çalışmamızda bitki organlarında bitki besin maddesi içeriği ayrı ayrı incelenmiş yine kuraklık stresine tolerans sağlamada etkili olabilecek ve bu tip çalışmalarda en çok kullanılan biyokimyasal markırlar olan prolin ve sakkaroz içeriği ile antioksidan enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışmamızda, farklı sulama seviyesi koşullarında yetiştirilen fasulyede, kurak koşullara adaptasyon sağlamak için test bitkisinde özellikle prolin ve sakkaroz içeriğinin arttığı ve antioksidan enzimlerin önce artış sonra azalma gösterdiği saptanmıştır. Çalışma sonuçlarının verim verilerinin elde edileceği tarla koşullarında test edilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

## Kaynakça

- [1] Gürel, A., Avcıoğlu, R. 2001. Bitkilerde Abiyotik Stres Faktörlerine Dayanıklılık Mekanizmaları. Bitki Biyoteknolojisi, Genetik Mühendisliği, SÜ Vakfı Yayınları, İzmir, (2001), 288-326.
- [2] Wang, W. X., Vinocur, B., Shoseyov, O., Altman, A. 2000. Biotechnology of Plant Osmotic Stress Tolerance Physiological and Molecular Considerations. IV International Symposium on In Vitro Culture and Horticultural Breeding, Tampere, Finland, 2-7 July, 560 (2000), 285-292.
- [3] Boyer, J. S. 1982. Plant Productivity and Environment Potential for Increasing Crop Plant Productivity, Genotypic Selection. Science, 218 (1982), 443-448.
- [4] Kramer, P. J. 1980. Water Relations in Plants. Academic Press, NY, USA, 495p.
- [5] Yağmur, Y. 2008. Farklı asma (*Vitis vinifera* L.) çeşitlerinin kuraklık stresine karşı bazı fizyolojik ve biyokimyasal tolerans parametrelerinin araştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108s, İzmir.
- [6] Farooq, M., Wahid, A., Kaboyashi, N., Fujita, D., Basra, S. M. A. 2009. Plant Drought Stress: Effect, Mechanisms and Management. Agronomy of Sustainable Development, 29 (2009), 185-212.

- [7] Taiz, L., Zeiger E. 2006. Plant Physiology. 4th Ed. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts, 700p.
- [8] Harris, D., Tripathi, R. S., Joshi, A. 2002. On-farm seed priming to improve crop establishment and yield in dry direct-seeded rice. Direct seeding: Research Strategies and Opportunities, International Research Institute, Manila, Philippines, (2002), 231-240.
- [9] Okçu, G., Kaya, M. D., Atak, M. 2005. Effect of Salt and Drought Stresses on Germination and Seedling Growth of Pea (*Pisum sativum* L.), Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29 (2005), 237-242.
- [10] Şalk, A., Arın, L., Devenci, M. ve Polat, S. 2008, Özel Sebzeçilik, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 184s, Tekirdağ.
- [11] Graham, P. H., Ranalli, P. 1997. Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Research, 53 (1997), 131-146.
- [12] Türkan, G., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H. 2005. Differential Responses of Lipid Peroxidation and Antioxidants in The Leaves of Drought-Tolerant *P. acutifolius* Gray and Drought-Sensitive *P. vulgaris* L. Subjected to Polyethylene Glycol Mediated Water Stress, Plant Science, 168 (2005), 223-231.
- [13] Smith, M.R., Veneklaas, E., Polania, J., Rao, I.M., Beebe, S.E., Merchant, A., 2019. Field drought conditions impact yield but not nutritional quality of the seed in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). PLoS ONE 14(6) (2019), e0217099. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217099>
- [14] Beshir, H.M., Bueckert, R., Taran, B., 2016. Effect of Temporary Drought at Different Growth Stages on Snap Bean Pod Quality and Yield. African Crop Science Journal, 24 (3) (2016), 317 – 330.
- [15] Emam, Y., Shekoofa, A., Salehi, F., Jalali, A.H., Pessarakli, M., 2012. Drought Stress Effects on Two Common Bean Cultivars with Contrasting Growth Habits. Archives of Agronomy and Soil Science, 58:5 (2012), 527-534. DOI: 10.1080/03650340.2010.530256
- [16] Mathoboa, R., Maraisa, D., Steyn, J.M., 2017. The effect of Drought Stress on Yield, Leaf Gaseous Exchange and Chlorophyll Fluorescence of Dry Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultural Water Management 180 (2017) 118-125.
- [17] Ghanbari, A.A., Mousavi, S.H., Gorji, A.M., Rao, I., 2013. Effects of Water Stress on Leaves and Seeds of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Turkish Journal of Field Crops. (2013), 18(1), 73-77.
- [18] Gonçalves, J.G.R., de Andrade, E.R., da Silva, D.A., Esteves, J.A.F., Chiorato, A.F., Carbonell, S.A.M., 2019. Drought tolerance evaluated in common bean genotypes. Ciência e Agrotecnologia, 43:e001719, (2019) <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054201943001719>
- [19] Kaya, C., Ak, B.E., Higgs, D. 2003. Response of Salt-Stressed Strawberry Plants to Supplementary Calcium Nitrate and/or Potassium Nitrate. Journal of Plant Nutrition, 26 (2003), 543-560.
- [20] Bremner, I., Mulvaney, C. 1982. Nitrogen-total. In: A. Page, R. Miller, and D. Keeney (eds.), *Methods of soil analysis, part 2, chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 595-624.
- [21] Mertens, D. 2005a. AOAC Official Method 922.02. Plants Preparation of Laboratory Sample. Official Methods of Analysis, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp1-2, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland, USA 20877-2417.
- [22] Mertens, D. 2005b. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. Official Methods of Analysis, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 3-4, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland, USA, 20877-2417,.
- [23] Angelini, R., Manes, F., Federico, R. 1990. Spatial a Functional Correlation Between Ddaimine- Oxsidase and Peroxidase Activities and Their Dependence Upon De-etilation and Wounding in Chickpea. Planta, 182 (1990), 89-96.
- [24] Angelini, R., Federico, R. 1989. Histochemical Evidence of Polyamine oxidation and generation of hydrogen peroxide in the cell Wall. Journal of Plant Physiology, 135 (1989), 212-217.
- [25] Havir, E.A. Mchale, N.A. 1987. Biochemical and Developmental Characterization of Multiple Forms of Catalase in Tobacco Leaves. Plant Physiology, 84 (1987), 1291-1294.
- [26] Gong, Y., Toivonen, P.M.A., Lau, O.L., Wiersma, P.A. 2001. Antioxidant System Level in 'Braeburn' Apple is Related to its Browning Disorder. Botanical Bulletin of the Academia Sinica (Taipei), 42 (2001), 259-264.
- [27] Agarwal, S., Pandey, V. 2004. Antioxidant Enzyme Response to NaCl Stress in *Cassia angustifolia*. Biologia Plantarum, 48(4) (2004), 555-560.

- [28] Yordanova, R.Y., Christov K.N. and Popova L.P. 2004. Antioxidative Enzymes in Barley Plants Subjected to Soil Flooding. *Environmental and Experimental Botany*, 51 (2004), 93-101.
- [29] Özden, D.M., Dusun, H. ve Sevinç, A. N.,2000. The Land Resources of Turkey and Activities of General Directorate Services. *Proceeding of International Symposium on Desertification*, 13-17 June, Konya/Turkey.
- [30] Zhang, J. H., Huang, W. D., Liu, Y. P., Pan, Q. H.,2005. Effects of Temperature Acclimation Pretreatment on the Ultrastructure of Mesophyll Cells in Young Grape Plants (*Vitis vinifera* L. cv. Jingxiu) under Cross-Temperature Stresses. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47 (2005), 959-970.
- [31] Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D.,1973. Rapid Determination of Free Proline for Water-Stress Studies. *Plant Soil*, 39 (1973), 205-207.
- [32] Morris, D. L.,1948. Quantitative Determination of Carbohydrates with Dreywoods Anthrone reagent. *Science*, 107 (1948), 254-255.
- [33] SPSS Inc, 2010. SPSS® 18.0 Base User's Guide. Prentice Hall.
- [34] Kohler, J., Caravaca, F., Roldan, A.,2009. Effect of Drought on the Stability of Rhizosphere Soil Aggregates of *Lactuca sativa* Grown in a Degraded Soil Inoculated with PGPR and AM fungi. *Applied Soil Ecology*, 42 (2009), 160-165.
- [35] Wang, C.J., Yang, W., Wang, C., Gu, C., Niu, D.D., Liu, H.X., Wang, Y.P., Guo, J.H. 2012. Induction of Drought Tolerance in Cucumber Plants by a Consortium of Three Plant Growth-Promoting Rhizobacterium Strains. *Plos One*, (2012), ;7(12) e52565. doi: 10.1371/journal.pone.0052565.
- [36] Turan, M., Ekinçi, M., Yildirim, E., Gunes, A., Karagoz, K., Kotan, R., Dursun, A. 2014. Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38 (3) (2014), 327-333.
- [37] Candido, V., Campanelli, G., D'Addabbo, T., Castronuovo, D., Perniola, M., Camele, I. 2015. Growth and Yield Promoting Effect of Artificial Mycorrhization on Field Tomato at Different Irrigation Regimes. *Scientia Horticulturae*, 187 (2015), 35-43.
- [38] Liu, F., Stutzel, H. 2004. Biomass Partitioning, Specific Leaf Area and Water Use Efficiency of Vegetable Amaranth (*Amaranthus* spp.) in Response to Drought Stress. *Scientia Horticulturae*, 102 (1) (2004), 15-27.
- [39] Earl, H., Davis, R.F.,2003. Effect of Drought Stress on Leaf and Whole Canopy Radiation Use Efficiency and Yield of Maize, *Agronomy Journal*, 95 (2003), 688-696.
- [40] Wang, Z., Huang, B.,2004. Physiological Recovery of Kentucky Bluegrass from Simultaneous Drought and Heat Stress, *Crop Science*, 44 (2004), 1729- 1736.
- [41] Gnanasiri, S.P., Saneoka, H. Ogata, S. 1991. Cell Membrane Stability and Leaf Water Relations as Affected by Potassium Nutrition of Water stressed Maize, *Journal of Experimental Bot.*, 42 (1991), 739-745.
- [42] Villar-Salvador, P., Planelles, R., Oliet, J., Peñuelas-Rubira, J.L., Jacobs, D.F., González, M.,2004. Drought Tolerance and Transplanting Performance of Holm Oak (*Quercus ilex*) Seedlings after Drought Hardening in the Nursery, *Tree Physiology*, 24 (2004), 1147-1155.
- [43] Blokhina, O., Virolainen, E., Fagerstedt, K.V. 2003. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: A Review. *Annual Botany*, 91 (2003), 179-194.
- [44] Kuşvuran, Ş. 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Adana,
- [45] Munne-Bosch, S., Penuelas, J. 2003. Photo- and Antioxidative Protection, and a Role for Salicylic Acid during Drought and Recovery in Field-grown *Phillyrea angustifolia* plants. *Planta*, 217(2003), 758-766. DOI 10.1007/s00425-003-1037-0
- [46] Sairam, R.K., Srivastava, G.C., Agarwal, S., Meena, R.C. 2005 Differences in Antioxidant Activity in Response to Salinity Stress in Tolerant and Susceptible Wheat Genotypes, *Biol. Plant.*, 49 (2005), 85-91.
- [47] Sarma RK, Saikia R. 2014. Alleviation of Drought Stress in Mung Bean by Strain *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21. *Plant Soil*, 377(2014), 111-126.
- [48] Dolferus, R. 2014. To grow or not to grow: A stressful decision for plants. *Plant Sciences*, 2229: 247-261.

- [49] Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L.P. 2014. Response of Plants to Water Stress. *Frontiers in Plant Science*, 5 (2014), 86.
- [50] Scandalios, J.G. 1997. *Oxidative Stress and Molecular Biology of Antioxidant Defenses*. Cold Spring Laboratory Pres, Cold Spring Harbor, NY, USA, pp 343–406.
- [51] Sankar, B., Jaleel, C. A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Panneerselvam, R. 2007. Effect of Paclobutrazol on Water Stress Amelioration Through Antioxidants and Free Radical Scavenging Enzymes in *Arachis hypogaea* L. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 60(2007), 229-235.
- [52] Wang, S. Y. 1999. Methyl Jasmonate Reduces Water Stress in Strawberry. *Journal of Plant Growth Regulation*, 18(1999), 127-134.
- [53] Garg, B.K. 2003. Nutrient Uptake and Management under Drought: Nutrient-Moisture Interaction, *Current Agriculture*, 27 (2003), 1-8.
- [54] McWilliams, D. 2003. *Drought Strategies for Cotton*, Cooperative Extension Service Circular 582, College of Agriculture and Home Economics, New Mexico State University, USA.
- [55] Grossman, A., Takahashi, H. 2001. Macronutrient Utilization by Photosynthetic Eukaryotes and the Fabric of Interactions, *Annual Review of Plant Physiology*, 52 (2001), 163-210.

## Prohexadione-Calcium Uygulama Yöntemlerinin Hıyar (*Cucumis sativus* L.) Fidelerinin Gelişimi ve Yaprak Pigmentasyonu Üzerine Etkileri

Hakan BAŞAK

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, KIRŞEHİR

(Alınış / Received: 09.10.2019, Kabul / Accepted: 06.08.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Anahtar Kelimeler

Prohexadione-Calcium,  
hıyar,  
fide,  
boy kontrolü

**Öz:** Bu çalışma, prohexadione-calcium (Pro-Ca) uygulama yöntemlerinin hıyar fidelerinin gelişimi ve yaprak pigmentasyonu üzerine etkileri araştırmak amacıyla yapılmıştır. Denemede, 140 adet hıyar tohumu eşit olarak farklı düzeylerde (0, 50, 100 ve 200 ppm) Pro-Ca içeren solüsyonda 18 saat bekletilmiş aynı dozların aynı sayıdaki fidelerin yapraklarına püskürtme şeklinde uygulanmış, fide gelişimi ve yaprak pigmentasyonu parametreleri bakımından karşılaştırılmıştır. Morfolojik ölçümlere göre; her iki Pro-Ca uygulama yöntemi fidelerinin gelişimini kontrol bitkilerine kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde engellemiştir. En düşük; fide boyu (3.79 cm), gövde çapı (2.86 mm), gövde yaş ağırlığı (1.37 g), gövde kuru ağırlığı (0.171 g) ve kök kuru ağırlığı (0.096 g) tohumun 200 ppm Pro-Ca içeren solüsyonunda bekletilmesinde; en düşük kök yaş ağırlığı (1.206 g) ise yapraklara 100 ppm Pro-Ca içeren solüsyonun sprey şeklinde uygulanmasında saptanmıştır. Yaprak pigmentasyonu üzerine tohum aşamasında yapılan Pro-Ca uygulamasının etkisi daha olumlu olarak belirlenmiş, en yüksek klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarları tohuma uygulanan 50 ppm Pro-Ca dozunda tespit edilmiştir. Sonuç olarak, hıyar tohumlarının 18 saat süre ile 50 ppm dozunda Pro-Ca içeren solüsyonda bekletilmesi, optimum büyüme kontrolü ve kaliteli fide özelliklerini sağlaması yönüyle önerilmektedir.

## Effects of Prohexadione-Calcium Application Methods on Seedlings Growth and Leaf Pigmentation in Cucumber (*Cucumis sativus* L.)

### Keywords

Prohexadione-Calcium,  
cucumber,  
seedling,  
height control

**Abstract:** The aim of this study was to investigate the effects of prohexadione-calcium (Pro-Ca) application methods on the growth of cucumber seedlings and leaf pigmentation. In study, the comparison was made the methods of soaking 140 cucumber seeds in equal number in Pro-Ca solution for 18 hours at 0, 50, 100 and 200 ppm doses and spraying the same number of seedlings' leaves with the same doses with respect to seedling growth and leaf pigmentation parameters. According to morphological measurements; both Pro-Ca treatment methods significantly inhibited the growth of seedlings compared to control plants. The lowest seedling length (3.79 cm), stem diameter (2.86 mm), stem fresh weight (1.37 g), stem dry weight (0.171 g) and root dry weight (0.096 g) were obtained from seeds soaked in 200 ppm Pro-Ca solution. The lowest root fresh weight (1.206 g) was determined by spray application of 100 ppm Pro-Ca solution to the leaves. The effect of Pro-Ca application on leaf pigmentation at seed stage was determined more positively. The highest chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid contents were obtained at 50 ppm Pro-Ca dose applied to seed. To conclude, it is recommended that cucumber seeds could be kept in 50 ppm Pro-Ca solution for 18 hours in order to provide optimum growth control and seedling quality.

\*İlgili Yazar, email: hbasak@ahievran.edu.tr

## 1. Giriş

Sebze yetiştiriciliğinde üretime fide işletmelerinden temin edilen hazır fideler ile başlanması ülkemizde de her geçen gün yaygınlaşmaktadır. 2012 yılında yaklaşık 2.6 milyar adet hazır fide üretimi gerçekleştiren fide işletmeleri, 2017 yılında 3.5 milyar adetin üzerinde fide üretimi gerçekleştirmiştir. 2017 yılında 117 milyon adetin üzerinde hıyar fidesi üretilmiş olup, bu rakam toplam fide üretiminin %4.02'sini oluşturmuştur [1]. Yetiştiriciliğe hastalık ve zararlılardan arı, kök ve yaprak dengesini sağlanmış, pişkin ve kaliteli fide ile başlamak verim ve kaliteyi artırmaktadır [2]. Kaliteli bir sebze fidesinde aranan bazı özellikler vardır. Bunlar; fidelerin boğum aralarının kısa olması, yaprak renginin koyu yeşil olması, torfdaki kök sarılımasının tamamlanmış olması, dengeli bir kök gövde oranının olması, kalın ve kuvvetli gövdeye sahip olması, kök ve gövdesinin kuru madde içeriğinin yüksek olmasıdır [3].

Fidencilik işletmeleri birim alana daha fazla fide yerleştirebilmek, torf, perlit ve vermikulit gibi harç materyallerini daha az kullanabilmek, fidelerin sevkiyat maliyetlerini düşürebilmek gibi sebeplerden dolayı üretimde mümkün olduğunca küçük hacimli gözlere sahip viyoller tercih etmektedirler. Ayrıca yapay ışıklandırmanın kurulum ve işletme maliyetinin yüksek olmasından dolayı ticari işletmelerde kullanılamaması, doğal ışık kaynağımız olan güneşten yeterince ışık sağlanamadığı dönemlerde yetersiz ışıktan dolayı bitkiler arasındaki ışık rekabetini artırmaktadır. Bitki sıklığının artması yeterli ışığa ulaşmak için fidelerde boy artışına sebep olarak, ince ve cılız gövdeli fidelerin oluşmasına sebep olabilmektedir. Özellikle bahar döneminde erken ilkbahar aylarında fide üretimi gerçekleştiren işletmelerde bu sorun daha sık görülmektedir. Fidelerde aşırı boylanma sorunu sadece düşük ışık yoğunluğundan veya ışık rekabetinden değil, özellikle yaz aylarında yapılan güzlük fide yetiştiriciliğinde ekolojik koşulların hızlı büyümeyi teşvik etmesinden de kaynaklanabilmektedir [4].

Aşırı boylanmış fideler şaşırtma sonrası ince ve uzun gövdelerinden dolayı özellikle rüzgar başta olmak üzere olumsuz çevre koşullarına adaptasyonda zorluk yaşamakta ve istenmeyen fide kayıpları yaşanabilmektedir. Bunun yanı sıra zayıf kök boğazına sahip bu tür fideler toprak kökenli hastalıklara da daha hassas olmaktadır [3]. Fidelerde aşırı boylanmayı engellemek amacıyla değişik uygulamalar yapılabilmektedir. Bunlardan bazıları; budama, ekolojik koşulların ayarlanması, sulama düzeyinin ayarlanması, bitkilerde fiziksel stres koşullarının oluşturulması (fırçalama, hava püskürtme vb.), UV ışınları, bakırlı preparatların kullanımı ve bazı kimyasal maddelerin (Maleik hidrazid, ancymidol, absisic acid, daminozid, ethrel, cloromequat chlorocholine chloride, prohexadione-calcium, paclobutrazol vb.) uygulanmasıdır [5].

Fidelerde boy kontrolünü sağlamak amacıyla kimyasal maddeler, uygulama kolaylığı ve etkinliğinden dolayı, daha fazla kullanılmaktadır. Bu kimyasalların ortak etki mekanizması gibberellin inhibitörü etkisi göstermelerinden dolayı büyümeyi geciktirmeleridir [6]. İşletmelerde boy kontrolü sağlamak amacıyla en yaygın kullanılan gibberellin asit inhibitörleri ise Paclobutrazol (PBZ) ve Prohexadione-Calcium (Pro-Ca)'dur. Fide işletmeleri bu kimyasal durdurucuları daha çok tohum çimlenme aşamasından sonraki büyüme evrelerinde, tek veya birden fazla uygulama şeklinde, sulama sistemleri veya atomizer, pulverizatör gibi ekipmanları kullanarak fide yapraklarına spreyleme şeklinde uygulamaktadırlar. Paclobutrazol (PBZ) ve Prohexadione-Calcium (Pro-Ca), fidelerde boy kontrolünü sağlamada diğer yöntemlere göre daha etkili olmaktadır ancak, bu kimyasalların uygun şekilde (uygulama yöntemi, sayısı ve dozu) uygulanmaması durdurucu etkilerinin dikim sonrasında da devam ederek bitki gelişmesini yavaşlatabilmektedir. Bunun sonucunda ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Bu kimyasalların yanlış kullanımından dolayı etki süresini geç yitirmeleri, insan ve çevre sağlığı açısından da risk oluşturabilmektedir [7].

Daha çok fide işletmelerinin büyümeyi kontrol altında tutabilmek amacıyla kullandığı Pro-Ca gibi durdurucuların fide işletmelerinde uygulanabilecek yöntemlerinin araştırılması gerekmektedir. Zira büyük kapasiteli işletmelerde en uygulanabilir yöntemlerin başında tohum ve yaprak uygulamaları gelmektedir. Çalışmamızda önceki çalışmalardan farklı olarak, tohum aşamasında yapılan Pro-Ca içeren solüsyonlarda uzun süreli (18 saat) bekletmenin, işletmelerde yaygın olarak kullanılan yapraktan spreyleme şeklinde yapılan uygulamalara kıyasla hıyar fidelerinin gelişimi ve yaprak pigmentasyonu üzerine etkileri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışma Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait iklim kontrollü uygulama ve araştırma serasında yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü serada ortam sıcaklığı gündüz 23±2°C, gece 18±2°C ve nem düzeyi % 65±5 düzeyinde tutulmuştur. Araştırmada bitkisel materyal olarak Cevher F<sub>1</sub> (Yüksel Tohum A.Ş.) partenokarp sırtık hıyar çeşidi, boy kontrolünü sağlamak amacıyla ise % 10 Pro-Ca içeren Velonta ticari ismiyle satışa sunulan kimyasal ilaç kullanılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde yürütülmüştür.



04.04.2018 tarihinde her bir uygulama konusu için 35'şer adet hıyar tohumu petri kaplar içerisinde 0, 50, 100 ve 200 ppm dozlarında Pro-Ca içeren solüsyonlarda 18 saat süre ile bekletilmiştir. Daha sonra solüsyondan çıkarılan tohumlar içerisine 2:1 oranında torf:perlit karışımı doldurulmuş 77'lik viyollere (15 cc hacimli), her bir uygulama konusu için 35'şer adet ekilmiştir. Aynı tarihte, yine 35'şer adet hıyar tohumu yaprak uygulanması yapılmak üzere, aynı büyüklükteki ve içerikteki viyollere herhangi bir ön uygulama yapılmadan ekilmiştir. 16.04.2018 tarihinde ilk gerçek yaprakları görülen fidelere yapraktan sprey şeklinde 0, 50, 100 ve 200 ppm Pro-Ca uygulanmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Çalışma konuları

Pro-Ca Uygulama Yöntemleri	Pro-Ca Dozları (ppm)
Kontrol	0
Tohum uygulaması (18 saat solüsyonda bekletme)	50
	100
	200
Yapraktan uygulama (Gerçek yapraklara püskürtme)	50
	100
	200

Deneme süresince fidelerin bakım işlemleri (Gübreleme, sulama vb.) Sevğican [8]'a göre yapılmıştır. 02.05.2018 tarihinde deneme sonlandırılmış olup, fidelerde; boy (cm), çap (mm), gövde-kök yaş ve kuru ağırlıkları (g) belirlenmiştir. Bitki yaprak dokularında klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarları Arnon [9]'a göre spektrofotometre kullanılarak belirlenmiştir. Verilerin analizi "SPSS 17 V" istatistik programı ile yapılmış, varyans analizlerinde ortalamalar arasındaki farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığının belirlenmesi için çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan testi uygulanmıştır.

### 3. Bulgular

Pro-Ca uygulama yöntemleri ve dozlarının fide boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.001$ ). Kontrol bitkilerine kıyasla fide boyları tüm Pro-Ca uygulama yöntemleri ve dozlarında önemli düzeyde azalmıştır. Pro-Ca'nın tohum uygulamaları, yaprak uygulamalarına göre boy kontrolünde daha etkili bulunmuştur. Tohum aşamasında yapılan 100 ve 200 ppm Pro-Ca uygulamalarında sırasıyla 4.26 ve 3.78 cm ile en düşük fide boyları belirlenmiştir (Tablo 2). Pro-Ca uygulamalarının gövde çapı üzerine etkisi tohum aşamasında uygulanan 100 ve 200 ppm dozları hariç kontrol bitkilerine göre bir miktar artış sağlamış olsa da bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Gövde çapında olduğu gibi bitki boyunda da en düşük değerler tohum aşamasında uygulanan 100 ve 200 ppm Pro-Ca dozlarında belirlenmiştir (Tablo 2). Tohuma yapılan Pro-Ca uygulamalarında 50 ppm dozunda kontrol uygulamasına kıyasla tohum çimlenme sürelerinde bir fark gözlemlenmemiştir. Ancak kontrol uygulamasına kıyasla 100 ppm Pro-Ca uygulanmış tohumların çimlenme sürelerinde 2 gün, 200 ppm pro-Ca uygulanmışlarda ise 3 gün gecikme saptanmıştır. Çimlenme oranları ise tüm uygulamalarda %100 oranında belirlenmiştir.

Fide gövde yaş ağırlıkları Pro-Ca uygulamalarının etkisi ile kontrol bitkilerine kıyasla azalmış, en yüksek gövde yaş ağırlığı 3.378 g ile kontrol bitkilerinde belirlenmiştir (Tablo 2). Gerek tohum aşamasında gerekse de yapraktan yapılan Pro-Ca uygulamalarında, doz artışıyla beraber gövde yaş ağırlıklarında önemli düzeyde azalma saptanmıştır. Gövde yaş ağırlığı üzerine uygulama yöntemlerinin etkisi karşılaştırıldığında; 50 ppm Pro-Ca dozunda her iki uygulama yönteminin etkisi bakımından istatistiksel olarak önemli düzeyde bir fark görülmez iken, 100 ve 200 pm dozlarında tohum aşamasında yapılan uygulamaların gövde yaş ağırlıklarını daha fazla azalttığı tespit edilmiştir. Fide gövde kuru ağırlıkları da gövde yağ ağırlıklarına benzer şekilde Pro-Ca uygulamalarının etkisi ile kontrol bitkilerine göre azalmıştır. En düşük gövde kuru ağırlığı 0.171 g ile tohum Pro-Ca 200 ppm uygulamasında saptanmıştır. Uygulama yöntemlerinin gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi kıyaslandığında ise sadece 200 ppm Pro-Ca dozunda tohum aşamasında yapılan uygulamanın aynı dozda yapraktan yapılan uygulamaya göre önemli düzeyde daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Fide kök yaş ağırlığı üzerine tohum aşamasında yapılan uygulamaların etkisi önemsiz belirlenirken, yaprak uygulamalarında Pro-Ca dozlarındaki artış ile istatistiksel olarak da önemli düzeyde bir azalma saptanmıştır ( $P<0.001$ ). Fide kök kuru ağırlıkları tüm Pro-Ca uygulamalarında kontrol bitkilerinden önemli düzeyde düşük belirlenmiş, ancak uygulama dozundaki artışla beraber kök kuru ağırlıkları da bir miktar azalmasına rağmen aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 2).

**Tablo 2.** Pro-Ca uygulamalarının morfolojik parametreler üzerine etkileri

Uygulama Zamanı	Pro-Ca Uygulama Dozu (ppm)	Boy (cm)	Çap (mm)	Gövde Yaş (g)	Gövde Kuru (g)	Kök Yaş (g)	Kök Kuru (g)
<b>Kontrol</b>	<b>0</b>	9.62a*	3.65a	3.378a	0.427a	2.258a	0.146a
	<b>50</b>	7.21bc	3.86a	2.863b	0.381ab	2.168a	0.122abc
	<b>100</b>	4.26e	2.92b	1.635de	0.252d	1.959a	0.101bc
<b>Tohum</b>	<b>200</b>	3.78e	2.86b	1.365e	0.171e	1.926a	0.096c
	<b>50</b>	7.67b	3.98a	2.658b	0.342bc	1.796ab	0.128ab
	<b>100</b>	6.90cd	3.91a	2.190c	0.296cd	1.206c	0.120abc
<b>Yaprak</b>	<b>200</b>	6.42d	3.78a	1.957cd	0.277d	1.360bc	0.117abc
	<b>Ort.</b>	6.550	3.560	2.405	0.320	1.810	0.118
	<b>SEM</b>	0.264	0.563	0.726	0.088	0.454	0.023
	<b>P</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025

\*Farklı harfler uygulama grupları arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (P&lt;0.001)

Yaprak pigment pigmentasyonu üzerine Pro-Ca uygulamalarının etkisi Tablo 3’de verilmiştir. Tüm uygulamalar içerisinde tohuma 50 ppm Pro-Ca uygulaması en yüksek pigmentasyon değerlerinin elde edildiği çalışma konusu olmuştur. Yaprak klorofil ve karotenoid içerikleri Pro-Ca’nın tohum uygulamalarında doz artışı ile bir miktar azalma gösterse de kontrol bitkilerine kıyasla belirlenen değerler daha yüksek saptanmıştır. Yapraktan yapılan Pro-Ca uygulama dozlarında ise pigment düzeyleri doz artışıyla birlikte bir miktar artış göstermiştir. Bu artış 200 ppm Pro-Ca dozunda belirlenen klorofil a, b ve toplam klorofilde istatistiksel olarak da önemli belirlenmiştir. Yaprak karotenoid içeriği üzerine yapraktan yapılan Pro-Ca uygulamalarında doz artışının istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmamıştır.

**Tablo 3.** Pro-Ca uygulamalarının yaprak pigment parametreleri üzerine etkileri (mg/g)

Uygulama Zamanı	Pro-Ca Uygulama Dozu (ppm)	Klorofil a	Klorofil b	Toplam klorofil	Karotenoid
<b>Kontrol</b>	<b>0</b>	2.136d	1.452c	3.697c	1.079c
	<b>50</b>	2.756a	1.810a	4.644a	1.430a
	<b>100</b>	2.479b	1.610b	4.226b	1.360ab
<b>Tohum</b>	<b>200</b>	2.579b	1.672b	4.402b	1.347ab
	<b>50</b>	2.259c	1.507c	3.821c	1.284b
	<b>100</b>	2.300c	1.521c	3.851c	1.270b
<b>Yaprak</b>	<b>200</b>	2.484b	1.659b	4.306b	1.307b
	<b>Ort.</b>	2.428	1.604	4.135	1.297
	<b>SEM</b>	0.045	0.026	0.075	0.025
	<b>P</b>	0.000	0.000	0.000	0.000

\*Farklı harfler uygulama grupları arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (P&lt;0.001)

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bulgularımızda tohum aşamasındaki uygulama 50, 100 ve 150 ppm Pro-Ca dozlarında sırası ile %25, 56 ve 61 oranlarında fide boyunda azalmaya sebep olurken, yaprak uygulamalarında sırası ile %20, 28 ve 33 oranlarında azalmaya sebep olmuştur. Özbay ve Ergun [10], patlıcan fidelerine yapraktan uygulanan 0, 50, 100, 150, mg/l dozlarındaki Pro-Ca’nın fidelerin boyunu doz sırasına göre %27, 32 ve 38 oranında azalttığını bildirmiştir. Çakırbay ve Dursun [11], domates fidelerine yapraktan uygulanan 150 ppm Pro-Ca’nın fide boy uzunluğunu %27.6 oranında azalttığını belirlemiştir. Bulgularımızla benzer şekilde Ergun [12], hıyar (*Cucumis sativus* L.) fidelerine uygulanan Pro-Ca dozlarının gövde çapını artırdığını ancak topraktan ve yapraktan yapılan uygulamalar arasında önemli bir fark oluşmadığını bildirmişlerdir. Özbay ve Ergun [10], patlıcan fidelerine uygulanan Pro-Ca’nın (0, 50, 100, 150, mg/l) gövde çapı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını belirlemiştir.

Akdemir [3], marulda Pro-Ca ve Paclobutrazol’ün tohum aşamasında yapılan uygulamalarının yapraktan yapılan uygulamalara göre fide gelişimini baskılamada daha az etkili olduğunu bildirmiştir. Ancak araştırmacı marul tohumlarını Pro-Ca içeren solüsyon içerisinde 2 saat bekletmiştir. Bulgularımızda tohum aşamasında yapılan uygulamaların, yaprak uygulamalarına kıyasla fide gelişimini daha fazla baskılamasında Pro-Ca içeren solüsyonda tohumların uzun süre (18 saat) bekletilmiş olmalarının etkili olduğu düşünülmektedir. Pasian ve Bennett [13], paclobutrazol içeren çözeltilerde (0, 500 ve 1000 mg/l) domates tohumlarının 6, 16, 24 saat bekletilmesi sonucu

en etkin büyüme kontrolünün en uzun bekleme süresi olan 24 saatte sağlandığını bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada Geboloğlu ve ark. [14], 100 ve 200 ppm paclobutrazol içeren solüsyonlarda 2 saat süre ile bekletmeye kıyasla 4 saat bekletmenin patlıcan fidelerinin kalitesini belirgin şekilde artırdığını bildirmiştir.

Özbay ve Ergun [10], Pro-Ca dozlarındaki artışla beraber gövde kuru ve kök yaş ağırlıklarının azaldığını ancak 150 mg/L Pro-Ca uygulamasının daha düşük dozlara göre büyümeyi engelleyici etkisinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Bulgularımızda da gövde kuru ağırlıklarında Pro-Ca dozlarındaki artışla ters yönlü olarak önemli düzeyde azalış belirlenirken, kök yaş ağırlığındaki azalışın daha kısıtlı düzeyde olduğu saptanmıştır. Pro-Ca uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığı üzerindeki durdurucu etkisinin gövde yaş ve kuru ağırlığına kıyasla daha düşük seviyede oluşmasında Pro-Ca'nın bitkideki taşınımının aşağıdan yukarıya doğru olmasının etkili olduğu tahmin edilmektedir [15]. Metin [16], Pro-Ca uygulamalarının (tohum, yaprak ve toprak) ve dozlarının (0, 25, 50, 75 ve 100 ppm) biber fidelerinde 25 ppm dozu ve tohum uygulamaları hariç fidelerde boy, gövde ve kök yaş-kuru ağırlıklarında azalmaya sebep olduğunu bildirmiştir. İlias ve ark. [17], bamyada yapraktan sprey olarak uygulanan 100 µM Pro-Ca'nın gövde ve kök kuru ağırlığını azalttığını, Bekheta ve ark. [18], fasulye tohumlarına artan dozlarda uygulanan Pro-Ca'nın gövde yaş ağırlığını önemli düzeyde azalttığını bildirmişlerdir.

Büyüme engelleyiciler; bitkideki hücre sayısını değiştirmeden hücrelerin boylarını kısaltıp, hücre bölünmesini yavaşlatmakta ve boğum aralarının kısalmasına sebep olarak bitki boyunu azaltmaktadırlar. Ayrıca, bitkilerde subapikal bölgedeki meristem hücreleri etkilenip, hücrelerde boy kısalırken gövde çapının artmasına yol açarak hücre genişliğini de arttırmaktadırlar [19; 20]. Pro-Ca bitkilerde yaprak ve sürgünlerde sentezlenmekte olan ve hücreler arası uzamayı teşvik ederek vegetatif gelişmeyi arttıran gibberelik asit sentezini ya da bitkide taşınmasını engelleyerek büyümenin kontrol edilmesini sağlamaktadır [21; 22].

Weaver [18], süs bitkilerinde boy kontrolünü sağlayabilmek için kullanılan büyüme engelleyicilerin gövde uzamasını engellemelerinin yanı sıra, yaprakların klorofil içeriğini artırarak yeşil rengini daha da artırdığını bildirmiştir. Uslu ve Özgür [7], genç fide döneminde büyümenin kontrol edilebilmesi amacıyla yapraktan püskürtme şeklinde uygulanan durdurucuların yüksek dozlarda uygulanmasının fidelerde kloroza ve büyüme ve gelişmenin uzun süreli duraklamasına neden olduğunu bildirmektedir. Bulgularımızı destekler nitelikte, Bazzocchi ve Giorgioni [23], süs lahanasında 100 ve 200 ppm Pro-Ca uygulamasının, Özbay ve Ergün [10], patlıcan bitkisinde 100 ve 150 ppm Pro-Ca dozlarının, Kang ve ark. [24], 200 ve 400 ppm Pro-Ca uygulamasının Çin lahanasında yaprak pigment düzeyini artırdığını bildirmişlerdir. Uygulanan büyüme durdurucu kimyasalların yaprak klorofil düzeylerini artırmasında daralan yaprak alanından dolayı birim alana düşen klorofil miktarının artması da etkili olmaktadır [25]. Yaprak pigment miktarının artmasında; Tsegaw [26], yaprak epidermis hücreleri ile palizat ve sünger parankimalarının uzunluğunun ve genişliğinin artmasından dolayı yaprak kalınlığının artmasının, Rademacher ve ark. [27] ise Pro-Ca uygulamasının etkisiyle etilen sentezinin gerilemesinin etkili olduğunu bildirmektedir. Bulgularımızda da yaprak uygulamalarında Pro-Ca dozlarındaki artışla beraber incelenen morfolojik parametrelerde büyümeyi engelleyici etkinin arttığı belirlenirken, yaprak pigment parametrelerinde de artış tespit edilmiştir.

Araştırma sonucunda elde ettiğimiz verilere göre hıyar tohumlarının Pro-Ca içeren solüsyonlarda uzun süreli bekletilmeleri tüm uygulama dozlarında boy kontrolünü sağlamada yapraktan yapılan uygulamalarından daha etkili olmuştur. Ancak 100 ve 200 ppm Pro-Ca dozları tohum uygulamalarında fide gelişimini istenilen düzeyin üzerinde engellemiştir. Dolayısı ile bu dozlarda yapılacak uygulamalarda solüsyonda bekletilme sürelerinin kademeli olarak daha düşük seviyelerinin araştırılması yerinde olabilecektir. Pro-Ca uygulama yöntem ve dozlarının yaprak pigmentasyonu üzerine etkisi genel anlamda olumlu olmuş tüm uygulamalar içerisinde en yüksek değerler tohuma uygulanan 50 ppm Pro-Ca dozunda tespit edilmiştir. Sonuç olarak, hıyar tohumlarının 18 saat süre ile 50 ppm dozunda Pro-Ca içeren solüsyonda bekletilmesi, ideal boy kontrolünü ve fide kalitesini sağlaması bakımından önerilmektedir.

## Kaynakça

- [1] Anonim, 2018. Fide üreticileri Alt Birliği (Fidebirlik). <http://www.fidebirlik.org.tr>. (Erişim Tarihi: 15.06.2019).
- [2] Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ. 2000. Kültür Sebzeleri, Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir, 480s.
- [3] Akdemir, S. 2018. Marul (*Lactuca sativa* L.) fide kalitesi ve bitki gelişimi üzerine paclobutrazol ve prohexadione-calcium uygulamalarının etkileri. Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87s, Kırşehir.
- [4] Şeniz, V. 1998. Sebzeçilikte Fide Yetiştiriciliği ve Sorunları, T.A.V., Yalova, 47s.

- [5] Demir, K. ve Başak, H. 2008. Sebze fidelerinde büyüme kontrolü sağlayan uygulamalar. Türkiye III. Tohumculuk Kongresi, Kapadokya, 207-210.
- [6] Boztok, S. 2002. Süs bitkilerinde büyüme düzenleyicilerin kullanım alanları. 2. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi. Antalya Narenciye ve Seracılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Antalya. Tübitak Yayınları, 361-368.
- [7] Uslu, A., Özgür, M. 2002. Hıyar Fidesi Yetiştiriciliğinde Boylanmanın Kontrolü Üzerine Bazı Büyüme Düzenleyici Maddelerin Etkisi. VI. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, 49-56.
- [8] Sevgican, A. 2002. Örtüaltı Sebze Yetiştiriciliği, cilt 1. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 528, İzmir, 476.
- [9] Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.
- [10] Özbay, N. ve Ergun, N. 2015. Prohexadione calcium on the growth and quality of eggplant seedlings. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 50(10), 932-938.
- [11] Çakırbay, İ.F., Dursun, A. 2014. Prohexadione-Calcium Uygulamalarının Domates (*Lycopersicon esculentum* L.) Fide Kalitesi Üzerine Etkileri. 10. Sebze Tarımı Sempozyumu. 2-4 Eylül, Tekirdağ.
- [12] Ergun, N. 2007. Effects of Prohexadione -Calcium on Cucumber Seedlings Quality and Plant Growth. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 48s, Kahramanmaraş.
- [13] Pasian, C.C., Bennett, M.A. 2001. Paclobutrazol Soaked Marigold, Geranium and Tomato Seeds Produce Short Seedlings. HortScience, 36 (4):721-723.
- [14] Geboloğlu N., Durukan A., Sağlam, N., Doksöz S., Şahin S. Ve Yılmaz, E. 2015. Patlıcanda fide gelişimi ve fide kalitesi ile paclobutrazol uygulamaları arasındaki ilişkiler. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 8 (1): 62-66.
- [15] Evans, R. R., Evans, R.E. and Rademocher, W.1997. ProhexadioneCalcium for Suppression of Vegetative Growth in Eastern Apples. Acta Horticulturae 451: 663-666.
- [16] Metin, R. 2009. Prohexadione-Calcium uygulamalarının biberde (*capsicum annum* l.) fide kalitesi, bitki gelişimi ve verimi üzerine etkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 42s, Kahramanmaraş.
- [17] Ilias I, Ouzounidou G, Giannakoula A, Papadopoulou P. 2007. Effects of gibberellic acid and prohexadione-calcium on growth, chlorophyll fluorescence and quality of okra plant. Biol. Plant. 51(3): 575-578.
- [18] Bekheta, M. A., Abdelhamit, M.T., El-Morsi, A.A. 2009. Physiological response of *vicia faba* to prohexadione-calcium under saline conditions. *Planta daninha*, v.27, s.769-779.
- [19] Weaver, R.J. 1972. Plant growth substances in agriculture, San Francisco.
- [20] Özbaydur, İ. ve Özcan, N. 1990. Süs bitkileri yetiştiriciliğinde bitki regülatörlerinin kullanımı, diploma tezi, E.Ü. Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 23s.
- [21] Davies, T.D., Curry, E.A. 1991. Chemical Regulation of Vegetative Growth. Crit. Rev. Plant Sci., 10:151-188.
- [22] Evans J. R., Evans R. R. Regusci, C. L. ve Rademacher, W. 1999. Mode of Action, Metabolism and Uptake of BAS 125 W, Prohexadione Calcium. Horticult. Sci. 34, 1200-1201.
- [23] Bazzocchi, R., Giorgioni, M. E. 2003. Effects of prohexadione-ca, uniconazole and paclobutrazol on ornamental kale growth and performance under high temperatures. Acta Horticulturae 614 (2):499-505.
- [24] Kang, S.M., Kim, J.T., Hamayun, M., Hwang, IC., Khan, A.L., Kim, Y.H., Lee, I.J., 2010. Influence of prohexadione-calcium on growth and gibberellins content of Chinese cabbage grown in alpine region of South Korea. Scientia Horticulturae, 125(2): 88- 92.
- [25] Sebastian, B., Alberto, A. C., Emilio, A. F., Jose A. F. 2002. Growth, development and color response of potted *Dianthus caryophyllus* cv. Mondriaan to paclobutrazol treatment. Sci.Hort. 1767:1-7.
- [26] Tsegaw, T., Hammes, S., Robbertse, J. 2005. Paclobutrazol-induced leaf, stem, and root anatomical modifications in potato. HortScience, 40(5), 1343-1346.
- [27] Rademacher, W. 2000. Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. 51: 501-531.

## Bazı Organik Materyallerin Karpuz (*Citrillus lanatus* Thunb.)' un İyon Alımına Etkisi

Özlem ÜZAL<sup>1</sup>, Fikret YAŞAR<sup>1</sup>, Halide TUĞA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, VAN

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş Meslek Yüksekokulu, VAN

(Alınış / Received: 14.10.2019, Kabul / Accepted: 06.08.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Anahtar Kelimeler

Karpuz (*Citrillus lanatus*  
Thunb.)  
İyon birikimi,  
Gıdya,  
Leonardit,  
Vermikompost

**Öz:** Yürütülen çalışmada Crimson Sweet (*Citrillus lanatus* Thunb.) karpuz çeşidi kullanılmıştır. 3 farklı organik materyal (vermikompost, gıdya, leonardit) ve bunların farklı dozları (% 3, % 6, % 9) ile bahçe toprağının kullanıldığı kontrol grubunun, karpuzda iyon alımına etkisi incelenmiştir. Karpuz fideleri, her biri 3 kilogramlık hacme sahip olan saksılarda büyütülmüştür. Uygulamalar 5 tekerrürlü olup, her saksıda 1 adet bitki olacak şekilde toplam 50 adet karpuz fidesi kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda bitki yapraklarından alınan örneklerde iyon miktarları (N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn), içeriğine bakılmıştır. Yapılan analiz sonunda gerek uygulamalar arasında, gerekse uygulamaların dozları arasında farklılıkların olduğu görülmüştür.

## Effects of On Ion Intake of Watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) of Some Organic Materials)

### Keywords

Watermelon (*Citrillus lanatus*),  
Ion accumulation,  
Gyttja,  
Leonardite,  
Vermicompost

**Abstract:** In the study, the variety of watermelon Crimson Sweet (*Citrillus lanatus* Thunb.) was used. The effect of on the ion uptake of watermelon 3 different organic materials (vermicompost, gıdya, leonardite) and their different doses (3%, 6%, 9%) and the control group using garden soil was investigated. Watermelon seedlings were grown in pots each having a volume of 3 kilograms. Applications 5 replicates, each plant in a pot of 1 plant in a total of 50 watermelon seedlings were used. At the end of the study, the content of ions (N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn) in the leaves of plants were examined. At the end of the analysis, it was found that there were differences between the application doses.

\*İlgili Yazar, email: halidetuga@yyu.edu.tr

### 1. Giriş

Karpuz, *Citrullus* cinsine ait *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai olup, Cucurbitaceae familyasında yer almaktadır [1]. Dünyada özellikle sıcak ve ılıman iklim bölgelerinde yetiştirilmektedir [2]. Karpuz, ülkemizde orijini olmamasına karşın, Akdeniz'den, Karadeniz bölgelerine kadar uzanan ve Hakkari'den Edirne'ye komşu olan Bulgaristan ve Yunanistan'a kadar Türkiye'nin farklı bölgelerinde ortaya çıkmıştır [3,4]. Türkiye'nin güneyinde bulunan Çukurova bölgesinde, karpuz, erken üretim amacı ile çoğunlukla alçak tüneller altında uzun yıllardır yoğun bir şekilde yetiştirilmektedir [5]. Türkiye'de 863 bin ha alanda yaklaşık 4 milyon ton karpuz yetiştiriciliği yapılmaktadır [6]. En fazla yetiştiriciliği yapılan yerler ise; Adana (1 milyon ton), Antalya (498 bin ton), Bursa (177 bin ton), Şanlıurfa (171 bin ton) ve Diyarbakır'dır (165 bin ton) [6].

Karpuz (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), taze ağırlık olarak ortalama 48.7 mg likopen içerirken, çekirdeksiz karpuzların taze ağırlığında ise daha yüksek oranda (50 mg) likopen bulunmaktadır [7]. Karpuzun 100 gramında 26 ile 29 kalori arasında enerji, % 89-94 arasında su, % 7-11 arasında şeker, A vitamini, B vitamini kompleksi, C vitamini, 12 mg fosfor, 2.5 mg potasyum, 0.2 mg demir ve 7 mg kalsiyum bulunur [8].

Son yıllarda tarımda organik materyal kullanımına ilgi artmıştır. Kullanılan organik maddeler, birçok bitki besin maddelerinin esas kaynağını oluşturmaktadır. Farklı organik maddelerin bitki besin içeriği değişmekle birlikte, dışarıdan suni gübreler ilave edilmiyorsa toplam toprak azotunun % 90-99'u toprak fosforunun % 33-37'si ve topraklardaki kükürdün % 70-80' ini toprak organik maddesi sağlamaktadır. Bunlarla beraber toprak organik maddesi potasyum, mangan, bor, bakır, çinko, molibden gibi diğer farklı bitki besin maddelerini de içermektedir. Organik maddelerin içerdiği bitki besin maddeleri, organik maddelerin ayrışması sırasında yavaş yavaş bitkiler tarafından alınabilir hale geçmekte ve bitkiler bu besin elementlerini 3-5 yıla kadar sürekli alabilmektedir. Topraklarda organik maddelerin ayrışması sırasında açığa çıkan organik bileşikler, topraklarda bitkiler tarafından alınmaz konumda olan bitki besin maddelerini alınabilir konuma getirir. Aynı zamanda, organik bileşikler toprakta bitki besin maddelerini tutan kil yüzeylerine tutunarak besin maddelerinin killer tarafından tutunmasını azaltır ve bitkiler tarafından alınmaz konuma dönüşmesini engeller [9].

Bitkisel üretimde kompost kullanımı tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaygınlaşmaktadır, ancak vermikompost uygulamaları ülkemizde yeni yeni tanınmaktadır [10]. Bitki besleme ve toprak düzenleyicisi olarak kullanılan vermikompost bitki besin elementleri, mikroorganizma, organik madde, humik ve fulvik asitçe zengin bir gübre olarak tanımlanmaktadır [11].

Vermikompost bugün için tarımda sürdürülebilirlik özelliğini destekleyen yöntemler içinde en yüksek ekonomik fayda sağlayan yöntem olmakla beraber, aynı zamanda hızlı endüstriyel gelişme ve popülasyon artışı ile büyük bir çevre sorunu haline gelen katı organik atık ve artıkların işlenmesinde çok yoğun şekilde uygulanmaktadır [12]. Ülkemizde kompost uygulamaları hızla yaygınlaşırken, vermikompost uygulamaları ülkemiz için yeni bir uygulama sayılabilecek niteliktedir. Organik artıkların fermantasyon yolu ile kompostlamanın yanı sıra toprak solucanları ilave edilerek vermikompost oluşturulması ile de değerlendirilmesi mümkündür [11]. Vermikompostun 2. ve 3.dozlarının bitkinin Fe alımı üzerine gıdya ve leonardit uygulamalarına göre daha iyi olduğunu savunmuştur [13].

Leonardit; yüksek oranda karbon, humik ve fülvünik asitler içeren, kömür düzeyine ulaşmamış linyitin okside olmuş bir formu ve doğal bir organik materyaldir. Organik madde içeriği %75 gibi bir değere ulaşabilmektedir. Leonardit genellikle yeşil renkli olmakla beraber, kahverengi de olabilir. Bitki besin elementleri bakımından toprakla kıyaslandığında, fosfor yönünden yüksek, potasyumca fakir, kalsiyum karbonat içerikleri çok yüksek, toprak reaksiyonları (pH) nötr civarındadır. Fe, Mn, Cu ve Zn gibi mikro element içeriğinin yeterli düzeyde olduğu ve bitki gelişimini engelleyecek düzeyde bor içermediği belirlenmiştir [14]. Chen ve Aviad [15], Humik asidin toprak organik madde oranını artırması yanında, toprağın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisinin olduğunu, dolayısıyla humik maddelerin bitki gelişimini doğrudan etkilediğini bildirmişlerdir. Samanidou ve ark. [16], Fulvik asidin, ağır metallerle kirlenen toprakların temizlenmesinde kullanılabileceğini, yüksek iyon değiştirme kapasitesi nedeniyle toprak verimliliğini yükselttiğini bildirmişlerdir. Tuğa [13]yaptığı çalışmada, marul bitkisi üzerine farklı organik materyallerin etkisini araştırmış ve çalışmada ortamların Mn ve Fe içerikleri bakımından en yüksek değerlerin Leonardit 2 (% 6) ve Leonardit 3 (% 9) uygulamasından görüldüğünü bildirmiştir.

Gıdya; eski göl tabanlarında organik ve mineral maddelerin karışımı ile oluşmuş, içerisinde gölde yaşamış canlıların fosillerini içeren organomineral bir materyaldir. Afşin Elbistan Termik Santrali bölgesinden alınan gıdya örneklerinde genel olarak kalsiyum karbonat içeriği % 11-74 arasında değişmektedir. Gıdyanın % organik madde içeriği ise yapılan analizlerde kireç içeriğinde olduğu gibi tabaklanma yapısına göre değişiklik göstermekte ve genel olarak % 23-58 arasında değişmektedir. Bölgede kullanılan büyük kazıcılar ile kazı sırasında tabaka ayırımı yapılmadan kazı işlemlerinin yapılması nedeniyle, elde edilen gıdyanın ortalama kalsiyum karbonat içeriği % 30-35, organik madde içeriği ise % 40-50 arasında değişmektedir [17]. Tuğa [13]yaptığı çalışmada, marul bitkisi üzerine farklı organik materyallerin etkisini araştırmış ve gıdya' nın 1. dozunun Ca, Mg, Na, Zn içeriği bakımından en düşük seviyede olduğunu, Cu ve Zn içeriği bakımından ise gıdyanın 2. ve 3. dozlarının en düşük değerleri aldığını belirtmiştir.

Bu çalışmada, organik materyal olarak farklı dozlarda vermikompost, gıdya ve leonardit uygulamalarının karpuzun bazı bitki besin elementi içeriklerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot,

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bitki Fizyolojisi laboratuvarı iklim odasında yürütülen çalışmada Crimson Sweet (*Citrillus lanatus* Thunb.) karpuz çeşidi kullanılmıştır. 3 farklı organik materyal (vermikompost, gıdya, leonardit) ve bunların farklı dozları (% 3, % 6, % 9) ile bahçe toprağının kullanılacağı kontrol grubunun, karpuzda iyon alımına etkisi incelenmiştir. Karpuz fideleri, her biri 3 kilogramlık hacme sahip saksılarda büyütülmüştür. Uygulamalar 5 tekerrürlü olup, her saksıda 1 adet bitki olacak şekilde yapılmıştır.

Çalışmanın sonunda bitki yapraklarından alınan örneklerde iyon miktarları (N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn), içeriğine bakılmıştır.

## 2.1. Mineral Element Analizleri

Bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarından alınan bitki örnekleri  $-84^{\circ}\text{C}$ 'deki derin dondurucuda saklanmıştır. İyon analizleri için derin dondurucuda saklanan her bir kök, gövde ve yaprak örneğinden 200 mg tartılarak, üzerine 10 ml 0.1 N  $\text{HNO}_3$  (nitrik asit) ilave edilerek bir hafta süreyle kapaklı plastik kutularda oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilmiş örnekler, bu sürenin sonunda çalkalayıcıda 24 saat süreyle çalkalanmıştır. Çalkalama işleminden sonra kutularda bulunan örnekler kaba filtre kağıdından geçirilerek süzülmüştür.  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$  ve  $\text{Mn}^+$  içerikleri ise, [18], 'e göre atomik absorpsiyon cihazında okunmuştur. Bu ölçümler sonunda, yaş yaprak örneğindeki iyon miktarı  $\mu\text{g}/\text{mg}$  taze ağırlık olarak belirlenmiştir [19].

## 2.2. Azot

Alınan yaprak örnekleri  $70^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa ulaşan dijital etüvde sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Örnekler öğütme makinasında öğütülerek ve nem çekmesi sebebiyle tekrar etüve koyulmuştur. Ardından etüvden alınan örnekler desikatör içerisine bırakılmış ve hızlıca 20 mg tartılmıştır [20]. Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan Gerhardt Dumatherm cihazı ile azot değeri (%) belirlenmiştir.

## 2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler Statgraphics istatistik analiz paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel olarak önemli bulunan deneme konuları % 5 önem seviyesinde Duncan testi ile gruplandırılmıştır.

## 3. Bulgular

Farklı organik materyallerin karpuz (*Citrillus lanatus* Thunb.)' un iyon alımına etkisinin araştırıldığı bu çalışmada (N, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn), ile ilgili elde edilen sonuçlar Tablo 1' de verilmiştir.

**Tablo 1.** Farklı organik materyallerin karpuzun iyon alımına etkisi

Uygulama	N	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
K	4,64±0,09 AB	3,53±0,33 D	14,29±1,18 AB	1,69±0,15 B-F	257,35±8,30 C	5,84±1,43 BC	26,57±3,85 A-C	32,9±3,69 AB
V1	4,43±0,14 b BC	4,47±0,39 c C	14,31±1,27 a AB	2,32±0,45 a A	209,46±9,98 b E	6,29±0,83 a B	34,27±10,6 5 a A	32,80±3,75 a AB
V2	4,85±0,10 a AB	5,53±0,46 b B	9,01±1,67 b D	2,08±0,49 a AB	274,31±6,08 a B	5,33±0,75 a BC	29,49±7,03 a AB	25,17±4,33 b CD
V3	5,01±0,10 a A	6,63±0,44 a A	8,24±0,68 b D	1,93±0,20 a A-C	280,06±9,68 a B	5,26±0,91 a BC	23,56±3,42 a BC	24,62±1,73 b CD
P değeri	0,0328	0,0000	0,0000	0,3493	0,0000	0,1297	0,1261	0,0045
G1	3,95±0,17 a C	3,85±0,22 a D	14,76±0,56 a A	1,86±0,18 a B-D	214,58±17,6 8 b E	5,18±1,09 b BC	34,27±6,87 a CD	32,80±2,98 a AB
G2	4,34±0,58 a BC	3,68±0,19 a D	12,594±2,3 7 b BC	1,46±0,24 b DE	245,28±8,28 a D	8,33±0,98 a A	29,49±8,46 ab AB	29,18±4,97 a BC
G3	4,77±0,11 a AB	3,76±0,43 a D	12,17±0,85 b C	1,75±0,18 a B-F	219,98±4,83 b E	4,86±0,57 b C	23,56±1,26 b CD	28,81±3,12 a BC
P değeri	0,2126	0,6492	0,0385	0,0251	0,0028	0,0001	0,0582	0,2259
L1	4,32±0,09 a BC	4,35±0,46 b C	12,57±1,90 a BC	1,82±0,39 a B-D	176,53± 3,38 c G	5,77±1,12 a BC	18,77±2,58 b CD	33,15±4,25 a AB
L2	4,46±0,26 a A-C	3,36±0,45 c D	9,65±0,72 b D	1,38±0,14 b E	416,53±9,70 a A	6,23±0,63 a BC	24,88±4,13 a BC	34,44±2,76 a A
L3	4,74±0,9 a AB	5,13±0,26 a B	12,46±1,32 a BC	1,65±0,27 ab C-E	190,04±1,15 b F	5,19±0,93 a BC	12,86±2,14 c D	22,95±2,57 b D
P değeri	0,1801	0,0001	0,0098	0,0870	0,0000	0,2153	0,0002	0,0002
T.U.İ P değeri.	0,0248	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır ( $p<0.05$ ). Aynı sütundaki küçük harfler gübrelerin üç farklı dozu arasındaki büyük harfler ise tüm gübre dozları arasındaki farklılıkları göstermektedir. K: Kontrol, V: Vermikompost, G: Gıda, L: Leonatdit, T.U.İ.: Tüm uygulamalar için.

Tablo 1’de görüldüğü üzere % N miktarı ve bitki besin element içeriği bakımından uygulamalar ve bunların dozları arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmuştur. % N miktarı en yüksek değere sahip uygulama % 5,01 V3 (%9) olurken, bunu % 4, 85 V2 (%6), % 4,77 G3 (%9), % 4,74 L3 (%9) ve % 4,64 K takip etmektedir. En düşük % azot miktarı ise % 3,95 G1 (%3)’da görülmüştür. Yapılan bütün uygulamalarda doz arttıkça % azot miktarı artmıştır. K miktarı en yüksek değere sahip uygulama 6,63 V3 (%9) olurken, en düşük değere sahip uygulama 3,85 G1 (%3), 3,76 G3 (%9), 3,68 G2 (%6), 3,53 kontrol ve 3,36 L2 (%6) takip etmektedir. Gıda dozları bakımından fark bulunamazken, vermikompost dozları arttıkça K miktarında artmalar görülmüştür. Ca miktarı en yüksek değere sahip uygulama 14,76 G1 (%3) olurken, en düşük 9,65 L2 (%6), 9,01 V2 (%6) ve 8,24 V3 (%9) takip etmektedir. Mg miktarı en yüksek değere sahip 2,32 V1 (%3) olurken, en düşük değer 1,38 L2 (%6) uygulamaları olmuştur. Fe miktarı en yüksek değere sahip 416,53 L2 (%6) olurken en düşük 176,53 L1 (%3)’da görülmüştür. Vermikompost dozları arttıkça Fe miktarında artışların olduğu görülmüştür. Zn miktarı en yüksek değere sahip 8,33 G2 (%6) olurken en düşük 4,86 G3 (%9)’de görülmüştür. Mn miktarı en yüksek 34,44 L2 (%6) olurken, en düşük 22,95 L3 (%9)’da görülmüştür. Mn miktarı gıda dozları istatistiksel bakımından fark bulunamazken, vermikompost dozları arttıkça Mn miktarında azalmalar görülmüştür.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Yılmaz [21] yaptığı çalışmasında, gıda uygulamalarının artan dozları ile bitkilerin % azot içeriklerinin kontrole göre kıyasla artışlar olduğunu bildirmiştir. Bizim elde ettiğimiz sonuçlarda G3 (% 9) haricinde dozlar arttıkça azalmalar olmuştur. Hernandez ve ark. [22], uyguladığı farklı organik gübrelerin bitkilerin % azot miktarlarını incelediği çalışmasında, farklı dozda uyguladığı vermikompostun (75g) marul bitkisinin yaprağındaki azot miktarını en yüksek % 3.358 olarak bulmuştur. Vermikompostta elde ettiğimiz sonuçlar bu değerden yüksek çıkmıştır. Bütün uygulamalara bakıldığında % azot değeri yine bu değere göre yüksek çıkmıştır. Hınıslı [23] ise, farklı organik gübrelerin uyguladığı çalışmasında koyun gübresinin uygulandığı bitkilerde K miktarını % 3.42 olarak belirlemiştir. Yaptığımız çalışmada yapraktaki K miktarının bu değerlere göre yüksek olduğu görülmektedir.

Hınıslı [23], farklı organik gübreleri uyguladığı çalışmasında, sığır gübresinin diğer gübrelere göre kıvrıcık bitkisinin Ca içeriğinde etkisinin olmadığını; koyun gübresi ve vermikompostta 125 g gübre uygulamalarının kıvrıcık bitkisinin Ca içeriğine olumlu yönde etki etmiş olduğunu bildirmiştir. Koyun gübresinin uygulandığı bitkilerin yapraklarındaki Ca % 10.620 olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda ise Ca miktarlarının G1 uygulamasında % 14.76, V1’de % 14.31, K’de % 14.29 olduğu dikkati çekmektedir.

Hernandez ve ark. [22], marul üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda Mg, miktarının vermikompost uygulanan yapraklarda en fazla oranda olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızı bu konuda ele alacak olursak vermikompostlu uygulamalar Mg miktarı bakımından diğer uygulamalara göre yüksek bulunmuştur. Ayrıca Hernandez ve ark.[22], yaptıkları çalışmada Fe’ nin vermikompost uygulanan yapraklarda en fazla oranda olduğunu bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise vermikompost dozları arttıkça Fe miktarında artışlar görülmüştür. Tuğa [13] ise, marul bitkisi üzerine farklı organik materyallerin etkisini araştırdığı çalışmasında Mn ve Fe içerikleri bakımından en yüksek değerleri Leonardit 2 (% 6) ve Leonardit 3 (% 9) uygulamasında görüldüğünü bildirmiştir.

Hınıslı [23], gerek farklı gübre uygulamalarının ve gerekse dozlarının bitkideki Zn içeriğine etkisinin kararsız bir durum meydana getirdiğini belirtmiştir. Öte yandan Hernandez ve ark. [22], marul üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda ise Zn’nin vermikompost uygulanan yapraklarda en fazla oranda olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlarda ise vermikompost ve leonardit dozları arasında fark bulunamazken, gıda dozları arasında kararsız bir durum meydana geldiği görülmektedir. Hınıslı [23] ise marulda farklı organik gübre ve dozlarının etkilerini araştırdığı çalışmada uygulanan gübre ve dozlarının kıvrıcık bitkisi Mn içeriğine etkisinin kararsız bir durum sergilediğine değinmiştir. Hernandez ve ark. [22] marulda yaptıkları çalışmada Mn’nin vermikompost uygulanan yapraklarda en fazla oranda olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda vermikompost uygulamasının 1. dozunda en yüksek Mn içeriği ölçülmüş, Hernandez ve ark. [22]’nin sonuçlarıyla paralellik içinde olduğu belirlenmiştir.

Tuğa [13], marul bitkisi üzerine farklı organik materyallerin etkisinin araştırdığı çalışmada, gıda’ nın 1. dozunun Ca, Mg, Na, Zn içeriği bakımından en düşük seviyede olduğunu, Cu ve Zn içeriği bakımından ise gidyanın 2. ve 3. dozlarının en düşük değerleri aldığını belirtmiştir.

Denemede kullanılan vermikompost, gıda ve leonardit organik materyallerinin, istatistik analizler sonucunda, bitki besin elementlerinin etkinliği açısından değerlendirilmiştir. Yapılan literatür taramaları değerlendirildiğinde ülkemizde bu konu ile ilgili çok fazla çalışma yapılmamış olup, ülke topraklarının organik maddesinin artırılmasına yönelik öneme sahip olan bu çalışma tarıma katkı sağlayacak ve yaygınlaşması açısından örnek teşkil edecektir. Tarımsal üretim için son derece yararlı sonuçların ortaya konduğu ve saksı denemesi şeklinde yürütülen bu



çalışmanın tarla koşullarında ve farklı sebzeler üzerinde denenmesi daha net sonuçların ortaya koyulmasını sağlayacaktır.

### Kaynakça

- [1] Whitaker, T.W., Bemis, W.P., 1976. Cucurbits. In: Simmonds, N.W. (Ed.), Evolution of Crop Plants. Longman, London, 64-69 p.
- [2] Güneş, R., Aşkın, B., 2016. Karpuz Çekirdeği Yağının Kimyasal Özellikleri ve Besin İçeriği. GIDA/The Journal of Food, 41 (1): 37-44.
- [3] Sarı, N., Tan, A., Yanmaz, R., Yetisir, H., Balkaya, A., Solmaz, I., Aykas, L., 2008. General Status of Cucurbit Genetic Resources in Turkey. In: Pitrat M, Editor. Proceedings of IX th EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae. Paris, France: INRA, 21-32 p.
- [4] Solmaz, I., Sarı, N., 2009. Characterization of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Accessions Collected from Turkey for Morphological Traits. Genet Res Crop Evol., 56: 173-188.
- [5] Yetişir, H., Kurt, ř., Sarı, N., Tok, F. M., 2007. Rootstock Potential of Turkish *Lagenaria siceraria* Germplasm for Watermelon: Plant Growth, Graft Compatibility, and Resistance to Fusarium. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 31(6): 381-388.
- [6] TUİK, 2018: www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 13/08/2019)
- [7] Perkins-Veazie, P., Collins, J. K., Pair, S., Roberts, W., 2001. Lycopene Content Differs Among Red Fleshed Watermelon Cultivars. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 983-987.
- [8] Ciofu, R., Stan, N., Popescu, V., Chilom, P., Apahidean, S., Horgoş, A., Atanasiu, N., 2003. Tratat de Legumicultura. Editura Ceres. Bucureşti, 4.
- [9] Sağlam, M.T., 2012. *Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri*. Namık Kemal Üniversitesi, Yayın No: 2, Tekirdağ.
- [10] Bellitürk, K., Görres, J.H., 2012. Balancing vermicomposting benefits with conservation of soil and ecosystems at risk of earthworm invasions, VIII. International Soil Science Congress on Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management, 15-17 May 2012, Çeşme, İzmir, 302-306.
- [11] Özkan N., Dağlıoğlu M., Ünser E., Müftüoğlu N.M., 2016. Vermikompostun ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4 (1): 1-5.
- [12] şimsek-Ersahin Y., 2007. Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri, GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 24 (2), 99-107.
- [13] Tuğa. H., 2018. Bazı organik materyallerin kıvrıkcık yaprak salata (*Lactuca sativa var. Crispa*)' da verim, kalite ve besin elementi içeriğine etkisi. Fen bilimleri enstitüsü, Van, 74s.
- [14] Sağlam, M.T., Özel, E.Z., Bellitürk, K., 2012. İki farklı tekstüre sahip toprakta leonardit organik materyalinin mısır bitkisinin azot alınımına etkisi. *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi* 2012 (1).
- [15] Chen, Y., Aviad, T., 1990. Effect of Humic Substances on Plant Growth. in: *Humic Substances in Soil and Crop Sciences*; Selected Readings, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, WI, 161-186.
- [16] Samanidou, V., Papadoyannis, I., Vasilikiotis, G., 1991. Mobilization of Heavy-Metals From River Sediments of Northern Greece, by Humic Substances, *Journal Environmental. Science Health A26*, 1055-1068.
- [17] Saltalı, K. 2015. Tarımda toprak kalitesi için gıdya kullanımı. *Türkiye Doğal Beslenme ve Yaşam Boyu Sağlık Zirvesi*. Özet Kitap. 20-23 Mayıs, Bilecik, Türkiye.
- [18] Kaçar, B., 1994. *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III Toprak Analizleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları:3, Ankara,703s.
- [19] Taleisnik, E., Peyran, G., Arias, C., 1997. Respose of chlorisgayana cultivars to salinity. 1. germination and early vegetative growth. *Tropical Grasslands* 31: 232-240.
- [20] Kaçar, B., İnal, A., 2008. *Bitki Analizleri*. Nobel Yay. No: 1241, Ankara, 892s.

- [21] Yılmaz, C., 2012. Farklı Dozlarda *Gıdya ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Biber (Capsicum annuum L.) Bitkisinde Bitki Gelişimi ve Bazı Besin Elementleri İçeriğine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Anabilim Dalı, Nisan 2012, Van
- [22] Hernandez A., Castillo H., Ojeda D., Arras A., Lopez J., Sanchez E. 2010. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70 (4): 583-589 (October-December 2010).
- [23] Hınıslı, N., 2014. *Vermikompost Gübresinin Kıvrıkcık Bitkisinin Gelişmesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi ve Diğer Bazı Organik Kaynaklı Gübrelerle Karşılaştırılması*, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.

## Probabilistic Seismic Hazard Assessment of City Center of Kayseri

Huseyin Cilsalar\*<sup>1</sup>, Ugur Temiz<sup>2</sup>,

\*<sup>1</sup> Yozgat Bozok University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Civil Engineering,  
YOZGAT

<sup>2</sup> Yozgat Bozok University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Geological Engineering,  
YOZGAT

(Alınış / Received: 27.10.2019, Kabul / Accepted: 13.06.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 17.08.2020)

### Keywords

Probabilistic seismic hazard,  
Seismic hazard curve,  
Seismic hazard  
deaggregation,  
Kayseri

**Abstract:** Seismic hazard in city center of Kayseri is evaluated with probabilistic approach in this study. Earthquakes happened between 1900 and 2018 around the city are considered for the evaluation, and magnitude-recurrence relation of these events is obtained. Using a ground motion prediction equation, peak ground acceleration, spectral accelerations at period of 0.2 and 1 sec with different return periods are calculated and corresponding seismic hazard curves are demonstrated. Uniform hazard spectra are constructed and compared with those spectra obtained from Turkish seismic design code. Also, seismic hazard is deaggregated to distinguish how different magnitude and distances contribute expected hazard in the city center. Seismic hazard curves obtained in this study can be used to construct earthquake spectra for different return period earthquake events, and for the selection of ground motions to be used in dynamic analysis of structures. Results of seismic hazard deaggregation show that mean magnitudes contributing the hazard at the site considered are around 6.3 for peak ground acceleration and spectral acceleration at 0.2 sec, and 6.7 for the spectral acceleration at 1 sec period for both probability of exceedance of 2% and 10% in 50 years and soil types that have shear wave velocity of 760 m/s or higher.

## Kayseri İli Şehir Merkezinin Olasılıksal Sismik Tehlike Değerlendirmesi

### Anahtar Kelimeler

Olasılıksal sismik tehlike,  
Sismik tehlike eğrileri,  
Sismik tehlike  
ayrıştırılması,  
Kayseri

**Öz:** Bu çalışmada Kayseri ili şehir merkezindeki sismik tehlike olasılıksal yaklaşım ile değerlendirilmiştir. 1900 ve 2018 arası şehir çevresinde meydana gelen depremler değerlendirme için dikkate alınmış ve bu depremlerin magnitüd-frekans ilişkisi elde edilmiştir. Yer hareketi tahmin denklemi kullanarak farklı tekerrür periyotlarına sahip maksimum yer ivmesi, 0.2 ve 1 saniyeye karşılık gelen spektral ivmeler hesaplanmış ve bunlara ait sismik tehlike eğrileri gösterilmiştir. Üiform tehlike spektrumları elde edilmiş ve Türkiye deprem yönetmeliğinden elde edilen spektrumlarla karşılaştırılmıştır. Ayrıca, sismik tehlike, farklı magnitüd ve mesafelerin beklenen tehlikeye nasıl katkı yaptığını belirlemek için ayrıştırılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sismik tehlike eğrileri, farklı tekerrür periyotlu depremler için spektrumların oluşturulmasında ve yapıların dinamik analizinde kullanılacak yer hareketlerinin seçiminde kullanılabilir. Sismik tehlike ayrıştırmasının sonuçları göstermektedir ki belirlenen alan için tehlikeye katkıda bulunan ortalama magnitüd değeri, ortalama kayma hızı 760 m/s ya da daha fazla olan zeminlerde, 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve %10 olan maximum yer ivmesi ve 0.2 saniye periyotlu spectral ivme için 6.3 civarında, 1 saniye periyotlu spectral ivme için 6.7 civarındadır.

\*İlgili Yazar, email: huseyin.cilsalar@bozok.edu.tr

## 1. Introduction

Structural analysis is critical to evaluate collapse performance, which requires having a model that can capture all failure modes and deterioration mechanisms properly, especially near collapse of the building. In addition, estimation of loads is also significant to the structural design. One of the most complicated load types that may act on a structure during the service life is earthquake load. Because it is dynamic and there is no clue beforehand where and when it may occur. These properties of earthquakes, along with many others, determine ground motions to be used in collapse or fragility analysis and this significant issue needs to be addressed before any structural analysis is performed. Also, earthquake spectra which form base for these analyses are mainly related with the expected earthquake.

However, there is no any information available at the time of design of a structure about future earthquakes. So, best estimation should be made based on the past events so that structures withstand against ground shaking. This estimation of future earthquakes are carried out using two different methods; deterministic and probabilistic seismic hazard analysis (PSHA). Former method is about to determine the worst-case earthquake scenario. This may seem simple at first. However, making a decision on just one event that has highest intensity on site is not an easy task. High magnitude events further away from the site can be more intense than nearby events with low magnitude. Hence, all different possible scenarios, occurring at different magnitude and locations, should be taken into account and decision should be made out of all these events.

Probabilistic seismic hazard analysis, on the other hand, is a tool that was developed to evaluate seismic hazard at a site considering magnitude and location uncertainties of future earthquakes based on probabilistic method, using earthquakes in the past. It was first introduced by C. Allin Cornell in 1968 [1], and instead of just one event, all earthquakes that may occur around the site are considered for the calculation, with different magnitude and locations. Its history, early and recent developments are summarized in [2]. In addition to earthquake magnitude and location, using a ground motion prediction relation, ground motion intensity and related statistics are computed such as probability of exceedance of acceleration at different structural periods. Combining all these results, seismic hazard for the considered site is calculated.

In this study, probabilistic seismic hazard analysis approach is used to evaluate seismic hazard of city center of Kayseri. Some similar studies are available in literature for different parts of Turkey [3-8]. Magnitude-recurrence relation is calculated using past events around city center, which happened between 1900 and 2018. These earthquakes are obtained from Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD) [9]. All earthquakes occurred within radius of 150 km around the site are considered for calculation. Annual rate of exceedance of different ground motion intensities are also calculated and seismic hazard curves are illustrated for 43, 72, 475, and 2475-year return periods. Uniform hazard spectrum (UHS) is constructed using these seismic hazard curves and compared with those obtained from Turkish seismic design code (TSDC) [10] for different types of soils. Seismic hazard deaggregation procedure [11] is employed to have an idea of how different magnitudes and distance parameters are contributing hazard at city center and mean values of magnitudes and distances, contributing to hazard, are obtained.

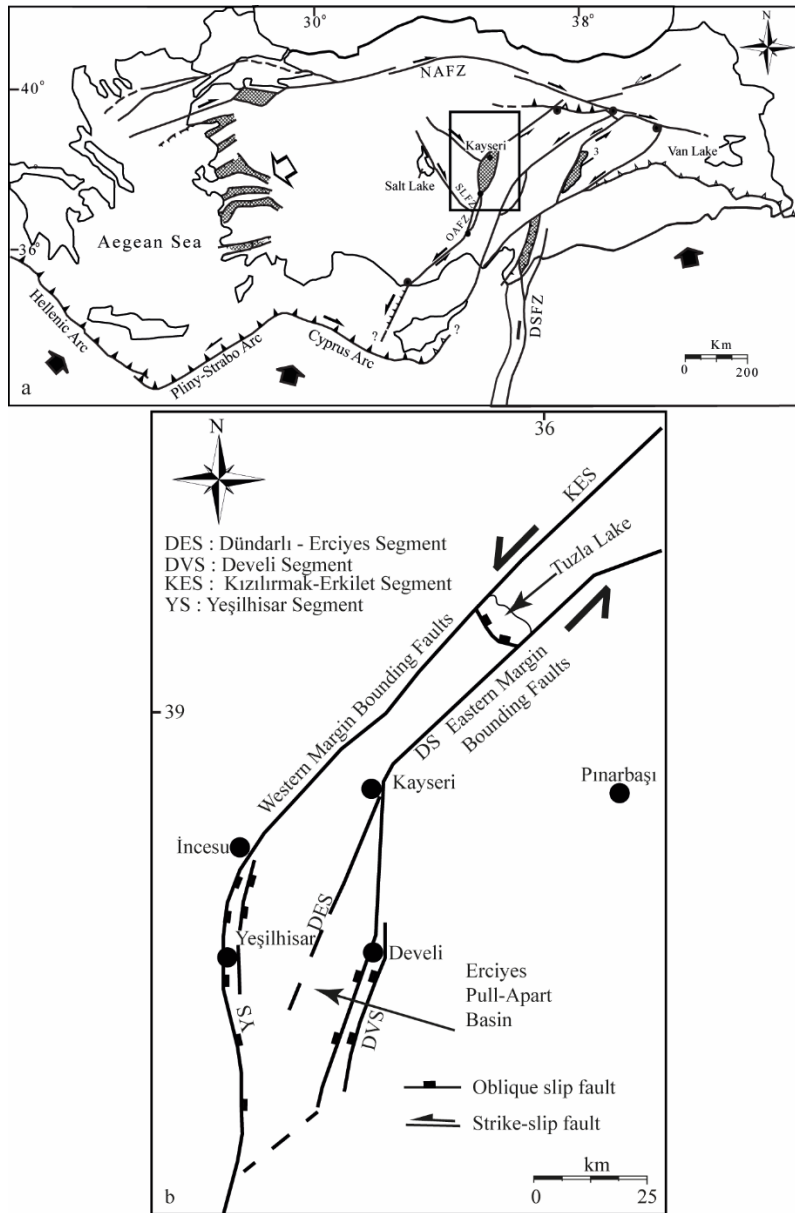
## 2. Material and Method

Probabilistic seismic hazard analysis is performed considering five steps following;

- 1- First step is to identify each possible earthquakes source or sources that can produce earthquake which has possible damage to structure at site. These source or sources might be point, line and area, or combination of these three, in plane. However, more complex source models can also be assumed such as three dimensional sources which are computationally expensive.
- 2- All earthquakes happened in a time frame on the source, determined at first step, are obtained, and occurrence of each event, greater than a specific magnitude, per year is computed.
- 3- Depending on the source type, probability of location of an earthquake is calculated in this step.
- 4- Probability distribution of ground motion intensity such as peak ground acceleration (PGA), peak ground velocity (PGV) or spectral acceleration at a structural period of  $T$ ,  $S_a(T)$ , should be determined at this step. A ground motion prediction equation (GMPE) is needed for this calculation and it should be applicable to the site considered.
- 5- Last step is to combine all statistics obtained through Steps 1-4, and to compute mean annual rate of exceedance or seismic hazard curve of a ground motion intensity parameter considered at Step 4.

## 2.1 Seismic sources around the city and identification of the source

Kayseri and its vicinity in the Central Anatolia Region are under the influence of important fault zones. One of the most important fault zones is the NE-SW trending Central Anatolian Fault Zone with a left lateral strike slip within the continent that controls Kayseri and its vicinity and the eastern part of Central Anatolia (CAFZ) [12], as shown in Figure 1a. NE trending fault, which is approximately 730 km long and 2 to 80 km wide, consists of 24 segments while covering the Anatolian plate [13]. This fault zone is bending in the region of Kayseri and forms Erciyes pull-apart basin and Erciyes volcanic complex [13]. The Erciyes pull-apart basin is defined as an S-shaped active-growing depression area of approximately 35 km wide, 120 km long and 1.2 km deep [13], as illustrated in Figure 1b. It is controlled by important fault segments that control the western and eastern borders of this depression area in which Kayseri is located. The Kizilirmak-Erkilet and Yesilhisar fault segments of the OAFZ are bounded by the western part of the Erciyes pull-apart basin. Kizilirmak-Erkilet segment is 2-10 km wide, 170 km long and has a N50°E extension. The Yesilhisar fault segment is a normal strike component with an N-S extension and step morphology with a width of 8 km, length of 60 km from several hundred meters. The eastern part of the basin is bordered by Dunderli-Erciyes and Develi subfault segments, which are found under the Dometmetas fault segment and lower branches. Dunderli-Erciyes fault segment is a left lateral strike fault with normal strike component is 83 km long and N17°E trend. The Develi fault segment is an oblique-slip with normal fault, its extension is NNE and has a length of approximately 104 km [13] Figure 1b.



**Figure 1.** a) Simplified neotectonics map of Turkey and the environment (DSFZ: Dead Sea Fault Zone, SLFZ: Salt Lake Fault Zone, NAFZ: North Anatolian Fault Zone (modified from [12]), b) Neotectonic map of the Erciyes pull-apart basin included in the Central Anatolian Fault Zone modified from [13]).

Although the exact location and magnitude of the outer center is not known in Kayseri and its vicinity, 10 historical earthquakes were recorded, and these are given in Table 1 [14]. These earthquakes occurred in the vicinity of Nigde, Develi, Kayseri, and Sivas.

**Table 1.** Historical earthquakes in Central Anatolia between the years 240-1900 [14]

Date (year/month/day)	Coordinates	Location	Intensity
240		Kayseri-Sivas	IX
1104		Niğde	IX
1205	38.70-35.50	Kayseri	VIII
1695.01.01		Sivas	
1704.06.09		Kayseri	
1714		Kayseri	VII
1717.05.09	38.70-35.50	Kayseri	VIII
1754.09.16	39.75-37.00	Kangal (Sivas)	VII
1779.03.14		Divriği (Sivas)	
1835.08.23	38.30-35.50	Develi (Kayseri)	VIII

A catalogue is formed using the data obtained from [9], for the seismic hazard evaluation of city center. This catalogue includes events between 1900 and 2018, and magnitude of these earthquakes are higher than 4. It is observed that all earthquakes are scattered all around the city center, and there is not an accumulation of events on a fault segment dominantly. So, it is reasonable to assume an area source model for the earthquakes. Hence, line source is omitted. A circle with a radius of 150 km is defined as area source. Occurrence of each magnitude of earthquakes in the area per year is key parameter for the PSHA calculation.

Earthquake catalogue includes different types of magnitude definition and they are needed to be converted a single type that can be used in ground motion prediction equation. So, all magnitudes are converted to the moment magnitude,  $M_w$ . Conversion relations proposed by [15] are used in this study as given in Equation 1.

$$\begin{aligned}
 M_w &= 2.25M_b - 6.14 \\
 M_w &= 1.27M_d - 1.12 \\
 M_w &= 1.57M_L - 2.66 \\
 M_w &= 0.54M_s + 2.81
 \end{aligned} \tag{1}$$

After conversion of magnitudes, they range approximately from 3 to 6.5 within the area source that is previously defined. All these data are ranked to obtain annual occurrence of events within the time frame considered in the catalogue. Recurrence relation is calculated by Gutenberg-Richter recurrence law [16], as given in Equation 2.

$$\log_{10}(\lambda_m) = a - bM \tag{2}$$

In this equation  $M$  is the magnitude of an earthquake,  $a$  and  $b$  are regression coefficients and  $\lambda_m$  is the rate of earthquakes with magnitude  $M$ . Cumulative distribution function of a magnitude can be estimated based on  $a$  and  $b$  coefficients in Equation 2. However, it is unrealistic to assume that a source can produce any magnitude. Therefore, event magnitudes are needed to be limited so that reasonable estimation can be made with the data. In this study, only magnitudes between 4 and 7 are considered. Earthquakes which have magnitudes less than 4 are not expected to damage a structure. So, magnitudes below this omitted for the sake of computational convenience. On the other hand, upper value is limited to be 7 due to lack of data at high magnitudes. Considering this bounding, cumulative distribution function of can be expressed depending on the coefficients in Equation 2.

$$F_m = \frac{1 - 10^{-b(m-m_{min})}}{1 - 10^{-b(m_{max}-m_{min})}} \quad m_{min} < m < m_{max} \tag{3}$$

$F_m$  is cumulative distribution function of magnitude,  $m$ ,  $m_{max}$  and  $m_{min}$  are the maximum and minimum magnitudes that source can produce, respectively. Figure 2 shows annual rate of exceedance of earthquakes magnitudes as result of the computation.

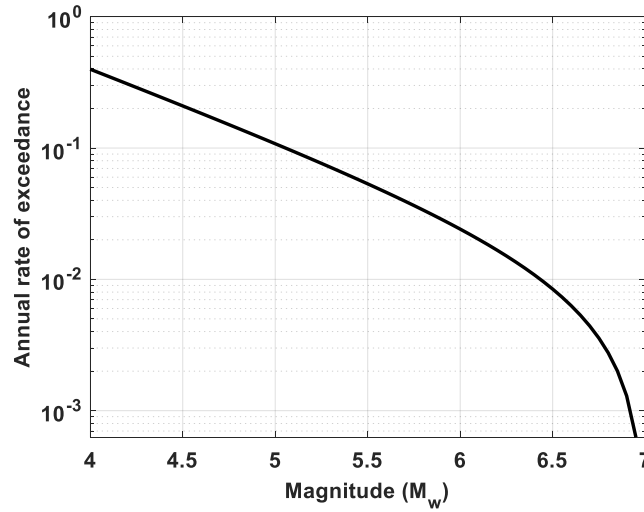


Figure 2. Magnitude recurrence relation based on bounded Gutenberg-Richter law

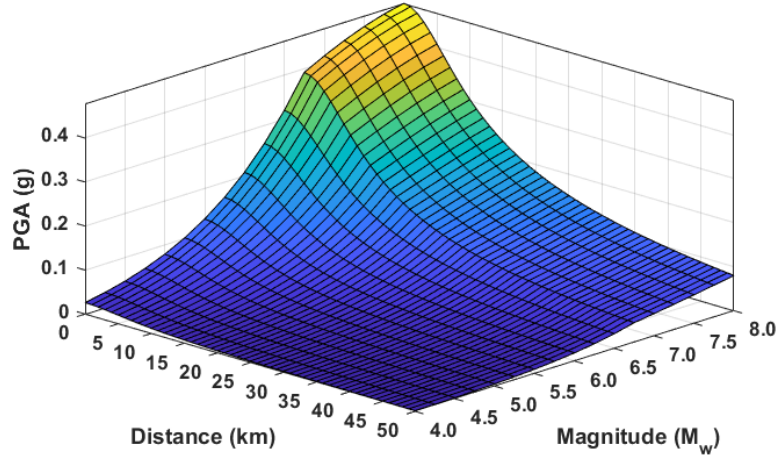
## 2.2. Ground Motion Prediction Equation

After distribution of earthquake magnitudes and locations are determined, next step is to evaluate statistics of specific ground motion intensities. This requires a ground motion prediction equation (GMPE) which can be used for the site under consideration for seismic hazard. GMPE is a formulation to calculate different intensities of ground motion depending on some parameters such as, magnitude, distance, fault type, soil type etc.

There are some ground motion prediction equations available, proposed for Turkey, [17-20] in horizontal direction. A prediction relation for vertical ground motions in Turkey is proposed by Kalkan and Gülkan [21], and other studies are also investigated vertical ground motion in Turkey [22-23]. In this study, proposed method by Kale et al. [20] in horizontal direction is used. General form of this prediction relation is given in Equation 4. This model have controlling parameters of magnitude scaling, ( $f_{mag}$ ), geometric decay, ( $f_{dis}$ ), type of fault mechanism on site ( $f_{sof}$ ), site effects ( $f_{site}$ ) and elastic attenuation ( $f_{att}$ ) to calculate logarithmic mean value of a ground motion intensity. Here, Y can be any of peak ground acceleration (PGA, g), peak ground velocity (PGV, cm/s) or spectral accelerations at different structural period. This model can predict ground motion parameter of an earthquake that have moment magnitude ( $M_w$ ) between 4 to 8 and Joyner-Boore ( $R_{JB}$ ) distance up to 200 km. So, in this study all distances are calculated as Joyner-Boore distance to be consistent with the prediction relation used. Soil type is also another input parameter for this prediction relation and shear wave velocity at upper 30 m part, ( $V_s$ )<sub>30</sub>, of the soil is considered for calculation. Change in PGA value with respect to distance and magnitude is illustrated in Figure 3 for ( $V_s$ )<sub>30</sub> value of 760 m/s.

$$\ln Y = f_{mag} + f_{dis} + f_{sof} + f_{aat} + f_{site} \quad (4)$$

There are six different types of soils defined in TSDC, from ZA to ZF, and classification depends on ( $V_s$ )<sub>30</sub> and other soil properties. In this study, values for ( $V_s$ )<sub>30</sub> are selected to be 1500 m/s, 760 m/s, 360 m/s and 180 m/s. These values represent transition between soil types of ZA-ZB, ZB-ZC, ZC-ZD and ZD-ZE, respectively. Seismic hazard curves and uniform hazard spectra for each types of soil are constructed and compared with the TSDC.



**Figure 3.** PGA change depending on magnitude and distance for used ground motion prediction equation

Standard deviation of ground motion intensity is also calculated with this proposed GMPE by [20], which is also used to determine probability of exceedance of ground motion parameters for the PSHA calculation.

## 2.2. Seismic hazard curves

Last part of probabilistic seismic hazard analysis is to combine all information obtained in the previous steps. Probability density functions of magnitude,  $f_m(m)$ , distance,  $f_r(r)$  and a ground motion parameter for a distinct value of  $m$  and  $r$ ,  $P(IM > x|m, r)$ , which is calculated from a GMPE, are combined all together to obtain probability of an intensity measure, IM, being greater than an arbitrary value of  $X$ , as shown in Equation 5.

$$P(IM > X) = \int_{m_{min}}^{m_{max}} \int_0^{r_{max}} P(IM > x|m, r) f_m(m) f_r(r) dr dm \quad (5)$$

However, this equation does not include any information about frequency of an event or annual rate of exceedance. Including magnitude-recurrence relation of the source in the equation, Equation 5 can be written as;

$$\lambda(IM > X) = \lambda(M > m_{min}) \int_{m_{min}}^{m_{max}} \int_0^{r_{max}} P(IM > x|m, r) f_m(m) f_r(r) dr dm \quad (6)$$

In this equation  $\lambda(M > m_{min})$  is the rate of occurrence of earthquakes in a source with magnitudes greater than  $m_{min}$  and it is calculated as given in Equation 7.

$$\lambda(M > m_{min}) = 10^{a-bm_{min}} \quad (7)$$

$(IM > X)$  gives rate of an intensity measure greater than  $X$ . Considering all sources and discrete distribution of magnitude and distance Equation 6 is written for the discretized values of magnitude and distance as given in Equation 8.

$$\lambda(IM > X) = \sum_{i=1}^{N_{sources}} \lambda(M_i > m_{min}) \sum_{j=1}^{N_M} \sum_{k=1}^{N_R} P(IM > x|m_j, r_k) P(M_i = m_j) P(R_i = r_k) \quad (8)$$

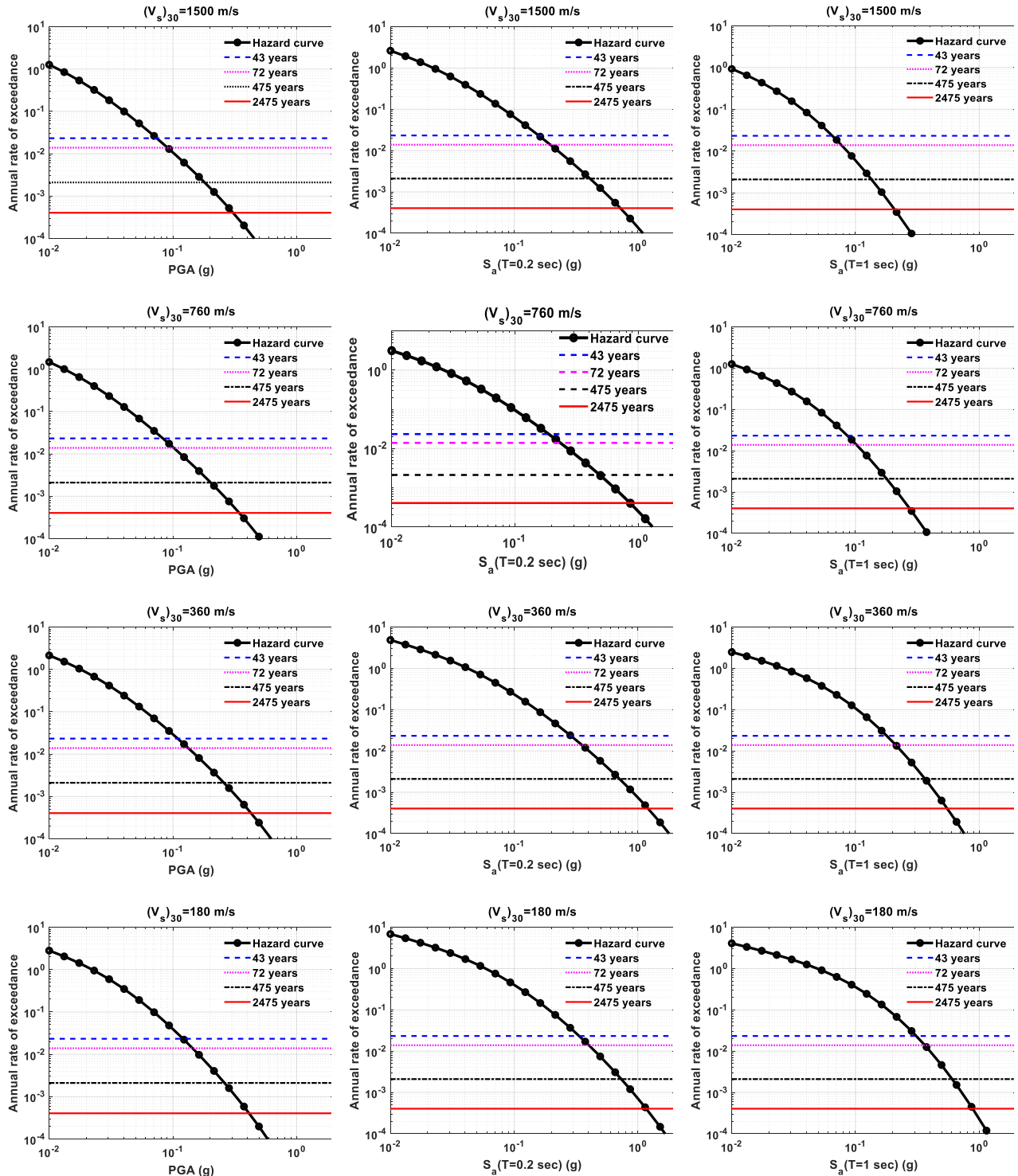
$N_{sources}$  is number sources considered,  $N_M$  and  $N_R$  denote number of magnitudes and distances discretized at  $M_j$  and  $R_k$ . Summation of these quantities in Equation 8 yields mean annual rate of exceedance of a ground motion intensity,  $\lambda(IM > X)$ . Repetitive calculation of this step gives seismic hazard curve for considered IM. Detailed explanation for introduction to PSHA and related calculations, and extension of the method to deaggregate seismic hazard can be found in [24].



### 3. Results

Seismic hazard curves for four different soil types are computed. Moreover, uniform hazard spectrum (UHS) for these soil types is given. In TSDC, four different earthquake levels are defined from DD-1 to DD-4. DD-1 is the highest earthquake level, defined in the code, with 2% probability of exceedance in 50 years. Other levels DD-2, DD-3 and DD-4 have 10%, 50% and 68% of probability of exceedance with return periods of 475, 72 and 43 years, respectively. So, these time values are used for return period of the earthquakes to compute UHS.

Figure 4 shows seismic hazard curves for four different types of soil and three different ground motion intensities. Horizontal lines are added in the figures to show time horizons determined to construct UHS.

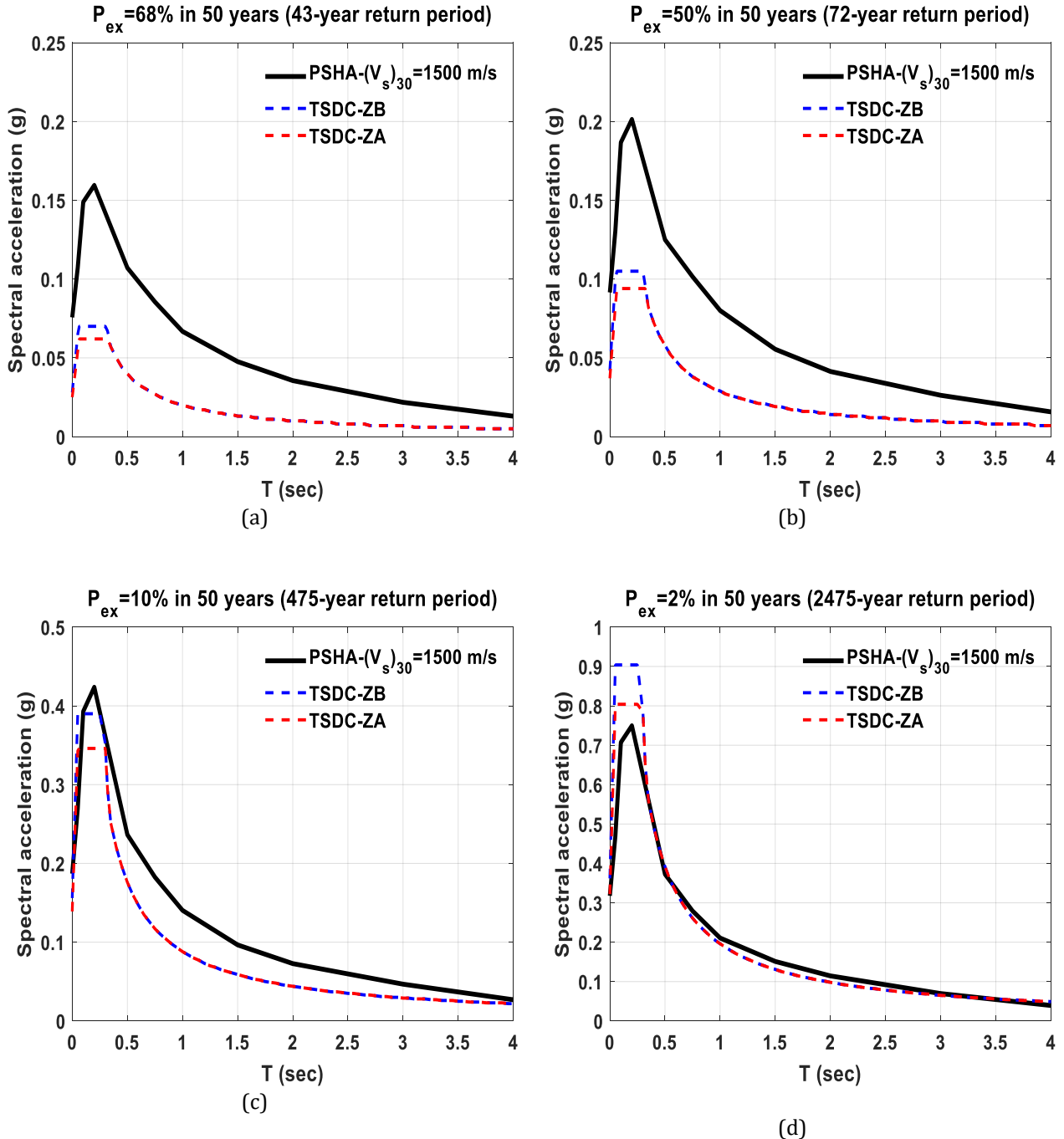


**Figure 4.** Seismic hazard curves for different ground motion intensities and soil types

Design spectra are based on short and long period spectral acceleration coefficients, which are given as spectral accelerations at 0.2 and 1 sec as per TSDC. So, seismic hazard curves are calculated for  $S_a(T = 0.2 \text{ sec})$ , and

$S_a(T = 1 \text{ sec})$ , in addition to PGA. Seismic hazard curves for these three different ground motions with different soil parameters in hand, spectra for any return period event can be constructed without any sophisticated calculations.

Uniform hazard spectrum (UHS) is obtained based on a target return period or rate of exceedance. Accelerations values on different seismic hazard curves corresponding to distinct return period are selected and plotted against structural period. So, each point on a UHS has the same annual rate of exceedance. Following Figures 5-8 show uniform hazard spectra, each one of these correspond to different earthquake levels defined in TSDC, and soil types. Observed uniform hazard spectra are also compared by the design spectra from TSDC. In these figures  $P_{ex}$  is the probability of exceedance of each point on the spectrum.



**Figure 5.** Comparison of UHS and design spectra for different return period event,  $(V_s)_{30} = 1500 \text{ m/s}$   
 (a) 43-year event (b) 72-year event (c) 475-year event (d) 2475-year event

It is observed that PSHA predicts higher values of accelerations for 43 and 72-year return period event for almost all structural periods and soil types, although, it is converging to the design spectra at periods around 4 sec. Constant acceleration range for the spectra obtained by PSHA is observed to be wider for these earthquake levels, as well. For earthquakes level of DD-1 and DD-2, PSHA results fall between two spectra at low periods, and almost

same with them in large periods. Here please note that shear wave velocity shown in the graphs are the transition value between two soil types given in the same figure, and these soil types are defined in TSDC.

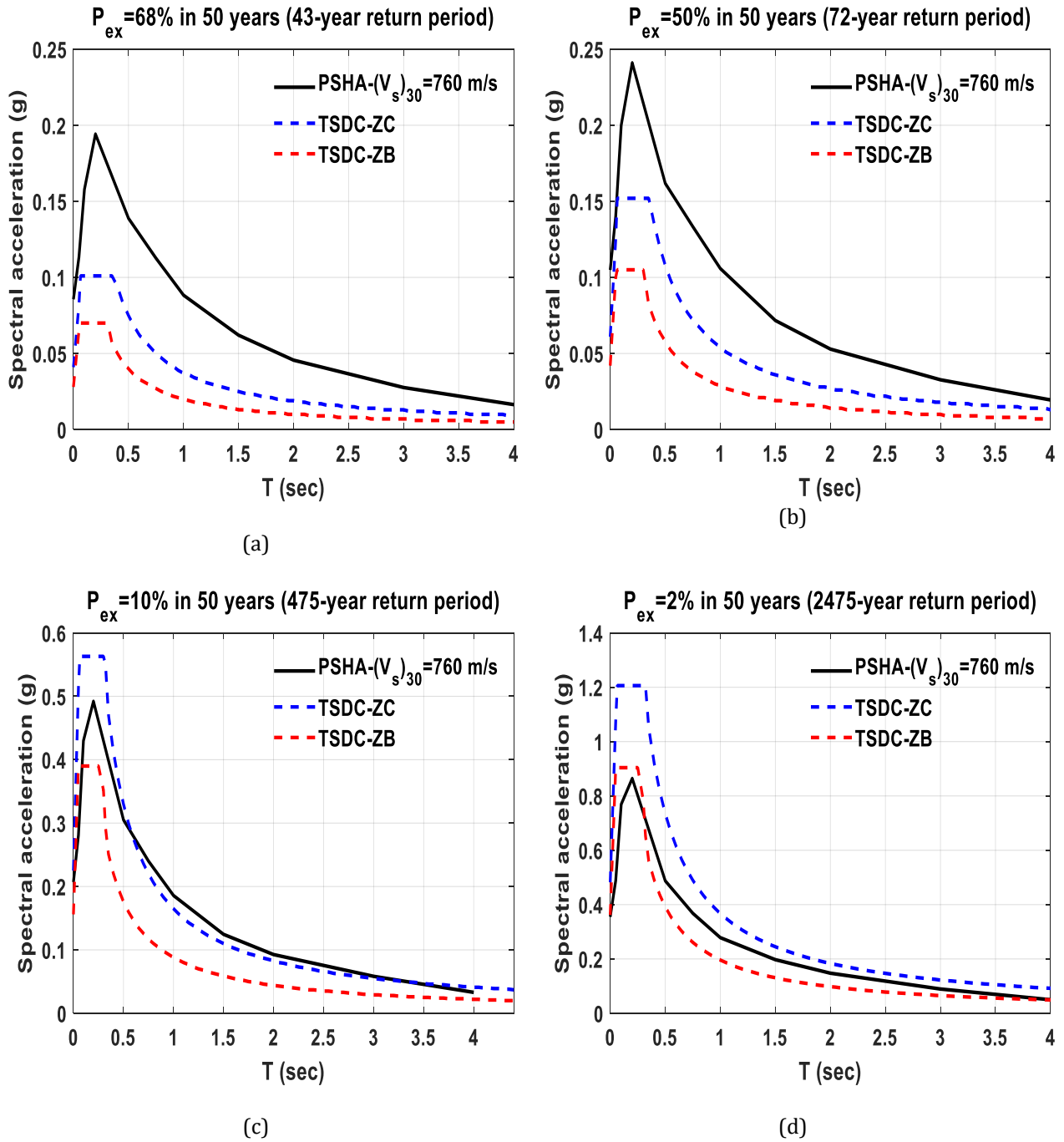


Figure 6. Comparison of UHS and design spectra for different return period event,  $(V_s)_{30} = 760$  m/s  
 (a) 43-year event (b) 72-year event (c) 475-year event (d) 2475-year event

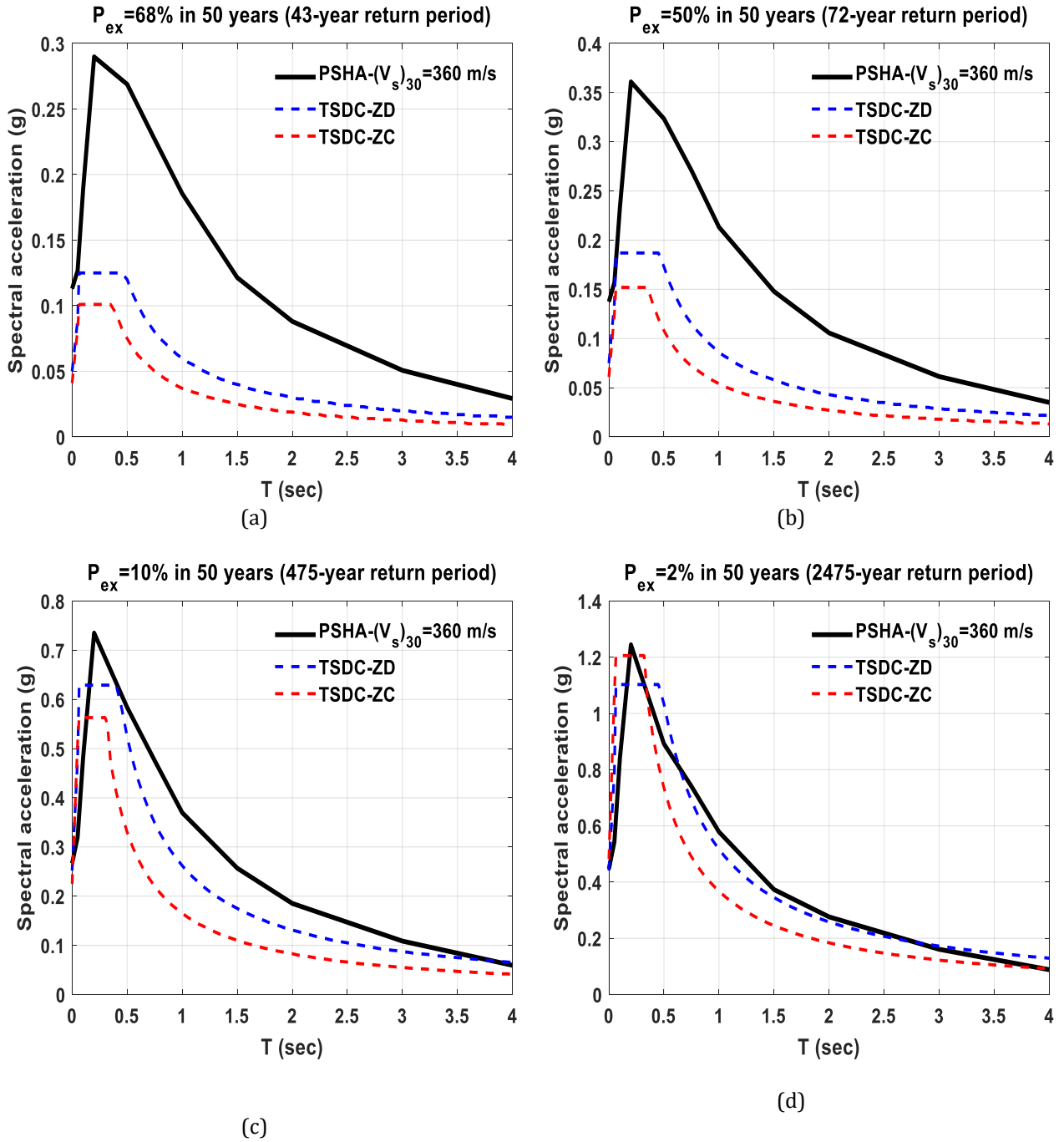
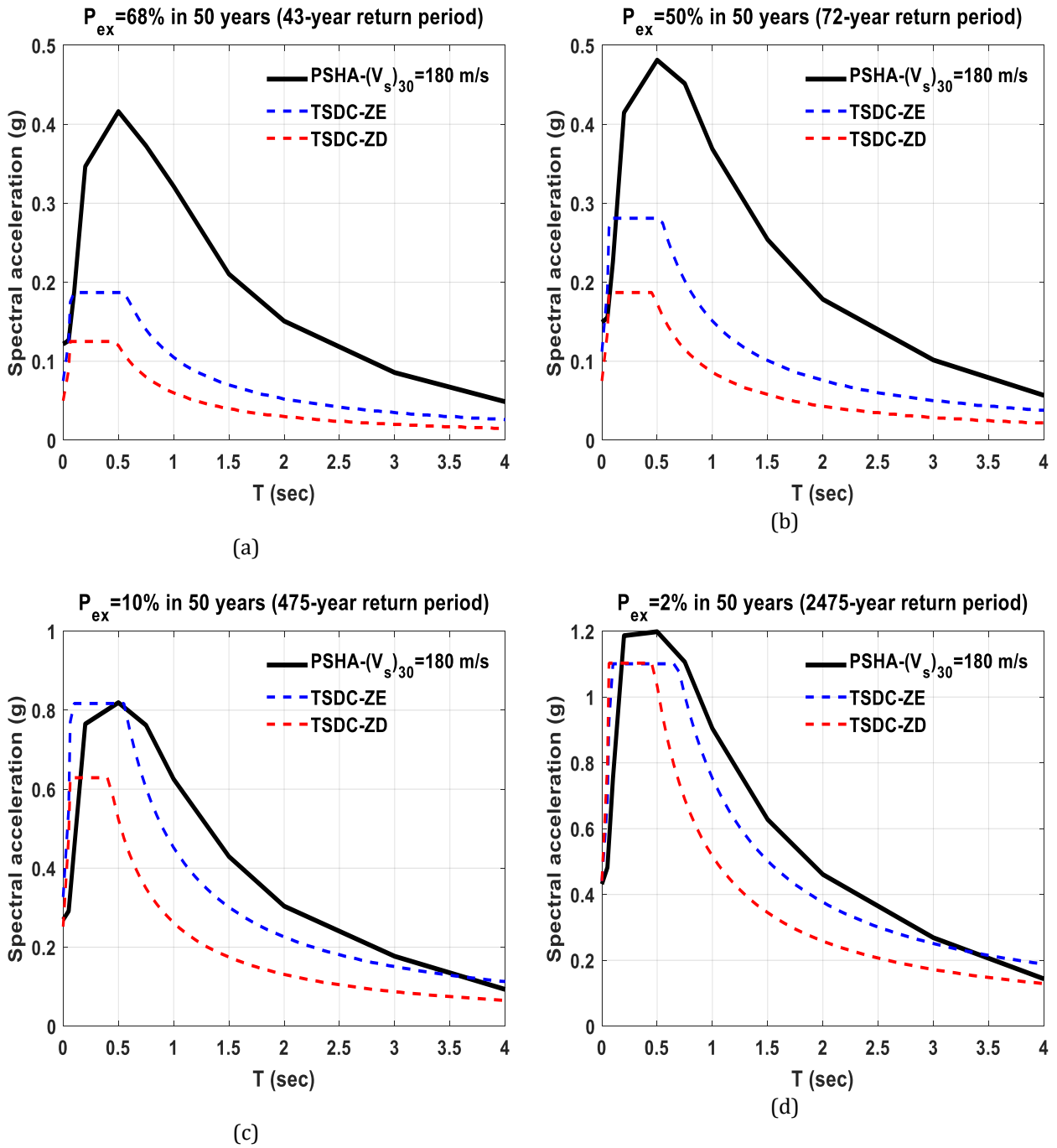


Figure 7. Comparison of UHS and design spectra for different return period event,  $(V_s)_{30} = 360$  m/s  
 (a) 43-year event (b) 72-year event (c) 475-year event (d) 2475-year event



**Figure 8.** Comparison of UHS and design spectra for different return period event, ( $V_s$ )<sub>30</sub> = 180 m/s  
 (a) 43-year event (b) 72-year event (c) 475-year event (d) 2475-year event

Seismic hazard at the site is deaggregated for the events that have 2% and 10% probability of exceedance in 50 years for the soil types with shear wave velocity of 760 m/s and 150 m/s. Contribution of magnitude-distance pairs to the hazard is calculated, and mean values of these are given in Table 2 for peak ground acceleration, and spectral accelerations at structural period of 0.2 and 1 second. For PGA, mean magnitude values are about 6.3, for short and long period spectral accelerations, it is around 6.25 and 6.70, respectively. Mean values of distances for PGA and short period spectral acceleration are around 14 km in 2475-year event and it is higher for 475-year event as expected. Distance values contributing to hazard, spectral acceleration at 1 sec structural period, is observed to be around 41 km and 53 km for 2475 and 475-year events, respectively.

**Table 2.** Mean values of magnitude-distance contributing to hazard

Vs (m/s)	IM	Parameter	Probability of exceedance in 50 years	
			2%	10%
760	PGA	$M_w$	6.32	6.29
		$R (km)$	14.34	20.19
	$S_a(T = 0.2 \text{ sec})$	$M_w$	6.27	6.23
		$R (km)$	14.24	19.75
	$S_a(T = 1 \text{ sec})$	$M_w$	6.70	6.69
		$R (km)$	41.57	53.28
1500	PGA	$M_w$	6.32	6.28
		$R (km)$	14.30	20.44
	$S_a(T = 0.2 \text{ sec})$	$M_w$	6.28	6.24
		$R (km)$	13.95	19.45
	$S_a(T = 1 \text{ sec})$	$M_w$	6.70	6.69
		$R (km)$	41.56	53.10

#### 4. Discussion and Conclusion

Seismic hazard evaluation of city center of Kayseri is performed in the paper using probabilistic seismic hazard analysis approach. An earthquake catalogue is formed within a time frame and area source with radius of 150 km is defined for potential earthquakes around the city. Annual occurrence of each magnitude in the data and probability distribution of location of earthquakes are calculated.

Seismic hazard curves for PGA and spectral accelerations at period of 0.2 and 1 sec are illustrated for different soil types depending on shear wave velocities, which represent boundary between different soil types. Also, UHSs are constructed and compared with the design spectrum given in TSDC. Results of PSHA tend to yield higher values for low return period event for almost all structural periods, although it is relatively closer to code spectra for high periods. It is also observed that constant acceleration period region in UHS obtained from PSHA tend to be wider. In addition to seismic hazard curves and UHSs, seismic hazard at the site considered is deaggregated and mean values of magnitude-distance pairs contributing the hazard are calculated. Mean values of magnitude contributing the hazard at the site for two different soil types are around 6.3 for PGA and  $S_a(T = 0.2 \text{ sec})$ , and 6.7 for  $S_a(T = 1 \text{ sec})$ . These values of magnitudes are valid for events with 475 and 2475 years return period. In addition, another deaggregation parameter, R, is also calculated to evaluate how different distance values are contributing the hazard. Mean values of R parameter are around 14 km and 20 km for PGA values that have 2% and 10% of probability of exceedance in 50 years in those soil types which have 760 m/s or higher shear wave velocity.

Results of this paper can be used to compute seismic hazard of peak ground acceleration, spectral accelerations at 0.2 and 1 sec for different soil types and return periods. Uniform hazard spectrum can also be constructed for different level of earthquakes, and ground motions to be used for collapse evaluation can be selected accordingly.

#### References

- [1] Cornell, C. A. 1968. Engineering Seismic Risk Analysis. Bulletin of the Seismological Society of America, 58(5), 1583–1606.
- [2] McGuire, R. K. 2007. Probabilistic seismic hazard analysis: Early history. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 37(3), 329 – 338.
- [3] Kartal, R. F., Kilic, T., Kadiroglu, F.T. 2014. Olasılık ve İstatistik Yöntemler ile Mersin İlinin Sismik Tehlikesinin Tahmini. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim 2011 – ODTÜ – ANKARA.
- [4] Kartal, R. Ozyazicioglu, M., Kilic, T. 2015. Konaklı Kayak Merkezi (Erzurum) için Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim 2015 – DEÜ-İZMİR.
- [5] Kutanis, M., Ulutas, H., Isik, E. 2018. PSHA of Van province for performance assessment using spectrally matched strong ground motion records. Journal of Earth System Science, 127:99.

- [6] Erdik, M., Demircioğlu, K., Şeşetyan, K., Durukal, E., Siyahi, B. 2004 .Earthquake hazard in Marmara region, Turkey. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 1(24), 605-631.
- [7] Kalkan, E., Gülkan, P., Yılmaz, N., Çelebi, M. 2009. Reassessment of probabilistic seismic hazard in the Marmara Region. *Bulletin of Seismological Society of America*, (4)99, 2127-2146.
- [8] Harman, E. 2015. Sakarya ili için olasılığa dayalı sismik tehlike analizi. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 20(1), 23-31.
- [9] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD). AFAD deprem kataloğu, <https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu>. (Last accessed: 23.11.2019)
- [10] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), [https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2309/files/TBDY\\_2018.pdf](https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2309/files/TBDY_2018.pdf). (Last accessed: 23.11.2019)
- [11] Bazzurro, P., Cornell, C. A. 1999. Disaggregation of Seismic Hazard, *Bulletin of Seismological Society of America*. (89)2, 501-520.
- [12] Koçyiğit, A, Beyhan, A., 1998. A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey, *Tectonophysics*. 284(3-4),317-336.
- [13] Koçyiğit, A, Erol, O., 2001. A tectonic escape structure: Erciyes pull-apart basin, Kayseri, central Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, 14(1-3), 133-145.
- [14] Soysal, H., Sipahioğlu,S., Kolçak, D.,Altınok, Y.,1981. Türkiye ve çevresinin tarihsel deprem kataloğu (M.Ö. 2100 - M.S. 1900). TÜBİTAK yayınları, 563. Cilt, 86.
- [15] Deniz, A. & Yucemen, M.S. 2010. Magnitude conversion problem problem for Turkish earthquake data. *Natural Hazards*, 55(2), 33-352.
- [16] Gutenberg, B., Richter, C. F. 1944. Frequency of earthquakes in California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 34(4), 185–188.
- [17] Cagnan, Z., Akkar, S. A. 2010. Local Ground-Motion Predictive Model for Turkey, and Its Comparison with Other Regional and Global Ground-Motion Models, *Bulletin of Seismological Society of America*, 100(6), 2978-2995.
- [18] Gülerce, Z., Kargoğlu, B., Abrahamson, N. A. 2016 Turkey-Adjusted NGA-W1 Horizontal Ground Motion Prediction Models. *Earthquake Spectra*, 32(1), 75-100.
- [19] Kalkan, E., Gülkan, P. 2004 Site-Dependent Spectra Derived from Ground Motion Records in Turkey. *Earthquake Spectra*, 20(4), 1111-1138.
- [20] Kale, Ö., Akkar, S., Ansari, A., Hamzehloo, H. 2015. A Ground-Motion Predictive Model for Iran and Turkey for Horizontal PGA, PGV, and 5% Damped Response Spectrum: Investigation of Possible Regional Effects, *Bulletin of the Seismological Society of America*. 105(2A), 963-980.
- [21] Kalkan, E., Gülkan, P. 2004 Empirical Attenuation Equations for Vertical Ground Motion in Turkey. *Earthquake Spectra*, 20(3), 853-882.
- [22] Alipour, N. A., Sandıkkaya, M. A., Gülerce, Z. 2019. Ground Motion Characterization for Vertical Ground Motions in Turkey—Part 1: V/H Ratio Ground Motion Models. *Pure and Applied Geophysics*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02324-y>.
- [23] Gülerce, Z., Alipour, N. A., Sandıkkaya, M. N. 2019. Ground Motion Characterization for Vertical Ground Motions in Turkey—Part 2: Vertical Ground Motion Models and the Final Logic Tree. *Pure and Applied Geophysics*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02353-7>.
- [24] Baker, J. W. 2015. Introduction to Probabilistic Seismic Hazard Analysis. White Paper Version 2.1, 77 pp.