



# KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

## FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

## Dergi Sahibi

Prof. Dr. Sadettin HÜLAGÜ - (Kocaeli Üniversitesi)

## Baş Editör

Prof. Dr. K. Süleyman YİĞİT - (Kocaeli Üniversitesi)

## Yardımcı Editörler

Prof. Dr. Murat HOŞÖZ - (Kocaeli Üniversitesi)

Doç. Dr. H. Hakan GÜREL - (Kocaeli Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Mihriban CİVAN - (Kocaeli Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Recep Kaya GÖKTAŞ- (Kocaeli Üniversitesi)

## Prodüksiyon Editörü

Öğr. Gör. Yusuf YAĞCI - (Kocaeli Üniversitesi)

## Editör Asistanları

Arş. Gör. Abdurrahman GÜN - (Kocaeli Üniversitesi)

Arş. Gör. Alp Eren ŞAHİN - (Kocaeli Üniversitesi)

## Dergi Sekreteri

Durmuş İMAT - (Kocaeli Üniversitesi)

## Danışma Kurulu

AYGÜN Halis, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ERDEMLİ Yunus Emre, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ERTUNÇ H. Metin, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ORUÇ Bülent, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ÖZDEMİR Engin, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ÖZTÜRK İlhan Tekin, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

PEKEY Beyhan, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

SARAÇ Halil İbrahim, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

SINMAZÇELİK Tamer, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

UÇAR Mehmet, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

VELİ Elşen, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

GÜRAY R. Taygun, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

KASIM Ufuk, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

KÜÇÜK Serdar, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

MAKARACI Murat, (Doç. Dr.) - (TÜBİTAK)

ÖZKOÇ Güralp, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

PINARBAŞI Seval, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

SAYAR Ahmet, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

KİBAR Ali, (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)

## Editörler Kurulu

AKIN Nilgün, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ALADAĞ Zerrin (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ARIK Mehmet (Prof. Dr.) - (Özyeğin Üniversitesi)

ÇANAKCI Mustafa (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ÇOŞKUN Safa Bozkurt, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

DEMİR Arif (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ENGİN Tahsin (Prof. Dr.) - (Sakarya Üniversitesi)

ERTUNÇ Hüseyin Metin (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

GENÇ Nevim (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

GÜNDOĞDU Özcan (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

KILIÇARSLAN Ali (Prof. Dr.) - (Hitit Üniversitesi, Makine Müh.)

SAYIN Cenk (Prof. Dr.) - (Marmara Üniversitesi, Otomotiv Müh.)

SÖZEN Adnan (Prof. Dr.) - (Gazi Üniversitesi)

ÖZER Nil Pembe (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

URHAN Oğuzhan (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ARICI Müslüm (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ATAPEK Ş. Hakan (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

BAYNAL Kasım (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ÇEPNİ Murat Selim (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ÇETKİN Vildan (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ERGÜL Halim Aytekin (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

GÜLTEKİN Fatma (Doç. Dr.) - (Karadeniz Teknik Üniv., Jeoloji Müh.)

KANDEMİR İlyas (Doç. Dr.) - (Gebze Teknik Üniversitesi)

KARAKAŞ Ahmet (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

KASIM Rezzan (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

SERTÇELİK Fadime (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

YILDIZ Ali Bekir (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

YILMAZ Mehmet (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

YİĞİT Halil (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ARI Aysel Arzu (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)

ÇINAR Mehmet Aytaç (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)

ÇOBAN Onur (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)

EREN Canan Dilek (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)

KİŞHALI Emre (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)

## İletişim

Kocaeli Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü Umutepe Yerleşkesi 41380, Kocaeli/TÜRKİYE  
Tel: +090 (262) 303 30 32 Fax: +090 (262) 303 30 33 E-mail: fbe@kocaeli.edu.tr



**YAYIN VE DANIŞMA KURULLARI ..... I**

**İÇİNDEKİLER ..... II**

**Fikriye POLAT, Ahmet Mehdi DURGUN, Aslı OLACAM, Gülen Sinem İNCİ,  
Merve Bahar DOĞAN, Elif Deniz UZUN, Evin IŞIK**  
Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi'nde Yayılış Gösteren Kertenkelelerin  
Moleküler Düzeyde Tür Tayini ..... 1-6  
*(Araştırma Makalesi)*

**Burak Dinç, Gülsen AVAZ, Oltan CANLI, Ertuğrul ASLAN, Beytullah EREN, Ülkü YETİŞ**  
Samsun İli Kıyı Şeridi Nehir ve Deniz Sedimentlerinde Öncelikli Poliaromatik  
Hidrokarbon (PAH) Bileşikleri ..... 7-14  
*(Araştırma Makalesi)*

**Ömer Faruk TEL, Şule KUŞDOĞAN**  
Elektrikli Araçların Kablosuz Güç İletimi İle Şarj Edilmesi ..... 15-26  
*(Araştırma Makalesi)*

**Mehmet Ufuk KASIM, Feridun YILMAZ, Semra KOŞUMCU, Rezzan KASIM**  
Çilekte (*Fragaria x ananassa* Duch.) Hasat Sonrası Enfeksiyon ve Kalite Üzerine  
Bazı Uçucu Yağların Etkisi ..... 27-35  
*(Araştırma Makalesi)*

**Özgür GÜN, Pınar Yıldız KUMRU**  
Yazılım Projelerinde Gözden Geçirme Bulgu Yoğunluğunu Etkileyen Faktörlerin  
Belirlenmesi: Bir Ar-Ge Kurumunda Uygulama Örneği ..... 36-42  
*(Araştırma Makalesi)*



## Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi'nde Yayılış Gösteren Kertenkelelerin Moleküler Düzeyde Tür Tayini

### *Species Identification Through Molecular Analysis of Lizard Distributed in The Umuttepe Campus of Kocaeli University*

Fikriye POLAT<sup>1\*</sup> , Ahmet Mehdi DURGUN<sup>2</sup> , Aslı OLACAM<sup>3</sup> , Gülen Sinem İNCİ<sup>4</sup> , Merve Bahar DOĞAN<sup>5</sup> , Elif Deniz UZUN<sup>6</sup> , Evin IŞIK<sup>7</sup> 

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0002-5414-2501

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0002-7913-9931

<sup>3</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0003-1919-5728

<sup>4</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0003-0195-4108

<sup>5</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomedikal Mühendisliği, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0001-6084-2507

<sup>6</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0001-6725-3959

<sup>7</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0003-4806-396X

#### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 28/12/2018

Kabul Tarihi : 18/03/2019

#### Anahtar Kelimeler

Barkod Genleri  
DNA  
Filogenetik Analiz  
Kertenkele  
Podarcis siculus

#### Research Paper

Received Date : 28/12/2018

Accepted Date : 18/03/2019

#### Keywords

Barcode Gene  
DNA  
Lizard  
Phylogenetic Analysis  
Podarcis siculus

#### Özet

Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi'nde sıklıkla rastlanan kertenkeleler, moleküler düzeyde tür teşhisi yapılmak üzere yakalanıp, kuyruk bölgelerinden doku örnekleri alındı. Ardından DNA izolasyonu, evrensel mitokondrial COI ve 16S rRNA primerleri kullanılarak Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) ve DNA dizi analizleri yapıldı. Elektroferogramları değerlendirildi ve elde edilen sonuçlar NCBI veri tabanında kayıtlı kertenkele türleri ile karşılaştırıldı. Tür bazında moleküler filogenetik analiz yapılan bu çalışmada Kocaeli Üniversitesi'nde yayılış gösteren kertenkelelerin Podarcis siculus türüne (İstanbul Kertenkelesi) ait oldukları tespit edildi.

#### Abstract

Lizards, commonly found in the Umuttepe Campus of Kocaeli University, were caught and tissue samples were taken from their tail region for species identification through molecular analysis. After that, DNA isolation, Polymerase Chain Reaction (PCR) by using universal primers for the mitochondrial COI and 16S rRNA, and DNA sequence analysis were performed. Electropherograms were evaluated and the results obtained were compared with the species recorded in the NCBI databases. In this study using molecular phylogenetic analysis for species identification, the lizards distributed in the Umuttepe Campus of Kocaeli University were determined to belong to Podarcis siculus (Istanbul lizard).

## 1. Giriş

Reptilia (sürüngenler) omurgalıların "Tetrapoda" denen "4 bacaklılar" veya "kara omurgalıları" grubunun 2'inci sınıfını oluştururlar. Bu sınıfın üyelerinin her bir bacağına 5 parmak ve parmak uçlarında keratin yapısında tırnaklar bulunur [1]. Sürüngenler sınıfı beş grup hayvanın

bir araya gelmesiyle oluşur. Bu gruba dahil olan hayvanlar yılanlar, kertenkeleler, kaplumbağalar, timsahlar ve kalak başlılardır [2].

Kertenkeleler, sürüngenler sınıfının Squamata (pullular) takımına aittir. Türkiye'de geniş coğrafyalara yayılan kertenkeleler ülkemizde sekiz familya (Agamidae, Chamaeleonidae, Gekkonidae, Lacertidae, Scincidae, Anguidae, Varanidae, Eublepharidae ve Blanidae) ile temsil edilen kertenkelelerin tür bakımından en zengin

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): fikriyepolat@kocaeli.edu.tr





olanı Lacertidae familyasıdır. Lacertidae familyası ülkemizde 13 cins (*Acanthodactylus*, *Anatololacerta*, *Apathya*, *Darevskia*, *Eremias*, *Iranolacerta*, *Lacerta*, *Meselina*, *Ophisops*, *Parvilacerta*, *Phoenicolacerta*, *Podarcis* ve *Timon*) ile temsil edilir. Bu cinslerden biri olan *Podarcis* cinsinin Dünya’da yayılış gösteren 22 türü, Türkiye’de ise 3 türü (*Podarcis muralis*, *Podarcis siculus* ve *Podarcis tauricus*) bulunur [3].

İtalyan duvar kertenkelesi olarak da bilinen İstanbul kertenkelesi latince ismiyle *Podarcis siculus*, Orta Akdeniz bölgesinde yayılış gösterir. Özellikle Güneybatı Avrupa ülkelerinde İtalya’da, Sicilya, Sardunya, Korsika’da ve Adriyatik kıyılarınun kuzey kesiminde ve birçok Adriyatik adasında çok sayıda rastlanır [4]. İlginç bir şekilde Yunanistan, Bulgaristan ve Trakya’nın büyük kısmında mevcut olmayan tür İstanbul ve civarında tekrar ortaya çıkar. Bu kesikli yayılış durumu nedeniyle bu türün İstanbul civarına gemilerle geldiği muhtemeldir. Türkiye’de Marmara Denizi kıyıları, Marmara Adaları, İstanbul içi, Kocaeli, Adapazarı ve Zonguldak’ta yayılış gösterir. Deniz seviyesinden 1800 metre yüksekliklere kadar çıkabilir [5].

Vücut boyu yaklaşık 24 cm ve kuyrukları vücudunun 2/3’ü kadar olan *Podarcis siculus*’un sırt pulları küçük, yuvarlak ve düzdür. Sırt tarafı genellikle yeşilimsi veya gri kahverengi olup karışık düzende koyu veya açık lekeli, karın tarafı beyaz, kırmızı ve lekesizdir. Yer altında, ağaçlar üzerinde, kayalık kısımlar, taş duvarlar ile çalılık yerlerde, eğimli yolların sınırları boyunca yaşarlar. Böcek türleriyle beslenirler. Bir dişi 3-12 yumurta bırakır. Poikloterm canlılardır. Eylül ile Mart ayları arasında taşların altında ya da yarıklarda kış uykusuna yatarlar [5].

*Podarcis siculus*’un taksonomisi şöyledir:

Domain: Eukaryota

Kingdom: Metazoa

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Class: Reptilia

Order: Sauria

Family: Lacertidae

Genus: *Podarcis*

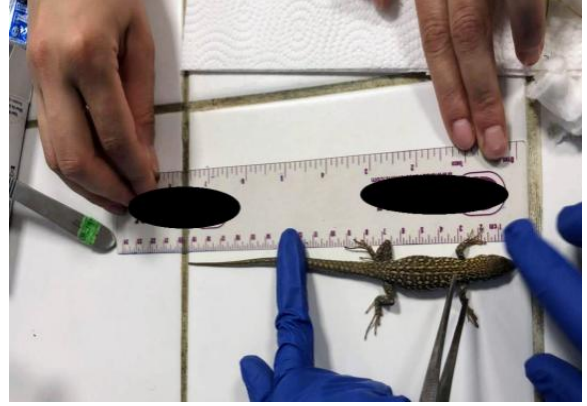
Species: *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810)

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi, Umuttepe Yerleşkesinde yayılış gösteren kertenkelelerin, Sitokrom Oksidaz Subunit I (COI) ve 16S rRNA gen bölgeleri ile moleküler düzeyde tür bazında tespitini yapmak üzere amaçlanmıştır.

## 2. Materyal-Metod

### 2.1. DNA İzolasyonu

Çalışma için Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü (E.3757721) ve KOU-HADYEK (2/1-2018) izinleri alındı. Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesinde yayılış gösteren kertenkelelerden 2 adet yakalanıp (Şekil 1) eter ile bayıldıktan sonra kuyruk bölgelerinden yüzer mg kadar doku örnekleri alınıp Zymo Research Solid Tissues DNA izolasyon kiti ile genomik DNA elde edildi.



Şekil 1. *Podarcis siculus* bireyinin dorsalden görünüşü.

### 2.2. Polimeraz Zincir Reaksiyonu-Agaroz Jel Elektroforezi

COI [6] ve 16S rDNA [7] gen bölgelerine ait evrensel primerler (Tablo 1) kullanılarak ilgili gen bölgeleri PZR ile çoğaltıldı ve %1’lik agaroz jel hazırlanarak 100 voltta 45 dakika yürütüldü.

**Tablo 1.** COI ve 16S rDNA gen bölgelerine ait primerler ve hibritleşme sıcaklıkları.

Genler		
Primerler	COI	16S rDNA
Forward	<i>LCOI490</i> 5’- GGTCACAAATCATAAAGATATTGG -3’	5’-TCGACTGTTTACCAAAAACATAGC-3’
Reverse	<i>HCO2198</i> 5’-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3’	5’-ACGGAATGAACTCAAATCATGTAA-3’
Hibritleşme sıcaklığı	55°C’de 1 dk	50°C de 30 s

### 2.3. DNA Dizi Analizi

PZR ürünleri ExoSAP-ITTM PCR Product Cleanup Reagent (Thermo Fisher Scientific, USA) kiti prosedürüne uygun olarak BM Lab tarafından saflaştırılıp ABI 3730XL Sanger dizileme cihazı (Applied Biosystems, Foster City, CA) ve BigDye Terminatör v3.1 Cycle Dizileme kiti kullanılarak yapıldı.

### 2.4. Filogenetik Analiz

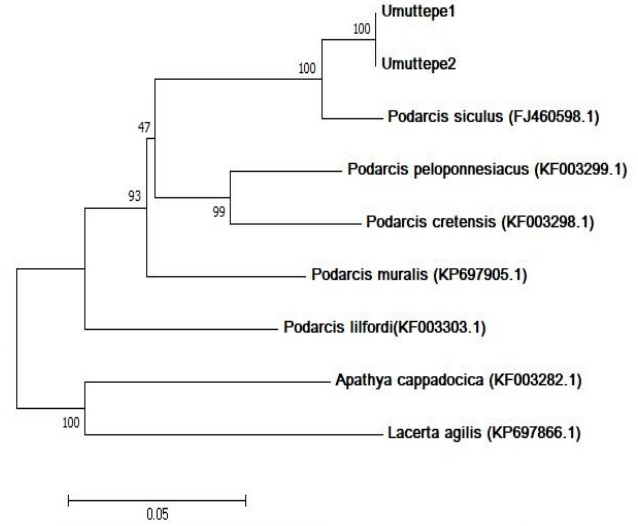
DNA sekanslarına ait elektroferogramlar Chromas 2.6.5 programı ile görüntülendi. Ardından diziler ayrı ayrı FASTA formatında kaydedildi. Dizilerin forward ve reverse complement okumaları Clustal W programı ile hizalanarak karşılaştırıldı. COI ve 16S rRNA bölgesine ait diziler FASTA formatında NCBI BLAST'ta yüklendi. NCBI Nucleotide'de en çok benzerlik gösteren diziler tespit edilerek erişim numaraları (accession number) ile birlikte filogenetik ağaçta kullanılmak üzere kaydedildi. Nükleotid dizileri iki gen için ayrı ayrı MEGA 7.0 programına yüklendi. Modelleme yöntemleri ve mesafeleri belirlendi. Maximum Likelihood metodu Tamura-Nei Modeli (1993), Bootstrap 1000'de filogenetik ağaçları oluşturuldu.

## 3. Bulgular

### 3.1. COI

Umuttepe1 ve Umuttepe2 ismi verilen kertenkelelere ait COI dizileri ayrı ayrı NCBI Blast'a girilerek veri tabanında bulunan kertenkele türleriyle benzerlikleri bulundu. Bunlar arasından çalışmamıza ait COI dizileriyle

%96,70-%78,53 benzerlik oranlarına göre *Podarcis siculus* (FJ460598.1), *Podarcis muralis* (KP697905.1), *Podarcis peloponnesiacus* (KF003299.1), *Podarcis cretensis* (KF003298.1), *Podarcis lifordi* (KF003303.1), *Apathya cappadocica* (KF003282.1), *Lacerta agilis* (KP697866.1) veri tabanından seçildiler. Çalışmamıza ait MH454664 ve MH454665 erişim numaralı *Podarcis siculus*'lar ile veri tabanından belirlenen örneklerle ait COI geni için en düşük genetik uzaklık 0,000, en yüksek genetik uzaklık ise 0,202 olarak bulundu (Tablo 2).



**Şekil 2.** Umuttepe1 ve Umuttepe2'ye ait COI gen bölgeleri için ML metodu ile oluşturulan moleküler filogenetik ağacı.

Programda baz frekansları  $f(A)=0,254$ ,  $f(T)=0,328$ ,  $f(C)=0,254$ ,  $f(G)=0,165$  ve +G (Gamma distribution)=0,19 olarak elde edildi. Örneklerimize ait COI gen bölgesi için filogenetik ağaç Şekil 2'de görülmektedir.

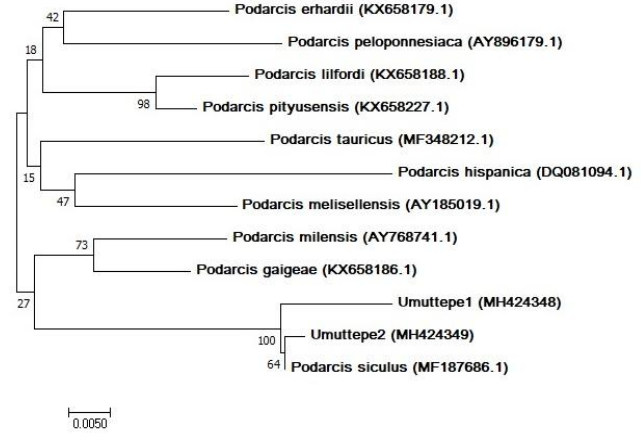
**Tablo 2.** Umuttepe1 ve Umuttepe2'ye ait *Podarcis siculus* COI gen bölgeleri ile diğer gruplara ait ML ve genetik uzaklıkları.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Umuttepe 1		0,000	0,007	0,013	0,013	0,013	0,014	0,017	0,018
2. Umuttepe 2	0,000		0,007	0,013	0,013	0,013	0,014	0,017	0,018
3. <i>Podarcis siculus</i> (FJ460598.1)	0,032	0,032		0,012	0,013	0,013	0,014	0,017	0,018
4. <i>Podarcis muralis</i> (KP697905.1)	0,111	0,111	0,116		0,012	0,013	0,013	0,016	0,017
5. <i>Podarcis peloponnesiacus</i> (KF003299.1)	0,117	0,117	0,112	0,097		0,011	0,014	0,016	0,017
6. <i>Podarcis cretensis</i> (KF003298.1)	0,119	0,119	0,122	0,102	0,068		0,014	0,016	0,018
7. <i>Podarcis lifordi</i> (KF003303.1)	0,139	0,139	0,143	0,107	0,128	0,131		0,015	0,016
8. <i>Apathya cappadocica</i> (KF003282.1)	0,185	0,185	0,190	0,175	0,182	0,182	0,167		0,015
9. <i>Lacerta agilis</i> (KP697866.1)	0,202	0,202	0,202	0,189	0,194	0,209	0,172	0,153	

### 3.2. 16S rDNA

Podarcis siculus oldukları tespit edilen Umuttepe1 ve Umuttepe2'ye ait 16S rDNA gen bölgeleri için NCBI veri bankasından MH424348 ve MH424349 erişim numaraları elde edildi. Aynı veri tabanından çalışmamıza ait olan 16S rDNA gen bölgeleri ile yakın benzerlik gösteren kertenkele türleri tespit edildi. Umuttepe1 ve Umuttepe2 16S rDNA dizileriyle %98,06-85,56 benzerlik oranlarına göre Podarcis siculus (MF187686.1), Podarcis hispanica (DQ081094.1), Podarcis erhardii (KX658179.1), Podarcis lilfordi (KX658188.1), Podarcis pityusensis (KX658227.1), Podarcis tauricus (MF348212.1), Podarcis melisellensis (AY185019.1), Podarcis milensis (AY768741.1), Podarcis gaigeae (KX658186.1), Podarcis peloponnesiaca (AY896179.1) veri tabanından seçildiler. Çalışmamıza ait MH424349 ve MH187686.1 erişim numaralı Podarcis siculus'lar ile veri tabanından belirlenen örnekler için en düşük genetik uzaklık 0,014, en yüksek genetik uzaklık ise 0,080 olarak bulundu (Tablo 3). Programda baz frekansları  $f(A)=0,296$ ;

$f(T)=0,296$ ;  $f(C)=0,204$ ;  $f(G)=0,037$  ve +G (Gamma distribution)=0,09 olarak elde edildi. Örneklerimize ait 16S rDNA gen bölgesi için filogenetik ağaç Şekil 3'de görülmektedir.



**Şekil 3.** Umuttepe1 ve Umuttepe2'ye ait 16S rDNA gen bölgeleri için ML metodu ile oluşturulan moleküler filogenetik ağacı.

**Tablo 3.** Umuttepe1 ve Umuttepe2'ye ait Podarcis siculus 16S rDNA gen bölgeleri ile diğer gruplara ait ML ve genetik uzaklıkları.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Umuttepe 1 (MH424348)		0,006	0,005	0,013	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,013
2. Umuttepe 2 (MH424349)	0,016		0,002	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,012
3. Podarcis siculus (MH187686.1)	0,014	0,002		0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,012
4. Podarcis hispanica (DQ081094.1)	0,087	0,080	0,078		0,012	0,012	0,011	0,011	0,010	0,011	0,012	0,011
5. Podarcis erhardii (KX658179.1)	0,069	0,057	0,055	0,069		0,009	0,009	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
6. Podarcis lilfordi (KX658188.1)	0,069	0,057	0,055	0,076	0,046		0,006	0,010	0,010	0,010	0,009	0,010
7. Podarcis pityusensis (KX6581227.1)	0,067	0,055	0,053	0,064	0,041	0,016		0,009	0,010	0,010	0,010	0,010
8. Podarcis tauricus (MF348212.1)	0,080	0,069	0,067	0,067	0,053	0,053	0,044		0,010	0,009	0,009	0,011
9. Podarcis melisellensis (AY185019.1)	0,069	0,062	0,060	0,057	0,050	0,057	0,046	0,053		0,010	0,009	0,010
10. Podarcis milensis (AY768741.1)	0,071	0,060	0,057	0,067	0,046	0,060	0,048	0,046	0,046		0,007	0,011
11. Podarcis gaigeae (KX658186.1)	0,057	0,046	0,044	0,076	0,055	0,046	0,048	0,048	0,044	0,028		0,010
12. Podarcis peloponnesiaca (AY896179.1)	0,080	0,069	0,067	0,064	0,046	0,055	0,046	0,062	0,055	0,057	0,050	

### 4. Tartışma ve Sonuç

Canlılarda tür teşhisi yapmak için bilim insanları tarafından çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri uzun yıllardır kullanılan ve kullanılmaya devam eden geleneksel yöntemlerdir. Bu yöntemde önce

canlının dış görünüşüne göre bireyler ayıklanır, eşey ve yaş ayrımı yapılır, varsa karşılaştırma materyallerinden yararlanılır, çizimler, fotoğraflar kullanılır. Fenotipik yöntem olarak da anılan geleneksel yöntemde tür tayini yapmak uzun zaman almakta ve bazen sonuç bile vermemektedir. Son yıllarda tür tayini yapmada

geleneksel yöntemler yerini moleküler yöntemlere bırakmaya başlamıştır. Filogenetik analiz de denilen bu yöntemlerde evrimsel olarak değişmemiş (korunmuş) genler çalışılmaktadır. İlgili genin korunmuş bölgesi içinde değişken bölgelerinin bulunması tür tayinini yapmada oldukça önemlidir. Moleküler düzeyde tür tayini yapmada en çok kullanılan genler mitokondrial protein kodlayan COI, COII, Cytb, ND1 ve ND2 genleri ve 16S ve 12S rDNA genleri, çekirdek DNA'sında ise 18S, 28S, 5.8S rDNA genleri ile IGS ve ITS gen bölgeleridir.

COI türe özgü DNA profili çıkarmada en uygun genlerden biridir. COI evrensel primerleri kullanılarak denizanası gibi sucul canlılardan böceklerle hatta sürüngenlere çok farklı canlı profilinde moleküler düzeyde taksonomik tanımlama yapılabilmektedir. Yaklaşık 655 baz çiftlik bölgeye karşılık gelen protein kodlayan bu gen oldukça yüksek ayırım gücüne sahiptir. Bu nedenle DNA barkod bölgesi olarak kabul edilmektedir [8-10].

Ribozomal RNA bilgisini taşıyan rDNA geni de son yıllarda sınıflandırmada biyomarker olarak kullanılmaktadır. Araştırmacılar tarafından rDNA dizisinin sık tercih edilmesinde; ribozomal RNA'ların tüm canlıların protein sentezinde önemli rol oynaması, bu genetik yapıların tüm canlılarda primer ve sekonder kopyalarının fonksiyonel olarak korunmuş olmasıdır. 16s rDNA evrensel primerleri kullanılarak filogenetik akrabalık derecesini belirlemek amacıyla bu gen bölgesi, PCR cihazında çoğaltılıp ardından DNA sekansı elde edilip gen bankasındaki diğer dizilerle karşılaştırılarak analizleri yapılmaktadır. Yaklaşık 1550 baz çifti büyüklüğünde olan 16S rDNA gen bölgesinin üzerinde iyi korunmuş bölgeler olmasının yanında heterojen bölgeler de içermesi filogenetik tür tayininde oldukça ideal olmasını sağlamaktadır [11, 12].

Şimdiye kadar 22 türü belirlenen Podarcis cinsine ait üç tür Podarcis muralis, Podarcis siculus ve Podarcis tauricus ülkemizde görülmektedir. Podarcis türleri gerek vücut büyüklüğü ve şekli gerekse renkleri açısından taksonomileri zorlaştırmakta, türler arası ve popülasyonlar arası yüksek değişkenlik göstermektedir [13]. Ülkemizde kertenkeleler üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde daha çok morfoloji ve yayılışları üzerinde oldukları görülmektedir [1, 3, 14]. Moleküler düzeyde ise birkaç çalışma bulunmaktadır. Bunlar arasında; Podarcis muralis [3], Darevskia rudis (Trabzon kertenkelesi), Darevskia bithynica, Podarcis siculus ve Podarcis tauricus 16S rRNA ve cytB genleri üzerinde yapılmış çalışmalar [15] ile Güney Anadolu'da yayılış gösteren Anatololacerta [16] cinsi kertenkeleler üzerinde mitokondrial DNA ve nDNA markerları ile yapılmış bir çalışma bulunmaktadır.

Umuttepe1 ve Umuttepe2 örneklerimiz, NCBI genom veri bankasından seçilen diğer kertenkele türleri ile mesafeler açısından karşılaştırıldığında (Tablo 2, Tablo 3

ve ClustalW karşılaştırmalarında (burada bu data gösterilmemiştir)) COI gen bölgesi daha etkili görünse de kanımızca kertenkelelerde tür düzeyinde farklılığı ortaya koymada her iki DNA barkod geni de etkili olmuştur.

Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi'nde yayılış gösteren ve rastgele yakalanan kertenkele örneklerinin, DNA barkod genleri olan mitokondrial COI ve 16S rDNA genleri kullanılarak yapılan bu araştırma ile Podarcis siculus türü oldukları tespit edilmiştir. Geleneksel tür teşhisi yöntemi her ne kadar zaman alıcı olsa da hem geleneksel hem de moleküler DNA barkod yöntemlerinin birlikte kullanılması, çalışmaları daha değerli kılacaktır. Türkiye'de yayılış gösteren Podarcis, Blanus, Anatololacerta, Mediodactylus, Darevskia, Eremias, Lacerta, Phoenicolacerta, Trachylepis gibi pek çok cinsine ait türler bulunmaktadır. Ülkemizde yaşayan bu türler moleküler düzeyde çalışılmamıştır. Konuya ilgi duyan genç araştırmacılara DNA barkod genleri kullanılarak Türkiye'ye ait kertenkelelerin DNA profillerinin çıkarılması ve Genom veri bankalarına kazandırılmaları önerilmektedir.

## Kaynaklar

- [1] Eroğlu A. İ., 2017. Türkiye'deki Podarcis Cinsi Kertenkele Türlerine Ait Bazı Popülasyonlardaki Yaş Yapısının İncelenmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- [2] Budak A., Göçmen B., 2005. Herpetoloji. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No. 194, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir, 226 s. (ISBN 975-483-658-2).
- [3] Kurnaz M., 2015. Artvin Kertenkelesi (Darevskia Derjugini; Nikolsky, 1898)'nin Türkiye'de Yayılış Gösteren İki Alttürüne Ait Morfolojik Varyasyonların İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- [4] Podnar M., Mayer W., Tvrkovič N., 2005. Phylogeography of the Italian wall lizard, Podarcis sicula, as revealed by mitochondrial DNA sequences. Molecular Ecology, **14**, 575-588.
- [5] Baran İ., Ilgaz Ç., Avcı A., Kumlutaş Y., Olgun, K., 2012. Türkiye Amfibi ve Sürüngenleri. Tübitak Popüler Bilim Kitapları, Ankara.
- [6] Ortman B.D., Bucklin A., Pages F., Youngbluth M., 2010. DNA barcoding the Medusozoa using mtCOI. Deep-Sea Res Pt II, **57**, 2148-2156.
- [7] Sparmann S. F., 2012. Contributions To The Molecular Phylogeny, Phylogeography, and Taxonomy Of Scyphozoan Jellyfish. The University of British Columbia, Master of Science, September.

- [8] Aravind K., Ravikanth G., Shaanker R. U., Chandrashekara K., Kumar, A. R. V., Ganeshaiyah, K.N., 2007. DNA barcoding: An exercise in futility or utility? *Current Science*, **92**, 1213-1216.
- [9] Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz, R., Vrijenhoek, R., 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology And Biotechnology*, **3**, 294-299.
- [10] Kress W.J., Erickson D. L. 2008. DNA barcodes: Genes, genomics, and bioinformatics. *Proceedings of The National Academy Of Sciences*, **105**, 2761-2762.
- [11] Orhan F., 2013. Doğu Anadolu Bölgesindeki Tuzlu Topraklardan İzole Edilen Tuza Dayanıklı Bakterilerin Moleküler Karakterizasyonu. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [12] Hıdıroğlu N., 2015. Bakteriyorodopsin Üretme Potansiyeline Sahip Halofilik Arke Halobacterium Salinarum'un İzolasyonu ve Nanobiyomolekül Olarak Kullanılabilecek Bakteriyorodopsin'in Saflaştırılması ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [13] Mücahit Ç., 2013. Türkiye'de Yaşayan Duvar Kertenkelesi (Podarcis muralis)'nin Taksonomik Durumunun Morfolojik ve Moleküler Yönden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [14] Nurhan S., 2009. Trabzon ve Bursa'da yayılış gösteren yılan kertenkele (*Anguis fragilis* Linnaeus, 1758)'nin helminth faunası / Helminth parasites of the slowworm, *Anguis fragilis* (Linnaeus;1758) (Squamata: Anguinae) from Trabzon and Bursa. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.
- [15] Koç H., Kutrup B., Eroğlu O., Bülbül U., Kurnaz M., Afan F., Eroğlu A. İ. 2017. Phylogenetic relationships of *D. rudis* (Bedriaga,1886) and *D. bithynica*(Mehely, 1909) based on microsatellite and mitochondrial DNA in Turkey. *Mitochondrial DNA*, **28**, 814-825.
- [16] Candan K., Kankılıç T., Güçlü Ö., Kumlutaş Y., Durmuş S. H., Lymberakis P., Poulakakis N., Ilgaz Ç., 2014. First assessment on the molecular phylogeny of *Anatololacerta* (Squamata, Lacertidae) distributed in Southern Anatolia: insights from mtDNA and nDNA markers. *Mitochondrial DNA*, **27**, 1740-1744.





## Samsun İli Kıyı Şeridi Nehir ve Deniz Sedimentlerinde Öncelikli Poliaromatik Hidrokarbon (PAH) Bileşikleri

### *Persistent Polyaromatic Hydrocarbon (PAH) Compounds in Coastal River and Sea Sediments of Samsun Province*

Burak DİNÇ<sup>1,\*</sup>, Gülsen AVAZ<sup>2</sup>, Oltan CANLI<sup>3</sup>, Ertuğrul ASLAN<sup>4</sup>, Beytullah EREN<sup>5</sup>, Ülkü YETİŞ<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, 41470 Kocaeli, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0002-9207-1732

<sup>2</sup> Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, 41470 Kocaeli, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0003-2703-7877

<sup>3</sup> Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, 41470 Kocaeli, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0002-2652-844X

<sup>4</sup> Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, 41470 Kocaeli, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0003-0401-1287

<sup>5</sup> Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Serdivan, 54050 Sakarya, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0001-6747-7004

<sup>6</sup> Çevre Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnönü Bulvarı, 06531 Ankara, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0001-7322-0563

#### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 23/01/2019

Kabul Tarihi : 07/03/2019

#### Anahtar Kelimeler

Kalıcı Organik Kirlenici  
Kromatografi  
PAH  
Samsun  
Sediment

#### Research Paper

Received Date : 23/01/2019

Accepted Date : 07/03/2019

#### Keywords

Chromatography  
PAH  
Persistent Organic Pollutant  
Samsun  
Sediment

#### Özet

Bu çalışma, Samsun ili kıyı şeridi nehir ve deniz sedimentlerinde öncelikli kirlenici olarak belirlenen 16 PAH bileşiğinin konsantrasyonlarının sucul hayat açısından toksik etkilerinin belirlenebilmesi amacı ile yapılmıştır. Toplam 14 istasyondan alınan sediment örneklerinde gaz kromatografisi-kütle-kütle spektrometresi (GC-MSMS) ile yapılan analizler sonucunda toplam PAH konsantrasyonu 53,33 – 1099,56 µg kg<sup>-1</sup> aralığında tespit edilmiştir. Tespit edilen bireysel PAH konsantrasyonlarının düşük etki seviyesi (ERL) değerinin altında olduğu gözlemlenmiştir.

#### Abstract

This study was carried out to determine the toxic effects of the concentrations of 16 PAH compounds identified as the of priority pollutant in the river and sea sediments of the Samsun Province coastline. As a result of analysis of the sediment samples taken from 14 stations by gas chromatography mass-mass spectrophotometry, total PAH concentration was determined to be in the range of 53,33 – 1099,56 µg kg<sup>-1</sup>. It was observed that the individual PAH concentrations were lower than their effects range low (ERL).

## 1. Giriş

Son yıllarda kalıcı organik kirlenicilerin (KOK), bitki, insan ve hayvan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri bu konu üzerinde araştırma yapma ihtiyacı doğurmuştur. Özellikle II. Dünya Savaşı sonrası, sanayileşmenin artması, ucuz hammadde arayışı ve yüksek yaşam kalitesi ihtiyacı paralelinde toprak, su vb. doğal ortamda kalıcı organik kirlenici olarak adlandırılan çevresel kirlenicilerin artmasına neden olmuştur. Kalıcı organik kirlenici (KOK)'lerden

meydana gelen olumsuz etkileri tanımlamak amacı ile 17 Mayıs 2004'te Stockholm Sözleşmesi yürürlüğe girmiştir. Türkiye ise bu antlaşmayı, 22 Mayıs 2001 tarihinde imzalamış ve 14 Ekim 2009 tarihinde ise antlaşma TBMM'nin de onayı ile yürürlüğe girmiştir [1]. Doğada var olan farklı formlarda birçok KOK bilinmesine rağmen, doğal ortamda yüksek oranda kalıcılığı ve biyoakümülyasyon özellikleri nedeniyle bu kirlenicilerin 12 tanesi sözleşmede öncelikli olarak kabul edilmiştir. Söz konusu öncelikli olarak belirlenen 12 KOK; aldrin, dieldrin, klordan, diklorodifenil trikloroetanlar (DDT'ler), endrin, heptaklor (HEPT), mireks ve 2-toksafen gibi klorlu

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): burakdinc53@windowslive.com



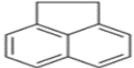
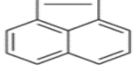
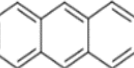
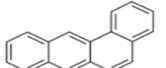
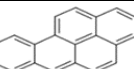
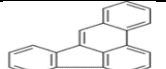

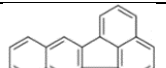
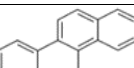
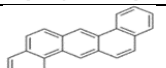
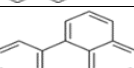
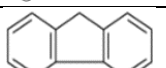
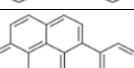
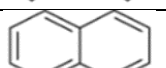
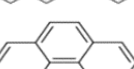
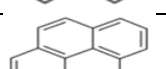
pestisitler, endüstriyel ürün olarak kullanılan PCB'ler, heksaklorobenzen (HCB) ve heksabromobifenil ve endüstriyel üretim sonucu kasıtsız yan ürün olarak meydana gelen poliklorlu dibenzo-p-dioksiner (PCDD'ler) ve poliklorlu dibenzofuranlar (PCDF'ler)'dir [2].

Kalıcı organik kirleticiler, doğada insanlığın faaliyetleri sonucu çevre kirliliğine ve toksikolojisine neden olan organik bileşiklerdir. Bu bileşikler belirli fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptirler. Alıcı ortama deşarjı sağlandıktan itibaren biyolojik ve kimyasal kararlılıkları sayesinde alıcı ortamda düşük konsantrasyonlar da dahi olsa uzun süre kalabilir ve binlerce kilometre taşınabilirler. Lipofilik çözünürlükleri, insanlar da dâhil olmak üzere bütün canlı organizmanın yağ dokusunda birikim yaparak uzun zaman sonra bile sağlık ve çevre açısından yüksek akut ve toksik etki meydana getirebilirler [3]. Bu kirleticilerin hidrofobik özellikte olması, sucul ortamda dip sedimentlerinde birikmelerine sebep olmaktadır. Kirleticilerle kontamine olmuş sedimentlerin kalitesini ve sucul ortamdaki canlılar açısından muhtemel toksik etkilerini belirlemek amacı ile düşük etki seviyesi (ERL-Effects Range-Low) ve orta etki seviyesi (ERM-Effects Range-Median) adı altında iki farklı sayısal değer kullanılmaktadır. Sucul canlılar açısından ERL değerinin altındaki kirletici konsantrasyonlarında toksik etkiye nadiren rastlanırken, ERM değerinin üzerindeki kirletici konsantrasyonlarında toksik etkilerin muhtemel olduğu belirtilmektedir [4].

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), temel olarak karbon ve hidrojen atomlarının bir araya gelmesi ile oluşan, çevremizde neredeyse her ortamda

karşılaşılabileceğimiz KOK bileşikleridir [5]. PAH bileşikler hidrofobik ve lipofilik özellikte kimyasallardır. Yarı ömürlerinin uzun olması sebebiyle doğada çok uzun süre kalabilirler. Biyokütle, odun, kömür, petrol gibi organik içerikli yakıt türlerinin tam olarak yanmaması, bu yakıt türlerinin endüstride termal proseslerde kullanılması veya orman yangınları, volkanik patlamalar gibi doğal ve antropojenik şartlar PAH'ların çevreye yayılmasında önemli rol oynamaktadır [6]. PAH bileşiklerinin hidrofobik olması, su ortamında sedimentlerde birikime eğilimli olmasının en önemli sebeplerinden biri olarak gösterilebilir. Sedimentte biriken kirleticiler, besin zinciri yolu ile insanlara kadar ulaşabilir. PAH bileşiklerinin fiziko-kimyasal özelliklerinin birbirinden farklı olması ve her bileşiğin farklı sayıda aromatik halkadan oluşması canlı sağlığı üzerinde de farklı sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına neden olur [7]. Biyoakümülyasyon özellikleri, canlı vücudunun yağ dokusunda birikmesine sebep olur ve uzun yıllar sonra bile stres, açlık gibi olumsuz yaşam şartları etkisi ile kana geçip geri dönüşü olmayan, yıkıcı etkiler yaratabilir. Laboratuvar hayvanları üzerinde yapılan çalışmalarda oral veya dermal yollarla uzun süre PAH bileşiklerine maruz kalan hayvanlarda tümör oluşumu gözlenmiştir [8] Doğal ortamda 100'ün üzerinde PAH bileşiği mevcuttur. Fakat Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US-EPA) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, yüksek toksik ve yıkıcı etkileri nedeniyle 16 PAH konjeneri öncelikli kirletici olarak kabul edilmiştir [9]. Tablo 1'de Söz konusu öncelikli 16 PAH bileşiği ve her bileşiğin kimyasal yapısı verilmiştir.

**Tablo 1.** US-EPA tarafından belirlenen öncelikli 16 adet PAH bileşiği.

PAH Bileşiği	Kimyasal Yapı	PAH Bileşiği	Kimyasal Yapı
Acenaphthene		Acenaphthylene	
Anthracene		Benzo(a)anthracene	
Benzo(a)pyrene		Benzo(b)fluoranthene	
Benzo(ghi)perylene		Benzo(k)fluoranthene	
Chrysene		Dibenzo(a,h)anthracene	
Fluoranthene		Fluorene	
Indeno [1,2,3-cd] pyrene		Naphtalene	
Phenanthrene		Pyrene	

Karadeniz sahil şeridinin orta bölümünde yer alan Samsun ili, 9083 km<sup>2</sup>'lik yüzölçümüne sahiptir. Türkiye'nin en önemli yüzeysel su kütleleri arasında bulunan Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri Samsun ili içerisinde Karadeniz'e ulaşmaktadır. Özellikle Yeşilirmak Nehri Havzası içerisinde bulunan nehir, dere ve çaylar havzada yoğun bir şekilde yürütülen tarım, hayvancılık ve sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilik yüklerini, yağış ve yüzeysel akışın da etkisiyle alıcı ortama ulaşmış canlı yaşamı, çevre ve su kaynakları üzerinde olumsuz etkilerin oluşmasına sebep olmaktadır [10]. Her iki havzada bulunan nehir ve derelerin yağış ve yüzeysel akış ile taşıdığı kirlilik yükleri dışında, Samsun ili içerisinde yürütülen sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar sonucu çevresel ortamda kalıcı organik kirletici yüklerinin oluşması beklenen sonuçlardan birisidir.

Bu çalışma, örnekleme yapılan bölgede bulunan deniz ve nehir sedimentlerinde doğal ve antropojenik şartlar sonucu oluşan ve öncelikli olarak belirlenen 16 adet PAH bileşiği konsantrasyonlarının sucül yaşam açısından muhtemel toksik etkilerinin belirlenebilmesi amacı ile yapılmıştır.

## 2. Çalışma Alanı

Sediment örnekleri, Bafra ve Çarşamba ilçeleri arasında kalan kısımda bulunan dereler ve bu derelerin Karadeniz ile birleştiği 90 km<sup>2</sup> lik bir alandan toplanmıştır. Tablo 2 ve Şekil 1'de örnekleme yapılan noktalara ait bilgiler ve örnekleme noktalarının harita üzerinde gösterimi verilmiştir.



Şekil 1. Örnekleme istasyonlarının harita üzerindeki gösterimi.

Tablo 2. Örnekleme istasyonlarına ait bilgiler.

Örnek Adı	Örnekleme Yeri	Örnekleme Tarihi	Koordinatlar	
			Enlem	Boylam
BN-1	Engiz Çayı	10.09.2018	41°29'35.50"K	36°04'55.50"D
BN-2	Kürtün Deresi	10.09.2018	41°19'21.50"K	36°18'45.10"D
BN-3	Mert Irmağı	10.09.2018	41°16'42.60"K	36°21'06.90"D
BN-4	Abdal Çayı	10.09.2018	41°13'39.10"K	36°35'08.80"D
BN-5	Yeşilirmak Nehri	10.09.2018	41°12'13.00"K	36°43'35.60"D
BN-6	Terme Çayı	10.09.2018	41°12'43.30"K	36°58'45.30"D
BN-7	Say Deresi	10.09.2018	41°08'35.30"K	37°10'09.20"D
BN-8	Cuma Çayı	10.09.2018	41°08'38.80"K	37°13'35.00"D
BD-1	Samsun Limanı	30.05.2018	41°17'56.88"K	36°20'17.76"D
BD-2	Karadeniz Kıyıları	30.05.2018	41°18'50.82"K	36°21'30.84"D
BD-3	Karadeniz Kıyıları	30.05.2018	41°15'20.22"K	36°27'00.84"D
BD-4	Karadeniz Kıyıları	30.05.2018	41°15'20.46"K	36°28'40.44"D
BD-5	Karadeniz Açıkları	30.05.2018	41°20'40.92"K	36°23'40.08"D
BD-6	Karadeniz Açıkları	30.05.2018	41°24'10.44"K	36°27'30.96"D

### 3. Materyal ve Metot

#### 3.1. Sediment Örneklerinin Toplanması

Sediment örneklerinin toplanması, ISO 5667-12: 2017 standardının esaslarına uygun olarak, numune almaya yetkili personel tarafından Mayıs ve Eylül 2018 tarihlerinde yapılmıştır.

Numune alımı sırasında 2 L hacminde sediment kepçesi (grap) kullanılmıştır. Sediment kepçesi kullanılarak alınan örnekler, bir tepsi içerisine boşaltılmış, mümkün olduğunca kirletici birikiminin yeni olduğu (0,5-1 cm) yumuşak kısımdan alınmıştır. Sediment örnekleri soğutuculu araç buzdolabı (WAECO, 65 L) kullanılarak, -20 °C'de 500 mL hacminde ağzı kapaklı cam kavanozlarda muhafaza edilerek analizlerin yapılacağı laboratuvara getirilmiştir.

#### 3.2. PAH Analizleri

Örnekleme alanından alınan örneklerde öncelikli 16 adet PAH bileşiği konsantrasyonlarının belirlenebilmesi için yapılan tüm analizler, EPA 3546-3630C standart metotları referans alınmıştır.

Analizi yapılacak sediment örnekleri, freeze-dry (Christ, Alpha 1-4 LSCBasic) teknolojisi kullanılarak nem içeriğinden tamamen arındırılmıştır. Kurutma işlemi tamamlanan sediment örnekleri, laboratuvar tipi havanlı öğütücü (RETSCH, RM 200) kullanılarak, öğütülmüş ve homojen hale getirilmiştir.

Laboratuvar analizlerinde kullanılan sarf malzemenin kalitesini, metrolojik izlenebilirliğini kontrol etmek ve analitik ölçüm yöntemlerini doğrulamak amacı ile "Certified Reference Material (CRM)" adı altında IAEA-459 kodlu sediment örneği kullanılmıştır.

Ön işlem prosedürünün ilk aşaması olan ekstraksiyon işlemi için, mikrodalga ekstraksiyon sistemi (Milestone, EthosEasy) kullanılmıştır. Analizi yapılacak sediment örneklerinde, gerekli tartımlar alınmış ve içerisine 30 mL Aseton:Hekzan (1:1) (Merck, % 99 Safılıkta) eklenmiştir. Ön işlem esnasında oluşabilecek hataları tespit edebilmek amacı ile iç standart olarak D12-Chrysene, D10-Acenaphthene, D8-Napthalene, D12-Perylene, D10-Phenathrene (1000 µg/mL, Dr. Ehrenstorfer)'den 200 ppb hazırlanıp her bir örneğin içerisine 1 mL eklenmiştir. Gerekli hazırlıklar tamamlandıktan sonra, 1 saat boyunca sürecek olan mikrodalga ekstraksiyonu başlatılmış ve ekstraksiyon işlemi sonrasında, bir süzme seti düzeneği kurularak katı sediment ile ekstrat birbirinden ayrılmıştır.

Tuzlu veya tatlı su sedimentlerinde yüksek konsantrasyonda bulunan kükürt veya kükürt bileşikleri, gaz kromatografi sistemi kullanılarak yapılan analizlerde tespit edilmek istenen kirletici piklerini maskeleymesinden dolayı istenmeyen bir parametredir. Örneklerin kükürt veya bileşiklerinden arındırılması için, EPA 3660B kodlu standart metot referans alınarak, toz formunda aktif bakır (Merck, <63 µm) kullanılmıştır.

Kükürt ve bileşiklerinin gideriminin ardından clean-up aşamasına hazırlık için, örneklerin hacmi 1-2 mL kalana kadar yüksek saflıkta azot gazı ile uçurulmuştur. Clean-up prosedürü her bir örnek için, aktive (500 °C, 8 saat) ve deaktive (%5 saf su, 8 saat) işlemleri sonrası 10 gr silika-jel (Merck, 0.063-0.200 mm) kullanılarak uygulanmıştır. Gerekli tüm işlemler yapılarak tamamlanan clean-up aşamasının ardından örnekler 1 mL hacmine gelene kadar yüksek saflıkta azot gazı altında uçurularak konsantre edilip uygun hacimler GC-MSMS (Thermo TSQ 8000 Triple Quadrupole) sisteminde analiz edilmek üzere viallere alınmıştır.

#### 3.3. Toplam Organik Karbon (TOC) Analizleri

Organik karbon sedimanlarda organik madde kirliliğini gösteren başlıca parametrelerden biridir. Bu sebeple elde edilen organik kirletici konsantrasyonlarının yorumlanabilmesi açısından organik karbon birikimi önemli bir yere sahiptir. Toplam organik karbon analizleri için önceden kurutulmuş olan sediment örneklerinden yaklaşık 1-2 gr porselen kroze içine koyulup HCl:Saf su (1:1) ile asitlendirildi. Gaz çıkışı tamamlanmaya kadar (yaklaşık 30 dk) örnekler asitlenmiş şekilde kroze içinde bırakıldı. Ardından sediment örneklerini asitten temizlemek için her bir örnek 3 kez olmak üzere saf su ile temizlendi. Saf su ile temizleme işleminin ardından sediment örnekler 100°C'de etüvde 8 saat boyunca kurutuldu. Ön işlemi tamamlanan sediment örnekleri laboratuvar ortamında bulunan nemden etkilenmemesi amacı ile desikatörde soğuyuncaya kadar bekletildi. Öğütülen örnekler, kalay kapsüller içinde 1-3 mg kadar tartılarak Elementel Analiz cihazında (Thermo Scientific FLASH HT 2000) TOC analizleri yapıldı.

#### 3.4. Validasyon Sonuçları

Örneklerin analizi esnasında kullanılan ön işlem metodunun, analizlerin yapıldığı laboratuvar şartlarına uygunluğunu doğrulayabilmek amacıyla çalışılan IAEA-459 kodlu CRM örneği sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Certified Reference Material (CRM) analiz sonuçları.

PAH Bileşiği	Sediment CRM Örneği (IAEA-459) Referans Doküman ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ka)	Hesaplanan Konsantrasyon ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ka)
Acenaphthene	1,78 ± 0,73	1,03
Acenaphthylene	3,20 ± 1,30	1,95
Anthracene	6,00 ± 1,00	7,50
Benz(a)anthracene	19,30 ± 4,30	24,30
Benzo(a)pyrene	22,70 ± 4,30	18,78
Benzo(b)fluoranthene	19,00 ± 5,30	21,46
Benzo(ghi)perylene	36,00 ± 11,00	37,04
Benzo(k)fluoranthene	19,00 ± 5,30	17,11
Chrysene	27,50 ± 8,50	24,78
Dibenzo(a, h)anthracene	6,60 ± 2,80	6,19
Fluoranthene	37,30 ± 3,00	44,50
Fluorene	4,70 ± 1,90	2,46
Indeno [1,2,3-cd] pyrene	36,00 ± 11,00	30,77
Naphthalene	20,90 ± 9,10	27,90
Phenanthrene	33,90 ± 6,00	33,90
Pyrene	46,30 ± 8,30	52,90

Örnekleme alanından alınan sediment örneklerinde yapılan PAH analizleri için 9 farklı konsantrasyonda (1-2-5-10-25-50-100-250-1000 ppb) yapılan kalibrasyon

çalışmaları, analizlerde kullanılan iç standardın geri kazanım oranları ve kalibrasyon içerisindeki relatif standart sapmaları, Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 4.** Geri kazanım ve kalibrasyon sonuçları.

Örnek İsmi	Internal Geri Kazanım (%)					Kalibrasyon	
	D <sup>12</sup> Chrysene	D <sup>10</sup> Acenaphthene	D <sup>8</sup> Naphthalene	D <sup>12</sup> Perylene	D <sup>10</sup> Phenathrene	PAH Bileşiği	R <sup>2</sup>
BN-1	54,2	61,4	64,4	39,4	66,1	Acenaphthene	0,9999
BN-2	85,3	65,6	45,5	72,6	85,5	Acenaphthylene	0,9994
BN-3	64,4	47,5	53,9	65,4	74,6	Anthracene	0,9998
BN-4	65,7	73,4	62,6	54,5	74,4	Benz(a)anthracene	0,9998
BN-5	65,6	50,6	45,3	52,6	64,3	Benzo(a)pyrene	0,9997
BN-6	86,9	52,4	45,4	76,7	54,0	Benzo(b)fluoranthene	0,9999
BN-7	85,8	77,9	66,4	74,9	86,1	Benzo(ghi)perylene	0,9998
BN-8	71,4	67,5	58,6	58,7	72,5	Benzo(k)fluoranthene	0,9999
BD-1	51,3	47,7	43,5	54,4	51,4	Chrysene	0,9998
BD-2	67,0	43,3	45,2	67,5	47,9	Dibenzo(a,h)anthracene	0,9999
BD-3	56,4	73,4	45,4	55,6	41,4	Fluoranthene	0,9997
BD-4	85,6	53,4	45,3	79,1	57,4	Fluorene	0,9995
BD-5	67,4	68,6	69,1	62,3	62,6	Indeno [1,2,3-cd] pyrene	0,9998
BD-6	87,3	51,5	45,7	78,1	55,4	Naphthalene	0,9993
CRM	80,5	54,4	46,9	88,7	63,6	Phenanthrene	0,9994
(%) RSD	7,1	6,8	11,0	10,0	5,7	Pyrene	0,9996

#### 4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu bölümde, sediment örnekleri üzerinde yapılan analizlerin sonuçları ve tespit edilen konsantrasyonlar kullanılarak oluşturulan tablo ve grafikler değerlendirilecektir. Tablo 5’te Örnekleme yapılan 14 istasyonda analiz edilen 16 bireysel PAH bileşiği sonuçları, Tablo 6’da Sediment örneklerine ait toplam

organik karbon (TOC) sonuçları, Şekil 2’de Sediment örnekleri % TOC grafiği, Şekil 3’de analizi yapılan sediment örneklerinde tespit edilen 16 bireysel PAH bileşiğinin toplam PAH konsantrasyonu içerisindeki %’lik dağılımı ve Şekil 4’de PAH analizleri sonucu tespit edilen 16 öncelikli PAH bileşiğinin toplam konsantrasyonlarının ERL değeri ile karşılaştırılarak grafikler halinde verilmiştir.



**Tablo 5.** Sediment örneklerine ait analiz sonuçları ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  kuru ağırlık).

	LOD	BN-1	BN-2	BN-3	BN-4	BN-5	BN-6	BN-7	BN-8	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-5	BD-6	ERL <sup>a</sup>	ERM <sup>a</sup>
Acen	0,05	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,59	TE	1,22	0,92	0,73	TE	<b>20</b>	<b>500</b>
Acy	0,05	1,63	1,32	1,47	1,19	1,6	1,54	2,89	1,83	1,62	0,71	1,56	1	3,35	1,61	<b>40,00</b>	<b>640,00</b>
Anth	0,05	5,86	1,89	5,1	1,2	7,13	TE	TE	TE	7,52	7,06	30,36	19,31	23,96	10,91	<b>90,00</b>	<b>1100</b>
BaA	0,05	34,08	6,25	13,64	3,12	32,73	0,42	TE	0,69	28,06	14,41	58,03	44,14	36,36	15,93	<b>260,00</b>	<b>600,00</b>
BaP	0,05	47,21	7,56	16,43	4,23	30,99	0,60	TE	1,36	25,98	15,5	61,05	49,59	41,17	21,51	<b>430,00</b>	<b>1600</b>
BbF	0,05	36,18	5,68	13,37	1,96	16,45	0,45	TE	1,02	2,71	8,49	26,07	25,38	31,35	18,10	<b>320,00</b>	<b>1880</b>
BghiP	0,05	77,44	23,13	34,33	9,22	42,71	2,01	0,32	3,75	38,68	TE	12,81	19,23	TE	TE	<b>VY</b>	<b>VY</b>
BkF	0,05	38,16	3,93	10,52	0,88	18,14	TE	TE	TE	16,40	50,99	188,20	147,38	219,87	105,13	<b>280,00</b>	<b>1620</b>
Chry	0,05	54,45	15,95	27,44	5,7	38,97	1,08	TE	2,26	28,6	17,77	59,94	48,34	54,28	23,97	<b>380,00</b>	<b>2800</b>
DahA	0,05	17,26	5,33	6,77	3,29	13,86	0,42	TE	0,58	7,44	5,05	21,66	19,56	17,86	11,14	<b>VY</b>	<b>VY</b>
Fluo	0,05	78,08	19,92	55,45	6,67	67,26	4,88	2,95	9,3	52,14	52,09	153,31	101,04	200,17	100,7	<b>600,00</b>	<b>5100</b>
Flu	0,05	5,72	5,65	9,43	2,93	4,44	2,66	1,54	1,42	2,37	3,94	9,6	9,05	17,33	7,56	<b>20,00</b>	<b>540,00</b>
IDP	0,05	39,16	8,15	14,63	2,5	22,76	0,92	TE	1,57	29,99	22,63	67,57	52,57	88,76	53,72	<b>VY</b>	<b>VY</b>
Napht	0,05	12,38	15,35	22,52	15,12	20,74	29,73	13,91	11,68	22,14	8,49	11,78	9,73	30,33	7,65	<b>160,00</b>	<b>2100</b>
Phen	0,05	47,31	36,18	41,79	30,99	67,5	17,01	27,68	31,15	60,94	62,29	115,03	75,42	194,87	125,16	<b>240,00</b>	<b>1500</b>
Pyr	0,05	99,58	2432	53,4	8,46	63,17	7,5	4,04	15,49	52,39	43,81	131,56	77,45	139,17	84,87	<b>660,00</b>	<b>2600</b>
Toplam PAH	-	594,5	180,6	326,29	97,46	448,21	69,23	53,33	82,10	377,58	313,24	949,75	700,11	1099	587,95	<b>3500</b>	<b>23580</b>

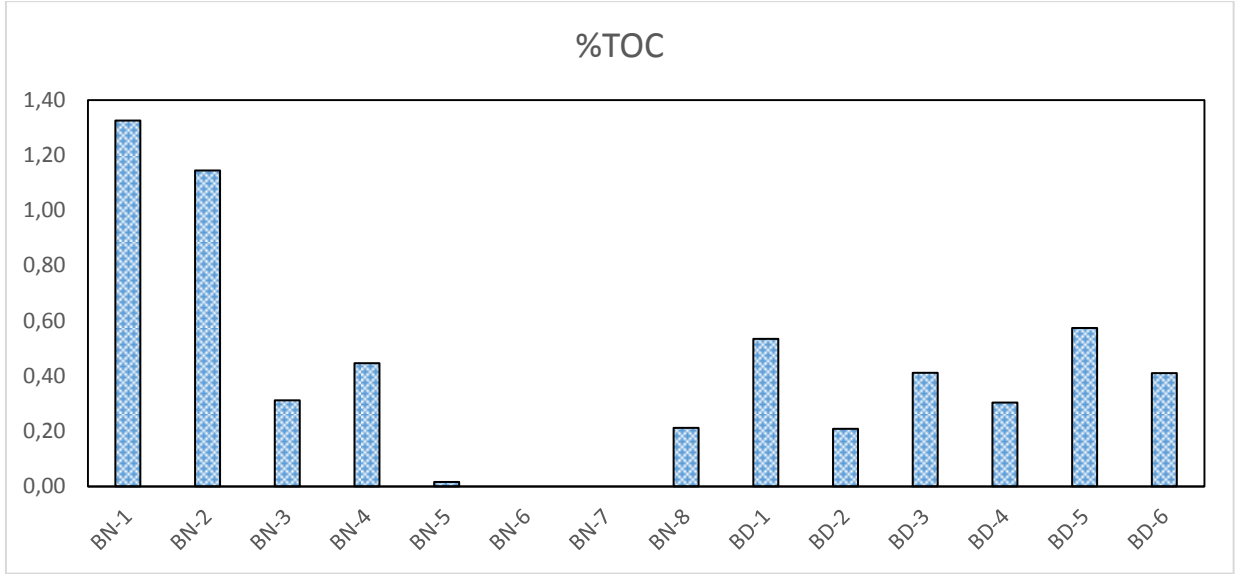
<sup>a</sup> [11].

TE – Tespit Edilemedi, Tayin Limiti Altında (&lt;LOD)

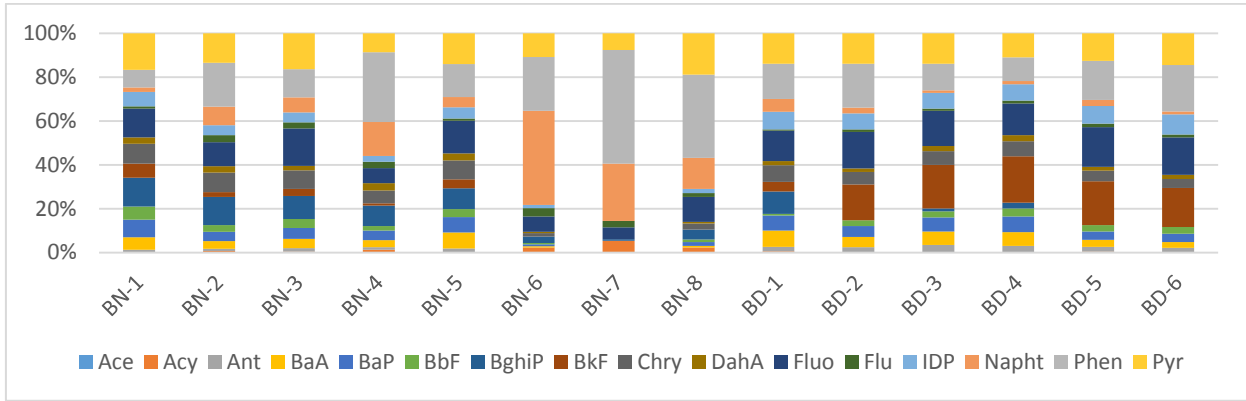
VY – Veri Yok

**Tablo 6.** Sediment örnekleri % TOC analiz sonuçları.

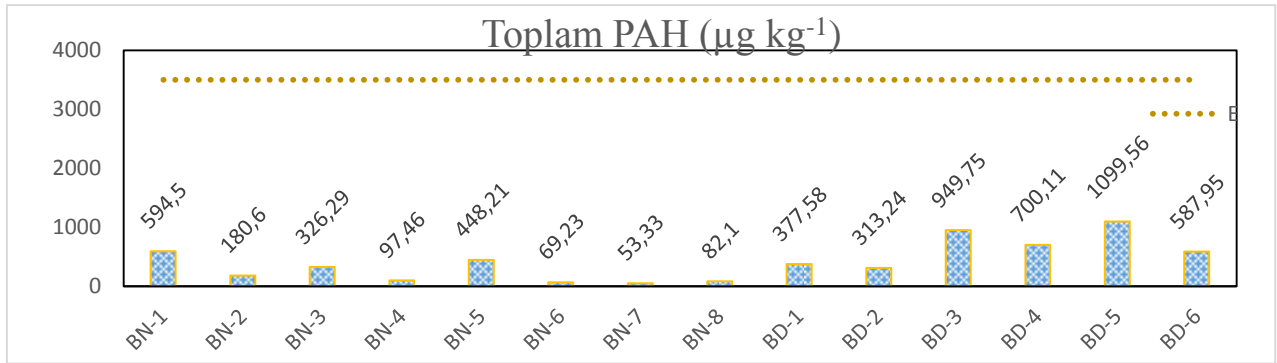
	Tespit Limiti	% TOC
BN-1	0,01	1,325
BN-2	0,01	1,145
BN-3	0,01	0,311
BN-4	0,01	0,446
BN-5	0,01	0,016
BN-6	0,01	< 0,01
BN-7	0,01	< 0,01
BN-8	0,01	0,212
BD-1	0,01	0,534
BD-2	0,01	0,208
BD-3	0,01	0,412
BD-4	0,01	0,303
BD-5	0,01	0,574
BD-6	0,01	0,411



Şekil 2. Sediment örnekleri % TOC grafiği.



Şekil 3. Örnekleme istasyonlarında tespit edilen bireysel PAH konsantrasyonlarının %'lik dağılımı.



Şekil 4. Toplam PAH konsantrasyonlarının ERL değeri ile karşılaştırılması.

Çalışma alanından alınan 14 adet sediment örneğinde ulusal ve uluslararası mevzuatlarda belirtilen öncelikli 16 PAH bileşiğinin konsantrasyonları belirlenmesi için analizler yapıldı. Örnekleme alanında tespit edilen en yüksek toplam PAH konsantrasyonu 1099 µg kg<sup>-1</sup> ile Karadeniz açıklarında bulunan BD-5 noktasında ve en düşük toplam PAH konsantrasyonu 53,33 µg kg<sup>-1</sup> ile BN-7 (Say Deresi) noktasında olduğu gözlemlenmiştir. BD-5

örnekleme istasyonu için, en yüksek ve en düşük bireysel PAH bileşiği sırasıyla 219,87 µg kg<sup>-1</sup> ile Benzo (k) Fluoranthene ve ölçüm limitinin altında kaldığı için, Benzo (ghi) Perylene bileşiği olduğu görüldü. Samsun ili kıyılarında bulunan gübre üretimi, organize sanayi bölgesi kirletici emisyonları, liman faaliyetleri ve kentsel atıksu arıtma tesisi deşarjı gibi KOK oluşturabilecek faaliyetler dikkate alındığında, özellikle Karadeniz'de örnekleme

yapılan istasyonlarda PAH konsantrasyonlarının daha yüksek olması beklenen sonuçlardan birisidir. Yeşilirmak ile Karadeniz'e deşarj edilen PAH'lara yönelik olan BN-5 nolu istasyonda görülen sediment örneği toplam PAH seviyesinin beklenen seviyeden düşük olması, örnekleme istasyonundaki PAH konsantrasyonlarının Yeşilirmak ile taşınımın değil, kıyıda doğrudan deşarj yapan endüstriyel tesislerin başlıca kaynaklar olduğunu işaret etmektedir. Nehir sedimanlarında en yüksek toplam PAH konsantrasyonu, BN-1 nolu istasyon olan Engiz Çayı'nda görülmüştür. Toplam PAH konsantrasyonunun örnekleme yapılan diğer dere, çay ve nehir istasyonlarına göre Engiz Çayı istasyonunda daha yüksek seviyede olması, örnekleme istasyonunun çevresinde gerçekleşen ısınma amaçlı fosil yakıt kullanımı, orman yangınları ve endüstriyel üretimden kaynaklı PAH emisyonlarının yağış ve yüzeysel akış ile birlikte su kaynaklarına giriş yaptığını doğrulamaktadır. Yapılan analizler sonucu, öncelikli 16 PAH bileşiiği içerisinde 2-3-4 halkalı PAH bileşikleri konsantrasyonun 4-5-6 halkalı PAH bileşiklerine nispeten daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Toplam organik karbon değerlerinin düşük seviyelerde olması halka sayısına göre 4 veya daha az halkalı PAH bileşiklerinin genel olarak daha yüksek konsantrasyonlarda olduğunu ve doğal veya antropojenik şartlar sonucu oluşan PAH bileşiklerinin de içerisinde bulunduğu organik kirlenici varlığının düşük konsantrasyonlarda olduğunu kanıtlar niteliktedir. Örnekleme yapılan 14 istasyon ve analiz edilen 16 bireysel ve toplam PAH bileşiiği konsantrasyonları dikkate alındığında tespit edilen tüm konsantrasyonların, sucul hayat açısından düşük etki seviyesi (ERL) değerinin altında kaldığı gözlemlenmiştir.

## Teşekkür

Bu araştırma, Yeşilirmak Havzası Noktasal ve Yayılı Kirlilik Kaynakları Yönetimi Projesi (Proje No: 115Y013 ve Alt Proje No: 115Y025) kapsamında, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) finansörlüğünde gerçekleştirilmiş ve başyazarın Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde yaptığı yüksek lisans tezinin bir bölümünü içermektedir. Yazarlar, projeyi destekleyen TÜBİTAK'a ve analizlerin yapılması için, gerekli laboratuvar desteğini sağlayan TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü'ne teşekkürlerini sunarlar.

## Kaynaklar

- [1] www.onceliklikimyasallar.csb.gov.tr/stockholm-sozlesmesi-i-5175., (Erişim Tarihi: 10.01.2019).
- [2] Güngörmüş E., 2015. Ambient Air Persistent Organic

Pollutant Monitoring Backtrajectory Modelling and Health Risk Assessment. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

- [3] Buccini J., 2003. The Development of a Global Treaty on Persistent Organic Pollutants (POPs). Editor: Fiedler H., Persistent Organic Pollutants, Springer, Berlin, 13-30.
- [4] dos Santos I. F., Ferreira S. L. C., Dominguez C., Bayona J. M., 2017. Analytical strategies for determining the sources and ecotoxicological risk of PAHs in river sediment. *Microchemical Journal*, **137**, 90-97.
- [5] Himanshu G., 2018. PAH Determination in Effluent and Sludge Samples of Paper Industry. *Environmental Technology and Innovation*, **9**, 115-121.
- [6] Mahugija J. A. M., Njale E., 2018. Effects of washing on the polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contents in smoked fish. *Food Control*, **93**, 139-143.
- [7] Gad S. C., Gad S. E., 2014. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). *Encyclopedia of Toxicology*, Üçüncü Baskı, Elsevier, 1040-1042.
- [8] ATSDR, 2005. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons. U.S. Department of Health and Human Services.
- [9] Bojes H. K., Pope P. G., 2007. Characterization of EPA's 16 priority pollutant polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in tank bottom solids and associated contaminated soils at oil exploration and production sites in Texas. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **47**(3), 288-295.
- [10] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2010. Havza Koruma Eylem Planlarının Yayınlanması, Yeşilirmak Havzası.
- [11] Burton G. A., 2002. Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology*, **3**(2), 65-75.



## Elektrikli Araçların Kablosuz Güç İletimi ile Şarj Edilmesi

### *Charging of Electric Vehicles with Wireless Power Transmission*

Ömer Faruk TEL<sup>1\*</sup> , Şule KUŞDOĞAN<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0003-0041-3596

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0003-0586-4142

#### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 04/02/2019

Kabul Tarihi : 16/04/2019

#### Anahtar Kelimeler

*Bobin Tasarımı ve Kriterleri  
Devre Analizi  
Elektrikli Araçlar  
Kablosuz Şarj  
Rezonans Devre*

#### Özet

Teknolojinin hızla ilerlemesi elektrikli araçların hayatımıza girmesinde önemli rol oynamaktadır. Kablosuz güç iletim sistemlerinin son zamanlarda yaygınlaşması, elektrikli araçların kablosuz şarj edilmesinin önemini arttırmaktadır. Elektrikli araçların kablosuz güç iletimi ile şarj edilmesi çalışmada, bobinlerin bağlantı faktörünü artırarak yüksek verimli rezonans devre yapısının oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmada, bobinlerin bağlantı faktörünü etkileyen parametreler ve bakır kayıpları incelenerek uygun bobin seçimi yapılmıştır. Kablosuz güç iletim sistemi için basitleştirilmiş yapı oluşturularak, seçilen bobin yapısının simülasyonu Ansys Maxwell programı ile yapılmıştır. Ansys Maxwell Simplorer programında oluşturulan sistemin simülasyonu, 15 cm mesafede % 86,53 verim elde edilerek gerçekleştirilmiştir.

#### Research Paper

Received Date : 04/02/2019

Accepted Date : 16/04/2019

#### Keywords

*Circuit Analysis  
Electric Vehicles  
Inductance Design and Criteria  
Resonance Circuit  
Wireless Charging*

#### Abstract

The rapid advance of technology plays an important role in the entry of electric vehicles into our lives. The recent expansion of wireless power transmission systems increases the importance of wireless charging of electric vehicles. In the operation of charging electric vehicles with wireless power transmission, it is aimed to create a high efficiency resonance circuit structure by increasing the connection factor of the coils. In this study, the parameters affecting the connecting factor of the coils and copper losses were examined and the appropriate coil selection was made. Simplified structure for the wireless power transmission system was created and the selected coil structure was simulated by Ansys Maxwell program. The simulation of the system created in the Ansys Maxwell Simplorer program was achieved with a yield of 86.53% at a distance of 15 cm.

### 1. Giriş

Özellikle 2000'li yılların başlarına doğru çok büyük ilgi odağı haline gelen kablosuz güç iletimi, günümüzde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Kablosuz güç iletiminin temelleri uzun yıllar önce Nikola Tesla tarafından atılmıştır. Nikola Tesla'nın yıllar önce yaptığı çalışmalar, günümüzde kullanılan bütün kablosuz güç iletimi çalışmalarına öncülük etmiştir. Son yıllarda telefon firmalarının üzerinde durduğu kablosuz güç iletimi, günümüzde kullanılan elektrikli araçların şarj edilmesinin

de altyapısını oluşturmaktadır. Kablosuz güç iletimi günlük hayatta kullanılan birçok elektronik aletin şarj edilmesi için kullanılmıştır [1]. Piyasada kullanılan ürünlerin yanı sıra dizüstü bilgisayar, cep telefonu ve tıraş makineleri gibi küçük boyutlu elektronik ürünlerde kablosuz güç iletimi ile şarj sağlanmaktadır [2]. Günümüzde ve ileri zamanlarda güç elektroniğinin ve batarya teknolojisinin daha ileri seviyelere gelmesi, yaşamımızda kablosuz şarjın çok sık görülmesini sağlayacaktır.

Elektrikli araçlar ile içten yanmalı motora sahip araçların verimlilikleri karşılaştırılırsa, elektrikli araçların verimi çok daha fazladır. Son yıllarda elektrikli araçlara olan ilginin bu kadar hızlı artış göstermesinin başlıca

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): omerfaruktel61@gmail.com



sebebi verimlilik olsa da, bu elektrikli araçların enerji ve şarj problemlerinin fazla olması kullanımını zorlaştırmaktadır. Elektrikli araçların bataryalarının yapısı ile yol alacağı mesafe doğrudan ilişkili olduğundan uygun batarya seçimi çok fazla önem arz etmektedir. Elektrikli araçlarda rejeneratif frenleme özelliği sayesinde frenlenme anında bataryaların şarj edilmesi sağlanabilmektedir. Bu yöntem sayesinde bataryaların yolculuk boyunca daha verimli çalışmasına katkı sağlanmaktadır. Elektrikli araçlar dünyanın farklı yerlerinde farklı standartlarda şarj edilmektedir. Avrupa ve Çin’de kullanılan IEC 61851 standartının akım, gerilim ve faz değerleri Tablo 1’de verilmektedir [3]. Türkiye de Avrupa ile aynı standartları kullanmaktadır.

Elektrikli araçlarda kullanılan batarya türlerinin arasında ilk tercih edilen lityum iyon bataryalardır. Bu bataryaların tercih edilme sebeplerinin başında enerji yoğunluğu ve çevrim ömrü gelmektedir. Diğer batarya türleri ile kıyaslandığında lityum iyon batarya daha verimli performans verdiği için elektrikli araçlarda tercih edilmektedir. Kablosuz güç iletim sistemi modelinde birinci bobin uçlarından geçen akımın oluşturduğu manyetik alan çizgileri, alıcı kısımda yer alan ikinci bobinden geçmektedir. Birinci bobin uçlarından geçen akımın alternatif akım olması manyetik alanın değişken olmasını sağlamaktadır. Değişken manyetik alanda meydana gelen akı ikinci bobin uçlarında gerilim oluşturmaktadır. Kablosuz güç iletiminde karşılaşılan en önemli problem sistem verimliliğinin düşük olmasıdır. Tasarlanan bobinlerin kaliteleri sistem verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Kablosuz güç iletim sisteminde bulunan devre topolojileri besleme kaynaklarının çeşidine göre farklılık göstermektedir. Bataryaların şarj edilmesi için gerekli olan gerilim DA dönüştürücü devresi yardımıyla sabit değerde tutulur. Burada bir kaç farklı metot kullanılmaktadır. Sıradan DA çeviricilerin dışında kontrol algoritması bulunan çevirici modellerinde, rezonans devresindeki gerilim değişimleri PI denetleyicinin DA dönüştürücünün doluluk oranını kontrol etmesiyle sabitlenebilmektedir.

## 2. Teorik Metot

Elektrikli araçların kablosuz şarj edilmesinde besleme kaynağı alternatif akım ise doğrultma devresinden doğru gerilim elde edilir. Giriş geriliminin maksimum değeri  $V_{max}$ , etkin değeri  $V_{etkin}$  ve doğrultulan gerilimin DA değeri  $V_{da}$  olduğunda tam dalga doğrultucu çıkışındaki gerilim Eşitlik (1) ile elde edilir [4].

$$V_{da} = \frac{2 \cdot V_{max}}{\pi} = \frac{2 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{etkin}}{\pi} \quad (1)$$

Şekil 1’de kablosuz şarj sisteminin genel yapısı verilmektedir. Doğru gerilim, evirici yapısı kullanılarak kare dalga formunda alternatif gerilime dönüştürülür. Böylece rezonans devresinde bobinlerin iletim sağlayabilmesi için gerekli olan gerilim elde edilir. Seri rezonans devresinin yapısı  $X_L = X_C$  eşitliği sağlanarak sistemin rezonans frekansı Eşitlik (2) kullanılarak belirlenebilmektedir [5].

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad (2)$$

Rezonans devre frekansı kablosuz şarj sistemlerinde kullanılan güç iletim yöntemine göre farklılık gösterilmektedir. Kablosuz şarj yöntemlerinin karşılaştırılması Tablo 2’de verilmektedir [6].



Şekil 1. Kablosuz şarj sistemi.

Tablo 1. IEC61851 standartının elektriksel büyüklükleri [3].

	Şarj Yöntemi	Faz Sayısı	Anma Gerilimi (V)	Maksimum Akım (A)
AC	Mod 1	1	≤ 250	≤ 16
		3	≤ 480	
	Mod 2	1	≤ 250	≤ 32
		3	≤ 480	
	Mod 3	1	≤ 250	≤ 250
		3	≤ 480	
DC	Mod 4	-	≤ 1000	≤ 400



**Tablo 2.** Kablosuz şarj yöntemlerinin karşılaştırılması [6] (EMI: Elektromanyetik girişim).

Güç İletimi	Performans			Maliyet	Boyut / Hacim	Sistem Zorluğu	Güç Seviyesi
	Verim	EMI	Frekans				
Endüktif	Orta	Orta	10 - 50 kHz	Orta	Orta	Orta	Orta / Yüksek
Kapatif	Düşük	Orta	100 - 500 kHz	Düşük	Düşük	Orta	Düşük
Sürekli Miknatıslı	Düşük	Yüksek	100 - 500 Hz	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta / Düşük
Rezonans Endüktif	Orta	Düşük	1 - 20 MHz	Orta	Orta	Orta	Orta / Düşük
Çevrimiçi Endüktif	Orta	Orta	10 - 50 kHz	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek
Rezonans Antenler	Orta	Orta	100 - 500 kHz	Orta	Orta	Orta	Orta / Düşük

## 2.1. Rezonans Devre Kriterleri

Rezonans devrelerde 2 tane çok önemli faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden ilki ortak endüktans değeridir. Ortak endüktans ifadesindeki  $k$ , bağlantı faktörünün değeridir ve sistem verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Ortak endüktans ifadesinin değeri arttıkça alıcı rezonans devresinde elde edilen gerilim değeri de artmaktadır. Ortak endüktansın bağlantı faktörü ile olan ilişkisi Eşitlik (3)'te verilmektedir [5].

$$M = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad (3)$$

İkinci bobin üzerinde birikecek olan gerilimin bağlantı faktörü ile ilişkisi Eşitlik (4)'te verilmektedir [5].

$$V_2 = V_1 \cdot k \cdot \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \quad (4)$$

Bağlantı faktörünün hesaplanmasında Ansys Maxwell programı kullanılmıştır. Bağlantı faktörünü bulmanın diğer yöntemi, bobinler arası mesafenin bobinlerin yarıçaplarına

oranlanmasıyla hesaplanmaktadır [7]. Rezonans devrenin diğer önemli kısmı kalite faktörüdür. Bobinlerin yüksek kalitede olması güç iletiminde verimin yüksek değerlere çıkmasını sağlamaktadır. Bobinlerin kalitesinin artırılmasının getirdiği dezavantajları da vardır. Kalite faktörünün ifadesi Eşitlik (5)'te verilmektedir [5].

$$Q = \frac{w \cdot L}{R} \quad (5)$$

Yüksek kalite faktörü beraberinde yüksek kondansatör gerilimini oluşturmaktadır. Bu yüzden çok yüksek kalite faktörlerine çıkıldığında rezonans kondansatörün gerilimini de büyümek gerekir. Yapılan çalışmalara göre kablosuz güç iletim sistemlerinde frekansın elektrikli araç uygulamaları için 10-150 kHz arasında seçilmesinin daha verimli olduğu görülmektedir [8], [9].

## 2.2. Bobin Tasarımında Nüvenin Etkisi

Kablosuz güç iletiminde simülasyonu gerçekleştirilen nüve yapılarının bağlantı faktörüne etkileri Tablo 3'te verilmektedir.

**Tablo 3.** Nüve yapısının parametrelere etkisi.

Parametreler	Nüvesiz Sistem	Kare Nüve	Kare Nüve	Gözlü Nüve	Çubuk Nüve
Mesafe (mm)	150	150	150	150	150
Nüve Kalınlığı (mm)	-	10	20	10	10
Sarım Sayısı	13	13	13	13	12
Alüminyum Kalınlığı (mm)	10	10	10	10	10
$L_{Tx}$ (µH)	167,072	411,5033	415,6927	372,3722	34.622602
$M$ (µH)	19,14708	55,78301	57,25627	76,29138	7.698559
$L_{Rx}$ (µH)	212,7175	149,2033	150,5418	376,4344	34.417402
$k$ Sabiti	0,101566	0,225126	0,22888	0,203771	0.223018

Tablo 3'te verilen  $L_{Tx}$  verici bobin endüktansı,  $L_{Rx}$  alıcı bobin endüktansı ve  $M$  ortak endüktansı göstermektedir. Tablo 3'te yer alan 5 adet farklı özelliklerdeki nüve yapıları incelendiğinde, nüvenin sisteme eklenmesi bağlantı faktörünü büyük miktarda

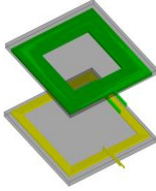
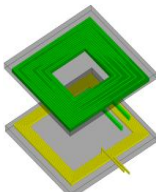
arttırmaktadır. Ayrıca bobin kalınlığının artması endüktansın artmasına ve bağlantı faktörünün artmasına katkı sağlamaktadır. 2 ve 4 numaralı bobin yapılarının karşılaştırılması yapılsa, tam nüve yapısı gözlü nüve yapısına göre daha yüksek bağlantı faktörüne ve ağırlığa

sahiptir. Ağırlığın daha önemli olduğu yerlerde çubuk nüve yapısı tercih edilmelidir. Yapılacak tasarımda çubuk nüve yapısı kullanılmaktadır. Ansys Maxwell programında simülasyonu yapılan sistemlerde kullanılan nüve yapısının manyetik geçirgenliği 1000, iletkenlik değeri ise 0,01 siemens/m verilmektedir.

### 2.3. Bobin Tasarımında Boyut Seçimi

Elektrikli araçlardaki kablosuz şarj cihazının tasarımı yapılırken, devrenin ikinci kısmının araç üzerinde yer alması modelin tasarımında boyut kısıtlamasına yol açmaktadır. Bu nedenle uygun bobin seçimi yapılırken endüktans, kesit, bakır uzunluğunun yanında bobin boyutları da dikkate alınmalıdır. Aynı sarım sayısı için bobinlerin boyutlarının azalması bobinlerin endüktans değerlerini azaltmaktadır. Ayrıca bobinler için gereken bakır uzunluğu ve direnci de azalırken, sistem verimliliğini etkileyen k sabiti de azalmaktadır. Tablo 4’te aynı yapıdaki iki sistemin, boyutlarındaki değişimin endüktans ve bağlantı faktörüne etkisi verilmektedir. Tablo 4’te verilen  $r_{Tx}$  verici bobin yarıçapını,  $r_{Rx}$  ise alıcı bobin yarıçapını belirtmektedir.

**Tablo 4.** Bobin boyutlarının parametrelere etkisi.

Sistem Özellikleri			
$r_{Tx}=4$ mm	$r_{Rx}=4$ mm	$N_{Tx}=8$	$N_{Rx}=13$
Sarımlar Arası Mesafe 0.5 mm		Nüve Kalınlığı 10 mm	
1. Sistem Bobinlerin Boyutları (400 mm * 400 mm)			
	Mesafe	30 mm	60 mm
	$L_{Tx}$ ( $\mu H$ )	213,0116	167,4246
	M ( $\mu H$ )	176,5803	95,36981
	$L_{Rx}$ ( $\mu H$ )	263,5638	186,5146
	k Sabiti	0,745243	0,539691
2. Sistem Bobinlerin Boyutları (300 mm * 300 mm)			
	Mesafe	30 mm	60 mm
	$L_{Tx}$ ( $\mu H$ )	138,5771	110,2778
	M ( $\mu H$ )	101,0274	52,27142
	$L_{Rx}$ ( $\mu H$ )	142,9192	103,8257
	k Sabiti	0,717874	0,488504

Tablo 5’te eni 400 mm olan bobinlerin, boyutlarındaki değişimin bağlantı faktörüne etkisi simülasyon sonuçları ile verilmektedir. Tablo 5’te verilen sonuçlara göre bobin boyutlarının artması k sabitini arttırmaktadır.

**Tablo 5.** Bobin boyunun değişiminin parametrelere etkisi.

Boy ( mm )	350	370	390	410	430	450	470
k sabiti	0,275770	0,287575	0,298076	0,307006	0,315195	0,322142	0,328723
Boy ( mm )	490	510	530	550	570	590	600
k sabiti	0,334122	0,338453	0,342859	0,346912	0,350826	0,353428	0,354676

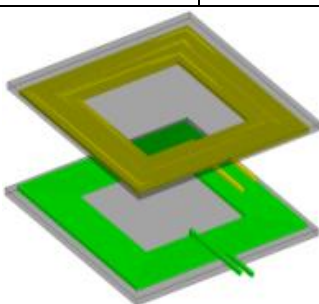
### 2.4. Bobin Tasarımında Kesit Seçimi

Kablosuz güç iletim sistemlerinde kablo kalınlığı bobin tasarımını önemli ölçüde etkilemektedir. Bobinlerin elektriksel dirençlerine bakıldığında bobin kesitinin artması, bobinin direncinin azalmasını sağlar. Bobin kesitinin değişimi endüktans ile ters orantılı, k sabiti ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Bobin kalınlığı arttıkça üretilecek sistemin maliyeti de artacaktır. Bu yüzden uygun bir bobin kalınlığı belirlenmelidir. Bobinlerde yüksek frekanstan oluşan deri etkisini azaltmak için, belirlenen bobin kalınlığını sağlayacak litz teller kullanılmalıdır. Tablo 6’da sabit sarım sayısına sahip bobinlerin, farklı kesitlerdeki parametre değerleri yapılan simülasyonda verilmektedir.

### 2.5. Sarımlar Arası Mesafenin Etkisi

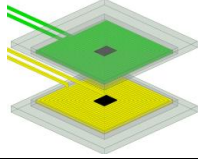
Bobin sarımlarını arasındaki mesafeyi çok fazla çoğaltmak sistemi olumsuz etkiler. Bu nedenle sarımlar arası mesafeyi kısa tutarak bobin boyutlarının ufak olması sağlanır.

**Tablo 6.** Bobin kesitlerinin parametrelere etkisi.

Sistem Özellikleri				
Nüve Kalınlığı 10 mm			$N_{Tx}=13$	
Sarımlar Arası Mesafe 0,5 mm			$N_{Rx}=13$	
				
Kesit	$r_{Tx}=3$ mm		$r_{Rx}=4$ mm	
Mesafe	30 mm	60 mm	30 mm	60 mm
$L_{Tx}$ ( $\mu H$ )	256,2049	184,6055	204,7794	146,6571
M ( $\mu H$ )	218,7413	117,6299	178,4999	98,0429
$L_{Rx}$ ( $\mu H$ )	256,0911	184,0892	204,6909	146,2953
k Sabiti	0,853965	0,638089	0,871858	0,669344

Tablo 7’de sabit sarım sayısına sahip bobinlerin, sarımları arasındaki mesafenin değiştirilmesinin bağlantı faktörünü nasıl etkilediği simülasyon sonuçları ile verilmektedir. Tablo 7’de verilen simülasyon sonuçlarına göre sarım sayıları arasındaki mesafenin artması bağlantı faktörünü azaltmaktadır.

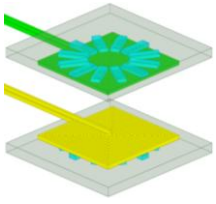
**Tablo 7.** Sarımlar arası mesafenin etkileri.

Sistem Özellikleri		
Nüve Kalınlığı 10 mm	$N_{Tx}=21$	$r_{Tx}=4$ mm
Alüminyum Kalınlığı 20 mm	$N_{Rx}=21$	$r_{Rx}=4$ mm
		
Sarımlar Arası Mesafe (mm)	Bağlantı Faktörü (k sabiti)	
1	0,275735	
2	0,276756	
3	0,275739	
4	0,273140	
5	0,269715	

## 2.6. Sarım Sayısının Bobin Tasarımına Etkisi

Bobin tasarımında en önemli kısımlardan birisi de bobinlerin sarım sayılarıdır. Sarım sayısının fazla olması endüktans değerini ve bobin direncini artırır. Tablo 8’de simülasyonu yapılan aynı yapıdaki bobinlerin, sarım sayılarının değişiminin parametrelere etkisi verilmektedir.

**Tablo 8.** Sarım sayısının parametrelere etkisi.

Çubuk Nüve Yapılı Sistem				
				
$r_{Tx}=r_{Rx}=4$ mm				
Alüminyum kalınlığı 20 mm				
Nüve Yapısı				
En 30 mm				
Yükseklik 10 mm				
Mesafe 150 mm				
Sarım Sayısı	$L_{Tx}$ (µH)	M (µH)	$L_{Rx}$ (µH)	k sabiti
6	3,904	0,223	3,862	0,057
8	9,591	1,021	9,525	0,106
10	19,517	3,186	19,383	0,163
12	34,622	7,698	34,417	0,223
14	55,901	15,628	55,631	0,280
16	84,621	28,170	84,280	0,333

Tablo 8’deki verilere göre sarım sayılarının artması bağlantı faktörünü çok büyük miktarda arttırmaktadır.

Tablo 8’de verilen sistemin Eddy Current analizi yapılarak direnç değeri ve bakır kaybı Tablo 9’da verilmektedir.

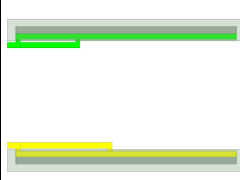
**Tablo 9.** Sarım sayısının bakır kaybına ve dirence etkisi.

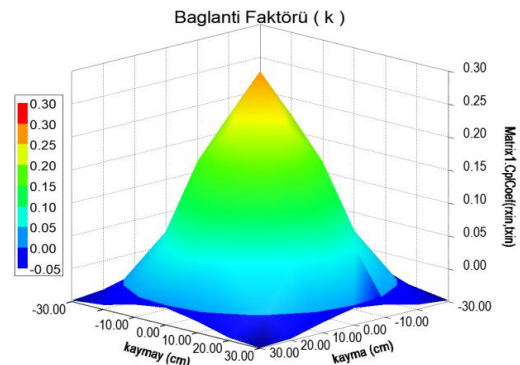
Sarım Sayısı	N = 14	N = 16
$R_{Tx}$ (Ω)	0,02597	0,04265
$R_{Rx}$ (Ω)	0,40927	0,06663
$P_{Bakır}$ (W)	61,981	104,23
k sabiti	0,280248	0,333567

## 2.7. Hizalanmasının Etkisi

Bobinlerin hizalanmasında kaymaların oluşması, bağlantı faktörüne çok ciddi etki etmektedir [10]. Bobinlerin doğru hizalanmamasının sonucunda bağlantı faktörü çok fazla azalarak alıcı kısımda elde edilen gerilimi düşürmektedir. Bu nedenle bobinlerin merkezleri tam olarak üst üste gelmesi gerekir. Hizalamada meydana gelen kaymaların matematiksel olarak sisteme etkileri denklemlerle bulunabilmektedir [11]. Hizalanmanın tam olarak yapılmaması durumunda, simülasyonu yapılan sistemde boyutları 400 mm \* 400 mm olarak ayarlanan bobinlerdeki kaymanın ortak endüktans ve bağlantı faktörünü nasıl etkilediği Tablo 10’da verilmektedir.

**Tablo 10.** Kaymanın sistem parametrelerine etkisi.

Sistem Özellikleri			
			
Nüve Kalınlığı 10 mm			
Alüminyum Kalınlığı 10 mm			
Boyut 400 mm * 400 mm			
$r_{Tx}=r_{Rx}=4$ mm			
Mesafe 150 mm			
Kayma	-300 mm	0 mm	300 mm
$L_{Tx}$ (µH)	158,074	159,246	158,028
M (µH)	-0,271	34,307	-0,325
$L_{Rx}$ (µH)	116,733	117,538	116,674
k sabiti	-0,002	0,250	-0,002



**Şekil 2.** Hizalanmanın bağlantı faktörüne etkisi.

## 2.8. Maxwell Tasarımı İçin Bobin Seçimi

Kablosuz güç iletim sistemlerinde bobinlerin seçimi yapılırken kayıpların az olduğu sistemler tercih edilmektedir. Tercih edilen bobin tasarımında bakır kayıplarının düşük olması sistemin verimini arttırmaktadır. Tasarlanan sistemin yapısına göre bobinlerin direnç değerleri farklılık göstermektedir. Bobin tasarımında alüminyumun kalınlığına, alüminyum boyutuna, nüve yapısına, sarım sayısına, bobin çapına ve bobin uzunluğuna

dikkat edilmektedir. Ansys Maxwell programında oluşturulan 6 farklı sistemin Eddy Current analizi yapılarak direnç değerleri ve bakır kayıpları Tablo 11’de verilmektedir. Eddy Current analizi sonucunda bakır kaybı en az olan yapı dördüncü sistem olarak belirlenmektedir.

Tablo 10’daki verilere göre bobinlerin hizalarındaki kayma bağlantı faktörünü ve ortak endüktansı azaltmaktadır. Şekil 2’de verilen grafikte, Tablo 10’da kullanılan sistemin x ve y eksenlerindeki kaymasının etkileri verilmektedir.

**Tablo 11.** Bakır kayıplarının bobin seçimine etkisi ( $R_{Tx}$ : verici bobin direnci,  $R_{Rx}$ : alıcı bobin direnci,  $P_{Bakır}$ : bakır kaybı ).

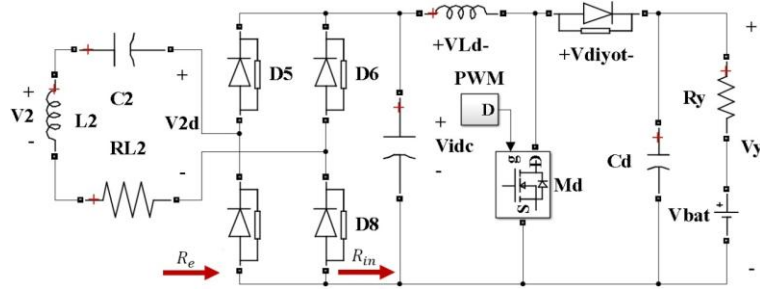
Bobin Tasarımı							
1. Sistem				2. Sistem			
	$R_{Tx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Tx}$	Mesafe		$R_{Tx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Tx}$	
	0,43215	20	150 mm		0,21087	13	
	$R_{Rx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Rx}$	$r_{Tx}=r_{Rx}$		$R_{Rx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Rx}$	$r_{Tx}=r_{Rx}$
	0,70027	13	4 mm		0,57643	13	
	Alüminyum Kalınlığı	$P_{Bakır}$ (W)			Alüminyum Kalınlığı	$P_{Bakır}$ (W)	
	20 mm	1012,5			20 mm	789,8	
	Kare Nüve Kalınlığı	Boyut			Kare Nüve Kalınlığı	Boyut	
10 mm	40 cm * 40 cm		10 mm	40 cm * 40 cm			
Sarımlar Arası Mesafe 0,5 mm				Sarımlar Arası Mesafe 0,5 mm			
Alüminyum 44 cm * 44 cm				Alüminyum 44 cm * 44 cm			
3. Sistem				4. Sistem			
	$R_{Tx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Tx}$	Mesafe		$R_{Tx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Tx}$	
	0,1843	20	150 mm		0,04265	16	
	$R_{Rx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Rx}$	$r_{Tx}=r_{Rx}$		$R_{Rx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Rx}$	$r_{Tx}=r_{Rx}$
	0,088415	13	4 mm		0,066634	16	
	Alüminyum Kalınlığı	$P_{Bakır}$ (W)			Alüminyum Kalınlığı	$P_{Bakır}$ (W)	
	20 mm	167,63			10 mm	104,23	
	Kare Nüve Kalınlığı	Boyut			Çubuk Nüve Boyutları	Boyut	
10 mm	40 cm * 40 cm		22 cm * 3 cm * 1 cm	58 cm * 58 cm			
Sarımlar Arası Mesafe 0,5 mm				Sarımlar Arası Mesafe 8 mm			
Alüminyum 64 cm * 64 cm				Alüminyum 71,8 cm * 71,8 cm			
5. Sistem				6. Sistem			
	$R_{Tx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Tx}$	Mesafe		$R_{Tx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Tx}$	
	0,16785	13	150 mm		0,15631	13	
	$R_{Rx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Rx}$	$r_{Tx}=r_{Rx}$		$R_{Rx}$ ( $\Omega$ )	$N_{Rx}$	$r_{Tx}=r_{Rx}$
	0,62602	20	4 mm		0,17891	13	
	Alüminyum Kalınlığı	$P_{Bakır}$ (W)			Alüminyum Kalınlığı	$P_{Bakır}$ (W)	
	20 mm	844			20 mm	262,77	
	Çubuk Nüve Boyutları	Boyut			Çubuk Nüve Boyutları	Boyut	
12 cm * 3 cm * 1 cm	40 cm * 40 cm		12 cm * 3 cm * 1 cm	40 cm * 40 cm			
Sarımlar Arası Mesafe 0,5 mm				Sarımlar Arası Mesafe 0,5 mm			
Alüminyum 50 cm * 50 cm				Alüminyum 50 cm * 50 cm			

## 2.9. Alıcı Devresinin Analizi

Kablosuz güç iletimi devresinde ikinci kısımda rezonans devresi, doğrultucu ve arttıran DA dönüştürücü devreleri bulunmaktadır. Şekil 3’te alıcı devresinin yapısı verilmektedir. Şekil 3’teki modelde verilen DA dönüştürücü modeli sistem tasarımına göre değişmektedir.

Arttıran DA dönüştürücü modelinin kablosuz güç iletim sistemlerinde kullanılması, bobinlerin hizalarının kayması gibi durumlarda çıkış gerilimini istenilen değerlerin üzerine çıkarmaktadır. Bu nedenle DA çevirici yapısında PI denetleyici kullanılarak, bobinler arası bağlantı faktörünün değişmesinden kaynaklanan çıkış

gerilimindeki değişimler engellenebilmektedir. Şekil 3'te alıcı devresine ait şema verilmektedir.



Şekil 3. Alıcı devre modeli.

Arttıran DA dönüştürücünün devre denklemlerine göre giriş ve çıkış gerilimleri arasındaki bağlantı Eşitlik (6)'da verilmektedir [12]. Eşitlik (6)'da  $V_{idc}$  giriş gerilimi,  $V_y$  çıkış gerilimi, D ise doluluk oranını vermektedir.

$$\frac{V_y}{V_{idc}} = \frac{1}{1-D} \quad (6)$$

Devrenin yapısı gereği dönüştürücü bobininin değeri yüksek seçilerek bobindeki dalgalanmalar en az seviyeye indirilir. Endüktans değerinin en az değeri Eşitlik (7)'de elde edilmektedir [12].

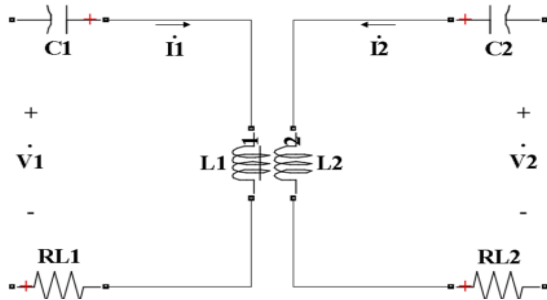
$$L_{min} = \frac{R \cdot D \cdot (1-D)^2}{2 \cdot f} \quad (7)$$

Dönüştürücünün çıkışında dalgalanmanın az olması için kondansatör değeri yüksek seçilmelidir. Kararlı bir çıkış elde edebilmek için seçilmesi gereken en düşük kondansatör değeri Eşitlik (8)'de verilmektedir [12].

$$C_{min} = \frac{D \cdot V_y}{\Delta V_{ripple} \cdot R_y \cdot f} \quad (8)$$

## 2.10. Sistem Modeli

Devre modelinin birinci kısmına ait gerilim ifadeleri daha önceki bölümlerde verilmektedir. Rezonans devresinin yapısı Şekil 4'te verilmektedir.



Şekil 4. Rezonans devre modeli.

Şekil 4'te verilen  $V_1$  ifadesi  $V_1 = (2 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{dc}) / \pi$ ,  $V_2$  ifadesi ise  $V_2 = (2 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{idc}) / \pi$  olmaktadır. Rezonans devresinin analizi Eşitlik (9-12) kullanılarak Şekil 4'e göre elde edilmektedir.

$$0 = I_2 \cdot \left( R_2 + R_e + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} \right) + j\omega M \cdot I_1 \quad (9)$$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{j\omega M}{R_2 + R_e + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2}} \quad (10)$$

$$I_1 = \frac{2 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{dc}}{\pi} \cdot \frac{R_2 + R_e}{R_1 \cdot (R_2 + R_e) + (\omega M)^2} \quad (11)$$

$$I_2 = j \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{dc}}{\pi} \cdot \frac{\omega \cdot M}{R_1 \cdot (R_2 + R_e) + (\omega \cdot M)^2} \quad (12)$$

Eşitlik (9-12)'de verilen  $I_1$  verici bobin akımı,  $I_2$  alıcı bobin akımı,  $R_1$  verici bobin direnci,  $R_2$  alıcı bobin direnci,  $R_y$  yük direnci ve  $R_e$  DA dönüştürücünün giriş kısmından görülen direnç değeridir. Direncin hesaplanması Eşitlik (13) kullanılarak bulunur [13].

$$R_e = R_y \cdot (1-D)^2 \quad (13)$$

Bataryanın elektriksel devre modeli bir batarya ve direnç ile ifade edilmektedir. Sabit çıkış gerilimi ile bataryanın şarj edilebilmesi için PI denetleyici tasarımında kullanılacak olan transfer fonksiyonunun bulunması gerekmektedir. DA dönüştürücü denklemlerinden transfer fonksiyonu bulunurken anahtarın iletim ve kesim durumlarındaki devre çözümleri yapılır. Anahtarın kesimde olduğu durumlar Eşitlik (14, 15)'den elde edilmektedir.

$$V_L = V_{idc} - V_y = L \cdot \frac{dI_{Ld}}{dt} \quad (14)$$



$$C_d * \frac{dV_y}{dt} = I_{Ld} - \frac{V_y}{R_y} \quad (15)$$

Anahtarın iletimde olduğu durumlar Eşitlik (16, 17)'de verilmektedir.

$$V_L = V_{idc} = L * \frac{dI_{Ld}}{dt} \quad (16)$$

$$C_d * \frac{dV_y}{dt} = -\frac{V_y}{R_y} \quad (17)$$

Transfer fonksiyonu için  $\Delta I_{Ld}$  ve  $\Delta V_y$  ifadelerini bulmak gerekir. Eşitlik (16, 17)'deki denklemler anahtarın iletimde olduğu zaman D, kesimde olduğu zaman (1-D) ile çarpılarak düzenlenirse Eşitlik (18, 19) elde edilir.

$$V_L = V_{idc} + V_y * (D-1) \quad (18)$$

$$C_d * \frac{dV_y}{dt} = I_{Ld} * (1-D) - \frac{V_y}{R_y} \quad (19)$$

Eşitlik (18, 19)'dan faydalanarak  $\Delta I_{Ld}$  ve  $\Delta V_y$  ifadeleri Eşitlik (20, 21)'deki gibi elde edilir.

$$\frac{dI_{Ld}}{dt} = \frac{V_{idc}}{L} + \frac{V_y * (D-1)}{L} \quad (20)$$

$$\frac{dV_y}{dt} = \frac{I_{Ld} * (1-D)}{C_d} - \frac{V_y}{C_d * R_y} \quad (21)$$

Eşitlik (21)'den çıkış geriliminin türevi kullanılarak Eşitlik (20)'de  $\Delta I_{Ld}$  ifadesinin yerine yazılır. Böylece  $\Delta I_{Ld}$  ifadesinin çıkış gerilimi cinsinden ifadesi Eşitlik (22)'de verildiği gibi olmaktadır.

$$\frac{dI_{Ld}}{dt} = \frac{d^2 V_y}{dt^2} * \frac{C_d}{(1-D)} + \frac{dV_y}{dt} * \frac{1}{(1-D) * R_y} \quad (22)$$

Akımın türevi olan denklem ile elde edilen denklem eşitlenir.

$$\frac{V_{idc} + (V_y * (D-1))}{L} = \frac{d^2 V_y}{dt^2} * \frac{C_d}{(1-D)} + \frac{dV_y}{dt} * \frac{1}{(1-D) * R_y} \quad (23)$$

Gerilimin türevli ifadesini Eşitlik (23)'ten faydalanarak Eşitlik (24)'teki gibi elde edilir.

$$V_{idc} = \frac{d^2 V_y}{dt^2} * \frac{C_d * L}{(1-D)} + \frac{dV_y}{dt} * \frac{L}{(1-D) * R_y} + V_y * (1-D) \quad (24)$$

Laplace denklemi ve gerilim ifadesinden faydalanarak gerilim ifadesi Eşitlik (25)'deki gibi elde edilir.

$$V_{idc}(s) = s^2 * V_y(s) * \frac{C_d * L}{(1-D)} + s * V_y(s) * \frac{L}{(1-D) * R_y} + V_y(s) * (1-D) \quad (25)$$

Transfer fonksiyonunun hesaplanmasında giriş ve çıkış gerilimleri kullanılmaktadır. Eşitlik (25) kullanılarak elde edilen transfer fonksiyonu Eşitlik (26)'da verilmektedir.

$$T(s) = \frac{1}{s^2 * \left( \frac{C_d * L}{1-D} \right) + s * \frac{L}{(1-D) * R_y} + (1-D)} \quad (26)$$

DA dönüştürücü modelinin analiz edilmesiyle PI denetleyici için transfer fonksiyonu elde edilmiştir.

### 3. Simülasyon Sonuçları

Kablosuz güç iletim sisteminde bobin tasarımı yaparken dikkate edilmesi gereken kısımlar daha önceki kısımlarda incelenmektedir. Simülasyon çalışmasında tasarımı yapılan bobin, nüve ve alüminyum yapısının yüksek verimlilik ile çalışması sağlanmaktadır. Simülasyonda, manyetostatik ve elektrostatik analizlerin sonucunda en yüksek bağlantı faktörüne sahip model kullanılmaktadır.

**Tablo 12.** Simülasyonda kullanılan bobinin özellikleri.

Bobin Özellikleri	
Nüve Eni 30 mm	Nüve Boyu 220 mm
Nüve Yüksekliği 8 mm	Çubuk Nüve Sayısı 12
Bobin Eni 520 mm	Bobin Boyu 520 mm
Bobin Çapı 8 mm	Sarım Sayısı 16
Alüminyum Eni 718 mm	Alüminyum Boyu 718 mm
Alüminyum Kalınlığı 10 mm	
Bobin Yarıçapı 4 mm	

Simülasyon çalışmasında kullanılan rezonans yapısına ait fiziksel veriler Tablo 12’de verilmektedir.

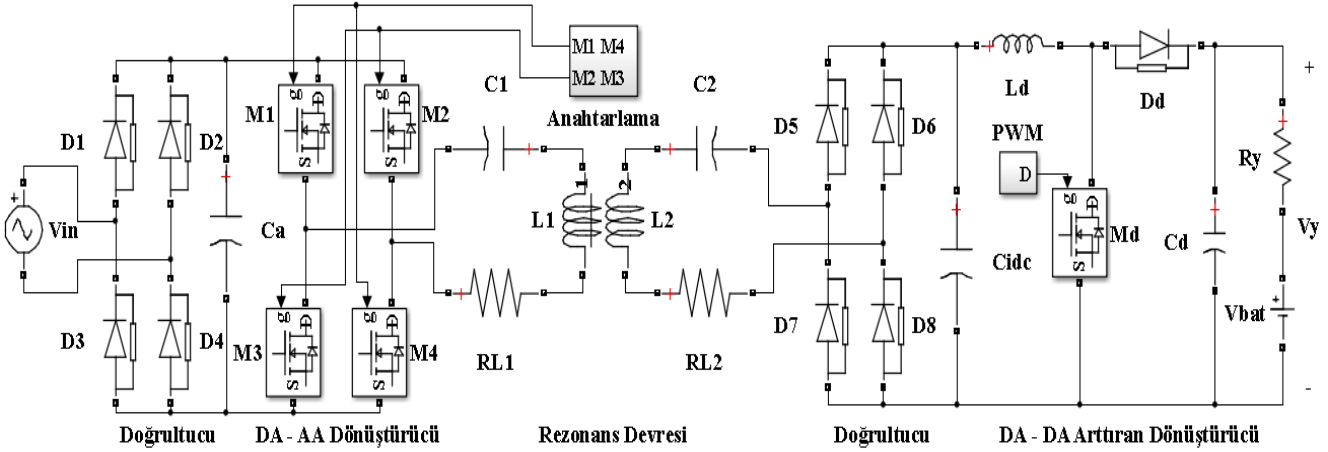
Tablo 12’de verilen modele ait geçici ve elektrostatik analizlerin sonuçları Tablo 13’te verilmektedir.

**Tablo 13.** Geçici ve elektrostatik analiz sonuçları.

Geçici Analiz Sonuçları		Elektrostatik Analiz Sonuçları
$L_{Tx}$ ( $\mu$ H )	$L_{Rx}$ ( $\mu$ H )	$R_{Tx}$ ( $\Omega$ )
105,361242	102,688838	0,04265
$N_{Tx}$	$N_{Rx}$	$R_{Rx}$ ( $\Omega$ )
16	16	0,0666
$M$ ( $\mu$ H )	k sabiti	$P_{Bakır}$ ( W )
38,884495	0,37383	104,23

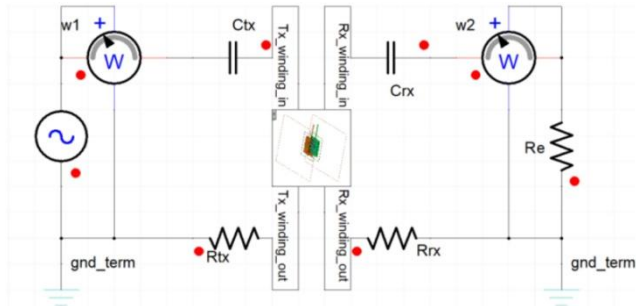
Tablo 12’de verilen modelde her iki bobin yapısı da fiziksel olarak aynı özelliklere sahiptir. Şekil 5’te kablosuz şarj sisteminin genel yapısı verilmektedir. Şekil 5’teki verilen DA dönüştürücü yapısı, çıkışta kullanılan batarya yapısına göre azaltan veya arttıran DA dönüştürücü yapısı

olarak seçilmektedir. Şekil 5’te alıcı kısımdan görülen direnç değeri Eşitlik (12, 13)’deki akımları azalttığı için çok yüksek olmaması gerekmektedir. Çıkış direncinin değişimi alıcı kısımdaki akımı değiştirdiği için verimi de etkilemektedir.



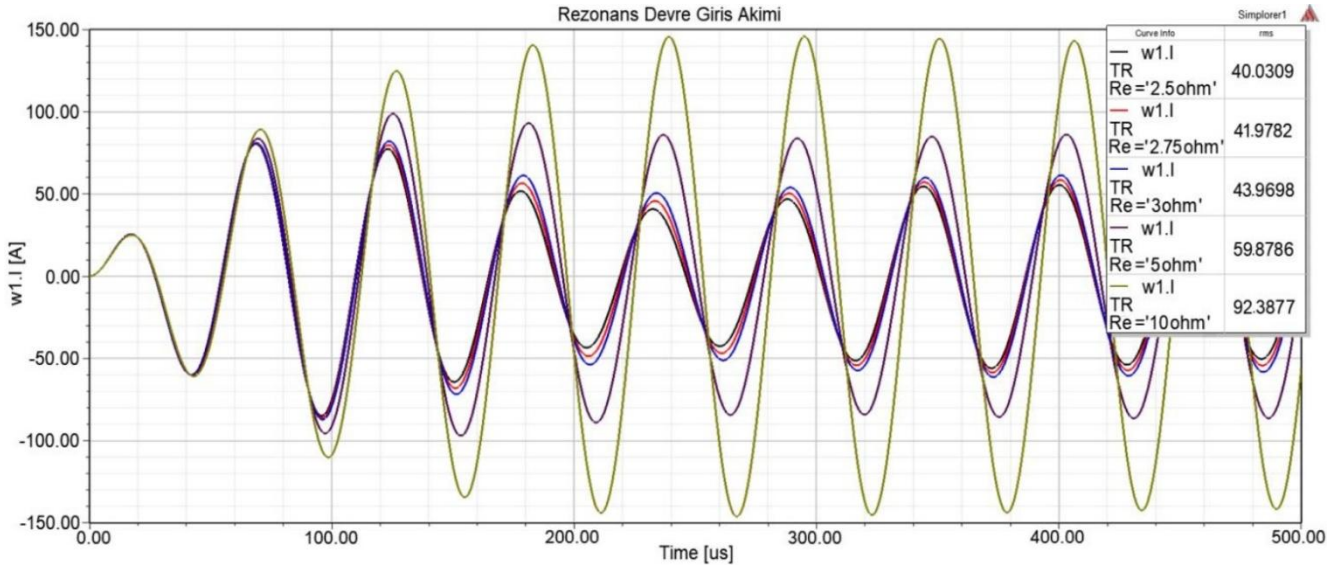
**Şekil 5.** Kablosuz şarj sisteminin genel yapısı.

Şekil 6’da simülasyon için kullanılan kablosuz güç iletim sisteminin basit yapısı verilmektedir. Rezonans devresinin girişinden görünen direnç ( $R_e$ ) sistemin verimliliğini etkilemektedir.

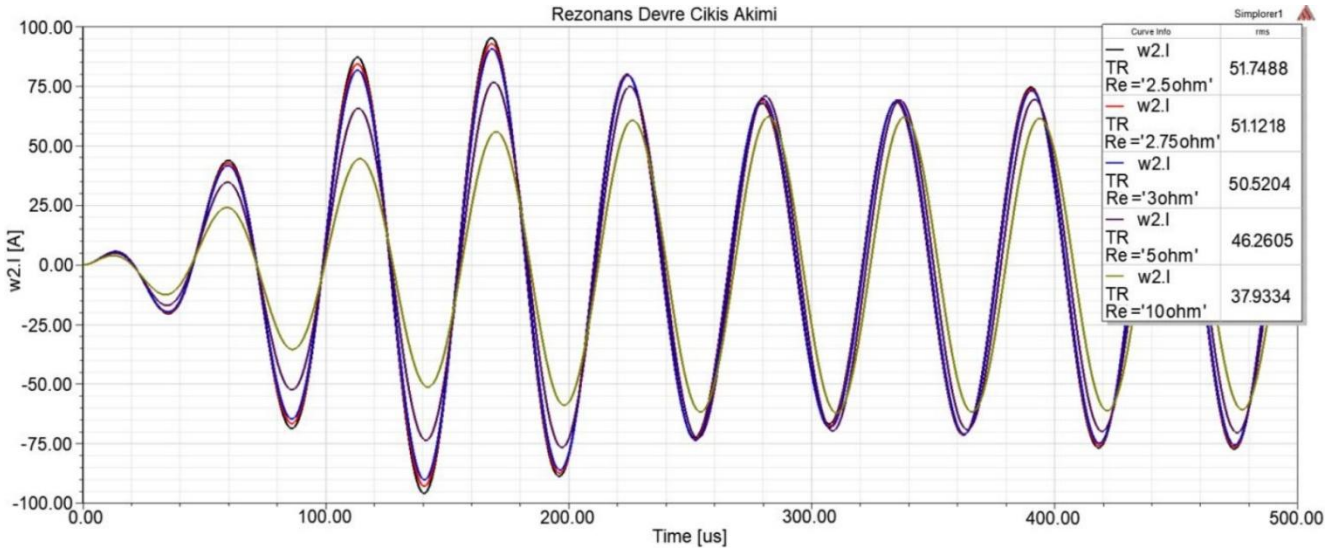


**Şekil 6.** Basitleştirilmiş kablosuz güç iletim sisteminin simülasyon devresi.

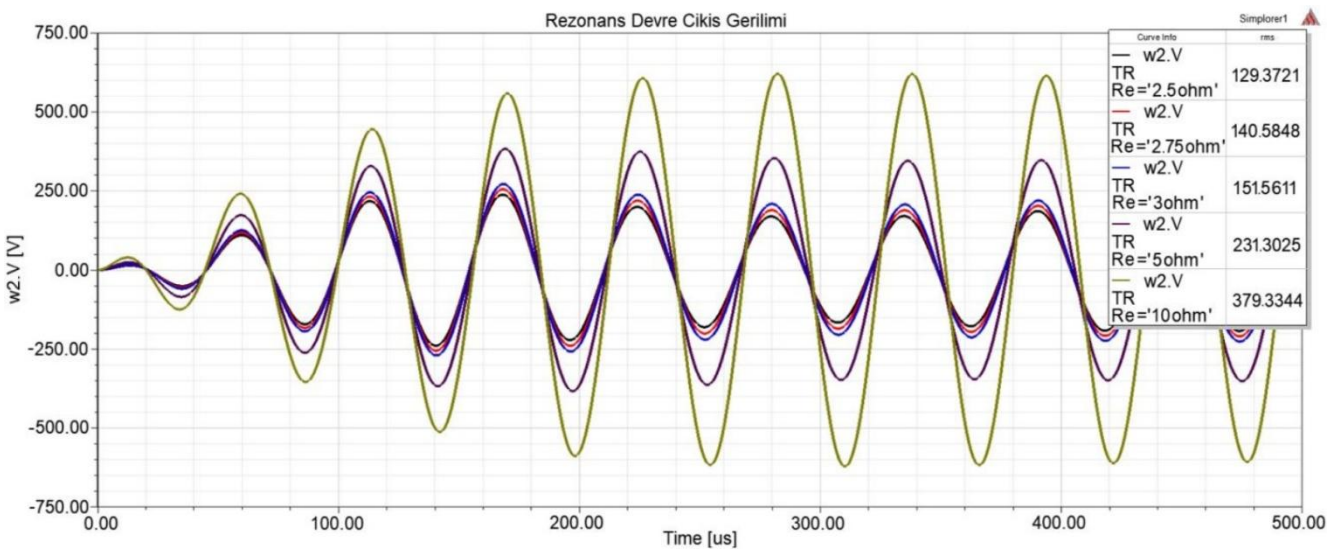
Şekil 7’de  $R_e$  ifadesindeki değişiminin, rezonans devresinin giriş akımına etkisi simülasyon sonucu ile verilmektedir. Şekil 7’deki akım değerleri  $R_e$  direncinin artması ile artmaktadır. Şekil 8’de  $R_e$  direncinin artmasının alıcı kısımda elde edilen akımına etkisi simülasyon sonucu ile verilmektedir. Şekil 8’de  $R_e$  direncinin artması rezonans devresinin çıkış akımını azaltmaktadır. Şekil 9’da  $R_e$  direncinin artmasının çıkış gerilimini nasıl etkilediği simülasyon sonuçları ile verilmektedir. Şekil 9’daki grafiğe göre  $R_e$  direncini arttırınca rezonans devresinin çıkış gerilimi de artmaktadır. Tablo 14’te  $R_e$  direncindeki değişimin, rezonans devre verimine etkisi simülasyon sonuçları ile verilmektedir. Tablo 14’e göre  $R_e$  direncinin artması belli bir seviyeden sonra verimi azaltmaktadır. Şekil 7, 8 ve 9’da verilen grafik verileri Tablo 14’te gösterilmektedir.



Şekil 7.  $R_e$  direncinin rezonans devre giriş akıma etkisi.



Şekil 8.  $R_e$  direncinin rezonans devre çıkış akımına etkisi.



Şekil 9.  $R_e$  direncinin rezonans devre çıkış gerilimine etkisi.

**Tablo 14.** Simülasyon sonuçlarının etkin değerleri.

$R_e$ Direnci ( $\Omega$ )	2,5 $\Omega$	2,75 $\Omega$	3 $\Omega$	5 $\Omega$	10 $\Omega$
Giriş gerilimi (Rms)	220 V	220 V	220 V	220 V	220 V
Giriş akımı (Rms)	40,0309 A	41,9782 A	43,9698 A	59,8786 A	92,3877 A
Çıkış gerilimi (Rms)	129,3721 V	140,5848 V	151,5611 V	231,3025 V	379,3344 V
Çıkış akımı (Rms)	51,7488 A	51,1218 A	50,5204 A	46,2605 A	37,9334 A
Giriş gücü (Rms)	8806,798 W	9235,204 W	9673,356 W	13173,292 W	20325,294 W
Çıkış gücü (Rms)	6694,85 W	7186,948 W	7656,927 W	10700,169 W	14389,4435 W
Verim	% 76	% 77,82	% 79,15	% 81,22	% 70,79

Tablo 15'deki basitleştirilmiş devre modelinde kullanılan elektriksel parametreler verilmektedir. Tablo

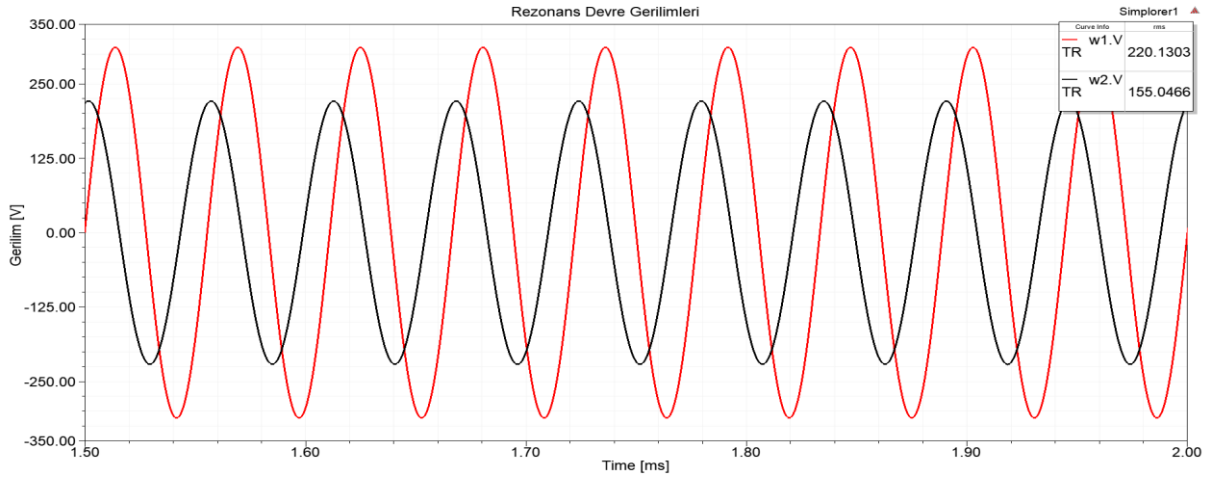
15'deki parametrelerin kullanılması ile yapılan simülasyonun sonuçları elde edilmiştir.

**Tablo 15.** Sistemde kullanılan elektriksel parametreler.

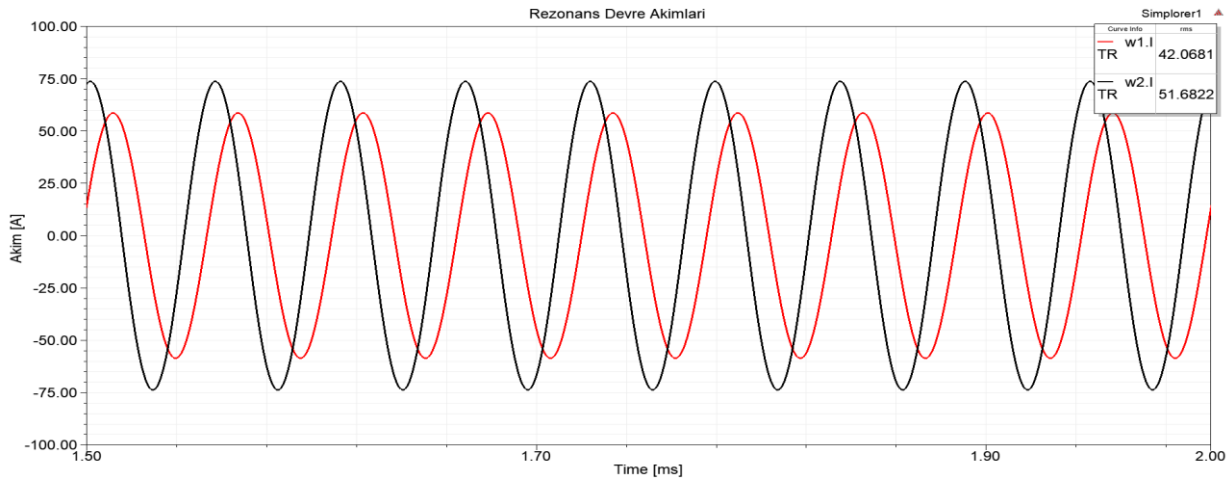
Devrenin Parametreleri				
Anahtarlama Frekansı	Giriş Gerilimi ( Rms )	$C_t$	$C_r$	Çıkış Direnci
18 kHz	220 V	842,723 nF	864,654 nF	3 $\Omega$

Şekil 10'da rezonans devresinin giriş ve çıkış gerilimlerinin grafikleri ( $\dot{V}_1$ ,  $\dot{V}_2$ ), Şekil 11'de ise rezonans

devresinin giriş ve çıkış akımlarının grafikleri ( $\dot{I}_1$ ,  $\dot{I}_2$ ), verilmektedir.



**Şekil 10.** Rezonans devresinin gerilim grafikleri.



**Şekil 11.** Rezonans devresinin akım grafikleri.

Şekil 10'da ve Şekil 11'de elde edilen veriler Tablo 16'da verilmektedir. Tablo 16'daki verilere göre verim % 86,53 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 16.** Simülasyon sonuçlarının etkin değerleri.

Giriş ( Etkin Değer )			Çıkış ( Etkin Değer )			Verim
Gerilim (V)	Akım (A)	Güç ( W )	Gerilim (V)	Akım (A)	Güç ( W )	%
220,1303	42,0681	9260,463	155,0466	51,6822	8013,149	86,53

#### 4. Sonuçlar

Çalışmada, yüksek verimli rezonans devre yapısı için bağlantı faktörünü etkileyen parametrelerin Ansys Maxwell programında analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda seçilen bobin yapısının, basitleştirilmiş kablosuz güç iletim devresi kullanılarak simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Rezonans devre yapısında kullanılan bobinlerin arasındaki mesafe 15 cm olarak belirlenmiştir. Simülasyon sonucunda rezonans devre çıkış gerilimi 155,0466 V, çıkış akımı 51,6822 A ve verimi % 86,53 olarak elde edilmektedir.

#### Kaynaklar

- [1] Si P., Hu A. P., Malpas S., Budgett D., 2008. A Frequency Control Method for Regulating Wireless Power to Implantable Devices. IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, **2**(1), 22-29.
- [2] Bhutkar R., Sapre S., 2009. Wireless Energy Transfer Using Magnetic Resonance. 2009 Second International Conference on Computer and Electrical Engineering, Dubai, 28-30 December, 512-515.
- [3] Polat Ö., Yumak K., Sezgin M. S., Yumurtacı G., Gül Ö., 2015. Elektrikli Araç ve Şarj İstasyonlarının Türkiye'deki Güncel Durumu. 6. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi, Kocaeli, 4-6 Haziran.
- [4] Li Z., Zhu C., Jiang J., Song K., Wei G., 2017. A 3-kW Wireless Power Transfer System for Sightseeing Car Supercapacitor Charge. IEEE Transactions on Power Electronics, **32**(5), 3301-3316.
- [5] Fincan B., Üstün Ö., 2012. Kablosuz Enerji Transferinde Bazı Kısıtlar ve Çözümler. ELECO, 2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Bursa 29 Kasım - 1 Aralık, 455-459.
- [6] Musavi F., Edington M., Eberle W., 2012. Wireless power transfer: A survey of EV battery charging technologies, IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Raleigh, NC, 15-20 September, 1804-1810.
- [7] Fincan B., 2015. Elektrikli Araçlar İçin Kablosuz Şarj Cihazı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] Song B. M., Kratz R., Guroi S., 2002. Contactless inductive power pickup system for Maglev applications. Conference Record of the 2002 IEEE Industry Applications Conference. 37th IAS Annual Meeting (Cat. No.02CH37344), Pittsburgh, PA, USA, 13-18 October, **3**, 1586-1591.
- [9] Mecke R., Rathge C., 2004. High frequency resonant inverter for contactless energy transmission over large air gap: 2004 IEEE 35th Annual Power Electronics Specialists Conference (IEEE Cat. No.04CH37551), Aachen, Germany, **3**, 1737-1743.
- [10] Sampath J. P. K., Alphones A., Vilathgamuwa D. M., 2016. Coil optimization against misalignment for wireless power transfer. 2016 IEEE 2nd Annual Southern Power Electronics Conference (SPEC), Auckland, New Zealand, 5-8 December, 1-5. DOI: 10.1109/SPEC.2016.7846159.
- [11] Akyel C., Babic S. I., Mahmoudi M. M., 2009. Mutual inductance calculation for non-coaxial circular air coils with parallel axes. Progress In Electromagnetics Research, **91**, 287-301.
- [12] Silva F.A., 2011, DC-DC Converters, Editor: Rashid M.H., Power Electronics Handbook, 3rd ed., IEEE, USA, 252.
- [13] Fu M., Ma C., Zhu X., 2014. A cascaded Boost-Buck converter for high efficiency wireless power transfer systems. IEEE Trans Ind. Informat., **10**(3), 1972-1980.





## Çilekte (*Fragaria x ananassa* Duch.) Hasat Sonrası Enfeksiyon ve Kalite Üzerine Bazı Uçucu Yağların Etkisi

### *The Effect Of Some Essential Oils on Postharvest Infection and Quality in Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.)*

Feridun YILMAZ<sup>1</sup> , M. Ufuk KASIM<sup>2\*</sup> , Semra KOŞUMCU<sup>3</sup> , Rezzan KASIM<sup>4</sup> 

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0002-0066-0063

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, Arslanbey MYO, Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0003-2976-7320

<sup>3</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0003-0360-112X

<sup>4</sup>Kocaeli Üniversitesi, Arslanbey MYO, Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0002-2279-4767

#### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 06/02/2019

Kabul Tarihi : 16/04/2019

#### Anahtar Kelimeler

Çilek  
Depolama  
Enfeksiyon  
Kalite  
Uçucu Yağ

#### Özet

Bu çalışma farklı bitkilere ait uçucu yağların çilek meyvesinin muhafazası sırasında kalite değişimi ve enfeksiyon gelişimini engellemedeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla 1000 ppm dozunda kekik (*Thymus vulgaris*), kimyon (*Cuminum cyminum*), nane (*Mentha spicata*), tarçın (*Cinnamomum zeylanicum*) ve çörekotu (*Nigella sativa*) doğal bitkisel uçucu yağları çilek meyvelerine pülverize olarak uygulanmıştır. Uygulamayı takiben çilekler her bir kutuda 200±10 g meyve olacak şekilde kapaklı polietilen tereftalat kutular içerisinde ambalajlanmıştır. Paketlenmiş çilek meyveleri 1±1°C sıcaklık ve %90 oransal nem içeren soğuk odalarda depolanmıştır. 11 gün süreyle muhafaza edilen çileklerde 3., 5., 7., 9. ve 11. günlerde, ağırlık kaybı, meyve rengi, meyve eti sertliği, suda çözünabilir kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asitlik, şeker miktarı, enfeksiyon oranı, görünüş ve tat puanlaması ölçüm ve gözlemleri yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, özellikle çörekotu ve nane uçucu yağları başta olmak üzere tüm uçucu yağların enfeksiyon gelişimini baskıladığı buna karşılık meyve rengi, SÇKM miktarı, glikoz içeriği ve görünüş puanları üzerinde uçucu yağların önemli bir etkisi olmadığı bulunmuştur. Bununla birlikte kekik uçucu yağının ağırlık kaybını azalttığı, kekik dışındaki tüm uçucu yağların yumuşamayı geciktirdiği, nane uçucu yağının asit parçalanmasını geciktirdiği, çörek otu uçucu yağının şeker kaybını hızlandırdığı ancak kekik uçucu yağının tad kalitesinin bozulmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak kullanılan uçucu yağlar içerisinde olgunlaşmayı geciktirmesi ve enfeksiyonu engellemesi nedeniyle, çileklerin depolama kalitesinin korunması açısından nane uçucu yağının en iyi sonucu verdiği bulunmuştur.

#### Research Paper

Received Date : 06/02/2019

Accepted Date : 16/04/2019

#### Keywords

Essential Oil  
Infection  
Quality  
Storage  
Strawberry

#### Abstract

This study was carried out to determine the effects of different volatile oils that belongs to different plants on the prevention of quality change and infection development of strawberry fruit, during storage. For this purpose, 1000 ppm dose of thyme (*Thymus vulgaris*), cumin (*Cuminum cyminum*), mint (*Mentha spicata*), cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) and black cumin (*Nigella sativa*) natural plant essential oils were spray to berries fruits. Following the application, the strawberries were packed in polyethylene terephthalate boxes with lids, each with 200 ± 10 g of fruit per box. The packaged strawberries were then stored in cold rooms set at temperature of 1 ± 1°C and a relative humidity of 90%. According to the results obtained in the study, it was found that, all essential oils, especially black cumin and peppermint essential oils were suppressed the growth of infection although volatile oils did not have a significant effect on fruit color, TSS and glucose content and appearance. In addition, it was determined that thyme essential oil decreased weight loss, all volatile oils except thyme oil delayed softening, peppermint essential oil delayed acid breakdown, black seed oil accelerated fructose loss, but thyme essential oil caused deterioration of taste quality. As a result, it was found that mint essential oil gave the best results in terms of preserving the storage quality of strawberries due to delaying maturation and preventing infection in the essential oils used.

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): rkasim@kocaeli.edu.tr





## 1. Giriş

Çilek çok yıllık ve iklim koşulları uygun olduğu sürece herdem yeşil bir bitkidir [1]. Hem üretim hem de ticari açıdan dünyanın en önemli üzümü meyvesidir. Dünyada 9,22 milyon ton civarında çilek üretimi yapılırken, en büyük üretici Çin'dir [2]. Ülkemiz çilek üretimi ise, 400 bin ton kadardır [3].

Üretim miktarı her geçen gün artan çileğin, insan sağlığı ve beslenmesi açısından son derece yararlı olduğu bilinmektedir. Özellikle, C vitamini ve mineral maddelerden kalsiyum, demir, fosfor bakımından zengin olan çilek, kanser önleyici özelliğe sahiptir. Bu özelliklerinin yanı sıra kendine has aroması, düşük kalorili olması (40-45 kalori/100 g) ve farklı kullanım alanlarının bulunması da bu meyveye olan talebi artırmaktadır [4].

Çok sevilen ve ekonomik değeri yüksek olan çileğin en büyük dezavantajı hasattan sonraki ömrünün çok kısa olmasıdır. Çilek, meyve türleri içinde meyvesi en nazik olanlardandır. Kısa zamanda bozulmasından dolayı çabuk tüketilmelidir. Bu nedenle hasat sonrası kısmı, üretim ve verimin önüne geçmektedir.

Çilek meyvelerinin kaliteli olarak tüketime sunulabilmesi için, uygun zamanda ve ürüne zarar vermeden hasat edilmesi, hızlı bir ön soğutma ve soğuk zincirin iyi kurulmasından geçmektedir. Bu derece hassas bir ürün için en önemli hasat sonrası uygulama düşük sıcaklıkta depolama ve nakliye dir. Ayrıca soğuk depolamaya ilave olarak kontrollü atmosferli muhafaza [5], modifiye atmosfer paket uygulamaları [6] çileğin hasat sonrası ömrünü uzatmada ve kalitesini korumada oldukça etkili olmaktadır. Bu depolama tekniklerinin uygulanmasına karşın hasat sonrası patolojik bulaşmalar ancak yavaşlatabilmekte, fakat engellenememektedir.

Pazarlama kanallarının değişik evrelerinde çileklerde muhafaza süresince kayıplara neden olan başlıca hastalıklar *Botrytis* ve *Rhizopus*'tur [7]. Bu fungus etmenleri araziden meyve üzerinde taşınmakta, uygun şartlar oluştuğunda da ürüne penetre olarak, enfeksiyona neden olmaktadır. Bu neden ürün üzerindeki mikroorganizma yükünü azaltmaya yönelik birçok uygulama yapılmaktadır. En yaygın uygulamalar arasında klor [8], kitosan kaplama [9], salisilik asit [10], ozon gazı [11], hipobarik muhafaza [12], fungusit [13] ve ultraviyole uygulamaları [14] kullanılmaktadır. Ancak bunların bazılarının renk ve kalite üzerinde olumsuz etkileri olabildiği gibi kimyasal kalıntı bırakma durumları da söz konusu olabilmektedir.

Bu nedenle son yıllarda bitkisel kaynaklı doğal bileşiklerin kullanımına yönelim artmıştır. Fitokimyasal maddeler, esansiyel yağlar, bitkisel kökenli doğal bazı maddelerin, mikroorganizmaların üremesinin

engellenmede oldukça güçlü etkiler sahip olabilmektedir. Bu özellikleri sayesinde, hassas ürünlerin muhafazası sırasında kimyasal bileşiklere alternatif olarak her geçen gün daha geniş uygulama alanı bulabilmektedirler [15].

Uçucu yağlar antifungal ve antititotoksik özellikleri sayesinde gıdalarda mantar gelişimi ve fitotoksin gelişimini engellemede kullanılabilir doğal maddelerdir. Bu sayede kalıntı ve insan sağlığı açısından zararlı bir etkisi de olmayacaktır. Ayrıca organik tarım ve entegre mücadelelerde kullanılabilir ilaç etkin maddesi olma potansiyeli de bulunmaktadır [16].

Bu çalışmada, antimikrobiyal özelliklerinin olduğu bilinen kekik (*Thymus vulgaris*), kimyon (*Cuminum cyminum*), nane (*Mentha spicata*), tarçın (*Cinnamomum zeylanicum*), ve çörekotu (*Nigella sativa*) doğal bitkisel uçucu yağlarının çilekte hasat sonrası enfeksiyon oluşumu ve kalite kayıpları üzerine etkileri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan Albion\_Yediveren çilek çeşidi, Kocaeli İli Karamürsel İlçesi Yalacdere Köyü'ndeki bir üretici bahçesinden (40° 35' 10,4" Kuzey, 29° 32' 12,4" Doğu) temin edilmiştir. Sabah saatlerinde toplanan çilekler, ısı muhafazalı kaplarda hızla laboratuara transfer edilmiştir. Daha sonra hasarlı, şekli bozuk, tip dışı olanlar ayrılarak deneme dışında bırakılmıştır. Denemeye alınan meyveler ise 13x12x5 cm boyutunda polietilen tereftalat kutulara, her birinde yaklaşık 200 gram olacak şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonra hazırlanan uçucu yağ çözeltileri çileklere püskürtülerek ambalajın kapağı kapatılmıştır.

Çileklerde "Arpaş Arifoğlu Pazarlama Dağıtım ve Ticaret A.Ş." firmasından temin edilen, bitkisel kökenli 5 farklı uçucu yağ kullanılmıştır. Bunlar;

- Kekik (*Thymus vulgaris*) uçucu yağı (KeUY),
- Kimyon (*Cuminum cyminum*) uçucu yağı (KiUY),
- Nane (*Mentha spicata*) uçucu yağı (NUY),
- Tarçın (*Cinnamomum zeylanicum*) uçucu yağı (TUY) ve
- Çörekotu (*Nigella sativa*) uçucu yağı (ÇUY)'dır.

Tüm esansiyel yağlar saf su içerisinde 1000 ppm olarak hazırlanmıştır. Çalışmada kontrol olarak saf su kullanılmıştır.

Paketlenen ve uçucu yağ uygulanan çilekler, 1±1°C ve %90 oransal nem içeren soğuk odalarda depolanmıştır. Deneme başlangıcında 3., 5., 7., 9. ve 11. günlerde, çileklerde meydana gelen değişimleri gözlemek amacı ile aşağıda belirtilen ölçüm ve gözlemler yapılmıştır.

*Enfeksiyon oranı (%)*: Analiz döneminde kutu içerisinde enfekte olan meyve sayısının toplam meyve sayısına oranlanması ile hesaplanmıştır.

**Ağırlık kaybı (%):** Başlangıçta ayrılan kutularda her analiz döneminde yapılan tartımlar sonucu başlangıca göre (%) olarak hesaplanmıştır.

**Meyve rengi:** Her analiz döneminde her tekerrürde 5 adet meyvenin 3 noktasından Minolta CR400 renkölçer ile ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar L\*, a\*, b\* cinsinden alınmıştır. Daha sonra Denklem (1) kullanılarak Kırmızılık İndeksi (KI) hesaplanmıştır.

$$KI = \frac{200a}{\sqrt{L(a^2+b^2)}} \quad (1)$$

**Meyve eti sertliği (N):** Her analiz döneminde her tekerrürden 5 meyvede 45° konik uç takılmış dijital penetrometre ile (N) olarak ölçülmüştür.

**Suda çözünür kuru madde miktarı (%):** Atego marka dijital refraktometre ile meyve suyunda ŞÇKM miktarı (%) olarak ölçülmüştür.

**Titre edilebilir asitlik miktarı (%):** 1:2 oranında saf su ile seyreltilen meyve suyunun 0,1 N NaOH ile 8,1 seviyesine kadar titrasyonu sonucunda kullanılan baz seviyesi kullanılarak sitrik asit cinsinden (%) olarak hesaplanmıştır.

**Şeker miktarı (%):** Agilent 1260 marka HPLC kullanılarak homojenize edilmiş meyve suyundaki şeker miktarı Glikoz, Fruktoz, Sakkaroz ve Toplam Şeker cinsinden (%) olarak hesaplanmıştır. Bu amaçla 3 g örnek alınmış, üzerine 10 ml saf su koyulduktan sonra homojenize edilmiş ve kaba filtre kağıdından süzöldükten

sonra enjektör yardımıyla naylon 66 şırınga filtresinden geçirilerek HPLC'ye (Kolon: Karbonhidrat 4,6 × 150 mm 5-Micron, Mobil Faz: Asetonitril : su (75 : 25), Akış hızı: 1,4 mL/dakika, Kolon sıcaklığı: Ortam, Dedektör: RID (Refractive index dedector), Dedektör sıcaklığı: 35°C) enjekte edilmiştir.

**Görünüş ve tat puanlaması:** 5 kişiden oluşan panelistler tarafından 1-5 (1 çok kötü – 5 Çok iyi) skalasıyla değerlendirilmiştir.

**Enfeksiyon oranı (%):** Analiz döneminde kutu içerisinde enfekte olan meyve sayısının toplam meyve sayısına oranlanması ile hesaplanmıştır.

**Deneme deseni:** Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 1 paket çilek (200 gram) kullanılmıştır. Deneme sonuçlarının değerlendirilmesi için SPSS 16 programı ile varyans analizi yapılmış, ortalamalar arasındaki farklılıkları karşılaştırmak için de Duncan testi kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Enfeksiyon Oranı

Tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağların önemli derecede antifungal etkilerinin olduğu bilinmektedir [16]. Çileklerde hasat sonrası en önemli enfeksiyon kaynağı *Botrytis cinerea*'dir [7]. Çalışmamızda 3. günden itibaren enfeksiyon çıkmaya başlamıştır (Tablo 1). 11. gün sonunda ortalama %29 oranında enfeksiyon

**Tablo 1.** Muhafaza süresince farklı türlere ait uçucu yağların çileklerde enfeksiyon oranı (%) üzerine etkileri.

Uygulama	Enfeksiyon Oranı (%)						Uyg.ort
	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0	3	5	7	9	11	
Kontrol	0,00	6,25	47,39	32,26	34,93	31,28	25,35 a
Kimyon	0,00	0,00	31,55	33,80	19,92	18,05	17,22 ab
Kekik	0,00	10,07	26,23	13,51	30,84	27,83	18,08 ab
Çörek otu	0,00	6,83	2,08	15,74	26,15	15,60	11,07 b
Nane	0,00	17,98	14,34	13,77	12,04	41,83	16,66 b
Tarçın	0,00	6,98	21,45	22,54	17,41	36,96	17,56 ab
Zaman ort.	0,0 c	8,02 b	23,84 a	21,94 a	23,55 a	28,59 a	

tespit edilmiştir. Kontrol grubunda ortalama %25 enfeksiyon çıkması ve bu gruba en yakın uygulamada %18 enfeksiyon çıkması, uçucu yağların enfeksiyon oluşumunu azalttığını göstermektedir. Özellikle ÇUY ve NUY uygulamalarının kontrole göre önemli derecede (p<0,05) düşük çıkması bu yağların daha etkili olduğunu

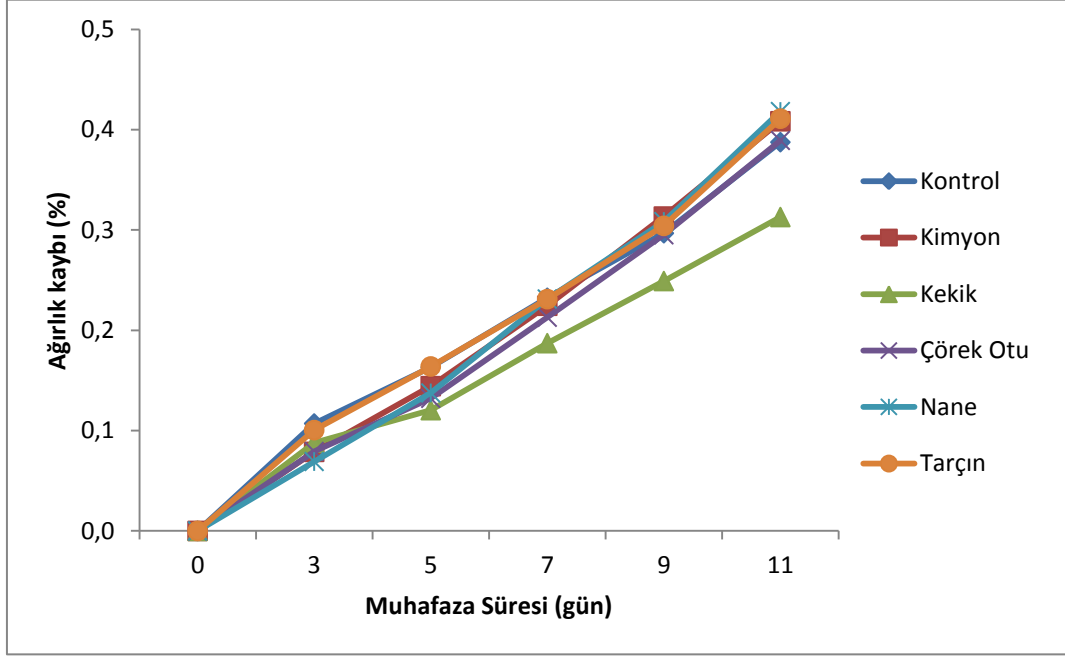
göstermektedir. Yapılan çalışmalarda farklı ürünlerde farklı uçucu yağların enfeksiyon oluşumunu azalttığı tespit edilmiştir. Kayısı ve erikte KeUY [17], Çilekte yine KeUY [18], Muzda TUY'nın [19] depolama sırasında enfeksiyon oluşumlarını geciktirmiştir. Bazı uygulamalarda muhafaza süresince oluşan eğilimin dışında farklı değerler elde

edilmiştir. Örneğin ÇUY’nda 9. günde %26,15 oranında enfeksiyon, sadece bu dönemde yüksek çıkmıştır. Bu her ne kadar homojen örnek seçimi yapılmış olsa da, yapılan işlemler sırasında oluşabilen fiziksel zararlanmaların devamında oluşmuş olabilir.

### 3.2. Ağırlık Kaybı

Meyve ağırlık kaybı, temel olarak solunumdan ve kabuk dokusundan meydana gelen buharlaşmadan

kaynaklanmaktadır [20]. Çilekli meyvelerin kabuk dokusunun ince olması, onları hızlı su kaybına karşı hassas hale getirmekte, bu da pörsüme ve bozulma ile sonuçlanmaktadır. Suyun kaybedilme oranı, meyve dokusu ve ürünün çevresindeki atmosfer ile arasındaki buhar basıncı farkına ve depolama sıcaklığına bağlıdır. Kullanılan PET ambalajlar, ürünün çevresindeki su buharı yoğunluğunu oldukça yüksek tutarak düşük ağırlık kaybı oluşmasını sağlamıştır (Şekil 1). Tüm uygulamalar içinde



Şekil 1. Muhafaza süresince farklı türlere ait uçucu yağların çileklerde ağırlık kaybı (%) üzerine etkileri.

11 günlük muhafaza süresince en yüksek ağırlık kaybı %0,42 oranında NUY’da, en düşük ağırlık kaybı ise %0,31 ile KeUY’da elde edilmiştir. Uygulamalar arasındaki ortalama ağırlık kayıpları bakımından ise en yüksek ağırlık kaybı %0,20 ile TUY’da, en düşük ağırlık kaybı ise %0,16 ile KeUY’da elde edilmiştir. Bu iki uygulama arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunurken, bu uygulamalar ile diğer uygulamalar arasındaki farklılıklar tesadüfen kaynaklanmıştır. Yapılan uçucu yağ uygulamaları ürün üzerinde bir bariyer oluşturmamıştır. Dolayısıyla kabuk dokusundan su kaybını engelleyecek bir durum söz konusu değildir. Ancak burada uygulamalar arasındaki farklılığın nedeni ise solunumdan kaynaklanan su kaybını etkilemiş olabileceği düşünülebilir. Nunes ve ark [21] PVC streç film ile kapladıkları çileklerde 1°C’de 8 günlük depolama sonunda %0,7 oranında bir ağırlık kaybı, bizim sonuçlarımıza göre yüksek bulunmuştur.

### 3.3. Meyve Rengi

Çileklerde de hasat sonrası dönemde renk değişimi meydana gelebilmektedir. Ancak bu renk değişimi hasattaki kırmızı renk yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Erken hasat edilen çileklerde renkte kızarma olmamakta  $\frac{3}{4}$  oranda kırmızı dönemde hasat edilen ürünlerde kızarma devam etmektedir [22]. Genelde bu kızarma koyu kırmızıya ya da kahverengimsi kırmızıya dönmektedir [23]. Denemede kullanılan çilek meyveleri bu dönemde hasat edildiği için kızarmaya devam etmiştir. Başlangıç kırmızılık indeksi 287,0 iken depolama sonunda bu değer 310,79’a yükselmiştir (Tablo 2). Depolama süresince parlaklığın ( $L^*$  değeri), sarılığın ( $b^*$  değerinin) ve hue değerinin azalması da bu durumu desteklemektedir. Ancak kullanılan uçucu yağlar arasında renk değişiminde önemli farklılıklar tespit edilmemiştir. Bu nedenle meydana gelen renk değişimlerinin çilek meyvelerinin

normal metabolizmasına bağlı su kaybı, yaşlanma ve solunumdan kaynaklandığı düşünülebilir.

**Tablo 2.** Muhafaza süresince farklı türlere ait uçucu yağların çileklerde renk değişimi üzerine etkisi.

Uygulama	L* değeri							a* değeri						
	Muhafaza Süresi (Gün)							Muhafaza Süresi (Gün)						
	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort
Kontrol	32,91	29,43	31,62	31,59	32,23	30,82	31,43 a	32,14	31,92	32,86	31,54	34,58	31,87	32,49 a
Kimyon	32,91	31,71	31,52	31,76	30,68	32,16	31,79 a	32,14	33,14	33,02	32,80	32,11	31,50	32,45 a
Kekik	32,91	32,97	30,53	34,80	31,09	31,04	32,22 a	32,14	32,72	32,74	32,58	33,41	29,39	32,16 a
Çörek otu	32,91	33,59	33,67	30,25	31,38	30,87	32,11 a	32,14	33,24	32,57	31,69	33,76	31,02	32,40 a
Nane	32,91	31,54	32,68	32,30	33,22	30,71	32,23 a	32,14	32,98	32,99	33,02	34,23	30,29	32,61 a
Tarçın	32,91	31,14	31,74	32,50	31,56	28,81	31,44 a	32,14	32,84	33,45	32,35	32,51	30,28	32,26 a
Zaman ort.	32,91 a	31,73 b	31,96 ab	32,20 ab	31,69 b	30,74 c		32,14 b	32,81 ab	32,94 ab	32,33 b	33,43 a	30,73 c	

Uygulama	b* değeri							hue* değeri						
	Muhafaza Süresi (Gün)							Muhafaza Süresi (Gün)						
	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort
Kontrol	22,33	17,21	20,83	19,68	22,20	18,71	20,16 a	34,43	28,12	31,99	31,80	32,65	30,41	31,57 a
Kimyon	22,33	21,32	20,85	20,17	19,69	19,89	20,71 a	34,43	32,76	32,28	31,50	31,43	32,23	32,44 a
Kekik	22,33	21,65	20,50	22,91	20,16	17,88	20,91 a	34,43	33,49	32,03	35,11	31,11	31,29	32,91 a
Çörek otu	22,33	23,73	23,36	17,58	20,56	17,42	20,83 a	34,43	35,54	35,52	28,99	31,35	29,26	32,52 a
Nane	22,33	20,87	22,70	19,21	23,55	17,89	21,09 a	34,43	32,32	34,40	30,05	34,45	30,56	32,70 a
Tarçın	22,33	20,51	21,84	21,01	21,05	16,44	20,53 a	34,43	31,99	33,12	32,91	32,91	28,49	32,31 a
Zaman ort.	22,33 a	20,88 ab	21,68 ab	20,09 b	21,20 ab	18,04 c		34,43 a	32,37 bc	33,22 ab	31,73 bc	32,31 bc	30,37 c	

Uygulama	Kırmızılık İndeksi						
	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort
Kontrol	287,00	325,58	302,00	302,66	296,95	310,79	304,16 a
Kimyon	287,00	310,58	301,16	303,48	300,64	304,78	301,27 a
Kekik	287,00	307,79	301,98	291,39	301,73	307,86	299,62 a
Çörek otu	287,00	300,47	289,93	311,43	301,19	314,27	300,71 a
Nane	287,00	312,05	293,56	307,95	290,51	310,34	300,23 a
Tarçın	287,00	313,26	298,35	298,91	296,12	316,72	301,73 a
Zaman ort.	287,00 c	311,62 a	297,83 b	302,64 ab	297,86 b	310,79 a	

### 3.4. Meyve Eti Sertliği

Meyve eti sertliği çilekte önemli pazarlama ve tüketim kriterlerinden birisidir. Çabuk bozulabilen bir ürün olması nedeni ile çok çabuk yumuşamakta ve tüketim dışı kalmaktadır. Bu nedenle sertliğin korunması önemlidir. Yürüttüğümüz çalışmada uçucu yağ uygulamalarının sertliği korumada etkili olduğu görülmektedir (Tablo 3). Özellikle KiUY, NUY, TUY ve ÇUY uygulamaları kontrole göre sertliğin korunmasında daha başarılı olmuştur. Uçucu yağların hücredeki etkisi, yapı ve fonksiyon değişikliği ile sitoplazma zarında görülmektedir [24]. Bu durum kullanılan uçucu yağın içeriğine göre

**Tablo 3.** Muhafaza süresince farklı türlere ait uçucu yağların çileklerde meyve eti sertliği (N) üzerine etkileri.

Uygulama	Meyve Eti Sertliği (N)						
	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort
Kontrol	3,88	2,78	3,72	4,02	3,94	3,94	3,71 b
Kimyon	3,88	4,11	3,77	5,18	4,30	4,61	4,31 a
Kekik	3,88	3,87	4,24	4,74	4,09	3,93	4,12 ab
Çörek otu	3,88	3,91	4,44	5,44	4,51	4,37	4,43 a
Nane	3,88	4,68	4,23	5,13	5,33	3,73	4,50 a
Tarçın	3,88	3,47	4,24	4,71	4,76	4,57	4,27 a
Zaman ort.	3,88 c	3,80 c	4,11 bc	4,87 a	4,49 ab	4,19 bc	

farklı sonuçlar vermektedir. Kullandığımız uçucu yağlardan, KeUY dışındaki uçucu yağların hücre duvarındaki pektat moleküllerinin dağılımını geciktirmiştir.

### 3.5. Suda Çözünür Kuru Madde ve Titre Edilebilir Asitlik Miktarı

Hasat edilen tüm bitkisel ürünlerde olduğu gibi çilekte de solunum devam etmektedir. Solunum sırasında öncelikli olarak basit şekerler kullanılmaktadır. Bu durum SÇKM değerindeki azalma şeklinde görülebilmektedir. Başlangıçta %10,97 olan SÇKM değeri, 11. günde %9,81'e düşmüştür (Tablo 4). SÇKM değerinin azalmasının diğer bir nedeni de olgunlaşma ve yaşlanmaya bağlı asitlik kaybıdır. Tablo 3'te görülebileceği gibi

özellikle 7. günden sonra önemli bir azalma meydana gelmiştir. Uçucu yağ uygulamaları, SÇKM üzerinde önemli bir fark meydana getirmemiştir. Tzortzakıs [25], domateslerde okaliptüs ve tarçın uçucu yağlarının SÇKM değerini yükselttiğini ancak çilekte bu etkisinin olmadığını tespit etmiştir. TA üzerinde kullanılan uçucu yağlardan farklı sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle NUY'nın kontrole göre TA değerinin önemli derecede ( $p<0,05$ ) yüksek çıkmıştır. Yüksek bitkilerden elde edilen uçucu yağlar, enzimatik reaksiyonları durdurabilmekte, ortamdaki besin maddelerinin alımını engelleyebilmekte, hücre zarının yapısını değiştirebilmekte, çekirdek ve ribozomal seviyede enzim sentezini engelleyebilmektedirler [24]. NUY ise asitliğin parçalanmasında etkili enzimlerin aktivasyonunu azalttığı düşünülmektedir.

**Tablo 4.** Muhafaza süresince farklı türlere ait uçucu yağların çileklerde suda çözünür kuru madde (SÇKM) ve titrasyon asitliği (TA) üzerine etkileri.

Uygulama	SÇKM							TA						
	Muhafaza Süresi (Gün)							Muhafaza Süresi (Gün)						
	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort
Kontrol	10,97	9,73	9,47	9,03	10,27	9,93	9,90 a	0,88	0,80	0,87	0,72	0,87	0,86	0,83 b
Kimyon	10,97	9,53	10,43	10,40	10,63	9,80	10,29 a	0,88	0,81	0,87	0,89	0,81	0,81	0,84 ab
Kekik	10,97	10,17	9,87	9,80	11,13	9,80	10,29 a	0,88	0,90	0,86	0,82	0,83	0,85	0,86 ab
Çörek otu	10,97	9,23	10,53	9,73	9,83	9,13	9,91 a	0,88	0,92	0,90	0,82	0,84	0,83	0,87 ab
Nane	10,97	10,13	10,57	10,50	10,53	9,57	10,38 a	0,88	0,81	0,89	0,93	0,89	0,85	0,88 a
Tarçın	10,97	10,17	10,40	9,50	9,20	10,60	10,14 a	0,88	0,88	0,92	0,85	0,87	0,81	0,87 ab
Zaman ort.	10,97 a	9,83 b	10,21 b	9,83 b	10,27 b	9,81 b		0,88 ab	0,85 abc	0,89 a	0,84 bc	0,85 bc	0,83 c	

### 3.6. Şeker Tayini

Çilekte toplam şeker miktarı 5,35 -10,96 g/100 ml ve önemli şeker bileşenleri, fruktoz (2,14–4,14 g/100 ml), glikoz (1,89–4,52 g/100 ml) ve sakkaroz (0,90–3,87 g/100 ml)'dur [26]. Hasat döneminde çok düşük seviyede sakkaroz tespit edilmiş, ancak muhafaza süresince belirlenememiştir. Bu durum bir disakkarit olan sakkarozun parçalanarak diğer basit şekerlere, monosakkaritlere (glikoz ve fruktoz) parçalanmıştır. Bu nedenle burada verilmemiş ve toplam şeker hesabına da katılmamıştır. Hasat dönemindeki glikoz (%2,63) fruktoz (%2,81) değerleri Kallio ve ark [26]'nın sonuçları ile uyumludur. Depolama süresince fruktoz miktarında bir azalma, glikozda bir artış ve toplam şekerde de 7. güne kadar önemli bir değişiklik olmamış, ancak takiben azalmıştır (Tablo 5). Şeker metabolizmasında, solunum şeker kullanımına neden olurken, nişasta gibi depo karbonhidratlarının enzimler tarafından parçalanarak meyve suyunun içinde erimiş halde birikmektedir.

Uygulanan uçucu yağlar, glikoz miktarını önemli düzeyde etkilememiştir. Ancak ÇUY, fruktoz ve toplam şeker miktarının önemli derecede azalmasına neden olmuştur.

### 3.7. Görünüş ve Tat Puanlaması

Uçucu yağların kendine has bir aroması ve kokusu bulunmaktadır. Ayrıca çok hızlı buharlaşması ve ürünlerin içine kolaylıkla sızması, tat bakımından sorun yaratabilmektedir. 11 günlük muhafaza süresince görünüş ve tat puanlarında meydana gelen değişimler Tablo 6'te verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi, görünüş puanları bakımından uçucu yağ uygulamaları arasında önemli bir fark oluşturmamıştır. Ancak tat değerlerinde KeUY'nın tatta bozulmaya neden olmuştur. Bu durum kekik tadının baskınlığının ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum diğer uygulamalara göre KeUY'nın kullanılabilirliğini azaltmaktadır. Diğer uygulamalarda uçucu yağların tadı üründe çok fark edilmemiş olmakla beraber, TUY ve NUY uygulamalarının muhafazanın son

günü olan 11. günde tad ve görünüşün bozulmasına neden olmuştur.

**Tablo 5.** Muhafaza süresince farklı türlere ait uçucu yağların çileklerde fruktoz (%), glikoz (%) ve toplam şeker (%) üzerine etkileri.

Uygulama	Fruktoz (%)							Glikoz (%)						
	Muhafaza Süresi (Gün)							Muhafaza Süresi (Gün)						
	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort
Kontrol	2,89	2,98	2,50	2,79	2,23	2,14	2,59 a	2,63	2,01	2,22	3,02	2,34	3,00	2,51 a
Kimyon	2,89	3,17	2,71	2,72	2,24	2,75	2,75 a	2,63	2,50	2,32	3,16	2,70	3,33	2,77 a
Kekik	2,89	2,64	2,78	2,44	2,14	2,46	2,56 ab	2,63	1,84	2,00	2,79	3,20	3,28	2,62 a
Çörek otu	2,89	2,45	2,67	2,46	1,35	2,06	2,31 b	2,63	1,84	2,06	2,93	2,73	2,85	2,50 a
Nane	2,89	2,86	2,89	2,74	2,03	1,89	2,55 ab	2,63	2,29	2,13	3,34	2,64	2,51	2,59 a
Tarçın	2,89	3,33	2,86	3,00	2,35	2,44	2,81 a	2,63	3,78	2,24	3,41	2,15	3,16	2,89 a
Zaman ort.	2,89 a	2,90 a	2,73 a	2,69 a	2,05 b	2,29 b		2,63 bc	2,38 c	2,16 c	3,11 a	2,63 bc	2,99 ab	

Uygulama	Toplam Şeker (%)						
	Muhafaza Süresi (Gün)						
	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort
Kontrol	5,51	4,99	4,73	5,81	4,57	4,98	5,10 ab
Kimyon	5,51	5,66	5,02	5,89	4,95	6,08	5,52 a
Kekik	5,51	4,48	4,79	5,23	5,35	5,75	5,18 ab
Çörek otu	5,51	4,29	4,73	5,38	4,08	4,91	4,82 b
Nane	5,51	5,15	5,02	6,09	4,67	4,40	5,14 ab
Tarçın	5,51	7,11	6,00	6,41	4,50	5,60	5,70 a
Zaman ort.	5,51 ab	5,28 abc	4,90 bc	5,80 a	4,67 c	5,29 abc	

Ancak 9. Güne kadar tat ve görünüş açısından da önemli bir farklılık olmamıştır. Uygulama ortalamalarında

da, Tablo 6'da da görüldüğü gibi görünüşte istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmazken, tatta da sadece KeUY uygulanan çileklerde farklılık önemli bulunmuştur.

**Tablo 6.** Muhafaza süresince farklı türlere ait uçucu yağların çileklerde görünüş ve tat puanları üzerine etkileri.

Uygulama	Görünüş Puanı							Tat Puanı						
	Muhafaza Süresi (Gün)							Muhafaza Süresi (Gün)						
	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort	0	3	5	7	9	11	Uyg.ort
Kontrol	5,00	3,78	2,78	2,67	3,50	3,00	3,45 a	5,00	4,22	3,89	3,00	3,67	2,67	3,74 a
Kimyon	5,00	4,56	3,56	3,17	2,83	3,50	3,77 a	5,00	4,56	3,67	3,56	3,00	2,67	3,74 a
Kekik	5,00	4,33	3,44	3,83	2,83	3,00	3,74 a	5,00	3,22	3,22	2,78	2,17	2,67	3,18 b
Çörek otu	5,00	4,33	3,78	3,50	3,00	3,50	3,85 a	5,00	3,89	3,78	3,00	3,33	2,83	3,64 a
Nane	5,00	3,67	4,33	4,00	3,83	2,67	3,92 a	5,00	4,44	3,67	3,56	3,67	1,67	3,67 a
Tarçın	5,00	3,89	3,56	3,17	3,33	2,17	3,52 a	5,00	4,11	3,44	3,44	3,00	2,17	3,53 a
Zaman ort.	5,00 a	4,09 a	3,57 a	3,39 a	3,22 a	2,97 b		5,00 a	4,07 b	3,61 c	3,22 d	3,14 d	2,44 e	

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Sonuçta, ÇUY ve NUY başta olmak üzere tüm uçucu yağların enfeksiyon gelişimini önemli derecede azaltmıştır. Kalite parametrelerine bakıldığında meyve renginde,

SÇKM'de, glikoz içeriğinde ve görünüş puanlarında uçucu yağların önemli bir etkisi tespit edilmemiştir. Buna karşın KeUY ağırlık kaybını azaltmış, KeUY dışındaki tüm uçucu yağlar yumuşamayı geciktirmiş, NUY uçucu yağı asit parçalanmasını geciktirmiş, ÇUY fruktoz kaybını hızlandırmış ve KeUY tatta bozulmaya neden olmuştur.



ÇUY ve NUY enfeksiyon gelişimin baskımlarken, ÇUY şeker kaybını hızlandırmış, NUY asitlik kaybını geciktirmiştir. Görsel ve tat değerlendirmesinde NUY'nın 11. günde diğer uygulamalara göre düşük puanlar almasına rağmen, olgunlaşmayı geciktirmesi ve enfeksiyonu engellemesi bakımında kullanımı önerilmektedir. Ayrıca bu tür çalışmaların sayısının ve kapsamının artırılması, hasat sonrası ürün kalitesinin doğal yollarla korunmasında etkili olacağı ümit vericidir.

### Kaynaklar

- [1] Serçe S., Özgen M., 2014. Çilek Yetiştiriciliği ve Güncel Eğilimler. Türk Tarım Dergisi, 1-6.
- [2] FAO, 2017. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim tarihi: 15.01.2019).
- [3] TÜİK, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://tuik.gov.tr/PreTabloArama.do>. (Erişim tarihi: 15.01.2019).
- [4] Özeke E., 2003. Çilek Yetiştiriciliği. Çiftçi Broşürü. E.Ü. Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi, No:30.
- [5] Almenar E., Hernández-Muñoz P., Lagarón J. M., Catalá R., Gavara R., 2006. Controlled atmosphere storage of wild strawberry fruit (*Fragaria vesca* L.). Journal of agricultural and food chemistry, **54**(1), 86-91.
- [6] Yang F. M., Li H. M., Li F., Xin Z. H., Zhao L. Y., Zheng Y. H., Hu Q. H., 2010. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4 C. Journal of food science, **75**(3), C236-C240.
- [7] Bal E., Çelik, S., 2005. Bazı Çilek Çeşitlerinin Meyvesindeki Anatomik Yapılaşmanın Muhafaza Süresi Üzerine Etkisi. JOTAF/Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, **2**(3), 260-267.
- [8] Aday M. S., Caner C., 2011. The applications of 'active packaging and chlorine dioxide' for extended shelf life of fresh strawberries. Packaging Technology and Science, **24**(3), 123-136.
- [9] Reddy M. B., Belkacemi K., Corcuff R., Castaigne F., Arul J., 2000. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology, **20**(1), 39-51.
- [10] Babalar M., Asghari M., Talaei A., Khosroshahi A., 2007. Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. Food chemistry, **105**(2), 449-453.
- [11] Nadas A., Olmo M., Garcia J. M., 2003. Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. Journal of food science, **68**(5), 1798-1802.
- [12] Romanazzi G., Nigro F., Ippolito A., Salerno M., 2001. Effect of short hypobaric treatments on postharvest rots of sweet cherries, strawberries and table grapes. Postharvest Biology and Technology, **22**(1), 1-6.
- [13] Mertely J. C., MacKenzie S. J., Legard D. E., 2002. Timing of fungicide applications for *Botrytis cinerea* based on development stage of strawberry flowers and fruit. Plant disease, **86**(9), 1019-1024.
- [14] Allende A., Marín A., Buendía B., Tomás-Barberán F., Gil M. I., 2007. Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O<sub>3</sub>, superatmospheric O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub>) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries. Postharvest Biology and Technology, **46**(3), 201-211.
- [15] Öz A. T., Süfer Ö. 2016. Doğal Bileşiklerin MAP ile Kombinasyonun Meyve ve Sebzelede Ürün Kalitesi ve Muhafaza Ömrü Üzerine Etkileri. TÜRKAS 2016 Bildiri Kitabı, 73.
- [16] Kasım M., Şanlıbaba P., Kasım R., 2017. Tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağların antifungal ve antifitotoksik etkileri. I. International Congress on Medicinal and Aromatic Plants "Natural and Healthy Life" Bildiri Kitabı, 197-208.
- [17] Nabigol A., Morshedi H., 2011. Evaluation of the antifungal activity of the Iranian thyme essential oils on the postharvest pathogens of strawberry fruits. African Journal of Biotechnology, **10**(48), 9864-9869.
- [18] Reddy M. B., Angers P., Gosselin A., Arul J., 1998. Characterization and use of essential oil from *Thymus vulgaris* against *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* in strawberry fruits. Phytochemistry, **47**(8), 1515-1520.
- [19] Maqbool M., Ali, A., Alderson P. G., 2010. Effect of Cinnamon Oil on Incidence of Anthracnose Disease and Postharvest Quality of Bananas during Storage. International Journal Of Agriculture & Biology, **12**(4) 516-520.
- [20] Hernández-Muñoz P., Almenar E., Del Valle V., Velez D., Gavara, R., 2008. Effect of chitosan coating



combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria*× *ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, **110**(2), 428-435.

- [21] Nunes M. C. N., Brecht J. K., Morais A. M., Sargent S. A. 2005. Possible influences of water loss and polyphenol oxidase activity on anthocyanin content and discoloration in fresh ripe strawberry (cv. Oso Grande) during storage at 1 C. *Journal of Food Science*, **70**(1), S79-S84.
- [22] Nunes M. C. N., Brecht J. K., Morais A. M., Sargent S. A., 2006. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **86**(2), 180-190.
- [23] Nunes M. C. N., 2009. Color atlas of postharvest quality of fruits and vegetables. John Wiley & Sons, 463.
- [24] Evren M., Tekgüler B., 2011. Uçucu yağların antimikrobiyel özellikleri. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, **9**(3), 28-40.
- [25] Tzortzakis N. G., 2007. Maintaining postharvest quality of fresh produce with volatile compounds. *Innovative food science & emerging technologies*, **8**(1), 111-116.
- [26] Kallio H., Hakala M., Pelkkikangas A. M., Lapveteläinen A., 2000. Sugars and acids of strawberry varieties. *European Food Research and Technology*, **212**(1), 81-85.



## Yazılım Projelerinin Gözden Geçirme Sürecinde Hata Yoğunluğunu Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: Bir Ar-Ge Kurumunda Uygulama Örneği

### *Determination of Factors Affecting the Defect Density in Review Process of Software Projects: A Case Study in a R&D Organization*

Özgür GÜN<sup>1\*</sup> , Pınar Yıldız KUMRU<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0002-4987-2980

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kocaeli, 41380, Türkiye, **Orcid Id:** 0000-0002-6729-7721

#### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 11/02/2019

Kabul Tarihi : 09/04/2019

#### Anahtar Kelimeler

Bulgu Yoğunluğu  
Deney Tasarımı  
Gözden Geçirme Süreci

#### Özet

Yazılım projelerinde planlanan zamanda ve bütçede müşterinin istediği nitelikte ürün çıkarmak projenin ana hedefidir. Bir yazılım projesinin başlangıcından bitişine kadar proje planlama, analiz, tasarım, kodlama, tümeleştirmeye, ve test süreçleri birbirleri ile etkileşimli olarak işletilir. Bu süreçlerin işletimi sonucunda ortaya çıkan ürünler (yazılım kodları, planlar, gereksinim dokümanları, tasarım dokümanları, test dokümanları, raporlar vb.) müşteriye teslim edilmeden önce gözden geçirme süreci ile gözden geçirilir. Müşteriye hatasız ürün vermeye destek olan bir süreç olduğu için gözden geçirme süreci bir projenin başarıyla bitirilmesinde önemli rol oynar. Bir gözden geçirme faaliyeti sonucunda hata sayısı, gözden geçirilen ürün büyüklüğü, gözden geçirme için harcanan süre, gözden geçirilen ürünlerin tür bilgileri elde edilir. Hata sayısının ürün büyüklüğüne oranı hata yoğunluğu bilgisini verir. Bu çalışmada yazılım projelerinde doküman gözden geçirmelerindeki hata yoğunluğuna etki eden faktörleri belirlemek için üç faktör, iki düzeyli ve dörder tekrarlı deney tasarımı gerçekleştirilmiştir. Hipotez testleri ile sonuçlar yorumlandığında; doküman gözden geçirmelerinde doküman büyüklüğü ve doküman tipi faktörlerinin hata yoğunluğuna anlamlı etkisinin olduğu, doküman gözden geçirme için harcanan işgücü faktörünün hata yoğunluğuna anlamlı etkisinin olmadığı görülmüştür.

#### Research Paper

Received Date : 11/02/2019

Accepted Date : 09/04/2019

#### Keywords

Defect Density  
Design of Experiment  
Review Process

#### Abstract

The main goal in software projects is to develop products that customer needs in the planned time and budget. From the beginning to the end of a software project planning, analysis, design, coding, integration, review and testing processes are implemented interactively with each other. The products resulting from the operation of these processes (software codes, plans, requirements documents, design documents, test documents, reports, etc.) are reviewed with the Review Process before being delivered to the customer. Review Process is very important for the successful completion of a project, as it is a process that supports the delivery of defect-free products to the customer. As a result of a review activity, we obtain the number of defects, the product size reviewed, the time spent for review, and the type information of the products reviewed. The ratio of the number of defects to the product size gives the result of the defect density. In this study three factors, two-level and four repetitive experiments were designed to determine the factors affecting the defect density in document reviews of software projects. When the results are interpreted by hypothesis testing; it was found that document size factor and document type factor had a significant effect on the defect density and the workforce factor spent on document review had no significant effect on the defect density.

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): [ozgur.gun@tubitak.gov.tr](mailto:ozgur.gun@tubitak.gov.tr)



## 1. Giriş

Yazılım projelerinde planlanan zamanda ve bütçede müşterinin istediği nitelikte ürün çıkarmak projenin ana hedefidir. Müşteriye hatasız ürün vermeye destek olan bir süreç olduğu için gözden geçirme süreci bir projenin başarıyla bitirilmesinde önemli rol oynar. Bir yazılım projesinde üretilen ürünün tipine göre farklı gözden geçirme yöntemleri uygulanır. Bunlardan yönetsel gözden geçirme proje planlarını, takvimini, kaynak durumlarını, kapsam değişikliklerini ve düzeltici faaliyetleri gözden geçirirken, teknik gözden geçirmeler ise kalifiyeli insanlar tarafından gerçekleştirilen ve projenin gereksinim, tasarım, test gibi teknik dokümanlarında yer alan bilgilerin amaçlanan kullanımına uygunluğunu değerlendiren faaliyetlerdir. Ayrıca denetim (audit), inceleme (inspection) ve eşli gözden geçirme (walk-throughs) tipleri de sistem ve yazılım ürünlerindeki hataları yakalamak, ürünü iyileştirmek, alternatif çözümleri göz önünde bulundurmamak ve ürünün sözleşmede belirtilen standartlara uygunluğunu değerlendirmek amacıyla yapılan gözden geçirmelerdir [1].

Bir yazılım projesinin çıktılarının (yazılım kodları, proje planları, gereksinim dokümanları, tasarım dokümanları, test dokümanları, raporlar vb.) gözden geçirilmesi esnasında; müşteri ihtiyaçlarına, tasarım dokümanlarına, standartlara dayalı olarak beklentilerden sapma durumlarına "hata" adı verilir [2]. Birim ürün başına düşen hata sayısına "hata yoğunluğu" denir. Örneğin yazılım kodunda her bin kod satırı için raporlanan hata sayısı [3]. Bu çalışmada proje dokümanlarının proje ekibi tarafından gözden geçirilmesi faaliyetlerinden elde edilen hata yoğunlukları verileri kullanılmıştır.

Yazılım projelerinin planlama, analiz, tasarım, kodlama, tümevarım ve test aşamalarında ortaya çıkan ürünler müşteriye teslim edilmeden önce gözden geçirilir. Bir gözden geçirme süreci aşağıdaki aktivitelerden oluşur [1]:

- Gözden geçirmeye başlama kriterlerinin sağlanması,
- Gözden geçirmeye girecek ürünlerin belirlenmesi,
- Gözden geçirmeye katılacak kişilere duyuru yapılması,
- Gözden geçirmede bulunan hataların kaydedilmesi (bireysel gözden geçirme),
- Gözden geçirme toplantısının gerçekleştirilmesi,
- Gözden geçirme toplantısında alınan kararlara göre ilgili ürünlerde düzeltmelerin yapılması,
- Düzeltilmesi yapılan ürünlerin kontrol edilmesi için daha önce aynı ürünleri gözden geçirenlere tekrar gönderilmesi,
- Gözden geçirme yapanların tümünün onay

vermesi ile gözden geçirmenin kapatılması.

Literatür incelendiğinde yazılım hata yoğunluğuna etki eden faktörlerin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapıldığı görülmüştür.

Wedyan ve ark. ISBSG'den (The International Software Benchmarking Standards Group) almış oldukları proje verileri üzerinde yapmış oldukları ampirik çalışmada regresyon ve ANOVA yöntemlerini kullanarak; hata yoğunluğu üzerinde proje büyüklüğü ve efor faktörlerinin negatif etkisinin olduğunu, proje ekibine verilen iş büyüklüğünün ise pozitif etkisinin olduğunu ileri sürmüşlerdir [4].

Zhang ve ark. yazılım geliştirme süreç metrikleri ile yazılım hata yoğunluğu arasındaki korelasyonu araştırmışlardır. Sonuçlar, yazılım metrikleri ile hatalar arasındaki korelasyonun zayıf olduğunu buna karşılık metrikler ile hata yoğunluğu arasında korelasyonun anlamlı olduğunu göstermiştir. Hata yoğunluğuna en çok etki eden metrikleri bulmuşlar ve bu metriklerin kalite iyileştirme ve hata yoğunluğu tespit etmede kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir [5].

Bosu ve ark. kod gözden geçirmenin etkinliğini etkileyen faktörleri araştırmıştır. Microsoft firmasında gerçekleştirilen projelerde yapılan gözden geçirme sonuçları incelemiş ve sonuç olarak; a) kurumda uzun yıllar çalışan, tecrübeli yazılımcıların daha etkin gözden geçirme yaptığını, b) gözden geçirilecek yazılım bileşenlerindeki satır sayısının artmasıyla gözden geçirmenin etkinliğinin düştüğünü, c) gözden geçirme etkinliğinin hesaplanmasıyla yazılım sistemindeki hangi dosya tiplerinde ya da hangi yazılım bileşenlerinde zayıflık olduğunu tespit edilebileceğini saptamıştır [6].

Mandhan ve ark. lineer regresyon yöntemini kullanarak yazılım kod metriklerinin (coupling, cohesion, weighted methods, depth, response, comment, line of code) hata yoğunluğuna pozitif etkisinin olduğunu ileri sürmüşlerdir. Kullanılan verilerin sınıf seviyesinde olduğunu, yapılan çalışmanın metod seviyesine genişletilerek aynı sonuçların alıp alınmayacağını araştırılması gerektiğini belirtmişlerdir [7].

Jamimi, yazılım metriklerini kullanan bulanık mantık tabanlı yazılım hata tahmini yapan bir model önermiştir. Geliştirilen model gerçek yazılım projelerinde denenmiş ve tahmin doğruluğunun istenen düzeyde olduğunu belirtmiştir [8].

Shah ve ark. hata yoğunluğu türlerinden (standart hata yoğunluğu, ayrışık hata yoğunluğu) hangisinin yazılım projelerinin kalitesi göstergesi olarak daha uygun olduğunu araştırmışlardır. Sonuç olarak her iki türün de farklı kalite trendlerinin olduğunu belirtmişlerdir. Standart hata yoğunluğunun proje boyunca genel kalite trendini gösterirken, ayrışık hata yoğunluğunun lokal kalite trendini (örneğin bir sürüme ait) gösterdiğini ileri sürmüşlerdir [9].

Chen ve ark. yapay sinir ağı tabanlı yazılım hata tahmini yapan bir model geliştirmişlerdir. Bu model farklı büyüklükteki veri setlerini öğrenme verisi olarak alıp homojen ve gerçeğe yakın veriye dönüştürmektedir. Sonuç olarak modelin dönüştürdüğü gerçeğe yakın verilerin yazılım hata tahminini iyileştirdiği görülmüştür [10].

Xiao ve ark. havacılık endüstrisinde 2007-2014 yılları arasında geliştirilen 60 projenin test sonuçları üzerinde yaptıkları çalışmada uzmanlık bilgisinin ve tecrübenin fazla olduğu projeler ile uzmanlık bilgisinin az olduğu yeni projeleri karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak uzmanlık ve tecrübenin fazla olduğu projelerde kritik seviye hata trendinin düştüğünü fakat düşük seviye hata trendinin değişmediğini, buna karşılık yeni projelerde ortaya çıkan kritik hata trendinin şiddetle arttığını tespit etmişlerdir [11].

Yamashita ve ark. yazılım büyüklük ve karmaşıklık değerlerinin yazılım hata yoğunluğuna etkisinin olup olmadığını araştırmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucu; a) yazılım kod büyüklüğü ile hata yoğunluğu arasında bir ilişki olduğunu fakat buna karşılık kod karmaşıklığı ile hata yoğunluğu arasında aynı seviyede bir ilişki olmadığını, b) büyük yazılım dosyalarını daha küçük dosyalara ya da daha az karmaşık dosyalara bölmek hata yoğunluğunu düşürmediğini aksine verimliliğe ters etki yaptığını belirtmişlerdir. Bu nedenle yazılım mühendislerinin yazılım büyüklük ve karmaşıklık eşik değerlerini seçerken dikkatli olmalarını tavsiye etmişlerdir [12].

Alfadel ve ark. Halstead Complexity, Cyclomatic Complexity yazılım metriklerinin yazılım hata yoğunluğu ile güçlü ilişkisi olduğunu ileri sürmüşlerdir [13].

Hata yoğunluğuna etki eden faktörlerin belirlenmesinde çok etkenli deney tasarımı yönteminin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca gözden geçirmeye harcanan işgücü ve gözden geçirilen ürün tipi faktörlerinin hata yoğunluğuna etkisinin araştırılmadığı görülmüştür.

Bu çalışmada, gözden geçirilen ürün tipi, gözden geçirme için harcanan toplam işgücü ve ürün büyüklüğü faktörlerinin hata yoğunluğu üzerinde önemli bir etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

Çalışmaya girdi teşkil eden veriler yazılım projeleri geliştiren bir Ar-Ge kurumunda yapılan gözden geçirme faaliyetlerinden toplanmıştır.

Verilerin toplandığı Ar-Ge kurumunda gözden geçirme sonuçlarının kaydedilmesi için üç farklı araç kullanılmaktaydı. Bu araçlar sırasıyla Atlassian JIRA, IBM JAZZ RTC ve Smartbear Collaborator araçlarıdır. Örnek olarak gözden geçirmelerde saptanan hataların kaydedildiği Smartbear Collaborator araçındaki kayıt formunun ekran görüntüsü Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1. Hata kayıt formu.

Şekil 1’de gösterilen formda sırasıyla hatanın tanımı, önem derecesi (kritik, büyük, küçük) ve hata tipi (analiz, tasarım, dokümantasyon, kodlama, test, ara yüz, performans, sentaks vb.) bilgileri kaydedilmektedir.

## 2. Çok Etkenli Deney Tasarımı Yöntemi

Deney, çok etkenli tam rastgele düzene göre çözümlenmiştir [14]. Her gözde dört gözlem olan 3x2x2 çok etkenli bir deneydir. İki yönlü varyans analizi ve F testi kullanılarak 0,05 anlamlılık düzeyinde sonuçlar incelenmiştir.

### 2.1. Verilerin Toplanması

Yazılım projeleri geliştiren bir Ar-Ge kurumunda toplam yirmi (20) projeden örnekleme yöntemi ile veri toplanmıştır. Veri toplanan projelerin süreleri iki (2) ile beş (5) yıl arasında değişmekteydi.

Bu çalışmada plan, gereksinim ve tasarım tipindeki dokümanların gözden geçirme sonuçları kullanılmıştır. Toplanan veriler sırasıyla: gözden geçirmede bulunan hata sayısı, gözden geçirmeler için harcanan toplam işgücü, gözden geçirilen doküman sayfa sayısı ve gözden geçirilen doküman tipidir. Projelerde gözden geçirilen doküman büyüklükleri yirmi (20) ile üç yüz (300) sayfa arasında değişmekteydi. Gözden geçirilen dokümandaki toplam hata sayısının, gözden geçirilen dokümanın sayfa sayısına bölünmesi sonucunda elde edilen değer “hata yoğunluğu” dur. Bu ilişki Eşitlik (1)’de gösterilmiştir.

$$\text{Doküman hata yoğunluğu} = \frac{\text{Toplam hata sayısı}}{\text{Doküman sayfa sayısı}} \quad (1)$$

Gözden geçirme sonuçlarından elde edilen verilerin türleri deneyde kullanılacak faktörler seçilmiştir. Bu faktörlerle ilgili bilgiler sırasıyla belirtilmiştir:

- Gözden geçirilen doküman büyüklüğü (sayfa sayısı). Gözden geçirilen dokümanlar için sayfa sayısı iki düzey olarak belirlenmiştir. Birinci düzey: kırk sayfadan az, ikinci düzey: kırk sayfadan fazla şeklinde belirlenmiştir.
- Gözden geçirme için harcanan toplam işgücü (adamxdakika cinsinden gözden geçirme yapanların harcadıkları toplam işgücüdür). İş gücü için iki düzey belirlenmiştir. Birinci düzey: 300 adamxdakika dan az, ikinci düzey 300 adamxdakika dan fazla şeklinde belirlenmiştir.
- Gözden geçirilen ürün tipi. Birinci düzey: planlar, ikinci düzey: gereksinim dokümanları, üçüncü düzey: tasarım dokümanları olarak belirlenmiştir.

Faktörlerin düzeyleri aşağıdaki yöntem ile belirlenmiştir:

Gözden geçirme sürecine tabi tutulan dokümanlar sayfa sayısına göre küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Bu dokümanlara ait hata yoğunlukları ile Minitab aracında I-MR kontrol kartı oluşturulmuştur. Sonuç olarak 40 sayfadan az olan ve fazla olan dokümanlara ait hata yoğunluklarının kendi arasında homojen dağıldığı görülmüştür. Gözden geçirmeye harcanan işgücü büyüklükleri için de I-MR kontrol kartı oluşturulduğunda 300 adamxdakika değerinin altında ve üstündeki dokümanlara ait hata yoğunluklarının da kendi arasında homojen dağıldığı görülmüştür. Faktörlerin düzeyleri bu yöntem ile belirlenmiştir.

**Tablo 1.** Doküman tipi, işgücü ve büyüklük bilgilerine sınıflandırılmış hata yoğunlukları.

	0-300 adam*dk arası		300 adam*dk dan fazla	
	40 sayfadan az	40 sayfadan fazla	40 sayfadan az	40 sayfadan fazla
<b>Plan dokümanları</b>	2,90	0,20	5,46	2,44
	1,72	0,65	2,78	0,48
	1,91	0,23	1,62	1,66
	3,00	0,55	1,72	2,77
<b>Gereksinim dokümanları</b>	1,25	0,29	3,42	0,96
	0,93	2,11	2,72	1,36
	0,77	1,82	2,61	0,10
	2,28	1,97	1,89	2,40
<b>Tasarım dokümanları</b>	1,91	0,18	1,66	0,81
	0,77	1,32	1,23	0,11
	0,32	3,04	1,10	0,53
	0,34	2,05	0,83	0,65

Gözden geçirmelerden elde edilen hata yoğunluklarının doküman tipi, işgücü ve büyüklük faktörlerine göre sınıflandırılmış hali Tablo 1'de gösterilmiştir.

## 2.2. Veri Analizi

Yukarıdaki veriler ışığında aşağıdaki bölümlerde detayları verilen deney tasarımı çalışması gerçekleştirilmiştir:

### 2.2.1. Problem ve Değişkenlerin Tanımlanması

Doküman tipi, gözden geçirme için toplam harcanan işgücü ve doküman büyüklüğü faktörlerinin hata yoğunluğu üzerinde önemli bir etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

### 2.2.2. Alınan Gözlem Sayısı ve Deneyin Sırası

Deneyde her göze için dörder veri toplanmıştır. Bu durumda toplam veri sayısı  $3 \times 2 \times 2 \times 4 = 48$  olmuştur.

### 2.2.3. Kullanılacak Rasgeleleştirme Yöntemi

Her göze için alınan dörder veri tamamen rasgele olarak seçilmiştir.

### 2.2.4. Deneyi Tanımlayan Matematiksel Model

Bu deney düzeni için matematiksel model Eşitlik (2)'de verilmiştir;

$$Y_{ijkm} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + C_k + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \epsilon_{m(ijk)} \quad (2)$$

Burada;

$Y_{ijkm}$ : j. İşgücü, k. Doküman büyüklüğü ile i. Doküman tipindeki özelliklerine sahip hata yoğunluğudur.

$\mu$ : Tüm gözlemlerde ortak etkiyi (örneklenen kitlenin gerçek ortalama hata yoğunluğunu) göstermektedir.

$A_i$ : Doküman Tipi  $i = 1, 2, 3$

$B_j$ : Gözden geçirme toplam işgücü  $j = 1, 2$

$C_k$ : Gözden geçirilen doküman büyüklüğü  $k = 1, 2$

$AB_{ij}$ : A ve B arasındaki etkileşim

$AC_{ik}$ : A ve C arasındaki etkileşim

$BC_{jk}$ : B ve C arasındaki etkileşim

$ABC_{ijk}$ : A, B ve C arasındaki etkileşim

$\epsilon_{m(ijk)}$ : (i, j, k) gözesindeki rasgele hata



### 2.2.5. İki Yönlü Varyans Analizi

Gözden geçirmelerden elde edilen hata yoğunluk bilgileri üzerinde çok etkenli tam rastgele düzene göre çözümleme yapılmıştır. Bu düzen tam rasgele olarak

hazırlanmış, her gözede 4 gözlem bulunan 3x2x2 çok etkenli bir deneştir. Bu deney için veriler Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’deki veriler kodlanarak Tablo 2 elde edilmiştir.

**Tablo 2.** Tablo 1’deki verilerde (X-48) kodlama sonuçları.

	0-300 adam*dk arası				300 adam*dk dan fazla				
	40 sayfadan az		40 sayfadan fazla		40 sayfadan az		40 sayfadan fazla		
Plan dokümanları	2,90		0,20		5,46		2,44		30,09
	1,72	24,01	0,65	0,82	2,78	43,12	0,48	16,61	
	1,91		0,23		1,62		1,66		
	3,00		0,55		1,72		2,77		
	9,53		1,63		11,58		7,35		
Gereksinim dokümanları	1,25		0,29		3,42		0,96		26,88
	0,93	8,21	2,11	11,72	2,72	29,47	1,36	8,54	
	0,77		1,82		2,61		0,10		
	2,28		1,97		1,89		2,40		
	5,23		6,19		10,64		4,82		
Tasarım dokümanları	1,91		0,18		1,66		0,81		16,85
	0,77	4,46	1,32	15,21	1,23	6,17	0,11	1,37	
	0,32		3,04		1,10		0,53		
	0,34		2,05		0,83		0,65		
	3,34		6,59		4,82		2,10		
<b>Genel</b>	<b>18,10</b>		<b>14,41</b>		<b>27,04</b>		<b>14,27</b>		<b>T<sub>..</sub>=73,82</b>

*Çok etkenli tam rastgele düzene göre çözümleme:*

a = 3, b = 2, c=2, n=4 olmak üzere ilgili hesaplamalar aşağıda Eşitlik (3-11)’de sırasıyla gösterilmiştir.

$$KT_{genel} = \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c \sum_n^n Y_{ijk}^2 - \frac{T_{..}^2}{nabc} = 169,71 - \frac{(73,82)^2}{48} = 56,18 \quad (3)$$

Yukarıdaki denklemde;

$Y_{ijk}^2$  :Tüm gözlem değerlerinin kareler toplamı

$T_{..}$  : Faktörlerin sütun ve satır toplamı

n: Gözlem tekrar sayısı

a:  $A_i$  faktörü düzey sayısı

b:  $B_j$  faktörü düzey sayısı

c:  $C_k$  faktörü düzey sayısı

olmak üzere  $nabc = 4*3*2*2 = 48$  değeri deneydeki toplam gözlem sayısını vermektedir.

$$KT_A = \sum_i^a \frac{T_i^2}{nb} - \frac{T_{..}^2}{nab} = \frac{(30,09)^2 + (26,88)^2 + (16,85)^2}{16} - \frac{(73,82)^2}{48} = 5,96 \quad (4)$$

$$KT_B = \frac{(32,51)^2 + (41,31)^2}{24} - \frac{(73,82)^2}{48} = 1,61 \quad (5)$$

$$KT_C = \frac{(45,14)^2 + (28,68)^2}{24} - \frac{(73,82)^2}{48} = 5,64 \quad (6)$$

$$KT_{BXC} = \frac{(18,1)^2 + (14,41)^2 + (27,04)^2 + (14,27)^2}{12} - \frac{(73,82)^2}{48} - 1,61 - 5,64 = 1,73 \quad (7)$$

$$KT_{BXA} = \frac{(11,16)^2 + (11,42)^2 + (9,93)^2 + (18,93)^2 + (15,46)^2}{8} + \frac{(6,92)^2}{8} - \frac{(73,82)^2}{48} - 1,61 - 5,96 = 3,75 \quad (8)$$

$$KT_{CXA} = \frac{(21,11)^2 + (8,98)^2 + (15,87)^2 + (11,01)^2 + (8,16)^2}{8} + \frac{(8,69)^2}{8} - \frac{(73,82)^2}{48} - 5,64 - 5,96 = 5,05 \quad (9)$$

$$KT_{AXBXC} = \frac{(9,53)^2 + (1,63)^2 + \dots + (4,82)^2 + (2,1)^2}{4} - \frac{(73,82)^2}{48} - 1,61 - 5,64 - 5,96 - 1,73 - 3,75 - 5,05 = 4,21 \quad (10)$$

$$KT_{hata} = KT_{genel} - KT_B - KT_C - KT_A - KT_{BXC} - KT_{BXA} - KT_{CXA} - KT_{AXBXC} = 56,18 - 1,61 - 5,64 - 5,96 - 1,73 - 3,75 - 4,21 = 28,23 \quad (11)$$

Elde edilen değerler varyans analizi tablosunda yerine konularak kareler toplamının serbestlik derecelerine

bölünmesi ile elde edilen kareler ortalamaları Tablo 3'te gösterilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde hipotez testleri ile hata yoğunluğuna etki eden faktörler araştırılmıştır. Bulunan sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Serbestlik dereceleri ve kareler ortalamaları.

Değişkenlik kaynağı	sd	KT	KO
B işgücü	1	1,61	1,61
C büyüklük	1	5,64	5,64
A tip	2	5,96	2,98
BXC	1	1,73	1,73
BXA	2	3,75	1,88
CXA	2	5,05	2,53
AXBXC	2	4,21	2,10
Hata	36	28,23	0,78
Genel	47		

$$F_B = \frac{1,61}{0,78} = 2,06 < 4,12 = F_{1,36,0,05} \quad (12)$$

$H_0$  Kabul, gözden geçirme için harcanan iş gücünün hata yoğunluğuna etkisi yoktur. (Eşitlik (12)).

$$F_C = \frac{5,64}{0,78} = 7,23 > 4,12 = F_{1,36,0,05} \quad (13)$$

$H_0$  Ret, gözden geçirilen doküman büyüklüğünün hata yoğunluğuna etkisi **vardır** (Eşitlik (13)).

$$F_A = \frac{2,98}{0,78} = 3,82 > 3,27 = F_{2,36,0,05} \quad (14)$$

$H_0$  Ret, gözden geçirilen doküman tipinin hata yoğunluğuna etkisi **vardır** (Eşitlik (14)).

$$F_{BXC} = \frac{1,73}{0,78} = 2,21 < 4,12 = F_{1,36,0,05} \quad (15)$$

$H_0$  Kabul, “işgücü-büyükük” etkileşiminin hata yoğunluğuna etkisi yoktur (Eşitlik (15)).

$$F_{BXA} = \frac{1,88}{0,78} = 2,41 < 3,27 = F_{2,36,0,05} \quad (16)$$

$H_0$  Kabul, “işgücü-tip” etkileşiminin hata yoğunluğuna etkisi yoktur (Eşitlik (16)).

$$F_{CXA} = \frac{2,53}{0,78} = 3,24 < 3,27 = F_{2,36,0,05} \quad (17)$$

$H_0$  Ret, “büyükük-tip” etkileşiminin hata

yoğunluğuna etkisi yoktur (Eşitlik (17)).

$$F_{AXBXC} = \frac{2,10}{0,78} = 2,69 < 3,27 = F_{2,36,0,05} \quad (18)$$

$H_0$  Kabul, “işgücü-tip-büyükük” etkileşiminin hata yoğunluğuna etkisi yoktur (Eşitlik (18)).

Bu çalışmada kullanılan çok etkenli tam rasgele deney düzeni yöntemi, yazılım kod hata yoğunluğuna etki eden faktörlerin araştırılmasında da kullanılabilir. Kod hata yoğunluğuna etki eden faktörler olarak gözden geçirilen kod büyüklüğü, gözden geçirme için harcanan işgücü, gözden geçirmeye katılanların tecrübesi düzeyi deneye girecek faktörler olarak kabul edilip kod hata yoğunluğuna etkisinin olup olmadığı araştırılabilir.

### 4. Sonuçlar

Deneyde göz önüne alınmayan ancak deney sonuçlarını etkileyebilecek olan birçok değişkenin etkisini ortalama düzeye getirmek için rastgeleleştirme yöntemi kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada gözden geçirmeler için üç faktör, iki düzeyli ve dörder tekrarlı deney tasarımı gerçekleştirilmiştir. Hipotez testleri ile sonuçlar yorumlandığında; doküman gözden geçirmelerinde doküman büyüklüğü ve doküman tipi faktörlerinin hata yoğunluğuna anlamlı etkisinin olduğu, doküman gözden geçirme için harcanan işgücü faktörünün hata yoğunluğuna anlamlı etkisinin olmadığı görülmüştür.

Bu çalışma, yazılım ürünün kalite göstergelerinden biri olan gözden geçirme hata yoğunluğuna anlamlı derecede etki eden faktörlerin hangileri olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu çalışma temel alınarak sonraki çalışmalarda, yazılım test sürecinden elde edilen test hata yoğunluğuna etki eden faktörler belirlenebilir. Test hata yoğunluğuna etki eden faktörler olarak test edilen yazılımın kod büyüklüğü, test için harcanan işgücü, test yapanların tecrübesi deneye girecek faktörler olarak kabul edilebilir.

### Kaynaklar

- [1] IEEE Standard 1028-2008 for Standard for Software Reviews and Audits.
- [2] IEEE Standard 1012-2012 for Standard for System and Software Verification and Validation.
- [3] CMMI Model (Capability Maturity Model Integration) Development v2.0.

- [4] Wedyan F., Salameh H. B., Al-Ajlani W., Al-Manai S., 2015. Investigating the Relationship between Software Defect Density and Cost Estimation Drivers: An Empirical Study. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, **82**(3), 446-453.
- [5] Zhang W., Ma Z., Zhang Wenge, Lu Q., Nie X., 2015. Correlation Analysis of Software Defects Density and Metrics. *Applied Mechanics and Materials*, **713-715**, 2225-2228.
- [6] Bosu A., Greiler M., Bird C., 2015. Characteristics of Useful Code Reviews: An Empirical Study at Microsoft. 12th Working Conference on Mining Software Repositories, Florence/Firenze, 16-24 May, 146-156.
- [7] Mandhan N., Verma D. K., Kumar S., 2015. Defect Density using Static Metrics. *International Conference on Computing, Communication and Automation*, Greater Noida-India, 15-16 May, DOI: 10.1109/CCA.2015.7148499.
- [8] Al-Jamimi H. A., 2016. Toward Comprehensible Software Defect Prediction Models Using Fuzzy Logic. 7th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS), Beijing-China, 26-28 August, 127 – 130.
- [9] Shah S. M. A., Morisio M., Torchiano M., 2013. Software Defect Density Variants: A Proposal. 4th International Workshop on Emerging Trends in Software Metrics (WETSOM), San Francisco-USA, 21 May, 56 – 61.
- [10] Chen J., Yang Y., Hu K., Xuan Q., Liu Y., Yang C., 2019. Multiview Transfer Learning for Software Defect Prediction. *IEEE Journals & Magazines*, **7**, 8901 – 8916.
- [11] Xiao P., Yan X., Huang F., 2017. How Domain Knowledge Accumulation Influences Software Defects: An Empirical Analysis. *IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion (QRS-C)*, Prague, 25-19 July, 24 – 30.
- [12] Yamashita K., Huang C., Nagappan M., Kamei Y., 2016. Thresholds for Size and Complexity Metrics: A Case Study from the Perspective of Defect Density. *IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS)*, Vienna, 1-3 August, 191 – 201.
- [13] Alfadel M., Kobilica A., Hassine J., 2017. Evaluation of Halstead and Cyclomatic Complexity Metrics in Measuring Defect Density. 9th IEEE-GCC Conference and Exhibition (GCCCE), Manama-Bahrain, 8-11 May, 1 – 9.
- [14] Hicks, C. R., 1973. *Deney Düzenlemede İstatistiksel Yöntemler*, Holt, Rinehart and Winston, United States of America.