



VOLUME/ CİLT: 4 (2021)

ISSUE: 1

ISSN: 2687-3052





## Journal of Investigation on Engineering & Technology

<http://dergipark.gov.tr/jiet>



**PUBLISHER:**

*Yayıncı*

Karadeniz Technical University, Faculty of Technology  
*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Of Teknoloji Fakültesi*

**PRIVILEGE OWNER (Dean):**

*İmtiyaz Sahibi (Dekan)*

Dr. İrfan ACAR

**EDITOR IN CHIEF:**

*Baş Editör*

Dr. Canan AKSOY

**JOURNAL EDITORS:**

*Dergi Editörleri*

Dr. Canan AKSOY  
Dr. Emin TUĞCU  
Dr. Erol İSKENDER  
Dr. Hamdi Tolga KAHRAMAN  
Dr. Hasan Tahsin ÖZTÜRK

**ISSUE EDITORS**

*Sayı Editörleri*

Dr. Canan AKSOY  
Dr. Hasan Tahsin ÖZTÜRK

**LAYOUT EDITOR:**

*Mizanpaj Editörü*

Dr. Cemaleddin ŞİMŞEK

**EDITORIAL BOARD:**

*Yayın Kurulu*

Dr. Adem DOĞANGÜN (Bursa Uludağ University)  
Dr. Umut TOPAL (Karadeniz Technical University)  
Dr. Zeki KARACA (Ondokuz Mayıs University)  
Dr. Tayfun DEDE (Karadeniz Technical University)  
Dr. Egemen ARAS (Bursa Technical University)  
Dr. Nurcan ÖZTÜRK (Karadeniz Technical University)  
Dr. Ümit ÇALIK (Karadeniz Technical University)  
Dr. Erdem TÜRKELİ (Ordu University)  
Dr. Erdoğan DOĞDU (Çankaya University)  
Dr. Şeref SAĞIROĞLU (Gazi University)  
Dr. Güngör BAL (Gazi University)  
Dr. M. Ali AKCAYOL (Gazi University)  
Dr. Recep DEMİRCİ (Gazi University)  
Dr. Tuncay YİĞİT (Süleyman Demirel University)  
Dr. Ercan Nurcan YILMAZ (Gazi University)  
Dr. Cemal YILMAZ (Gazi University)  
Dr. Uğur GÜVENÇ (Düzce University)

Dr. Yusuf SÖNMEZ (Gazi University)  
Dr. Eyüp GEDİKLİ (Karadeniz Technical University)  
Dr. Mehmet ŞİMŞEK (Düzce University)  
Dr. İbrahim Alper DOĞRU (Gazi University)  
Dr. Atakan AKSOY (Karadeniz Technical University)  
Dr. Cemaleddin ŞİMŞEK (Karadeniz Technical University)  
Dr. Tuncay BAYRAM (Karadeniz Technical University)  
Dr. Burcu SAVAŞKAN (Karadeniz Technical University)  
Dr. Zeynep HASIRCI TUĞCU (Karadeniz Technical University)  
Dr. Emel AŞICI (Karadeniz Technical University)  
Dr. Bakiye ÇAKIR (Artvin Çoruh University)  
Dr. Ezgi Taylan KOPARAN (Bülent Ecevit University)  
Dr. Cenk ALBAYRAK (Karadeniz Technical University)  
Dr. Ömür AKYAZI (Karadeniz Technical University)  
Dr. Esmâ ULUTAŞ (Karadeniz Technical University)  
Dr. Numan DOĞAN (North Carolina State University)  
Dr. Tayebeh MOUSAVİ (University of Oxford)  
Dr. Germán F. de la FUENTE (University of Zaragoza)  
Dr. Luis A ANGUREL (University of Zaragoza)  
Dr. Bilge Han TOZLU (Hitit University)

**INDEXING:**

*İndeksler*



A S O S  
indeks

## Product Information

*Ürün Bilgisi*

**Volume** **4** **Issue** **1** **June/2021**  
*Cilt* *Sayı* *Haziran/2021*

**Publisher** Karadeniz Technical University, Faculty of Technology  
*Yayıncı* *Karadeniz Teknik Üniversitesi Of Teknoloji Fakültesi*

**Web Page** <http://dergipark.gov.tr/jiet>  
*Web Sayfası*

**Date of Publication** June /2021  
*Basım Tarihi* *Haziran/2021*

**Language** English/Turkish  
*Yayın Dili* *İngilizce/Türkçe*

**Frequency** Published twice in a year  
*Yayın Aralığı* *Yılda iki kez yayınlanır*

**Type of Publication** Periodical  
*Yayın Türü* *Sürelî yayın*

**ISSN Number** 2687-3052  
*ISSN Numarası*

### Yazışma Adresi

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Teknoloji Fakültesi  
Çamlı M. Hacı Mehmet Baheddin Ulusoy  
Cad. No:144 61830 Of / TRABZON  
Telefon: +90 462 377 83 01  
E-posta: [jiet@ktu.edu.tr](mailto:jiet@ktu.edu.tr)

Makale gönderimi dergipark üzerinden yapılmaktadır. Tüm yayınlanan makalelere <http://dergipark.gov.tr/jiet> adresinden ulaşılabilir.

### Correspondence Address

Karadeniz Technical University  
Faculty of Technology  
Çamlı M. Hacı Mehmet Baheddin Ulusoy  
St. No:144 61830 Of / TRABZON  
Phone: +90 462 377 83 01  
E-mail: [jiet@ktu.edu.tr](mailto:jiet@ktu.edu.tr)

Paper submission is done via dergipark. All published papers are available at <http://dergipark.gov.tr/jiet>.



## CONTENTS

### İçindekiler



#### **Research Papers**

*(Araştırma Makaleleri)*

#### **Pages**

*Sayfalar*

- Research and Recommendations on Artificial Intelligence Based Stakeholder Analysis in Project Management 1-6  
*Proje Yönetiminde Yapay Zeka Tabanlı Paydaş Analizi Konusu Üzerine Araştırma ve Öneriler*  
**Gamzenur YILDIRIM, Funda ŞAHİNER**
- Distribution of the Natural and Anthropogenic Radionuclides at Fethiye Gulf in the South Aegean 7-12  
**Oğuzhan DERVİŞAĞAOĞLU**
- Development of Thermoelectric Egg Incubator Integrated with Thermal Energy Storage System 13-20  
**Jamilu Ya'u MUHAMMAD, Ibrahim Baba KYARI, Auwal Abdulkadir BALA, Ibrahim Umar IBRAHİM, Mahmoud Mukhtar MAIKUDI, Mannir USMAN, Dauda GARBA**
- Investigation of Driver Behaviour In Non-Signalized Pedestrian Crossings for The First Right to Way 21-27  
*Sinyalizasyon Olmayan Yaya Geçitlerinde Sürücü Davranışlarının Yayalara İlk Geçiş Hakkının Verilmesi Açısından Araştırılması*  
**Mehmet Mahsum KURT, Erol İSKENDER, Havanur Ebru GÜRBÜZ**
- The Effect of Ramp Rates of PV Power Plants on Power System Stability 28-35  
*Fotovoltaik Santrallerin Rampa Oranlarının Güç Sistemi Kararlılığına Etkisi*  
**Bora ÇAVDAR, Ömür AKYAZI, Fatih Mehmet NUROĞLU**

## Proje Yönetiminde Yapay Zeka Tabanlı Paydaş Analizi Konusu Üzerine Araştırma ve Öneriler

Gamzenur YILDIRIM<sup>\*1</sup>, Funda ŞAHİNER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doğuş Bilgi İşlem ve Teknoloji Hizmetleri A.Ş., Türkiye

<sup>2</sup>ID3 Yazılım ve Bilgi Teknolojileri, Türkiye

(Alınış / Received: 24.12.2020, Kabul / Accepted: 02.05.2021, Online Yayınlanma / Published Online: 30.06.2021)

### Anahtar Kelimeler

Proje  
Proje Yönetimi  
Paydaş Analizi  
Paydaş Yönetimi  
Yapay Zeka

**Özet:** Projelerin başarıya ulaşmasında birçok faktör gibi paydaşların katkılarının modellenmesi ve analiz edilmesi önemli bir rol oynamaktadır. Bu makale çalışmasında proje yönetiminde paydaş analizi konusunda geliştirilen yeni bir yöntem sunulmaktadır. Paydaş analizine kaynaklık eden niteliklerin belirlenmesinde uluslararası proje yöntemi kurumunun yayınladığı standartlar dikkate alınmıştır. Geliştirilen yöntemde yapay sinir ağı tabanlı bir paydaş analizi aracı önerilmektedir. Önerilen yöntemin test edilmesi için örnek bir projeye ait veri seti üzerinden paydaşlara ait veriler analiz edilmiştir. Analiz sonuçları geliştirilen yapay sinir ağları tabanlı yöntemin başarılı bir performansa sahip olduğuna işaret etmektedir.

## Research and Recommendations on Artificial Intelligence Based Stakeholder Analysis in Project Management

### Keywords

Project  
Project Management  
Stakeholders Analysis  
Stakeholders Management  
Artificial Intelligence

**Abstract:** Modeling and analyzing the contributions of stakeholders, like many factors, plays an important role in the success of projects. In this article, a new method developed for stakeholder analysis in project management is presented. The standards published by the international project method institution were taken into account in determining the qualifications that are the source of the stakeholder analysis. In the developed method, an artificial neural network based stakeholder analysis tool is proposed. In order to test the proposed method, stakeholder data was analyzed over a data set of a sample project. The results of the analysis indicate that the developed artificial neural network based method has a successful performance.

### 1. Giriş

Hızla değişen dünya ve gelişen teknoloji ile birlikte projeler için proje yönetimi olmazsa olmaz hale gelmiştir. Küçük veya büyük her projenin başarıyla gerçekleştirilmesi ve hedefleri yerine getirmesi gerekmektedir. Bir projenin başarısı ise projenin başlangıcından, bitimine kadar proje yönetim süreçlerinin ve kaynakların iyi bir şekilde planlanması ile sağlanabilir. Bu planlamaya *Proje Yönetimi* denir.

Bir projenin en önemli özelliklerinden biri tekrarı olmamasıdır. Bu nedenle gerçekleştirilecek olan proje en iyi şekilde hedefi, zamanı, kaynakları göz önüne alarak planlanmalıdır. Proje belirli bir sürede gerçekleştirilmesine rağmen proje bitiminde elde edilen ürün veya hedeflerin etkileri uzun süreli olabileceğinden dolayı proje yönetimi son derece önemlidir.

Proje bir başlangıç ve bitişe sahip olduğundan dolayı belirli bir yaşam döngüsü içerisinde

\*İlgili yazar: [gamzenur.yildirim2727@gmail.com](mailto:gamzenur.yildirim2727@gmail.com) ORCID: 0000-0002-0266-6012

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-1414-6321

gerçekleşmektedir. Bu yaşam döngüsü başlama, planlama, yürütme, denetleme ve kapanış aşamalarından oluşmaktadır. Proje yaşam döngüsüne aynı zamanda proje yönetim süreçleri de denilmektedir. Proje yönetim süreçleri ISO 21500 standartlarına göre belirlenmiştir ve bu süreçler birbirleriyle etkileşim halindedir. Bu süreçler her sektör için ve her proje için geçerlidir [1].

Aynı zamanda projeyi en iyi şekilde gerçekleştirebilmek için proje yönetim süreçleri boyunca uygulanacak proje yönetim alanlarına da hakim olmak gerekmektedir. Proje yönetim alanları ise projenin yöntem ve teknik yönleri ile ilgili ISO 21500 standardında; bütünlendirme, paydaş, kaynak, kapsam, zaman, maliyet, risk, kalite, tedarik, iletişim alanlarını içermektedir[1-3]. Etkili bir proje yönetiminin gerçekleştirilmesi için proje yönetim alanlarının proje yönetim süreç adımları ile birlikte etkileşim ve uyum içinde sürdürülmesi gerekmektedir.

Proje yönetimini daha etkin ve kolay bir şekilde gerçekleştirmek adına teknolojik gelişmelerden faydalanmak mümkündür. Günümüzde proje süreçlerini takip ederek zamanı verimli kullanma, kaynakların etkin kullanımı, ilerlemeyi ve oluşabilecek riskleri izleyebilmeyi sağlayan aynı zamanda kaynak planlama, zaman takip, maliyet takibi, iletişim kurma gibi proje yönetim hizmetleri sunarak takip ve raporlama yapılabilmesini sağlayan birçok uygulama mevcuttur. Bu uygulamaların çoğunda proje yönetim alanlarının hepsini içerecek şekilde bir geliştirme mevcut değildir. Bizlerin farkettiği en önemli eksiklik ise paydaş yönetim alanının eksikliği olmuştur.

Paydaşlar, projeden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenebilecek, projeyi olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilecek kişi, kurum veya organizasyonlardır. Paydaşlar iç paydaş veya dış paydaş olabilir, proje süresince aktif ve ya da pasif olabilirler[1-3]. Paydaş yönetimi, tüm proje paydaşları için proje süreci boyunca analiz yapılmasını ve iletişimde kalınmasını gerektirmektedir. Projenin başarısı için ciddi öneme sahip bir proje yönetim alanlarından biridir.

Bu çalışmada paydaş analizini, uygulama alanından (proje konusundan) bağımsız olarak ve uluslararası standartlara göre yapay zeka algoritmasını kullanarak gerçekleştirdik.

## 2. İlişkili Çalışmalar

Proje yönetimi tekniği, sektörden bağımsız olmasıyla çok çeşitli alanlardaki projelerimizin başarıya ulaşması için bize profesyonel bakış ile proje süreçlerimizi dizayn etmemizi sağlar. Bugün yapılan her bir proje için insan kaynağı önemli bir konudur. Geniş kapsamlı, insan kaynağı ihtiyacının çok olduğu projelerde paydaş ve paydaş yönetiminin önemi

ortaya çıkmaktadır. Fakat böyle kapsamlı bir süreci yönetmek proje yöneticileri için oldukça zordur. Paydaş yönetimi tekniği çok fazla veri seti içerir. Projelerin daha efektif bir şekilde yönetilmesi ve doğru analiz edilmesi için bu veri setleri önem arz etmektedir.

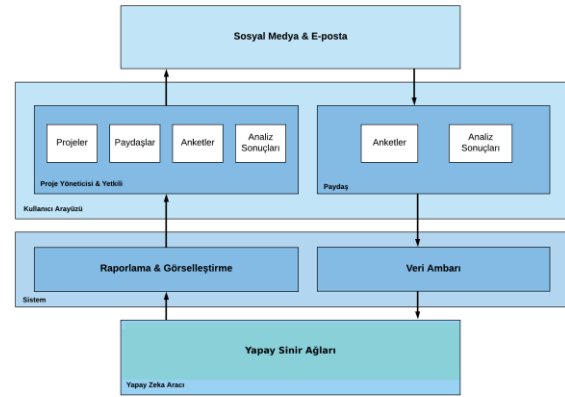
Proje yönetiminin çeşitli alt başlıklarından risk yönetimi, maliyet yönetimi gibi alanlarda yapay zekadan fazlasıyla yararlanılmaktadır. Günümüzde kurumlarda sıkça kullanılan proje yönetim araçlarında yapay zeka algoritmaları kullanılmaktadır.

Berrocal J., Garcia-Alonso J., Murillo J.M. [19], Yazılım projesi geliştiren bir ekibin farklı mekanlarda bulunması halinde işbirliği ve organize halinde olabilmeleri için Zentipe adlı süreç yönetim aracını tasarlamışlardır. Uygulama temel olarak 4 modülden oluşmaktadır; BPMS, geliştirme, yönetim ve belgeleme modülü.

Gül, N, Arıcı, N. [18], Proje ekibi içerisindeki paydaşların görevlerini en hızlı şekilde tamamlayabilmesi için insan kaynağı atamasını Karınca Kolonisi Algoritmasından yararlanarak yapmayı hedeflemiştir.

## 3. Yöntem

### 3.1. Paydaş Analizi Çerçevesi (Framework)



Şekil 1. Uygulama Mimarisi (Application Architecture) [23]

Paydaş analizi için kullanılan anketler paydaşların tümünü temsil eden bir kesimin incelenerek, paydaşların hepsi için çıkarımlar, genellemeler yapmak için kullanılan bir araştırma yöntemidir. Bu anketler genel olarak niceliksel olmaktadır.

Paydaşlara uygulanan anketlerden elde edilen bilgiler sayısal nitelikte olmasa da çoğunlukla sayısal yöntemler ile analiz edilmektedir. Paydaş analizi aracı vasıtasıyla hazırlanan anketler farklı soru kalıpları içerebilir. Anketleri hazırlayan kişilerin koyduğu kural ve soru kalıpları ile anket formları oluşturulur. Bu formlar tüm paydaşları temsil edecek paydaş

kümesine uygulanarak sayısal veriler elde edilir. Paydaş analizi konusunda yaptığımız araştırmalar neticesinde paydaşın proje hakkında düşüncelerini etkileyebilecek faktörlerin alabileceği değer kümesi Tablo 1'de ki gibi hazırlanmıştır. Anket formu

uygulanan paydaşların anket sorularına verdiği yanıtlar Tablo 1 de görüldüğü üzere sıralı şekilde ele alınır. Paydaşın düşüncesi üzerinde etkisi olan bir faktör ile ilgili bütün anket sorularının değerlerinin ortalaması alınarak veriler sayısallaştırılır.

**Tablo 1.** Paydaş Soru Kalıpları

Anket Sorularının Alabileceği Değerler											
1.	Kesinlikle Katılmıyorum	Çok az	Asla	Hiç Memnun değilim	Son Derece Olumsuz	Hiç İyi Değil	Hiç Katılmıyorum	Hiç Net Değil	Hiç	Hiçbir Zaman	Hiç Faydalı Olmadı
2.	Katılmıyorum	Az	Günlük	Memnun Değilim	Olumsuz	İyi Değil	Katılmıyorum	Net Değil	Bazen	Arada Bir	Faydalı Olmadı
3.	Kararsızım	Orta	Haftalık	Kısmen Memnunum	Ne olumlu Ne Olumsuz	Kısmen İyi	Biraz Katılıyorum	Kısmen Net	Orta Sıklıkta	Bazen	Biraz Faydalı Oldu
4.	Katılıyorum	Fazla	Aylık	Memnunum	Olumlu	İyi	Katılıyorum	Net	Çok Sık	Çoğu Zaman	Faydalı Oldu
5.	Kesinlikle Katılıyorum	Çok Fazla	Yıllık	Çok Memnunum	Oldukça Olumlu	Çok iyi	Son Derece Katılıyorum	Son Derece Net	Son Derece Sık	Her Zaman	Çok Faydalı Oldu

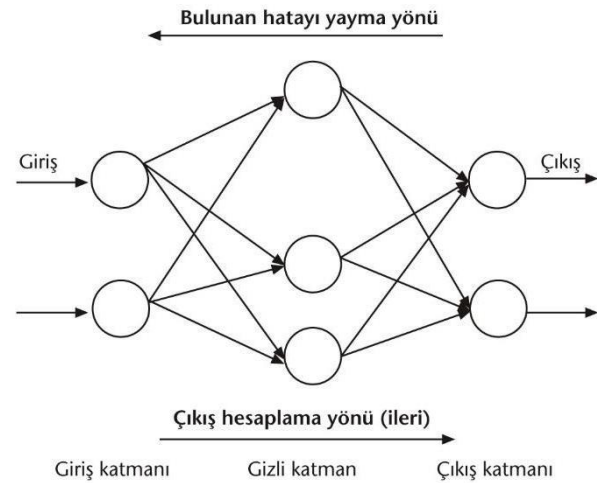
### 3.2. Yapay Sinir Ağları Tabanlı Paydaş Analizi

Yapay zeka tabanlı paydaş analizi aracının veri tabanında paydaşlara uygulanan anket verileri ve bu verilerden elde edilen anlamlı bilgiler tutulmaktadır. Bu çalışmada anket verilerinin işlenmesi için yapay sinir ağları kullanılmıştır.

Yapay sinir ağları yöntemi insan beyninin bazı işlevlerini ve öğrenme şeklini taklit etme yolu ile gerçekleştirilir. Beynin öğrenme yönteminin matematiksel olarak ifade edilmesini temel alır. Yapay sinir ağlarının ilk çalışma denemeleri beynimizin biyolojik birimleri olan nöronların modellenmesi üzerine olmuştur.

Günümüzde yapay sinir ağları çeşitli sektörlerde ve bu zamana kadar çözümü çok zor ve komplike olan problemler için kullanılmaktadır. Genel olarak bu problemlerin çözümünde başarılı sonuçlar alınmıştır. Şuan bir insan beyninde yaklaşık olarak  $10^{11}$  sinir hücresi olduğu tahmin edilmektedir. Var olan teknoloji ile bu sayının modellenmesi mümkün değildir. İnsan beyninin karar verme hızına henüz erişilemese de yapay sinir ağlarının yapısı ve doğru eşleştirme yeteneği ile uygulama alanı giderek artmaktadır. Birbirleri ile bağlantı içinde olan sinir hücreleri bu bağlantıları sayesinde veri akışını sağlarlar. (Yazıcı ve diğerleri, 2007:66)

Yapay Sinir Ağları birbirine çeşitli şekillerde bağlı nöronlardan (yapay sinir hücreleri) ve bu yapay sinir ağlarının bulunduğu katmanlardan oluşur. Örnek yapay sinir ağı modeli Şekil 2 de bulunmaktadır.



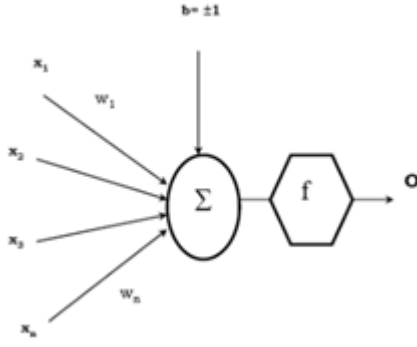
**Şekil 2.** Yapay Sinir Ağı Modeli

İnsan beyninin öğrenme şekline benzer olarak YSA öğrenme evresinden sonra veriyi toplama, hücrelerin arasında da bulunan bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi kullanarak genelleme yapma yeteneğine sahip paralel dağıtık bir işlemcidir.

Yapay sinir ağlarında öğrenme evresi çözülmesi istenen probleme göre YSA da bulunan bağlantı ağırlıklarının güncellenmesini sağlayan çeşitli öğrenme algoritmaları ile gerçekleştirilir.

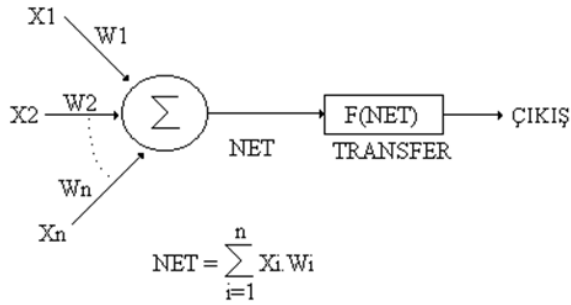
Genel olarak yapay sinir ağı hücresi insanların biyolojik sinir ağı hücresinden çok daha basit bir yapıdadır. Bir yapay sinir ağı hücresinde temel olarak, Girişler ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ), Ağırlıklar ( $w_1, w_2, \dots, w_n$ ), Toplama Fonksiyonu ( $\Sigma$ ), Aktivasyon Fonksiyonu ( $f$ ), Çıkışlar bulunmaktadır. Bir yapay sinir ağı hücresi aşağıda bulunan Şekil 3 de gösterilmektedir.





Şekil 3. Temel Yapay Sinir Ağı Hücresi

Giriş olarak verilen veya diğer hücrelerden gönderilen girişler ağırlıklar üzerinden hücreye bağlanırlar. Algoritma da kullanılan toplama fonksiyonu ile hücreye gelen net girdi hesaplanır. Net girdi değerinin aktivasyon fonksiyonuna verilmesiyle hücrenin net çıktısı bulunur. Hücrelere gelen her bağlantının bir ağırlık değeri bulunur. Yapay sinir ağı eğitim sürecinde her girdiden sonra bu ağırlık değerlerini günceller. Hedef yapay sinir ağına verilen girdiler için doğru çıkış değerini verebilecek şekilde ağırlıkları düzenlemektir.



Şekil 4. Yapay Sinir Hücresi Elementleri

#### 4. Deneysel Çalışma

Yapay zeka tabanlı paydaş analizi aracının tasarımı için kullandığımız bağımsız değişkenler, bağımlı değişken bilgileri aşağıda bulunan Tablo 2 de bulunmaktadır.

Tablo 2. Problem Parametreleri

X1	İletişim
X2	Yeterlilik
X3	Bilgi Sahipliği
X4	Güvenilirlik
X5	Heveslilik
X6	İsteklilik
X7	Duyarlılık
Y1	Paydaş Proje Destekleme Durumu

Yapay sinir ağının eğitiminde ve testinde kullanılmak üzere hazırlanan veri setinden 5 adet örnek aşağıdaki Tablo 3'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Örnek veri seti

	Paydaş 1	Paydaş 2	Paydaş 3	Paydaş 4	Paydaş 5
İletişim	5	3	3	2	1
Yeterlilik	1	4	2	3	3
Bilgi Sahipliği	1	4	5	5	5
Güvenilirlik	4	4	3	2	5
Heveslilik	5	1	1	1	3
İsteklilik	5	4	1	4	4
Duyarlılık	3	1	5	3	4
Paydaş Proje Destekleme Durumu	Olumlu (2)	Olumlu (2)	Olumsuz (1)	Olumsuz (1)	Olumlu (2)

Yapay sinir ağları ile sınıflandırma yapmak için çeşitli programlar kullanılabilir. Yapay zeka tabanlı paydaş analizi için Matlab kullanılmıştır. 3 katman olarak tasarlanan yapay sinir ağı modelinde 350 adet verinin %15 i test, %15 doğrulama ve %70 eğitim verisi olarak kullanılmıştır. Yapay sinir ağlarının öğrenme şekli kendisine verilen eğitim setindeki veriler arasındaki bağlantıyı ilişkilendirmektir. Bu ilişkilendirmeden sonra öğrenme süreci bitmektedir. Daha sonra test verisi ile oluşturulan ilişkiyi test etmektedir. Aşağıda verilen Şekil 5 de Matlab ile hazırlanan YSA sonuçları yer almaktadır.



Şekil 5. YSA Sonuçları

Yukarıda bulunan confusion matrislerinde eğitim sürecinde %85.7 doğruluk oranında sınıflandırma yapıldığı görülmektedir. Test confusion matrisine baktığımızda %90.6 doğruluk oranına ulaşılmıştır. Genel olarak baktığımızda ise paydaş analizi yapan yapay sinir ağı modelimizin %86.3 doğruluk oranında sınıflandırma yapabildiği görülmektedir. Matlab üzerinde yapılan YSA model oluşturma denemelerinde kullanılan katman sayısı, nöron sayısı test ve eğitim verisi oranını gibi bazı parametreler değiştirilerek farklı sonuçlar üretilmiştir.

## 5. Sonuçlar

Bu proje çalışmasında yapay zeka tabanlı paydaş analizi aracının modellenmesi ve geliştirilmesi için detaylı bir araştırma, analiz ve planlama aşamaları yürütülmüştür. Yapay zeka tabanlı paydaş analiz aracı için kullanılan temel öğeler, yöntem ve algoritmalar tanımlanmış ve anlatılmıştır. Yapılan araştırma çalışmasının literatüre katkısı açıkça ifade edilmiştir. Proje yönetim metodolojisine yapay zeka ile yaklaşımın önemi vurgulanmıştır. Çoğu alanda kullanılan yapay zeka yönetiminin paydaş analizinde kullanılmasıyla alınabilecek sonuçlar gösterilmiştir.

Geliştirilen paydaş analizi aracının proje konusu bağımsız şekilde internet üzerinde çalışabilen bir uygulama olduğunu göstermektedir. Bu özellikleriyle somut ve gözlemlenebilir çıktılar alınacaktır. Projemizin başarısı açısından farklı yapay zeka yöntemleri ile de çalışmıştır. Proje çalışmalarımız 1919B011903604 numaralı proje ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışmanın konusunun belirlenmesinde ve hazırlanma sürecinin her aşamasında değerli bilgilerini ve zamanını benden esirgemeyerek her fırsatta çalışmamla yakından ilgilenen, eleştirileriyle yol gösteren danışman hocamız Prof. Dr. Hamdi Tolga KAHRAMAN' a teşekkür ve minnetlerimizi özellikle belirtmek istiyoruz.

## Kaynakça

- [1] Elmas, Ç., Elmas, A. (2018). Uluslararası Standartlara Göre Proje Yönetimi (3). Ankara: Seçkin Yayıncılık
- [2] Yazıcı, A.C.-Ögüş, E.- Ankaralı, S.- Canan, S.- Ankaralı, H.- Akkuş, Z. (2007), Yapay Sinir Ağlarına Genel Bakış, Türkiye Klinikleri Med. Sci.
- [3] Project Management Institute. (2017). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)(6th ed.). Newtown Square, PA Project Management Institute
- [4] Ünal, M , Ünal, Z . (2015). Proje Yönetiminde Paydaş İlişkilerinin Rolü Ve Önemi. Selçuk İletişim , 8 (4) , 90-103 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/josc/issue/19030/201101>
- [5] Forman, J. B. & Discenza, R. (2012). Got stake?: (Holder) management in your project. Paper presented at PMI® Global Congress 2012— North America, Vancouver, British Columbia, Canada. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- [6] Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi , 7 (1) , 1-13 . Doi: 10.28948/Ngumuh.383709
- [7] Kahraman, H. T., Sagioglu, S., & Colak, I. (2016). Novel user modeling approaches for personalized learning environments. International Journal of Information Technology & Decision Making, 15(03), 575-602.
- [8] Elias, A. A., Cavana, R. Y., & Jackson, L. S. (2002). Stakeholder analysis for R&D project management. R&D Management, 32(4), 301-310.
- [9] Jepsen, A. L., & Eskerod, P. (2009). Stakeholder analysis in projects: Challenges in using current guidelines in the real world. International Journal of Project Management, 27(4), 335-343.
- [10] Missonier, S., & Loufrani-Fedida, S. (2014). Stakeholder analysis and engagement in projects: From stakeholder relational perspective to stakeholder relational ontology. International Journal of Project Management, 32(7), 1108-1122.
- [11] Yang, R. J. (2014). An investigation of stakeholder analysis in urban development projects: Empirical or rationalistic perspectives. International Journal of Project Management, 32(5), 838-849.
- [12] de Oliveira, G. F., & Rabechini Jr, R. (2019). Stakeholder management influence on trust in a project: A quantitative study. International Journal of Project Management, 37(1), 131-144.
- [13] Coşkun, C., & Baykal, A. (2011). Veri madenciliğinde sınıflandırma algoritmalarının bir örnek üzerinde karşılaştırılması. *Akademik Bilişim, 2011*, 1-8.
- [14] Ahmadi, A., Kerachian, R., Rahimi, R., & Skardi, M. J. E. (2019). Comparing and combining Social Network Analysis and Stakeholder Analysis for natural resource governance. Environmental Development, 32, 100451.
- [15] Pandi-Perumal, S. R., Zeller, J. L., Parthasarathy, S., Freeman, R. E., & Narasimhan, M. (2019). Herding cats and other epic challenges: Creating meaningful stakeholder engagement in community mental health research. Asian journal of psychiatry.
- [16] Gül, N , Arıcı, N . (2018). Karınca Kolonisi Algoritması ile Yazılım Proje Takvimi Oluşturma . Journal of New Results in Engineering and Natural Sciences , (8) , 38-47 . Retrieved from

<https://dergipark.org.tr/pub/jrens/issue/49735/637739>

Uygulama. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 11(2), 91-109.

- [17] Berrocal J., Garcia-Alonso J., Murillo J.M. Lean Management of Software Processes and Factories Using Business Process Modelling Techniques. University of Extremadura (2010)
- [18] Kahraman, H. T. (2016). A novel and powerful hybrid classifier method: Development and testing of heuristic k-nn algorithm with fuzzy distance metric. *Data & Knowledge Engineering*, 103, 44-59.
- [19] Tosun, S. (2007). Sınıflandırmada yapay sinir ağları ve karar ağaçları karşılaştırması: Öğrenci başarıları üzerine bir uygulama (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [20] Korkmaz, G. Yapay Zekâ Yöntemleriyle Sınıflandırma ve Finans Sektöründe Bir
- [21] Yılmaz, C., Kahraman, H. T., & Söyler, S. (2018). Passive mine detection and classification method based on hybrid model. *IEEE Access*, 6, 47870-47888.
- [22] Arslan, F., (2019), 'Yapay Zekâ Tabanlı Büyük Veri Yönetim Aracının Tasarımı ve Uygulaması', Karadeniz Teknik Üniversitesi Lisans Bitirme Tezi.
- [23] Yıldırım, G. & Şahiner, F., (2019), 'Yapay Zekâ Tabanlı Paydaş Analizi Aracının Tasarımı ve Uygulaması', Karadeniz Teknik Üniversitesi Lisans Bitirme Tezi.

## Distribution of the Natural and Anthropogenic Radionuclides at Fethiye Gulf in the South Aegean

Oğuzhan DERVIŞAĞAOĞLU

Ege University, Nuclear Sciences Institute, Nuclear Sciences, 35030, Izmir

(Alınış / Received: 15.01.2021, Kabul / Accepted: 23.03.2021, Online Yayınlanma / Published Online: 30.06.2021)

### Keywords

Sediment  
Radiometric Analysis  
Gamma Spectrometry  
Radionuclides  
Radioactivity

**Abstract:** In this study, natural gamma radiation of beach sand deposits was measured along the coast of Fethiye Gulf (20 public beach), with the aim of studying the provenance and transport processes of sediments. Concentrations of thorium, uranium and potassium in the beach sands were evaluated using gamma-ray spectrometry. Furthermore, the beach sand sampling along the 100 km around the Fethiye Gulf allowed for evaluation of the radioactivity levels in terms of radiological risk assessments in this touristic region. Activity concentration of natural and anthropogenic radionuclides in Fethiye coast sediments have been resulted as the distribution of  $< 2 - 150 \pm 4$  Bq/kg and rock activity concentrations have been emerged among the amounts of  $< 1 - 157.48 \pm 15.36$  Bq/kg.

### 1. Introduction.

Occurring of sediments have been resulted by corrosion of parent rock, deposition and sedimentation process. Beach sands which were residual as geological utterly have resisted to corrosion [1]. They have been deposited by resulting of river and wind removal and water flow near the sea side. However, mineralogical properties of beach sands have shown the story of primary rock formation. There are four types of radionuclide classes with respect to their origins which are; cosmic ray radionuclides such as  $^7\text{Be}$  and  $^{14}\text{C}$ , Primordial isotopes such as  $^{232}\text{Th}$  and  $^{238}\text{U}$ , artificially produced radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$ , natural decay products such as  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{222}\text{Rn}$  [2].  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  of products and  $^{40}\text{K}$  have taken their own place into rock, soil and sand related with the evaluation of geological background all around the world [3]. Uranium and thorium atoms have been into siliceous sediments as depending on ornament and dark coloured minerals[4]. While parent rock has been broken by the reasons are weather conditions and erosion U and Th can be deposited into dark coloured population and thin particles. Importance of heavy minerals(zircon, ilmenite, magnetite, garnet, monazite, rutile and etc. in sand should have been considered and they have comprised enriched uranium and thorium concentration[5] On the other hand, K has been enriched into K- feldspar and orthoclase. So, enriched of K should not have been expected during the process of transportation.

Gamma activity of K will correspond to activity of parent rock. From this point of view, potassium can be described as the radioactive trace of the parent rock. As a result, primordial radionuclides "U, Th and K" have a major role of transportation of sediments in geological studies which are related with distribution of sediment composition and deposition. Gamma spectrometry has been applied on various areas such as lithologically mapping of rocks, mineral discovering, and transportation of sediment, test of nuclear weapon and study of nuclear waste. Gamma spectrometry is a radiometric technical based on gamma emission of primordial radionuclides.  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{208}\text{Tl}$  and  $^{214}\text{Bi}$  are also radionuclides which generally can be used as gamma emitter except  $^{40}\text{K}$ .

One of the previous studies in radioactivity of sand beaches are; Sengupta and Saha,(2009); Kurt and Berker,(2014); Radenkovic et al.(2008); to the old studies, there has been a correlation between minerologic properties of sediment and natural radionuclides in sediment[6], [7], [8]. Ekpe and Essien (1999) have made a research on the engine oil related with gamma determination[9].  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  radionuclides have been observed in the minerals of sand beaches in Bangladesh according to study of Alam et al. (1999) [10]. Shetty and Narayana (2010) and Nada et al.(2012) have specified as the other researchers study on natural radioactivity [11],[12]. Mohanty et al. (2004) also have made same study on radionuclides of sand beaches in the south east of India[13]. Kannan et al. (2002) have carried out study of natural radionuclides upon soil

and beach in Kalpakkam, India[14]. Korkulu and Ozkan (2013) have made a research on the radionuclides in the black sea coast of Kocaeli, Turkey[15]. Papadopoulos et al. (2015) have made a research on minerals of radioactivity concentration in North Greece[16]. Suresh-gandhi et al. (2013) have determined the distribution of gamma rays of radionuclides in the North east coast of Tamilnadu, India[17]. Vassas et al (2006) have done a research upon enrichment of radioactivity in France[18]. Freitas and Alencar (2004) carried out the distribution of radionuclides in Brazil[19]. Newman et al. (2008) have concluded their work on soil, sand natural radioactivity[20]. Kessaratikoon et. al (2015) have made a research on sand samples in Thailand[21]. This paper has demonstrated the radiometric analysis in the coast deposits of Fethiye and rock samples have been pointed out by the evaluating of radiological risk.

## 2. Material and method.

Study which has been carried out in Fethiye, evaluation of radionuclides distribution in sediment composition has been becomes a main idea of this article. According to this logic, all steps can be lined up as followings below;

- Evaluation of general geology
- Investigation of drainage system, river, morphology and hydrography in Fethiye
- Sampling coast sediments and rocks
- Radiometric analysis
- Data analysis.

### 2.1. Sampling and Study Area

Coast Sediments: Along the shore of Fethiye gulf, 20 sediment samplings have been obtained

Rocks: Serpentinite, neritic, pelagite (pelagic) rock sediments have been sampled related with geological formation of Fethiye gulf. All coordinates of samplings have been identified by gps Figure 2.1 has shown that all samplings which are sand sediments and rocks between the range of 100.88 km.

Preparation of samples: In this study, rocks have been crushed into jaw crusher machine in geology engineering department of Dokuz Eylul University. These rock samples and also sand samples were heated in 105<sup>o</sup> C and dried around 24- 48 hours then put into marinelli beakers for radiometric analysis. These beakers have been waited 4 weeks for reaching radioactive balance between radium (<sup>226</sup>Ra) and radon (<sup>222</sup>Rn).

### 2.2 Analysis of radionuclides

Radionuclides which emitted gamma photons can be calculated as followings below;

$$A = \frac{P/ts}{\epsilon * f * m * k1 * k2 * k3 * k4 * k5} \quad (1)$$

$$P = N_s - \frac{t_s}{t_b} * N_b \quad (2)$$

$N_s$  = Space of peak which is determined in samples.

$N_b$  = Other space of peak in spectrum.

$\epsilon$  = Yield of  $E_\gamma$  in the peak which is being interested.

$t_s$  = Count duration for samples.

$t_b$  = Count duration out of samples.

$m$  = mass for the samples which are dried.

$f$  = Probability of gamma radiation per each emit in  $E_\gamma$ .

$K_1$  = Radiation fixing factor during the process collecting samples and detection of radionuclides.

$$K_1 = \exp \left( -\frac{\ln(2) * \Delta t}{t_{1/2}} \right) \quad (3)$$

$\Delta t$  = The time of collecting samples and detection of samples as radionuclides.

$K_2$  = Fixing factor of samples which is analyzed during the detection.

$$K_2 = \frac{T_{1/2}}{\ln 2 * T_r} \left( 1 - \exp \left( -\frac{\ln 2 * T_r}{T_{1/2}} \right) \right) \quad (4)$$

$T_r$  = Real duration during the detection which is the unit of sec.

$K_3$  = Attenuation fixing factor.

$$K_3 = \frac{\epsilon(\mu, E)}{\epsilon(\mu_{ref}, E)} \quad (5)$$

$\mu$  = Linear absorption coefficient

$K_4$ , is a factor of random collosion

$$K_4 = \exp (-2 * R * \tau) \quad (6)$$



$K_5$  = Collosion fixing factor of consecutively photon emitting from radionuclides[22].

**Figure 2.1.** Map of the rock and sand samples which have been collected for study

### 3. Analysis and results

In this section, radiometric analyses have been applied for understanding of transportation mechanism and origins of the coast sediments. This study has collected some data which are;

- Determination of the radionuclides radioactivity concentration in Fethiye gulf.
- Observation of coast sediments' geological origins.
- Creating of  $^{137}\text{Cs}$  concentration determination along the coast side of Fethiye and aim of reference data base for environmental changes are determined. According to these aims;
  - Natural and anthropogenic radionuclides concentrations of sediments which represent surface sediment samples in gulf have been detected.
  - Rocks sampling have been done and radioactivity in materials has been calculated.
  - HPGe detector has been used for calculation of radioactivity of both sand and rock samples in this study. Relative efficiency of detector is %25 and components are Ortec Model-671 spectroscopy amplifier and Canberra PC MCA Wilkinson ADC. Shielding data modified as 100mm Pb (Lead). HPGe has a sensitivity with the gamma radiation >150 KeV.

#### 3.1. Natural and anthropogenic radionuclides activity concentration in Fethiye gulf

Existence of  $^{137}\text{Cs}$  in marine had based on atmospheric nuclear weapons between the years of 1945 – 1963 [23]. According to report about this case pointed out the accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  as 90 % has been declared. After Chernobyl incident, all terrestrial region and marines have been affected in negative way in Asia and Europe [24]. Marines do not comprise uranium and thorium but also can contain potassium and anthropogenic. Characteristic activity key of potassium will be saltiness. Average saltiness in the oceans is around 3.5 %. Table 3.1 showed that 20 coast sediments which have been collected with respect to gamma spectrometry determination.

**Table.3.1** Activity concentration of natural and anthropogenic radionuclides in Fethiye coast sediments

Sample No	Activity Concentration (Bq/kg)			
	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$
BS-1	10±2	4±2	41±4	0.21±0.03
BS-2	6±2	4±2	40±4	0.11±0.03
BS-3	9±2	3±2	36±4	0.13±0.01
BS-4	5±2	3±2	43±4	0.28±0.03
BS-5	16±2	9±2	90±4	0.20±0.02
BS-6	7±2	3±2	37±4	0.26±0.02
BS-7	6±2	5±2	49±4	0.45±0.04
BS-8	<2	<2	21±4	0.26±0.03
BS-9	<2	<2	18±4	0.27±0.03
BS-10	7±2	9±2	150±4	0.79±0.02
BS-11	17±2	4±2	49±4	0.45±0.04
BS-12	6±2	4±2	46±4	0.19±0.03
BS-13	<2	<2	37±4	0.31±0.03
BS-14	<2	3±2	48±4	0.22±0.04
BS-15	11±2	13±2	135±4	0.14±0.02
BS-16	<2	<2	11±4	0.15±0.03
BS-17	16±2	<2	9±4	0.18±0.03
BS-18	<2	<2	10±4	0.13±0.03
BS-19	24±2	4±2	<4	0.52±0.04
BS-20	20±2	<2	63±4	0.27±0.05

#### 3.2. Rocks Activity Concentration

Serpentinite, neritic, pelagic rock sediments have been collected and sampled which demonstrate us to understand the geological formation. Serpentinite is a rock which becomes metamorphic transformation of ultramafic rock formation from the mantle of earth. By cooling duration and located depths of magma has been increased mineral size of rocks. Table 3.2 has shown activity concentration of rock samples. When table 3.2 has been scientifically examined, radioactivity concentration of rocks will be resulted as  $^{226}\text{Ra}$ , (<1-26.79) Bqkg<sup>-1</sup>,  $^{232}\text{Th}$ (<1- 5.07) Bqkg<sup>-1</sup> and  $^{40}\text{K}$ (<2-157.48 ) Bqkg<sup>-1</sup>. Data about rocks activity demonstrated there is no big difference between activity of rocks and sand samples. Gamma radiation mostly has been emitted by  $^{214}\text{Pb}$  and  $^{214}\text{Bi}$  for radiometric uranium determination.

These radionuclides have been originated by decaying of radium which has the long half-life ( $t_{1/2}$ = 1600 years). However, by decaying products have become into radioactive equilibrium, duration which was needed have been controlled by  $^{222}\text{Rn}$  ( $t_{1/2}$ = 3.85 day)[25]. Radionuclides between the  $^{222}\text{Rn}$  with  $^{210}\text{Pb}$  have short half-life such as  $^{218}\text{Po}$ ;  $t_{1/2}$  = 3.05 min,  $^{214}\text{Pb}$ ;  $t_{1/2}$  = 26.8 min,  $^{214}\text{Bi}$ ;  $t_{1/2}$  = 19.8 min,  $^{214}\text{Po}$ ;  $t_{1/2}$  =  $1.6 \times 10^{-4}$  sec. Table 3.2.a propounds the other researches upon natural activity of sand samples compared with this paper's data.

**Table.3.2.** Activity concentrations of rocks

Sample No	Activity Concentration (Bg/kg)			Freitas and Alencar 2004	Tamilnadu / India Suresh - Gandhi et al. 2013	35.12	713.6	349.6
	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K					
<b>K-1</b>	<1	<1	<2					
<b>K-2</b>	2.01±0.50	<1	2.32±0.50	Sithonia / Greece				
<b>K-2(2)</b>	4.43±0.50	2.56±0.50	45.50±4.49	Papadopoulos et al. 2015	5-767	5-1750	185-875	
<b>K-3</b>	3.85±0.50	4.72±0.50	95.56±9.96					
<b>K-4</b>	4.75±0.50	5.07±0.50	157.48±15.36					
<b>K-5</b>	26.79±2.50	<1	11.05±1.98	UNSCEAR, 2000	35	30	420	
				(20 Beaches) New Research Results	2-24	2-13	4-150	

**Table 3.2.a.** Comparison of previous researches and new research upon sand samples

Research Places	Natural Radionuclides Activity (Bq/kg)		
	<sup>238</sup> U/ <sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K
Orissa Beach / India Sengupta and Saha, 2009	15 -560	40- 5740	<MDA-1420
Orissa Beach 2 / India Sengupta and Saha, 2009	<MDA - 565	30- 5530	<MDA-1850
Songkhla / Thailand Kessaratikoon et al. 2015	30.50	23.31	868.51
Akkuyu / Mersin Kurt and Berker, 2014	15.82-39.48	3.96-17.18	133.54-287.06
Patara / Turkey Radenkovic et al.2008	10.8	2.56	54.5
Manhattan Beach / L.A CA / USA Radenkovic et al. 2008	5.0	17.3	457
Ulcinj / Montenegro Radenkovic et al. 2008	7.4 - 15.9	9.0 - 17.2	192-412
Kalpakkham / India Kannan et al. 2002	36- 258	352-3872	324-405
Southeastern Brazil	6-180	12-349	47-527

#### 4. Conclusion

Average activity concentration of <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K and 35 Bq kg<sup>-1</sup>, 35 Bq kg<sup>-1</sup>, 30 Bq kg<sup>-1</sup> ve 420 Bq kg<sup>-1</sup>, and typical intervals have been explained as; <sup>238</sup>U is 16-110 Bq kg<sup>-1</sup>, <sup>226</sup>Ra is 17-60 Bq kg<sup>-1</sup>, <sup>232</sup>Th is 11-64 Bq kg<sup>-1</sup> and <sup>40</sup>K 140-850 Bq kg<sup>-1</sup>[26].

When the activity concentration have been compared the UNSCEAR 2000 report, <sup>226</sup>Ra concentrations in this study have been calculated among < 2 - 24±2 Bq/kg ; <sup>232</sup>Th concentrations have been determined as < 2 - 13±2 Bq/Kg; <sup>40</sup>K concentrations have been lined up between <4 - 150±4 Bq/Kg. Rock samples concentration have been resulted between <1 - 157.48 Bq/Kg. These concentrations of radionuclides in Fethiye have been detected as lower than the average activity concentrations. According to these results, not only coast deposit's geological story have been determined but also radioactivity concentration of beach sands and management of coast which was sustainable have been emanated. Fethiye gulf have been identified as safe for public.

#### Acknowledgements

The author of this paper has been supported and advised by Günseli Yaprak who has valuable experience upon natural radioactivity and also, contributions of Berkay Camgoz, Caner Taskopru, Ilker Sert and Tunc Çolakoglu have a keen importance on supplying technical equipment to make this project happen. This research has done as a project called 17 NBE 002 in Ege University.

## References

- [1] De Meijer, R.J., James, I.R., Jennings, P.J., Koeyers, J.E., 2001, Cluster analysis of radionuclide concentrations in beach sand, *Applied Radiation and Isotopes* **54**: 535-542pp.
- [2] A. Malanca, L. Gaidolfi, V. Pessina, and G. Dallara, "Distribution of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  in Soils of Rio Grande do Norte (Brazil)". *Journal of Environmental Radioactivity*. **30**, pp.55-67 (1996).
- [3] R.M. Anjos R. Veiga, N. Sanches, , K. Macario, J. Bastos, M. Iguatemy, J.G. Aguiar, A.M.A. Santos, B. Mosquera, C. Carvalho, M. Baptista Filho, and N.K. Umisedo, (2006), "Measurement of Natural Radioactivity in Brazilian Beach Sands," *Radiation Measurements*, **41**, pp.89-196.
- [4] Fairbridge R.W., 1972, *Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences*, New York.
- [5] Yaprak G., Candan O., Camgöz B., Sert I., Taşköprü C., Sagozen Z., Sahin S., 2015, Batı Anadolu'yu Tanımlayan Çine Yöresinde Jeolojik Radon Potansiyelinin Haritalanması Bap Proje No:2012 NBE 012.
- [6] Sengupta D., Saha S.K., 2009 Natural radioactivity measurement in beach sand along southern coast of Orissa, Eastern India, *Environmental Earth Sciences* **59**: 593-601.
- [7] Kurt K, Berker S., (2014) Measurement of natural radioactivity in beach sand of Akkuyu Mersin, Turkey. *J Nat Sci Res* 4(17):83-89.
- [8] Radenkovic M., Alshikh S.M., Andric V., Milijanac S.S., (2009) Radioactivity of sand from several renowned public beaches and assessment of the corresponding environmental risks, *Journal of the Serbian Chemical Society* 74 (4), 461-470.
- [9] Ekpe, S. D., Essien, I. O., (1999), Gamma Radiation Determination of the Adulteration of Engine Oil with Diesel Fuel, *Journal of Science Engineering and Technology*, **6** 2049-2055.
- [10] Alam, M.N., Chowdhury, M.I., Kamal, M., Ghose, S., Islam, M.N., Mustafa, M.N., Miah, M.M.H., Ansary, M.M., 1999, The  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  activities in beach sand minerals and beach soils of Cox's Bazar, Bangladesh, *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. **46**, pp. 243-250.
- [11] Shetty, P.K., Narayana, Y., 2010. Variation of radiation level and radionuclide enrichment in high background area, *J. Environ. Radioact.* 101, 1043-1047.
- [12] Nada A., Abd EL-Maksoud T. M., Abu Zeid H., El-Asy I. E., Mostafa S. M. I. and Abd El-Azeem S. A.(2012) Correlation between radionuclides associated with zircon and monazite in beach sand of Rosetta, Egypt. *J. Radioanal. Nucl. Ch.*, **291**, 601-610
- [13] Mohanty A.K., Sengupta D., Das S.K., Saha S.K. & Van K.V. (2004). Natural radioactivity and radiation exposure in the high background area at Chhatrapur beach placer deposit of Orissa, India. *Journal of Environmental Radioactivity* **75**: 15 - 33.
- [14] Kannan V., Rajan M.P., Iyengar M.A.R. & Ramesh R. (2002). Distribution of natural and anthropogenic radionuclides in soil and beach sand samples of Kalpakkam (India) using hyper pure germanium (HPGe) gamma ray spectrometry. *Applied Radiation and Isotopes* **57**: 109 - 119.
- [15] Korkulu Z., Özkan N., (2013) Determination of natural radioactivity levels of beach sand samples in the black sea coast of Kocaeli (Turkey) *Radiation Physics and Chemistry* Vol. **88**, 27-31.
- [16] Papadopoulos A., Koroneos A., Christofides G., Stoulos S., (2015) Natural Radioactivity Distribution and Gamma Radiation Exposure of Beach Sands Close to the Granitoids of Northern Greece, *Proceedings of the 14th International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes, Greece*.
- [17] Sureshgandhi M., Ravisankar R., Rajalakshmi A., Sivakumar S., Chandrasekaran A., Anand D., (2013) Measurements of natural gamma radiation in beach sediments of north east coast of Tamilnadu, India by gamma ray spectrometry with multivariate statistical approach, *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, Vol. **7**(1), 7-17.
- [18] Vassas, C., Pourcelot, L., Vella, C., Carpéna, J., Pupin, J.-P., Bouisset, P., Guillot, L., 2006, Mechanisms of enrichment of natural radioactivity along the beaches of the Camargue, France, *Journal of Environmental Radioactivity* Vol. **91**, pp. 146-159.
- [19] Freitas, A.C., Alencar, A.S., 2004, Gamma dose rates and distribution of natural radionuclides in sand beaches—Ilha Grande, Southeastern Brazil, *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. **75**, pp. 211-223.
- [20] Newman, R.T., Lindsay, R., Maphoto, K.P., Mlilo, N.A., Mohanty, A.K., Roux, D.G., de Meijer, R.J., Hlatshwayo, I.N., 2008. Determination of soil, sand and ore primordial radionuclide concentrations by full-spectrum analyses of high-purity germanium detector spectra, *Appl. Radiat. Isot.* **66**, 855-859.
- [21] Kessaratikoon P., Boonkrongcheep R., Choosiri N., Taehdeng N., Udomsomporn



- S.,(2015), Specific Activities of Natural Radionuclides in Beach Sand Samples from Samila Beach in Songkhla Province (Thailand) after Nuclear Power Plant Accident in Japan, International Journal of Environment Science and Development, Vol.6 (9), 706-709.
- [22] Parmaksız A., 2004, Gama Spektrometrik Yöntem İle Fosfojipsteki  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  Aktivitelerinin Ölçülmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [23] Pravalie R. 2014, Nuclear Weapons Tests and Environmental Consequences: A Global Perspective, **43**(6)729-744.  
doi: [10.1007/s13280-014-0491-1](https://doi.org/10.1007/s13280-014-0491-1)
- [24] Whicker F.W., Shaw G., Voight G., and Holm E., 1999 Radioactive Contamination: State of the Science and Its Application to Predictive Models, Environmental Pollution, 100, 133-149.
- [25] Yaprak, G., 1995, Radyoaktif Mineral İçeren Örneklerin Gama Spektroskopik Analizlerinde Matris Etkisi ve Self Absorpsiyon İçin Bir Düzeltme Yönteminin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü.
- [26] UNSCEAR (2000), Sources and Effects of Ionizing Radiation. New York: United Nations.

## Development of Thermoelectric Egg Incubator Integrated with Thermal Energy Storage System

Jamilu Ya'u MUHAMMAD<sup>1\*</sup>, Ibrahim Baba KYARI<sup>2</sup>, Auwal Abdulkadir BALA<sup>1</sup>, Ibrahim Umar IBRAHIM<sup>3</sup>,  
Mahmoud Mukhtar MAIKUDI<sup>4</sup>, Mannir USMAN<sup>5</sup>, Dauda GARBA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Bayero University, Kano, Nigeria

<sup>2</sup>Department of Electrical and Electronics Engineering, Usman Danfodiyo University, Sokoto, Nigeria

<sup>3</sup>National Space Research and Development Agency, Nigeria

<sup>4</sup>Nigeria Defense Academy, Kaduna, Nigeria

<sup>5</sup>Department of Welding and Fabrication, Jigawa State Polytechnic, Dutse

### Keywords

Eggs  
Hatching  
Incubation  
Relative Humidity  
Temperature

**Abstract:** Egg incubation plays an important role in the poultry production system especially during the day-old chick development. In Nigeria, poultry production is a lucrative business but lack of commercially owned hatchery machines hinders the expansion and make poultry products for instance day old chicks costly more especially in the northern part of Nigeria. In this paper, the egg incubation system was designed with two (2) operating modes of heat sources namely: a thermoelectric module used for daytime operation and a thermal storage system containing phase change materials (PCM) which supplied heat to the system for nighttime operation. The solar PV arrays were designed to be the primary energy source for generating of electricity, which was supplied to heat sources for providing fertile eggs with five (5) egg trays that contains 60 eggs each per hatching process. The result revealed that temperature inside incubation chamber and relative humidity (RH) were controlled under optimum environmental conditions for hatching 36-39°C and 56-80% respectively to stimulate embryonic growth. As a result, the system achieved and maintained an optimum incubating temperature in the range of 36-39°C and the relative humidity (RH) of 60-80% over the incubating period of 21 days.

### 1. Introduction

Modern agriculturists are now using new technologies in order to improve yields and preserve their agricultural products. Poultry farming is one of the entrepreneur systems in agricultural practice where by meat and eggs, a guaranteed sufficient supply of brood chicks is essential. This cannot be achieved by natural incubation by means of broody hens sitting on clutches of eggs. An efficient and reliable hatching system with the aid of a new technology for hatching of fertile eggs is important is this called "*egg incubator*". Egg incubators is a machine used in the industry to provide a hatching process under optimum environmental conditions (temperature, egg turning and humidity) that is well controlled to stimulate embryonic growth until hatching [1]. The temperature and relative humidity (RH) inside the incubator must be controlled to optimum environmental conditions in the temperature range of 36-39°C and relative humidity

of 60-80% [1-3]. The incubating temperature is the most crucial factor in incubating efficiency [1, 4]. To produce a large number of eggs, commercial egg incubator (CEI) must be used. In this type of incubator, a heating element is used as a heat source by directly converting electricity to thermal energy. Several types of the commercial egg incubator have been designed such as manually operated, partially-automatic and fully-automatic operations [2].

The forced-air egg incubator is an incubator which used fan to circulate the hot-air into the incubation chamber and provides the necessary stable heat level, suitable moisture level, and the maintenance of appropriate amounts of oxygen inside the incubator [5]. An egg-hatching incubator integrated with a conveyor rotation system has been designed and developed using an automatic controller for the maintenance of temperature and humidity [6].

\*Corresponding Author: [yamilu87@gmail.com](mailto:yamilu87@gmail.com) ORCID: 0000-0002-7627-672X

However, it cannot be used in remote areas not serviced by electricity supply infrastructure. Nowadays, a photovoltaic (PV)-powered chicken-egg incubator was constructed for use in the rural areas and a large-capacity battery was required for operating the system for 24 hours [7].

Another form of incubator which involves the conversion of waste heat into useful electricity can provide a method of heating and cooling by electricity called thermoelectric technology. Thermoelectric technology (TE) modules can be used for both power generation and solid-state refrigeration or heat pumps. A TE module has no environmentally harmful fluids like chlorofluorocarbons [8, 9]. Due to the reliability and environmentally friendly energy conversion technology of thermoelectric technology systems, it has aroused the attention of many researchers. Moreover, the system requires less maintenance, free from pollutants and usually its small in size [8, 10]. Therefore, this technology is among the technologies that help in solving global warming and climate change issues because of its improved total energy efficiency and reduced consumption of fossil fuels. Recently, it was found that egg incubators with TE modules as heat sources has high efficiency, resulting in low electrical fees per hatching period [11, 12].

Thermal energy storage (TES) is very essential system in many engineering applications. Among the practical problems involved in solar energy systems is the need to increase the reliability of the system by storing any power produced in excess of the energy load. The stored energy can be used whenever needed, such as during the night or on overcast days [13]. Similarly, practical engineering problems arise from the waste-heat recovery system where waste heat availability and utilization periods are different [14]. A phase-change material (PCM) is a latent-heat storage material used for TES. The PCM can store or release a large amount of heat during the phase change process. TES systems containing PCM in the solid-to-liquid phase have been considered as a potential candidate for solar energy systems. These types of TES systems have a small volume and work in the known melting and solidifying temperature ranges of the PCM [15], which is used in latent heat storage for several applications such as solar energy systems, heat pumps and spacecraft thermal control, as well as for cooling applications in buildings [16].

Additionally, the TE module was successfully tested as a new heating device in egg incubators, but it still used electricity from the national grid [11]. Furthermore, a large capacity battery was required for the PV-powered chicken egg incubator [7].

## 2. Materials and Method

### 2.1 Description of the System

The system consists of three components namely the egg incubation chamber, energy storage and the power supply units. The egg incubation chamber consists of five egg trays; each tray is holding 60 eggs and a relative humidity pan. The incubation chamber is constructed plywood with polystyrene as an insulation to reduce heat losses from the chamber while the inside is aligned with tarpaulin sheet for easy cleaning and to avoid moisture absorption by the wooden material. Each egg trays were connected together at one end by the means of a crank and link mechanism connected to the electric motor that could turn the trays at 45° automatically. The turning mechanism is to avoid egg yolk sticking on the egg shell.

The power supply unit consists of four arrayed solar PV modules of 45 Watts and 12 Volts per module. The energy storage unit is made up of 2 lead batteries of 100Ah each, a charge controller and a 100Watts, 24 Volts solar powered inverter to convert direct current to alternative current from the PV panels. Heat supply in the incubation chamber is by 200 watts electric heater and electric motor used for turning mechanism of the egg trays powered by the photovoltaic modules. A thermostat was placed on upper end of the incubation chamber in order to regulate and controls the temperature of the incubation Chamber. An air vent allows air circulation within the egg chamber. A transparent glazing material is used as the door helps to monitor and inspect the incubator chamber from outside without opening the incubator door and to improve the thermal conductivity of the incubation chamber. A paraffin wax was used as the phase change material (PCM) so as to maintain the thermal energy storage (TES) was located at the bottom of the incubation chamber.

### 2.2 Materials' Selection

Materials used for construction of the system were selected based on cost, reliability, functionality and processability of the materials.

Table 1 shows the components of the system, materials used and reason(s) for selections.

### 2.3 Design Assumptions and Considerations

The design considerations that were used in the construction of the system are:

- a. Number of eggs to be hatched which in the egg trays is 300 eggs;
- b. Optimum incubation temperature of 37.5 °C;
- c. Relative humidity within the incubator of average of 65%; and
- d. Reliability of the incubator.

**Table 1:** Materials Selected for Construction of the System

Components		Materials Selected	Reason(s)
Incubation Chamber	Glazing Door	Perspex glass	Cheap, ease to processing and strong
	Insulation	Polystyrene	Cheap and availability
	Chamber Cover	Plywood	Availability, reliability and ease processing
	Tray	Aluminum	Maintainability, strong and cheap
	Air Dust	Mild steel	Low cost and ease processing
	Thermal Storage material	Paraffin Wax	High insolation and absorption characteristics
Solar Photovoltaic		Polycrystalline Silicon	High solar radiation absorption

**2.4 System’s Components Design Calculations**

**2.4.1 Incubation Chamber**

**a. Heat Balance**

The total heat required by the incubation chamber can be obtained using the relation given below by [17]:

$$Q_T = Q_a + Q_e + Q_s + Q_{pv} \tag{1}$$

Where:

$Q_a$  is the heat required by air in the incubation chamber and it is given as:

$$Q_a = \dot{m}C_a\Delta T \tag{2}$$

$Q_e$  is the heat requirement of incubation eggs and it is related as:

$$Q_e = m_e C_e \Delta T \tag{3}$$

$Q_s$  is the heat loss through the walls of the incubation chamber and is equated by:

$$Q_s = \frac{KA\Delta T}{l} \tag{4}$$

$\dot{m}$  is the mass flow rate of the air (Kg/hr);  
 $C_a$  is the specific heat capacity of the air (KJ/Kg°C);  
 $m_e$  is the mass of the incubation eggs (Kg);  
 $C_e$  is the specific heat capacity of the incubation eggs (KJ/Kg°C);

$K$  is the thermal conductivity of the materials (W/mK); and  
 $l$  is the thickness of insulation material and plywood (m).

**b. Egg Trays**

The capacity of the incubator egg trays can be design by getting volume and area of the egg tray.

$$Volume\ of\ egg\ trays\ V = \frac{\pi d^2 h n}{4} \tag{5}$$

And;

$$Area\ of\ egg\ trays\ A = l_c b_c \tag{6}$$

Where:

$d$  is the diameter of the egg trays (m);  
 $h$  is the height of the egg trays (m);  
 $n$  is the number of the egg trays;  
 $l_c$  is the length of the incubation chamber (m); and  
 $b_c$  is the breadth of the incubation chamber (m).

**2.4.2 Power Supply Unit**

Solar photovoltaic (PV) module is an electronic device used to convert energy from the sun to useful energy and it is used for supplying power for the system. Before selecting a photovoltaic module for the system, the power output and number of the module were designed.

### a. Power Output of Solar PV Module

The power output of the solar photovoltaic module ( $P_{pv}$ ) can be obtained using the relation given by [18]:

$$P_{pv} = \frac{E_t \times PSI}{\eta_b \times K_{losses} \times H_{tilt}} \quad (7)$$

Where:

$E_t$  is the total daily energy of the system load (kWh/day);

PSI is the Peak Solar Intensity at the earth surface ( $W/m^2$ );

$\eta_b$  is the Efficiency of the System;

$K_{losses}$  is the determination factor due losses on the system such as dust, change in temperature and

$H_{tilt}$  is the average solar irradiance falling on the specific tilt angle.

The efficiency of the system can be found using the relation given by [19] as:

$$\eta_b = \eta_{inverter} \eta_{connection\ losses} \quad (8)$$

Where:

$\eta_{inverter}$  is the efficiency of the inverter (%); and

$\eta_{connection\ losses}$  is the efficiency of the system connection (%).

The determination factor can determine using equation given by [18] as:

$$K_{losses} = t_{manuf} \cdot F_{temp} \cdot F_{dirt} \quad (9)$$

Where:

$t_{manuf}$  is the manufacturer's tolerance (%);

$F_{dirt}$  is the de-rating due to dirt (%); and

$F_{temp}$  is the temperature de-rating factor which can be found using equation given by [20] as:

$$F_{temp} = 1 - [\gamma(T_{cell,eff} - T_{STC})] \quad (10)$$

Where:

$\gamma$  is the power temperature coefficient (%/°C);

$T_{STC}$  is the standard temperature of the collector (°C) and;

$T_{cell, eff.}$  is the average daily temperature which is given by [20] as:

$$T_{cell,eff.} = 25 + T_a \quad (11)$$

Where:

$T_a$  is the ambient temperature (°C).

### b. Number of Modules

The photovoltaic modules were arranged in series and parallel connections.

### A. Number of Modules in Series Connection

The number of modules in series connection can be found using relation given by [21] as:

$$N_{ms} = \frac{V_{system}}{V_{module}} \quad (12)$$

Where:

$V_{module}$  is the nominal voltage of the module (V) and;

$V_{system}$  is the designed system voltage (V).

### B. Number of Modules in Parallel Connection

The number of modules in parallel connection can be found using relation given by [21] as:

$$N_{mp} = \frac{P_{PV}}{N_{ms} P_{module}} \quad (13)$$

The number of modules of the system can be obtained by multiplying number of modules in series and that in parallel.

$$N_{mt} = N_{ms} N_{mp} \quad (14)$$

### 2.4.3 Design of Battery Bank

Battery bank is an essential component in smart grid design; it is where the solar irradiance absorbed by the solar photovoltaic modules being stored. The capacity of the battery bank can be obtained using the relation given by [22] as:

$$C_b = \frac{E_t N_c}{\eta_{inv} V_n DOD_{max}} \quad (15)$$

Where:

$N_c$  is the number of the autonomy days (days);

$\eta_{inv}$  is the inverter efficiency (%);

$V_n$  is the nominal battery voltage (V) and;

$DOD_{max}$  is the maximum depth of discharging (%).

The selected battery in this design was lead acid battery made from Hoppecke Solar Power with nominal voltage of 12V and capacity of 140Ah. The number of batteries used in this system can found using the equation given by [19] as:

$$N_{b_{requ}} = \frac{C_b}{C_{selected}} \quad (16)$$

Where:

$C_{selected}$  is the capacity of the selected battery.

Like in solar PV modules, the batteries are also connected in series and parallel arrangement, the number of batteries connected in series can be obtained using the relation given as:

$$N_{b_{series}} = \frac{V_{system}}{V_{battery}} \quad (17)$$

Similarly, the number of batteries connected in parallel can be obtained using the relation given as:

$$N_{b_{parallel}} = \frac{N_{b_{requ}}}{N_{b_{series}}} \quad (18)$$

### 3. Results and Discussion

The egg incubator was tested to evaluate the performance of the system, the tests were done March, 2021. The Preliminary test were conducted on the egg incubator, this test was done to ascertain the efficiency of the system when the eggs were not loaded to the egg incubator. Thermostat was used to control the temperature of the incubator. When the temperature in the incubating chamber increases to about 39°C as shown in figure 1, the thermostat is to switch off and shut the air duct so as to stop the hot air from the thermal storage unit from flowing into the incubating chamber so that the temperature does not go past 39°C to avoid cooking of the eggs. Similarly, when the temperature falls below 35°C, the thermostat is to switch on and start allowing hot air to pass to the incubating chamber since a lower temperature than this will slow the chick's metabolic rate.

The hygrometer is a simple tool for measuring the amount of humidity in the incubator. The evaporative moisture pan in the incubating unit is used to provide the required humidity. When the hygrometer reading is more than 60%, the evaporative moisture pan is removed from the incubating unit. Similarly, when the hygrometer reading is below 60%, the evaporative moisture pan is returned. Several readings were taken to test for the sensitivity and reliability of the instrument before loading the egg by comparing the values obtained to the values taken on the thermometer in the chamber.

Table 2 shows the temperature of the incubation chamber with respect time. The result shows that the initial temperature in the chamber was 26°C and it took the incubator about 15 minutes to attain the minimum recommended temperature (36°C). After reaching the required temperature less energy was required to maintain heat in the chamber.

Figure 3 shows the effect of ambient temperature on the daily instantaneous temperature of the incubation chamber of the egg incubator. On day 1 (01/03/2021) the value of the temperature of the

incubation chamber at 8:00 was 36°C while the value of the ambient temperature measured and recorded was 26°C. The temperature of the incubation chamber was maintained constants up to 11:00 when its value rise to 37°C while the ambient temperature as attained 29°C. The value of the temperature of the incubation chamber was then maintained till 13:00, at 14:00 its value was 38°C and this value was stretched till 16:00. The value of the temperature of the incubation chamber was 39°C between 17:00 and 18:00. At 19:00 the temperature of the incubation chamber drops to 38°C which was steady till 20:00. It was observed that the ambient temperature increases in value from 8:00 to 18:00 and at 19:00 the ambient temperature starts to drop simultaneously with the temperature of the incubation chamber. On day 1, the temperature of the incubation chamber varied from 36 and 39°C while the ambient temperature varied from 26 to 33°C.



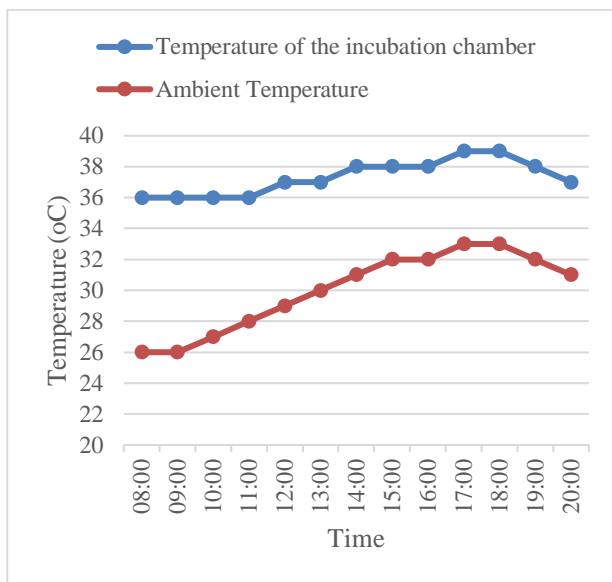
**Figure 1:** Incubating Eggs before and after hatching with temperature reading.

**Table 2:** Temperature Variation of the Incubation Chamber against Time

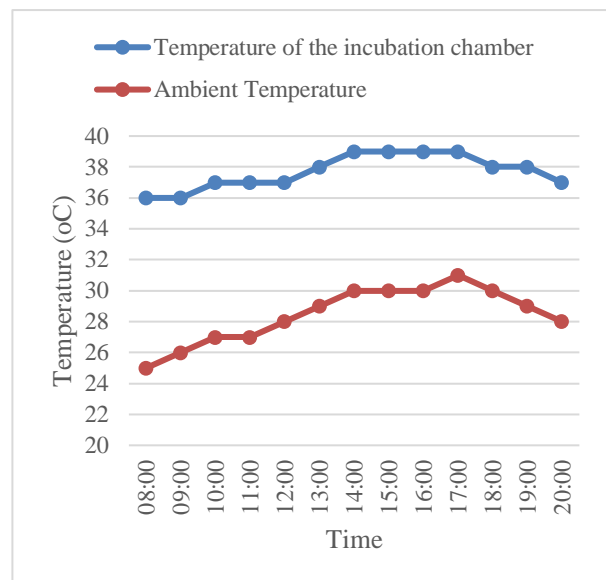
S. No	Temperature °C	Time Taken (Seconds)	S. No	Temperature °C	Time Taken (Seconds)
1	26	0	7	32	310
2	27	12	8	33	407
3	28	39	9	34	591
4	29	123	10	35	846
5	30	183	11	36	904
6	31	249	12	37	1085

39°C while the ambient temperature varied from 25 to 31°C.

On day 3 (03/03/2021) values of the temperature inside the chamber at 8:00 was 36°C while the value of the ambient temperature measured and recorded was 27°C. The temperature of the incubation chamber was 37°C between 9:00 and 11:00 and between 12:00 to 14:00 its value was 38°C. At 15:00 to 17:00, the temperature inside the chamber drops to 38°C and to 37°C at 19:00 which was steady till 20:00. The ambient temperature increases in value from 8:00 to 16:00 and at 17:00 the ambient temperature starts to drop. On day 3 the interior temperature varied from 36 and 39°C while the ambient temperature varied from 27 to 32°C (Figure 4).

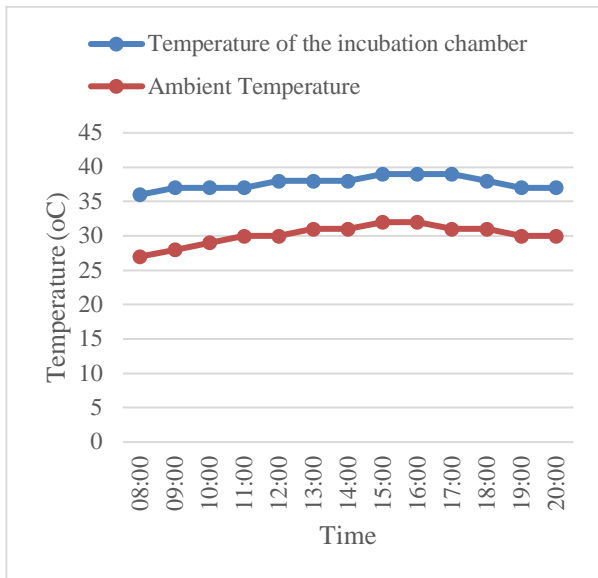


**Figure 2:** Effect of ambient temperature on the daily instantaneous temperature of the incubation chamber of the egg incubator for day 1



**Figure 3:** Effect of ambient temperature on the daily instantaneous temperature of the incubation chamber of the egg incubator for day 2

From figure 3, on day 2 (02/03/2021) the value of the temperature inside the chamber at 8:00 and 9:00 were 36°C while the value of the ambient temperature measured and recorded were 25°C and 26°C, respectively. The temperature inside the chamber of the incubator was 37°C between 10:00 to 12:00 noon and 13:00 its value was 38°C. At 14:00 the value of the temperature inside the chamber rose to 39°C which was maintained as time proceeded till 17:00. At 18:00 the temperature inside the chamber drops to 38°C which was steady till 19:00. The ambient temperature increases in value from 8:00 to 17:00 and at 18:00 the ambient temperature starts to drop simultaneously with the interior temperature. On day 2 the interior temperature varied from 36 and



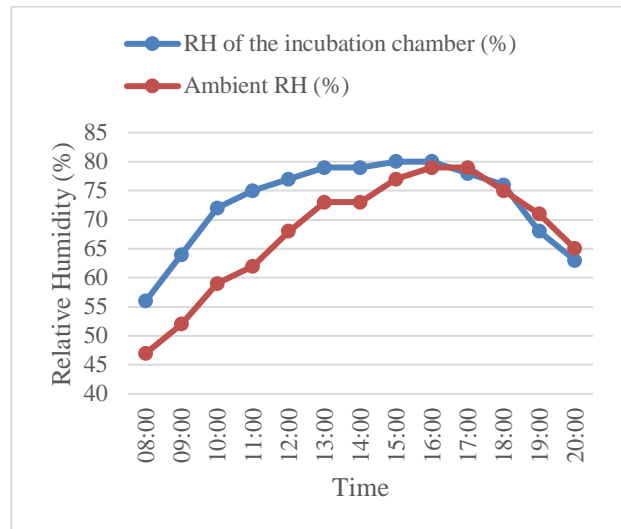
**Figure 4:** Effect of ambient temperature on the daily instantaneous temperature of the incubation chamber of the egg incubator for day 3

When the ambient temperature increases, the temperature difference between the ambient and temperature of incubation chamber reduces. Therefore, less heat lost from the incubation chamber through the incubator wall to the surrounding there by increasing the temperature inside incubation chamber. As the ambient temperature decreases the temperature difference between it and incubator temperature increases. However, more heat transfer from the incubator through the incubator wall to the surrounding thereby decreasing the temperature of the interior of the incubator. This was achieved with the aid of a temperature control system (thermostat) incorporated in the incubator system.

Figure 5 shows the effective of an average relative humidity of both incubation chamber and ambient relative humidity for the three days of the experiment. It was observed that the average relative humidity of the incubation chamber was ranged to be 56–80%, while ambient conditions were between 47–79% relative humidity. The results showed that steady incubation operating conditions could be achieved and maintained using solar energy for sustained egg incubation. Further test run of the incubator using fertilized poultry eggs recoded about 73.3% efficiency. The incubator was loaded with 300 fertilized eggs 220 of the number hatched while the remaining number could not hatch.

Main advantage of this incubation system over the conventional incubation system is that the incubating chamber condition is always constant at the

appropriate temperature and humidity for hatching eggs as the supply of heat is on 24 hours service.



**Figure 5:** Effect of ambient relative humidity and relative humidity of the incubation chamber for the three experimental days

**4. Conclusion**

The egg incubation system powered by solar photovoltaics designed and developed was evaluated with fertile eggs, to ascertain its ability to incubate and hatch fertile eggs. The system was developed using available materials such as plywood, stainless steel, polystyrene, paraffin wax and solar generation and storage materials with Sunny Island charge controller 202-253V, 90A was used.

After the experimentation/testing of the system, percentage hatchability of the system was found to be 73.3%. It also revealed that temperature of the incubation chamber and relative humidity range of 36–39°C and 56–80% could be maintained within the incubator. Observe that the difference between hatchability rate and fertility rate is not much at all. It means that under normal circumstances, the system under evaluation is highly suitable for incubation process.

**References**

[1] Kingori, A. M. (2011). Review of the factors that influence egg fertility and hatchability in poultry, *International Journal of Poultry Science*, 10, 483-492.

[2] Nakage, E. S.; Cardozo, J. P.; Pereira, G. T.; Queiroz, S. A. and Boleli, I. C. (2003). Effect of temperature on incubation period, embryonic mortality, hatch rate, egg water loss and



- partridge chick weight, *Rev. Bras. Cienc. Avic.*, 5, 131-135.
- [3] Hubbard Co. (2011). Incubation guide. Retrieved from [www.hubbardbreeders.com](http://www.hubbardbreeders.com)
- [4] Lourens, A.; Van den Brand, H.; Meijerhof, R. and Kemp, B. (2005). Effect of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability, and post hatch development, *Poultry Science*, 84, 914-920.
- [5] Lourens, A.; Van den Brand, H.; Heetkamp, M. J. W.; Meijerhof R. and Kemp, B. (2007). Effects of eggshell temperature and oxygen concentration on embryo growth and metabolism during incubation, *Poultry Science*, 86, 2194-2199.
- [6] Ramli, M. B.; Lim, H. P.; Wahab, M. S. and Zin, M. F. M. (2015). Egg hatching incubator using conveyor rotation system, *Procedia Manufact.*, 2, 527-531.
- [7] Mansaray, K. G. and Yansaneh, O. (2015). Fabrication and performance evaluation of a solar powered chicken egg incubator, *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, 5, 31-36.
- [8] Alam, H. and Ramakrishna, S. (2013). A review on the enhancement of figure of merit from bulk to nano-thermoelectric materials, *Nano Energy*, 2, 190-212.
- [9] Minnich, A. J.; Dresselhaus, M. S.; Ren, Z. F. and Chen, G. (2009). Bulk nanostructured thermoelectric materials: Current research and future prospects, *Energy Environ. Sci.*, 2, 466-479.
- [10] Zhang, X. and Zhao, L.-D. (20015). Thermoelectric materials: Energy conversion between heat and electricity, *Journal of Materiomics*, 1, 92-105.
- [11] Singhadet, E.; Suriwong, T.; Jiajitsawat, S. and Tanarak, P. (2014). Performance comparison of heating coil and thermoelectric egg incubators, *Burapha Science Journal*, Special Vol. 2014, 271-276.
- [12] Savatdipap, P. (2003). Development of a thermoelectric egg incubator, Master Thesis, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand.
- [13] Sharma, A.; Chen, C. R.; Murty, V. V. S. and Shukla, A. (2009). Solar cooker with latent heat storage systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Review*, 13, 1599-1605.
- [14] Hasnain, S. M. (1998). Review on sustainable thermal energy storage technologies, Part I: Heat storage materials and techniques, *Energy Conversion Management*, 39, 1127-1138.
- [15] Tian, Y. and Zhao, C. Y. (2013). A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications, *Applied Energy*, 104, 538-553.
- [16] Sharma, A.; Tyagi, V. V.; Chen, C. R. and Buddhi, D. (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications, *Renewable and Sustainable Energy Review*, 13, 318-345.
- [17] Bolaji B.O. (2008). Design and Performance Evaluation of a Solar Poultry Egg Incubator, *Thammasat International Journal of Science and Technology*, 13, 1.
- [18] Ahmad, G. E. (2002). Photovoltaic-powered Rural Zone Family House in Egypt. *Renewable Energy*, 26, 379-390.
- [19] Ishaq M., et al., (2013). Design of an Off Grid Photovoltaic System: A Case Study of Government Technical College, Wudil, Kano State. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 2, 12. 175-181.
- [20] Clean Energy Council (CEC) (2009). "Grid Connected PV Systems Design Guidelines for Accredited Designers" Issue 3 July 2007, Update November 2009.
- [21] Sandia (1995). Stand-Alone Photovoltaic Systems: A Handbook of Recommended Design Practices, Sandia National Laboratories Albuquerque New Mexico.
- [22] Assad A. (2010). A Stand-Alone Photovoltaic System, Case Study: A Residence in Gaza, *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, 5, 81-91.

## Sinyalize Olmayan Yaya Geçitlerinde Sürücü Davranışlarının Yayalara İlk Geçiş Hakkının Verilmesi Açısından Araştırılması

Mehmet Mahsum KURT<sup>\*1</sup>, Erol İSKENDER<sup>2a</sup>, Havanur Ebru GÜRBÜZ<sup>1b</sup>

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, Türkiye

<sup>2</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

(Alınış / Received: 05.05.2021, Kabul / Accepted: 30.06.2021, Online Yayınlanma / Published Online: 30.06.2021)

### Anahtar Kelimeler

Geçiş hakkı  
Sürücü davranışı  
Yaya geçidi  
Yaya güvenliği

**Özet:** Günümüzde araç sayısı artışına bağlı olarak ölüm ve yaralanmaya neden olan trafik kazaları da artmaktadır. Bu durumdan yayalar oldukça olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Bu nedenle sürücü-yaya tutum ve davranışlarını ve trafik kazalarında yayanın rolünü incelemek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Çalışmada, sinyalize olmayan yaya geçitlerinde ilk geçiş hakkının yayalara verilmesi açısından sürücülerin yaya geçişlerine karşı duyarlılığı, bölgeye ve yaya kategorilerine bağlı olarak araştırılmıştır. İstanbul ve Trabzon şehirlerinden iki yaya geçidi seçilmiştir. Veriler, 7 kategoride, kategori başına 100 geçiş denemesi yapılarak elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, iki ayrı konumdaki yaya geçitlerinde elde edilen verilerin farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

## Investigation of Driver Behaviour In Non-Signalized Pedestrian Crossings for The First Right to Way

### Keywords

Right of way  
Driver behavior  
Pedestrian crossing  
Pedestrian safety

**Abstract:** Nowadays, due to the increase in the number of vehicles, traffic accidents that cause death and injuries are also increasing. Pedestrians are negatively affected by this situation. For this reason, various studies are carried out to research driver-pedestrian attitudes and behaviors and the role of pedestrians in traffic accidents. In the study, in view of the first right of way given to pedestrians at non-signalized pedestrian crossings, drivers' sensitivity to pedestrian crossings was investigated depending on the region and pedestrian categories. Two pedestrian crossings were selected from the cities of Istanbul and Trabzon. The data was collected in 7 categories, with 100 transition attempts per category. As a result of the studies, it was determined that the data obtained from pedestrian crossings in two different locations differed.

### 1. Giriş

Gelişen teknolojiyle birlikte artan araç sayısı, ölüm ve yaralanmaya neden olan trafik kazalarını da beraberinde getirmektedir. Dünya Sağlık Örgütü 2016 yılı verilerine göre her yıl yaklaşık

1.35 milyon kişi hayatını trafik kazalarında kaybetmektedir [1]. Dünya Sağlık Örgütü 2019 yılı verilerine göre yol yaralanmaları ölüm nedenleri arasında düşük gelirli ülkelerde 7. sırada, düşük-orta gelirli ve üst-orta gelirli ülkelerde 10. sırada yer almaktadır [2]. Trafik

\*İlgili yazar: mehmetmahsumkurt@gmail.com ORCID: 0000-0003-0420-2075

<sup>a</sup> ORCID: 0000-0001-7934-839X

<sup>b</sup> ORCID: 0000-0002-5928-1308

kazalarındaki ölümlerin %23'ü yaya ölümleridir [1]. Türkiye'de ise karayolu ağında 2019 yılında meydana gelen 1 milyon 168 bin 144 adet trafik kazasından 174 bin 896 adedi ölümlü yaralanmalı trafik kazasıdır ve bu kazalarda ölen kişilerin %23.2'si yayadır [3]. Bu nedenle sürücü-yaya tutum ve davranışlarının ve trafik kazalarında yayanın rolünün incelenmesi amacıyla birçok çalışma yapılmaktadır.

Yaya ölümlerinin başlıca nedenleri ve uygulama öncesi ve sonrası yaya geçitlerinde alınan karayolu önlemlerinin (trafik ışıkları, kavşaklar ve refüjler) güvenlik etkileri araştırılmıştır. Belirlenen yaya geçitlerinde araç sürücüleri ve yayaların düzensiz geçiş manevralarını tahmin etmek için bir saha araştırması yapılmıştır. Araştırmanın bir sonraki aşamasında yayaların bekleme süreleri ve araç sürücülerinin yaya geçitlerinde gecikmeleri araştırılmıştır. Araştırma sonuçları, karayolu önlemlerinin özellikle yaya kaynaklı kaza sayısı üzerindeki olumlu etkisine dair güçlü kanıtlar olduğunu göstermiştir. Ayrıca düzensiz hareketler geçiş türüne göre analiz edilmiş, araç sürücülerinin refüj adası olmayan geçişlerde en düzensiz davrandığı görülmüştür [4].

Michigan, Ann Arbor şehrindeki sinyalize kavşaklarda yaya davranışlarının incelendiği bir çalışmada, farklı kentsel ortamlarda yapılan gözlemlerle, yayaların trafik sinyallerine uyup uymadıkları araştırılmıştır. Bu amaçla veriler Michigan, Ann Arbor şehrindeki üç lokasyondan toplanmıştır. Gözlemler, bireylerin geçiş kararları video kaydı ile dikkat çekilmeden elde edilmiştir. 592 ayrı geçiş kararı için gözlemler kaydedilmiş ve sonuç olarak orantının büyüklüğü üç yerde farklılık gösterse de bireylerin çoğunun yeşil ışıkta geçtiği belirtilmiştir [5].

Yayaların güvenli aralık algılarının, yaya geçidine yaklaşan taşıtların hızları ve uzaklıkları dışında başka unsurlardan etkilenip etkilenmediği incelenmiş ve belirlenen tüm ilişkili unsurları içeren, farklı şerit sayılarına göre toplam beş regresyon modeli tahmin edilmiştir. Çalışma verisi, İstanbul'da seçilen dört ışık kontrolsüz hemzemin yaya geçidinden toplanmıştır. Çalışmada toplanan veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve regresyon modeli sonuçları yorumlanmıştır. Yapılan incelemeler, yaya geçidinin konumlandırıldığı yolun şerit sayısının, yayaların güvenli aralık tercihleri üzerinde büyük öneme sahip olduğunu göstermiştir [6].

Otomobillerle etkileşim halindeyken, yaya davranışları, hangi tür yaya gruplarının ve cinsiyetlerin hangi tür sinyalizasyon ve altyapı

sistemlerini güvenli bir şekilde kullanabileceğinin bulunması amacıyla güvenlik odaklı olarak araştırılmıştır. Veriler, Hindistan, Bangalore'daki yaya geçitlerinden toplanmıştır. Mevcut yaya geçiş işlemlerinin (sinyalize olmayan) ve sinyalizasyonun güvenli kullanımının cinsiyete ve yaya gruplarına göre değişimi değerlendirilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, tek başına kadın yayaların mevcut geçiş işlemlerini kullanmaya en istekli olduklarını, gruplardaki kadın yayaların güvenli olmayan geçiş davranışı sergileme olasılığı en yüksek alt grup olduğunu göstermiştir [7].

SUMO ve MATLAB'da simülasyon yoluyla gerçekleştirilen, sürücüsüz araçlar ile yayalar arasında uzlaşmacı sistem için kavramsal bir model önerilmiştir. Önerilen bu model, karşıdan karşıya geçmek için yola çıkan yayalara daima durma şeklinde tepki veren sürücüsüz araçların koruyucu davranışıyla karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçları, uzlaşan araçlar için ortalama seyahat süresinin iyileştiğini ve muhafazakâr araçlara kıyasla trafik sıkışıklığının azaldığını göstermiştir [8].

Türkiye'deki trafik kazalarında meydana gelen yaya kusurları incelenmiştir. Yaya-arac trafik kazaları için istatistiksel veriler ve çözüm önerileri kullanılarak çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır [9].

İtalya'da iki farklı kentsel bölgede, bir turistik ve bir banliyö bölgesinde, sinyalize kavşaklarda yayaların kurallara uyma davranışlarını incelemek ve bölgesel anlamda yayaların kurallara uyma davranışı üzerinde herhangi bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla çalışma gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, turistik bölgede yayaların, banliyö bölgesine göre trafik ışıklarına daha uyumlu olduğunu ve yaya davranışının kentsel özelliklerle büyük ölçüde bağlantılı olduğunu göstermiştir [10].

Sinyalize olmayan kavşakların ve dönel kavşakların blok ortalarında ve giriş bölümlerinde bulunan yaya geçitlerine yaklaşan sürücülerin hızları araştırılmıştır. Bu amaçla, serbest akışlı trafik koşullarında nokta hız ölçümleri yapılmıştır. Hız, geçitten 100m ve 50m mesafede ve ayrıca çizgili yaya geçidi üzerinde kaydedilmiştir. En yüksek değerlerin, sinyalize olmayan geçişler için blok ortası konumlarında (52.4 km/s) olduğu ve dönel kavşak geçişleri için kaydedilen en düşük değerlerden (51.4 km/s) yalnızca %1.9 daha yüksek olduğu belirtilmiştir [11].

Karayolları Trafik Kanunu'ndaki yaya unsuru ve sebebi yayaya çarpma olan trafik kazaları örneğinde, kamu politikalarının uygulama boyutunun önemini konu alan çalışmada, yayalara geçiş önceliği veren hükmün yayaya çarpma kaza sayılarını azaltıcı etkide olmadığı ve mevzuat değişikliği sonrasında kaza sayılarında artış yaşandığı görülmüştür [12].

Sürücülerin yayalara yol verme davranışını incelemek üzere saha gözlemleri ve yarı-yapılandırılmış mülakatlar yapılmıştır. 1140 araç-yaya gözlemi sonucunda yapılan Cramer'in V katsayısı ve lojistik regresyon analizleri, sürücü cinsiyeti ve yaya yaşı ile yol verme davranışı arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir [13].

Yayaların genel geçiş davranışı analiz edildiği ve karma trafik koşullarında Chittagong şehrindeki sinyalize olmayan kavşakta yayaların yol geçiş olanaklarını kullanma algısının araştırıldığı bir çalışmada, yayaların yol geçiş tesislerini kullanmama nedenlerinin farkındalık eksikliği, buraların uygun olmayan konumu, zaman alıcılığı vb. olduğu görülmüştür [14].

Ayrıca Türkiye genelinde trafik kazalarında yıllara göre artış yaşanması ve 2018 yılında son 10 yılın en yüksek sayılarına ulaşılmasıyla 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nda bir dizi değişiklik yapılmıştır [12]. Kanununun 74. maddesinde 26 Ekim 2018 tarihinde yapılan değişiklikle, "Sürücüler, görevli bir kişi veya ışıklı trafik işareti bulunmayan ancak trafik işareti veya levhalarıyla belirlenmiş kavşak giriş ve çıkışları ile yaya veya okul geçitlerine yaklaşırken yavaşlamak, varsa buralardan geçen veya geçmek üzere bulunan yayalara durarak ilk geçiş hakkını

vermek zorundadırlar" hükmü getirilmiştir [15, 16]. Ayrıca Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı trafikte yaya önceliği bilincinin oluşturulması ve yaya geçitlerinin kullanımının yaygınlaştırılması amacıyla 2019 yılını "Öncelik Hayatın, Öncelik Yayanın" sloganıyla "Yaya Önceliği Yılı" ilan etmiştir [17, 18].

Bu çalışmada, sinyalize olmayan yaya geçitlerinde ilk geçiş hakkının yayalara verilmesiyle birlikte, sürücülerin yaya geçişlerine karşı duyarlılığı, bölgeye ve yaya kategorilerine bağlı olarak araştırılmıştır. İstanbul ve Trabzon şehirlerinden iki yaya geçidi seçilmiştir. Veriler, 7 kategoride, kategori başına 100 geçiş denemesi yapılarak elde edilmiştir.

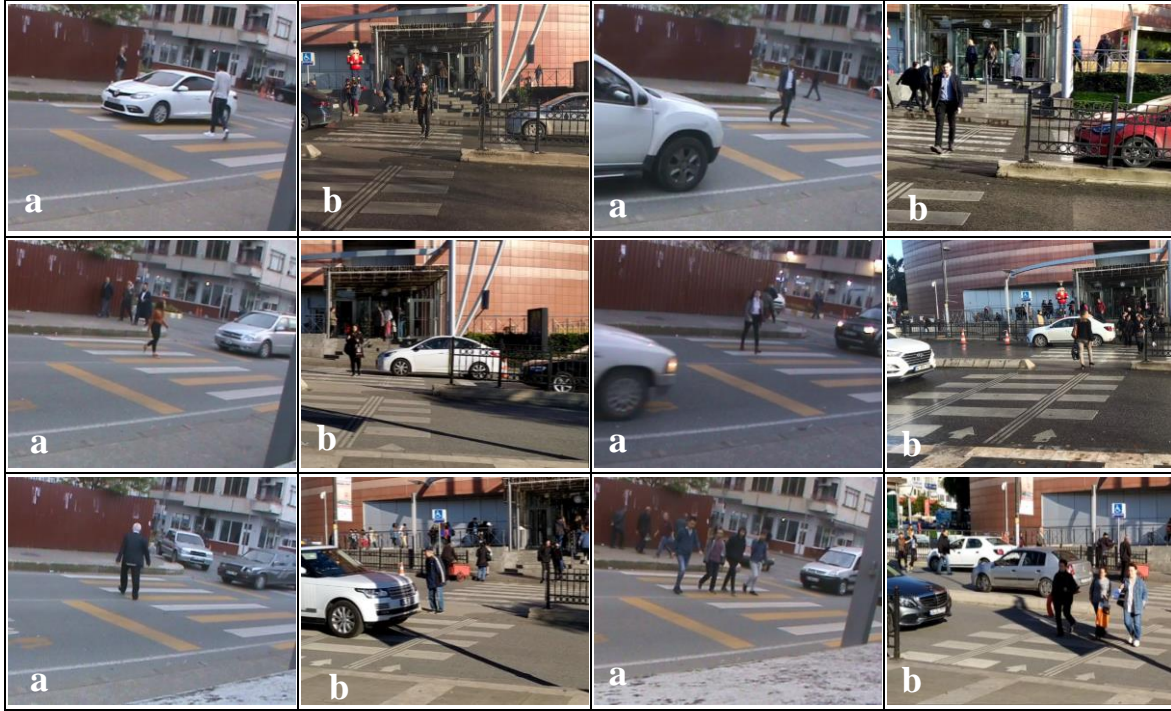
## 2. Metot

Saha çalışmaları, Trabzon ili Of ilçesinde ve İstanbul ili Üsküdar ilçesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1 ve 2). Geçitlerin benzer özellikler göstermesine dikkat edilmiştir. Her iki yaya geçidi de hemzemin sinyalize ışık bulunmayan geçitlerdir. Her iki yaya geçidinde de işaret ve levhalar sürücülerin rahatlıkla görebileceği şekilde uygulanmıştır. Geçiş yapan yaya yoğunluğu benzerlik göstermektedir.

Araştırmada, cinsiyete (kadın-erkek), giyim türüne (günlük-resmi giyim), yaşa (6/12-50+) ve geçiş yapacak gruptaki yaya sayısına (1-1+) göre kategoriler oluşturulmuş, her kategoride 100 geçiş denemesi yapılmıştır. Denemeler haftanın aynı günü ve günün aynı saat aralığında yapılmıştır. Denemeler video kaydına alınarak sürücülerin durma veya geçme davranışları sayılarak oranlanmıştır.



Şekil 1. a) Trabzon-Of yaya geçidi b) İstanbul-Üsküdar yaya geçidi

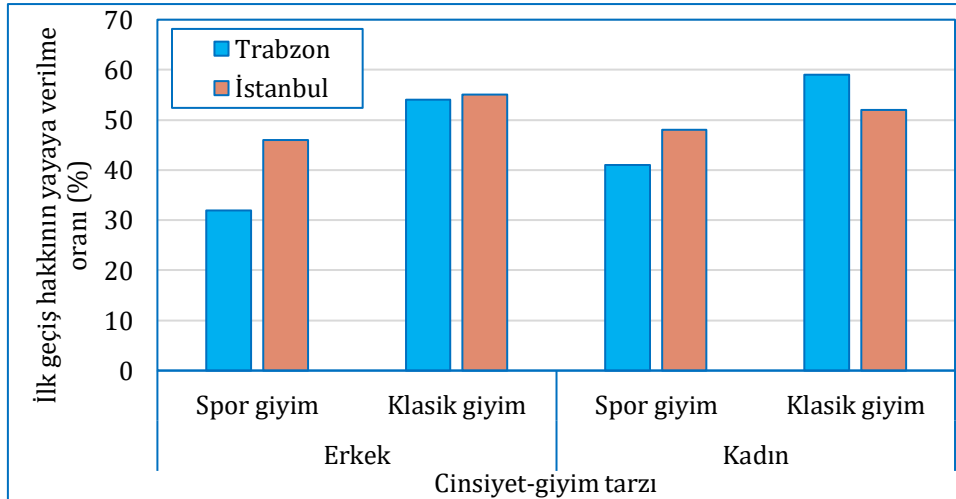


Şekil 2. (a) Trabzon ve (b) İstanbul'da yaya geçiş denemelerinden görüntüler

### 3. Bulgular ve İrdeleme

Yayaların giyim tarzı ve cinsiyetlerine göre sürücülerin ilk geçiş hakkını yayalara verme eğilimleri Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 3'te görüldüğü üzere, Trabzon'da normal/spor giyimli erkeklerin yaya geçidinden geçme denemelerinde, sürücülerin %32'si durup yayanın geçmesini beklerken %68'i ise ilk geçiş

hakkının yayaya verilmesi kuralını ihlal etmiştir. Aynı kategoride, İstanbul'da sürücülerin %46'sının durduğu, %54'ünün de durmadan devam ettiği görülmüştür. Ayrıca Trabzon-Of ve İstanbul-Üsküdar yaya geçitlerinden elde edilen veriler sırasıyla, sürücülerin resmi/klasik giyimli erkeklere yol verme oranının (%54, %55) normal/spor giyimli erkeklere yol verme oranına göre %22 ve %9 arttığını göstermiştir.



Şekil 3. Cinsiyet ve giyim tarzının ilk geçiş hakkı verilme oranı üzerindeki etkisi

Trabzon'da normal/spor giyimli kadınların yaya geçidinden geçme denemelerinde, sürücülerin %41'i durup yayanın geçmesini beklerken %59'u ise ilk geçiş hakkının yayaya verilmesi kuralını ihlal etmiştir. Aynı kategoride, İstanbul'da sürücülerin %48'inin durduğu, %52'sinin de

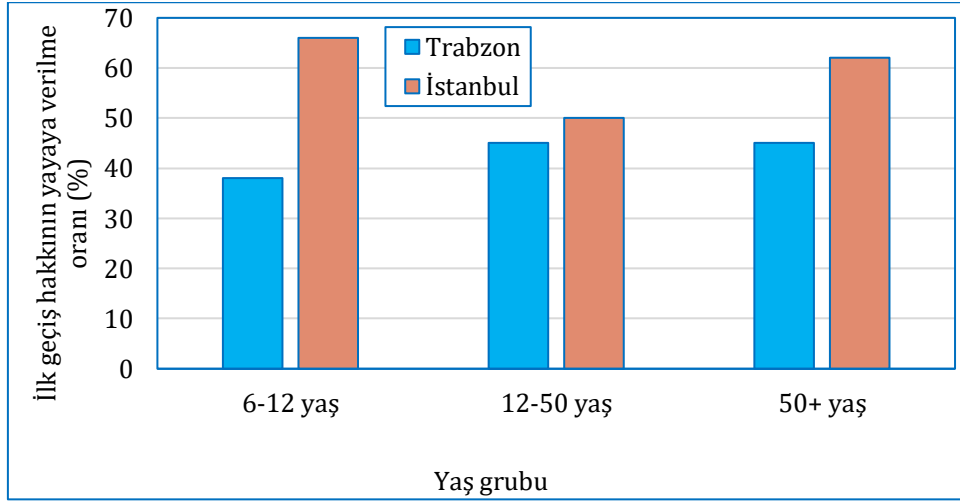
durmadan devam ettiği görülmüştür. Ayrıca Trabzon-Of ve İstanbul-Üsküdar yaya geçitlerinden elde edilen veriler sırasıyla, sürücülerin resmi/klasik giyimli kadınlara yol verme oranının (%59, %52) normal/spor giyimli

kadınlara yol verme oranına göre %18 ve %4 arttığını göstermiştir.

Trabzon ve İstanbul kıyası yapıldığında ise Trabzon'da normal/spor giyimli erkek yayalara yol verme oranının İstanbul'daki orana nazaran daha az olduğu (%14), resmi/klasik giyimli erkek yayalara yol verme oranının ise İstanbul'daki oran ile hemen hemen aynı (%1 az) olduğu görülmüştür. Ayrıca Trabzon'da normal/spor giyimli kadın yayalara yol verme oranının İstanbul'daki orana nazaran daha az olduğu (%7), resmi/klasik giyimli kadın yayalara yol verme oranının ise İstanbul'daki orana nazaran daha fazla (%7) olduğu görülmüştür.

Cinsiyet farkı gözetilmeksizin farklı yaş aralığındaki yayaların yaya geçidinden

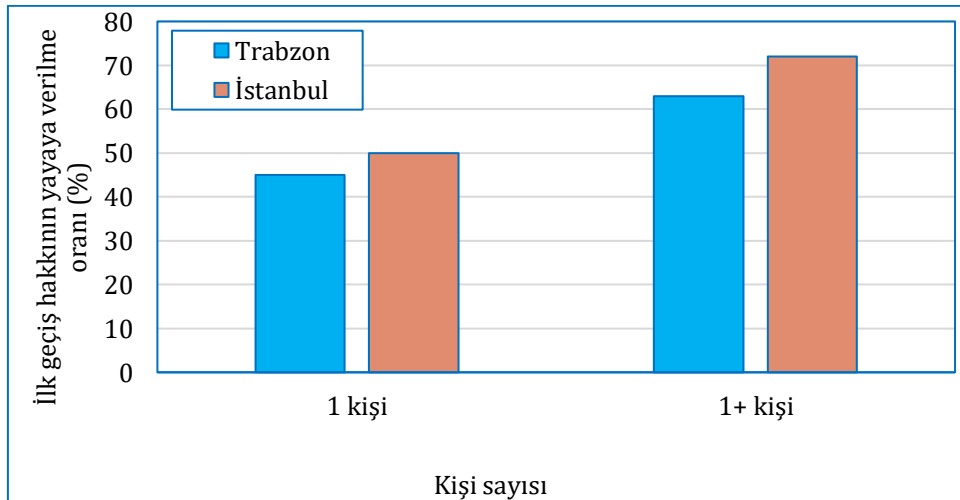
geçmelerinde sürücülerin vereceği tepki araştırılmıştır. Şekil 4'e göre, Trabzon'da sürücülerin 6-12 yaş aralığındaki, 12-50 yaş aralığındaki ve 50 yaş üzerindeki yayalara ilk geçiş hakkını verme oranı sırasıyla %38, %45 ve %45; İstanbul'da ise sırasıyla %66, %50 ve %62'dir. Buradan, Trabzon'daki tüm yaş gruplarındaki yayalara ilk geçiş hakkını verme oranlarının İstanbul'daki oranlara kıyasla daha az (sırasıyla %28, %5 ve %17) olduğu görülmüştür. Ayrıca Trabzon'da 50 yaş üzeri yayalara, 6-12 yaş aralığındaki yayalara oranla daha fazla; İstanbul'da ise 6-12 yaş aralığındaki yayalara, 50 yaş üzerindeki yayalara kıyasla daha fazla yol hakkı tanındığı belirlenmiştir.



Şekil 4. Geçiş yapacak yayaların yaş aralığının ilk geçiş hakkı verilme oranı üzerindeki etkisi

Cinsiyet farkı gözetilmeksizin yaya geçidinden geçiş yapacak olan yayaların sayısının

sürücülerin vereceği tepkiye etkisi araştırılmış ve sonuçlar Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Geçiş yapacak kişi sayısının ilk geçiş hakkı verilme oranı üzerindeki etkisi

Şekil 5'e göre; tek kişi yaya geçişlerinde Trabzon'da sürücülerin %45'inin, İstanbul'da ise %5'lik artışla %50'sinin ilk geçiş hakkını yayaya tanıdığı görülmüştür. Yaya sayısı en az 2 (1+) olduğunda ise Trabzon'da sürücülerin %63'ünün, İstanbul'da ise %72'sinin geçişlerde ilk geçiş hakkını yayaya tanıdığı belirlenmiştir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, trafikte hem sürücü hem de yaya rolündeyken insanların yaya geçitlerinde vermiş oldukları tepkilerin ölçülmesi ve karşılaştırılması amacıyla Trabzon ili Of ilçesi ve İstanbul ili Üsküdar ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Trabzon ve İstanbul illerinde 7 kategoride, kategori başına 100 deneme olmak üzere toplamda 700 geçiş denemesi yapılmış olup veri sonuçları kayda geçirilmiş ve analiz edilmiştir. Yapılan analizler ışığında aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Sürücülerin, yaya geçitlerinde bekleyen veya geçmek üzere olan yolculara ilk geçiş hakkını verme alışkanlığı/davranışı bölgesel olarak farklılık göstermektedir. Bu araştırmada, İstanbul bölgesinde farkındalığın Trabzon bölgesine göre daha yüksek olduğu (yaklaşık %10) görülmüştür.
- Yayaların cinsiyeti sürücülerin durma davranışları üzerinde küçük bir etki oluşturmuştur. Kadın yayalara ilk geçiş hakkının verilmesi durumunun erkek yayalara göre %5 daha fazla olduğu anlaşılmıştır.
- Değerlendirilen parametreler arasında giyim tarzının sürücüler üzerinde en

önemli farkındalık oluşturma araçlarından biri olduğu görülmüştür. Resmi/klasik giyim tarzı spor giyim tarzına göre sürücülerin ilk geçiş hakkını yayalara verme olasılığını %13 artırmıştır.

- Sürücüler, 50+ yaş grubundaki yayalara diğer yaş gruplarına göre ilk geçiş hakkını daha çok vermiştir. Geçiş yapacak kişi sayısı sürücülerin durarak yayalara geçiş hakkı verme davranışını önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. Geçiş yapacak yaya sayısının birden fazla olması durumunda sürücülerin durma olasılığı tek kişiye göre yaklaşık %20 artırmıştır.
- Sürücülerin yaya geçitlerinde durarak yayalara ilk geçiş hakkını verme oranı %70'in üzerine sadece çok sayıda yayanın aynı anda geçme durumunda ortaya çıkmıştır. Diğer durumlarda, sürücüler %50-%60 oranlarında durarak geçiş hakkı tanımışlardır. Bu durum, sürücüler ve yayalar açısından önemli sorunlara yol açabilecek niteliktedir. Bu anlamda farkındalığı artırmak için tanıtım ve eğitim faaliyetlerin artırılması gerektiği düşünülmektedir.
- Trafik akım özellikleri ve sosyo-ekonomik özellikler de dikkate alınarak, şehrin genelinde daha fazla sayıda kavşakta daha fazla gözlem sayılarıyla çalışmanın tekrarlanmasının eğilimi daha iyi yansıtacağı düşünülmektedir.

#### Kaynakça

- [1] World Health Organization (2018). Global status report on road safety 2018: Summary.
- [2] World Health Organization 2020. The top 10 causes of death. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> (Erişim Tarihi: 26.02.2021).
- [3] Karayolları Genel Müdürlüğü, Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı 2020. Trafik Kazaları Özeti 2019.
- [4] Mako, E., & Szakonyi, P. (2016). Evaluation of human behaviour at pedestrian crossings. *Transportation Research Procedia*, 14, 2121–2128.
- [5] Admassu, K., Singer, M., & Pildes, R. (2017). How did the pedestrian cross the road?: pedestrian behavior at signalized intersections.
- [6] Demirer, E., & Tezcan, H. O. (2017). Işık kontrolsüz hemzemin yaya geçitlerinde yayaların güvenli aralık algılarının irdelenmesi. 12. Ulaştırma Kongresi (Ulaştırma Politikaları). Ufuk Ofset.
- [7] Ferenchak, N. N., & Katirai, M. (2017). Pedestrian crossing behavior in relation to grouping and gender in a developing country context. *Journal of Global Epidemiology and Environmental Health*, 2017(1), 37-45.
- [8] Gupta, S., Vasardani, M., & Winter, S. (2018). Negotiation between vehicles and pedestrians for the right of way at intersections. *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, 1-12.

- [9] Kuşkapan, E., Alemdar, K. D., Kaya, Ö., & Çodur, M. Y. (2019). Traffic accidents caused by pedestrians in Turkey. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 9(1), 118-126.
- [10] Pratelli, A., Lupi, M., Farina, A., & Iannelli, C. (2019). Pedestrian rule compliance at signalized intersections in different urban contexts: an observational study. *Transport Problems*, 14(2), 29-41.
- [11] Ziolkowski, R. (2019). Investigations of driver's speed at unsignalised pedestrian crossings. *MATEC Web of Conferences* 262, 2019.
- [12] Dağlı, Z., Zavalı, Ş., & Ateş, H. (2020). Mevzuatta iyileştirme insan hatalarını telafi eder mi? 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nda mevzuat iyileştirmesi ve sonuçları üzerine bir araştırma. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 16(1), 287-297.
- [13] Demir, E. N., Dönmez, H. B., Özden, M., Ünver, N., Fındık, G., & Öz, B. (2020). Yielding the right of the way: A mixed design study for understanding driver's yielding behavior. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 53-71.
- [14] Islam, T., Amit, S. K. S., Rahman, S. M. R., & Bhowmick, S. (2020). Road crossing behavior of pedestrians at unsignalized intersection under mixed traffic condition. *2nd International Conference on Research and Innovation in Civil Engineering (ICRICE-2020)*.
- [15] T.C. İçişleri Bakanlığı, Öncelik hayatın öncelik yayanın. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/malatya/duyurular/trafikte-yaya--8230-17718-20190206104438.pdf> (Erişim Tarihi: 03.10.2020).
- [16] 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2918.pdf> (Erişim Tarihi: 27.10.2020).
- [17] Özen, M. (2021). Yaya kazalarının yaralanma şiddetinin incelenmesi: İkili lojistik regresyon modeli uygulaması. *Teknik Dergi*. 32(3).
- [18] T.C. İçişleri Bakanlığı, 2019. 81 ilde eş zamanlı "öncelik hayatın, öncelik yayanın" eylemi. <https://www.icisleri.gov.tr/81-ilde-es-zamanli-oncelik-hayatin-oncelik-yayanin-eylemi> (Erişim Tarihi: 02.11.2020).



## Fotovoltaik Santrallerin Rampa Oranlarının Güç Sistemi Kararlılığına Etkisi

Bora ÇAVDAR\*<sup>1</sup>, Ömür AKYAZI<sup>1a</sup>, Fatih Mehmet NUROĞLU<sup>2b</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Of Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Müh. Bölümü, 61830, Trabzon

<sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, 61080, Trabzon

(Alınış / Received: 16.06.2021, Kabul / Accepted: 24.06.2021, Online Yayınlanma / Published Online: 30.06.2021)

### Anahtar Kelimeler

Büyük ölçekli PV santrali  
Frekans kararlılığı  
Rotor açısı kararlılığı  
Gerilim kararlılığı  
3-faz kısa devre arıza  
Rampa oranı

**Özet:** Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artması ile bu sistemlerin mevcut elektrik şebekesi üzerindeki etkilerinin incelenmesi güç sistemi kararlılığı açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada IEEE-9 Baralı güç sisteminde fotovoltaik (PV) santral farklı rampa oranları bakımından geleneksel senkron generatörlü santralle karşılaştırılarak güç sistemi kararlılık analizleri yapılmıştır. Çalışma DigSlient Powerfactory benzetim programı kullanılarak 4 farklı senaryo üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu senaryolarda 3-faz kısa devre arızası oluşturularak sistemdeki dinamik durumlar rotor açısı, frekans ve gerilim kararlılığı için analiz edilmiştir. Sonuç olarak, geleneksel güç sistemlerine entegre edilen PV santrallerin olumlu ve olumsuz etkileri farklı senaryolar altında analiz edilmiştir.

## The effect of ramp rates of PV power plants on power system stability

### Keywords

Large-scale PV plant  
Frequency stability  
Rotor angle stability  
Voltage stability  
3-phase short circuit fault  
Ramp rate

**Abstract:** With the increase in the use of renewable energy sources, examining the effects of these systems on the existing electricity grid becomes important in terms of power system stability. In this study, the photovoltaic (PV) power plant in the IEEE-9 bus power system was compared to the conventional synchronous generator power plant by considering different ramp rates and the power system stability analyzes were made. The study was carried out 4 different scenarios employing the DigSilent Powerfactory simulation program. In these scenarios, 3-phase short-circuit fault is created and the dynamic conditions in the system are examined in terms of rotor angle, frequency and voltage stability. Consequently, the positive and negative effects of PV power plants integrated into conventional power systems are discussed for different scenarios.

### 1. Giriş

Günümüzde artan nüfus ve teknolojik gelişmelere paralel olarak enerji ihtiyacına olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılamak için uzun zamandır fosil yakıtları kullanmaktaydı. Fakat fosil yakıtların sınırlı rezervlere sahip olması ve çevresel etkileri ülkelerin temiz enerji kaynaklarına olan ilgisinin güç geçtikçe artmasına neden olmuştur [1, 2].

Günümüzde birçok yenilenebilir enerji kaynağı mevcut olup bunlar arasında son yıllarda rüzgâr ve güneş enerjisi kullanımı akıllı güç sistemlerinin gelişmesiyle de ön plana çıkmıştır [3]. Akıllı güç sistemlerinde güneş ışığı tahmini sayesinde PV santralleri, rüzgâr tahminleri sayesinde ise rüzgâr santrallerinin entegrasyonu, güvenli üretimin artmasından dolayı, daha da hız kazanmıştır [4]. Bu enerji kaynaklarının geleneksel güç sistemlerine

\*İlgili yazar: boracavdar@ktu.edu.tr ORCID: 0000-0002-0545-2925

<sup>a</sup> ORCID: 0000-0001-6266-2323

<sup>b</sup> ORCID: 0000-0003-2530-8901

entegre edilmesindeki artış, güç sistemleri analizinin gerekliliğini daha çok artırmıştır. Bu analizler güç sisteminde oluşan arızalar, kesintiler, sisteme yük girip çıkması, sistemdeki penetrasyon seviyesinin artması gibi durumlarda sistemin davranışının kararlılık açısından incelenmesini sağlar.

PV santrallerinin var olan güç sistemlerindeki geleneksel senkron generatörlerle yer değiştirmesinden ve sistemlere yeni PV santraller eklenmesinden kaynaklanan olumlu ve olumsuz sonuçlar bulunmaktadır. PV sistemlerin dağıtık üretim sağlama yeteneği sayesinde gerilim düşümünün önüne geçmesi ve güç sisteminde bir hattın devreden çıkması gibi durumlarda sisteme olumlu etkisi vardır.

PV santrallerin olumsuz etkileri arasında elde edilen enerjinin artmasıyla, güç sistemlerinde senkron generatörlerin sisteme sağladığı atalet momenti azalmaktayken üretim birimi reaktansı sistemde artış göstermesidir [5]. Güneş ışınlarının değişimi nedeniyle çıkış gücünün değişmesi ve dağıtım seviyesine yerleştirilmiş olan PV santrallerin tek yönlü güç aktarmak için tasarlanmış olması güç akış yönünün değişmesine sebep olup sistemde olumsuz etki yaratabilir [1, 6, 7]. Ayrıca büyük ölçekli PV santrallerinin gerilim kararlılığı konusunda yeterince reaktif güç vermemesinden dolayı olumsuz etkisi bulunmaktadır [8].

PV santrallerin güç sistemlerine olumsuz etkileri olmasına rağmen gelişen teknolojik çalışmalar ve güç sistemlerinin akıllı hale gelmesiyle bu olumsuz etkileri azalacaktır. PV santrallerden enerji elde edilmesinin doğaya zararının olmaması ve sürdürülebilir enerji kaynağı olması gelecekte enerji üretiminde çok daha fazla etkin kullanılacağını göstermektedir. Bu durumu ülkelerin ve enerji üretim topluluklarının geleceğe yönelik enerji üretim planlamalarının desteklediği açıkça görülmektedir [2].

PV santrallerin geleneksel güç sistemlerinde olan etkileri farklı durumlar için birçok açıdan değerlendirilmesi gerekir. Literatürde genellikle güç sisteminde 3 faz kısa devre arıza durumunda farklı penetrasyon seviyeleri, dağıtık-merkezi PV santraller karşılaştırılması ve dağıtım seviyesinde PV santrallerinin etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmaların bazılarında rotor açısı kararlılığı [5, 9-12] gerilim kararlılığı [8, 13, 14] ve frekans kararlılığının [15-17] incelenmesi gerçekleştirilmiştir. [15]'te PV santralin güç sistemine farklı penetrasyon seviyelerinde bağlanmasıyla küçük (güneş ışınımı miktarının değişimi) ve büyük (üç faz kısa devre arıza) bozukluklar için frekans kararlılığı analizi gerçekleştirilmiştir. [16]'da PV santralin devre dışı kaldığı, güneş ışınım miktarının değiştiği ve üç faz kısa devre arızasının gerçekleştiği senaryolar için frekans analizi üzerinde durulmuştur. [17]'de güç sistemine farklı PV santral penetrasyon seviyelerinde bağlanmış üç faz kısa devre arızası sonucunda frekans incelemesi bölgeler arası salınım için gerçekleştirilmiştir.

[5]'te üç farklı penetrasyon seviyesinde güç sistemine PV santral bağlanmış paralel iki hatlı tasarım yapılarak bir hatta 3 faz kısa devre arızası gerçekleştirilip geçici hal kararlılığı analizi gerçekleştirilmiştir. [8]'de güç sisteminde büyük ölçekli ve çatı tipi PV santrallerinin kullanıldığı farklı penetrasyon seviyelerine sahip olan farklı durumlara göre kararlı durum analizi yapılmıştır. [9]'da güç sisteminde PV santralin Low Voltage Ride Through (LVRT) özelliğinin kullanımıyla sonsuz bara ve salınım barasının olduğu durumlar için üç faz kısa devre arızası gerçekleştirilerek geçici hal kararlılığı analizi yapılmıştır. Başka bir çalışma olan [10]'da ise yine geçici hal kararlılığı analizi farklı penetrasyon seviyelerine sahip PV santral bağlantılı güç sisteminde gerçekleştirilmiştir. Farklı penetrasyon seviyelerinde PV santralli olan veya olmayan güç sisteminde 3 faz kısa devre arıza gerçekleştirilmiş geçici hal kararlılığı analizi için aktif ve reaktif güç değerleri de incelenmiştir [11]. [12]'de generatörde aktif güç kaybı, tek faz toprak arızası gibi farklı durumlar için PV santralin güç sistemine etkisiyle geçici hal kararlılığı analizi gerçekleştirilmiştir. Belirli penetrasyon seviyesindeki PV santrali olan ve olmayan durum için üç faz kısa devre arızasından sonra hattın devre dışı kalmasıyla seçilen generatörün rotor açısı, gerilim ve frekans kararlılığı analizleri yapılmıştır. [13]'te PV santralin güç sistemine bağlantı noktasında arızadan sonra yaşanabilecek geçici aşırı gerilim gibi durumlar incelenerek çözüm için öneri sunulmuştur. Penetrasyon seviyesinin ön planda tutulduğu ve 3 faz kısa devre arıza gerçekleştirilmiş farklı bir çalışmada ise dağıtık PV santralinin güç katsayısı 1 alınmış ve optimum penetrasyon miktarının araştırılması yapılmıştır [18]. Bu çalışmada farklı durumlar için frekans ve gerilim incelemesi gerçekleştirilmiştir.

Literatürde incelenen çalışmalar arasında PV santrallerin farklı rampa oranlarının güç sistemi kararlılığına etkisi analizlerde pek yer bulmamaktadır. Bu sebeple, çalışmada IEEE-9 Baralı sistemde farklı rampa oranlarının gerilim, frekans ve rotor açısı kararlılığı için analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmada PV santralin senkron generatörle karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırma senkron generatör davranışının referans alınmasıyla PV santral davranışının daha iyi analiz edilebilmesine olanak sunmaktadır. Bu tarz analizler için literatürde genellikle Matlab/Simulink [10], PSS-E [16] ve DigSilent Powerfactory [27] benzetim programları kullanılmaktadır. İletim hattı seviyesinde yapılan bu çalışmada da analizleri gerçekleştirmek için DigSilent Powerfactory benzetim programı kullanılmıştır.

Bu makalede organizasyon sırası; Bölüm 2'de yapılan çalışmada kullanılan modellerin açıklanması ve kararlılık analizlerinden bahsedilmiş, Bölüm 3'te uygulanan benzetim senaryolarının anlatılması ve sonuçlarının yorumlanması yapılmış, son olarak Bölüm 4'te sonuçlar verilmiştir.

## 2. Çalışmadaki Modellemeler Ve Kararlılık Analizleri

### 2.1. Matematiksel arkaplan

Maksimum gerilim düşümü denklem (1)'de verilmiştir.

$$V_{mga} = \frac{V_{a\ddot{o}} - V_{aa}}{V_{a\ddot{o}}} \quad (1)$$

Bu eşitlikte,

$V_{a\ddot{o}}$ : Arızadan önce nominal gerilim değeri,

$V_{aa}$ : Arıza anında minimum gerilim değeridir.

Normal işletme şartları altında senkron generatörlerde rotor ekseninin göreceli pozisyonu elde edilen manyetik alan ekseninin pozisyonuna sabit durumdadır. Buradaki iki pozisyon arasında olan güç açısı arıza meydana geldiğinde ivmeli bir hareket sonucu değişiklik gösterir [19]. Bir senkron generatörün rotor açısında oluşan değişiklik ile aktif güç arasındaki ilişki (2)'de verilmiştir.

$$Jw_m \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_m - P_e \quad (2)$$

Burada  $\delta_m$  arızadan önceki rotor pozisyonuyken  $w_m$  rotor açısal hızıdır. Bir anda talep edilen aktif gücün azalması ( $P_e$ ) senkron generatörlerde üretilen mekanik gücün ( $P_m$ ) talep edilenden fazla olması sebebiyle rotor açısı artar ve senkron generatörün hızlanır [19]. Senkron generatörlerde rotor hızı ile frekans orantılı olduğundan i. makine için aşağıdaki denklem yazılabilir [20].

$$\frac{\Delta f}{f_n} = -\rho_i \frac{\Delta P_{mi}}{P_{ni}}, \quad \frac{\Delta P_{mi}}{P_{ni}} = -K_i \frac{\Delta f}{f_n} \quad (3)$$

Burada  $\rho$  ve  $K = 1/\rho$  governor sisteminin sırasıyla hız düşüm ve kazanç katsayısı katsayısını,  $P_m$  türbin güç çıkışını,  $P_n$  nominal güç çıkışını,  $\Delta w$  hız değişimini ve  $w_n$  nominal hızı,  $\Delta f$  frekans değişimini,  $f_n$  nominal frekansı ifade eder. Toplam güç ile frekans arasındaki ilişkisi (4) numaralı denklemden elde edilebilir.

$$\Delta P_T = \sum_{i=1}^{N_G} \Delta P_{mi} = -\Delta f \sum_{i=1}^{N_G} \frac{K_i P_{ni}}{f_n} \quad (4)$$

(4) numaralı denklemde sistemdeki toplam güç değişikliğine PV santralin etki etmesi frekanstaki değişikliği etkilemektedir.

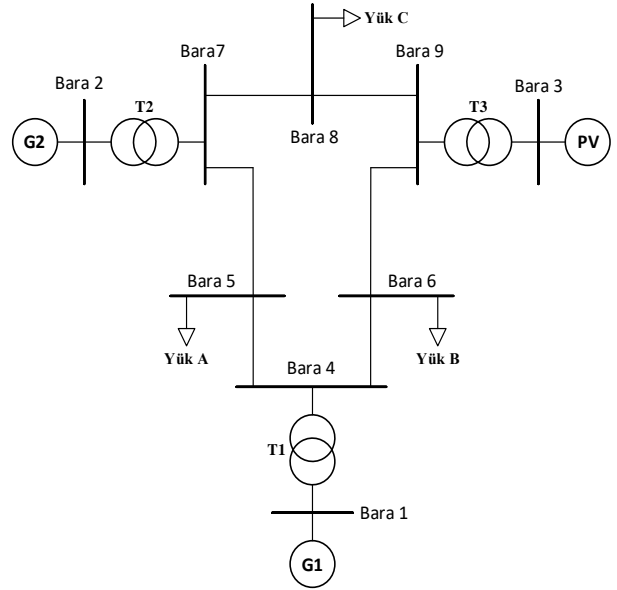
Farklı senaryolarda maksimum rotor açıları farkı eğrilerinin analiz edilebilmesi için TRASİ (Transient Rotor Angle Severity Index) değerleri kullanılabilir [21].

$$TRASİ = \frac{360^\circ - \max(\delta_{max}^{as})}{360^\circ - \delta_{max}^{a\ddot{o}}} \quad (5)$$

Bu eşitlikte,  $\max(\delta_{max}^{as})$ ,  $\delta_{max}^{a\ddot{o}}$ : Sırasıyla arızadan sonra ve arızadan önce sistemdeki tüm generatörler arasında olan maksimum rotor açısı farkıdır.

### 2.2. Güç sisteminin modellenmesi

PV santrallerinin normal işletme koşulları altında IEEE-9 baralı sistemde modellenmesi yapılmıştır [22].



Şekil 1. IEEE9 baralı güç sistemi

IEEE 9 baralı sistemin dinamik modelinde G1, G2 sistemde değişmeyen senkron generatörlerken G3 senkron generatörü yerine PV santral bağlanmıştır. PV santral Bara 3'e bağlıyken bu baranın gerilim değeri 1.000 pu'dur. Senkron generatörlerin ve güç sisteminin dinamik model parametreleri [23]'te verilmiştir. Modellenen güç sisteminin frekansı 50 Hz'dir. Sistemde tüm generatörlerde governor ve otomatik gerilim düzenleyici (automatic voltage regulator-AVR) kullanılmıştır. Sistemde G1 generatörünün bağlı olduğu bara salınım barası olarak seçilmiştir. G1 generatörüne bağlı baranın gerilim açısı sıfır alınmıştır. Generatörler ve yüklerin güç değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. IEEE 9 baralı güç sistemi verileri

Bara No	Bara Tipi	Aktif Güç	Reaktif Güç	Bara Gerilimi
1	SL	-	-	1,040
2	P-V	100	-	1,025
3	P-V	60	-	1,025
4	-	0	0	-
5	P-Q	100	35	-
6	P-Q	100	35	-
7	-	0	0	-
8	P-Q	100	35	-
9	-	0	0	-

### 2.3. PV santralin modellenmesi

PV panellerine gelen güneş ışınımı sonucu ortaya DA güç çıkar. Kontrol elemanlarının kullanılması sayesinde aktif ve reaktif güç üretimi gerçekleştirilir [24]. PV santralının modellenmesinde, santral modelinin dinamiklerini tanımlayan ve modeli barındıran DigSilent Powerfactory benzetim programı kullanılmıştır. Burada kullanılan modelin PV santralin dinamik davranışının kontrol elemanlarıyla daha iyi temsil edilmesi sağlanmıştır [8]. Bu model büyük ölçekli PV santrallerin kontrolü için kullanılır. PV santralleri büyük ölçekli santraller olarak seçildiğinde aktif güç, reaktif güç ve gerilim kontrolünü de gerçekleştiren kontrol elemanlarıyla kullanılır [14]. Yapılan çalışmada kullanılan PV santralleri yeterince büyük ölçekli olup ve iletim seviyesine bağlandığından P-Q şeklinde kullanılmamış, P-V yani gerilim kontrollü olarak sisteme entegre edilmiştir. Ayrıca PV santrallerde kayıplar ihmal edilmiştir.

Çalışmada Western Electricity Coordinating Council (WECC) geliştirmiş olduğu PV santrallerin dinamik analizinde kullanılan elektriksel kontrol modülü REEC\_B (Renewable Energy Electrical Controller), generatör konvertör modülü REGC\_A (Renewable Energy Generator Converter) ve santral seviyesinde kontrol modülü REPC\_A (Renewable Energy Plant Controller) yapılarıdır. REEC\_B yapısı lokal aktif ve reaktif güç kontrol birimleri içerirken REPC\_A yapısı santral seviyesinde aktif ve reaktif güç kontrol birimlerini içerir. REEC\_B modülü santral seviyesinde kontrol sağlanması isteniyorsa REPC\_A modül çıkışını referans olarak kullanır. REGC\_A yapısı REEC\_B'den aldığı komutla güç sistemine akım aktarmayı gerçekleştirir [25]. Yapılan çalışmada kullanılan WECC modülleri büyük ölçekli PV santraller için kullanılan fonksiyonlardan santral seviyesinde gerilim ve yerel koordinasyonlu Q/V kontrollü olarak kullanılmıştır. Modelde arıza sırasında PV santralin güç desteğini sürdürebilmesi için LVRT özelliği kullanılmıştır. Burada kullanılan LVRT özelliği için gerilimin alt sınırı 0.5 pu üst sınırı 0.9 pu olarak belirlenmiştir. Ayrıca PV santrallerde dinamik gerilim desteği (dynamic voltage support-DVS) özelliği kullanılmaktadır. Bu özellik gerilim 1.1 pu üst limitini ve 0.9 pu alt limitini aştığında devreye girmektedir. WECC modülleri ve bunların kullanımıyla ilgili daha detaylı bilgilere [26]'dan ulaşılabilir. Yapılan çalışmada kullanılan modüllerin parametreleri [27]'den alınmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan modelde PV santral koruma yapısı, gerilim ölçümü ve güç ölçüm birimleri de bulunmaktadır. Bu model hakkında detaylı bilgiler [25] ve [28]'de yer almaktadır.

### 2.4. Güç sistemlerinde kararlılık analizleri

Güç sistemlerinde kararlılık analizleri belli başlıklar altında toplanmıştır. Bu analizler rotor açısı kararlılığı, frekans kararlılığı ve gerilim kararlılığıdır [29]. Bu

çalışmada seçilen arıza tipi yukarıda bahsedildiği üzere 3 faz kısa devre arızasıdır. Sistemde arıza anında rezistanslar ihmal edilirse hiç aktif güç sağlanmazken sadece reaktif güç desteği ortaya çıkar [30]. Bu sistemin analizinin kolaylaştırılmasını sağlamak için gerçekleştirilir fakat daha doğru sonuçlar elde edebilmek için yapılan analizde dirençler ihmal edilmemelidir. Bu durumda arıza anında generatörlerin az da olsa aktif güç desteği sağlayacağı açıktır.

Kararlı bir sistemde arıza meydana geldiğinde gerçekleşen geçici kararlılık durumu, geçici bozulma olaylarında senkronizasyonu sürdürebilme yeteneğidir. Sistemde geçici kararlılığı etkileyen faktörlerden bazıları; generatörün yüklenme seviyesi, arıza temizleme süresi, arızanın tipi ve konumu, generatörün reaktansı ve generatörün ataletidir [30]. Uygulanan senaryolar için gerçekleşen arıza, geçici kararlılık durumlarında dinamik olarak aşağıdaki başlıklar altında analiz edilmiştir.

- Rotor Açısı Kararlılığı: Senkron makinelerinde, oluşan bir bozukluktan sonra senkron kalma yeteneğini ifade eder. Bu kararlılık büyük arızalar için geçici hal kararlılığı ile ifade edilirken küçük arızalar için küçük işaret kararlılığı olarak ifade edilir. Bu kararlılık elektromanyetik tork ile her bir senkron makinenin mekanik torku arasındaki dengeyi sağlayabilmesiyle ilişkilidir [29].
- Frekans Kararlılığı: Güç sisteminde meydana gelen bozukluktan sonra sistemin frekansını izin verilen aralıkta tutabilmesidir. Sistemde yük ile üretim arasındaki dengeye bağlıdır [29].
- Gerilim Kararlılığı: Güç sisteminde meydana gelen bir bozukluğun ardından baraların önceki gerilim değerlerine yakın kabul edilebilir gerilim değerlerinde bulunabilme durumudur. Bu durum yük talebi ile güç sisteminden gelen yük beslemesi arasındaki dengeyi korumayla ilgilidir [29]. Gerilim kararlılığı incelemesinde seçilecek baraların zayıf gerilim değerlerine sahip olması yani 1 pu değerinden en uzakların seçilmesiyle gerçekleştirilir.

## 3. Uygulanan Senaryolar Ve Sonuçları

### 3.1. Uygulanan Senaryolar

Rampa oranı, meydana gelen büyük arızalardan sonra PV santrallerin sisteme aktif güç sağlama hızını belirler. Ülkelerin şebeke kodlarına göre PV santraller için izin verilen rampa oranları değişiklik gösterir. Bazı güç sistemleri için PV santrallerin sisteme sağladıkları nominal güce arıza sonrası çok hızlı bir şekilde geri dönmesi istenirken bazı sistemler için bu oldukça yavaş olabilir. Bu rampa oranlarındaki farklılığın kararlılığa etkisi dört farklı senaryo ele alınarak analiz edilmiştir. Senaryolarda Bara 6'da 3 faz

kısa devre arıza gerçekleştirilmiştir. Arıza 1. saniyede gerçekleştirilmiş olup 0,08 saniye (4 döngü) devam ettikten sonra baranın devrede kalmasıyla temizlenmiştir. Uygulanan senaryolar Tablo 2’te verilmektedir.

**Tablo 2.** Uygulanan senaryolar

Senaryolar	Rampa Oranı
I	-
II	10
III	1
IV	0,5

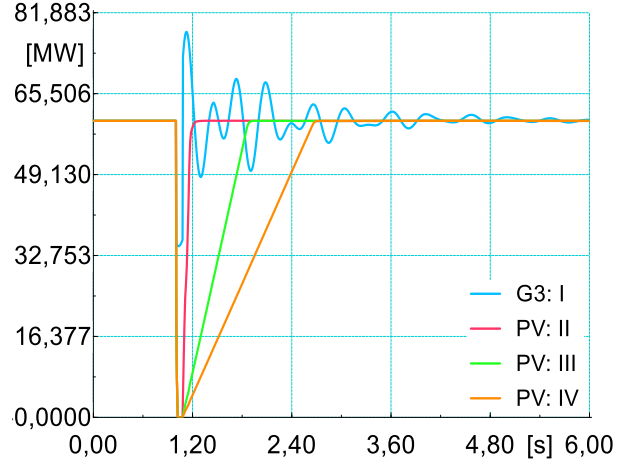
Tablo 2’te verilen Senaryo I’de sistemde PV santral bulunmamakta Bara 3’e G3 senkron generatörü bağlı bulunmaktadır. Senaryo II, III ve IV’te ise PV santralin arızadan sonra aktif güç çıkışları Tablo 2’te verilen rampa oranlarına göre kontrol edilmiştir.

### 3.2. Uygulanan senaryoların sonuçları

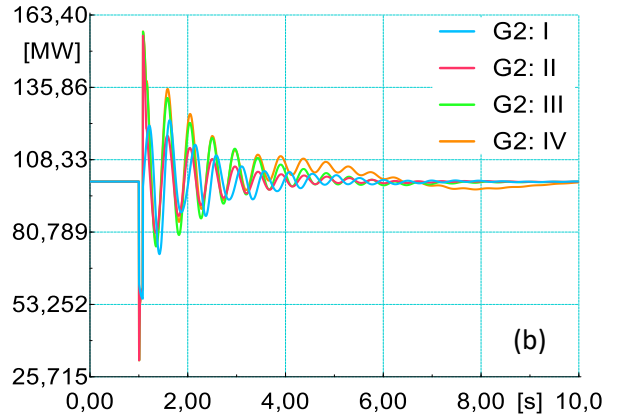
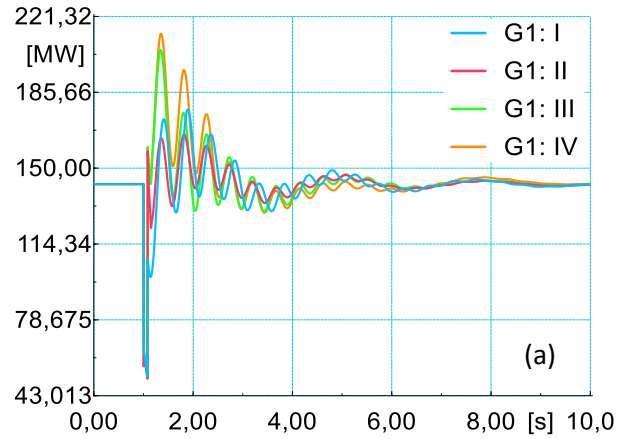
Arıza durumunda tüm senaryolarda Bara 3’e bağlı üretim kaynaklarının güç sistemine sağlamış olduğu aktif güç değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Buradan anlaşılacağı üzere iki farklı üretim kaynağı yapısı arıza durumunda birbirlerinden farklı tepkiler vermiştir. Verilen bu tepkilerde kontrol birimleri aktif rol oynadığından ve generatörlerin doğal davranışından senkron generatörlü santral verdiği ani tepkiden sonra salınarak kararlı duruma gelmeye çalışırken, PV santral hareketsiz yapısıyla birlikte ani bir tepkiyle kararlı duruma gelmektedir.

Senaryo I’de G3 generatörü devrede olmasıyla birlikte arıza anında devrede aktif güç desteği sağlanması ve arıza sonrasında gerçekleşen salınımlar frekansa ve diğer generatörlere etki edeceğine dikkat edilmelidir. Senaryo I’de arıza boyunca G3 generatörünün sisteme sağladığı ortalama ( $t=1,04$  s) aktif güç değeri 35 MW’tır. Diğer senaryolarda Şekil 2’te de görüldüğü üzere arıza anında PV santralin şebekeye aktif güç sağlamadığı görülmüştür. Bunun sebebi kullanılan kontrol birimlerinin sınırlarıdır. Bu durum gerilim kararlılığı analizinde görülmektedir.

Arıza durumunda sistemde bulunan diğer senkron generatörlerin aktif güç çıkışları Şekil 3’te verilmiştir. Şekil 3’te görüldüğü üzere arıza boyunca G1 ve G2 senkron generatörlerinin aktif güç çıkışları PV santralli senaryolarla aynıdır. Bu durumun ortaya çıkması Şekil 2’te PV santral çıkışlarının arıza boyunca aynı olmasındandır. Senaryo I’de G1 senkron generatör çıkışının diğer senaryolarla benzer davranışken G2’de aktif güç çıkışı PV santralli senaryolar kadar düşmemiştir. Bu durum G2 rotor hızına etki etmektedir ve bu etki frekans kararlılığında incelenmiştir.



**Şekil 2.** PV ve G3 aktif güç çıkışları

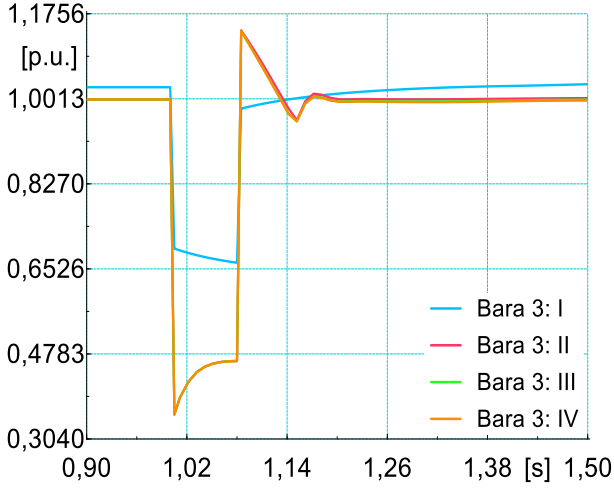


**Şekil 3.** (a) G1 ve (b) G2 aktif güç çıkışları

### 3.3 Gerilim kararlılığı

PV santralin bağlı olduğu Bara 3’te gerilim kararlılığı incelenmiş ve Şekil 4’te gösterilmiştir.

Şekil 4’te Senaryo I’deki gerilim değerinin diğer senaryolarla aynı konumdan başlamadığı görülmektedir. Bu durum güç sisteminin modellenmesinde belirtildiği üzere Bara 3’te PV santral bağlıyken gerilimin 1.000 pu G3 senkron generatörü bağlıyken 1.025 pu olmasındandır.



Şekil 4. Bara 3'ün gerilim büyüklüğü

Şekil incelendiğinde Bara 3'teki gerilim değerleri arıza boyunca PV santralli senaryolarda benzer davranış sergilediği, arızadan sonra da oldukça yakın hareket ettiği görülmektedir. Ayrıca şekilde PV santrallerin senkron generatör kadar Bara 3'teki gerilimi koruyamadığı da görülmektedir. Bara gerilimini PV santralin koruyamaması güç sistemine aktif güç çıkışını bu gerilime göre sağladığından oldukça önemlidir. Burada gerilim değeri arıza boyunca PV santralli senaryolarda 0.5 pu değerinden daha düşük olduğundan Şekil 2'te görüldüğü üzere PV santral aktif güç çıkışı sağlamamıştır.

Gerilimlerin başlangıç değerleri farklı olduğundan gerilim düşümlerinin incelenmesi daha doğru olacaktır. Bu sebeple Tablo 3'te maksimum gerilim düşümleri verilmiştir.

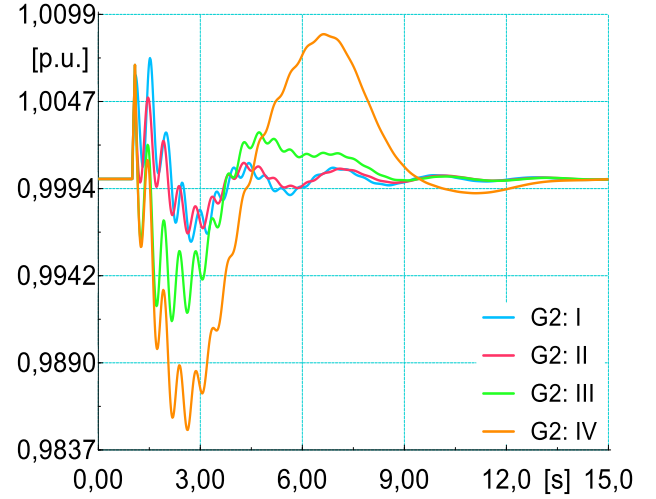
Tablo 3. Maksimum gerilim düşümü değerleri

Alt Senaryo	I	II	III	IV
Gerilim D. (pu/pu)	0,3523	0,6521	0,6521	0,6521

Tablo 3'te da görüldüğü üzere Senaryo I'de gerilim düşümü diğer senaryolara göre oldukça azdır.

### 3.4. Frekans kararlılığı

Generatörlerin rotor hızlarındaki değişiklikler frekansa yansımaktadır. Bu nedenle, frekans sistemin herhangi bir kısmından alınan ölçüm sonucuna göre generatörlerin rotor hızlarındaki etkisini yansıtmaktadır. Bu sebeple, G2 generatörünün rotor hızı üzerinden frekans kararlılığı analizi gerçekleştirilmiştir. G2 generatörünün rotor hızının incelenme sebebi atalet momentinin G1 generatörüne göre düşük olması ve G3 generatörünün farklı senaryolarda sistemden çıkarılmasıdır. Şekil 5'de G2 generatörünün rotor hızı gerçekleştirilen senaryolar için verilmiştir.



Şekil 5. G2 rotor hızları

Şekil 5'de görüldüğü üzere arıza sonlanana kadar PV santralli senaryolarda rotor hızları 1.0069 pu değerine ulaşmıştır. Senaryo I'de ise G2 rotor hızı arıza sonlanana kadar 1.0062 pu değerine ulaşmıştır. PV santralin arıza sırasında aktif güç çıkışı sağlamaması, Senaryo I'de G3 generatörünün aktif güç sağlaması G2 generatöründe elektriksel güç ile mekanik güç arasındaki farkın daha az değişmesine sebep olmuştur. Şekil 3'te elektriksel güçteki anlamlı azalışın daha fazla olduğu açıkça görülmektedir. Bu durumda arıza boyunca rotor hızına yansımıştır. Ayrıca Şekil 5'de ön plana çıkan bir durum da arıza sonrası G2 rotor hızındaki değişikliklerdir. Rampa oranı azaldıkça rotor hızlarındaki salınım artmaktadır. Rampa oranı 10 pu değerindeyken G2 generatör rotor hızı G3 generatörü var olan Senaryo I'dekine benzemektedir. Senaryolarda meydana gelen rotor hızı değişiklikleri için minimum, maksimum değerler ve oturma zamanları Tablo 4'te verilmiştir.

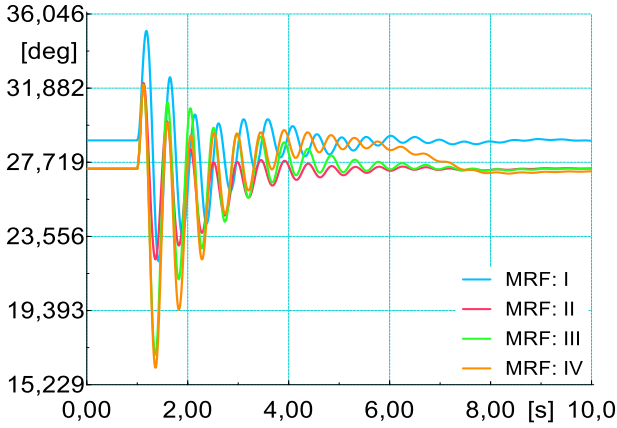
Tablo 4. Frekans kararlılığı verileri

Senaryo	I	II	III	IV
Min. Değer (pu)	0,9962	0,9967	0,9915	0,9849
Maks. Değer (pu)	1,0073	1,0069	1,0069	1,0087
Oturma Z. (s)	7,40	7,53	8,08	12,24

Tablo 4'e bakıldığı zaman diğer senaryolara göre G2 rotor hızı Senaryo IV'te en yüksek ve en düşük değerlere ulaşmıştır. G2 rotor hızının ulaştığı maksimum, minimum değerler ve oturma zamanları G3 senkron generatörlü senaryoya en yakın rampa oranı en yüksek olan Senaryo II'de olduğu görülmektedir. Rampa oranı azaldıkça oturma zamanının arttığı da tabloda öne çıkmıştır.

### 3.5. Geçici hal kararlılığı

Geçici hal kararlılığında maksimum rotor açısı farkı ele alınarak incelemeler yapılmış ve senaryolarda oluşan açı farkları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Maksimum rotor açısı farkı

Şekil 6'da görüldüğü üzere PV santralli senaryolarda maksimum rotor açıları farkı benzer çıkmıştır. Senaryo I'de çıkan sonucun diğer senaryolarla karşılaştırılabilmesi için TRASI değerine bakılması gerekir. Tablo 5'te senaryolardaki TRASI değerleri verilmiştir.

Tablo 5. Geçici hal kararlılığı verileri

Senaryo	I	II	III	IV
TRASI	0,9814	0,9855	0,9858	0,9858

Tablo 5'te TRASI değerleri ele alındığında PV santralli senaryolar Senaryo I'den daha olumlu sonuç vermiştir. Bu sonucun iki sebebi bulunmaktadır. Bunlar G3 generatörü gibi atalet momenti oldukça düşük bir senkron generatör yerine PV santralin bağlanması ve PV santralin 3 faz kısa devre arızası sırasında aktif güç çıkışını keserek sistemde düşen elektriksel güç talebini desteleyecek biçimde hareket etmesidir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi gittikçe artmakta olup enerji üretiminde geleneksel santrallerle yenilenebilir santrallerin bir arada kullanılması bir ihtiyaç olmuştur. Bu yüzden bu çalışmada PV santrallerin geleneksel bir güç sisteminde meydana getirmiş olduğu etkiler incelenmiştir.

Bu çalışmada IEEE-9 Baralı sistemde farklı senaryolarla gerilim, frekans ve geçici hal kararlılık analizleri incelenmiştir. Çalışmada PV santrallerin rampa oranları ele alınarak senkron generatör ile karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca farklı analizlerin aynı anda yapılmasıyla çalışma genişletildi. Bu çalışmanın bütününden elde edilen sonuçlar ve ortaya konulan kazanımlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

- Gerilim kararlılığına bakıldığında PV santral bağlı olduğu baranın gerilimini senkron generatör kadar destekleyememiştir. Gerilim kararlılığında rampa oranının etkisi arıza sırasında yokken arıza

sonrasında da oldukça önemsiz kalmıştır. PV santralin gerilim desteğinin zayıf olması sistemin daha uzun bir arızada gerilim kararsızlığına gitmesine sebep olabilir.

- Frekans kararlılığı açısından çalışma değerlendirildiğinde PV santrallerin rampa oranı arttıkça rotor hızı sınımları ve boyutlarının arıza sonrası arttığı tespit edilmiştir. Arıza sırasında ise rampa oranlarının etkisinin olmadığı görülmüştür. Frekans kararlılığı için ortaya çıkan sonuçlar incelendiğinde arıza süresinin uzaması ya da PV santralin penetrasyon seviyesinin artmasıyla düşük rampa oranı sistemin çökmesine sebep olabilir.
- Geçici hal kararlılığı açısından PV santralin sistemde olması atalet momenti oldukça düşük olan G3 generatörünün bulunmasından olumlu bir sonuç ortaya koymuştur. Rampa oranlarının geçici hal kararlılığında etkisi oldukça az olmuştur.

#### Kaynakça

- [1] Shah R., Mithulanathan N., Bansal R.C. and Ramachandaramurthy V.K. (2015). A review of key power system stability challenges for large-scale PV integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1423–1436.
- [2] Hosenuzzaman M., Rahim N. A., Selvaraj J., Hasanuzzaman M., Malek A. B. M. A., and Nahar A. (2015). Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 41, 284–297.
- [3] Kroposki B., Johnson B., Zhang Y., Gevorgian V., Denholm P., Hodge B. M. and Hannegan B. (2017). Achieving a 100% Renewable Grid: Operating Electric Power Systems with Extremely High Levels of Variable Renewable Energy. *IEEE Power and Energy Magazine*, 15, 61-73.
- [4] Wan C., Zhao J., Song Y., Xu Z., Lin J. and Hu Z. (2015). Photovoltaic and solar power forecasting for smart grid energy management. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 1, 38-46.
- [5] Yagami M., Kimura N., Tsuchimoto M. and Tamura J. (2013). Power system transient stability analysis in the case of high-penetration photovoltaics. *IEEE Grenoble Conference, Grenoble*, 1-6.
- [6] Eltawil M. A. and Zhao Z. (2010). Grid connected photovoltaic power systems: technical and potential problems—a review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 14, 112-129.
- [7] Xiao Q., Zhao K., Jiang W. and Zhu S. (2018). The Effect of Large-Scale PV Power on Stability of Power System. *2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and*

- Automation Control Conference (IMCEC), Xi'an, 1173-1177.
- [8] Eftekharnejad S., Vittal V., Heydt G. T., Keel B. and Loehr J. (2013). Impact of increased penetration of photovoltaic generation on power systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 28, 893-901.
- [9] Yagami M., Ishikawa S., Ichinohe Y., Misawa K. and Tamura J. (2015). Power system transient stability analysis in the case of high-penetration photovoltaics (part 2). 2015 IEEE Eindhoven PowerTech, Eindhoven, 1-6.
- [10] Mohamed S. R., Jeyanthi P. A. and Devaraj D. (2017). Investigation on the impact of high-penetration of PV generation on transient stability. 2017 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS), Srivilliputhur, 1-6.
- [11] Zainuddin, Sarjiya M., Handayani T. P., Sunanda W. and Surusa F. E. P. (2018). Transient stability assessment of large scale grid-connected photovoltaic on transmission system. 2nd International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA), Singapore, 113-118.
- [12] Refaat S. S., Abu-Rub H. and Mohamed A. (2017). Transient stability impact of large-scale photovoltaic system on electric power grids. 2017 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), Washington, DC, 1-6.
- [13] Zhang Y., Zhu S., Sparks R. and Green I. (2012). Impacts of solar PV generators on power system stability and voltage performance. IEEE Power and Energy Society General Meeting, San Diego, CA, 1-7.
- [14] Tamimi B., Cañizares C. and Bhattacharya K. (2013). System Stability Impact of Large-Scale and Distributed Solar Photovoltaic Generation: The Case of Ontario, Canada. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 4, 680-688.
- [15] Abdrahem A., Venayagamoorthy G. K. and Corzine K. A. (2013). Frequency stability and control of a power system with large PV plants using PMU information. North American Power Symposium (NAPS), Manhattan, KS, 1-6.
- [16] Alquthami T., Ravindra H., Faruque M. O., Steurer M. and Baldwin T. (2010). Study of photovoltaic integration impact on system stability using custom model of PV arrays integrated with PSS/E. North American Power Symposium, Arlington, TX, 1-8.
- [17] You S., Kou G., Liu Y., Zhang X., Cui Y., Till M. J., Yao W. and Liu Y. (2017). Impact of High PV Penetration on the Inter-Area Oscillations in the U.S. Eastern Interconnection. *IEEE Access*, 5, 4361-4369.
- [18] Eftekharnejad S., Heydt G. T. and Vittal V. (2015). Optimal Generation Dispatch With High Penetration of Photovoltaic Generation. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 6, 1013-1020.
- [19] Saadat H. (1999). *Power System Analysis*. 2, McGraw-Hill, Inc.
- [20] Machowski, J., Lubosny, Z., Bialek, J. W., and Bumby, J. R. (2020). *Power system dynamics: stability and control*. John Wiley & Sons.
- [21] Munkhchuluun, E., Meegahapola, L., ve Vahidnia, A. (2017). Impact on rotor angle stability with high solar-PV generation in power networks. In 2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe), IEEE, Eylül, 1-6.
- [22] Anderson P. M. and A. A. Fouad (2008). *Power System Control and Stability*. John Wiley & Sons.
- [23] DigSILENT (2020). Nine bus system. Digsilent Powerfactory.
- [24] Shah R., Mithulananthan N., Sode-Yome A. and Lee K. Y. (2010). Impact of large-scale PV penetration on power system oscillatory stability. IEEE PES General Meeting, Providence, RI, 1-7.
- [25] Pourbeik P. (2015). Model user guide for generic renewable energy system models. Electric Power Research Institute.
- [26] WECC Renewable Energy Modeling Task Force. Central station photovoltaic power plant model validation guideline. March 2015. [Online]. <https://www.wecc.org/Reliability/150318> WECC PV Plant Model Val Guide Rev2.pdf
- [27] Lammert, Gustav (2019). Modelling, control and stability analysis of photovoltaic systems in power system dynamic studies. Vol. 9. kassel university press GmbH.
- [28] DigSILENT (2020). WECC distributed small PV plants 25MVA, WECC large-scale PV plant 250MVA. DigSILENT GmbH.
- [29] Kundur P., Paserba J., Ajarapu V., Andersson G., Bose A., Canizares C., Hatziargyriou N. Hill D., Stankovic A. Taylor C., Van Cutsem T. and Vittal V. (2004). Definition and classification of power system stability IEEE/CIGRE joint task force on stability terms and definitions. *IEEE Transactions on Power Systems*, 19, 1387-1401.
- [30] Kundur P. (1994). *Power system stability and control*. 7 McGraw-Hill, Inc., New York.



