



e-ISSN: 2667-4165 • CİLT / VOLUME: IV • SAYI / ISSUE: I • HAZİRAN / JUNE 2021

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALI BİLİMLER DERGİSİ

**Afyon Kocatepe University
International Journal of
Engineering Technology and
Applied Sciences**

www.dergipark.org.tr/tr/pub/akuumbd



AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK TEKNOLOJİLERİ ve UYGULAMALI BİLİMLER DERGİSİ
Afyon Kocatepe University
International Journal of Engineering Technology and Applied Sciences

Afyon Kocatepe University International Journal of Engineering Technology and Applied Sciences

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

e-ISSN:2667-4165

Afyon Kocatepe University
International Journal of Engineering Technology and
Applied Sciences (AKU-IJETAS)

Volume: IV / Number: 1 / June - 2021

Owner / Publisher: Rector Prof. Dr. Mehmet KARAKAŞ for Afyon Kocatepe University

Chief in Chief Prof. Dr. Ayhan EROL

Co- Editor in Chief Assoc. Prof. Dr. Ahmet YÖNETKEN

Published Afyon Kocatepe University, June 2021,

ijetas@aku.edu.tr

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned. Nothing from this publication may be translated, reproduced, stored in a computerized system or published in any form or in any manner, including, but not limited to electronic, mechanical, reprographic or photographic, without prior written permission from the Publisher Afyon Kocatepe University www.ijetas.aku.edu.tr ijetas@aku.edu.tr The individual contributions in this publication and any liabilities arising from them remain the responsibility of the authors. The publisher is not responsible for possible damages, which could be a result of content derived from this publication.

CONTACT INFORMATION

Afyon Kocatepe University International Journal of Engineering Technology and Applied Science Afyon Kocatepe University, Technology Faculty, 03200 Afyonkarahisar, TURKEY

Phone: +90-272-2281446 /ext.

Fax: +90-272 228 1449

e-mail : ijetas@aku.edu.tr, aerol@aku.edu.tr

Welcome to AKU-IJETAS

Dear Researchers;

International Journal of Engineering and Applied Sciences ler has been published in Turkish and English since 2018 with 2 issues. Our journal will accept Turkish and English articles as 2 issues a year and the articles will be evaluated by at least two referees with the same system. Our magazine from December 2018; it offers many advantages to readers due to the practical and practical access to the authors as well as the process of publishing and publishing quickly and easily; The electronic journal (e-ISSN:2667-4165) accepts 2 numbers per year (June and December) in Turkish and English. The names of the judges evaluating the articles are not notified to the authors. The referees cannot see the names of the authors. The studies are evaluated as at least two referees. Our authors, who want to send articles, can register their original scientific articles online and follow the process by registering on our magazine page. Our journal is accepted as original and previously published research articles.

We are waiting for your contributions as both referee and writer. I thank you in advance for your support and I wish you success in your work.

Prof. Dr Ayhan EROL

Chief Editor

Danışma Kurulu / Editörler/ Editorial Board

Adem KURT	Gazi University	TURKEY
Ahmet AKSOY	Akdeniz University	TURKEY
Ahmet YILDIZ	Afyon Kocatepe University	TURKEY
Alexander ONUFRAK	Pavol Jozef Safarik University	SLOVAKIA
Anas Sarwar QURESHI	Agriculture University	PAKISTAN
Artay YAGCI	Afyon Kocatepe University	TURKEY
Asım Gokhan YETGIN	Dumlupinar University	TURKEY
Behçet GULENC	Gazi University	TURKEY
Bojan ZLENDER	Maribor University	SLOVENIA
Cahit GURER	Afyon Kocatepe University,	TURKEY
David NOZADZE	Georgian Technical University	GEORGIA
Diñçer BURAN	Süleyman Demirel University	TURKEY
Dunja PERIC	Kansas State University, Manhattan	ABD
Dusan ORAC	Kosice Technical University	SLOVAKIA
Elena Cristina RADA	Trento University	ITALY
Gabor PAY	University College of Nyiregyhaza	HUNGARY
Gratiela BOCA DANA	Technical University Cluj Napoca	ROMANIA
Hazizan Md AKİL	Sains Malaysia University	MALAYSIA
Huseyin Ali YALIM	Afyon Kocatepe University	TURKEY
Huseyin AKBULUT	Afyon Kocatepe University	TURKEY
Huseyin BAYRAKCEKEN	Afyon Kocatepe University	TURKEY
Ilhan KOŞALAY	Ankara University	TURKEY
Ioan ABRUDAN	Technical University Cluj Napoca	ROMANIA
Ivan KURIK,	Technical University Zilina	SLOVAKIA
Iveta VASKOVA	Kosice Technical University	SLOVAKIA
João Pedro SILVA	Leiria Polytechnic Institute	PORTUGAL
Lucian Ionel CIOCA	Lucian Blaga University of Sibiu	ROMANIA
Marco RAGAZZI	Trento University	ITALY
Martina HRUBOVCAKOVA	Kosice Technical University	SLOVAKIA
Matjaž ŠRAML	Maribor University	SLOVENIA
Merlinda EBIBI	Mother Teresa University	MACEDONIA
Mihai BANICA	Technical University Cluj Napoca	ROMANIA
Mircea HORGOS	Technical University Cluj Napoca	ROMANIA
Monica Lopez ALONSO	University of GRANADA	SPAIN
Muhammed YURUSOY	Afyon Kocatepe University	TURKEY
Mustafa ERSOZ	University of Selcuk	TURKEY
Mustaque HOSSAIN	Kansas State University, Manhattan	ABD
Nadras OTHMAN	Sains University	MALAYSIA
Nicolae UNGUREANU	Technical University Cluj Napoca	ROMANIA
Neritan TURKESHI	Mother Teresa University	MACEDONIA
Olivera PETKOVSKA	Mother Teresa University	MACEDONIA

Olga OROSOVA	Pavol Jozef Safarik University	SLOVAKIA
Otar ZUMBURIDZE	Georgia Technical University	GEORGIA
P. Trinatha RAO	Gitam University	INDIA
Peter MONKA	Technical University Kosice	SLOVAKIA
Prasanna RAMAKRISNAN	Neo Education Institu	MALAYSIA
Ramazan KAÇAR	Karabük University	TURKEY
Radu COTETIU	Technical University Cluj Napoca	ROMANIA
Regita BENDIKIENĖ	Kaunas Technology University	LITVANIA
Renata PANOCOVA	Pavol Jozef Safarik University	SLOVAKIA
Rıdvan UNAL	Usak University	TURKEY
Robert CEP	Technical University Ostrava	CZECH
Selçuk AKTURK	Mugla University	TURKEY
Serdar SALMAN	Marmara University	TURKEY
Serhat BASPINAR	Afyon Kocatepe University	TURKEY
Sermin OZAN	Firat University	TURKEY
Sezai TAŞKIN	Celal Bayar University	TURKEY
Snezhina ANDONOVA	Sauth-West University	BULGARIA
Suleyman GUNDUZ	Karabük University	TURKEY
Stanislaw LEGUTKO	Poznan University of Technology	POLAND
Tomasz NIZNIKOWSKI	Lomza State University Applied Science	POLAND
Tomaz TOLLAZZI	Maribor University	SLOVENIA
Ugur CALIGULU	Firat University	TURKEY
Yılmaz YALCIN	Afyon Kocatepe University	TURKEY
Yuksel OĞUZ	Afyon Kocatepe University	TURKEY
Zoran TRIFUNOV	Mother Teresa University	MACEDONIA

CONTENTS

Page

Güneş Işınım Tahmininde NARX Modelinin Uygulanması

Ali Sarı, Muzaffer Aktaş, Ahmet Yönetken, Rasim Doğan..... 1-6

Design and Simulation of Grid – Photovoltaic Hybrid System for an Office complex

Ameze Big-Alabo, Duruji Tomenna, Uhunmwhangho Roland 7-17

Güçlendirilen Mevcut Bir Yapının TDY 2007 ile 2018 Yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Tekrar İncelenmesi

Nilay Küçükaslan, Mehmet Fatih Altan 18-36

Blokzincir Tabanlı Donanımsal Cüzdan ve Akıllı Kartlar

Adil Tanrıkulu, Hüseyin Yüce, Ercan Ölçer 37-48

Güneş Işınım Tahmininde NARX Modelinin Uygulanması

Ali Sarı*¹, Muzaffer Aktaş², Ahmet Yönetken³, Rasim Doğan³

¹Radyo ve Televizyon Üst Kurulu, Ankara.

²Türkiye Petrolleri AO, Ankara.

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

e-posta: alisari06@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4070-5040>

e-posta: muzaffer2580@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7444-3512>

e-posta: ayonetken@aku.edu.tr; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1844-7233>

e-posta: rasimdogan@aku.edu.tr; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2122-9528>

Geliş Tarihi:06.11.2020

; Kabul Tarihi: 15:01.2021

Öz

Elektrik enerjisi üretiminde, fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye doğru, bir geçiş söz konusudur. Bu enerji kaynaklarından biri de güneş panelleridir. Güneş panellerinden üretilen enerji ise güneş ışınım miktarıyla doğrudan bağlantılıdır. Bu sebeple güneş ışınım tahmini, üretilecek enerji miktarının talebi karşılamada ihtiyaç duyulan enerjinin bilinmesi ve diğer enerji kaynaklarının ekonomik kullanımını da sağlar. Enerji üretiminde talep tahmininin önceden bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Enerji talep tahmininde, birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu çalışmada NARX tahmin modeli kullanılarak sıcaklık, nem ve yağış verilerinin değişken olduğu durumlarda güneş ışınımının tahmini incelenmiştir. Bunun için Ankara ili sınırlarından alınan ölçümler kullanılmıştır. En düşük MSE değerleri sıcaklık, nem ve yağış durumları için sırasıyla 0.00407, 0.00507 ve 0.0056 olarak verilmiştir. En başarılı tahminin sıcaklık verisiyle elde edildiği görülmüştür. Simülasyon sonuçları, tablolar halinde verilerek araştırılması yapılmıştır.

Anahtar kelimeler

Güneş ışınım tahmini, NARX modeli, sıcaklık, nem, yağış.

Application of NARX Model in Estimation of Solar Radiation

Abstract

There is a transition from fossil fuels to renewable energy in electrical energy production. One of these energy sources is solar panels. The energy produced by solar panels is directly related to the amount of solar radiation. For this reason, solar radiation prediction provides the knowledge of the energy needed to meet the demand for the amount of energy to be produced and the economical use of other energy sources. It is very important to know the demand forecast in advance in energy production. Many methods are used in energy demand forecasting. In this study, the prediction of solar radiation in cases where temperature, humidity and precipitation data are variable using NARX prediction model has been investigated. For this, measurements taken from the borders of Ankara province were used. The lowest MSE values are given as 0.00407, 0.00507 and 0.0056 for temperature, humidity and precipitation conditions, respectively. It was seen that the most successful estimation was obtained with temperature data. The simulation results are given in tables and researched.

Keywords

Solar radiation prediction, NARX model, Temperature; Humidity, Precipitation.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Güneş enerjisi, sonsuz bir kaynağa sahip olması ve çevreye zararlı gaz salınımının bulunmamasından dolayı giderek önemini artıran bir enerji kaynağıdır (Bekun vd., 2019). Elektrik enerjisine

çevrilmesi için güneş panelleri (PV) kullanılmakta ve bu panellerin çıkışında üretilmiş oldukları elektrik enerjisi üzerine düşen ışınım miktarı ile doğrudan ilişkilidir (Hosseini vd., 2019). Işınım ise çeşitli parametrelere bağlı olarak doğrusal olmayan bir

şekilde değişim göstermektedir. Bu sebepten dolayı günlük olarak ne kadarlık bir enerji üretileceği de doğrusal olmayan bir şekilde değişmektedir. Bu değişimlerin önceden tahmin edilebilmesi ise güç sisteminin arz-talep dengesini, yani kararlılığını ve sürekliliğini sağlamak adına önemlidir. Tahmin modellerinde ise yapay sinir ağı kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Yapay sinir ağları günümüzde hemen hemen her alanda kullanılmaya başlanmıştır(Akarıslan and Doğan, 2020; Khan vd., 2020). İnsan beyninin kurduğu bağlantıları taklit etmek üzere yapılandırılan yapay sinir ağlarında çeşitli algoritmalar mevcuttur(Zupan, 1994). Girdiler ile çıktılar arasındaki korelasyonu hesaplayabilen ve aynı girdiyle bir daha karşılaştığında ya da aynı girdiye benzer durumlar ile karşılaştığında bu korelasyonu kullanarak yeni durum hakkında gerçekçi sonuçlar ortaya koyabilen bir sistem olarak tasarlanmıştır(Priddy and Keller, 2005). Yapay sinir ağlarının bu üstün özelliği, yenilenebilir enerji için çok önemli olan güneş ışınım verisinin tahmininde de kullanılmıştır(Boussaada vd., 2017, 2018; Nazaripouya vd., 2016).Burada, harici girdi olarak solar panel gücü(Nazaripouya vd., 2016), bulutsuz durum için hesaplama ve bulutlu durum için ise bulutluluk ölçümü(Boussaada vd., 2017), bir öncekine ek olarak solar radyasyonun meteorolojik ölçümleri (Boussaada vd., 2018)kullanılmıştır. Zaman serisi için çok iyi bir tahmin modeli olan Nonlinear autoregressive with external input (doğrusal olmayan otoregresif eksojen model)NARX,güneş ışınım verilerinin de zaman bağımlı olmasından dolayı,bu tahminlerde ön plana çıkmakta ve sıklıkla ölçümü yapılan meteorolojik parametreler girdi olarak kullanılmıştır.Sıcaklık, nem,rüzgâr hızı (Bounoua and Mechaqrane, 2018)ve sıcaklık, nem, yağış miktarı, güneş açıları, basınç, rüzgâr hızı ve yönü (Ahmad vd., 2015)girdi parametresi olarak kullanıldığı 2 farklı makalede NARX'in başarılı sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur. Ayrıca, sıcaklık, nem ve güneşlenme süresi girdi parametresi olarak kullanılan farklı öğrenme algoritmaları karşılaştırılmış ve en başarılı algoritma olarak da Levenberg-Marquardt

(LM)algoritması ortaya konulmuştur(Mohanty vd., 2016).

NARX modeli sadece dışarıdan girdi ile değil daha önceki zaman verilerini de kullanabilmekte ve bu şekilde yapılan güneş paneli çıkış gücü tahminlerinde %99 üzerinde başarı elde edilmiştir (Louzazni vd., 2020).

NARX modeli, ayrıca trafo sargılarının termal analizi(Aşkin vd., 2011), yeraltı sularının seviyesinin tahmini(Di Nunno and Granata, 2020), atmosferik değişkenlerin deniz seviyesine etkisi(Zubier and Eyouni, 2020), enerji tüketimi(Ruiz vd., 2016), rüzgâr hızının tespiti (Cadenas vd., 2016; Karasu vd., 2017) ve hatta kan şekerinin tahmini (Cheng vd., 2020)gibi birçok yerde kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu makalede, NARX modeli kullanılarak güneş ışınım şiddetinin tahmin edilmesi üzerine durulmuştur. Burada ışınım verisi tahminlerinde harici girdi olarak sıcaklık, nem ve yağış faktörlerinden faydalanılmıştır. Ankara ili Ayaş ilçesi için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler kullanılarak tahminler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Girdiler ile çıktılar arasındaki bağıntılar incelenmiş ve sonuçlar ortaya konmuştur.

Çalışmada kullanılan materyal ve metotlar tarif edilmiştir. 3. Bölüm de ise bulgular tablolar halinde ortaya konulmuştur. 4. Bölüm de bulgular üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. 5. Bölüm de ise sonuçlar ve öneriler verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, NARX modelde sıcaklık, nem ve yağış verilerini harici veri olarak kullanımı ile ışınım verilerinin tahmin edilmesi üzerinde durulmuştur.

Zaman serisi modellemesinde, NARX modeli harici girdilere sahip bir modeldir. Burada, dizinin son değeri; önceki değerlerinin bir sabit terimin ve bir hata teriminin doğrusal bir fonksiyonudur. Bu modelde aynı seriye ait, geçmiş değerler ile bu seriye etkisi olduğu değerlendirilen harici diğer

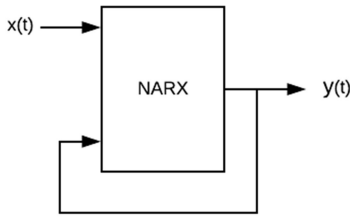
veriler, bir arada regresyona tabi tutularak tahmin yapılmaktadır. Seri-paralel (1) ve paralel (2) olarak iki farklı mimariye sahiptir ve aşağıdaki eşitliklerde matematiksel olarak ifade edilmiştir.

$$\hat{y}(t+1) = F(y(t), y(t-1), \dots, y(t-n_y), x(t+1), x(t), z(t-1), \dots, x(t-n_x)) \quad (1)$$

$$\hat{y}(t+1) = F(\hat{y}(t), \hat{y}(t-1), \dots, \hat{y}(t-n_y), x(t+1), x(t), z(t-1), \dots, x(t-n_x)) \quad (2)$$

Burada $F()$ haritalama fonksiyonu ve \hat{y} NARX çıkışını ve t ise zamanı simgelemektedir. y ile verilenler ise eskiye dönük gerçek verileri, x ise NARX girişini, n_x ve n_y ise sırasıyla giriş ve çıkış gecikmeleri ifade etmektedir.

Bu çalışma kapsamında şekil 1’de gösterildiği gibi, giriş katmanında geçmiş ışınım verileri ($y(t)$) ile sıcaklık, nem ve yağış verileri ($x(t)$) ayrı ayrı giriş olarak kullanılmıştır. Söz konusu veriler Matlab üzerinden NARX ağına uygulanarak ışınım değeri tahmin edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 1. NARX modeli

NARX modeli için Matlab programı kullanılmış ve burada “narxnet” fonksiyonu ile bir dizi paralel NARX ağı oluşturulmuştur. Giriş ve çıkış katmanlarındaki nöron sayıları durumdan duruma göre farklılık gösterebilmektedir. Bu sebeple gizli katman nöron sayısı, deneme yanılma yöntemiyle belirlenmiştir. Gizli katmanda, birbirinden farklı değerler kullanılarak optimum sistem performansı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Eğitim fonksiyonu için “trainlm” modeli kullanılmıştır. Bu model, veri dizisinde tahmin edilen değeri ve komşu değerlerini LM optimizasyonuna göre güncelleyen bir ağ eğitim işlevidir. LM algoritması ise optimal bir çözüm için hem “Gauss-Newton” hem de “steepest descent” yaklaşımlarını kullanan hibrit bir tekniktir. Bu

algoritma orta ölçekli -birkaç yüzlük değerler- ileri beslemeli sinir ağlarını eğitmek için en hızlı ve tutarlı yöntem olduğu değerlendirilmektedir. Ayrıca Matlab’da bulunan yerleşik matris mimarisinden dolayı da çok verimli olarak uygulandığı değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, “nz” tipinde belirtilen gecikme değerleri için, “n” zamanından başlayarak “z” zamanındaki elemana kadar olan değerlerin kullanıldığı anlamını taşır.

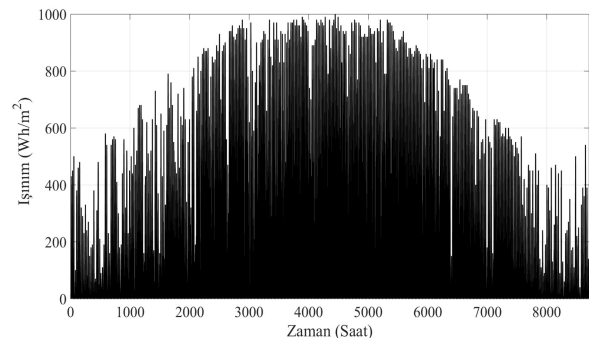
Aşağıda Ankara ili Ayaş ilçesi sınırlarında elde edilmiş ışınım, nispi nem, sıcaklık ve yağış verileri ayrı başlıklar halinde verilmiştir. Her bir veri, NARX modelinde kullanılmadan önce normalize edilmiştir.

2.1 Işınım Verisi

Ankara ili Ayaş ilçesi sınırlarında 40.0300 enlem ve 32.2345 boylam koordinatlarında (bkz. Şekil 2), 2018 yılı içerisinde ölçümlenen ışınım verisi şekil 3’te gösterilmiştir. Buradan da net bir şekilde görülmektedir ki ışınım miktarı yıl içerisinde Güneş’in hareketi ile birlikte paralel bir değişim göstermektedir.



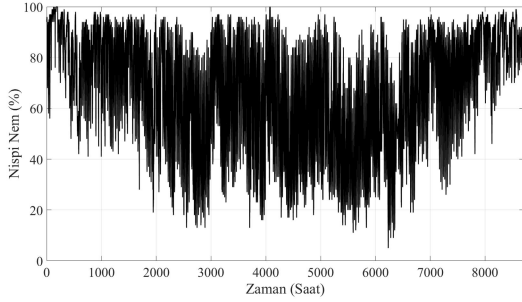
Şekil 2. Ankara ili Ayaş ilçesi Meteoroloji İstasyon Konumu



Şekil 3. Ankara ili Ayaş ilçesi Işınım Verisi

2.2 Nispi Nem Verisi

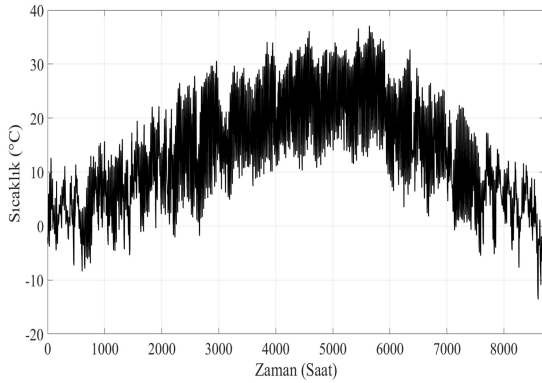
Ankara ili Ayaş ilçesi sınırlarında 2018 yılı içerisinde ölçümlenen nispi nem verisi şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 3 ve şekil 4 birlikte değerlendirildiğinde ışınım miktarının artış gösterdiği zamanlarda nispi nemin azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Ankara ili Ayaş ilçesi Nispi Nem Verisi

2.3. Sıcaklık Verisi

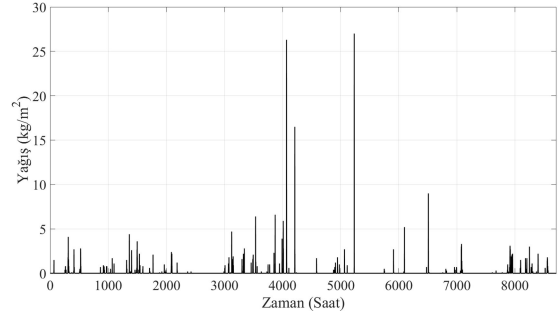
Ankara ili Ayaş ilçesi sınırlarında 2018 yılı içerisinde ölçümlenen sıcaklık verisi şekil 4'te gösterilmiştir. Şekil 3 ve şekil 5 birlikte değerlendirildiğinde ışınım miktarının artış gösterdiği zamanlarda sıcaklık değerlerinin de arttığı gözlemlenmektedir.



Şekil 5. Ankara ili Ayaş ilçesi Sıcaklık Verisi

2.4. Yağış Verisi

Ankara ili Ayaş ilçesi sınırlarında 2018 yılı içerisinde ölçümlenen yağış verisi şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 3 ve şekil 6 birlikte değerlendirildiğinde her iki veri arasında direkt bir ilişki gözlenmemektedir.



Şekil 6. Ankara ili Ayaş ilçesi Yağış Verisi

3. Bulgular

NARX modeli kullanılarak ışınım verisinin tahmini yapılmıştır. Burada harici veri olarak sıcaklık, nem ve yağış ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Her bir değerlendirme öncesinde veriler normalize edilmiştir. Böylelikle, sıcaklık verisi ile yapılan modelleme sonucunda elde edilen bulgular çizelge 1'de, nem verisi ile elde edilen bulgular çizelge 2'de yağış verisi ile elde edilen bulgular çizelge 3'te gösterilmiştir. Her bir çizelgede gizli katman nöron sayısı (GKNS) ile giriş gecikmesi (ID) ve çıkış gecikmesi (FD) değişimleri sonucu modelin başarısı gözlemlenmiştir. Her bir durum için ortalama karesel hata (MSE), iterasyon sayısı, eğitim R, validasyon R ve test R değerleri hesap edilmiştir. Burada MSE'nin 0'a en yakın olduğu durumda eşleşmenin çok büyük doğruluğa sahip olduğu bilinmelidir.

Çizelge 1. Sıcaklık verisi ile elde edilen bulgular:

GKNS	ID	FD	MSE [10 ⁻³]	İterasyon	Eğitim R	Validasyon R	Test R
10	1_5	1_5	4.57	15	0.96	0.946	0.954
10	1_3	1_3	6.91	35	0.959	0.954	0.952
10	1_4	1_4	5.47	24	0.96	0.962	0.962
10	1_6	1_6	5.82	41	0.964	0.951	0.959
20	1_5	1_5	7.02	17	0.962	0.963	0.951
30	1_5	1_5	5.6	13	0.957	0.956	0.963
40	1_5	1_5	4.97	14	0.963	0.953	0.964
50	1_5	1_5	6.06	12	0.963	0.951	0.959
60	1_5	1_5	5.33	20	0.963	0.958	0.964
100	1_5	1_5	7.03	11	0.967	0.955	0.952

Çizelge 2.Nem verisi ile elde edilen bulgular:

GKNS	ID	FD	MSE [10 ⁻³]	İterasyon	Eğitim R	Validasyon R	Test R
10	1_5	1_5	5.07	37	0.961	0.958	0.963
10	1_3	1_3	5.25	22	0.954	0.955	0.965
10	1_4	1_4	6.73	45	0.96	0.956	0.952
10	1_6	1_6	6.13	45	0.964	0.953	0.955
20	1_5	1_5	5.31	17	0.959	0.959	0.962
30	1_5	1_5	5.25	13	0.957	0.962	0.962
40	1_5	1_5	7.01	18	0.966	0.952	0.95
50	1_5	1_5	8.32	13	0.963	0.958	0.943
60	1_5	1_5	6.65	21	0.965	0.959	0.951
100	1_5	1_5	6.76	11	0.964	0.958	0.951

Çizelge 3.Yağış verisi ile elde edilen bulgular:

GKNS	ID	FD	MSE [10 ⁻³]	İterasyon	Eğitim R	Validasyon R	Test R
10	1_5	1_5	6.97	22	0.96	0.952	0.949
10	1_3	1_3	6.87	18	0.952	0.958	0.951
10	1_4	1_4	5.32	25	0.954	0.956	0.96
10	1_6	1_6	5.67	19	0.957	0.953	0.961
20	1_5	1_5	8.14	13	0.958	0.95	0.948
30	1_5	1_5	6.04	11	0.956	0.957	0.954
40	1_5	1_5	6.47	11	0.954	0.96	0.957
50	1_5	1_5	6.47	18	0.96	0.954	0.954
60	1_5	1_5	6.96	11	0.961	0.949	0.954
100	1_5	1_5	5.6	13	0.961	0.948	0.961

Çizelge 1’de gösterilen sıcaklık verisinin harici girdi olarak kullanımında en düşük MSE, GKNS’nin 10 ve ID ile FD’nin 1_5 olduğu durumda ortaya çıkmaktadır. Bu durumda GKNS’nin artırılması ile MSE arasında lineer bir değişimin söz konusu olmadığı görülmektedir. Ayrıca, iterasyon sayısı da lineer değişim göstermemektedir. Aynı durum çizelge 2’de gösterilen nem verisinin harici girdi olarak kullanımında da geçerlidir. Fakat çizelge 3’te gösterilen yağış verisinin harici girdi olarak kullanımında en düşük MSE, GKNS’nin 100 olduğu durumda ortaya çıkmaktadır. Bu durumda bile sıcaklık ve nem verisinin harici veri olduğu durumlardan daha yüksek MSE değerine sahiptir.

İterasyon sayısı, seçilen değerlere göre öğrenmenin durdurulduğu iterasyonu göstermektedir. Dolayısıyla seçimler değiştiğinde, iterasyon sayısında da değişimler söz konusu olmaktadır. Bu

değişimler, GKNS, ID ve FD’ye bağlı olarak öngörülebilir değildir. Ayrıca, verilen R değerleri arasında yakın değerlerin olması NARX modelinin tutarlı sonuçlar ortaya koyduğunu göstermektedir.

4. Tartışma

Elektrik enerjisinin büyük güçler açısından depolanmasının zorluğu ve yatırım maliyetinin yüksek oluşundan dolayı, üretim tahminlerinin önceden yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu konuda, birçok araştırma ve enerji tahmin modelleri yapılmaktadır. Güneş ışınım tahminlerinde NARX modelinin kullanılması harici girdi verisinin türüne göre farklılık arz etmektedir. Bu modelin uygulanmasında, burada kullanılan veri seti ile başarılı sonuçtur. Sıcaklık ile yapılan en başarısız sonuçlar ise yağış ile elde edilmiştir. Nemin tahminler üzerine etkisi ise sıcaklık verisinden daha düşük olduğu görülmüştür.

Işınımın yüksek olduğu zamanlarda sıcaklığın artması beklenen bir gelişmedir. Fakat sıcaklık her zaman ışınım ile artmamakta bazen farklı sebepler (rüzgârlar vb.) vasıtasıyla da aşağı ya da yukarı yönlü değişebilmektedir. Burada, ışınım ve sıcaklık arasındaki MSE değeri 0.00457 olarak karşımıza çıkmakta ve böylelikle sıcaklığın ışınım verisi tahmininde kullanılmasında diğer verilere göre, daha doğru sonuç verdiği anlaşılmaktadır.

Her ne kadar MSE değerleri arasında fark varsada eğitim, validasyon ve test R değerleri birbirlerine çok yakın çıkmaktadırlar. Bu ise dengeli ve tutarlı sonuçlar olduğuna işaret etmektedir.

NARX modelinin başarısında GKNS ile ID ve FD’yi de göz önüne aldığımızda, GKNS artırıldığında değişken süre ve doğrulukta sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bu durum, ID ve FD değişimi sonucunda da görülmektedir.

5. Sonuç

Bu çalışmada güneş ışınım verisinin tahmini için harici girdi olarak sıcaklık, nem ve yağış verilerinin NARX yapay sinir ağı modelinde kullanılması üzerinde durulmuştur. Çalışmada, Ankara ili Ayaş ilçesinde bulunan istasyonundan alınan gerçek

veriler kullanılmıştır. Bu veriler Matlab programı vasıtasıyla NARX modeline uygulanmıştır.

En iyi sonuç, harici verilerden sıcaklık verisi ile elde edilmiş ve 0.00457 MSE değerine sahiptir. Ayrıca, diğer nem ve yağış harici girdileriyle sırasıyla 0.00507 ve 0.0056 MSE değerine sahiptir.

Makalede kullanılan 1 yıllık veri seti yerine daha uzun zaman dilimi boyunca elde edilen veri seti NARX modelinde kullanılsaydı, hata oranlarının düşmesi ve benzerliklerin artması beklenmektedir.

Teşekkür

Meteoroloji Genel Müdürlüğüne bu çalışmada kullanılan verileri sağladığından dolayı teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

- Ahmad, A., Anderson, T. N., and Lie, T. T., 2015. Hourly global solar irradiation forecasting for New Zealand. *Solar Energy*, 122, 1398–1408.
- Akarşlan, E., and Doğan, R., 2020. Harmonik Sinyallerin Yük Tanımadaki Başarısının İncelenmesi ve Yeni Bir Model Önerisi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 452–460.
- Aşkin, D., İskender, İ., and Mamizadeh, A., 2011. Farklı Yapay Sinir Ağları Yöntemlerini Kullanarak Kuru Tip Transformatör Sargısının Termal Analizi. *Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Der.*, 26,4, 905–913.
- Bekun, F. V., Alola, A. A., and Sarkodie, S. A., 2019. Toward a sustainable environment: Nexus between CO2 emissions, resource rent, renewable and nonrenewable energy in 16-EU countries. *Science of the Total Environment*, 657, 1023–1029.
- Bounoua, Z., and Mechaqrane, A., 2018. Prediction of daily global horizontal solar irradiation using artificial neural networks and commonly measured meteorological parameters. *AIP Conference Proceedings*, 2056(1), 020024.
- Boussaada, Z., Curea, O., Remaci, A., Camblong, H., and Mrabet Bellaaj, N., 2018. A Nonlinear Autoregressive Exogenous (NARX) Neural Network Model for the Prediction of the Daily Direct Solar Radiation. *Energies*, 11(3), 620.
- Boussaada, Z., Remaci, A., Curea, O., Camblong, H., Bellaaj, N., Mrabet Bellaaj, N., Professor, A., and Professor, E., 2017. *Prediction of the Daily Direct Solar Radiation Using Nonlinear Autoregressive Exogenous (NARX) Network Model*. 10th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection.
- Cadenas, E., Rivera, W., Campos-Amezcuca, R., and Cadenas, R., 2016. Wind speed forecasting using the NARX model, case: La Mata, Oaxaca, México.

- Neural Computing and Applications*, 27(8), 2417–2428.
- Cheng, J., Ji, Z., Li, M., and Dai, J., 2020. Study of a noninvasive blood glucose detection model using the near-infrared light based on SA-NARX. *Biomedical Signal Processing and Control*, 56, 101694.
- Di Nunno, F., and Granata, F., 2020. Groundwater level prediction in Apulia region (Southern Italy) using NARX neural network. *Environmental Research*, 190, 110062.
- Hosseini, S. A., Kermani, A. M., and Arabhosseini, A., 2019. Experimental study of the dew formation effect on the performance of photovoltaic modules. *Renewable Energy*, 130, 352–359.
- Karasu, S., Altan, A., Saraç, Z., Hacıoğlu, R., and Karasu, S., 2017. Estimation of Fast Varied Wind Speed Based on Narx Neural Network by Using Curve Fitting. In *International Journal of Energy Applications and Technologies*, 4,3.
- Khan, M. M. H., Muhammad, N. S., and El-Shafie, A., 2020. Wavelet based hybrid ANN-ARIMA models for meteorological drought forecasting. *Journal of Hydrology*, 590, 125380.
- Louazani, M., Mosalam, H., and Khouya, A., 2020. A non-linear auto-regressive exogenous method to forecast the photovoltaic power output. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 38, 100670.
- Mohanty, S., Patra, P. K., and Sahoo, S. S., 2016. Prediction of global solar radiation using nonlinear auto regressive network with exogenous inputs (narx). *Proceedings of the 2015 39th National Systems Conference*, 151-157.
- Nazaripouya, H., Wang, B., Wang, Y., Chu, P., Pota, H. R., and Gadh, R., 2016. Univariate time series prediction of solar power using a hybrid wavelet-ARMA-NARX prediction method. *Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference*.
- Priddy, K., and Keller, P., 2005. *Artificial neural networks: an introduction*. SPIE Press. Bellingham, Washington USA
- Ruiz, L., Cuéllar, M., Calvo-Flores, M., and Jiménez, M., 2016. An Application of Non-Linear Autoregressive Neural Networks to Predict Energy Consumption in Public Buildings. *Energies*, 9(9), 684.
- Zubier, K. M., and Eyouni, L. S., 2020. Investigating the Role of Atmospheric Variables on Sea Level Variations in the Eastern Central Red Sea Using an Artificial Neural Network Approach. *Oceanologia*, 62(3), 267–290.
- Zupan, J., 1994. Introduction to Artificial Neural Network (ANN) Methods: What They Are and How to Use Them. *Acta Chimica Slovenica*, 41.

Bir Ofis Kompleksi için Fotovoltaik Hibrit Sistem Şebeke Tasarım ve Simülasyonu

Ameze Big-Alabo*, Duruji Tomenna and Uhunmwhangho Roland

Department of Electrical/Electronic Engineering, Faculty of Engineering University of Port-Harcourt
East-West Road, Choba, Port Harcourt, Rivers State, P.M.B. 5323

*amezeodia@yahoo.com. Orcid: 0000-0001-5384-888X

Geliş Tarihi:06.11.2020 ; Kabul Tarihi: 26.04.2021

Öz

Bu araştırma çalışması, bir ofis kompleksi için Fotovoltaik (PV) hibrit sistem şebeke tasarımı ve simülasyonunu sunar. Rivers Eyaleti, Port Harcourt Üniversitesi'ndeki Lisansüstü çalışmalar okulunda bir vaka çalışması olarak kullanılmıştır. Tasarımın amacı, Lisansüstü Eğitim Bilimleri Fakültesi'nin günlük enerji talebini karşılamaktır.. Metodoloji, 5.242 kWh/m²/gün'lük dik açı ışınlama ile lisansüstü çalışmalar okulunun binası içinde mevcut güneş ışınlama enerjisi veri kaynaklarının elde edilmesini içermektedir. Yük verileri üç hafta süreyle okul dağıtım hattından alınmıştır. Tüm binanın maksimum elektrik yükü talebi 37kVA olarak öngörülmüştür. Pik yük, 12 kVA'lık Normal yükler ve 25 kVA'lık Temel yük olarak bölünmüştür. Yaklaşık 141,7 m²'lik bir alan sağlamak için 8 paralel dizide toplam 96 panel birleştirilmiştir. PV sistemi tasarımı ortalama 55.7kWh / gün enerji sağlayacak şekilde enerji talebi 50.7kWh/gün olarak öngörülmüştür.. Bu, PV sistemi tarafından üretilen enerjinin ofis kompleksindeki Normal yükleri karşılayabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler

DC-AC Hibrit;
Fotovoltaik sistem;
Güneş ışınımı;
Maksimum güç noktası takibi;
Elektrik yükleri..

Design and Simulation of Grid – Photovoltaic Hybrid System for an Office complex

Abstract

The research work presents the design and simulation of Grid – Photovoltaic (PV) hybrid system for an office complex. In this case, the School of Graduate Studies at the University of Port Harcourt, Rivers State is used as a case study. The purpose of the design is to augment the daily energy demand of School of Graduate Studies. The methodology involved obtaining the available solar irradiation energy data resources within the building of school of graduate studies vicinity with a peak irradiation of 5.242 kWh /m²/day. The load readings were taken from the distribution board of the school for a period of three weeks. The peak electrical load demand of the entire building was estimated to be 37 kVA. The peak load was split into Regular loads of 12 kVA and Basic load of 25 kVA. A total of 96 panels were connected in 8 parallel strings to give an area of about 141.7 m². The PV system design yields an average energy of 55.7kWh/day and the energy demand was estimated as 50.7kWh/day. This shows that the energy generated by the PV system can cater for the Regular loads in the office complex.

Keywords

DC-AC Hybrid;
Photovoltaic system;
Solar irradiance;
Maximum power point tracking;
Electrical loads.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Introduction

The Sun generates a huge amount of energy, which can be utilized by different living and non-living creatures on earth. The importance of huge potential of solar energy to humans could be

appreciated within the context of greenhouse effect, cost and risk of fossil fuels and other environmental impacts (Eshita et. all. 2010). Solar photovoltaic system is a system which uses the solar cell module to produce electrical energy by solar power/light falling on it directly. Solar cell is a

device which can achieve the transformation of photovoltaic by the electronic characteristic of semiconductor materials. Solar cell can also be utilized as a backup source of electric power for the electric power which is fed from the utility grid. Continuous power delivery helps to sustain and improve the economy. Developed countries have harnessed renewable sources for energy generation (Tianze, 2011). Renewable energy has become the fastest growing energy sector that is driven by four key factors: Energy demand increments as a result of growth in population and improvements in standard of livings, diversification of energy supplies due to scarcity in resources, prevention of climatic changes by reduction of emission of greenhouse gases into the environment and the necessity of reducing the balance of payments impact of importation of fossil fuels (Brian, 2015).

School of Graduate Studies is a facility in University of Port-Harcourt that manages the affairs of all the graduate programs ranging from Applications, Registration of all postgraduate students to the issuing of certificates at the end of the program. Availability of power supply is paramount for the smooth running and facilitation of the activities conducted in school such as Printing, Photocopying, Typing, Scanning of Documents, Data, Information and Forms. Inconsistence of power supply from the utility grid hinders the facilitation and smooth running of these activities in the school. Moreover, cost of maintenance and operation of diesel generators which are used as a backup power supply are relatively high. The noise and carbon-monoxide generated and emitted by these generators has a negative impact on the facility's environment.

The aim of the study is to assess, design and simulate a Grid – Photovoltaic Hybrid system that will augment the daily energy demand of the school of graduate studies.

2. Review of Photovoltaic Hybrid systems

Comparative review of hybrid solar energy systems (Akikur et. all 2013) shows the benefit of having

more than one source of energy to electrify a given system load. Hybrid photovoltaic system is achieved when the solar power gotten from a photovoltaic system is put into use in combination with another electrical power generated from a different energy source. The Grid – Photovoltaic hybrid system is attained when the solar photovoltaic system is put to use with the utility grid. As a result, it requires lesser numbers of panels and batteries to be utilized as compared to the off-grid solar photovoltaic system to achieve the same goal. Also, they are also built with a battery backup system which makes them highly reliable and cost effective. Hence this study is focused on the Grid – Photovoltaic hybrid system.

An extensive work on “Application of DC – AC Hybrid Grid and Solar Photovoltaic Generation with Battery Storage using Smart Grid” was conducted (Adewumi and Adelekan 2015). The entire load in consideration was split and powered separately from the Solar Photovoltaic System, since most home loads could be powered by DC while the rest of the load would be powered directly from the Grid. This arrangement was considered reliable and economical for both large and small consumers.

The design of a Hybrid Solar Power System project for Campus model, Federal College of Agriculture, Ibadan was designed (Adewumi and Adelekan 2015). The entire loads were powered by inverters which were powered by Battery bank. The battery banks were powered by the combination of the Solar Photovoltaic System and the National Grid.

An in-depth study on design and simulation of cost effective standalone solar PV system was conducted (Oladeji et. all. 2017). In the study, fluke 434 series II energy analyser was used to determine load profile of the office building. Measured load was grouped into two categories: category 1 comprising of the essential electrical loads, without high energy consuming loads such as air conditioner. Category 2 comprises total electrical loads with high energy consuming loads. Results showed that, comparatively, category 1 with essential electrical load demand without air conditioners is far cheaper than supplying loads with air conditioners.

A solar PV plant of 162kWp which supplied 60% of electrical load demand of the electrical department building of University of Tripoli with grid supplying the remaining 40% load demand was designed (Al-Refai, 2014). It was observed that heavy loads were assigned to the grid, whereas light loads which are essentials for day to day work were assigned to be powered by the PV system. 810 of 200 W rated solar panels connected in 9 series and parallel were mounted on roof so as to receive highest solar radiation falling on it. Also, 172 kW Inverter was used in the design. The essence of splitting loads between PV plant and the grid is to reduce system cost and ultimately cost of energy production.

Badwawi et al. 2010, stated that intermittent and unpredictable nature of solar and wind power could create high technical challenges to weak grid unless a proper storage system is integrated into the system. According to the author, integrating two different renewable resources could partially address the impact of the variable nature of renewable sources, and hence the overall system becomes more reliable and economical to run. This is possible because the weakness of one renewable energy source is complemented by the strength of the other. The integration of Hybrid Solar and Wind power system into the Grid can further help in improving the overall economy and reliability of renewable power generation to supply its load. Furthermore, optimal designs have been conducted for wind/photovoltaic/biodiesel/battery hybrid system to help minimize the life cycle cost of the system (Guangqian et. all, 2018).

This study implements the use of Matlab-Simulink software to design and simulate the hybrid Photovoltaic System. Similar works have also demonstrated the use of Matlab Simulink for the implementation of a Photovoltaic System (Ilyas et all, 2018), (Mahmood and Selman, 2016).

Materials and Method

2.1. Site Parameters and Load Assessment

The proposed plant is to be sited at the Graduate School of the University of Port Harcourt, Rivers State, Nigeria. The site is located at latitude of 4.9° North and longitude of 6.92° , and also at the elevation 20 m. The University location has a good topography that makes it an ideal location to deploy solar photovoltaic plant. The University of Port Harcourt is exposed an average of 6 hours of sunshine during the day. Thus the implementation of the solar plant at the graduate school is an economically viable project.

The purpose of the load survey is to estimate the appropriate capacity of the solar hybrid system that will serve the entire building. In this study, the load assessment was done by collecting the values of the input current into the whole building from the distribution box on a daily basis for four weeks at different time intervals. Thereafter, the input power rated at kVA was calculated by multiplying the values of the input current with an approximate voltage value of 232 V, which was also measured during the period of collection. The load consumption of the building is determined by work done at any given time of the day. The proposed PV power plant, which is expected to meet electricity demand of graduate school, will be rooftop. Figure 1 shows the aerial view of the facility being studied.



Fig 1: Aerial view of the facility (latitude of 4.9° and longitude of 6.92°)

Figure 2 (a) and (b) presents the power consumption readings observed on a daily basis at five different time intervals approximately at 10am, 12pm, 2pm, 4pm and 5pm at the School of

graduate Studies. The readings were taken from the distribution board of the school from the 27th August – 21th September, 2019.

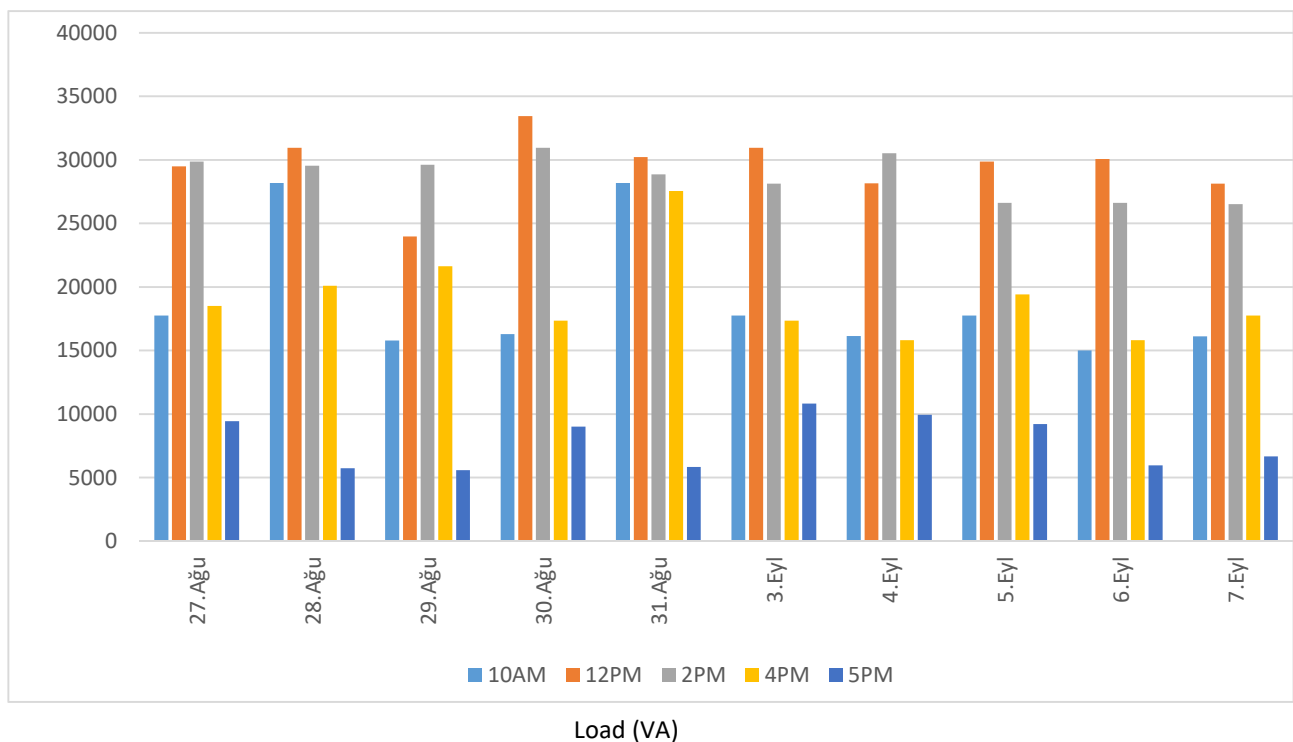
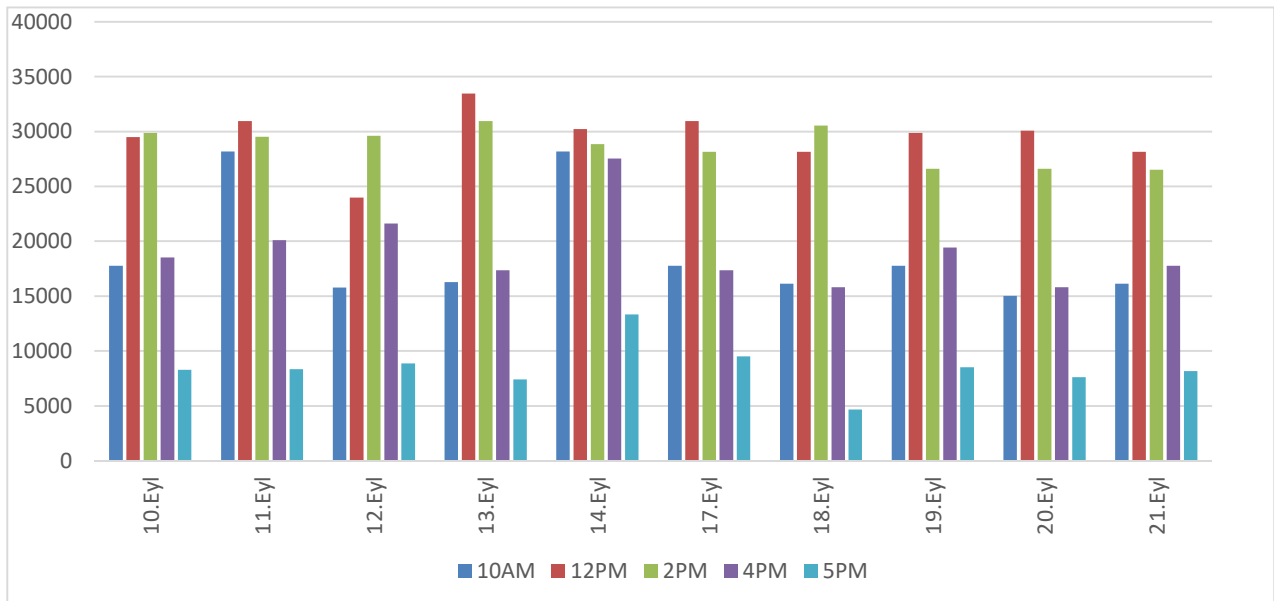


Figure 2a: Daily (hourly) energy consumption for School of Graduate studies



Load (VA)

Fig 2b: Daily (hourly) energy consumption for School of Graduate studies

2.2. Load Profile

In order to fully attain the peak load for the entire building the peak power ever attained was

required. Thus, the peak power ever attained on each line on a daily basis were measured and recorded as shown in Figure 3. From Figure 3, the peak loads recorded on each line are recorded on;

- L1 ---- 28th of August
- L2 ---- 28th of August
- L3 ---- 20th of September

From our record, the total peak power that was ever fed to the distribution board would be the summation of the peak loads ever achieved on the different lines which are;

$$L1 + L2 + L3 = 15961.6 + 11646.4 + 10115.2 = 37723.2VA$$

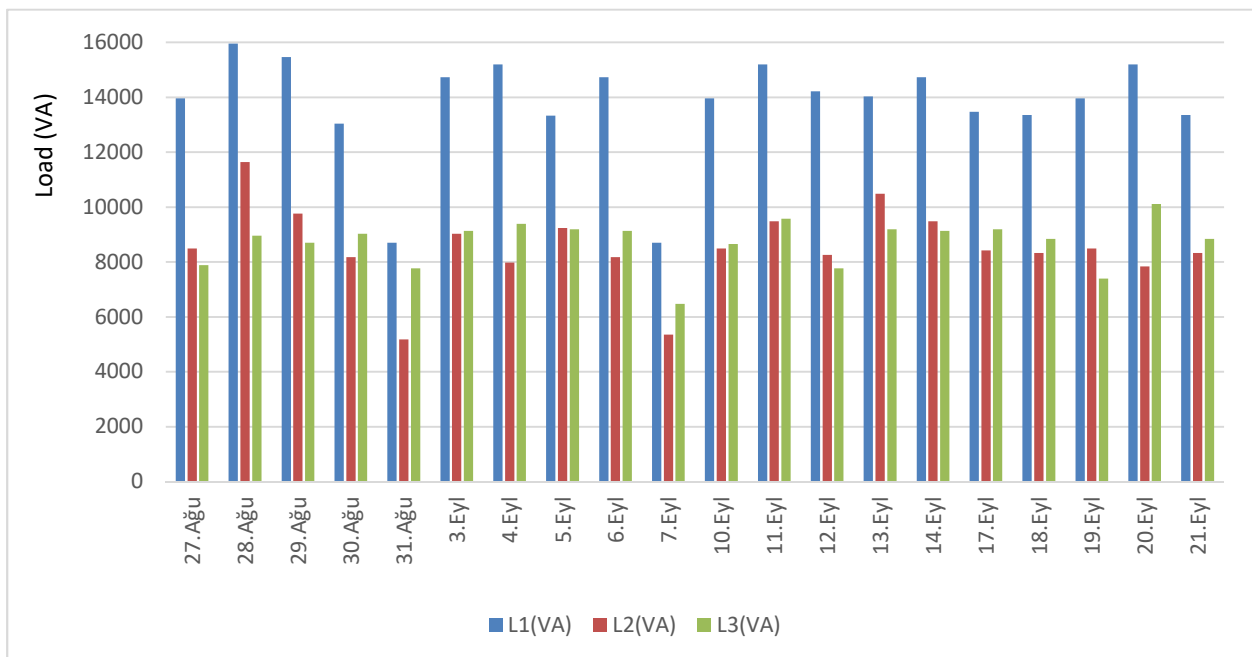


Fig 3: Daily Peak Load recorded on each line

Load differentiation

The total loads being fed from the distribution board of the School of basic studies can be split into two main types of loads namely; (1) Light loads and (2) Heavy loads

Light loads: These are the loads with a power capacity within the range of 1000 KVA and below. They are made up of equipment that are called up or required at regular interval for the entire office period of 8 hours such as the Photocopying machines, Printers, Desktop Computers, Laptops, Ceiling

fan and some Lighting points and for those required for 12 hours such as some Security Lighting points. These are the loads that are required to be fed by the solar photovoltaic system.

Heavy loads: These loads are made up of equipment's that may not be called up or required regularly for official duties for the entire official period of 8 hours. Table 1 shows the major heavy loads such as the air conditions and the Refrigerators. These loads are to be fed directly from the utility grid.

Table 1. Major Heavy loads for School of Graduate Studies

Heavy Loads	Average Power capacity (KVA)
Air Conditions	22574
Fridges and Refrigerators	2200
Total	24774

The proposed solar PV system is expected to supply only the light loads in school of graduate studies, while heavy loads are connected to the grid.

Light capacity

= Entire Load capacity – Heavy Loads capacity

$$= 37,723.2VA - 24,774VA = 12949.2VA$$

$$= 10359.4watts @ 0.8p.f \quad (1)$$

An addition of about 20% was included to cater for any unplanned and unwanted loads that may be fed into the hybrid system. Thus, the new Full Regular load capacity would be 13000watts.

Since the School of Graduate building would always be in full operation and capacity for at least 8hours, our daily load would be; Daily Full Regular Load = 13000 x 8 = 104,000 WattHrs. The peak irradiance ever attained from The Solar and Weather data report collected from Nigeria Meteorological Agency (NIMET) Port Harcourt on the latitude of 4⁰49'27" north and longitude of 7⁰2'1" east was found to be 5.242 kWh/m²/day.

4. Results and Discussion

There are four major components which can be interconnected to generate electricity from solar radiation. These components include: solar PV array, charge controller, batteries and inverters. These components together with the distribution board and the Grid are utilized in this study.

4.1. Dimensioning of Inverter sizing

The main function of the Inverter is to convert the dc output of the solar array into its ac equivalent. The inverter so chosen in this design is based on the Full Regular load of 13 kW.

A PV 15 kVA rated inverter is connected to fully supply the power from the PV or Battery.

Inverter voltage range = 200 – 880 V

$$Efficiency = \frac{P_{out}}{P_{in}} = 80\% \quad (2)$$

Where $P_{out} = 13 kW$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{Efficiency} = \frac{13 kW}{0.8} = 16.250 kW \quad (3)$$

Therefore, the full power supplied would be less than the Inverters rated power thereby making it

fit and suitable for the task. The Daily power input required by our inverter to sustain our daily Full Regular load would be;

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{Efficiency} = \frac{104kWh/day}{0.8} = 130kWh/day \quad (4)$$

4.2. Dimensioning of PV module

As a result of the daily Full Regular load demand of the School of Graduate studies, it is necessary to calculate the Photovoltaic power so as to meet the required daily load energy. The Irradiance was used to determine accurately the total number of solar panels. Other system parameters were considered so as to ensure optimal system operation. Number of solar PV module is estimated thus: 1Panel Capacity = 300 watts, Panel efficiency = 90% ; Therefore,

$$Panel\ capacity = 300 \times 0.9 = 270\ Watts \quad (5)$$

Peak Irradiance = 5.242 kWh/day. Therefore, the kWh/day of a Solar panel would be; (Irradiance/day) x 1 Panel capacity

$$= \left[\frac{5.242\ h}{day} \times \left(\frac{1\ kW}{1000\ W} \right) \right] \times 270\ W = 1.415\ kWh/day \quad (6)$$

Due to our Charge controller's efficiency, its daily required input would be;

Charge controllers efficiency = $\frac{P_{out}}{P_{in}}$; P_{out} = Daily inverter power Input

Therefore, our Daily charge controllers Input (P_{in}) = $\frac{P_{out}}{Efficiency}$

$$\frac{130000\ Wh/day}{0.98} = 132,653\ Wh/day \quad (7)$$

Finally, the total number of panel required would be;

Numbers of panels required =

$$\frac{Daily\ charge\ controllers\ Input}{kWh\ of\ a\ Solar\ panel} = \frac{132.653\ kWh/day}{1.415\ kWh/day} = 93.75 \quad (8)$$

Hence, **96** JINPO-300-M mono-crystalline silicon solar panels would be used in the design. These modules would be arranged in 8 parallel strings with 12 panels in each. The tilt angle of each panel will be 15° and mounted on rooftop to maximize yearly energy production.

4.3. Dimensioning of charge controller

The Charge controller put to use in our System would be a Tristar MPPT 600 V charge controller. Its capacity is:

Charge current = 60 A;

PV Voltage = Voltage range of 100 – 660 Volts DC;

Efficiency = 98%;

Therefore, the number of charge controller required for our system would be:

Total current from the Charge controllers = $\frac{P_{out}}{Charger\ voltage}$;

Output power (P_{out}) = Inverter input power;

Charger voltage = Inverter input voltage.

Therefore; total current from the Charge controllers = $\frac{16,250\ W}{324\ V} = 50.2A \quad (9)$

Maximum Charger current for 1 (one) = 60A, therefore, total number of Chargers required would be;

$$\frac{Total\ current\ from\ the\ Charge\ controllers}{Maximum\ Charger\ current\ for\ 1} = \frac{50.2A}{60A} = 0.84 \quad (10)$$

Therefore, approximately **1 charger** would be required.

4.4. Battery unit

The main function of the Battery Unit is to store Power for the system which can later be put to use during the night or period of low irradiance thereby preventing power blackout and fluctuations. A battery of capacity 200 AH, 12 V was put to use. In a day, kWh/day that would be fed into the inverter

input through the charge controller would be 130 kWh/day. Therefore, AH in a day is:

$$\left[\frac{\left(\frac{kWh}{day} \right)}{Battery\ voltage} \right] = \frac{132,653\ Wh/day}{12\ V} = 11,054.4\ AH \quad (11)$$

$$\left(\frac{AH\ in\ a\ days}{AH\ per\ battery} \right) = (11054.4\ AH)/(200\ AH) = 54.2 \quad (12)$$

Therefore, number of batteries required

In this system 54 batteries would be used. These modules would be arranged in 2 parallel strings with 27 batteries each as shown in Figure 4.1

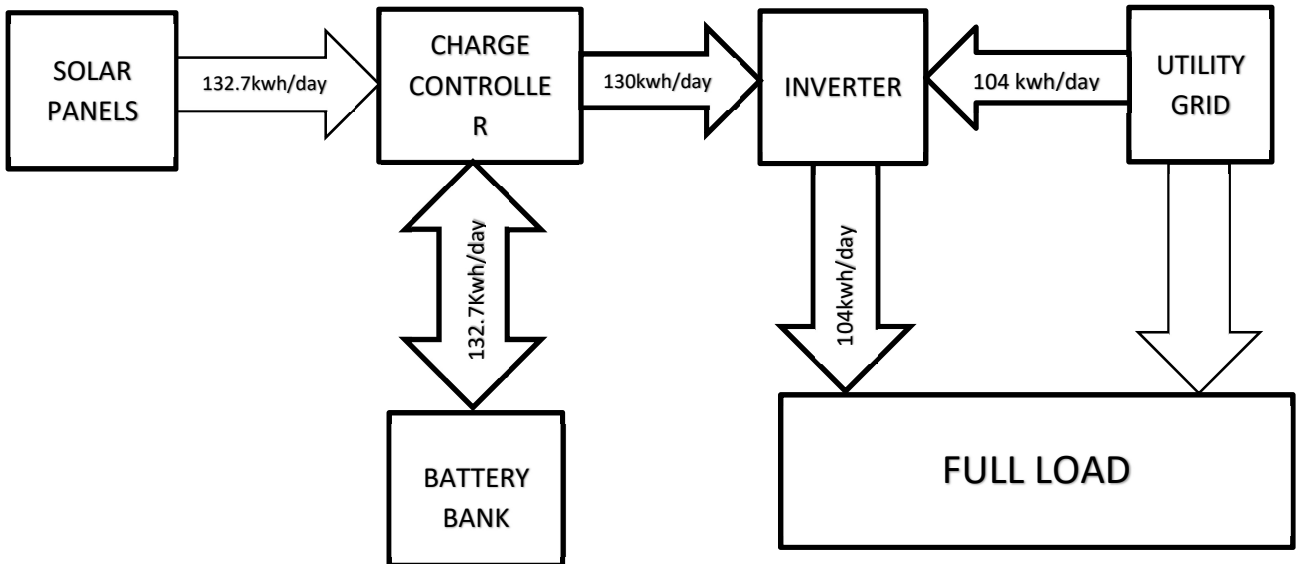


Fig 4.1. Overview of a grid - Photovoltaic hybrid system with the daily load transfer

The area of rooftop required to install the PV module = 1.476 m² × 96 = 141.696m²

Thus, the minimum roof area needed for module installation is 150m². Matlab/Simulink software was used for the simulation of the hybrid system. (Refer to Figure 4.2).

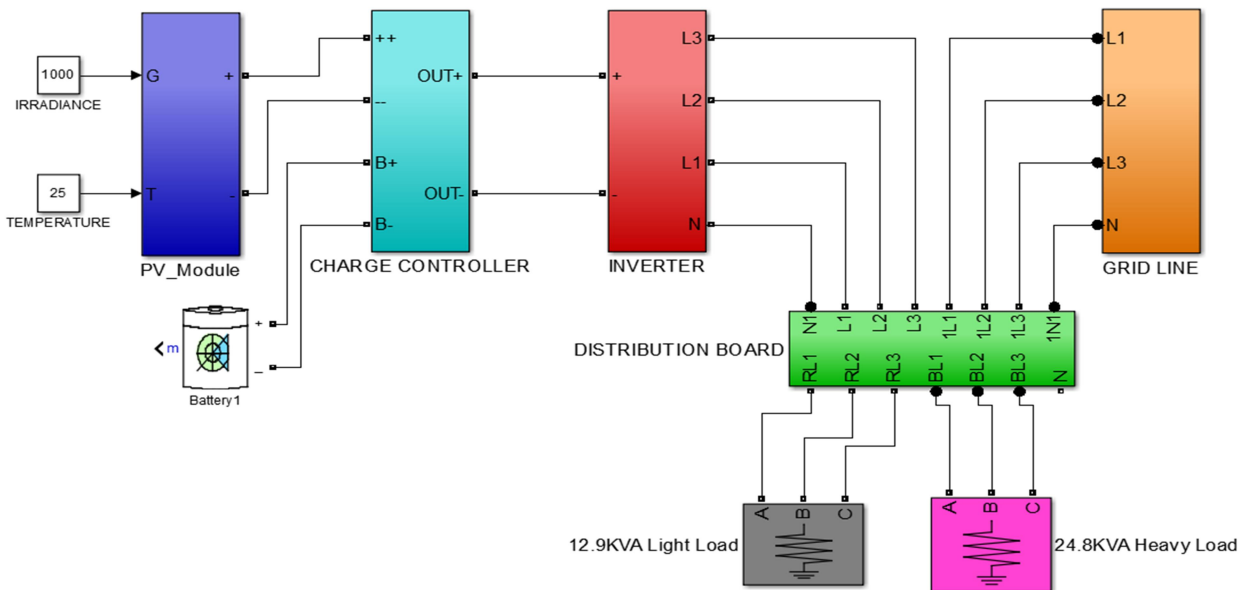


Fig 4.2: Simulink Model of a Photovoltaic Grid hybrid System

Figure 4.2. displays the proposed model of a Photovoltaic grid hybrid System as designed with Matlab/Simulink software. The model comprises of seven components, which are the Pv_Module, Charge Controller, Battery1, Inverter, Grid Line, Distribution Board and the 12.9kVA Light Load/ 24.8kVA Heavy Load. As seen above, the PV_Module generates DC power from the solar energy and then feeds the generated DC power directly to the Charge Controller. The Battery1 also feeds stored DC power and receives charging DC power directly from/ to the Charge Controller. The Charge Controller which receives DC power from the different sources regulates and controls this DC power before finally feeding to the Inverter and also to Battery1 during charging. The Inverter now receives the DC power from the Charge Controller and finally converts it to AC power which is required by the 12.9kVA Light Load but feeds it through the Distribution Board. The Grid line provides the other AC power required by the

24.8kVA Heavy Load and also feeds them through the Distribution Board.

4.5.Simulation using PVSyst V6.7™ simulation software

The system is further simulated using PVSyst V6.7™ simulation software using the same input parameters for the PV sizing. It is observed that the months of June - August gives a much lower solar energy yield as compared to the other months. This is majorly attributed to the drop in the solar irradiation for those months of about 3.042 kWh/day as compared to the Peak Irradiance of 5.242 kWh/day.

Notwithstanding, the available average solar energy was obtained as 55.7 kWh/day, and the User’s energy need was estimated as 50.7 kWh/day. The system has autonomy of 4 days and a loss of load time fraction of 5%. This makes the design to be economically viable. Figure 4.3 presents the comparison between the available solar energy yield and the Users’ energy needs from the months of January to December.

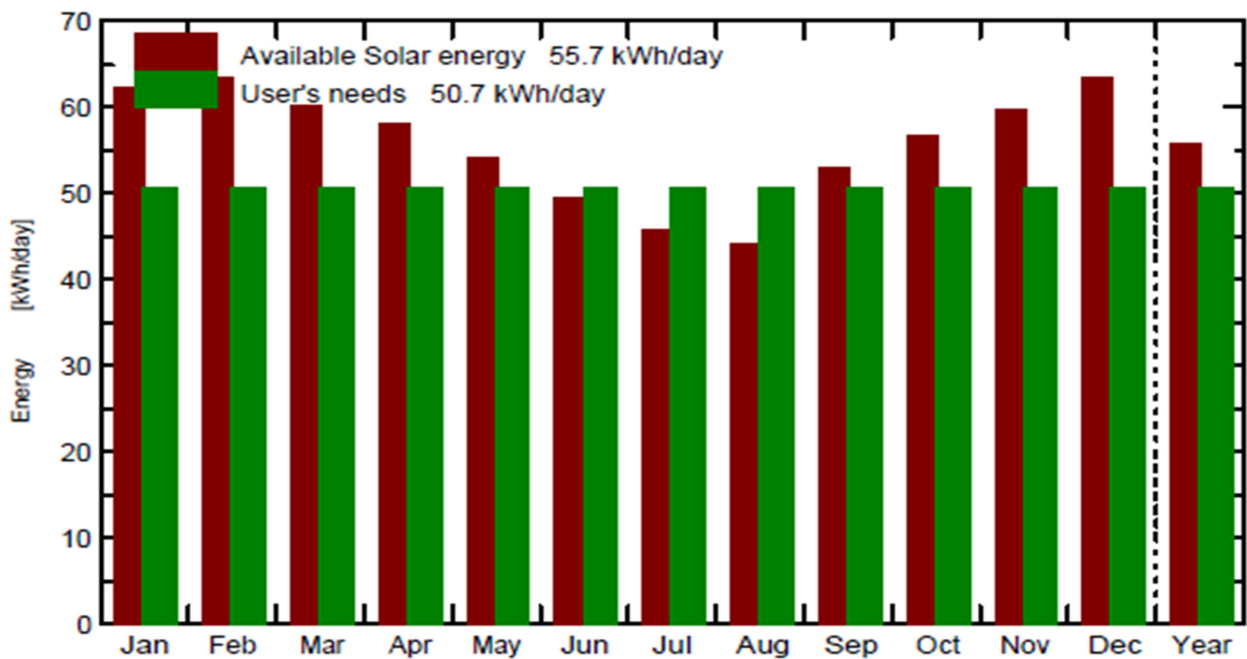


Figure 4.3: Comparison between the solar energy yield and the Users’ energy need

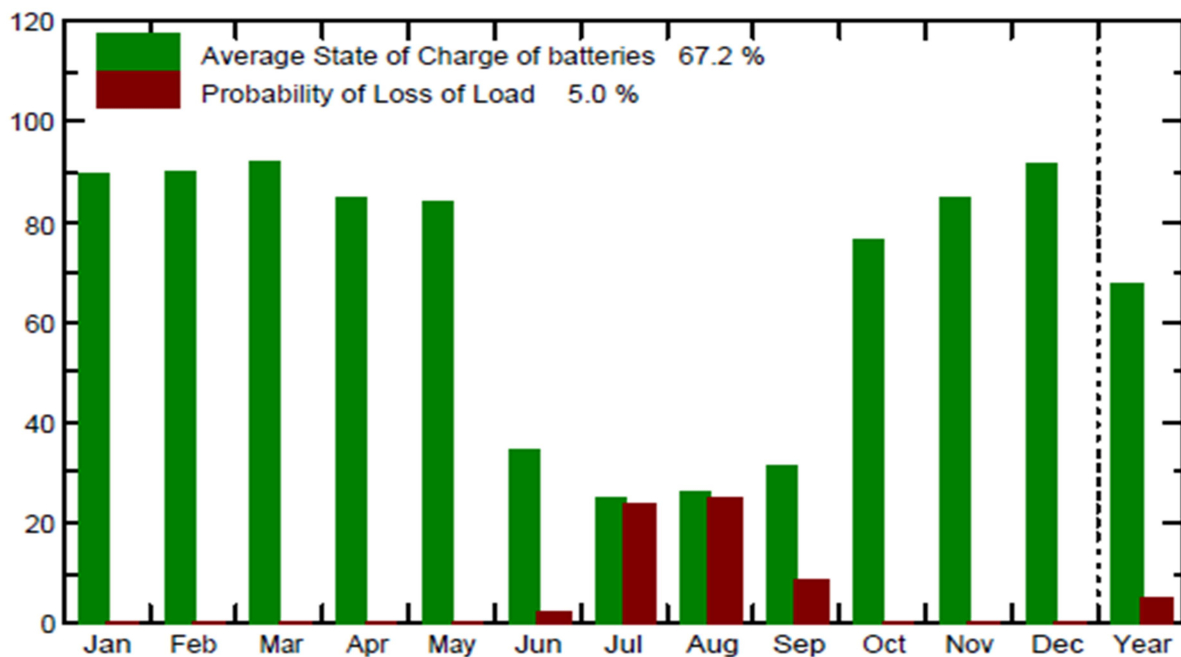


Figure 4.4: Battery State of Charge and loss of Load probability

Figure 4.4 presents the average state of charge (SOC) of batteries to be 67.2 %. Hence, the probability of loss of load is estimated to be 5%

5. Conclusion

component; (1) Solar PV Modules: the basic function of PV module is to convert solar energy directly into electricity. (2) Electrical power source: This is the second source of electrical power, in this case the utility grid. (3) Charge Controllers: these charge controllers control the charging process of the batteries and ensure that batteries are neither overcharged nor undercharged (4) Battery or Battery Bank: excess energy is stored in the battery bank so that it can perform backup function. (5) Inverter: it converts the DC current generated by the solar PV modules and batteries to AC current for AC consumer loads.

The regular business and official activities conducted in the entire building of School of Graduate Studies,

References

- Adeyemi, I.O. and Adelekan, B.A., 2015. Hybrid Solar Power System: Campus Model Solution. *IJAR*.1(11), 447-52.
- Akikur, R.K., Saidur, R. Ping, H.W., Ullah, K.R. 2013. Comparative study of stand-alone and hybrid solar energy systems suitable for off-grid rural

Hybrid photovoltaic system is achieved when the solar power gotten from a photovoltaic system is put into use in combination with another electrical power generated from a different energy source. In this study, the Photovoltaic - Grid hybrid photovoltaic system was used. This system comprises of the following main

requires constant electrical power. Due to unreliable power supply from the grid, local generators are used to augment the National Grid and ensure constant power supply in the School of Graduate studies. This practice faces a lot of enormous logistical challenges making it less cost effective with a very high operating cost. It also has various negative impacts such as noise and air pollution to the environment. This study presents the performance of a proposed photovoltaic – Grid hybrid system in a view to provide a cost effective, clean and reliable solution for power supply deficiency in the School of Graduate studies.

electrification: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*. 27, 738-52

- Al-Refai, M.A., 2014. Optimal design and simulation of a grid-connected photovoltaic (PV) power system for an electrical department in University of Tripoli-Libya. *Engineering and*

Technology *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. **8(6)**, 848-52

- Badwawi R.A, Abusara M., and Mallick T., 2015. A review of hybrid solar PV and wind energy system. *Smart Science*, **3(3)**, 127-138.
- Brian, G. 2015. Design process optimisation of solar photovoltaic systems. Loughborough University. Thesis.
- Eshita, S. T., Hossain, A., Raihan, Md.O., 2010. Design And Simulation of a Solar PV System for Brac University.
- Guangqian, D., Bekhrad, K., Azarikhah, P., and Maleki, A. 2018. A hybrid algorithm based optimization on modeling of grid independent biodiesel-based hybrid solar/wind systems. *Renewable energy*, **122**, 551-560.
- Ilyas, M., Ali, S., and Khan, M.A., 2018. Modeling and Simulation of 10 kW Grid Connected PV Generation System Using Matlab/Simulink. *International Journal of Applied Engineering Research*, **13(24)**, 16962-16970.
- Mahmood, J.R., and Selman, N.H, 2016. Four MATLAB-Simulink models of photovoltaic system. *International Journal of Energy and Environment*, **7(5)**,417.
- Oladeji, A.S., Balogun, O.S., Aliyu, S.O., 2017. Use of standalone photovoltaic system for office building: the case study of national centre for hydropower research and development, Nigeria. *Nigerian Journal of Technology*. **36(4)**, 1208-17
- Rauf, S., Khan, N., 2017. Application of DC-AC hybrid grid and solar photovoltaic generation with battery storage using smart grid. *International Journal of Photoenergy*.
- Tianze, L., 2011. Application and design of solar photovoltaic system.

Güçlendirilen Mevcut Bir Yapının TDY 2007 ile 2018 Yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Tekrar İncelenmesi

Nilay Küçükcaslan¹, Mehmet Fatih Altan²,

^{1,2} İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

e-posta: nilaykucukaslan@stu.aydin.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2776-2879>

Geliş Tarihi:04.04.2021

; Kabul Tarihi: 10.05.2021

Özet

Ülkemiz jeolojik özellikleri açısından deprem tehlike riskinin yüksek olduğu ülkelerden biridir. Türkiye sınırları içerisinde Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay hatları olmak üzere iki adet aktif fay bulunmaktadır. Depremselliğin yüksek olması nedeniyle yapı tasarımında deprem etkilerinin göz önüne alınması gerekliliği ile geçen süre içerisinde yaşanan gelişmeler ve ilerlemeler, deprem yönetmeliğinin güncellenmesini gerekli hale getirmiştir. Bu amaçla, ülkemizdeki yapıların tasarımları yapılırken dikkate alınan kural ve sınırların belirlenmesini sağlayan deprem yönetmeliği 2018 yılında güncellenmiştir. Bu değişiklikten önce kullanılan 2007 yönetmeliğinin minimum değişiklikler dışında 1997 yönetmeliği ile aynı olması nedeniyle yirmi senedir ülkemizde deprem yönetmeliğinin değişmemesi günümüzün gereksinimlerinin karşılanması bakımından gerekli olmuştur. Yönetmeliklerdeki bu değişimin etkilerini araştırabilmek için 1975 yönetmeliğine uygun olarak inşa edilmiş mevcut bir binanın 1999 Marmara depremi sonrasında binanın taşıyıcı sistemlerinde meydana gelen hasar doğrultusunda kolon ve perde elemanlarının bazılarında güçlendirme işlemi yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında İstanbul Bahçelievler ilçesinde bulunan 9 katlı mevcut bir betonarme binanın güçlendirme öncesi ve sonrasındaki deprem performansları 2007 Türk Deprem Yönetmeliği (TDY) ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)'ne göre belirlenmiş ve bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre modellenen binanın deprem performansı arasında önemli farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Güçlendirme;
Performans Analizi;
Deprem Mühendisliği;
TDY-2007;TBDY-2018;

Review Of The Performance Strengthening An Existing Reinforced Concrete Building According To TDY 2007 And 2018 New TBDY

Abstract

Our country is one of the countries with high risk of earthquake in terms of its geological features. Within the borders of Turkey, including the Anatolian fault line has two active North Anatolian fault and East. Due to the high seismicity, the necessity of taking into account the effects of earthquakes in building design, and the developments and progress in the past time made it necessary to update the earthquake regulation. For this purpose, the earthquake regulation, which enables the determination of the rules and boundaries taken into account while designing the buildings in our country, was updated in 2018. Since the 2007 regulation used before this change was the same as the 1997 regulation except for minimum changes, the earthquake regulation in our country has not changed for twenty years in order to meet today's requirements. To investigate the effects of this change in regulation of an existing built according to the 1975 building regulations 1999 Marmara earthquake after some in the strengthening process of the column and wall elements in accordance with the damage occurring in the building's structural system is made. In this study, Istanbul Bahçelievler before retrofitting an existing 9-storey concrete building in the district and after the earthquake performance of 2007 Turkish Earthquake Code (TDY) and 2018 Turkey Building Earthquake Code (TBDY) compared the results found. As a result of the study, it was determined that there are significant differences between the earthquake performance of the building modeled according to the 2007 and 2018 earthquake regulations.

Keywords

Reinforcement;
Performance Analysis;
Earthquake;
Engineering; TDY-2007;
TBDY-2018;

1.Giriş

Ülkemizdeki mevcut yapı stoğu incelendiğinde birçok yapının riskli yapı sınıfında olduğu görülmektedir. Onarım ve güçlendirme çalışmalarının gerekliliğinin tespitinden sonra, bu yöntemlerin uygulanmasında oldukça dikkatli olmak önem arz etmektedir. Yanlış yapılan bir onarım ve güçlendirme çalışması yapıyı olumsuz etkileyebileceğinden dolayı gereken özen gösterilmelidir. Son yıllarda ülkemizde kullanılmakta olan yönetmelik bu konuda olumlu sonuçlar doğurması beklenen çalışmaların geçte olsa başlamasına sebep olmuş ve bu kapsamda büyükşehirlerden başlanarak geniş çaplı güçlendirme çalışmaları yapılması, depreme karşı zayıf olan yapıların ise yıkılıp yeniden yapılması çalışmaları başlatılmıştır (Deneme İ.Ö., ve Demirkan D.,2018). 2018 yönetmeliğinden önce ülkemizde yürürlükte olan 2007 deprem yönetmeliğindeki hesap esaslarının birçoğu 1998 yönetmeliği ile birlikte kullanıma geçmiştir. İki yönetmelikte 1998 yönetmeliğinden 2007 yönetmeliğine geçilirken yapılan; çelik yapılar için depreme dayanıklı yapı tasarımı bölümünün detaylandırması, mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi gibi bölümlerin eklenmesi, 1998 yönetmeliğinde yer alan ahşap ve kerpiç binaların depreme dayanıklı tasarımına ait bölümlerin kaldırılması gibi ufak çaplı değişiklikler dışında 1998 yönetmeliği ile 2007 yönetmeliği benzer özellikler göstermektedir (Tunç G., Tanfener T. ,2016).

Onarım görmüş bir bina için güçlendirme veya yıkım kararı alınırken, ekonomik açıdan değerlendirmenin yanı sıra bazı önemli kriterlerinde göz önüne alınması gerekmektedir. Yapının servis ömrünün tamamlayıp tamamlamadığı, çevresel şartlar, teknolojik olanaklar ve yıkılıp yeniden yapım gibi durumlar nedeniyle binayı güçlendirmenin ekonomik olarak uygun olmadığı anlaşılabilir. İstanbul'da Aralık ayında

toplanan Deprem Çalıştay'ında öncelikli olarak İstanbul'daki mevcut risk durumu hakkında bilgi verilmiş ve İBB tarafından 2019 yılı içinde Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü yürütücülüğünde tamamlanan Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi İşi kapsamında üretilmiş hasar öngörülerine dair analiz sonuçları özetlenmiş; İstanbul'daki 1.166.000 binanın büyük bir kısmının deprem riskinin yüksek olduğunu, M=7.5 büyüklüğündeki olası bir deprem senaryosuna göre de 194.000 binanın orta+ağır+çok ağır hasar alabileceği, 48.000 binanın da ağır+çok ağır hasar alabileceği, binlerce can kaybı yaşanabileceği, 463 hasarlı içme suyu noktasının, 1045 hasarlı atık su noktasının ve 355 hasarlı doğalgaz noktasının zarar görebileceği ifade edilmiştir (İstanbul Deprem Çalıştay,2019).

Deprem mühendisliğinin en önemli bölümü, yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının değerlendirilerek gerekli önlemlerin alınmasından oluşmaktadır. Yapının tamamının göçmesi veya bir bölümünün göçmesi nedeniyle önemli can kayıpları ve yaralanmalar oluşmaktadır. Bu nedenle mevcut olan binaların zayıf yönlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Betonarme yapıların deprem performansı belirlenirken deprem etkisi ile yapıda oluşabilecek hasarın düzeyi ve dağılımı önem arz etmektedir (Balıkcı İ.,2019). Konuyla ilgili literatürde bulunan çalışmalarda 1975 ve 2007 deprem yönetmelikleri ile 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinin karşılaştırılması yapılarak çeşitli analiz programları ile performans analizlerinin yapıldığı görülmektedir (Oral K. (2005), Akdeniz İ.(2008), Tosun M.(2009), Özmen, H.B. ve İnel, M.(2011), Erol C.(2014), Keleşoğlu, Ö., vd. 2017), Demir, A. ve Kayhan, A.H.(2017), Keskin, E. ve Bozdoğan, K.B.(2018)).

Yapılan bu çalışmada ise 1975 yönetmeliğine uygun olarak inşa edilmiş mevcut bir binanın, 1999 Marmara depreminden sonra taşıyıcı

sisteminde oluşan hasarlar nedeniyle kolon ve perde elemanlarına mantolama şeklinde güçlendirme işlemi yapılmış ve o dönemin güçlendirme yapıldığı taşıyıcı elemanlarının rijitlik, dayanım, süneklik gibi yapısal parametrelerinin TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre araştırılması ve farklılıkların incelenmesi bu tezin amaçları arasındadır.

Çalışma kapsamında yeni yönetmeliğe göre çözümlenmek üzere modellenen binanın deprem hesaplarında, eski yönetmeliğe kıyasla oluşan sayısal farklılıklar ve bu farklılıkların yapı elemanlarının güçlendirme yapılmadan önceki durumu ile güçlendirme yapıldıktan sonraki tasarımına etkileri irdelenmiştir. Geçmiş yıllardan beri inşaat mühendisliği alanında yoğun şekilde çalışılan ve pek çok binanın yıkılması ya da kullanılmaya devam edilmesi yönünde kararların alınmasına vesile olan deprem performansı hesaplama yaklaşımı detaylı bir şekilde değerlendirilecektir. Bu kapsamda mevcut binaların belirtilen yönetmeliklere göre değişen kapasite eğrileri, talep spektrumları ve performans seviyeleri karşılaştırılmaktadır. Böylelikle yeni yönetmelik kapsamında yapılan düzenlemelerin mevcut binaların ve güçlendirilmiş mevcut binaların 2007 ve 2018 yönetmelikleri açısından deprem davranışlarının değerlendirmesi açısından önemi araştırılmış olacaktır. Yapılan performans analizleri sonucunda yapıların, depreme karşı yeterliliği ve yapıldığı dönem sonrasında meydana gelen her türlü gelişmelere uygunluğu irdelenerek, mevcut yapının deprem durumunda güvenli olup olmadığı kontrol edilecek ve bu çalışma ile iki yönetmelik arasındaki farklılıklar incelenecektir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Mevcut Betonarme Binanın Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi

İnceleme konusu bina İstanbul ili Bahçelievler ilçesinde bulunmaktadır. 1986 yılında yapımı tamamlanan bina ayırık nizamlı ve bodrum kat, zemin kat ve yedi normal kat olmak üzere toplam dokuz katlı binadan oluşmaktadır (Şekil

1). Bina betonarme olup, çerçeve taşıyıcı sisteme sahiptir ve döşeme sistemi tüm katlarda asmolon döşemedir. 1999 depremi sonrasında hasar gören binaya güçlendirme yapılmıştır. Yapının deprem performansı değerlendirmesinde kullanılan bazı önemli parametreler aşağıda listelenmiştir:

- ❖ Zemin Sınıfı: ZD ~ Z2
- ❖ Deprem Bölgesi: 1 ($A_0=0,40$)
- ❖ Yapı Davranış Katsayısı (R) : 4
- ❖ Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n): 0,3
- ❖ Bina Bilgi Düzeyi Katsayısı: 0,9
- ❖ Bina Taşıyıcı Sistemi: Betonarme Çerçeve
- ❖ Beton Sınıfı: C10, C25 (güçlendirme betonu)
- ❖ Kullanım Amacı: Konut
- ❖ Donatı Sınıfı: S220
- ❖ Etriye Çapı: 8mm

TBDY 2018' de yerel zemin sınıfları dörtten (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4) altıya ($Z_A, Z_B, Z_C, Z_D, Z_E, Z_F$) çıkarılmıştır (Biltekin, M.E, vd., 2019). İnceleme yapılan mevcut binanın zemin sınıfı TBDY-2018'e göre hesap analizinde ZD zemin sınıfı kabul edilmiştir. Tasarım yapılan binada 2007 yönetmeliğine göre Z4 zemin sınıfı seçilmiştir.



Şekil 1. Binanın ön cepheden ve sağ yan cepheden görünüşü

2.2.Yapıdan Bilgi Toplanması

Bu çalışmaya konu olan yapının inceleme katı zemin kat olarak seçilmiştir. Zemin kattan toplamda 6 adet karot numunesi alınmış ve Schmidt okuması yapılmıştır. Mevcut binanın kolonlarında donatı tespiti yapılarak karot

numuneleri üzerinde karbonatlaşma testi uygulanmıştır. Binaya daha önceden güçlendirme yapıldığından güçlendirme yapılan perdelerden 3 adet karot alınmıştır. Binanın mimari ve statik projesi olduğundan dolayı proje kontrolü yapılarak, yapı bilgisayar ortamında modellenerek STA4CAD programında "Riskli yapı tespit Yönetmeliği" esaslarına göre TDY-2007 ile TBDY-2018'e göre analiz edilmiştir.

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilir (DBYBHY 07, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik). Binalardan toplanan bilgiler doğrultusunda bilgi düzeyi Çizelge 1'e göre belirlenir. Binanın statik projesi olmasına rağmen mevcut bina yerinde incelendiğinde statik projesinde farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir.

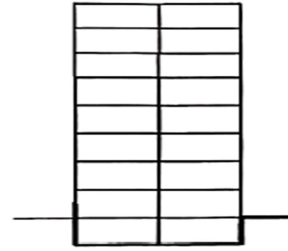
Çizelge 1. Bina Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Asgari	0.90
Kapsamlı	1.00

2.3.Yapının Taşıyıcı Sistem Rölevesi

Kritik kat rölevesi belirlenen yapının taşıyıcı sistem özellikleri çıkartılarak bina hesabında bu özelliklerden yararlanılır. Kritik kat, rijitliği diğer katlara oranla çok küçük olan veya yanal ötelenmesi zemin tarafından tutulmamış en alt bina katıdır. Alınan kritik kat rölevesinde o katın kalıp planı çıkartılır. Bu plan üzerinde aks açıklıkları, taşıyıcı sistem eleman boyutları

açıkça belirtilmelidir. Ayrıca kat adedi ve yükseklikleri röleve üzerinde belirtilmelidir. Yapının inceleme katı zemin kat olduğundan ve bina düzenli plan geometrisine sahip betonarme bir bina olmasından dolayı rölevesi alınmıştır. Binanın krokisi (Şekil 2), üç boyutlu görünüşü (Şekil 3), yapı-zemin etkileşimi X-X ve Y-Y kesitleri (Şekil 4, Şekil 5) ile yapının taşıyıcı sistem rölevesi Şekil 6'da verilmiştir.



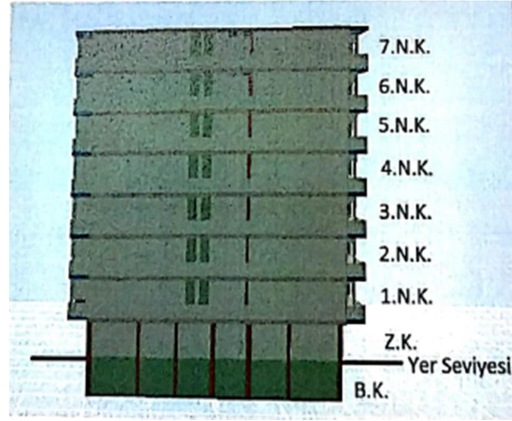
Şekil 2. Binanın krokisi



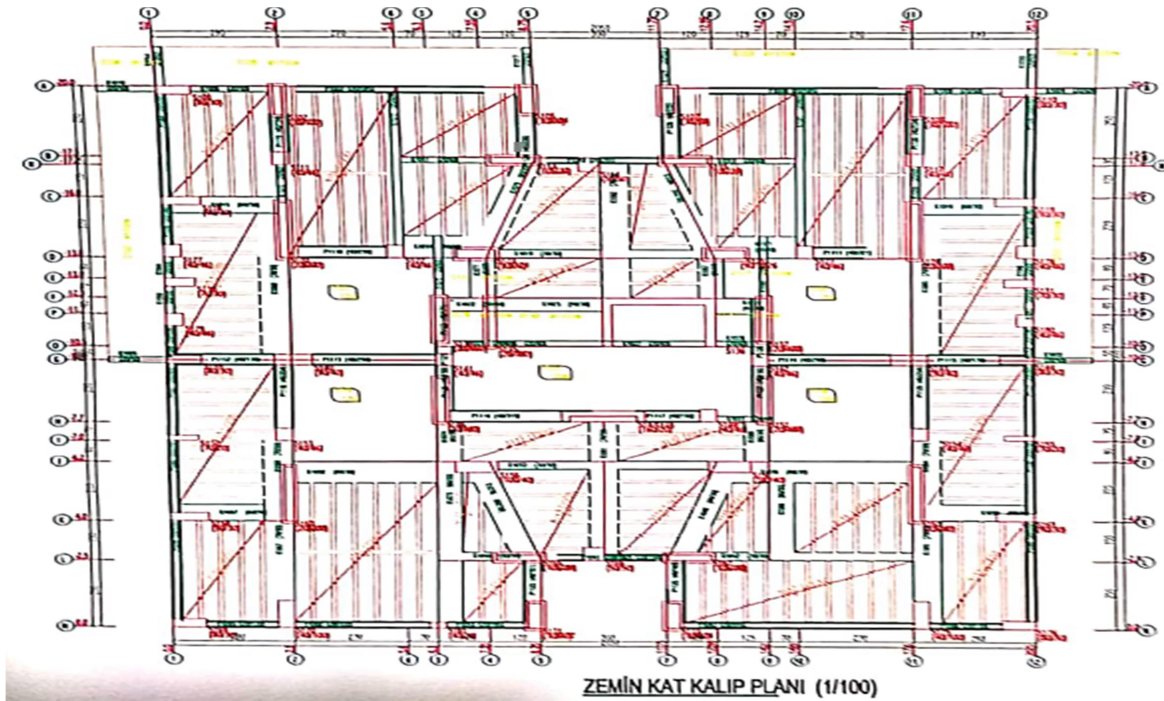
Şekil 3. Üç boyutlu görünüşü



Şekil 4. Yapı ve zemin etkileşimi (X-X kesiti)



Şekil 5. Yapı ve zemin etkileşimi (Y-Y kesiti)



Şekil 6. Taşıyıcı sistem projesi veya rölevesi

2.4.Yapının Eleman Detayları

Bu alt başlıkta mevcut kolon ve perdelerin beton dayanımının belirlenmesi, donatı sınıfı, donatı düzeni ve donatı miktarının belirlenmesi ve binanın zemin özelliklerinin belirlenmesi için zemin etüt çalışması yapılması ve son olarak elde edilen veriler doğrultusunda binanın 3 boyutlu modelinin oluşturularak performans analizinin gerçekleştirilmesi adımları izlenecektir.

2.4.1.Tahribatlı Yöntem ile Kolon/Perde Donatı Sıyırma İşlemi

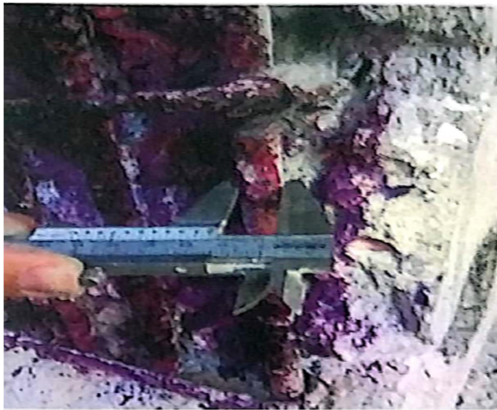
Donatı kalite ve düzeninin belirlenebilmesi amacıyla binanın bazı kolon ve perdelerinde beton örtüsü sıyırma işlemi yapılmıştır. Bu sıyırma işlemi zemin katta üç adet kolonda, bodrum katta iki adet kolonda ve bir adet güçlendirme perdesinde donatı sıyırma yapılmıştır. Çizelge 2'de ve Şekil 7 ve Şekil 8'de gerçekleştirilen kolon/perde donatı sıyırma gösterilmektedir.



Şekil 7. Zemin kat Kolon sıyırma



Şekil 8. Zemin kat Kolonu enine donatı tespiti



Şekil 9. Bodrum kat Kolonu boyuna donatı tespiti

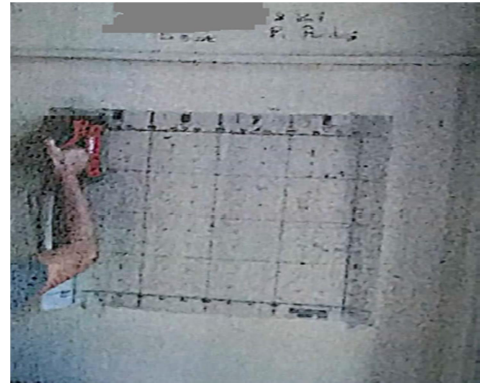
Çizelge 2. Kolon/Perde Tahribatlı Donatı Tespiti

Taşıyıcı Eleman No	Ebat (cm)	Boyuna Donatı Çap (mm)/A det	Sargı Bölgesi Çap (mm)/Aralık (cm)	Orta Bölge Çap (mm)/Aralık (cm)
B.Kat B13	90/30	10Ø16	15	25
B.Kat B64	40/100	20Ø14	15	25
B.Kat P4	*	Ø14/15	15	25
Z.Kat Z52	90/30	10Ø14	15	25
Z.Kat Z64	40/100	20Ø14	15	25
Z.Kat Z65	80/30	12Ø14	15	25

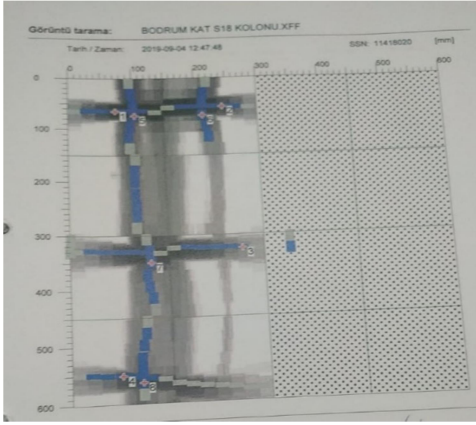
B.Kat: Bodrum Kat, Z.Kat: Zemin Kat

2.4.2. Tahribatsız Yöntem ile Kolon/Perde Donatı Tespit İşlemi (Röntgen)

Tahribatsız yöntemle cihaz (röntgen) vasıtasıyla hasarsız donatı taraması gerçekleştirilebilmektedir. Binanın zemin katında üç adet donatı okuması ve bodrum katında da iki adet güçlendirme perdesinde donatı okuması yapılmıştır. Şekil 10 ve Şekil 11'de okuma yapılan kolonlar örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 10. Bodrum kat perdesi tahribatsız donatı tespiti (röntgen cihazı ile)



Şekil 11. Bodrum kat perdesi donatı görüntüsü tarama (röntgen cihazı ile)

2.4.3. Kolon/Perde Donatı Gerçekleşme Katsayısı

Betonarme taşıyıcı elemanlar üzerinde yapılan sıyırma ve tarama işlemleri ile elde edilen verilerin sonucunda, taşıyıcı sistemde bulunan mevcut donatı miktarının yapının yapıldığı yıl geçerli olan yönetmeliğin gerektirdiği min. donatı miktarına oranı ile ortaya çıkan “Donatı Gerçekleşme Katsayısı” belirlenmektedir. Bu değer donatı tespiti yapılamayan diğer tüm elemanlara uygulanarak mevcut durumdaki olası donatı miktarları belirlenir. Bir tahmin durumu söz konusu olduğu için yönetmelikte de belirtildiği üzere hesaplamalarda kullanılan bu katsayı güvenli tarafta kalmak adına maksimum 1 (%100) değerini alabilir. Katsayının 1 değerini alması binanın yapıldığı yıl geçerli olan yönetmelik koşullarına göre elemanlarda olması gereken minimum donatı miktarının mevcut durumda sağlanmış olduğu anlamına gelmektedir (Yüzbaşı J., ve Yerli H., 2018).

2.4.4. Donatı korozyon oranının Bulunması

Donatı korozyonu, materyalin kimyasal ya da elektrokimyasal yolla bozunması olarak tanımlanabilmektedir. Betonarme yapılarda kullanılan donatının korozyona uğraması sonucunda pas oluşmaktadır. İnceleme yapılan kolonlardaki sıyırma işlemi sonucunda zemin kat ve bodrum kat kolonları korozyona maruz

kalmıştır ancak korozyon çap kaybına sebep olmadığı için performans analizinde korozyon sıfır alınacaktır.

2.4.5. Tahribatlı Yöntem ile Beton

Dayanımının Bulunması

Yapıda kullanılmış olan mevcut beton kalitesinin dayanımının belirlenmesi için zemin kat taşıyıcı sistem elemanlarından alınan beton numuneler basınç dayanımı testine tabi tutularak beton sınıfı belirlenmiştir. Bu dayanım belirlenen standart sapma neticesinde ortalama bir değeri yansıtmaktadır. Binanın zemin katından (inceleme katı) altı adet karot numunesi alınmıştır (Şekil 12). Güçlendirme yapılan elemanlardan dört adet karot numunesi alınmıştır. Alınan karot basınç dayanımları Çizelge 4 ve 5’te açıkça gösterilmektedir.



Şekil 12. Kolon ve Güçlendirme Elemanlarından alınan karot numuneleri

Çizelge 3. Zemin Kat Karot Numuneleri Basınç Dayanımları

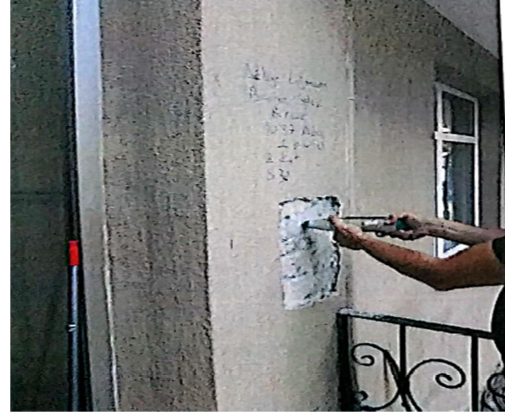
Deney No.	Küp Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	10,02
2	6,52
3	18,25
4	11,33
5	6,52
6	15,71
Ortalama	9,68

Çizelge 4. Zemin Kat Güçlendirme Elemanları Karot Numunesi Basınç Dayanımları

Deney No.	Küp Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	27,84
2	30,50
3	18,93
4	38,90
Ortalama	29,05

2.4.6. Tahribatsız Yöntem ile Beton Dayanımının Bulunması

Tahribatsız deneyler, bir malzemenin gelecekteki faydasını etkilemeyecek teknolojilerle incelenerek, betonun yerinde değerlendirilmesi, zararın derecesinin belirlenmesi, nitelik güvencesi, fiziksel özelliklerin (yoğunluk, elastisite modülü, dayanım ve sıklığın) belirlenmesinde kullanılır (Tikalysky P., 2004). İnceleme katı olan zemin katta on iki adet kolonda tahribatsız yöntem (beton test çekici) ile beton dayanımı tespiti yapılmıştır. Deney raporu Çizelge 6'da ve çalışma yapılan elemanlardan örnek olarak Şekil 13'te gösterilmektedir.

**Şekil 13.** Zemin kat kolonu Schmidt test çekici ile beton dayanımının belirlenmesi**Çizelge 5.** Tahribatsız Yöntem İle Beton Dayanımı Belirlenen Kolonlar

Taşıyıcı Eleman No.	Schmidt Hammer Cihazı ile Ölçülen Beton Dayanım Değeri (kgf/cm ²)
Zemin Kat SZ01 Kolonu	10,71
Zemin Kat SZ06 Kolonu	9,93
Zemin Kat SZ44 Kolonu	7,75
Zemin Kat SZ47 Kolonu	10,05
Zemin Kat SZ51 Kolonu	8,72
Zemin Kat SZ52 Kolonu	14,34
Zemin Kat SZ55 Kolonu	18,75
Zemin Kat SZ59 Kolonu	13,99
Zemin Kat SZ62 Kolonu	22,56
Zemin Kat SZ63 Kolonu	24,47
Zemin Kat SZ64 Kolonu	13,99
Zemin Kat SZ65 Kolonu	11,49

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

İstanbul ili Bahçelievler ilçesinde yer alan bir bodrum kat, zemin kat ve yedi normal kattan oluşan binanın birinci deprem bölgesinde yer alması ile düşey ve deprem yükleri altındaki davranışı STA4-Cad yapısal analiz programı kapsamında TDY-2007 ile TBDY-2018 yönetmeliklerine göre incelenmiştir. Buna göre hesaplarda öngörülen kabuller aşağıda sıralanmıştır.

- ❖ Modellemede yerel zemin sınıfı Z4, zemin grubu "D" olarak alınmıştır.
- ❖ Güçlendirme yapılan kolon ve perdelerin beton basınç dayanımı C25, güçlendirme yapılmayan mevcut binanın taşıyıcı sisteminin beton basınç dayanımı C10

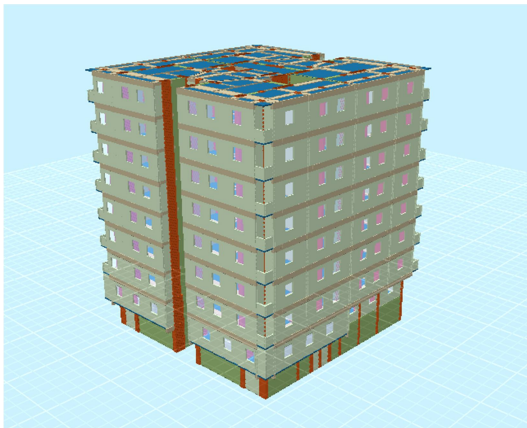
olarak belirlenerek proje analizinde uygulanmıştır.

- ❖ Deprem yönetmeliğinde tanımlanan “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ve Mod Birleştirme Hesap Yöntemi” birlikte kullanılarak deprem güvenlik analizi yapılmıştır.
- ❖ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-Örnekler Kitabı’nda yapılan örnekler esas alınarak taban kolonlarının veya perdelerinin temele ankastre olduğu varsayılarak analiz modeli oluşturulmuştur.

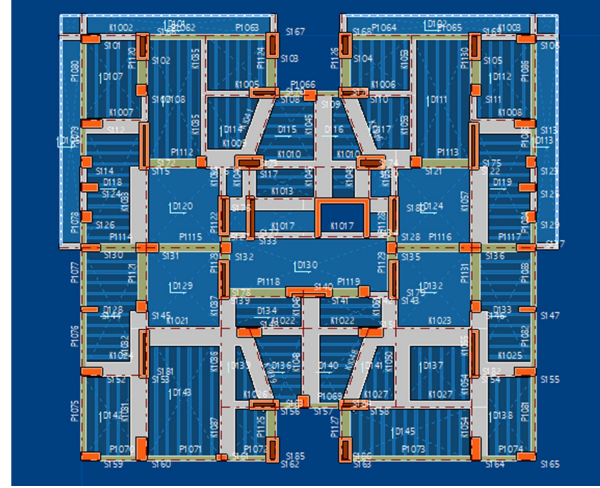
Bu çalışma kapsamında temel çukuru açılması aşağıdaki şartlara bağlı olarak değerlendirme dışı bırakılmıştır.

- ❖ Binada temel oturmasından kaynaklanan herhangi bir hasarın bulunmaması,
- ❖ Binanın üst yapısının deprem güvenlik düzeyinin yetersiz olması
- ❖ Bina güçlendirme projesinin var olan mevcut güçlendirme analizi dışında tekrar bir güçlendirme projesi hazırlanması kapsamı dışındadır.

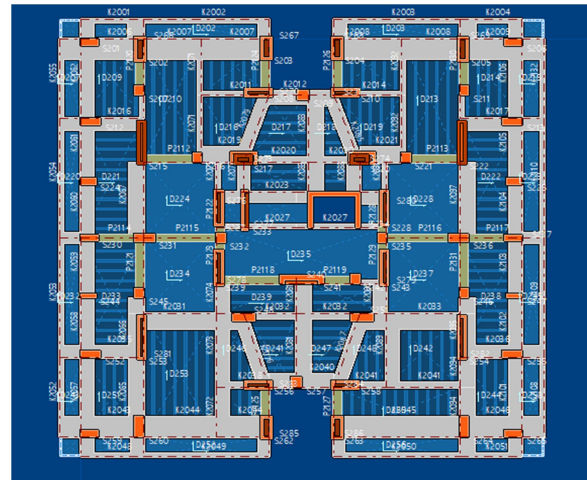
Binanın mevcut yapı modeli Şekil 14’te, bodrum kat planı Şekil 15’te, zemin kat planı Şekil 16’da ve normal kat planı Şekil 17’de gösterilmiştir.



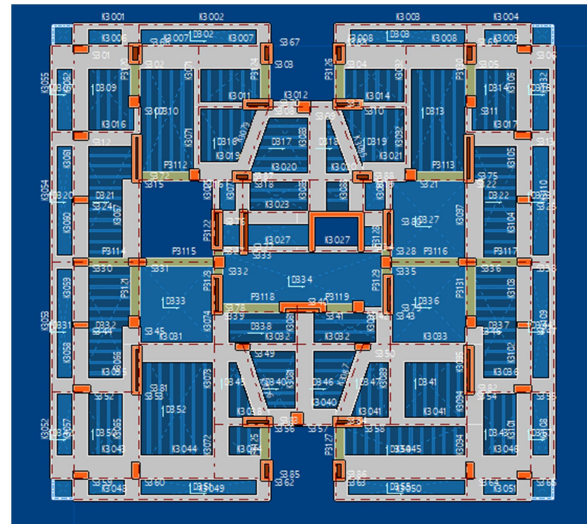
Şekil 14. Mevcut yapı modeli



Şekil 15. (Sta4cad Programı) Bodrum Kat Planı



Şekil 16. (Sta4cad Programı) Zemin Kat Planı



Şekil 17. (Sta4cad Programı) Normal Kat Planı

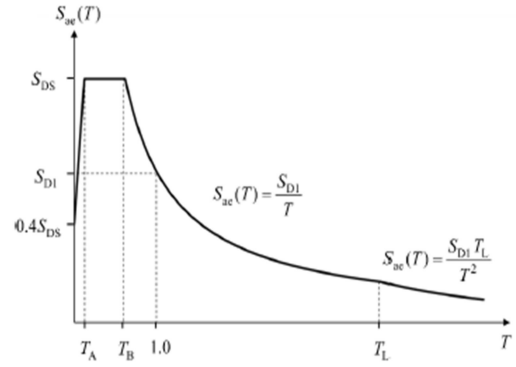
3.1 Mevcut Binanın Deprem Performansının TDY-2007'ye Göre Belirlenmesi

Yapı performans seviyesi; yapıda kullanılan malzeme ve kesitlerin, taşıyıcı elemanlarının kapasitelerine ne zaman ulaştığına, kapasitelerinin ne kadarının kullanıldığına bakılarak belirlenmektedir. Kesit hasar sınırları eleman hasar sınırlarını, eleman hasar sınırları ise taşıyıcı sistemin performans sınırlarını belirlemektedir. Bahsedilen değerlendirmeler yapının her iki doğrultusunda (X ve Y) ve her kat için yapılmalıdır (Celep Z.,2017).

TDY-2007 deprem yönetmeliğinde binaların kullanım amacına ve türüne göre sağlamaları gereken performans düzeyleri farklılık göstermektedir. Bu çalışmada ele alınan binanın 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlaması beklenmektedir.

3.2.Mevcut Binanın Deprem Performansının Yeni TBDY-2018'e Göre Belirlenmesi

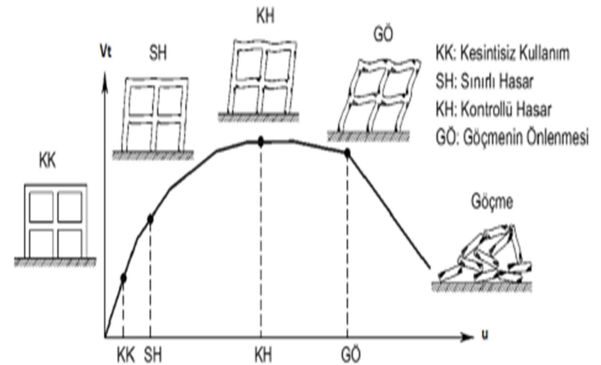
TBDY 2018 yönetmeliğine göre kapasiteleri elde edilen yapı modelinin deplasman talebi deprem yer hareketi düzeyi-2 (DD-2)'ye göre belirlenmektedir. DD-2 deprem yer hareketi, yönetmelikte spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketi olarak açıklanmaktadır. TDY 2007 deprem yönetmeliğinde yapıların zemin sınıfına bağlı olarak değişen spektral ivme grafiği, 2018 yönetmeliğinde yapıların konumu ile ilişkilendirilmektedir (Şekil 4.1). Yatay elastik tasarım spektrum eğrileri ile belirlenen binaların deprem performansının hesabı için izlenen adımlar TBDY- 2018 yönetmeliğinde TDY- 2007 ile benzer şekilde açıklanmıştır.



Şekil 18. TBDY-2018'e göre yatay elastik tasarım spektrumu

TBDY-2018'e göre mevcut bina için performans hedefinin bina kullanım sınıfı, deprem tasarım sınıfı ve binanın serbest yüksekliği gibi çeşitli parametrelere bağlı olduğu görülmektedir. Deprem tasarım sınıfı, yapının bulunduğu sahanın deprem tehlikesini yansıtan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına (*SDS*) bağlı bir parametredir.

Mevcut binanın deprem performansı, gerçekleşecek olan deprem etkisinde binada meydana gelecek hasarın miktarına bağlı olarak TBDY-2018'de dört hasar durumu esas alınarak belirtilmiştir. Şekil 19'da TBDY 2018'e göre bina performans düzeyleri gösterilmiştir.



Şekil 19. TBDY-2018'e göre bina performans düzeyi

3.3 Orta Ölçekli Deprem Etkisi Altındaki Binanın (Güçlendirmesiz) TDY-2007 ile TBDY-2018 Yönetmeliklerine göre Performans Analizinin Yapılması

Bu çalışmada yapılan performans analizleri sonucunda mevcut binadaki taşıyıcı elemanlara güçlendirme yapılmadığını varsayarak TDY-2007 ile TBDY-2018'in 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan orta ölçekli bir deprem etkisi altında, binaya ait kiriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri X ve Y doğrultularındaki deprem analizleri gerçekleştirilmiştir.

Türk Deprem Yönetmeliği 2007'ye göre yapının "Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi"nin sağlanması için herhangi bir katta sağlanması gereken şartlar şunlardır (DBYBHY 07, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik):

- ❖ İkincil kirişler dışındaki diğer kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
- ❖ Diğer taşıyıcı elemanların hiçbiri İleri Hasar Bölgesi'ni aşmamış olmalıdır. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmamalıdır (DBYBHY,2007).
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre yapının her bir deprem doğrultusu için yapılan hesaplar sonucunda "Kontrollü Hasar Performans Düzeyi"nin sağlanabilmesi için herhangi bir katta sağlanması gereken koşullar şunlardır(TBDY,2018) :
- ❖ İkincil kirişler hariç diğer kirişlerin en fazla %35'i İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- ❖ İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu oran en fazla %40 olmalıdır.
- ❖ Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Belirgin Hasar Bölgesi'ni aşmamalıdır. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin

ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen mevcut bina için elde edilen veriler, bu yapının orta ölçekli bir deprem etkisinde güçlendirme yapılmadığını varsayarsak TDY-2007'ye göre "Göçmenin Önlenmesi" performans düzeyini sağlayamadığını göstermektedir. TBDY-2018'e göre "Kontrollü Hasar" performans düzeyini sağlayamadığını ve göçme durumunda olduğunu göstermektedir.

TDY-2007 Yönetmeliğine göre binanın güçlendirme yapılmadan önceki durumu performans analizi sonucunda göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolünün sağlanamadığı görülmektedir (Çizelge 7,8,9).

- ❖ Bina yatay yük kapasite oranı 2.kat:
 $V_r/V_e=529.55/4019.81=0.132$
- ❖ Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%27.1 > %20
- ❖ Göçme durumu, Güçlendirme gereklidir (Can güvenliği).
- ❖ **Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:**
- ❖ Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%27.1 > %20

TBDY-2018 Yönetmeliğine göre binanın güçlendirme yapılmadan önceki durumu performans analizi sonucunda kontrollü hasar yeterlilik kontrolünün sağlanamadığı, göçme durumunda olduğu görülmektedir (Çizelge 10,11,12).

- ❖ Göçme durumu, Kontrollü Hasar performansı sağlanamamıştır.
- ❖ Üst kat V_c oranı=%67.9 > %40
- ❖ **Kontrollü hasar bölgesi yeterlilik kontrolü:**

- ❖ Kiriş Hasar oranı: (IH=%61.0 > %35) (GB=%6.8 > %0)
- ❖ Kolon Hasar oranı: (IH=%65.3 > %20) (GB=%76.1 > %0)
- ❖ Üst kat V_c oranı: (IH=%2.5 ≤ %40) (GB=%67.9 > %0)
- ❖ Plastikleşen kolon V_c oranı: (IH+GB=%65.0 > %30)

Çizelge 6. TDY 2007(Güçlendirmesiz) Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	KIRIŞ HASAR YÜZDELERİ															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	80.9	8.5	4.3	6.4	80.9	12.8	2.1	4.3	37.5	29.2	18.8	14.6	45.8	31.3	20.8	2.1
8	72.3	14.9	4.3	8.5	74.5	19.1	2.1	4.3	25.0	35.4	16.7	22.9	29.2	37.5	25.0	8.3
7	68.1	17.0	4.3	10.6	68.1	25.5	2.1	4.3	25.0	33.3	14.6	27.1	29.2	37.5	22.9	10.4
6	59.6	25.5	4.3	10.6	66.0	25.5	4.3	4.3	25.0	31.3	16.7	27.1	29.2	37.5	22.9	10.4
5	57.4	25.5	10.6	6.4	61.7	27.7	4.3	6.4	25.0	31.3	18.8	25.0	25.0	41.7	22.9	10.4
4	59.6	23.4	10.6	6.4	57.4	31.9	6.4	4.3	25.0	33.8	25.0	16.7	25.0	43.8	22.9	8.3
3	66.0	19.1	8.5	6.4	63.8	25.5	6.4	4.3	27.1	43.8	25.0	4.2	27.1	56.3	14.6	2.1
2	70.2	25.5	0.0	4.3	66.0	29.8	2.1	2.1	37.5	54.2	8.3	0.0	37.5	54.2	8.3	0.0
1	80.6	16.1	3.2	0.0	74.2	22.6	3.2	0.0	60.6	33.3	6.1	0.0	57.6	36.4	6.1	0.0
MAX.	80.9											27.1		56.3	25.0	

MH:Minimum Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

Çizelge 7. TDY 2007(Güçlendirmesiz) Kolon Kesme Kuvveti

KAT NO	KOLON KESME KUVVETİ															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	98.4	1.4	0.0	0.2	98.7	1.3	0.0	0.0	0.0	98.9	0.8	0.3	0.0	99.4	0.0	0.6
8	99.6	0.3	0.0	0.1	99.4	0.4	0.1	0.0	0.0	99.5	0.4	0.1	0.0	98.1	1.7	0.2
7	98.8	1.0	0.1	0.1	99.5	0.5	0.0	0.1	0.0	96.4	3.6	0.1	0.0	96.5	3.3	0.2
6	98.7	0.8	0.3	0.1	99.2	0.7	0.0	0.0	0.0	95.8	4.0	0.2	0.0	95.8	2.8	1.4
5	99.1	0.5	0.4	0.1	99.1	0.9	0.0	0.0	0.0	95.5	4.0	0.4	0.0	97.2	1.1	1.7
4	98.6	0.4	0.2	0.8	88.6	10.9	0.0	0.5	0.0	95.3	4.3	0.4	0.0	96.4	1.5	2.2
3	88.5	10.6	0.1	0.8	88.5	10.8	0.2	0.5	0.0	95.8	4.1	0.1	0.0	97.0	1.1	1.9
2	95.7	2.5	1.6	0.3	95.7	2.3	1.8	0.3	90.8	4.8	4.2	0.2	78.5	18.1	3.1	0.3
1	99.1	0.8	0.1	0.0	98.4	1.5	0.0	0.1	96.1	3.9	0.0	0.0	96.5	3.5	0.0	0.0
Max.	99.6									99.5	4.3					2.2

MH:Minimum Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

Çizelge 8. TDY 2007(Güçlendirmesiz) Alt Ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Alan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ ALAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI								
KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
9	100.	0.0	100.	0.0	99.6	1.4	98.8	1.2
8	100.	0.0	100.	0.0	99.6	0.4	99.5	0.5
7	100.	0.0	100.	0.0	99.8	0.2	99.6	0.4
6	100.	0.0	100.	0.0	99.8	0.2	99.7	0.3
5	100.	0.0	100.	0.0	99.8	0.2	99.7	0.3
4	99.4	0.6	89.6	10.4	99.8	0.2	99.7	0.3
3	89.1	10.9	89.9	10.1	85.4	14.6	99.7	0.3
2	100.	0.0	100.	0.0	99.8	0.2	99.7	0.3
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.					14.6		

MH:Minimum Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

Çizelge 9. TBDY 2018 (Güçlendirmesiz) Kiriş Hasar Yüzdeleri

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ																
KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
9	20.0	80.0	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0	0.0	8.5	37.3	54.2	0.0	8.5	37.3	54.2	0.0
8	14.5	85.5	0.0	0.0	14.5	85.5	0.0	0.0	8.5	28.8	55.9	6.8	8.5	28.8	55.9	6.8
7	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	27.1	57.6	6.8	8.5	27.1	57.6	6.8
6	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	25.4	61.0	5.1	8.5	25.4	61.0	5.1
5	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	28.8	61.0	1.7	8.5	28.8	61.0	1.7
4	16.4	83.6	0.0	0.0	16.4	83.6	0.0	0.0	8.5	40.7	50.8	0.0	8.5	40.7	50.8	0.0
3	25.5	74.5	0.0	0.0	25.5	74.5	0.0	0.0	8.5	76.3	15.3	0.0	8.5	76.3	15.3	0.0
2	30.9	69.1	0.0	0.0	30.9	69.1	0.0	0.0	11.9	88.1	0.0	0.0	11.9	88.1	0.0	0.0
1	51.6	48.4	0.0	0.0	51.6	48.4	0.0	0.0	29.4	70.6	0.0	0.0	29.4	70.6	0.0	0.0
Max.	51.6	89.1									61.0	6.8				

SH:Sınırlı Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

Çizelge 10. TBDY 2018 (güçlendirmesiz) Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI																
KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
9	28.0	4.0	0.0	67.9	28.0	4.0	0.0	67.9	28.8	39.8	2.5	28.9	28.8	39.8	2.5	28.9
8	23.2	0.7	0.0	76.1	23.2	0.7	0.0	76.1	25.4	28.2	0.0	46.4	25.4	28.2	0.0	46.4
7	19.7	1.9	13.6	64.8	19.7	1.9	13.6	64.8	27.5	21.7	0.0	50.8	27.5	21.7	0.0	50.8
6	17.9	2.1	19.6	60.4	17.9	2.1	19.6	60.4	18.0	28.5	0.0	53.5	18.0	28.5	0.0	53.5
5	16.4	17.4	65.3	0.9	16.4	17.4	65.3	0.9	17.3	26.4	0.0	56.3	17.3	26.4	0.0	56.3
4	14.2	23.1	61.9	0.8	14.2	23.1	61.9	0.8	16.0	23.5	0.4	60.1	16.0	23.5	0.4	60.1
3	12.8	86.3	0.1	0.8	12.8	86.3	0.1	0.8	7.0	27.4	31.2	34.4	7.0	27.4	31.2	34.4
2	13.5	85.8	0.0	0.7	13.5	85.8	0.0	0.7	6.8	67.0	23.9	2.4	6.8	67.0	23.9	2.4
1	36.4	63.3	0.0	0.3	36.4	63.3	0.0	0.3	80.7	18.8	0.0	0.5	80.7	18.8	0.0	0.5
Max.	86.3	65.3	76.1						80.7							

Çizelge 11. TBDY 2018(Güçlendirmesiz) Alt Ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Alan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

KAT NO	ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI							
	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
9	100.	0.0	100.	0.0	71.1	28.9	71.1	28.9
8	100.	0.0	100.	0.0	53.6	46.4	53.6	46.4
7	100.	0.0	100.	0.0	49.2	50.8	49.2	50.8
6	100.	0.0	100.	0.0	46.5	53.5	46.5	53.5
5	100.	0.0	100.	0.0	43.7	56.3	43.7	56.3
4	100.	0.0	100.	0.0	39.9	60.1	39.9	60.1
3	99.9	0.1	99.9	0.1	35.0	65.0	35.0	65.0
2	100.	0.0	100.	0.0	97.6	2.4	97.6	2.4
1	100.	0.0	100.	0.0	99.5	0.5	99.5	0.5
Max.	100.					65.0		

SH:Sınırlı Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

3.4.Orta Ölçekli Deprem Etkisi Altındaki Binanın (Güçlendirmeli) TDY-2007 ile TBDY-2018 Yönetmeliklerine göre Performans Analizinin Yapılması

Bu çalışmada yapılan performans analizleri sonucunda mevcut binanın TDY-2007 ile TBDY-2018'in 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan orta ölçekli bir deprem etkisi altında, binaya ait giriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri X ve Y doğrultularındaki deprem analizleri gerçekleştirilmiştir.

Türk Deprem Yönetmeliği 2007'ye göre varsa gevrek olarak hasar gören elemanların onarılması ve güçlendirilmesi şartı ile aşağıda verilmiş olan koşulları sağlayan yapıların "Can Güvenliği Performans Düzeyi"nde olduğu kabul edilmektedir. Bunun için gerekli olan koşullar şunlardır (DBYBHY 07, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik):

- ❖ Binada herhangi bir katta, sisteme uygulanan bütün deprem doğrultuları için yapılan hesap sonucunda, yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan (ikincil) girişler hariç olmak üzere; girişlerin en fazla %30'u, kolonların ise bir sonraki takip eden koşulda tanımlandığı kadarı İleri Hasar Bölgesine geçebilir.

- ❖ İleri Hasar Bölgesinde bulunan kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplamda yapmış oldukları katkı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta ise bu katta bulunan ve İleri Hasar durumunda olan kolonların kesme kuvvetleri toplamının, söz konusu kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en çok %40 olabilir.
- ❖ Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar bölgesi veya Belirgin Hasar bölgesindedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının % 30'u aşmaması gerekir.
- ❖ Deprem yönetmeliğinde kolonların girişlerden daha güçlü olması koşulunun sağlanabilmesi için her bir kolon-giriş düğüm noktasına birleşen kolonların alt ve üst ucundaki taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen girişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından %20 daha büyük olmalıdır(DBYBHY,2007).

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre yapının her bir deprem doğrultusu için yapılan hesaplar sonucunda "Kontrollü Hasar Performans Düzeyi"nin sağlanabilmesi için herhangi bir katta sağlaması gereken koşullar şunlardır(TBDY,2018):

- ❖ İkincil kirişler hariç diğer kirişlerin en fazla %35'i İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- ❖ İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu oran en fazla %40 olmalıdır.
- ❖ Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Belirgin Hasar Bölgesi'ni aşmamalıdır. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen mevcut bina için elde edilen veriler, bu yapının orta ölçekli bir deprem etkisinde güçlendirmeli yani mevcut durumunda TDY-2007'ye göre "Can Güvenliği" performans düzeyinde olduğu, göçmenin önlenmesi durumunda ve analiz sonucunda güçlendirme gereken kolon ve perdelerin olduğunu göstermekte, TBDY-2018'e göre "Kontrollü Hasar" performans düzeyini sağlayamadığını ve göçme durumunda olduğunu göstermektedir (TBDY,2018).

TDY-2007 Yönetmeliğine göre binanın güçlendirmesi yapıldıktan sonraki durumu performans analizi sonucunda can güvenliği yeterlilik kontrolünün sağlanamadığı ve bazı kolon ile kirişlere güçlendirme yapılması gerektiği görülmektedir.

- ❖ Bina yatay yük kapasite oranı 2. Kat: $V_r/V_e=756.15/5510.15=0.137$
- ❖ İleri Kiriş Hasar oranı: %22.4 > %20
- ❖ Göçmenin önlenmesi durumu, Güçlendirme gereklidir.
- ❖ **Can güvenliği yeterlilik kontrolü:**
- ❖ Kiriş Hasar oranı: (IH=%22.4≤%30) (GB=%16.3 > %0)
- ❖ Kolon Hasar oranı: (IH=%1.4≤%20) (GB=%0.8 > %0)
- ❖ Üst kat V_c oranı: (IH=%0.1≤%40) (GB=%0.1 > %0)
- ❖ Plastikleşen kolon V_c oranı: (BH+IH+GB=%9.6 ≤ %30) (GB=%0)

TBDY-2018 Yönetmeliğine göre binanın güçlendirilmesi 1999 depremi sonrasında hasar gören bazı kolon ve kirişlere yapılmıştır. Bu analizde yapılan güçlendirmenin günümüz yönetmeliğine ne kadar uyumlu olup olmadığını görebilmek için performans analizi sonucunda kontrollü hasar yeterlilik kontrolünün sağlanamadığı ve göçme durumunda olduğu görülmektedir.

- ❖ Göçme durumu, Kontrollü Hasar performansı sağlanamamıştır.
- ❖ Üst kat V_c oranı: %43.0 > %40 Kontrollü hasar performans bölgesi
- ❖ Kontrollü hasar bölgesi yeterlilik kontrolü:
- ❖ Kiriş Hasar oranı: (IH=%0.0 ≤ %35) (GB=%0)
- ❖ Kolon Hasar oranı: (IH=%49.0 > %20) (GB=%48.2 > %0)
- ❖ Üst kat V_c oranı: (IH=%0.2 ≤ %40) (GB=%43 > %0)
- ❖ Plastikleşen kolon V_c oranı: (IH+GB=%49.1 > %30)

Çizelge 12. TDY 2007(Güçlendirmeli) Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	80.9	10.6	0.0	8.5	78.7	14.9	0.0	6.4	55.1	16.3	12.2	16.3	53.1	26.5	8.2	12.2
8	74.5	14.9	0.0	10.6	72.3	19.1	2.1	6.4	34.7	34.7	14.3	16.3	38.8	30.6	18.4	12.2
7	72.3	14.9	2.1	10.6	68.1	21.3	4.3	6.4	34.7	32.7	16.3	16.3	36.7	32.7	20.4	10.2
6	68.1	14.9	6.4	10.6	68.1	19.1	6.4	6.4	32.7	32.7	18.4	16.3	32.7	34.7	22.4	10.2
5	63.8	19.1	6.4	10.6	66.0	19.1	8.5	6.4	32.7	32.7	16.3	14.3	32.7	34.7	22.4	10.2
4	63.8	23.4	2.1	10.6	63.8	21.3	6.4	8.5	32.7	32.7	14.3	12.2	32.7	42.9	16.3	8.2
3	63.8	23.4	4.3	8.5	68.1	17.0	6.4	8.5	32.7	32.7	4.1	12.2	32.7	57.1	2.0	8.2
2	76.6	14.9	4.3	4.3	66.0	21.3	6.4	6.4	49.0	49.0	2.0	8.2	55.1	36.7	6.1	2.0
1	83.9	9.7	6.5	0.0	74.2	12.9	3.2	9.7	61.8	61.8	8.8	5.9	61.8	26.5	8.8	2.9
MAX.	83.9											16.3		57.1	22.4	12.2

MH:Minimum Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

Çizelge 13. TDY 2007(Güçlendirmeli) Kolon Kesme Kuvveti

KAT NO	KOLON KESME KUVVETİ															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	99.4	0.6	0.0	0.0	99.5	0.5	0.0	0.0	98.4	1.5	0.0	0.0	98.5	1.3	0.1	0.1
8	99.7	0.3	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	99.4	0.6	0.0	0.0	99.4	0.5	0.1	0.0
7	99.7	0.3	0.0	0.0	99.6	0.4	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.8	0.1	0.0
6	99.3	0.7	0.0	0.0	99.3	0.7	0.0	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	99.7	0.2	0.1
5	99.0	0.9	0.0	0.0	99.3	0.7	0.0	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0	99.7	0.3	0.1
4	98.7	0.9	0.2	0.3	98.9	0.5	0.1	0.4	89.3	10.2	0.3	0.2	88.0	11.4	0.4	0.2
3	90.0	8.8	0.6	0.6	88.5	10.4	0.3	0.8	88.5	11.0	0.4	0.2	87.3	11.9	0.5	0.3
2	96.5	2.1	1.2	0.1	96.5	2.2	1.2	0.2	89.2	9.7	0.9	0.1	76.7	21.9	1.4	0.1
1	99.6	0.3	0.0	0.0	99.2	0.7	0.1	0.1	98.0	2.0	0.0	0.0	99.1	0.9	0.0	0.0
MAX.					99.8			0.8		100.					1.4	

Çizelge 14. TDY 2007(Güçlendirmeli) Alt Ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Alan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ ALAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI							
	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
9	100.	0.0	100.	0.0	99.6	0.4	99.6	0.4
8	100.	0.0	100.	0.0	99.7	0.3	99.8	0.2
7	100.	0.0	100.	0.0	99.9	0.1	99.7	0.3
6	99.9	0.1	99.9	0.1	99.9	0.1	99.8	0.2
5	99.9	0.1	99.9	0.1	99.9	0.1	99.8	0.2
4	99.7	0.3	99.6	0.4	99.9	0.1	99.8	0.2
3	91.5	8.5	91.2	8.8	90.4	9.6	94.3	5.7
2	99.9	0.1	100.	0.0	99.9	0.1	94.3	5.7
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.					9.6		

Çizelge 15. TBDY 2018 (Güçlendirmeli) Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	KIRIŞ HASAR YÜZDELERİ															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
9	20.0	80.0	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0	0.0	8.5	37.3	54.2	0.0	8.5	37.3	54.2	0.0
8	14.5	85.5	0.0	0.0	14.5	85.5	0.0	0.0	8.5	28.8	55.9	6.8	8.5	28.8	55.9	6.8
7	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	27.1	57.6	6.8	8.5	27.1	57.6	6.8
6	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	25.4	61.0	5.1	8.5	25.4	61.0	5.1
5	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	28.8	61.0	1.7	8.5	28.8	61.0	1.7
4	16.4	83.6	0.0	0.0	16.4	83.6	0.0	0.0	8.5	40.7	50.8	0.0	8.5	40.7	50.8	0.0
3	25.5	74.5	0.0	0.0	25.5	74.5	0.0	0.0	8.5	76.3	15.3	0.0	8.5	76.3	15.3	0.0
2	30.9	69.1	0.0	0.0	30.9	69.1	0.0	0.0	11.9	88.1	0.0	0.0	11.9	88.1	0.0	0.0
1	51.6	48.4	0.0	0.0	51.6	48.4	0.0	0.0	29.4	70.6	0.0	0.0	29.4	70.6	0.0	0.0
Max.	51.6	89.1									61.0	6.8				

SH:Sınırlı Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

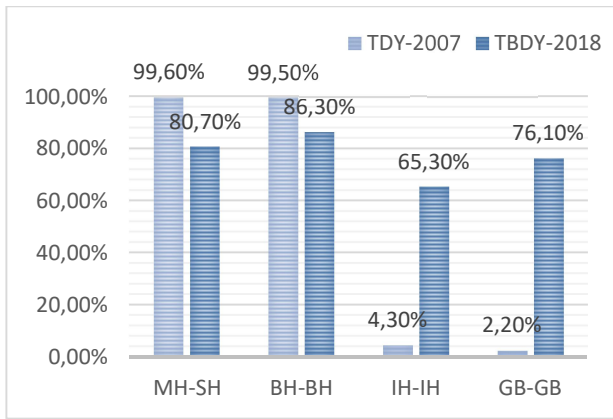
Çizelge 16. TBDY 2018(Güçlendirmeli) Kolon Kesme Kuvveti

KAT NO	KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
9	28.0	4.0	0.0	67.9	28.0	4.0	0.0	67.9	28.8	39.8	2.5	28.9	28.8	39.8	2.5	28.9
8	23.2	0.7	0.0	76.1	23.2	0.7	0.0	76.1	25.4	28.2	0.0	46.4	25.4	28.2	0.0	46.4
7	19.7	1.9	13.6	64.8	19.7	1.9	13.6	64.8	27.5	21.7	0.0	50.8	27.5	21.7	0.0	50.8
6	17.9	2.1	19.6	60.4	17.9	2.1	19.6	60.4	18.0	28.5	0.0	53.5	18.0	28.5	0.0	53.5
5	16.4	17.4	65.3	0.9	16.4	17.4	65.3	0.9	17.3	26.4	0.0	56.3	17.3	26.4	0.0	56.3
4	14.2	23.1	61.9	0.8	14.2	23.1	61.9	0.8	16.0	23.5	0.4	60.1	16.0	23.5	0.4	60.1
3	12.8	86.3	0.1	0.8	12.8	86.3	0.1	0.8	7.0	27.4	31.2	34.4	7.0	27.4	31.2	34.4
2	13.5	85.8	0.0	0.7	13.5	85.8	0.0	0.7	6.8	67.0	23.9	2.4	6.8	67.0	23.9	2.4
1	36.4	63.3	0.0	0.3	36.4	63.3	0.0	0.3	80.7	18.8	0.0	0.5	80.7	18.8	0.0	0.5
Max.		86.3	65.3	76.1					80.7							

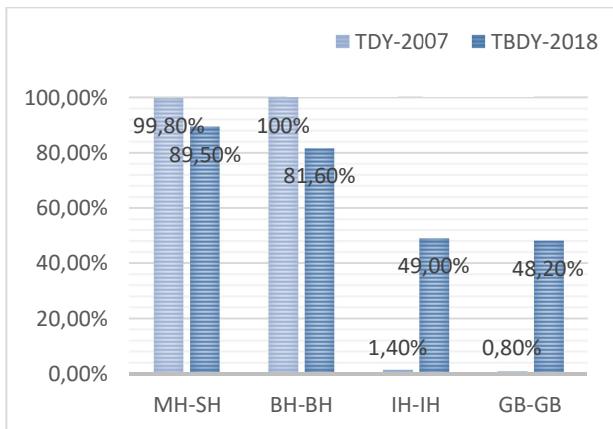
Çizelge 17. TBDY 2018 (Güçlendirmeli) Alt Ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Alan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

KAT NO	ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI							
	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
9	100.	0.0	100.	0.0	71.1	28.9	71.1	28.9
8	100.	0.0	100.	0.0	53.6	46.4	53.6	46.4
7	100.	0.0	100.	0.0	49.2	50.8	49.2	50.8
6	100.	0.0	100.	0.0	46.5	53.5	46.5	53.5
5	100.	0.0	100.	0.0	43.7	56.3	43.7	56.3
4	100.	0.0	100.	0.0	39.9	60.1	39.9	60.1
3	99.9	0.1	99.9	0.1	35.0	65.0	35.0	65.0
2	100.	0.0	100.	0.0	97.6	2.4	97.6	2.4
1	100.	0.0	100.	0.0	99.5	0.5	99.5	0.5
Max.	100.					65.0		

TDY 2007’de sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)’dir. Kritik kesitlerinin hasarı MN’ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar (MH) Bölgesi’nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar (BH) Bölgesi’nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar (İH) Bölgesi’nde, GÇ’yi aşan elemanlar ise Göçme (GB) Bölgesi’nde olduğunu belirtmektedir. TBDY 2018’de değişen kriter ise sınırlı kritik kesitlerin hasarı MN’ye ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar (SH) Bölgesi’nde olduğunu belirtmektedir. Minimum hasar bölgesi yerine sınırlı hasar bölgesi adında değiştirilmiştir. Şekil 20 ve Şekil 21’de verilen iki grafik TDY 2007 ile TBDY 2018 yönetmeliklerinin güçlendirmesiz ve güçlendirmeli performans analizindeki kesit hasar sınırlarını göstermektedir.



Şekil 20. Mevcut Binanın Güçlendirmesiz Kolon ve Kiriş Hasar Sınır Oranlarının İki Yönetmeliğe Göre Kıyaslanması



Şekil 21. Mevcut Binanın Güçlendirmeli Kolon ve Kiriş Hasar Sınır Oranlarının İki Yönetmeliğe Göre Kıyaslanması

4.SONUÇLAR

Bu çalışmada beton basınç dayanımları sağlanmadığı için önceki yönetmelikteki güçlendirme koşulları gerçekleştirildiği ve mevcut dokuz katlı konut yapısının hem düşey hem de yatay yükler (deprem vs.) etkisindeki güvenliği 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre araştırılmıştır. Gerçekleştirilen yapısal modelde yapının karot ölçümleri sonucunda belirlenen gerçek beton basınç dayanımları ile işletme yükleri altında yapı güvenliğini sağlayamadığı görülmüştür.

Yapılan performans analizleri sonucunda ele alınan yapının mevcut hali ile güçlendirme yapılmadan önceki halini 1. derece deprem bölgesinde meydana gelmesi muhtemel orta ölçekli bir deprem altındaki performansı 2007 ve 2018 yönetmeliklerinin kıyaslanmasıyla incelenmiştir. Bulunan deprem performans sonuçları arasında TDY-2007 ile TBDY-2018 arasında ciddi farklılıklar olduğu görülmüştür.

İncelenen konut yapısının performans analizi sonucunda konut yapısının güçlendirmesiz ve güçlendirmeli kolon ve kiriş hasar sınır oranlarının iki yönetmeliğe göre kıyaslanmasında Şekil 20 ve 21’deki grafikte anlaşılacağı üzere TDY 2007’de İleri Hasar ve Göçme Bölgesindeki oran ile TBDY 2018 yönetmeliğinde kritik sınır hasar oranları arasında ortalama olarak %93 fark olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında modellenen mevcut betonarme binanın 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri esaslarına göre bulunan performans noktaları karşılaştırılmış ve 2007 yönetmeliğine göre güçlendirmesiz yapı analizinde binanın “Göçmenin Önlenmesi” performans düzeyinde olduğu ve güçlendirilmesi gereken gevrek elemanların olduğu görülmüştür. 2018 yönetmeliğine göre binanın göçme durumunda “Kontrollü Hasar” performans düzeyini sağlayamadığı ve güçlendirilmesi gereken gevrek elemanların olduğu belirlenmiştir.

2007 yönetmeliğine göre “Can Güvenliği” performans hedefini sağlayan güçlendirme yapılan

binanın, 2018 yönetmeliğindeki karşılığı olan “Kontrollü Hasar” performans hedefini sağlayamadığı görülmüştür. Ayrıca modellenen binanın yönetmeliklere göre performans düzeylerini belirleyen eleman hasar durumları açısından da değerlendirilmiştir. 2007 yönetmeliğinin “Can Güvenliği” performans düzeyi ile 2018 yönetmeliğinin “Kontrollü Hasar” performans düzeyleri karşılaştırılmış ve incelenen yönetmeliklere göre eşit sayıda kolon ve kirişin ilgili hasar düzeylerini aşması ile bu performans düzeylerinin aşıldığı anlaşılmıştır. Yapılan değerlendirmeler 2007 yönetmeliğine göre “Göçmenin Önlenmesi” ya da “Can Güvenliği”ni sağladığı belirlenen binanın 2018 yönetmeliğine göre “Göçme” durumunda olduğunu göstermiştir. Her iki yönetmeliğin aynı bina için öngördüğü performans tahminleri arasında ciddi farklar olabildiği açıkça görülmektedir.

5.KAYNAKLAR

- Akdeniz, İ., 2008. Mevcut Binaların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemler İle Deprem Performanslarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul,ss.92
- Balıkçı İ., 2019. Mevcut Binaların Deprem Performanslarının 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, ss. 106.
- Celep, Z., 2017. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Demir, A. ve Kayhan, A.H., 2017. Deprem Yönetmeliği 2007 Ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği İle Uyumlu Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eskişehir.
- Deneme, İ., ve Demirkan, D., 2018. TDY 2007'ye Göre Mevcut Bir Yapının Performans Analizi Ve Güçlendirilmesi Örneği, *Black Sea Journal Of Engineering And Science* , 1 (2) , 51-58 .
- DBYBHY 07, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Erol, C., 2014. Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- İstanbul Deprem Çalıştayı 2-3 Aralık 2019.
- Keleşoğlu, Ö., Çakar, H. ve Polat, A., 2017. Mevcut Betonarme Bir Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Belirlenmesi ve Güçlendirme Önerisi, *Int. J. Pure Appl. Sci.*, 3(2), 58-67.
- Keskin, E. ve Bozdoğan, K.B., 2018. 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi, *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 74-90.
- Oral, K., 2005. Statik İtme Analizi Kullanılarak Mevcut Bir Betonarme Yapının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul,ss.105
- Özmen, H.B. ve İnel, M., 2011. Betonarme Yapılarda Malzeme Dayanımı Ve Detaylandırma Özelliklerinin Sismik Hasar Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara.
- Tikalsky P., J., 2004. What is NDT., Penn State University, <http://www.engr.psu.edu>.
- Tosun, M., 2009. Perde Duvarlı Betonarme Karkas Binanın Yapımı Sırasında Malzemelerinin Mekanik Özelliklerinin Betonun Dayanımına Etkisi, Kat Perdeleri Deprem Süresince Hasar Oluşmuş Perde Karkas Şemalı Bir Binanın Depreme Dayanıklılığının Ve Güçlendirme Metotları, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Tunç G., ve Tanfener T., 2016. 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi, 3.Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik ve Erişebilirlik, Ankara.
- Yüzbaşı J., Yerli H., 2018. Betonarme Yapıların Deprem Etkisi Altında Performans Analizlerinin Yapılması ve Güçlendirilmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(2), ss. 273-286, Haziran.

Blokzincir Tabanlı Donanımsal Cüzdan ve Akıllı Kartlar

Adil TANRIKULU¹, Hüseyin YÜCE², Ercan ÖLÇER³

¹Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgi Güvenliği Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

²Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siber Güvenlik Anabilim Dalı, İstanbul.

³TÜBİTAK BİLGEM, UEKAE, E-Kimlik Uygulamaları Birimi, Kocaeli.

e-posta: atk.ank.http@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1586-0321>

e-posta: huseyin@marmara.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5525-7733>

e-posta: olcerercan@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3786-6230>

Geliş Tarihi:23.01.2021 ; Kabul Tarihi: 30.05.2021

Öz

Kripto para transferi için gönderen ve alıcıya ait ortak anahtar denilen adreslerin olması gereklidir. Göndericinin adresi, alıcının adresi ve gönderim miktarı gibi bilgilerin olduğu işlemler, birbiri ardına bağlı blokların içerisinde belli bir sisteme göre tutulur. Her adresin yani ortak anahtarın benzersiz gizli bir anahtar karşılığı bulunmaktadır. Kripto para işlemleri için bu özel anahtarlar ile atılmış imzalar kullanılır. Mahremiyet söz konusu olduğu için kripto para transferinde birden fazla adres yani anahtar çifti kullanmak önemlidir ve önerilmektedir. Bu anahtarların yönetimi ve depolanması cüzdanlar sayesinde sağlanır. Çevrimdışı cüzdanların direkt olarak internet erişimi yoktur ve daha güvenlidir. Bu makalede çevrimdışı cüzdan çeşidi olan blok zincir tabanlı kripto paraların erişimine ve harcanabilmesine olanak sağlayan anahtarların tutulduğu donanımsal akıllı kart cüzdan konusu işlenmiştir. Anahtarın üretimi ve depolanması için hiyerarşik ve deterministik bir yöntem sunan BIP-32, BIP-39 ve BIP-44'e bu çalışmada detaylı olarak yer verilmiştir. Yerli ve milli akıllı kart işletim sistemi olan AKİS'in yeni sürümünde kimlik, pasaport, ehliyet, e-imza, bilet gibi uygulamalar tek bir kart içinde toplanabilmektedir. Bu sürümle birlikte kartın içinde olan uygulamalardan biri de cüzdan uygulamasıdır. Kripto para çeşidi olarak Bitcoin transferini yapabilecek özellikte tasarlanmıştır. AKİS cüzdan BIP-32, BIP-39 ve BIP-44 ve eliptik eğri kripto grafik işlemlerini yapabilecek şekilde geliştirilmektedir.

Anahtar kelimeler

Blokzincir; Hiyerarşik
Deterministik
Donanımsal Cüzdan;
Akıllı Kart; AKİS

Hardware Wallets and Smart Cards for Blockchain Platforms

Abstract

The addresses which are called as public keys that belong to the sender and receiver are required for crypto currency transfer. The transactions with information such as transfer amount, recipient's and sender's addresses are kept in a particular system in which successive connected blocks. Each address, the public key, has a unique secret key equivalent. Signatures signed with these private keys are used for crypto currency transactions. Since privacy is at stake, it is important and recommended to use more than one address that is to say key pair in crypto currency transfer. The management and storage of these keys is provided by wallets. Offline wallets do not have direct internet access and are more secure. In this article, the topic of a hardware smart card wallet that holds keys that allow access and spending of block chain-based crypto currencies, which is an offline wallet type, is discussed. BIP-32, BIP-39 and BIP-44, which offer a hierarchical and deterministic method for key generation and storage, are given in a detailed way. In the new version of AKİS, the domestic and national smart card operating system, applications such as identity, passport, driver's license, e-signature and ticket can be collected in a single card. With this version, one of the applications included in the card is the wallet application. It is designed to handle Bitcoin transfer. AKİS wallet is developed to be able to perform BIP-32, BIP-39 and BIP-44 and elliptic curve cryptographic transactions.

Keywords

Blockchain;
Hierarchical
Deterministic
Hardware Wallet;
Smart Card; AKİS

1. Giriş

İnsanoğlunun toplum düzenine geçmesiyle mal ve mülk edinme ihtiyacı doğmuştur. Bu da mal veya hizmet satın almak için belli bir değeri olan nesnelere yani paranın icadını sağlamıştır. Akıllı kartlar ve blokcincir tabanlı cüzdana giriş yapmadan önce paranın tanımını ve tarihsel gelişimini bilmek gerekir. Para, genellikle mal ve hizmetlerin ödenmesi ve vergiler gibi borçların belirli bir ülkede veya sosyoekonomik bağlamda geri ödenmesi olarak kabul edilen herhangi bir kalem veya doğrulanabilir kayıttır (Mishkin 2007, Smithin 2000).

Aslında paranın birçok tanımı yapılabilir. Fakat bir şeye para denmesi onun fonksiyonuna bağlıdır. Değiştirilebilir olması, belli bir birime sahip olması, kendi değerini koruması vb. özellikler parayı niteler. Bu işlevleri yerine getiren herhangi bir madde veya doğrulanabilir kayıt para olarak kabul edilebilir. Eskiden taşınabilir olması, sert ve dayanıklı olması birimler halinde bölünebilmesi, değerinin her yerde aynı olması, güvenilir olup taklit edilemeyecek olması gibi özellikleri aranan paranın teknoloji ile birlikte belirgin özellikleri de biçimsel olarak evrilmiştir. Para yıllar içinde biçim değiştirirse de insanlık tarihi boyunca değerli varlık olarak yerini korumaktadır. Lidyallılardan günümüze kadar uzanan taş paraların, gümüş ve altınların, kâğıt banknotların ve kripto paraların tümünün amacı değeri niteliğinde mal ve hizmetlerin değiş tokuşu için ödeme aracı olarak kullanılmasıdır (Usta 2018). Son yüzyılda da hızla değişen teknoloji değerli varlık olan paranın biçimini de radikal olarak dijitalleşmeye doğru itmiştir. Akçe, kâğıt gibi fiziksel özelliklerin yerini dijital para sistemleri almıştır. 1946'da John Biggins tarafından kredi kartının icat edilmesiyle paranın serüvenine yeni bir dönem eklenmiştir. 1950'lerden sonra teknolojideki büyük gelişmeler para sistemini de etkilemiştir. Dünyada ilk defa bankalarda paranın elektronik olarak transferi yani EFT kullanımı yapılmıştır (Karayew 2012). Son 30 yıldır tarih sahnesine çıkan dijital paranın önemi akıllı kartlar yoluyla benzin alınması, esnafın pos cihazlarıyla kullanılmaya başlanması, otomatik para çekme makineleri olan ATM'lerin

üretimiyle daha da artırmıştır. Alışveriş ve ticaret başta olmak üzere çoğu alanda kredi kartlarının kullanımı fiziksel ortamın sınırlılığını ortadan kaldırarak istenilen saatte daha çok mal ve hizmete ulaşma imkânı sağlamıştır. Bunun en büyük getirileri arasında zamandan tasarruf sağlaması ve mekâna olan bağımlılığın azalması sayılabilir.

Nakamoto (2008)'nin ara katmanlara ihtiyaç duymayan uçtan uca elektronik ödeme sistemi hakkında yayınladığı makale ve 2009 yılında ilk Bitcoin yazılımıyla her geçen gün popülerliği daha da artan blokcincir tabanlı kripto paralar, birçok platformda ödeme aracı olarak kullanılmaya başlamıştır. Kripto paralara örnek olarak Bitcoin ve Ethereum verilebilir. Kripto kelimesi gizli ve şifreli olduğu anlamına gelir. Kripto para ise finansal işlemlerin kriptolojik algoritmalarla desteklendiği alternatif değiş tokuş aracı olan dijital bir değerdir. Kripto paralar merkezi banka sistemlerinin tersine blokcincir denilen merkezi olmayan bir sistem üzerinde çalışır. Sanal olması ve belli bir merkezi yapısının olmaması sebebiyle kripto paraların kontrolü herkesin erişimine açık kayıt defteriyle sağlanır. Tüm işlemler bu dağıtık kayıt defterinde birbiri ardına bağlanmış bloklar şeklinde tutulur ve isteyen herkesin erişimine açıktır. Bitcoin için sağlanan Açık Blokcincir platformundan sonra Hyperledger ve akıllı kontratlar gibi çeşitli uygulamalar için Açık ve İzinli Blokcincir, Gizli ve İzinli Blokcincir platform türleri de üretilmiştir (Dursun 2020).

Kripto para transferi için gönderen ve gönderilene ait açık anahtar denilen adreslerin olması gereklidir. Temelinde bütün blokcincir yapısı açık anahtar kriptografisine dayanır. Bu adreslerin birbirine transfer ettiği kripto para miktar bilgilerinin olduğu işlemler, birbiri ardına belli bir sisteme göre kayıt defterinde tutulur. Her adresin yani açık anahtarın benzersiz gizli bir anahtar karşılığı bulunmaktadır. Kripto para işlemleri için bu özel anahtarlar ile atılmış imzalar kullanılır. Mahremiyet söz konusu olduğu için kripto para transferinde birden fazla adres yani anahtar çifti kullanmak önemlidir ve önerilmektedir. Bu anahtarların yönetimi ve depolanması cüzdanlar sayesinde sağlanır. Temelde

cüzdanlar çevrimiçi ve çevrimdışı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Çevrimiçi cüzdanların internet erişimi bulunur. Çevrimdışı cüzdanların ise direkt olarak internet erişimi yoktur ve daha güvenlidir. Bu çalışmada çevrimdışı cüzdan çeşidi olan blokszincir tabanlı kripto paraların erişimine ve harcanabilmesine olanak sağlayan anahtarların tutulduğu donanımsal akıllı kart cüzdan konusu işlenecektir.

1.1 İlgili Çalışmalar

Dünya genelinde GoldmanSachs, Morgan Stanley, Citibank, HSBC, Accenture, Microsoft, IBM, Cisco, Tencent, Alibaba, Samsung, LG ve diğer küresel ünlü finansal kurumlar, danışmanlık firmaları, BT satıcıları ve internet devleri blokszincir teknolojisinde laboratuvar araştırmalarını ve sermaye düzenini hızlandırmaktadır. Ayrıca IBM ve Apache vakfı tarafından desteklenen Hyperledger projesi, Ethereum, FileCoin gibi çeşitli girişimler, blokszincir araştırma ve geliştirme için açık kaynak havuzları ve platformları sağlamaktadır (Buterin 2013, IntKyn. 1).

Literatürde son beş yıl içinde blokszincirle alakalı çalışma raporları da dâhil binlerce makale yayınlanmıştır.

Bamert vd. (2014) BlueWallet isimindeki donanımsal cüzdanın temelini atmış ve tanıtmışlardır.

2014'ün Ocak ayında Trezor adlı donanımsal cüzdan açık kaynak olarak ilk kez piyasaya sürülmüştür (IntKyn. 2).

2015'in Eylül ayında Ledger adlı donanımsal cüzdanın java kart versiyonu açık kaynak olarak sürülmüştür. Şu an LedgerNanoS, LedgerNanoX isimlerinde ürünleri mevcuttur. Ürünün Github sayfasında farklı dilde yazılmış versiyonları ve mobil ile bilgisayar bağlantısı için de farklı sürücüleri ve servisleri mevcuttur (IntKyn. 3). Bu cüzdan akıllı karta yüklenen 25 farklı özel anahtarı saklayabilme kapasitesine sahiptir. Kartın ilkendirilmesi sırasında kurtarma ya da onarma durumları için bir kısım kelimelerin saklanması gerekmektedir. İşlemlerin imzalanması sırasında mobil ve bilgisayar ara

bağlantısına ihtiyaç duymaktadır. Donanımsal cüzdanlar arasında en bilinenler arasındadır.

2016'nın Şubat ayında KeepKey adlı donanımsal cüzdan Trezor cüzdanının çatalı şeklinde ilk versiyonunu duyurmuştur. Güvenlik açısından Trezor cüzdan ile özellikleri aynıdır denilebilir. Aralarındaki göze çarpan ilk fark dış tasarımıdır. Bundan farklı olarak KeepKey daha stabil çalışmaktadır ve kullanıcı dostu ara yüze sahiptir (Skála 2018).

Bulut (2019) kripto para cüzdanlarının güvenlik açıkları ve riskleri gibi güvenlik durumunu Ortak Kriterler çerçevesinden incelemiş ve gereksinimlere göre cüzdan tasarımı önerisinde bulunmuştur. Ayrıca çalışmada hâlihazırda kullanılan cüzdanların karşılaştırması yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmanın hazırlanması genelden özele doğru ilerlemiştir ve yöntemi ise kavram ispatı şeklinde yapılmıştır. Blokszincir tabanlı kripto para birimlerine erişimi sağlayacak, işlemler için imza atacak ve blokszincir ağına bağlanmayı sağlayacak örnek uygulama için akıllı kart çeşidi olarak java kart seçilmiştir.

2.1 Blokszincir

Bir blokszincir, işlevsel olarak işlem kayıtlarının tutulduğu dağıtık ve güvenli bir veri tabanıdır. Bir Bitcoin ağında, A istemcisi başka bir B istemcisine bitcoin göndermek istiyorsa, A istemcisi tarafından bir bitcoin işlemi oluşturulur. İşlem, Bitcoin ağı tarafından işlenmeden önce madenciler tarafından onaylanmalıdır. Madencilik sürecini başlatmak için işlem, ağdaki diğer tüm düğümlere dağıtılır.

İşlemleri bir blok halinde toplayacak olan madencilerin kastedildiği bu düğümler, bloktaki işlemleri doğrular ve ağdan onay almak için bir uzlaşma protokolü kullanarak bloğu ve doğrulamasını yayınlamaya (iş ispatı). Diğer düğümler blokta bulunan tüm işlemlerin geçerli olduğunu doğruladığında, blok artık blokszincire eklenebilir. İşlemi içeren "blok" diğer düğümler tarafından onaylandığında ve blokszincire eklendiğinde, artık A'dan B'ye bu bitcoin transferi sağlanmış ve meşru hale gelmiş olur.

2.2 Eliptik Eğri Dijital İmza Algoritması (ECDSA)

Blozkincir teknolojisinde dijital imzanın kullanım amaçlarından biri ortak anahtar ve buna karşılık gelen özel anahtarın sahibinin kanıtlanması ve bunun özel anahtarı açığa çıkarmadan yapılmasıdır (Donanımsal cüzdanda özel anahtar çevrimdışı alanda kullanılır). Başka bir deyişle dijital imza imzanın ve ortak anahtarın aynı özel anahtarla üretildiğini kanıtlamaya yaramaktadır. Böylece blokta yer alan sahibi olunan cüzdanın ortak anahtarına tanımlı harcanmamış işlemdeki kripto paraya ulaşabilir ve harcama veya gönderim gibi yeni bir işlem yapılabilir.

Aynı dijital imza ile aynı adresteki farklı harcanmamış işlemlere erişilemez çünkü her işleme özel benzersiz bir imza üretilmektedir. Dijital imza, hangi işleme erişim gerekiyorsa o işlemin kendisi de imzaya dâhil edilerek oluşturulur.

Dijital imza, imza oluşturma ve imzayı doğrulama olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

2.3 Fikir Birliği ve Madencilik

Merkezi olmayan blozkincir bağlamında, yeni bir blok üretilip ağa yayımlandığında, her düğümün bu bloğu kendi blozkincir kopyalarına ekleme veya yok sayma seçeneği vardır. Fikir birliği, ağın büyük bir kısmının blozkincirin genişlemesini sağlamak ve hileli girişimleri veya kötü niyetli saldırıları önlemek için tek bir durum güncellemesi üzerinde anlaşmaya varmak için kullanılır.

2.4 İşlemler

Bitcoin'de işlem göndericinin adresi, gönderilen adres ve gönderim miktarı gibi bilgilerin olduğu bir bilgi grubudur. Cüzdanla bir işlem yapıldığında bu işlem blozkincir ağına gönderilir ve bloğa eklenip onaylanması beklenir.

Mevcut banka sisteminde istenilen tutar hesabınızdan alınıp gönderilir. Fakat Bitcoin sisteminde bir gönderim yapıldığında aslında gönderim miktarı hesabınızdan istenilen tutar kadar alınıp gönderme yapılmaz, bunun yerine işlemlerde girdiler ve çıktılar kullanılır. Örneğin bir gönderim işlemi için adresteki (hesaptaki) harcanmamış para girdi olarak seçilip iki çıktı

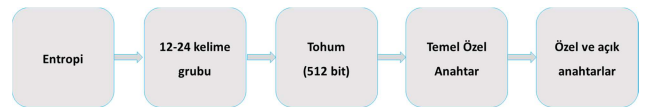
oluşturulur, çıktılardan biri gönderilecek miktar kadarı gönderilmek istenilen adrese, diğer çıktıda ise paranın geri kalanını para üstü olarak kendi adresinize gönderilerek oluşturulur. Bunun yanında çıktılardan miktarı girdilerin miktarını aşmayacak şekilde birden fazla girdi ile tek çıktı, bir girdi ile birden fazla çıktı ve birden fazla girdi ve birden fazla çıktı halinde oluşan işlemler de geçerlidir ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Sonuç olarak işlemler para transferine ait girdiler ve çıktılardan oluşan bilgi yığınlarıdır.

3. Blozkincir Tabanlı Cüzdanlar

2020 yılı Mart ayındaki verilere göre Ethereum, Bitcoin, Litecoin, Altcoin gibi 5255 adet kripto para çeşidi bulunmaktadır (IntKyn. 4). Bu gibi kripto para hesaplarının anahtarları cüzdanlarda tutulur. Temelde internet erişimleri bakımından 2 farklı cüzdandan bahsedilebilir; çevrimiçi cüzdanlar ve çevrimdışı cüzdanlar. Çevrimiçi cüzdanların internete erişimi bulunmaktadır ve bu cüzdanlara yazılımsal cüzdanlar da denilmektedir. Çevrimiçi cüzdanlar masaüstü, mobil, web cüzdanlar olarak üçe ayrılırlar. Çevrimdışı cüzdanlar donanımsal ve kâğıt cüzdan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu cüzdanlar da kendi içlerinde anahtarların üretilme şekline göre deterministik ve deterministik olmayan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

3.1 Deterministik Cüzdan

Deterministik cüzdan Sıralı Deterministik (Sequential Deterministic: SD) ve Hiyerarşik Deterministik (Hierarchical Deterministic: HD) cüzdan olmak üzere ikiye ayrılır. SD cüzdanda özel anahtarlar SHA256 (tohum +n) fonksiyonuyla özet alınarak üretilir. Buradaki n indeks numarasıdır. 0'dan başlar ve ihtiyaç duyulan adres sayısına göre artırılır.



Şekil 1: Deterministik Cüzdanda Anahtarların Üretim Aşamaları

Hiyerarşik deterministik cüzdanın amaçları arasında şunlar sayılabilir;

- Sadece bir tane temel anahtar olacak ve bu anahtar ile cüzdana tekrar ulaşılabilecek.
- Yapılacak her ödeme için ayrı adresler kullanılacak ve bu sayede gizlilik sağlanacak.
- Size gelecek ödemeler için ödeme adresleri otomatik olarak üretilip değiştirilecek. (Seçimli)

Bu amaçları sağladığı için en çok kullanılan ve tavsiye edilen cüzdan çeşididir.

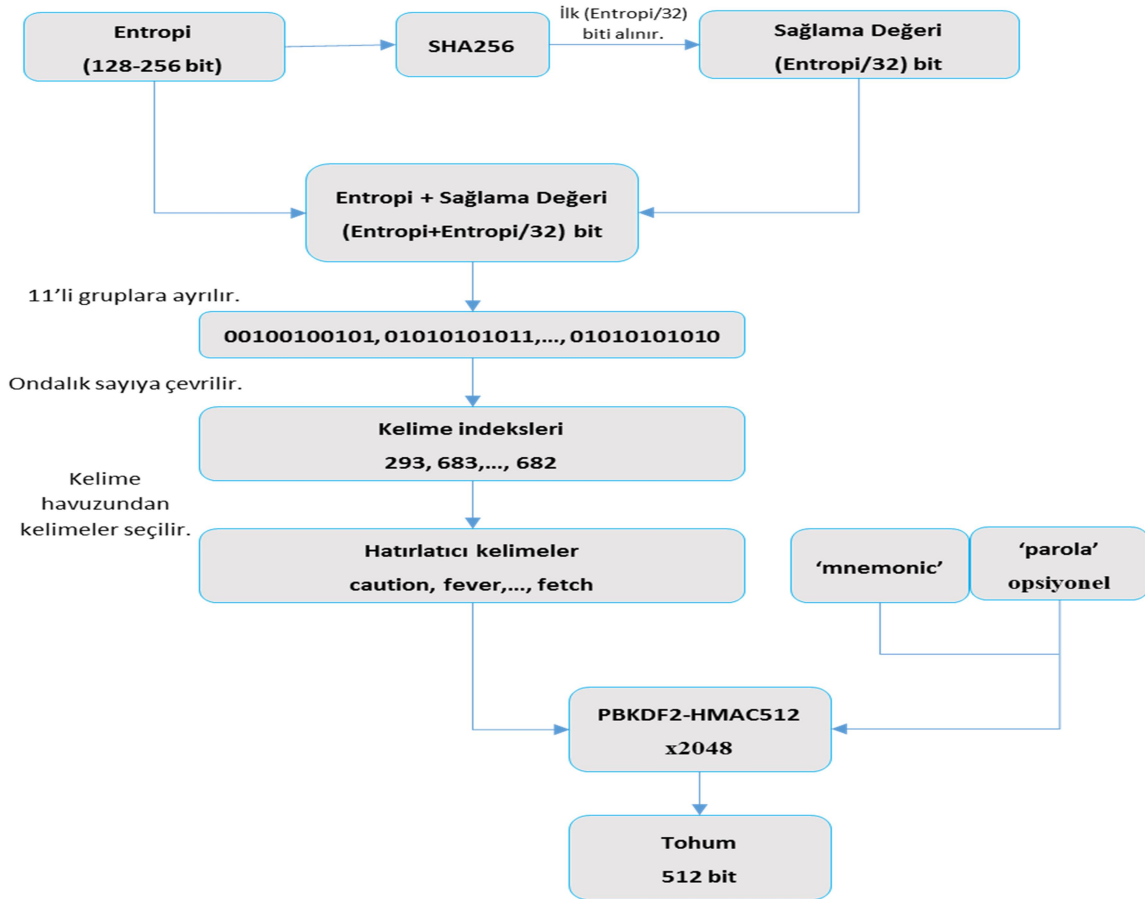
3.2 Blokzincir Tabanlı Donanımsal HD Cüzdanın Çalışma Mekanizması

Hiyerarşik cüzdan için ilk olarak 512 bitlik bir tohum gereklidir. Bu 512 bitin nasıl olması gerektiğini BIP-39 belirler. 512 bit tohum seçildikten sonra temel anahtar ve alt anahtarların üretilmesi aşamasına

geçilir. Bu anahtarların nasıl üretilmesi gerektiği ise BIP-32 önerisinde sunulmuştur. BIP-32 anahtarlarının hangi amaçla kullanılacağını tarif eden BIP-44 önerisiyle belirlenir.

BIP-39

BIP-39, BIP-32'de kullanılacak 512 bitlik tohumun oluşturulması için bir takım aşamalar önermektedir. Bu önermenin amacı kullanıcının hatırlamakta fayda sağlayacağı kelime grupları oluşturarak cüzdanına ait tüm anahtarları geri getirebilmesini sağlamaktır. Uzun anahtarlar saklamak yerine kullanıcı dostu bu kelimeler tercih edilebilir. Sonrasında bu kelimelerden BIP-32'de veya benzeri sistemlerde kullanılacak tohum ve anahtarlar oluşturulabilir.



Şekil 2: BIP39'a göre tohum oluşturma adımları (IntKyn. 5)

Aslında BIP-39, entropi değerini verilen kelime havuzuna göre haritalandırmaktadır. Güvenlik için 24 kelimedenden oluşan entropi seçilmesi tavsiye edilir. 128 bit entropi için 12 kelime, 256 bit entropi için 24 kelimedir seçilir.

Entropi	Kelime sayısı	Varyasyon	Varyasyon
128	12	2^{12}	$\sim 3,4 \times 10^{38}$
160	15	2^{15}	$\sim 1,46 \times 10^{48}$

192	18	2^{18}	$\sim 6,28 \times 10^{57}$
224	21	2^{21}	$\sim 2,70 \times 10^{67}$
256	24	2^{24}	$\sim 1,16 \times 10^{77}$

Şekil 3: Entropi-Kombinasyon Tablosu

BIP-32

BIP-32 genel bir hiyerarşik cüzdanın nasıl olması gerektiğini tarif etmektedir. BIP-39 tohumundan Temel Özel Anahtar (Master Private Key) ve Zincir Kodu (Master Chain Code) üretilir (IntKyn. 6).

BIP-32 ağaç yapısına benzetilmektedir. En başta kök ya da temel anahtar diye tabir edilen anahtar ve bundan türetilen üst ve alt anahtar çeşitleri bulunmaktadır. Üst anahtarlardan alt anahtarlar üretilir, alt anahtarlardan onların da altı olan daha derine doğru alt anahtarlar üretilir ve bu şekilde devam edip dallanır. Fakat alt anahtarlardan üst anahtarlar tekrar geri getirilemez, sistem sadece üstten alta tek yönlü anahtar üretme şeklinde çalışır. Bunun sebebi üst anahtarlardan alt anahtarlar üretilirken üst anahtarların tek yönlü fonksiyon olan HMAC-SHA512 özet algoritmasından geçirilmesidir.

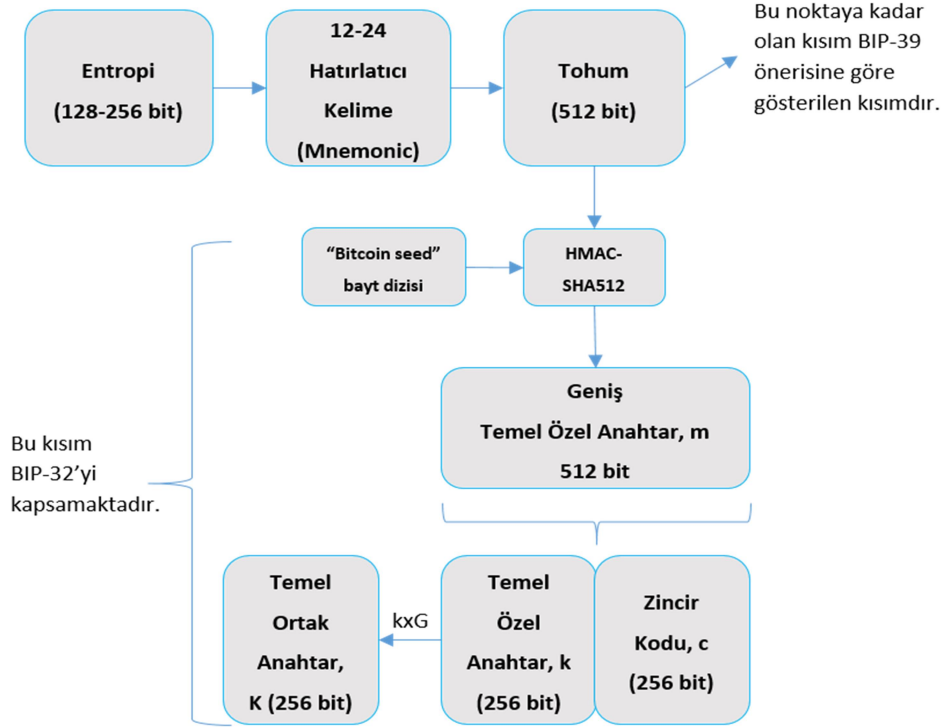
Cüzdana ait anahtarların üretilirken ilk temel anahtar oluşturulduktan sonra üst anahtardan alt anahtarları türetmekte kullanılan dört metot bulunmaktadır. Bu metotlar:

- Normal Alt- Geniş Özel Anahtar Hesaplama
- Zorlaştırılmış Alt- Geniş Özel Anahtar Hesaplama
- Normal Alt- Geniş Açık Anahtar Hesaplama

• Zorlaştırılmış Alt-Geniş Ortak Anahtar Hesaplama

Normal ve zorlaştırılmış kavramları kullanılan indeks numarasının aralığı ile ilgilidir. İndeks numarası 0 ile 2147483647 ($2^{31}-1$) arasında olanlara normal, 2147483647 ($2^{31}-1$) ile 4294967295 ($2^{32}-1$) arasında olanlara zorlaştırılmış (hardened) anahtar denilmektedir.

Anahtarlardaki “Geniş” ya da “genişletilmiş” ibaresi, anahtarın sonuna ilgili zincir kodunun eklenmiş olduğunu gösterir. Geniş anahtar hiyerarşik deterministik cüzdanda yeni anahtarlar türetmeyi sağlayan özel veya ortak anahtardır. Tek bir üst geniş özel anahtar, bu anahtarın altındaki tüm özel ve ortak anahtarların kaynağıdır. Bu yüzden tek bir üst geniş özel anahtar ile bu üst anahtara ait tüm alt özel ve ortak anahtarlar tekrar türetilir. Ayrıca bu üst özel geniş anahtara karşılık gelen üst geniş ortak anahtarla aynı ortak anahtarları türetmek mümkündür. Bu özelliği farklı iş senaryolarına imkân tanır. Sık sık yedekleme gerekliliğinden kurtulmak için deterministik cüzdanlar, tek bir tohumdan diğer tüm anahtarları türetmeye yarayan temel anahtar oluşturur. 128 bit ile 512 bit arası uzunluğunda bir tohum üretilir ve çevrimdışı bir anahtar deposunda saklanır. BIP-32, secp256k1’in eliptik eğrisini kullanarak hiyerarşik anahtarların türetilmesini gösterir. Şekil 5’te, alt anahtar türetme fonksiyonunda (CKD) tanımlı temel anahtarın nasıl genişletileceği gösterilmiştir.

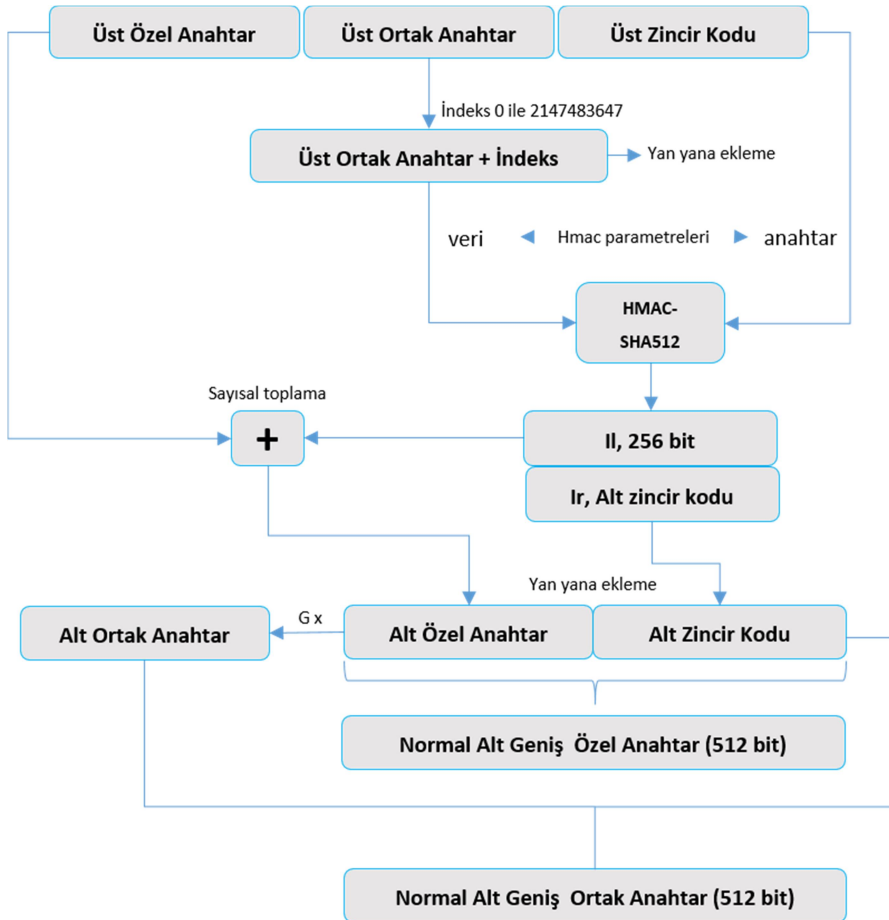


Şekil 4: Temel Anahtar Oluşturulması (IntKyn. 6)

Normal Alt-Geniş Özel Anahtar

Bu anahtara normal denmesinin sebebi HMAC-SHA512 fonksiyonunda kullanılacak olan indeks

numarasının 0 ile 2147483647 ($2^{31}-1$) arasında seçilmesidir.



Şekil 5: Normal-Alt Geniş Özel Anahtar Hesaplama

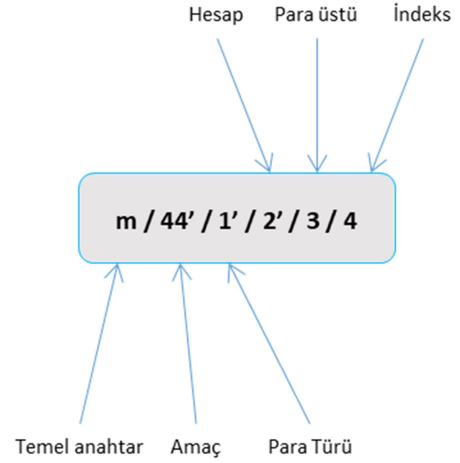
Özet olarak üst geniş özel anahtar ve indeks numarasını HMAC fonksiyonundan geçirerek (üst ortak anahtar + indeks, zincir kod) o indekse ait normal alt anahtarı üretmek mümkündür.

BIP-44

BIP-44, BIP-32’de bahsedilen algoritmaya göre deterministik cüzdan için “Amaç Alanı” sunarak mantıksal bir hiyerarşi önermektedir (IntKyn. 7).

BIP-39’da temel anahtarın üretileceği entropi değeri hesaplandı. BIP-32’de ise ağaç yapısı şeklinde temel anahtardan her genişletilmiş anahtarın kendine ait türetme yolu ile alt ve devam eden daha alt anahtarlar türetildi. Bu türetme yolu istenildiği gibi seçilebilir fakat hiyerarşik deterministik cüzdanın kullanımında anahtarların belli bir yapıda olması cüzdanlar arası uyumluluğu sağlamak adına önem kazanmaktadır. Cüzdanlar arasındaki uyumluluğa yardımcı olması için BIP-44, BIP-32’in türetme yoluna aşağıdaki yapıyı tanıtır.

m / amaç’(purpose’) / para_türü’ (coin_type’) / hesap’ (account’) / para_üstü (change) / indeks
“/” işareti ağaçtaki derinlik seviyesini ayırmak için kullanılır.



Şekil 6: BIP-44 Derinlik Seviyeleri

Zorlaştırılmış anahtarların gösterimini normal anahtarlardan ayırmak için ise tırnak işareti veya “h” soneki kullanılır. Normal anahtarlar için indeks numarası 0 ile 2^{31} arasında seçilir. Zorlaştırılmış anahtarlar için indeks numarası ise 2^{31} ile 2^{32} arasındadır. Buna göre örneğin indeks numarası 2’ veya 2h değeri (2^{31}) + 2 = 2147483650 sayısına eşittir.

Serileştirme

Geniş anahtarlar, blokzincir tabanlı sistemlerde geçerli olmasını sağlayacak son haline kavuşması için serileştirme işleminden geçmektedir. Serileştirilmiş anahtarda Base58 formatında versiyon, derinlik, üst ortak anahtara ait parmak izi, indeks, zincir kodu, özel veya ortak anahtar, sağlama değeri bilgileri yer alır. Şekil 7’de örnek olması açısından özel anahtarın serileştirme işlemine ait adımların gösterimi mevcuttur.

gönderilir. m/44'/1'/0' türetme yolu için örnek Get BIP32 Extended Key komutu; B06D03400C8000002C8000000180000000.

Karta gönderilen Get BIP32 Extended Key komutu ile temel anahtardan genişletilmiş alt anahtar hesaplanır ve dönüş olarak alt zincir kodu, alt ortak anahtar ve anahtarların imzalı halleri döndürülür. Kartın bu komuta verdiği cevabın yapısı: 32 bayt zincir kodu, 4 bayt ortak anahtar uzunluğu, ortak anahtar, 4 bayt imza boyu, imza, 4 bayt imza2 boyu, imza2'dir.

Kartın ilk lendirmesi tamamlandıktan sonra cüzdana ait adresler Şekil 9'deki gibidir.

Type	Address	Balance	Tx
receiving	mpRd9TS4EyiRq1SAmN3caLP7GvHop2q89b	0.	3
receiving	moDoVfHcbEgt3DxJ5tjaeczvGvHuAci5zM	3.	1
receiving	mnhUbk58RwqZ9dk5G47QsSsQvppXfwwVp	0.	0
receiving	myc2vVArj4M97poiTcaXM44vwdYZJ7gZCq	0.	0
receiving	msCkFmoc8grEKmLUuGuR37n1TGmpKKQzje	0.	0
receiving	mwqoAgJTj58g9u1sLKNMjb56L2wUkdjnpa	0.	0
receiving	mtMvx2fCBi313Ygf8yA52t2T474pP3dggk	0.	0
receiving	muGzPmQZSuhaqiLNBqX1iZ3oMKm5ks5qCC	0.	0
receiving	n4Jem6VLfNCJYNWmXCCZdcssufjRA3gmvm	0.	0
receiving	mh6YBCS82k87HBeVCBKP4QFG2xkLHwQaDk	0.	0
receiving	miikJ5wvziHjs8QQHu2g268K6KqerTqt	0.	0
receiving	n1rfrPvJxopZZrsQ18CsFDeCvjMkwt2r8S	0.	0
receiving	mqstTPYzfvvjdwF5ajwHTcs29KsADHAr	0.	0
receiving	mnDRUpAKSSJUys13BNsXvsGHkTYzjRPp7	0.	0
receiving	muUqsMr9UbAddr19Uqc3Cueg4DtHsJxuZ	0.	0
receiving	mnKq9hjCtUwRULBPRXhL89GQqGrARBZZ	0.	0
receiving	n1BiJoqDv2P5GcncQHzTctoTAWwAGZwutD	0.	0
receiving	mrynxxvm2U2FLPDmBzkpbyeJtFyDz6gEwc	0.	0
receiving	mrm9XiCDU488V8nFMARPrDzF7iKkPY2TFwi	0.	0
receiving	mJkesKdfTgf46aenJwnn8nAgaA7HRvisVK	0.	0
receiving	mhr41VdfmFkzCBrxihDzx4h29n5KX7Xdfi	0.	0
receiving	mxTJKBPu9z4K2G7gHjtjKta5QpZn52rUFR	0.	0
change	modgzmg7WepENKPeBkmbMZLVVN73sG2FRJ	7.21626	1
change	mmgy1Epo9WR9wQVmdrmbW16w1gGQUN75P	0.	0
change	moGVZmyQ5kCYCw7TXZkdGyFwW5kF7WZGv3	0.	0
change	mnwzJY1Axkw722Nq5gk3MFP6hefz5tWY	0.	0
change	mvfShh1mx6LnmayG9njT3uwHAXHxeiG91x	0.	0
change	mmYGsZJMoaWg5ch7NukTvxTvfqBC5wv2Xd	0.	0
change	mxhHKCzA5625Pux11uP1ccovuJB2HC52hw	0.	0

Balance: 10.21626 mBTC

Şekil 9: Cüzdana ait adresler

Transfer işleminin gerçekleşmesi için kartın işlem özetini güvenli bellekte tutulan alt özel anahtarı ile imzalaması gerekir. Karta gönderilen Sign Transaction APDU komutu bunu yapmaktadır.

Transfer işlemi gerçekleştirilmeden önce cüzdandaki

“mpRd9TS4EyiRq1SAmN3caLP7GvHop2q89b” adresinde 10.22 mBTC bakiye bulunmaktaydı. Transfer işlemi ile birlikte cüzdandaki diğer “moDoVfHcbEgt3DxJ5tjaeczvGvHuAci5zM” adresine gönderilen 3 mBTC transferine ait işlem bilgileri Şekil 10'daki gibidir. Girdi olarak “mpRd9TS4EyiRq1SAmN3caLP7GvHop2q89b” adresinden harcanmamış işlem olan 10 mBtc ve 0.22 mBtc bakiyelik 2 çıktı seçilmiştir. İşlemin

çıktısı, gönderimi yapılan adres “moDoVfHcbEgt3DxJ5tjaeczvGvHuAci5zM” (3 mBTC) ve para üstü adresi olan “modgzmg7WepENKPeBkmbMZLVVN73sG2FRJ” (7.21626) adresidir. $10.22 - 3 - 7.21626 = 0.0074$ mBTC, işlemi bloğa ekleyen madenciye verilen ücret miktarıdır.



Şekil 10: İşlem Bilgileri

3.4 AKiS Kart Donanımsal Deterministik Cüzdan Tasarımı

AKiS yerli ve milli imkânlarla TÜBİTAK BİLGEM tarafından geliştirilmiş akıllı kart işletim sistemidir. Kimlik, pasaport, ehliyet, elektronik imza gibi farklı uygulamalar için altyapı sağlamaktadır. Ortak Kriter (Common Criteria) CC EAL 5+ ve üstü güvenlik değerlendirmelerinden geçmiş ve sertifikasını almış akıllı kart mikroişlemcileri üstünde koşturmaktadır. Bu mikroişlemciler arasında Infineon, NXP ve milli yonga olan UKTUM çipleri yer almaktadır.

AKiS'in en yeni sürümünde kart canlandırıldıktan sonra ilk olarak uygulamaların bellek alanlarını kontrol eden, kısıtlarını belirleyen ve uygulamayla çekirdek arasında iletişimi sağlayacak olan Kart Yöneticisi uygulaması yüklenmektedir. Yeni sürüm AKiS'te kimlik, pasaport, ehliyet, e-imza, bilet gibi uygulamalar tek bir kart içinde toplanabilmektedir. Uygulamalar için karttaki bellek alanı bölünebilmektedir ve bir uygulama diğer uygulamanın bellek alanına erişmesini engelleyecek güvenlik duvarı mekanizması kartın donanımı tarafından sağlanmaktadır. Böylece her uygulama kendine tahsis edilen bellek alanı dışına çıkıp diğer uygulamaların bilgilerine erişemez.

Bu sürümle birlikte kartın içinde olan uygulamalardan biri de cüzdan uygulamasıdır. Yukarıda uygulaması yapılan kripto para olarak bitcoin transfer işlemlerini yapabilecek özellikte

tasarlanmıştır. BIP-32, BIP-39, BIP-44 ve eliptik eğri kriptografik işlemlerini destekleyecek şekilde geliştirilmektedir. BIP-32, BIP-44, BIP-39'a göre anahtarlar türetilmekte ve bitcoin kripto para transfer işlemi için standart eliptik eğri "secp256k1" üzerinde ECDSA kullanılarak imzalama işlemleri yapılabilmektedir. AKiS cüzdanının nihai durumuna gelebilmesi için geliştirilmesi devam etmektedir.

Bitcoin'den farklı diğer kripto paraları da destekleyecek nitelikte olabilmesi için çalışmalar başlamıştır ve devam etmektedir. Bununla birlikte cüzdan ile blozkincir ağına bağlantısını sağlayacak ara yüz çalışması yapılması planlanmaktadır. Bu bağlantı mobil ve masaüstü makineler için düşünülmektedir.

4. Sonuç

Çalışmada ilk olarak, neredeyse insanlık tarihi kadar eski olan paranın tarihsel süreci ve süreklilik arz eden değişimi ile birlikte özellikle son zamanlarda kullanım alanının kripto paraya doğru genişlemesi durumundan bahsedilmiştir. Ayrıca mevcut merkezi sistemden dağıtık sisteme geçilmesinin anlatıldığı bir giriş sunulmuştur. Kripto paranın güvenli bir ortamda saklanabilmesini sağlayan cüzdan kavramından bahsedilmiştir. Sonraki bölümlerde blozkincirin işleyişinin ve mekanizmasının anlaşılması, cüzdan çeşitlerinin incelenmesi ve karşılaştırılması, donanımsal hiyerarşik cüzdanın yapısı, işleyişi ve akıllı kartlar ile kullanımı detaylı şekilde incelenmiştir. Çalışma mekanizması kısmında BIP-32, BIP-39, BIP-44 protokollerine göre cüzdanın anahtarlarının üretilme adımları sıralanmıştır. Uygulama kısmında ise örnek donanımsal cüzdanda tanımlı APDU komutları ile akıllı karta HD cüzdan uygulaması yüklenmiş, kartın ilklendirilmesi yapılmış ve Bitcoin Testnet ağında para transferiyle örneklendirilmiştir. Son kısımda ise AKiS işletim sisteminden bahsedilmiştir. Yerli ve milli işletim sistemi olan çoklu uygulamayı destekleyen AKiS'in yeni sürümüyle cüzdan uygulamasının tasarımı yapılmıştır. Bu versiyonda anahtarlar türetilip bitcoin kripto para transfer işlemi için standart eliptik eğri "secp256k1" üzerinde ECDSA kullanılarak imzalama işlemleri yapılabilmektedir.

Diğer para türlerinin de desteklenmesi için çalışma ve geliştirmeler sürmektedir.

Teşekkür

Bilgi ve deneyimleriyle çalışmanın tamamlanmasında bana yön veren danışmanım Sayın Dr. Hüseyin YÜCE'ye teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte katkılarıyla değerli Dr.Ercan ÖLÇER'e teşekkürü bir borç bilirim.

5. Kaynaklar

Bamert, T., Decker, C., Wattenhofer, R. and Welten, S., 2014, September. Bluewallet: The secure bitcoin wallet. In International Workshop on Security and Trust Management. Springer, Cham, 65-80.

Bulut, Y.E., 2019. Secure Hardware Cryptocurrency Wallet within Common Criteria Framework. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Şehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 105.

Buterin, V., 2013. Ethereum white paper. GitHub repository. EOS. IO technical white paper v2.

Dursun, T., 2020. Blozkincir Teknolojisi. *TÜBİTAK BİLGEM Kurumsal Dergisi*, **8**, 10-15.

Karayew, D., 2012. The history of credit cards. Doctoral dissertation, Видавництво СумДУ.

Mishkin, F.S., 2007. The economics of money, banking, and financial markets. Pearson education.

Nakamoto, S. and Bitcoin, A., 2008. A peer-to-peer electronic cash system. Bitcoin.–URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, 4.

Skála, M., 2018. Bitcoinová peněženka pro Android podporující zařízení TREZOR. Bachelor's thesis, České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum, 71.

Smithin, J., 2000. What is Money? Routledge international studies in Money and banking. ISBN 9780415206907. URL <https://books.google.com.tr/books?id=MDU-NTEJziMC>. (erişim: 01.12.2019).

Usta, A., 2018. Paranin Serüveni-Kripto Paraların Öncesi ve Sonrası. Bankalar Kart Merkezi, 0-23.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://www.ibm.com/blockchain/hyperledger>, (erişim: 05.07.2020). IBM Blockchain based on Hyperledger Fabric from the Linux Foundation.
- 2- <https://wiki.trezor.io/Trezor>. (erişim: 12.02.2020). Trezor Hardware Wallet.
- 3- <https://github.com/LedgerHQ/ledger-javacard>. (erişim: 26.11.2019). Java Card implementation of Ledger Bitcoin Hardware Wallet.
- 4- <https://coinmarketcap.com/all/views/all/>, (erişim: 24.03.2020). CoinMarketCap. All Cryptocurrencies.
- 5- <https://github.com/bitcoin/bips/blob/master/bip-0039.mediawiki> (erişim: 19.02.2020). Mnemonic code for generating deterministic keys.
- 6- <https://github.com/bitcoin/bips/blob/master/bip-0032.mediawiki>. (erişim: 19.02.2020). Hierarchical Deterministic Wallets.
- 7- <https://github.com/bitcoin/bips/blob/master/bip-0044.mediawiki>. (erişim: 19.02.2020). Multi-Account Hierarchy for Deterministic Wallets.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK
TEKNOLOJİLERİ ve UYGULAMALI
BİLİMLER DERGİSİ**

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Ahmet Necdet Sezer Kampüsü
Teknoloji Fakültesi
AFYONKARAHİSAR
Tel: +90 272 228 14 46
Belgegeçer: +90 272 228 14 49
E-posta: ijetas@aku.edu.tr

www.ijetas.aku.edu.tr