



## RASPBERRY PI İLE GERÇEK ZAMANLI YAPI TAŞIYICI BİRİMLERİN TAKİP SİSTEMİNİN TASARLANMASI

Safa KAYMAKÇI<sup>\*1</sup>, Melike ŞİŞECİ ÇEŞMELİ<sup>2</sup>, Can AYDIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Burdur

<sup>2</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Burdur

<sup>3</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İzmir

### Makale Bilgisi

Geliş tarihi: 11.11.2023

Kabul Tarihi: 08.12.2023

Yayın tarihi: 29.12.2023

### ÖZET

Depremlerin kendi yıkıcı etkisinin yanı sıra insan kaynaklı hatalarla birlikte yıkıcı sonuçları artmaktadır. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde çok sayıda ölüme, büyük yaralanmalara ve maddi yıkıma yol açabilir. Bu nedenle yapıların afete karşı dayanıklılığını artırmaya ve taşıyıcı sistemlerinin durumunu izlemeye yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Gerçekleştirilen çalışmada prototip olarak hazırlanan bina taşıyıcı sistem birimleri içerisinde seri elektrik sistemi kurulmuş, bu kurulan sistemin ölçümü Raspberry Pi ile anlık takip edilmiş ve durum değerlendirmesini yaparak veri tabanının oluşturulduğu bilgisayara veri gönderimi yapılmıştır. Akabinde, veri tabanındaki bilgiler güncellenerek son kullanıcının analizine ve raporlamasına sunulmuştur. Böylelikle yapı taşıyıcı birimlerine verilebilecek herhangi bir zararın kontrol altına alınması ve neticesinde gerekli birimlerin gerekli müdahaleleri yapması planlanmıştır. Bu müdahaleler sonucunda yaşanabilecek depremlerde taşıyıcı birimler nedeniyle binaların zarar görmemesi veya minimum hasarla atlatılması, sonrasında yaşanan can ve mal kaybının minimize edilmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler;

Taşıyıcı iskelet sistemi, Deprem, Raspberry Pi, MQTT

## DESIGNING A REAL-TIME TRACKING SYSTEM OF STRUCTURAL UNITS WITH RASPBERRY PI

### Article Info

Received: 11.11.2023

Accepted: 08.12.2023

Published: 29.12.2023

### ABSTRACT

In addition to the destructive effects of earthquakes themselves, the destructive consequences of earthquakes increase with human errors. If necessary precautions are not taken, it can lead to many deaths, major injuries and material destruction. For this reason, studies should be carried out to increase the resilience of buildings against disasters and to monitor the condition of their structural systems. In the study, a serial electrical system was installed in the building load-bearing system units prepared as a prototype, the measurement of this installed system was instantly monitored with Raspberry Pi and data was sent to the computer where the database was created by evaluating the status. Subsequently, the information in the database was updated and presented to the end user for analysis and reporting. In this way, it is planned to control any damage that may be caused to the structural units of the building and as a result, it is planned that the necessary units will make the necessary interventions. As a result of these interventions, it is aimed to prevent damage to buildings due to load-bearing units in earthquakes that may occur as a result of these interventions, or to overcome them with minimal damage, and to minimize the loss of life and property afterwards.

Keywords;

Load-bearing system, Earthquake, Raspberry Pi, MQTT

## 1. Giriş

Depremler, Dünya'nın her yerinde meydana gelen bir yer küre gerçeğidir. Dünya genelinde sıklıkla yaşanan depremler, yapıların güvenliğine ve sağlığına karşı tehdit oluşturmaktadır. Dünya üstünde deprem gerçeği ile yüz yüze yaşayan milyonlarca insan bulunmaktadır. Bu insanlar açısından yapılarının mukavemeti kritik öneme sahiptir. Söz konusu doğal afetlerin etkilerine karşı mevcut binaların emniyetini ve dayanıklılığı sağlamak ve taşıyıcı elemanların takibi hem mühendislik hem de bilim otoritelerince güncelliğini kaybetmeyen önemli bir araştırma konusudur. Bu nedenle, mevcut yapıların doğal afete karşı hazır hale getirilmesine ve taşıyıcı sistemlerinin izlenilmesini gerçekleştiren takip sistemlerine ihtiyaç vardır. Bununla beraber, söz konusu sistemlerin varlığı, yapısal güvenliği tesis etmek ve potansiyel felaketler ile baş etme kapasitesini artırmak için önemli bir stratejidir (Akıncıtürk, 2003; Solak, 2022; Öztürk vd., 2023).

İlk olarak, bir binanın kolon – kiriş sistemi binanın taşıyıcı sistemini oluşturan omurgası olarak tanımlanabilir. Bu sistem, yapı bileşenlerinin sağlamlığını ve dayanıklılığını belirleyen temel unsurlara sahiptir (Akbaş ve Çalışkan, 2023; Yılmaz, 2023; Çınar vd., 2020; Ağcakoca, 2019). Muhtemel bir deprem öncesi, söz konusu unsurların anlık takibi yapısal mühendislik açısından ele alındığında avantajlara sahiptir. Örneğin, anlık takip sistemi bina kolon – kiriş sisteminin parametrelerini sürekli izleyerek malzeme yorgunluğu ve olası zayıf noktaların tespitini sağlayabilir. Bu parametreler, (yapısal mühendislerin) olası bir risk senaryosunda muhtemel kusurları belirleme ve yapı elemanlarını olası riske karşı önceden güçlendirme olanağı tanır. Dahası bir kolonun taşıma kapasitesindeki azalma, anlık takip çerçevesinde erken tespit edilebilir ve mühendisler bu konudaki güçlendirme ve iyileştirme tedbirlerini hızlı bir şekilde gerçekleştirebilirler. Bu, olası bir felaket öncesinde yapısal güvenliğin sağlanması ve olası hasarların en aza indirilmesi açısından düşünüldüğünde önemli bir avantajdır (Çalışkan ve Şenol, 2023; Çınar vd., 2020; Ağcakoca, 2019).

İkinci olarak, anlık takip sistemi, deprem öncesi olası hasarları tahmininde kullanılabilir. Bu tahminler hem deprem sonrası gerçekleştirilecek onarımlar için hem de hazırlıklı olmak ve toplumları daha güvenli hale getirmek adına faydalı ve kritiktir (Cansız, 2022; Akalın vd., 2020; Altun, 2018; Kemaloğlu,

2015). Anlık takip sistemi, bir kolonunun zaman içinde maruz kaldığı gerilmeleri sürekli ölçümleyebilir. Herhangi bir toleransın üzerinde ölçümlenen gerilim artışı tespit edilirse, bu durum olası bir hasarın önceden tespitinde kullanılabilir. Bir kirişin üstündeki sürekli yüksek gerilim, malzeme yorgunluğunun ve zayıflığının habercisi olabilir. Doğal olarak bu bilgileri inceleyen mühendisler, söz konusu kirişi güçlendirme önlemlerini alarak olası bir hasarın önüne geçebilir ya da hasarın minimizasyonu sağlayabilirler. Bu sayede, hem deprem sonrası onarımlar için gerekli hazırlıkların tesisi sağlanırken, yapısal güvenlik tedbirlerinin karşılanması ile daha az risk oluşması gerçekleştirilebilir. Bu senaryo anlık takip sisteminin deprem öncesinde olası hasarı tahmin etmede etkin rol üstlenebileceğini göstermektedir (Akalın vd., 2020; Altun, 2018; Kemaloğlu, 2015).

Çelebi ve diğ. (2004) gerçekleştirdikleri çalışmada kullanmış oldukları sistem ile 24 katlı bir binanın titreşim ve hareket ölçümleri sonucu oluşan değerin belirtilen uç değerlerden sapsması sonucunda bilgilendirme amaçlı bir alarm yazılımı geliştirmişlerdir. Kohler ve diğ. (2005) 17 kat yüksekliğindeki bir binanın, deprem öncesi ve sonrası dinamik özelliklerinde meydana gelen titreşim verilerini analiz ederek incelemişlerdir. Aytulun ve Soyöz (2020) Yapı Sağlığı İzleme Sistemi (YSİ) kullanarak İstanbul'da örnek olarak belirledikleri yüksek yapılarda, binaların titreşimleri kullanılarak elde edilen değerlerle veri arşivi oluşturmuş ve verilerin analizini yaparak yapı sağlığı değerlendirmesi yapmışlardır (Çelebi ve diğ., 2004; Kohler ve diğ., 2005; Aytulun ve Soyöz, 2020).

Sonuç olarak bu çalışma, deprem öncesi bina kolon – kiriş sistemlerinin anlık takibinin prototip üzerinde gerçekleştirilmesine ve bu takibin faydalarına değinmeyi amaçlamaktadır. Çalışma ile mühendislik açısından, söz konusu teknolojik yaklaşımların gelecekteki tasarımlar üzerinde pozitif etkilerinin olması hedeflenmektedir. Bu sayede, daha dayanıklı ve emniyetli yapıların inşasında söz konusu öneriler bu çalışmanın literatüre önemli katkısıdır.

## 2. Materyal – Metot

Raspberry Pi, *The Raspberry Foundation* (Raspberry Vakfı) tarafından geliştirilen, sistem geliştiricileri için sıklıkla tercih edilen bir mini bilgisayardır (Sağlam vd., 2020). Dahası, düşük maliyeti ve küçüklüğü, (küçüklüğü yerine hacmi de denilebilir)

aynı zamanda uyumlu yapısı nedeniyle çok çeşitli projelerde kullanım alanına sahiptir (Özbay vd., 2016; Baykal ve Yücelen, 2016). Çeşitli projelere örnek olarak, kodlama ve programlama öğrenimi, robotlar ve kendin-yap projeleri, ev otomasyonu ve kişisel medya sunucusu oluşturmak, internet sunucuları ve ağ hizmetleri desteği ve retro oyunlar ve emülatörleri çalıştırma verilebilir. Kümülatif olarak, Raspberry Pi 3, mikrodenetleyicilerin yapamadığı ya da desteklemediği karmaşık görevlerin üstesinden gelmek amacıyla tercih edilebilir (Sağlam vd., 2020; Gökrem ve Bozuklu, 2016). Buna ek olarak, çoklu görevleri aynı anda gerçekleştirilebilir. Bunlara istinaden, Raspberry Pi 3 mikrodenetleyicilere göre daha esnek kullanım alanları ve yoğunluğa sahiptir yargısı yerinde bir yorum olacaktır.



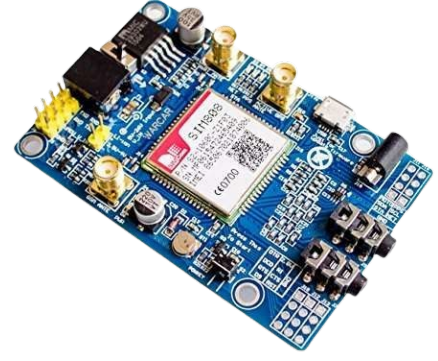
Şekil 1. Raspberry Pi 3

Raspberry Vakfı'nın ilk 4 çekirdekli, 64-bit mimariye sahip mini bilgisayar olan Raspberry Pi 3, gücünü Linux tabanlı Raspberry Pi Operating System (Raspberry Pi İşletim Sistemi) üzerinden almaktadır (Şekil 1). Açık kaynaklı, geliştirilebilir ve sürdürülebilir olmanın avantajlarını arkasına alan Raspberry Pi 3 bu çalışmada muhtemel bir afet sırasında bir binanın sağlığını raporlamak amacı ile tercih edilmiştir. Bu bölümün kalan alt bölümlerinde Raspberry Pi 3 ile kullanılan bileşenlere ve çalışmanın metodolojisine yer verilmiştir (Şahin vd., 2020; Sağlam vd., 2020).

### 2.1. Küresel Mobil Haberleşme (GSM) Modülü

Raspberry GSM modülü, Raspberry Pi'yi mobil ağlara bağlayan bir cihazdır (Şekil 2). Bu modül, Raspberry Pi'nin telefon özellikleri kazanmasına yardımcı olur. Standart bir telefon özellikleri olarak sms gönderme – alma, arama yapabilme ve mobil internete erişim sağlamasına olanak tanır. Raspberry Pi, bu sayede, mobil ağ üzerinden veri toplama ve

gönderme, çeşitli uzaktan kontrol imkanları ve acil durum iletişimi sağlayabilir. Bu özellikler, Raspberry Pi'yi daha güçlü ve çok yönlü bir cihaz haline getirir. Bu modül, Raspberry Pi'nin GPIO başlıklarına bağlanır ve cihaza 2G, 3G ve 4G ağ, GPRS, EDGE ve LTE bağlantı ve UART, SPI ve USB arayüz desteği sunar. Söz konusu destekleri kullanmak için gerekli sürücülerin kurulumunun Raspberry Pi'ye yapılması şarttır.



Şekil 2. GSM modülü

### 2.2. Voltaj Sensörü

Raspberry Pi voltaj sensörü, Raspberry Pi'nin herhangi bir gerilim kaynağının çıkış gerilimini ölçmeye olanak sağlayan bir sensördür (Şekil 3). Bu, Raspberry Pi'nin bir pilin veya gerilim kaynağının çıkış geriliminin izlenmesine, bir cihazı algılamasına ve bir elektrik devresinin durumunun gözlemlenmesine izin verir.

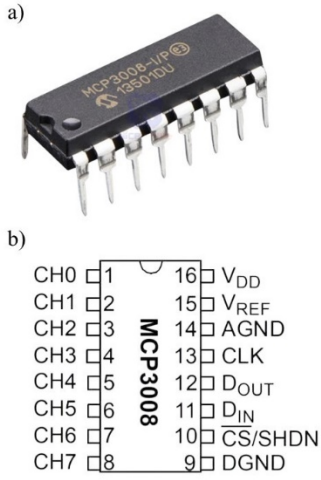


Şekil 3. Voltaj sensörü

### 2.3.Mcp3008 entegresi

Çalışmada kullanılan Mcp3008 entegresi, Microchip firması tarafından üretilen, 8 kanallı 10 bitlik analogdan dijitale dönüştürücü (ADC) entegresidir. 16 pimli (DIP-16) SOIC paketinde bulunur ve SPI

arayüzü kullanır (Şekil 4). Genellikle, bir analog sinyali dijital bir sinyale dönüştürmek için kullanılmaktadır. Sensörlerden gelen bilgileri okumak veya analog sinyallerin kontrolü amacı ile kullanmak da mümkündür. Sensör veri okuma (sıcaklıkölçer, nemölçer ve basınçölçer gibi sensörlerden gelen verileri okumak), analog sinyal kontrol (Motorlar, LED'ler ve diğer analog cihazları kontrol etmek), osiloskop (bir elektrik sinyalinin zaman içindeki davranışını gösteren ölçü aleti) ve dijital sinyal üretme (Analog sinyalleri dijital sinyallere dönüştürmek) gibi örnekler Mcp3008 entegresinin kullanım alanlarına örnek olarak sunulabilir.



Şekil 4. a) Mcp3008 Entegresi b) Mcp3008 entegresinin pinleri

Şekil 4b.'de görüldüğü ve yukarıda belirtildiği üzere, Mcp3008 entegresi CH0'dan CH7'ye olmak üzere sekiz kanallıdır. V<sub>DD</sub> drain besleme voltajı (+5 Volt), V<sub>REF</sub> referans voltajı, AGND analog sinyalin toprağı, CLK serial clock, D<sub>OUT</sub> seri data çıkışı, D<sub>IN</sub> seri data girişi, CS/SHDN çip seçimi/giriş kapat ve DGND dijital sinyalin toprağını göstermektedir.

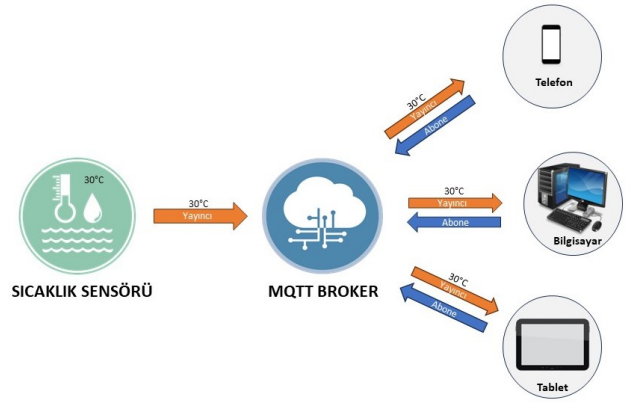
## 2.4. Kullanılan Kütüphaneler

### 2.4.1 MQTT Kütüphanesi

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) kütüphanesi, sanal ortamda bilhassa nesnelere hafif ve basit oluşu, aynı zamanda düşük kaynak tüketimlerinden dolayı nesnelere interneti (IoT – Internet of Things) sistemlerinde sıklıkla tercih edilen mesaj tabanlı protokoldür. Neredeyse tüm nesnelere interneti bulut ortamlarındaki akıllı cihazların arasındaki veri iletimi mesaj istek – yanıt yapısına dayalı olarak MQTT protokolünü desteklemektedir. MQTT protokolü, kaynak limitleri

veya sınırlı ağ bant genişliği olan cihazlara uzak bağlantı için tasarlanmıştır.

Geleneksel istemci – sunucu iletişim modeline karşı olarak, MQTT protokolü, "yayın-abone" veya "publisher-subscriber" (pub-sub) modeli, TCP/IP üzerinde iletişim kuran bir başka iletişim modelini ifade eder (Üçgün vd., 2021; Mısır ve Gökrem, 2020; Gökrem ve Bozuklu, 2016). Bu modelde, kaynaklar (publisher) verileri oluşturur ve bunları bir veya daha fazla alıcı (subscriber) ile paylaşır. Bu alıcılar, kaynakların paylaştığı verilere ilgili olduklarını belirten abonelikleri bulunur. Ayrıca, TCP/IP protokolünün işlenebildiği çoğu işletim sisteminde MQTT kütüphanesi yürütülebilir.



Şekil 5. MQTT Kütüphanesi mesaj yapısı

MQTT kütüphanesinin çok basit bir mesajlaşma protokolü mevcuttur (Şekil 5). Temel olarak, üç ana bileşenin etrafında şekillenen MQTT protokolü basit olduğu kadar etkili bir stratejiye sahiptir. Bunlar;

- I. Başlık (*Header*) MQTT mesajlarının başlığı, mesajın türünü ve diğer önemli bilgileri içerir. Başlık genellikle birkaç bayttan oluşur ve aşağıdaki alanları içerir:
  - a. Kontrol Paketi Türü: Mesaj türünü belirtir. Örneğin, bağlantı kurma isteği, abonelik isteği, mesaj yayını vb.
  - b. Düşük Kalite Hizmet (QoS - Quality of Service): Mesajın iletim güvencesini belirler. QoS seviyeleri 0, 1 veya 2 olabilir.
  - c. Retain: Bu bayt, sunucunun mesajı saklaması gerekip gerekmediğini belirtir.
- II. Uzunluk Alanı (*Length Field*): Bu alan, mesajın geri kalanının uzunluğunu ifade eder. Uzunluk alanının boyutu dinamik

olarak değişir ve mesajın uzunluğuna bağlıdır.

III. *Payload*: MQTT mesajının asıl içeriği bu kısımda bulunur. Payload, bir metin dizesi, bir veri paketi veya JSON formatında veri içerebilir. Bu bölüm, MQTT mesajının gerçek verisini taşır.

olarak sıralanır. Ayrıca, MQTT protokolünün mevcut basitliği, çeşitli uygulama senaryolarında kullanımını kolaylaştırır.

### 3. Donanımların Tesisi

Çalışmada; yapı denetim sisteminin çalıştırılması için, mukavvadan kabaca bir plana sahip olan bir bina maketi oluşturulmuştur. Kolona etki olup olmadığının benzetimi için her bir kolona kablolar ve anahtarlar bağlanılarak bina için kapalı bir elektronik devrenin tesisi gerçekleştirilmiştir. Kablo ve anahtarlar üzerinden gerilim ölçümünün takibi Raspberry Pi ile izlenmesi amaçlanmaktadır. Kolon gerilimlerinde meydana gelen herhangi bir sapma neticesinde, kapalı elektronik devrenin sistem içi kararsızlığı ölçülmesi beklenmektedir.

Oluşturulan seri elektrik devresinin giriş gerilimi 5 Volt olarak belirlenmiştir. Anahtarlardan bir tanesinin ya da birkaç tanesinin açılması ile devre tamamlanamaz olduğu için çıkış gerilimi 0 Volt olarak ölçülmesi beklenmektedir.

Sistem içi kararsızlığı ölçümleyen Raspberry Pi'nin TCP/IP protokolünü kullanarak mevcut kararsızlığı veri merkezine raporlanması hedeflenmektedir. Olumsuz üzerinden betimlenen mevcut hedefler sistem içi kararlı durumlar içinde geçerlidir.

#### 3.1.Binanın Rekonstrüksiyonu

Bir binanın kolon ve kirişlerine müdahale, söz konusu sistemin binanın ağırlığını ve rüzgâr yükünü taşıyamamasına ve bina sağlamlığının bozulmasına hatta çökmesine neden olur. Bu nedenle, söz konusu elzem sisteme yapılacak her türlü müdahaleden kaçınılmalıdır.



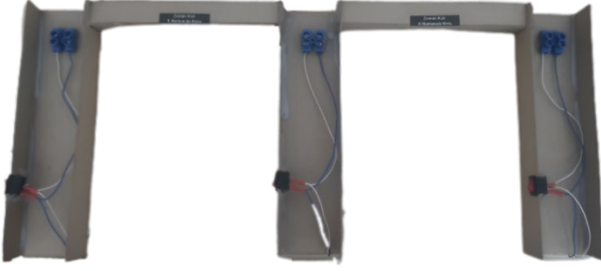
Şekil 6. Bina planı

Dahası, önemi tartışmasız olan bu sistemin herhangi bir şekilde gerçekleşebilecek darbelere karşı izlenmesi ve sağlamlığının anlık olarak kayıt altına alınması günümüzde zorunlu hale gelmiştir. Şekil 7.'de gösterildiği üzere, bir müdahaleyi benzetmek ya da olası bir kolon ve/veya kiriş kesimini öngörmek amacıyla; kolon ve kiriş sisteminin içlerine kablolar ve anahtar yardımıyla bu durum ortaya konmaktadır. Bu seri elektrik devresinde anahtar açık iken; sistem devrenin tamamlanmamasından dolayı karşılık vererek, sistemde oluşabilecek herhangi bir deformasyonun belirtilmesi hedeflenmektedir. Bilindiği üzere, kolonlar yükü taşıyan dikey elemanlardır. Şekil 6.'da yerleştirilecek olan kolon yapı birimlerinin yerleri belirlenmiş ve kolon noktaları kalın siyah dikdörtgen etiketler ile, aralarındaki mesafe ise ince dikdörtgen etiketlerle belirtilmiştir. Kolonların ölçüleri santimetre (cm) cinsinden en (e), boy (b) ve derinlik (d) sırası ile; 3, 20 ve 5 cm'dir. Planda kirişler, kolonları birbirine bağlayan yatay elemanlardır ve Şekil 6'den görüldüğü üzere kolonların arasında yer almaktadır. Şekil 7.'de gösterildiği gibi, kolon ve kirişler binanın taşıyıcı iskeletini oluşturmaktadır. Binanın ağırlığını ve rüzgâr yükünü taşıyarak sağlam kalmasını sağlamaktadırlar.



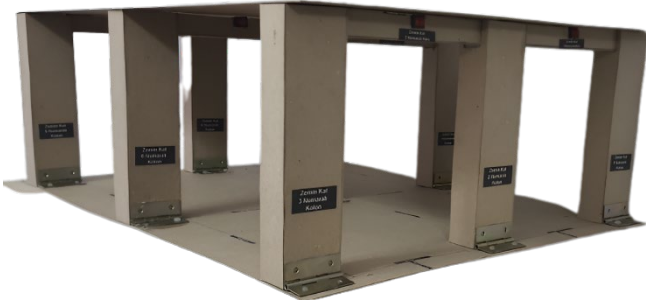
Şekil 7. Kolonların yerleşimi

Bir binanın kolon ve kirişlerine müdahale, söz konusu sistemin binanın ağırlığını ve rüzgâr yükünü taşıyamamasına ve bina sağlamlığının bozulmasına hatta çökmesine neden olur. Bu nedenle, söz konusu elzem sisteme yapılacak her türlü müdahaleden kaçınılmalıdır. Dahası, önemi tartışmasız olan bu sistemin herhangi bir şekilde gerçekleştirilecek darbelerle karşı izlenmesi ve sağlamlığının anlık olarak kayıt altına alınması günümüzde zorunlu hale gelmiştir.



Şekil 8. Kabloların yerleşimi

Şekil 8.'de gösterildiği üzere, bir müdahaleyi benzetmek ya da olası bir kolon ve/veya kiriş kesimini öngörmek amacıyla; kolon ve kiriş sisteminin içlerine kablolar ve anahtar yardımıyla bu durum ortaya konmaktadır. Bu seri elektrik devresinde anahtar açık iken; sistem devrenin tamamlanmamasından dolayı karşılık vererek, sistemde oluşabilecek herhangi bir deformasyonun belirtilmesi hedeflenmektedir. Oluşturulan binanın son hali Şekil 9.'da verilmektedir.



Şekil 9. Oluşturulan temsili yapının son hali

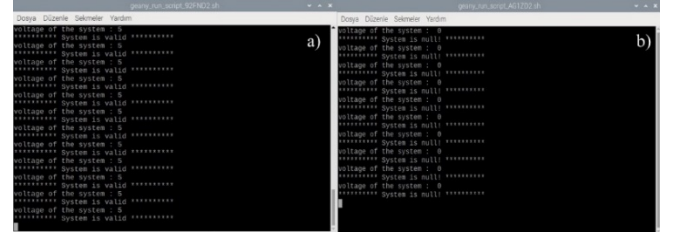
### 3.2.Yapı - Denetim Sistemi

Bu çalışma kapsamında, oluşturulan yapı – denetim sisteminde iletilen ölçüm değerlerinin veri merkezince kontrolünün sağlanması planlanmaktadır. Bilindiği üzere, elektronik takip kolon – kiriş takip sistemleri bina kolon ve kirişlerinin sağlamlığını ve donatı bilgilerini dijital olarak kayıt altına alan sistemlerdir. Bu sistemler, yapı – denetim merkezlerine, kolon ve kirişlerin durumlarını anlık olarak iletimini sağlamaktadır. Takip sürecini daimî

ve doğru şekilde sürdüren ve herhangi bir deformasyona karşı yapı – denetim merkezlerine bilgi iletmesini sağlayan bir sistemdir. Bu çalışmada, pilot olarak İzmir İlinin 30 ilçesinin ve bu ilçelerde bulunan bazı mahallelerdeki hayali apartmanlar baz alınarak oluşturulan veri tabanından yararlanılmaktadır. Bu veri tabanı yapı – denetim sistemine entegre edilerek, herhangi bir binanın anlık olarak kolon ve kiriş sağlığının izlenmesi ve raporlanması, akabinde gerekli tedbirlerin alınması öngörülmektedir. Yapı – denetim sisteminin kullanıcı girişi ve ana sayfa olmak üzere iki form şeklinde ele alınması planlanmaktadır. Kullanıcı giriş portalında, yapı – denetim merkezince görevlendirilen ve kullanıcı adı-şifre'ye sahip kullanıcıların giriş yapması, akabinde ana sayfayı görüntülemesi öngörülmektedir. Giriş yapan kullanıcıların anlık olarak ana sayfayı yenilemesi sistemin izlenebilirliğini arttırmaktadır.

### 4. Test Sonuçları

Hazırlanan prototipte bulunan 9 kolon ve 8 kiriş içerisinde seri elektrik devresi kurulmuştur. Kolon ve kiriş eksilmesinin benzetimi adına, oluşturulan bina maketinde her bir kolon ve kirişe anahtar eklenmiş kablo ile seri elektrik bağlantısı oluşturulmuştur.



Şekil 10. Sonuç çıktıları a) Müdahale Yok b) Müdahale var

Şekil 10.'da gösterilen sonuç çıktılarında, devre çıkışında ölçülen gerilim "5" Volt ise 1, "0" Volt ise 0 değeri Raspberry Pi 'da Python ile uygulanan yazılımda değişken değeri olarak atanmıştır (Sevli, 2021). Ölçüm sonucunda elde edilen değişkenler anlık olarak TCP/IP protokolü kullanılarak ana bilgisayara aktarılmıştır. Ana bilgisayar tarafından alınan değerler Python üzerinde MQTT kütüphanesi kullanılarak SQL Server içerisinde bulunan veri tabanına anlık olarak aktarılmıştır.



Şekil 11. a) Kullanıcı Giriş Ekranı b) Ana Sayfa Ekranı

Son kullanıcı için “Visual Studio Windows Forms” uygulaması üzerinde tasarlanan arayüz; iki ana formdan oluşmaktadır. Şekil 11a.’da görülmekte olan ilk form kullanıcı girişi, Şekil 11b.’de görülmekte olan ise ana menü olarak tasarlanmıştır. Kullanıcı giriş portalında, girilen veriler SQL Server’daki kullanıcı veri tabanı içerisindeki veriler ile karşılaştırılmaktadır; eğer farklılık yok ise ana sayfaya geçişe izin vermektedir, şayet farklılık var ise kullanıcı girişinde hata mesajı görüntülenmektedir.

No	Evi	Adres	Mahalle	Apteman	KatNo
1	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
2	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
3	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
4	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
5	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
6	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
7	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
8	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
9	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
10	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
11	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
12	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
13	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
14	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
15	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
16	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
17	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
18	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
19	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
20	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
21	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
22	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
23	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1
24	Uzay	Paşalı	Yeni	Özer	1

Şekil 12. a) Müdahale yok iken KolonKirisDurum Sorgu ekranı b) Müdahale var iken KolonKirisDurum Sorgu Ekranı

Ana sayfa da bulunan menü üzerinde “Taşıyıcı Kontrol” seçeneğine tıkladığında açılan ara form içerisine veri tabanı içerisinde bulunan yapıların adres, kolon ve kiriş verileri (izlenmektedir.) aktarılmaktadır. Şekil 12.’de hayali olarak oluşturulan veri setinden İzmir ilinin Aliğa ilçesine bağlı Kültür Mahallesi’nde yer alan Huzur

Apartmanının alınan adres, kolon ve kiriş verileri gösterilmektedir. **KolonKirisDurum** sütununda izlenen “1” değeri sistemin tamamlandığını sistem içerisinde eksik kolon ve kiriş olmadığına işaret ederken, (Şekil 12a). **KolonKirisDurum** sütununda görüntülenen “0” değeri ise sistemin tamamlanmadığını göstermektedir (Şekil 12b). Dolayısı ile sistem içerisinde eksik kolon veya kiriş varlığının bilgisini kullanıcıya sunmaktadır. Son kullanıcı ister form üzerinde analiz etme donatısına, isterse de rapor yazdır sekmesinden veri tablosunu dışa aktararak raporlama donatısına sahiptir.

## 5. Tartışma

Yürütülen çalışmanın hayata geçirilmesiyle, bina iskelet sisteminin olası bir deformasyona karşı anlık takibinin yapılması, bu sayede hem potansiyel deformasyonların kayıt altına alınması hem de hızlı bir şekilde reaksiyon vererek olası telafisi mümkün olmayan sonuçlardan yapı sağlamlığının korunması hedeflenmiştir. Hali hazırda üzerinde yaşamış olduğumuz yer küre sabit kalmayarak sürekli hareket halindedir. Bu hareketlilik sonucu, doğal afetler arasında yer alan deprem, günümüz yaşantısında telafisi mümkün olmayan can kaybı ve yaralanmalara sebebiyet veren bir afet türüdür. Hata kabul etmeyen ve yeterli tedbir alınmaz ise sonuçları çok ağır olabilecek bu afet türüyle ülkemiz sürekli yüzleşmektedir. Geçmişten günümüze deprem afetlerini inceleyecek olursak; 17 Ağustos 1999’da 7.4 ile Kocaeli, 12 Kasım 1999’da 7.2 ile Düzce, 23 Ekim 2011’de 7.2 ile Van, Mayıs 2003’de 6.4 ile Bingöl, 24 Ocak 2020’de 6.8 ile Elâzığ, 30 Ekim 2020’de İzmir 6.6 ve son olarak 6 Şubat 2023’de Kahramanmaraş’ta meydana gelen 7.7 ve 7.6 şiddetlerindeki depremlerde telafisi mümkün olmayan birçok can ve mal kaybı yaşanırken, birçok insanda yaralanmıştır. Dahası birçok insan yaşadığı şehirden göç etmek zorunda kalmıştır (Şahin, 2023). Deprem sonrası yürütülen birçok araştırma neticesinde, bazı binaların depreme dayanıklı bir şekilde inşa edilmediği ve yapının taşıyıcı sisteminde yapılan hatalar ya da inşa sonrası bina taşıyıcı sisteminin kişiler tarafından zarar verilmesinden kaynaklanabileceği ortaya koyulmuştur (Sağlam ve Bostancıoğlu, 2023).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde; yapı sağlığı ve kontrolü amacıyla gerçekleştirilen çalışmaların yüksek yapı türlerinde binaların titreşim hesaplamaları baz alınarak yürütüldüğü görülmüştür. Fakat kat irtifası düşük yapılarda mutlak titreşim olasılığı düşük olabileceği ve hesaplamalarda sapma

olabilme ihtimaline karşılık bu çalışmanın gerçekleştirilmesi öngörülmüştür.

Oluşturulan yaklaşımda insanlar tarafından yapı iskelet sisteminin oluşabilecek zararlardan korunması amaçlanırken aynı zamanda gelecek çalışmalarda kolon ve kiriş gibi bina iskelet sisteminin elzem birimlerinin doğal yıpranmalardan ve çeşitli deformasyonlardan korunması niyeti ile takip ve analizi gerçekleştirilebilir.

## 6. Sonuç

Yürütülen çalışmanın hayata geçirilmesiyle, bina iskelet sisteminin olası bir deformasyona karşı anlık takibinin yapılması, bu sayede hem potansiyel deformasyonların kayıt altına alınması hem de hızlı bir şekilde reaksiyon vererek olası telafisi mümkün olmayan sonuçlardan yapı sağlamlığının korunması hedeflenmiştir. Sonuç olarak geliştirilen sistemle yapı iskelet sistemi birimleri olan kiriş ve kolonlarının varlığı anlık kontrol edilip, eğer sistemde eksik var ise gerekli merciler tarafından ivedilikle müdahale edilebileceği öngörülmekte ve böylece olası depremlerde binaların yapı eksikliği ve kusuru nedeniyle zarar görmemesi ve bunun sonucunda insan can ve mal kayıplarının önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

Ağcakoca, E., 2019. Yüksek Katlı Yapının Sarsma Tablası Üzerinde Deprem Performansının İncelenmesi. ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi, 1 (3), 132-143 . DOI: 10.46740/alku.577323

Akalın, S., Şakiroğlu, M., Tunç, B., Eren, S., 2020. Depreme Önlem Alma Davranışını Yordayan Bazı Değişkenlerin İncelenmesi: Aydın İli Örneği. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 22(3), 977-993.

Akbaş, A., Çalışkan, Ö., 2023. Deprem Etkisinde Hasar Alan Betonarme Yapıların Düzensizlik Türleri Yönü ile İncelenmesi, International Conference on Scientific and Academic Research, 14 – 16 Mart 2023, Konya Türkiye. 428-435.

Altun, F. 2018. Afetlerin ekonomik ve sosyal etkileri: Türkiye örneği üzerinden bir değerlendirme. Sosyal Çalışma Dergisi, 2(1), 1-15.

Aytulun, E., Soyöz, S., 2020. Deprem Öncesi, Sırası ve Sonrasında Bir Yüksek Binanın Yapı Sağlığının İzlenmesi. Türk Deprem Araştırma Dergisi, 2 (1), 61-75. DOI: 10.46464/tdad.735239,

Balcı, M. 2019. Raspberry Pi mini bilgisayar ile ortam izleme sistemi geliştirilmesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 65 sayfa.

Baykal, A., Yücelen, M. A., 2016. Raspberry Pi Kurulumu ve Kullanımı. Akademik Bilişim Konferansı Adnan Menderes Üniversitesi, 30 Ocak – 05 Şubat 2016, Aydın 230 – 235.

Cansız, S., 2022. Türkiye’de Kullanılan Deprem Yönetmeliklerinin Özellikleri ve Deprem Hesabının Değişimi, International Journal of Engineering Research and Development 14 (1), 58-71 . DOI: 10.29137/umagd.948025

Çalışkan, Ö., Şenol, A. F., 2023. Betonarme Binaların Tasarım ve İnşasında Yapılan Yaygın Uygulama Hatalarının Değerlendirilmesi. Mühendislikte Yenilikçi Çalışmalar, 443-468.

Çelebi M., Sanli A., Sinclair M., 2004. Real-time seismic monitoring needs of a building owner and the solution: a cooperative effort, Earthquake Spectra 20 (2), 333-346. DOI: 10.1193/1.173598

Çınar, A. K., Ekici, Y., Baysan, N., 2021. 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depreminin Düşündürdükleri, Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) Şehir Plancıları Odası Planlama Dergisi, 31(1), 4–11.

Gökrem, L., Bozuklu, M., 2016. Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, (13), 47-68.

Kemaloğlu, M., 2015. Türkiye’de afet yönetiminin tarihi ve yasal gelişimi. Akademik Bakış Dergisi, 52, 126-147.

Kohler M.D., Davis P.M., Safak E., 2005. Earthquake and ambient vibration monitoring of the steel-frame UCLA Factor Building, Earthquake Spectra 21, 715-736. DOI: 10.1193/1.1946707



- Mısır, O., Gökrem, L., 2020. Nesnelerin İnterneti İçin Mqtt ile Hiyerarşik Haberleşme. Journal Of New Results In Engineering And Natural Sciences, (12)1-11.
- Ozturk, M., Arslan, M.H., Korkmaz, H.H., 2023. Effect on RC buildings of 6 February 2023 Turkey earthquake doublets and new doctrines for seismic design, Engineering Failure Analysis, 153, 107521. doi:10.1016/j.engfailanal.2023.107521.
- Özbay, H., Parmaksız, H., Karafil, A., Kesler, M., 2016. Farklı Eğim Açılarındaki Fotovoltaik Panellerin Elektriksel Ölçümlerinin Raspberry Pi ile İzlenmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi 4 (2), 711-718.
- Sağlam, A., Taş, M. ve Baykan, N., 2020. Geri Dönüştürülebilir Atıkların Materyallerine Göre Sınıflandırılması İçin Raspberry Pi Tabanlı Donanım Geliştirilmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 30-38.
- Sağlam, M., Bostancıoğlu E., 2023. Mimarlık, Planlama, Tasarım Alanında Akademik Analiz ve Tartışmalar, Edt: Betül Tülek, Yaz Yayınları, 106 sayfa Afyonkarahisar
- Sevli, O. 2021. Python 3. Kodlab Yayın Dağıtım Yazılım Ltd. Şti., 400, İstanbul
- Solak, A., 2022. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık Eğitimindeki Yeri ve Önemi Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (38), 76-87 . DOI: 10.31590/ejosat.1091518
- Şahin, A., Sevcan, Ç., İstanbullu, A. 2020. Raspberry Pi 4 İle Sürücü Yorgunluk Tespiti ve Uyarı Sistemi. Journal Of Science, Technology And Engineering Research, 1(1), 13-18.
- Şahin, S., 2023. Türkiye ve çevresi 123 yılda 6 ve üzeri büyüklüğündeki 231 depremle sarsıldı. Erişim Tarihi 09.11.2023 <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/turkiye-ve-cevresi-123-yilda-6-ve-uzeri-buyuklugundeki-231-depremle-sarsildi/2836124>
- Üçgün, H., Kaplan, Z. K., Yüzgeç, U., 2021. Akıllı Hava İstasyonu ile Iot Tabanlı Hava Durumu İzleme Sistemi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (23), 563-571.
- Yılmaz, D. G., 2023. Geçmiş Depremlerden 2023 Kahramanmaraş Depremlerine: Neden Afete Karşı Hazır Değiliz? Afet ve Risk Dergisi, 6 (3), 1009-1023. DOI: 10.35341/afet.1258947