

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

**PROJE KATEGORİSİ:** Afet Yönetimi

**PROJE ADI:** Betonarme Binalarda Yapısal Hasar Oluşumunu Tespit  
Eden Cihaz

**TAKIM ADI:** Fırat Akademi

**BAŞVURU ID:** 49883

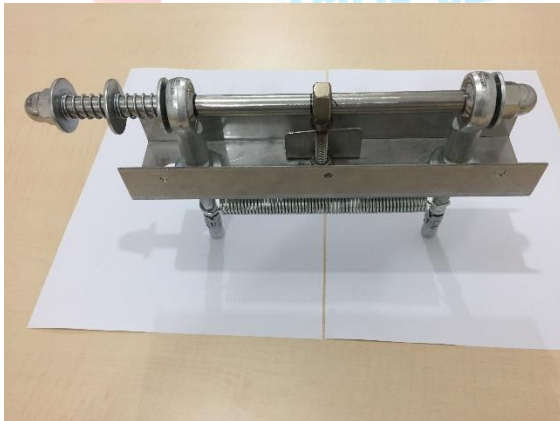
**TAKIM SEVİYESİ:** Üniversite-Mezun

## İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı) .....	2
2. Problem/Sorun .....	3
3. Çözüm .....	3
4. Yöntem .....	3
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü .....	4
6. Uygulanabilirlik .....	5
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması .....	5
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar) .....	7
9. Riskler .....	7
10. Proje Ekibi .....	7
11. Kaynakça .....	7

### 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Bu projenin temel amacı binalarda yapısal hasar oluşumunu senkronize olarak belirleyen bir test cihazı geliştirmektir (Resim 1 ve 2). Binalarımız deprem, yapı-zemin etkileşimi gibi hususlardan dolayı önemli yapısal hasarlara maruz kalmaktadır. Bu bağlamda özellikle deprem bir doğa olayı olup, nerede, nasıl ve ne zaman olacağı halen bilinmemektedir. Konuyla ilgili araştırmalar devam etmektedir. Ülkemizin önemli bir bölümü farklı konumlarda-pozisyonlarda 3 fay hattı üzerinde bulunmaktadır. Son 50 yılda meydana gelen depremler mevcut konut stokumuzda önemli yapısal hasarların oluşmasına ve can kayıplarına sebep olmuştur. Bu bağlamda en son Erzincan, Düzce, Kocaeli, Van depremlerinin yanı sıra 24 Ocak 2020 Elazığ ve 30 Ekim 2020 İzmir depreminde hasar görmüş yapılar hakkındaki raporların incelenmesi ve hasar nedenleri hakkındaki görsellerin analizinden hareketle, binaların taşıyıcı sistemlerine hasarı önceden bildiren bir cihazın geliştirilmesi durumunda özellikle can kayıplarının azaltılması düşüncesi üzerine bu proje fikri doğmuştur. Bu konuda yapılan incelemeler neticesinde böyle bir cihazın geliştirilmesi durumunda ulusal veya uluslararası düzeyde sektöre önemli katkı ve kazanımları olacaktır [1, 2, 3, 4 ve 5].



Resim 1. Perspektif-Ön Görünüşü  
(Mikroişletim, Ses ve Işık Sistemli)



Resim 2. Üst Görünümü  
(Mikroişletim, Ses ve Işık Sistemli)

Özellikle deprem sırasında yapıların ana taşıyıcı elemanlarında farklı şekillerde oluşan kesme, burkulma, dönme vb. olaylar neticesinde yapıda kalıcı hasarlar oluşmaktadır. Bu hasarlar kırılma ve çatlak şeklinde görülmektedir. Ayrıca kötü ve kalitesiz beton kullanımı, yetersiz donatı kullanımı, proje hataları, bina-zemin etkileşimi ve niteliksiz işçilikler de benzer sorunların oluşmasına neden olmaktadır. Bunların neticesinde binada kısmi veya genel yıkılma meydana gelmektedir [6]. Bu aşamada yapının ana taşıyıcı elemanlarının üzerlerine yerleştirilecek (mafsallaşma bölgesinde) bir cihaz kullanımıyla bina kullanıcılarının binaları tahliye etmede uyarıda bulunacak ve onlara zaman kazandırarak bir ürüne ihtiyaç vardır. Bu ürün sayesinde can kayıplarının azaltılması mümkün olabilecektir.

## 2. Problem/Sorun

Günümüzde özellikle depremin binalarda meydana getirdiği hasarı belirleyen proaktif bir test cihazı bulunmamaktadır. Bu eksiklik sektörün en önemli sorunlarından biridir. Binalarda oluşabilecek hasarları önceden belirleyen teknik, sistem, yöntem veya bir cihazın olmaması hem ulusal hem de uluslararası çözüm bekleyen bir problem halen karşımızda durmaktadır. Bu projede tanımlanan problemin çözüm yöntemi, bina taşıyıcı elemanlarının taşıma kapasitelerinden daha fazla titreşim, yatay ve düşey kuvvet veya yükleri karşılayamaması durumunda kesitlerinde meydana gelen kesme veya kırılma olaylarını çok kısa sürede algılayarak gelmekte veya oluşmakta olan tehlikeli durumu ses ve ışıklı sistemle bildirimde bulunabilecek bir cihaz tasarımı üzerinedir.

Bu bağlamda binaların ana taşıyıcı elemanlarından olan kolon ve kirişlerde meydana gelen gerilme, basınç, kesme, burulma gibi olaylardan kaynaklanan ve yapı elemanında oluşan özellikle kırılma ve/veya çatlak oluşum durumuna göre sesli ve ışıklı bir sistemle uyarın bir yöntem ve cihaz inşaat sektörün kullanımına sunulmuş olacaktır. Böylece bina kullanıcılarına hem 7/24 esasına göre binaları tahliye etmede zaman kazandıracak hem de yapısal hasar için önlemler alma imkanı elde edilecektir.

Yapılan pazar analizi sonucunda sektörde yer alan firmalar deprem oluştuğundan sonra hasar durum ve düzeyini çatlak ölçümü için geliştirilmiş reaktif manuel cetvellerle yapılmaktadır. Sektördeki bu manuel ölçüm sistemine karşın bu iş fikri ile geliştirilen prototip cihaz ise deprem oluşum esnasından itibaren yapıların taşıyıcı sistemlerinde oluşan hasarları tespit edip, kullanıcıya ışık ve ses sistemiyle uyarıda bulunacaktır. Ayrıca prototip cihazın sürekli yapı elemanına takılı kalmasıyla da yapıdan anlık ölçümler alınabilecektir.

Sektörün proaktif çözümlere ihtiyacı vardır. Bu proje kapsamında geliştirilecek cihaz sektörün can ve mal kayıplarının azaltılması ve olası müdahalelerin zaman geçirilmeden yapılmasına imkan verilecektir.

## 3. Çözüm

Bu proje kapsamında betonarme binalarda yapısal hasarı proaktif bir yaklaşımda belirleyen ve bina kullanıcılarına yapıları veya binaları boşaltma konusunda zaman

kazandıran bir test cihazının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu projenin ve ortaya konulan hedefin olumlu yöndeki çözüm ve çıktıları şunlardır:

- Olası depremde can kaybını azaltması,
- Yapısal hasarlarda meydana gelen çatlakların genişliğine göre hasar düzeyini belirlenmesi,
- Mevcut test yöntemlerine göre az (0-1mm), orta (1-2mm) ve ağır ( $\geq 2$  mm) hasar durumları anlık olarak belirlenmesi,
- Tespit edilen yapısal hasarın olduğu yerin belirlenmesi ve hasar türüne karar verilmesi,
- Ses ve ışık uyarı sisteminin, yapısal hasar oluştuğu anda devreye girmesi,
- Cihaz hasar tespitine 0.1mm'den sonra başlaması,
- Sistemin 7/24 çalışır vaziyette olması,
- Binanın anlık davranışının izlenebilmesi,
- Ulusal ekonomiye katkı sağlaması ve bu alanda sektörel inovasyon çalışmalarına ışık tutacak nitelikte olmasıdır.

#### 4. Yöntem

Yapısal hasarları belirleme amacıyla yeni bir ürünün geliştirilmesi planlanan bu projede birkaç iş koluyla işbirliği söz konusudur. Bu konuda beton teknolojisi (yapı malzemesi, kırılma mekaniği, mukavemet vs.), torna ve tesviye (metal malzemeye şekil, form, biçim vs.), mikro işlem (elektronik cip, elektronik devre elemanı, kart basımı, vs.) gibi iş kolları örnek olarak gösterilebilir. Bu bağlamda tasarlanan cihazın sektörde ilk örnek olması nedeniyle belirli ve bilinen bir standardı bulunmamaktadır. Bu nedenle prototip cihazın geliştirilmesi süreci bir Ar-Ge çalışması neticesinde olacaktır.

İzlenecek yöntemi şöyle özetlemek mümkündür;

- Test cihazının teknik tasarımı ve örnek maketi önemli ölçüde tamamlanmıştır. Söz konusu test cihazı yaklaşık 2-3 kg ağırlığında ve 7x7x30 cm fiziki ölçülerindedir. Mikro işletim sistemi hariç bütün parçalar paslanmaz çelik ve/veya krom malzemeden üretilecektir.
- Prototip cihazı üretebilmek için Tablo 2'de verilen makine, cihaz, aparat ve sarf malzemelerine ihtiyaç vardır. Cihazın prototipi Tablo 2'de belirtilen ekipman ve malzemelerle önemli bir kısmı üretilecek. Alınacak malzeme ve teçhizatla üretilemeyen kalan parçalar ise serbest piyasa işletmelerinden temin edilecektir.
- Laboratuvarda son şekli verilen cihaz değişik basınç mukavemetlerine sahip prizmatik 20x30x50cm ölçülerindeki beton numunelerine bağlanacak ve Türk Standartlarında açıklanan basınç ve eğilmede çekme dayanımı testlerine tabi tutularak yapısal hasarlar karşısındaki davranışı deneysel olarak gözlemlenecek. Bu mekaniksel davranışta üç farklı çatlak genişlik (0.1mm, 1-2mm,  $\geq 2$ mm) durumuna göre cihazın çalışma uyumluluk kontrolleri ve testleri yapılacaktır.
- Laboratuvar ortamındaki beton numune testlerinin uygulamalarında tek eksenli basınç kuvvetine maruz bırakılan prizmatik beton numunelerinde oluşan hasar şekil ve düzeylerine göre sesli ve ışık sisteminin çalışma testleri yapılacaktır. Buradan

elde edilecek olumlu sonuçlara göre sistemin başarılı olduğu varsayılacaktır. Oluşacak yapısal hasarlarda çatlak genişliğinin sayısal verilerine göre yapıda genel anlamda “az ( 0-1mm)”, “orta (1-2mm)” ve “ağır ( $\geq 2$ mm)” hasar durumu ortaya konulmuş olacak.

- Elde edilecek bulgu ve verilere göre cihazın son şekline karar verilecek ve buna göre uygulama seti oluşturulacak. Bu uygulamalar neticesinde elde edilen deneyim ve sonuçlarına göre test cihazının tasarımında yeniden yapılandırma çalışmaları yapılarak ticari ürün olmasına ağırlık verilecektir.
- Prototip cihaz şehir şebeke elektrik sistemiyle (220V) çalışacak.
- Ayrıca cihaz parçaları nem, rutubet, korozyon gibi olumsuz etkilerden etkilenmeyen metalik malzemelerden üretilmesi sağlanacaktır. Bu aşamada prototip cihazın en kolay ve pratik uygulama özelliğinde olmasına özen gösterilecektir.
- Prototip ürün için öncelikle ulusal ve daha sonra uluslararası patent başvurusu yapılacaktır.

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Prototip cihaz ana taşıyıcı elemanlarda meydana gelecek eğilme, kesme, kırılma, burkulma gibi olayları anında belirleme ve uyarma özelliğindedir. Ayrıca yapısal hasar şekillerine göre geliştirilecek özgün mikro işletim sistemine sahiptir. Diğer muadillerinin yapı hasarını, hasar oluşuktan sonra belirlemesine karşın, cihaz yapısal hasar oluşmaya başladığı andan (0.1mm) itibaren anlık ölçümler alacak ve kullanıcıya ışıklı ve sesli bildirimde bulunacaktır. Bu özellikler cihazın en belirgin yenilikçi yönleridir.

Prototip cihaz, olası bir depremde can kaybını azaltmak, yapısal hasarları sesli ve ışıklı uyarıda bulunma ve her bir binanın anlık davranışını izleme gibi birçok olumlu çözümler sunmaktadır. Kullanıcısına düşük maliyette test avantajı sunmasının yanında kısa sürede çözüm alma imkanı vermektedir. Ayrıca birçok sektöre hitap ederek ulusal ekonomiye katkı sağlayacaktır. Prototip cihazın bu alanda yapılacak çalışmalara örnek olması açısından ürün ve süreç yeniliği yönleri de bulunmaktadır.

Prototip cihazın teknik özelliğinden dolayı patent kapsamında korunması gerekecektir. Çünkü günümüz serbest piyasasında taşıyıcı elemanlarda meydana gelen eğilme, kesme, kırılma, burulma gibi hasar şekillerine göre sesli ve ışıklı uyarım-ikaz sistemli bir çözüm henüz geliştirilmemiştir. Yalnızca yapı elemanlarında meydana gelen çatlak tipi, büyüklüğü ve derinliği hakkında ölçüm yapan reaktif ölçüm kartı, ölçüm cetveli gibi ürünler ve uygulamalar vardır. Bu konudaki mevcut çözümlerin hepsi yapısal hasar olduktan sonra çözüm sunmaktadır. Bu nedenle sektörün konu ile ilgili yeni bir çözüme ihtiyacı vardır.

## 6. Uygulanabilirlik

Prototipi geliştirilecek olan cihazın iki ana bölümden oluşacaktır. Birinci bölümü donanım ikinci bölümü ise mikro işletim sistemidir. Prototip cihazın donanım bölümünün uygulanacağı yer, binaların düşey ve yatay taşıyıcı elemanları olacaktır.



Tablo 2. Beş Adet Prototip Cihaz Üretimi İçin İhtiyaç Duyulan Malzeme ve Ekipman

Malzeme Adı	Ölçü-Adet	Birim Fiyatı (TL)	Toplam Tutarı (TL)
Kılavuz Çekmeli Matkap	1	7338,19	7338,19
Taş Motoru	1	1999,00	1999,00
Kızaklı Matkap Freze Mengenesi	1	2256,75	2256,75
Avuç Taşlama	1	929,00	929,00
El Aleti Çantası	2	2500,00	4500,00
Kırıcı Delici Matkap	1	5750,00	5750,00
Gönye Kesme	1	5290,00	5290,00
Lehimleme Seti	1	1658,00	1658,00
Multimetre	1	1220,16	1220,16
Güç Kaynağı	1	1440,06	1440,06
Lehimleme İstasyonu	1	3638,70	3638,70
Osiloskop	1	6185,90	6185,90
Beton Test Çekici	1	6442,80	6442,80
Gazaltı Kaynak Makinesi	1	9086,00	9086,00
Mikroişletim Kart Basımı	5	200,00	1000,00
Jeneratör	1	3771,05	3771,05
Paslanmaz Çelik ve Krom Esaslı Sarf Malzemeleri (Somun, Cıvata, Yay, Pim, Yay, Pul, U Profil vs.)	200	...	5000,00
Metal İşleme Sarf Malzemeleri (Taşlama ve Temizleme Aparatları, CO2 Tüp, Manometre, 0,8mm Gazaltı Kaynak Teli, Koruyucu Ekipmanlar vs.)	20	...	3000,00
Elektrik Tesisatı ve Sarf Malzemeleri (Kablo, Priz, Pano, Kontaktrör, Duy, Topraklama vs.)	20	...	3000,00
Toplam			73505,61

## 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)

Fay hattı üzerinde veya yakınına inşa edilmiş yapıların kullanıcıları ve depremde az ve orta hasar görmüş yapıların kullanıcıları müşteri kitlesini oluşturmaktadır. Prototip cihaz ile ulusal ekonomiye katkı sağlanması ve birçok sektöre öncü olması amaçlanmaktadır. Yapılan pazar araştırması sonucunda geliştirilecek cihazın muadili olmadığı için büyük oranda ilgi göreceği ve ticarileşme boyutunda bu ilginin olumlu dönüş olacağı düşünülmektedir.

Bu proje kapsamında geliştirilecek prototip cihazın bir standardı bulunmamaktadır. Bu nedenle prototip cihaz standart konusu ticari ürün geliştirildikten sonra yeniden değerlendirilebilecektir.

Bu iş fikrinin kısa, orta ve uzun vadedeki hedefleri de şunlardır;

- Kısa vadede proje süreci içerisinde prototipi geliştirmek.
- Orta vadede cihazın üretimi ile 1-3 yıl süre içerisinde ulusal müşteri kitlesine ulaşmak.

- Uzun vadede ise cihazın seri üretimi ile 3 yıldan sonra uluslararası müşteri kitlesine ulaşmaktır.

## 9. Riskler

Bu proje neticesinde geliştirilecek prototip cihazın canlı sağlığına hiçbir olumsuz etkisi yoktur. Cihazın başka bir örneği veya versiyonu olmadığı için serbest piyasada fason veya muadillerinin üretilmesi mümkündür. Bu konudaki ticari ürün açısından fikri mülkiyet haklarının ulusal ve uluslararası patentlerle korunması sağlanacaktır. Ayrıca mikro işlemci kartında tasarlanan yapının kopyalanmaması için polyester reçine ile kaplaması yapılacaktır.

Betonarme binalarda hasar oluşumuna neden olan etkenler ve hasar oluşum şekilleri 20 Ocak 2020 tarihinde bizatihi sahada az, orta ve ağır hasara uğramış yapılarda yapılan teknik inceleme ve gözlemler yapılmıştır. Sahada yapılan bu teknik inceleme ve gözlemlerden hareketle projenin ön prototipi tamamlanmış durumdadır.

Projenin profesyonel bir ürüne dönüştürülmesi için 6 aylık bir süre öngörülmüştür. Bu sürenin ilk iki ayı projede kullanılacak malzeme ve ekipmanın teminine ayrılmış, malzemeler geldikten hemen sonra da gerekli parçaların üretimine başlanarak ilk 4 ay içerisinde üretimin tamamlanması, son iki ayda farklı şartlarda testlerin yapılması ve eksik yönlerin iyileştirilmesi planlanmıştır.

Ayrıca projenin hayata geçilmesi aşamasında çevresel, sistemsel, tahmin edilemeyen risklerin ve hataların meydana gelmesi kuvvetle muhtemeldir.

- **Çevresel Riskler:** Çevresel koşullara bağlı olarak, cihazın elektronik bileşenleri ve kartları nem ve rutubetten olumsuz yönde etkilenebilir. Bu riski ortadan kaldırmak için mikro işlemci kartı polimerle kaplanacaktır.
- **Sistemsel Riskler:** Cihazın ses ve ışık uyarı kısımları darbe, titreşim vs. durumlar için koruma-muhafaza altına alınacak. Elektrik kesintisi, voltaj yükselmesi, düşmesi ve topraklama gibi özel önlemler alınacaktır.
- **Tahmin Edilemeyen Riskler:** Cihaz çalışır durumda iken hesap edilemeyen durumla karşılaşılabilir. Bazı kötü niyetlilerin cihazı bağlı bulunduğu yapı elemanı üzerinden sökmeleri örnek olarak gösterilebilir. Yapının ağır hasara uğraması durumunda cihazın bağlı olduğu noktadan düşmesi ve hizmet verememesi diğer bir riski oluşturmaktadır.

Projenin hazırlanması, uygulanması ve prototip cihazın ortaya konulması süreçleri için SWOT analizi aşağıdadır (Tablo 3). SWOT analizinden de görüleceği üzere proje çok ciddi risklere sahip değildir.



Tablo 3. Proje SWOT Analizi

Güçlü Yönler/ Strengths	Zayıf Yönler/ Weakness
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proje sahipleri yapısal hasar oluşumu konusunda lisans ve lisansüstü eğitilmişlerdir.</li> <li>• Proje sahipleri başka ArGe projelerini başarıyla tamamlamışlardır.</li> <li>• Ulusal ve uluslararası patentli çalışmaları vardır.</li> <li>• ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proje bizzat yazarları tarafından mali olarak desteklenmesi mümkün değildir.</li> <li>• Cihazın daha önce üretilen bir tipi, modeli, standardı vs. yoktur.</li> <li>• Proje sahiplerinin prototip cihazı geliştirecek malzeme ve ekipmanları yetersizdir.</li> <li>• ...</li> </ul>
Fırsatlar/ Opportunities	Tehditler/ Threats
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ülkemiz sürekli büyüyor, gelişiyor. Bu bağlamda yeni teknolojik ürünlere ilgi giderek artmaktadır.</li> <li>• Mevcut bina stokunun niteliği endişe verici ve bu konuda proaktif bir cihaz bulunmamaktadır.</li> <li>• Bina kullanıcıları kendilerini daha güvenli yapılarda hayatlarını idame etme niyetindedir.</li> <li>• ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Girdi maliyetlerindeki artışlar ve geliştirilecek prototip ürünün taklit edilmesi ve bu konuda bir rekabet ortamının oluşması.</li> <li>• Mevcut konut stoku yapısal hasarlara karşı korumasız ve yeni bina inşaatı maliyetleri çok yüksektir.</li> <li>• Konu ile ilgili tarafların cihazın avantajları konusunda bilgilendirme veya kamuoyu oluşturma faaliyetleri yetersiz.</li> <li>• ...</li> </ul>

## 10. Kaynakça

- [1] <https://deprem.afad.gov.tr/downloadDocument?id=1831>: T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi Raporu.
- [2] 24 Ocak 2020 Mw 6.8 Sivrice Depremi, Elazığ Bölgesi Yapısal Hasarlar İnceleme ve Değerlendirme Raporu, Rapor N0:2020/D00, Fırat Üniversitesi Yapı ve Beton Uygulama ve Araştırma Merkezi.
- [3] <https://deprem.afad.gov.tr/downloadDocument?id=2067>: T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, 01 Şubat 2021 Ege Denizi, Karaburun (İzmir) Açıkları Mw 5.1 Depremine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu.
- [4] [http://daum.deu.edu.tr/?page\\_id=111](http://daum.deu.edu.tr/?page_id=111): Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi Deprem Raporları.
- [5] [http://www.tmmob.org.tr/sites/default/files/deprem\\_raporu\\_yayinlandi.pdf](http://www.tmmob.org.tr/sites/default/files/deprem_raporu_yayinlandi.pdf). 30 Ekim 2020 Tarihinde Meydana Gelen İzmir Depremi Raporu (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi).
- [6] Ekinci, C.E., (2021). Bordo Kitap: Mimar ve Mühendisin İnşaat El Kitabı (9.Baskı). Ankara: Data Yayınları.