

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

#### PROJE DETAY RAPORU

**TAKIM ADI: ITU BEES R&D TEAM**

**PROJE ADI: PRESSURE GAIN**

**BAŞVURU ID: #45011**

## İçindekiler

### 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Günümüz teknolojisinde, birbirinden farklı birçok alanda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı atık enerji olarak çevreye bırakılmaktadır. Bu atık enerjinin kullanılan enerjiye oranı yaklaşık %72 mertebesindedir. Halihazırda yakıt tüketiminin artması çevre kirliliğine neden olurken enerji maliyetlerini de arttırmaktadır. Bu atık enerjilerden bir tanesi de atık (vibrasyon-titreşim) düzensiz basınç enerjisidir. Atık düzensiz basınç enerjisinin çevreye yaydığı ses ve titreşimin başta insan sağlığına olmak üzere kullanılan makinelerin ömürlerinin kısılmasına kadar birçok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Bundan dolayı, son yıllarda dikkat çeken yeni bir araştırma alanı olarak atık basınç enerjisini elektriğe çeviren, piezo malzeme teknolojisi üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Piezo malzemeler arasında oksit tabanlı bileşikler; doğada bol bulunur, hafiftir; düşük maliyetli ve genellikle zehirli olmayan bileşiklerden oluşur. Bu yüzden bu bileşiklerin atmosferdeki kirliliğin azaltılmasında ve atık enerjinin geri kazanımındaki rolü oldukça büyüktür. Bu alanda tasarlanmış olduğumuz prototip modülümüzde titreşimin (vibrasyon) yoğun olduğu fabrikalarda, gemi pervanesinin denizi itmesini sağlayan şaftın sırt yataklarındaki pedlerinde, çamaşır-kurutma makinelerinin damper (amortisör) ve denge taşı gibi aksamalarında montajı oldukça kolay bir şekilde yapılacaktır. Böylelikle basınç enerjisini elektrik enerjisine çevirmiş olacağız. Tasarlanmış olduğumuz prototipimiz; kullanacağımız yer, boyut ve dayanımına göre farklılık gösterdiği için tasarımında kolaylıkla değişiklikler yapılabilir ve böylelikle kullanılacak bölgeye özgü (özelleştirilebilirliği yüksek) üretimi sağlanmış olur. Buna ek olarak hafif ve taşınabilir tasarımı sayesinde montaj süresinin de oldukça kısa olması sağlanır. Montajı yapıldıktan sonra atık basınç enerjisinden ürettiğimiz gerilimi akümülatöre aktarmak için gerekli olan elektrik devresi yapılır ve böylelikle sistemin çalışması sağlanmış olunur.

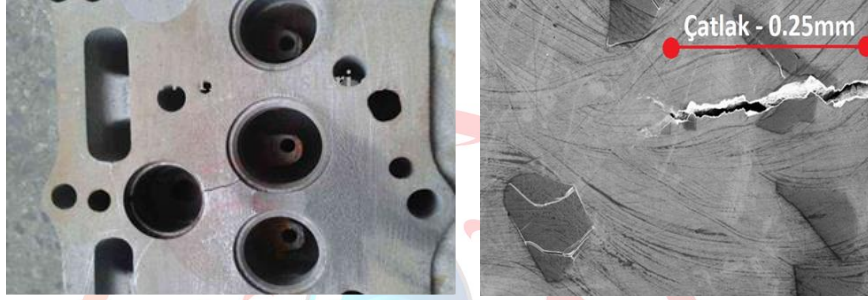


Şekil 1.1: Piezo-elektrik materyaller

### 2. Problem/Sorun:

Fabrika, gemi makina dairesi, ağır sanayi bölgeleri vs. gibi yerlerde bulunan motor sabitleme pabuçları, kompresör ayak kısımları, makinelerin titreşim bölgeleri, amortisör (damper) gibi mekanik aksamaların çalışmasından oluşan sallantı kısımları, vb. atık basınç enerjisine sahip bütün kısımlarda makine aksamalarının ömrü kısalmış ve bu titreşime maruz kalan parçalar zamanla deforme olur. Deforme olmalarından ötürü yetersiz işlev görmektedirler. Bu yetersiz işlevden ötürü titreşime maruz kalan parçalar zamanla hasar görerek kırılmalara neden olabilir. Bu durum makinelerin hem sigorta prim süresini kısılmasına hem de veriminin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca bu tür yüksek titreşimden

ötürü çıkan rahatsız edici sesler gürültü kirliliğine sebep olmakta ve bu fabrikalara, ağır sanayi bölgelerine yakın civarlarda oturan insanların mentâl ve işitsel sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu duruma maruz kalan insanlarda odaklanma, öfke kontrol bozukluğu, uyku bozukluğu gibi sağlık problemleri meydana gelmektedir. Bu soruna çözüm olarak makinelerde titreşimin fazla olduğu alanlarda titreşimi sönmlemek için yumuşak metaller (alüminyum alaşımlı metaller) kullanılmaktadır. Ancak bu yumuşak metaller çıkan gürültü ya da aksamaların aşınması gibi sorunlara çözüm olamamakla beraber elektrik üretimi de sağlamamaktadır. Dolayısıyla var olan bu çözüm problemi çözmek için yetersiz kalmaktadır.



**Şekil 2.1:** Metal titreşiminden ve metal yorgunluğundan kaynaklı çatlama

### 3. Çözüm

Fabrika ve gemi gibi ortamlarda makinelerin çalışmasından kaynaklanan titreşim bölmelerine piezo malzemeler yardımıyla bar sistem düzeneği oluşturularak atık basınç enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülecektir. Buna ek olarak kullanılan piezo malzemeler aracılığıyla hem ses kirliliği hem de sürtünmeden kaynaklı metal aşınmaları azaltılmış olacaktır. Böylelikle şirket ve hatta ülke ekonomisine katkı sağlanmış olacaktır. Bu çözüm sayesinde sigorta prim sürelerinin uzaması sağlanacak ve şirket bütçesi korunacaktır. Ayrıca araçların (hibrit) motorlarında bulunan emme ve egzoz valflerinin açılıp kapanmasıyla veya araçların lastik kısımlarında dur-kalk sırasında oluşan ani basınç değişimlerdeki atık basınç enerjisi, kurulan düzenek sayesinde elektrik enerjisine çevrilebilir. Dönüştürülen elektrik enerjisi kablolar aracılığı ile hibrit aracın kendi bataryalarına (pil) ya da model bar akümülatörüne aktarılır ve bu sayede hibrit araçların en önemli sıkıntısı olan menzil sorununa büyük ölçüde bir çözüm getirilmiş olur. Araçların yanı sıra çamaşır makineleri ve kurutma makineleri gibi vibrasyonun fazlaca olduğu birçok ev aletinin belirli aksamalarına yerleştirilecek olan piezo malzemeler sayesinde bu tip elektrikli makinelerde elektrik tüketimi azaltılabilecektir.

### 4. Yöntem

İki farklı kutba sahip piezo malzemelerin arasına uygun boyutlarda bakır ince levha yerleştirilerek titreşim oluşturan motor sabitleme ayağının pabuç kısmına montajı yapılır. Son olarak düzeneğin elektrik kablo tesisatını akümülatöre bağlanarak sistemin çalışması sağlanmış olur. Piezoelektrik malzemeler ile mekanik enerji elektrik enerjisine veya elektrik enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülebilmektedir. Elektrik enerjisi üretimi; piezoelektrik malzemeye aynı doğrultuda uygulanan kuvvet (basma/çekme) sırasında malzeme içindeki

kristal yapının her iki tarafında bulunan + ve – yüklerin ortaya çıkması sonucu meydana gelmektedir. Bu çalışmada; piezoelektrik nanojeneratörden elektrik enerjisi üretimi ve üretilen enerjinin depolanması deneysel olarak incelenmiştir. Tasarımda piezo element, kondansatör, direnç, zener ve schottky diyot, şarj edilebilir pil, ayakkabı keçesi ve denetleyici olarak ise arduino ve röle gibi malzemeler kullanılmıştır. İlk aşamada; bir adet piezo elementin davranışı incelenmiş ve bu inceleme sonucunda; hafif basınçta maksimum 1 Vdc, yürüme basıncında 1.7 Vdc ve koşma basıncında 2.5 Vdc gerilim elde edilmiştir. Üç piezo element seri bağlanarak bir köprü diyotla doğrultma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sistemden elde edilen veriler; 0.61 Vdc (hafif basınçta), 13 Vdc (yürüme) ve 15 Vdc (koşma) dir. Farklı bağlantı şekillerinde gerilimi yükseltme çalışmaları yapılmış ve koşma durumunda 30 Vdc gerilim elde edilebilmiştir. Osiloskop ve multimetreler yardımıyla ölçümler kaydedilmiştir. Doğrultma işleminden sonra kondansatör ile filtreleme ve zener diyot ile çıkış gerilimi istenilen seviyeye regüle edilmiştir. Regüle edilmiş gerilimin 700 mAh, 1.2 V'luk Ni-Cd pilde 7 dakikada yaklaşık 0.3 V olarak depolandığı görülmüştür. Üretilen gerilim kondansatörde depolanırken piezoya basınç uygulanması kesildiğinde ve sonra tekrar basınç uygulandığında piezo elementlerin gerilim üretmediği gözlemlenmiştir. Bunun nedeni; piezoların tersinir çalışabilme özelliğidir. Bunu önlemek için bir adet hızlı geçiş diyotu ileri yönde bağlanmıştır. Denetleyici yardımıyla pilin şarj durumu kontrol edilmiştir. Böylece piezoelektrik temeli DC güç kaynağı farklı parametreler altında uygulamalı olarak incelenmiş ve enerji hasadının önemi görülmüştür. Özellikle dans pistleri, koşu bantları, okul veya hastane giriş-çıkış yerlerinin zeminine döşenecek bu tür bir kaynak ile iç elektrik enerjisi tüketimi desteklenebilecektir.

**Tablo 4.1:** Piezo Elektrik Malzemenin Test Sonuç Tablosu

spec	boyut (mm)	Kalınlık Frekansı ft (KHz)	Radyal Frekans FS (KHz)	Capaciatance C (pf)	Empedans Zt ( $\Omega$ )	K33 (%)	Kp (%)
ARS - YPJP- 1930	Ø19 x 3.0		215 ± 2%	877 ±% 12.5			≥50
ARS - YPJP - 2585	Ø25 x 8.5	235 ± 2%		650 ±% 12.5	≤ 45	≥58	
ARS - YPJP - 2510	Ø25 x 10	200 ± 2%		550 ±% 12.5	≤45	≥58	
ARS - YPJP - 27489	Ø27.4 x 8.9	215 ± 2%		1230 ±% 12.5	≤45	≥59	
ARS - YPJP - 27410	Ø27.4 x 10	200 ± 2%		665 ±% 12.5	≤45	≥58	
ARS - YPJP - 43510	Ø43.5 x 10	200 ± 2%	50 ± 1	1430 ±% 12.5	≤25	≥53	≥50
ARS - YPJP - 4596	Ø45 × 9,6	200 ± 2%	50 ± 1	3076 ±% 12.5	≤45	≥59	≥60
ARS - YPJP - 4510	Ø45 x 10	200 ± 2%	50 ± 1	1790 ±% 12.5	≤25	≥58	≥54
ARS - YPJP - 605	Ø60 x 5	420 ± 2%		5250 ±% 12.5	≤15	≥53	

ARS - YPJJP - 54910	Ø54 x Ø9 x 10	207 ±% 2	2070 ±% 12,5	≤45	≥53
------------------------	------------------	----------	--------------	-----	-----

**Tablo 4.1**'de görüldüğü üzere piezo elektrik malzemenin boyutu büyüdükçe kapasite artıyor ve böylelikle üretilen elektrik enerjisi de artmış oluyor. Aynı şekilde ne kadar yükte titreşim olursa ve titreşim hızı ne kadar yüksek olursa gerilim gücü o kadar artmaktadır.

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Bu alanda literatürde benzer çalışmalar bulunmakla beraber herhangi bir ürün veya prototip üretilmemiştir. Ayrıca çalışma mekanizmasında kullanılan kimyasallar ve modelleme şekli olarak literatürde bilinenin dışında üretilmiştir. Bu sayede planlanan dayanıklılığı, hesaplanan voltaj değerlerinin bilinenden daha yüksek olması, kullanımında (tak-kullan yöntemi) kolaylık sağlaması ve maliyetinin potansiyel rakiplerine göre daha düşük olması açısından da avantaj sağlaması projenin yenilikçi yönlerini ortaya koymaktadır.

Projenin modül halinde üretilmesi ve satışının bu şekilde planlanması, tasarımının konumlanacağı yere göre değişiklik gösterebilmesi (özelendirilebilir olması) projenin özgün yönlerindedir.

## 6. Uygulanabilirlik

Fabrikalarda bulunan titreşimin yüksek olduğu alanlar, motor sabitleme ayakları, gemi kazan dairesindeki pabuç aksamlar çamaşır, kurutma makinelerinin amortisör ve damperleri vb gibi atık basınç enerjisine sahip bütün kısımlarda kullanılabilir. Beyaz eşya sektöründeki birkaç şirketle bu proje üzerine görüşmeler yapmaktayız.

Arabalarda bulunan akslarda, conta ve lastik salıncaklarının pabuç kısımlarındaki titreşimden yararlanılarak ürettiğimiz parça ile elektrik enerjisi üretilebilir ve akümülatöre aktarılabilir. Böylelikle arabaların elektrik aksamlarında kullanılabilir. Ayrıca yeni nesil elektrikli araçların en büyük problemi olan menzilin kısa olması sorununun giderilmesi için de üretilen elektrik enerjisi araçların bataryalarına (pil) aktarılarak araçların daha uzun menzil gidebilmesi sağlanabilir.

Uzay uydularının panel ve gövdelerinin sabitleme conta kısımlarında kullanılarak titreşim ve yüksek basınçtan kaynaklı sarsıntılar hem elektrik enerjisine çevrilirken hem de sarsıntılar minimize edilerek metal aksamaların ömürleri uzamış, sigorta prim süreleri arttırılmış olur. Böylelikle atık basınç (vibrasyon) enerjisi ile üretilip akümülatörde biriktirilen elektrik enerjisi kullanılarak oldukça pahalı olan jet yakıt tüketiminden de tasarruf edilebilir. Aynı şekilde uzay mekiklerinin de fırlatılması sonucunda ortaya çıkan yüksek titreşim de elektrik enerjisine dönüştürülebilir ve harcanan yakıt en az seviyeye indirgenmiş olur.

Projemiz; maliyetinin düşük, üretim ve montajının hem kolay hem de pratik olması açısından rahatlıkla ürün haline dönüştürülebilir. Kullanım alanlarının fazlalığı ve kullanımının kolaylığı sayesinde de birçok kişi tarafından rağbet göreceğini öngörmekteyiz.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Prototipini yaptığımız basınçtan elektrik üreten modülümüzün tek bir tanesinin şuan ki (döviz kur değerlerini göz önüne alırsak) değeri yaklaşık 420 TL'dir. Fakat projemizin seri üretim aşaması için gerekli olan maliyeti ise yaklaşık olarak 4.200.000 TL'dir. Projemiz en az 33.331 TL maliyetle uygulanabilir hale gelmektedir.

Kimyasal malzemelerin saflık derecesinin yüksek olması için yurtdışından alınması gerekmektedir. Dolayısıyla alış fiyatları kur değerlerinden kaynaklı farklılık göstermektedir. Projemizi satılabilir bir ürün haline getirebilmemiz için gerekli olan malzemeler ise; piezo elektrik malzeme, bakır ince plaka, kübik laboratuvar fırını, hassas terazi, fırın potası ve havan taşı, kimyasal içerikli malzemeler, metal kaplama makinası, pres makinası, laboratuvar deney tüpleri, termometre, voltmetredir.

**Çizelge 7.1. Proje zaman planlaması**

Safhalar	1.hafta	2.hafta	3.hafta	4.hafta	5.hafta	6.hafta	7.hafta	8.hafta	9.Hafta	10.hafta
1. Hazırlık aşaması (malzemelerin temini, çalışma sahasının hazırlanması vb)	X	X	X	X						
2. Üretim aşaması (piezo elektrik malzemenin üretimi, kaplama malzemesi üretimi)					X	X	X	X		
3. Test aşaması (Ürünlerin performans testleri yapılması)									X	X

Projenin zaman planlaması ortalama on haftalık bir periyota tekabül etmektedir. Buna göre projenin hazırlık aşaması yani malzemelerin temin edilmesi ve imalatın gerçekleştirileceği laboratuvar veya atölyenin hazırlanması aşaması yaklaşık dört haftalık bir periyottur.

Projenin ikinci aşaması üretimdir. Bu aşamanın yaklaşık dört haftalık bir periyotta gerçekleşmesi beklenmektedir. Son aşama ise ürünlerin performanslarının test edilmesidir. Proje zaman planlaması **Çizelge 7.1'** de gösterilmiştir.

Proje maliyetinin 1/6'sı tasarım sürecine, 3/6'sı üretim sürecine ve 2/6'sı ise test ve reklam sürecinde harcama kalemleri olarak öngörülmektedir.

## 8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Prototipimizde hedef kitle olarak fabrika sahipleri, gemi sahipleri (armatörler), uzay ve uçak endüstrileri, araç sahipleri beyaz eşya sektörü vb. titreşimi (atık basınç enerjisini) elektrik enerjisine çevirmek amacını güden kişi, kuruluş ve şirketleri öngörmekteyiz.

Bu proje fikrini kullanmasını öngördüğümüz kitle genel olarak, titreşimden kaynaklı metal ömrünün ve dolayısıyla sigorta prim sürelerinin kısa olmasından, bakım onarım periyotlarının kısalmışından ve maliyetlerinin artmasından ötürü sorun yaşayan kişi ve kuruluşlardır.

## 9. Riskler

Projeyi olumsuz yönde etkileyebilecek en büyük, risk malzeme istek sürecindeki aksamalar veya gecikmeler oluşmasından kaynaklı üretimin durmasıdır. Üretim malzemelerin genelde yurt dışından gelmesinden kaynaklı malzeme teslim sürecinin uzun olmasından dolayı bu sürecin üstesinden gelebilmemiz için çokça stok yapmak zorundayız. Bu durum bizi maliyet açısından olumsuz yönde etkilemektedir. Döviz kurlarının artmasından kaynaklı maliyet fiyatlarının artması projemizi olumsuz yönde etkilemektedir. Bunlara ek olarak aynı alanda üretim yapan diğer şirketler projemizi olumsuz yönde etkilemek hatta durdurmak için fiyat düşürmeye gidebilir ve sonucunda projemizi olumsuz yönde etkileyebilir. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için öncelikle tasarım, üretim ve test-pazarlama sürecini büyük bir titizlikle planlamak gerekmektedir. Ayrıca proje sürecinde aksama olmaması için maliyeti göz önünde tutularak stok yapılması gerekmektedir.



Şekil 9.1: Olasılık – Etki matrisi

Tablo 9.1: Malzeme fiyat listesi

MALZEME	ORTALAMA FİYAT (TL)
Piezo-elektrik Malzeme (2 adet)	385
Bakır İnce Levha (0.1mm kalınlığında)	14
Küçük Laboratuvar Fırını	5.676
Hassas Terazı	4.286
Fırın Potası ve Havan Tası	95
Kimyasal İçerikli Malzemeler (kg)	3.465
Metal Kaplama Makinesi	14.000
Pres Makinesi	3.514
Laboratuvar Deney Tüpleri	10
Yüksek Sıcaklık Ölçen Termometre	565
Multimetre	280
Tesisat Malzemeleri	150
Düzenek Sabitleme Aparatları	84
Kauçuk (0.5mm kalınlığında - metre)	185
Vibrasyon Düzenegi	622

<b>TOPLAM</b>	33.331
---------------	--------

**Tablo 9.1'**de belirtilen malzemelerin bir kısmı dolar/euro üzerinden alındığından ötürü fiyatlarda döviz kuruna göre değişimler yaşanmaktadır. Bu malzemelerin bir kısmı genel laboratuvar ihtiyaçları olarak kullanılmaktadır.

**Tablo 9.2:** İş paketleri ve içeriği

<b>TARİH ARALIĞI</b>	<b>İŞ PAKETLERİ VE İÇERİĞİ</b>
21.03.2021 - 15.04.2021	Piezo elektrik materyallerinin üretimi için gerekli olan kimyasalların temini
17.04.2021 - 25.04.2021	Piezo elektrik materyallerinin üretimi
26.04.2021 – 11.05.2021	Prototipin oluşturulması
12.05.2021 – 28.05.2021	Prototipin test sürecinin gerçekleştirilmesi

## 10. Kaynakça ve Rapor Düzeni

- 1) CHIANG, Y. M., 1996. Physical Ceramics, p. 39, Publication No. 59873-9, John Wiley & Sons, NY, USA.
- 2) COTTON, D., CRANNY., A., WHITE, B., BEENY, S., CHAPPELL, B., 2004. Design and development of integrated thick film sensors for prosthetic hands, 7th Biennial ASME Conference on ESDA, July 2004 , Manchester, UK.
- 3) HAERTLING, G. H., 1999., Ferroelectric ceramics: History and technology, Journal of the American Ceramic Society, 82, 797
- 4) HIMERATH, B. V., I KINGON, A, BIGGERS, J. V., 1983. Characterization and sintering of lead zirconate-titanate powders, Journal of the American Ceramic Society, 66, 790.
- 5) HWANG, K. S., SONG, J. E., JO, J. W, YANG, H. S., PARK, Y. J., ONG, J. L., RAWLS, H. R., 2002. Effect of poling on growth of calcium phosphate crystal in ferroelectric BaTiO<sub>3</sub> ceramics, Journal of Materials Science, 13, 133-138.,
- 6) Rocha, J., Goncalves, L., Rocha, P., Silva, M., & Lanceros-Mendez, S. (2010). Energy

Harvesting From Piezoelectric Materials Fully Integrated in Footwear. *IEEE*

*Transactions on Industrial Electronics*, 57(3), 813–819.

<https://doi.org/10.1109/tie.2009.2028360>

- 7) Akkaya Oy, S., & Ozdemir, A. E. (2016). Usage of piezoelectric material and generating electricity. *2016 IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*. Published.

<https://doi.org/10.1109/icrera.2016.7884363>