

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: ITU BEES R&D TEAM

PROJE ADI: VIBTECH

BAŞVURU ID: 335400

İçindekiler

Proje Özeti(Proje Tanımı).....	3
Problem/Sorun	4
Çözüm.....	5
Yöntem	6
Yenilikçi (İnovatif) Yönü	7
Uygulanabilirlik	8
Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	8
Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar)	10
Riskler.....	10
Kaynakça.....	12



1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

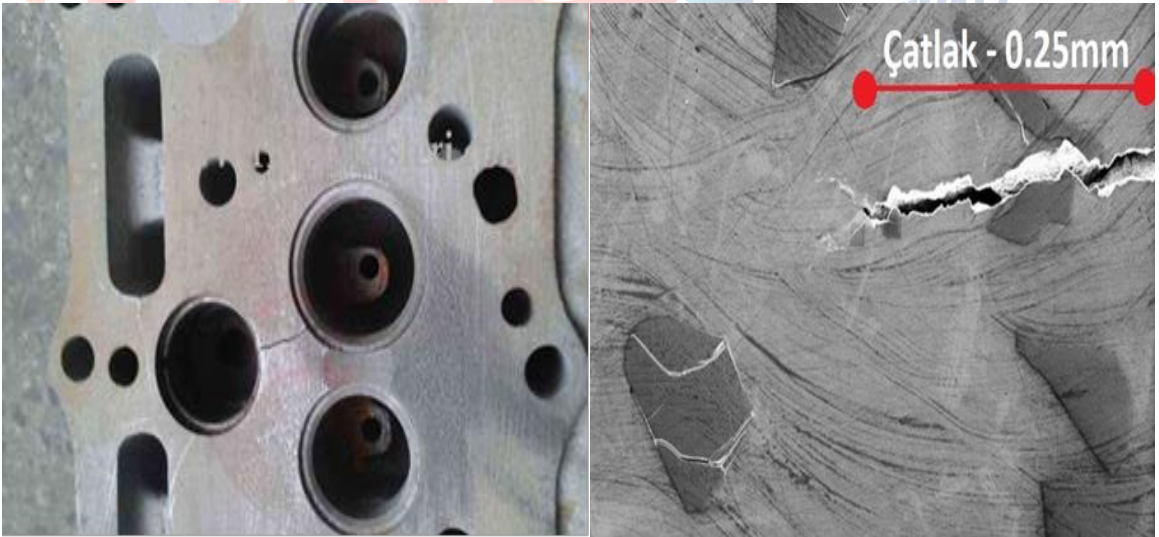
Günümüz teknolojisinde, birbirinden farklı birçok alanda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı atık enerji olarak çevreye bırakılmaktadır. Bu atık enerjinin kullanılan enerjiye oranı yaklaşık %72 mertebesindedir. Hali hazırda yakıt tüketiminin artması çevre kirliliğine neden olurken enerji maliyetlerini 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 kısalmasına 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. Ürünümüz tasarım olarak en alt ve üstte 3 adet delik açılmış olan 2 adet metal baskı aparatları, 3 adet pul, 3 adet somun, 3 adet yay, 3 adet ters diş açılmış cıvata, 2 adet kauçuk, 1 adet piezo-elektrik malzemenin oluşmaktadır. Bu aparatların arasına sırasıyla kauçuk, piezo-elektrik malzemenin N-Tipi bölgesine bakır levha, piezo-elektrik malzeme, piezo-elektrik malzemenin P-tipi bölgesine bakır levha ve kauçuk konulmuştur. Metal baskı aparatlarının deliklerinden karşılıklı olacak şekilde ters diş açılmış cıvatalar geçmektedir. Bu cıvataların ucuna yay, pul ve somun eklenip modül sabitlenecek şekilde sıkılmaktadır. Ürünümüz çamaşır makinesindeki amortisörlerin ve yayların içine konulacak şekilde tasarlanmaktadır. Çamaşır makinesinde amortisör yay ve denge taşının standart olmasından ötürü piezo-elektrik modülün bu standartlara uyması gerekmektedir. Amortisörün iç çapı 17.80 mm olduğu için piezo-elektrik modülün çapı da bu niceliğe eşit olmalıdır. Ürün kalınlığı amortisör ve yay içerisinde 12 mm'dir. Denge taşında ise 40 mm çapında 15mm kalınlığında modül kullanılacaktır. Bir modülün ağırlığının ise 30 gr olması düşünülmüştür. Standart bir çamaşır makinesine 11 modül yerleştirilebilmektedir. Ürün içerisine yerleştirildiği için mevcut üründe değişiklik yapılmayacaktır. Başarı kriterlerimiz arasında standart bir piezo-elektrik modülün toza ve suya karşı dayanıklılık gösterecek olması (IP 669 sertifikası), kullanım ömrünün en az 11,5 yıl olması belirlenmiştir. Ayrıca 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 olur.



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, makinaların titreşim bölgeleri, amortisör (damper) gibi mekanik aksamların çalışmasından oluşan sallantı kısımları, vb. atık basınç enerjisine sahip bütün kısımlarda makine aksamlarının ömrü vibrasyonun etkisinden dolayı kısalmaktadır 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 aşınmalara ve kırılmalara neden olabilir. Bu durum makinelerin hem sigorta prim süresinin 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 mental 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 sönmölemek için yumuşak metaller (alüminyum alaşımli metaller) kullanılmaktadır. Ancak bu yumuşak metaller çıkan gürültü ya da aksamların aşınması gibi sorunlara çözüm olamamakta beraber elektrik üretimi de sağlamamaktadır. Dolayısıyla var olan bu çözüm problemi çözmek için yetersiz kalmaktadır.



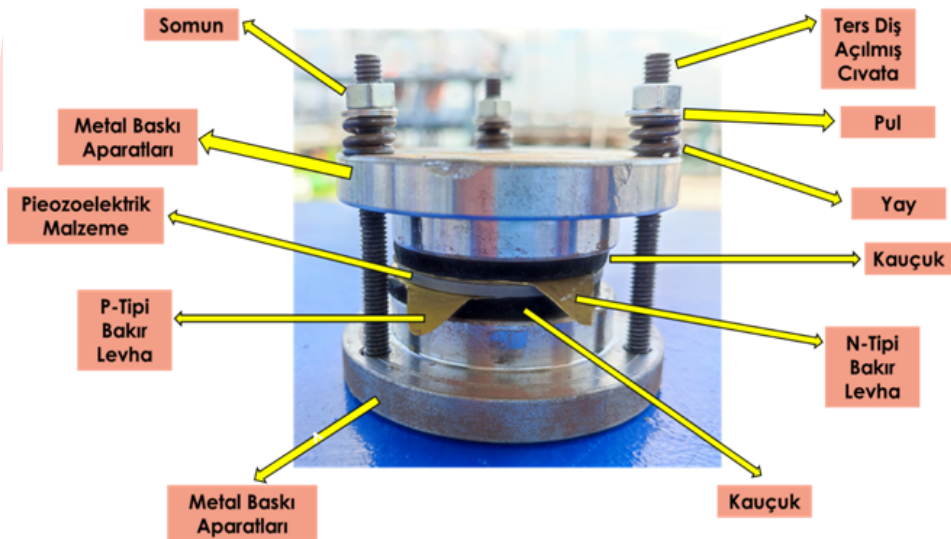
Şekil 2.1: Metal titreşiminden ve metal yorgunluğundan kaynaklı çatlama

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 değişimlerinde 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 kısımlarına yerleştirilecek olan piezo malzemeler sayesinde bu tip elektrikli makinelerde elektrik tüketimi azaltılabilecek olup daha çevreci bir çamaşır makinesi üretilebilecektir. Örneğin A++ olan bir çamaşır makinesi projemiz sayesinde bir + daha eklenerek A+++ seviyesine çıkarılacaktır.



Şekil 3.1: Prototip



Şekil 3.2: Prototipte kullanılan malzemeler ve prototip tasarımı

Ürettiğimiz ön prototip Şekil 3.2'de olduğu gibi ortada piezo-elektrik malzeme alt ve üstüne ise sırasıyla 0.1 mm kalınlığında 1 set bakır levha, 0.5 mm kalınlığında 2 set

kauçuk, metal baskı aparatı eklenerek gerçekleştirilmiştir. Modülün sabit kalması için ters diş açılmış civatanın ucuna somun bağlanıp sıkılmıştır. Ayrıca sistem vibrasyon kuvveti uygulandıktan sonra tekrar ilk haline dönebilmesi için somun ile metal baskı aparatının arasına yay yerleştirilmiştir. Yayın daha stabil kalması için ise yay ve somun arasına da bir adet pul yerleştirilmiştir. Prototipimizin üretim aşamasında ayrıca yararlanılan malzemeler; pres işleminin yapılması için 0,1-15 bar ile kullanılan darbe gücü max. 1300 kg / cm² ve parça yüksekliği 320 mm olan pres aleti, fırınlama işlemi için 30 Ml ile kullanılan Alu 99% konik korindon pota eritme fırını potası metal döküm OVP 32 x 38 x 45 x 25mm ve 20A ZVS indüksiyon ısıtma panosu flyback sürücü ısıtıcı DIY ocak olan fırın potası ve havan taşı, trifaze (380 V) 3000 devir 21 Kg, 206 N olan vibrasyon makinesi, hassasiyeti 0,001 gr olan 300 gr ağırlığındaki hassas terazidir.

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 dönecek bu tür bir kaynak ile iç elektrik enerjisi tüketimi desteklenebilecektir.

Tablo 4.1: Piezo Elektrik Malzemenin Test Sonuç Tablosu

spec	boyut (mm)	Kalınlık Frekans ft (KHz)	Radyal Frekans FS (KHz)	Capaciatance C (pf)	Empedans Zt (Ω)	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 - YPJP - 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 (özelleştirilebilir olması) projenin özgün yönlerindedir. Ayrıca literatürdeki benzer çalışmalarda piezo-elektrik malzemeler içinde kullanılmakta olan çoğunlukla kurşun-zirkonyum- titanyum (PZT) seramiktir. Piezo-elektrik polimerlerden ya da seramiklerden de aynı doğrultuda uygulanan yük (basma ya da çekme) sırasında malzeme içindeki kristal yapının her iki tarafında bulunan +q ve -q yüklerin ortaya çıkması sonucu oluşur (Fujimoto, 2013). Bu etkiyi yaratmak için simetrik olmayan kristaller kullanılır. Çinko Oksit (ZnO), Turmalin, Kuartz (SiO₂), PVDF (Poli-vinilidin-klorür) ve Baryum Titanat (BaTiO₃) kullanılan malzemelerden bazılarıdır. Bu malzemeler elektriksel yalıtım, basınç mukavemeti, yüksek sertlikte kullanılabilme özelliklerine sahiptir. Her ne kadar piezo-elektrik disk üretilirken kübik fırında fırında tavlama, pres makinesinde kapsül haline getirilme gibi benzer aşamalar olsa da

üreteceğimiz ürünün çalışma mekanizmasında kullanılan kimyasallar ve modelleme şekli literatürde bilinenin dışında üretilmektedir. Buna ek olarak kimyasalların diskte daha homojen bir şekilde yüzey birikimi sağlayan PVD (Physical Vapor Deposition) kaplama teknolojisi ve kaplama maskesinin kullanılması yönünden diğerlerinden farklıdır. Bu sayede planlanan dayanıklılık, hesaplanan voltaj değerleri bilinenen daha yüksek olacaktır ve bunlar da projenin özgün yönlerindedir.

6. Uygulanabilirlik

Fabrikalarda bulunan titreşimin yüksek olduğu alanlar, motor sabitleme ayakları, gemi kazan dairesindeki pabuç aksamı çamaşır, kurutma makinelerinin amortisör ve damperleri vb. gibi atık basınç enerjisine sahip bütün kısımlarda kullanılabilir. Ayrıca özellikle çamaşır makinelerinde bulunan kazan sistemlerindeki süspansiyonların oluşturmuş olduğu âtil vibrasyondan da elektrik üretmek için kullanılabilir. Bu sebeple beyaz eşya sektöründeki ARÇELİK ve UZMEK gibi büyük firmalarla görüşmeler yapılmış olup anlaşmaya varmış bulunmaktayız.

Arabalarda bulunan akslarda, conta ve lastik salıncaklarının pabuç kısımlarındaki titreşimden yararlanılarak ürettiğimiz parça ile elektrik enerjisi üretilir ve akümülatöre aktarılabilir. Böylelikle arabaların elektrik aksamında 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 aksamın 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.

Projeyi olumsuz yönde etkileyebilecek en büyük risk, malzeme istek sürecindeki aksamalar veya gecikmeler oluşmasından kaynaklı üretimin durmasıdır. 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.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Prototipini yaptığımız basınçtan elektrik üreten modülümüzün tek bir tanesinin şu anki (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 firmı, hassas

terazi, fırın potası ve havan tası, kimyasal içerikli malzemeler, metal kaplama makinası, pres makinası, laboratuvar deney tüpleri, termometre, voltmetredir.

Çizelge 7.1. Proje zaman planlaması

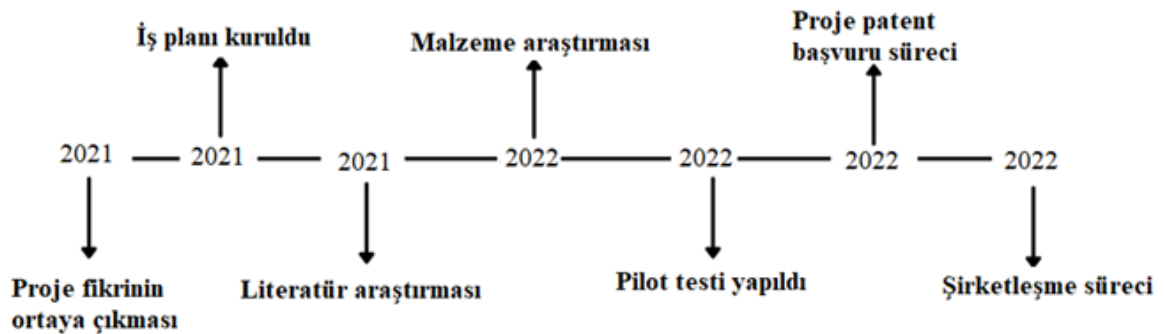
Safhalar	1.hafta	2.hafta	3.hafta	4.hafta	5.hafta	6.hafta	7.hafta	8.hafta	9.Hafta	10.hafta
1. Hazırlık aşaması (malzemelerin temini, çalışma sahasının hazırlanması vb)	X	X	X	X						
2. Üretim aşaması (piezo elektrik malzemenin üretimi, kaplama malzemesi üretimi)					X	X	X	X		
3. Test aşaması (Ürünlerin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

Çizelge 7.2: Proje zaman çizelgesi



Malzeme Listesi: Piezo-elektrik Malzeme (2 adet), Bakır İnce Levha (0.1mm kalınlığında), Kübik Laboratuvar Fırını, Hassas Terazi, Fırın Potası ve Havan Tası, Kimyasal İçerikli Malzemeler (kg), Metal Kaplama Makinesi, Pres Makinesi, Laboratuvar Deney Tüpleri, Yüksek Sıcaklık Ölçen Termometre, Multimetre, Tesisat Malzemeleri, Düzenek Sabitleme Aparatları, Kauçuk (0.5mm kalınlığında-metre), Vibrasyon Düzenegi.

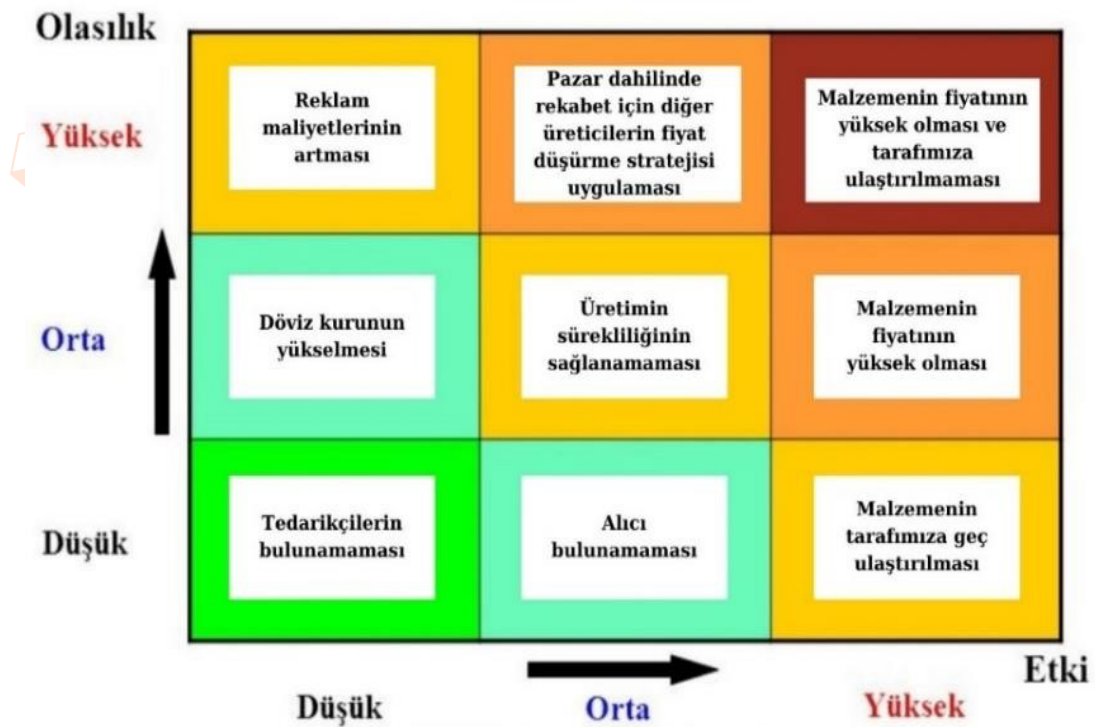
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

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 amacıyla 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 kısalmamasından 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
Kübik 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
TOPLAM	33.331

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

Tablo 9.2: İş paketleri ve içeriği

TARİH ARALIĞI	İŞ PAKETLERİ VE İÇERİĞİ
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

- 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 BaTiO₃ 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>
- 8) PRESTON, K. D., HAERTLING, G. H., 1992. Comparison of electrooptic lead-lanthanum zirconate titanate films on crystalline and glass substrates, Applied Physics Letters, 60, 2831
- 9) SCHNEIDER, J. S., 1991. Ceramic and Glasses, p. 1119, Engineered Materials Handbook V4, ASM 1991, Ohio, USA
- 10) UCHINO, K., 1986. Electrostrictive actuators - materials and applications, American Ceramic Society Bulletin, 65, 647.
- 11) JAFFE, B., 1971, Piezoelectric Ceramics, Publication No. 0-12-379550*8, Academic Press, N.Y., USA.
- 12) TRESSLER, J. F., ALKOY, S., NEWHAM, R. E., 1995. Piezoelectric sensors and sensor materials, Journal of Electroceramics 2,4, 277-272.
- 13) VENKATARAMANI, S., BIGGERS, J. V., 1980. Low-temperature fired PZT, American Ceramic Society Bulletin. 59, 462
- 14) STOTZ, S., 1987. Shift of the morphotropic phase-boundary in the PZT system under the influence of electric-fields and uniaxial stresses, Ferroelectrics 76, 123.
- 15) TAKAHASHI, T, 1990. Lead titanate ceramics with large piezoelectric anisotropy and their applications, American Ceramic Society Bulletin, 69, 4, 691-695