

# TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

EĞİTİM TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU



PROJE ADI

ENERJİ ANALİZİ

TAKIM ADI

ENDERUN

BAŞVURU ID

#62648

## İçindekiler

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



## 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Fen Bilimleri dersinde “Kuvvet ve Enerji, Enerji Dönüşümleri” konusu çoğunlukla teorik ve test odaklı işlenmektedir. Bu eğitimlerde bilgiler soyut kalmakta ve öğrenci kavramları günlük hayatta ilişkilendirememektedir. Yapılan araştırmalarda kavramların yeterince öğrenilemediği tespit edilmiştir. Diğer taraftan bir başka yöntem olan deney ve gözleme dayalı öğrenme ise bilimsel süreç becerilerini içermektedir. Eğitimde lider ülkelerin deney ve gözleme dayalı yöntemi uyguladıkları görülmektedir. Ayrıca Milli Eğitim Bakanlığı da Fen Bilimleri derslerinin görsellerle, deney veya simülasyonlarla, değişkenlerin analiz edilerek konunun öğrenilmesini önermektedir.

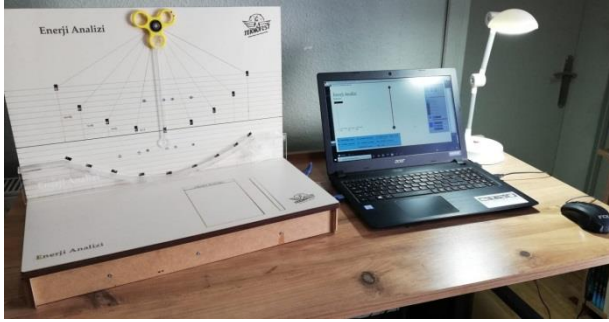
Bu verilerden hareketle simülasyon destekli robotik bir deney düzeneği geliştirmeye karar verdik. Ders programlarında öğrencilerden kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümü, enerjinin korunumu, sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini öğrenmeleri istenmektedir. Robotik deney düzeneğimiz bu konuların deney ve gözleme dayalı (Bilimsel süreçlerle) öğrenilmesini sağlamaktadır. Deney düzeneğimizde basit sarkaç ve eğimli yol bulunmaktadır. Öğrenci sarkaçta, kolu belirli bir yükseklikten bıraktığında veya demir bilyeyi eğimli yola bıraktığında deneyde gerçekleşen hareket verileri kızılötesi modüller tarafından algılanarak bilgisayara aktarılmaktadır. Processing’le hazırlanmış olduğumuz simülasyon ekranında öğrenci “başlat” düğmesine bastığında hareketi anlık yükseklik, potansiyel enerji, kinetik enerji, mekanik enerji ve hız verileriyle yavaşlatılmış olarak görebilmektedir. Dilerse simülasyondaki hareketi dondurabilmektedir. Böylelikle rahatlıkla analiz yapabilmektedir. Deney çalışmalarında bağımsız, bağımlı ve kontrol değişkenleri olmak üzere üç tip değişken bulunmaktadır. Öğrenci sistemimizde değişkenleri özgürce kontrol edip, değiştirebilmektedir. Yüksekliği değiştirebilmekte, farklı kütle değeri verebilmekte, çekim ivmesi değerlerini değiştirebilmektedir. Deneyi Ay’da, Mars’ta, Jupiter’de, Saturn’de yapıldığındaki sayısal ve görsel sonuçlarıyla görebilmektedir. Bu yönüyle kalıcı, etkin ve keyifli bir öğrenme ortamı sağlamaktadır.

Tasarım aşamasında bağımlı, bağımsız ve kontrol değişkenlerini belirleme, deneyi başlatma ve bulgulardan bilimsel çıkarım yapma öğrenciye bırakılmış, hassas hareket ölçümlerinin ise robotik sistem tarafından yapılması ve simüle edilmesi hedeflenmiştir.

Montaj sürecinde, deneyin yapılacağı ortam için deney platformu, sarkaç kolu, rulman, eğimli yol kullanılmıştır. Hareket verilerinin saptanması ve bilgisayara aktarımı için Arduino mega 2560 denetleyici kart, Arduino Mega IO genişletme kartı, 4’lü çizgi izleyen setindeki kızıl ötesi modüller kullanıldı.

Yazılımda ise Arduino ve verileri Arduino’dan alıp hesaplayıp simüle etmesi için Processing 3.5.3 kullanıldı.

Robotik deney düzeneğinin prototipi üretilerek sınıandı. Başarılı sonuçlar alındı (Şekil 1).



**Şekil 1.** Geliştirilen Robotik Deney Düzenegi Prototipi.

## 2. Problem/Sorun:

Fen Bilimleri dersinde “Kuvvet ve Enerji, Enerji Dönüşümleri” konusu çoğunlukla geleneksel yöntemlerle teorik ve test odaklı işlenmektedir. Söz konusu eğitimlerde konular soyut kalmakta ve öğrenci kavramları günlük hayatta ilişkilendirememektedir. Bu doğrultuda yapılan araştırmalarda öğrencilerin enerji düzeyleri arasındaki geçişi ifade etmede yetersiz kaldıkları, bilgi düzeylerinin düşük olduğu tespit edilmiştir (Kiryak, Zeynep ve ark.2019). Bilgilerini günlük hayata aktarmada sorun yaşadıkları belirtilmiştir (Yadigaroglu, Mustafa ve ark. 2017).

Gerçek hayattaki bilimsel süreçlerde ise, test odaklı yöntemlerdeki doğru ve yanlıştan öte çok sayıda bilimsel yorum ve bilgi bulunmaktadır. Bilimsel süreçler öğrenme, araştırma ve deneyimlemeye dayanmaktadır. Araştırma, hipotez oluşturma, deney yapma, gözlemeleme, ölçme, sınıflandırma, verileri kaydetme, değişkenleri kontrol etme, ortaya çıkan bulgulardan bilimsel çıkarımlar üretme bilimsel süreçlerin önemli bileşenleridir (Tan, Prof. Dr Mustafa. 2003). Deney ve gözleme dayalı yöntemin uygulanmasıyla kalıcı ve etkin öğrenme gerçekleşebilmektedir (Tablo 1).

Teorik ve Test Odaklı Öğrenme (Geleneksel)	Deney ve Gözleme Dayalı Öğrenme (Bilimsel Süreçler)
Ezbere dayalıdır. Öğrenme testlere bağlı gerçekleşir.	Öğrenme deneye ve gözleme dayalıdır. Ölçme, verileri kaydetme, sınıflama, bilimsel çıkarımlar yapma süreçleri vardır.
Unutulabilir. Kalıcı ve etkin olmayan öğrenme.	Yaşayarak ve deneyimleyerek öğrenme ile kalıcı ve etkin öğrenme gerçekleşir.
Bilimsel çıkarımlar, yorumlar yoktur.	Bilimsel çıkarımlar, yorumlar vardır.
Kavramların günlük hayatla ilişkilendirilmesi soyuttur.	Kavramlar deneyler sayesinde günlük hayatla ilişkilendirilerek somut öğrenilir. Deney araçları gerçek nesnelere.

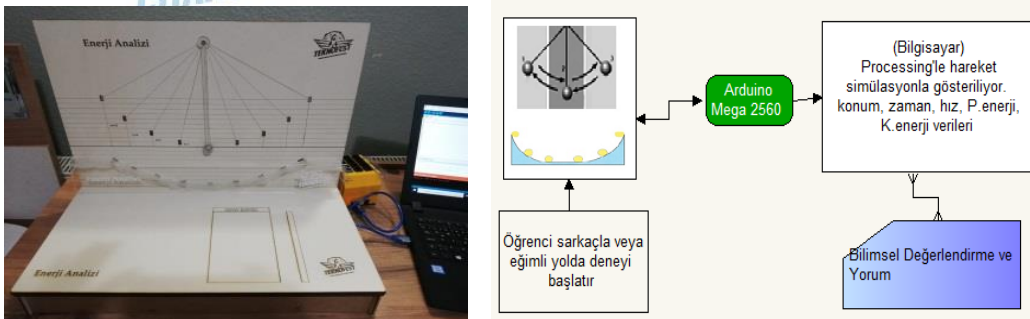
**Tablo 1.** Geleneksel Yöntemlerin Sorunları ve Bilimsel Sürece Dayalı Öğrenme.

Diğer taraftan hâlihazırda var olan sanal laboratuvar uygulamaları da dokunarak, yaşayarak yapılan gerçek deney ortamlarının ve araçlarının sağladığı öğrenme sürecinden çok geridedir. Bu açıdan özellikle pandemi sürecinde bilgisayara mahkum olan öğrenciler için sanal yerine gerçek deneysel araçlar daha önemli hale gelmiştir.

Deney ve gözleme dayalı yöntemde şu ihtiyaçların karşılanması gerekmektedir: öğrenciye gözlem ve deney yapma imkânının verilmesi, deneydeki değişkenleri kendisinin kontrol edebilmesi, değişkenleri analiz edebilmesi, ölçme, verileri kaydetme ve bulgulardan bilimsel çıkarımlar yapabilmesi. Bu bağlamda hareket verilerini (hız, konum, zaman) ölçümlemeyi ve kaydetmeyi bir insan yapamayacağından bunu sistemin yapması, öğrencinin elde edilen bulgulardan bilimsel yorum yapmasının sağlanması gereklidir. Öğrenci tüm deney sürecini yönetebilmeli ancak verilerin ölçülmesinde ve kaydedilmesinde teknolojiden yararlanılması gerekmektedir.

### 3. Çözüm

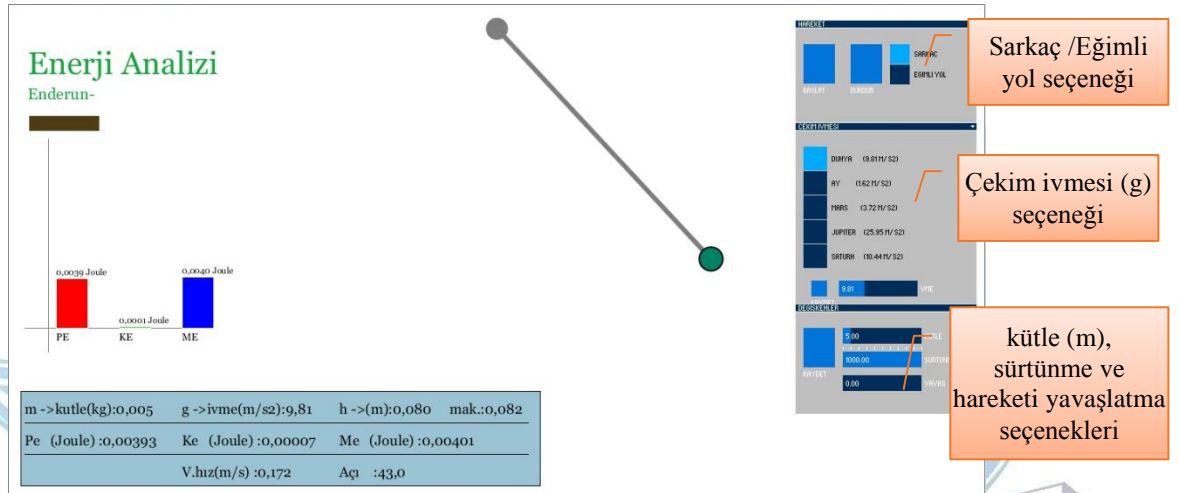
Kinetik ve potansiyel enerji türleri, bu enerjilerin birbirlerine dönüşümü, enerjinin korunumu ve sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerine etkilerinin öğretilmesinde görsel materyaller kullanılması önerilmektedir (MEB. Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı. 2018). Ayrıca deney ve simülasyonlar yardımıyla değişkenlerin analiz edilerek öğretilmesi gerektiği bildirilmiştir (MEB. Ortaöğretim Fizik Dersi 2018). Bu verilerden hareketle çözüm olarak robotik teknolojilerle desteklenmiş bir deney düzeneği tasarladık. Deney düzeneğindeki hareket verilerinin (konum, zaman, hız) saptanması insan gözüyle mümkün olmadığından, konum verisi kızılötesi modüllerle tespit edilmekte ve aynı anda denetleyiciden zaman verisi alınarak hız, kinetik enerji, potansiyel enerji ve mekanik enerji hesaplatılmaktadır. Kütle ve çekim ivmesi opsiyonel bırakıldı. Hassas ölçümler nedeniyle düzenekte robotik teknoloji kullanılmıştır. Ayrıca konunun öğrenilmesinde yıllardır uygulanan basit sarkaç ve eğimli yol modelleri sistemde oluşturulmuştur. Deney sırasında öğrenci tasarladığımız deney düzeneğinde yer alan sarkaç kolunu belirli bir yüksekliğe getirdikten sonra bırakmaktadır. Deney düzeneğindeki sarkaç sallanma hareketi yapmaktadır. Aynı anda deney düzeneğinden alınan veriler doğrultusunda hareket, bilgisayar ekranında simülasyonla yavaşlatılmış olarak anlık hareket verileriyle (kütle, yükseklik, hız, potansiyel enerji, kinetik enerji, mekanik enerji) birlikte görüntülenmektedir. Öğrenci her konumdaki potansiyel enerji, kinetik enerji mekanik enerji, yükseklik ve hız verilerini görebilmektedir. Hareketi istediği ölçüde yavaşlatmakta veya dondurabilmektedir. Ayrıca farklı çekim ivmelerinde (Ay'da, Mars'ta, Jüpiter'de ve Satürn'de) nasıl gerçekleşeceğini gözlemleyebilmektedir. Bu noktada dilerse çekim ivmesini sayısal olarak da girebilmektedir.



Şekil 2. Robotik Deney Düzeneği ve Simülasyonu.

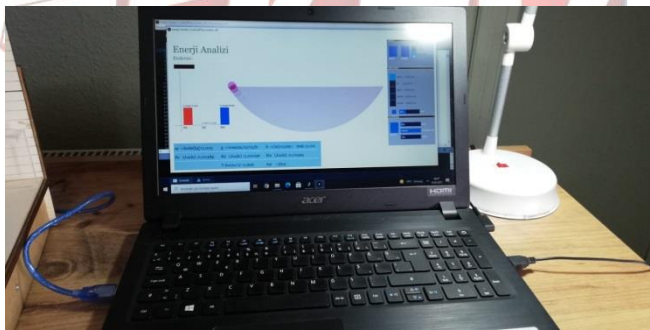
Deney düzeneğine kazandırılan bu yeteneklerle öğrenci bağımsız değişkenleri (kütle (m), çekim ivmesi (g), yükseklik (h)) tamamen kontrol edebilmektedir. Bağımlı değişkenleri

nasıl etkilediğini deneyimleyip ulaşılan bulgular üzerinde bilimsel yorumlar yapabilmektedir. Böylelikle tam da Milli Eğitim Bakanlığının önerdiği gibi simülasyonla öğrenmekte ve değişkenlerin analizini yapabilmektedir. Simülasyon sırasında ekranın solunda anlık potansiyel enerji, kinetik enerji ve mekanik enerji değerleri grafik olarak gösterilmektedir. Bu sayede potansiyel enerjiden kinetik enerjiye veya kinetik enerjiden potansiyel enerjiye geçişte mekanik enerjinin sabit kaldığını görebilmektedir. Diğer taraftan deney düzeneğinde sürtünme kuvveti etkisiyle sarkaç yavaşlamakta ve durmaktadır. Öğrenci bu durumu da simüle edebilmektedir. Sürtünme değerini girerek sürtünmenin kinetik enerjiye etkisini gözlemleyebilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Sarkaç Deneyi Sırasında Simülasyonda Hareket ve Enerji Analizleri.

Robotik deney düzeneğinde tasarlanmış diğer bir model ise eğimli yoldur. Öğrenci eğimli yola demir bilyeyi bırakmakta ve bilye aşağıya doğru yol alırken hareket verileri sarkaç modelinde olduğu gibi bilgisayara aktarılarak simülasyonla analiz edilebilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Eğimli Yol Deneyi Sırasında Simülasyonda Hareket ve Enerji Analizleri.

Deney düzeneği hedef kitle olan ortaokul 7.sınıf ve lise 9.sınıf öğrencilerinin ders planlarına uygun olarak hedeflenen kazanımlara ulaşacak şekilde tasarlanmıştır.

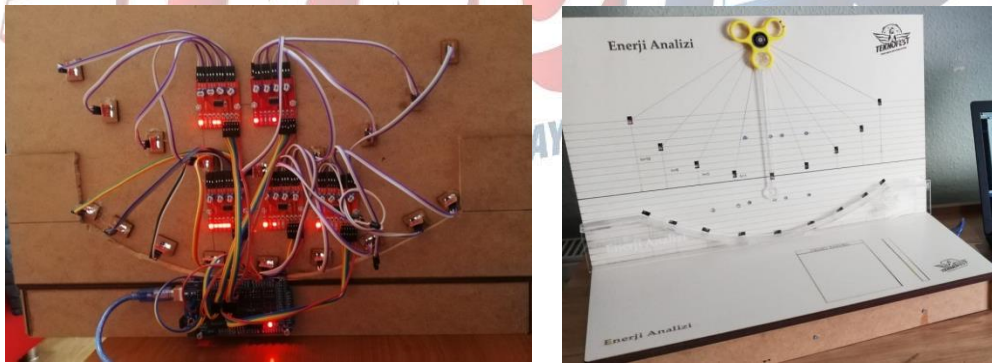
Sorun	Çözüm	Eğitimdeki Katkısı
“Kuvvet ve Enerji, Enerji Dönüşümleri” konusunun genellikle teorik bilgiye	Robotik deney düzeneğinde deney ve gözleme dayalı eğitimle teorik bilgiler	Öğrenciler kalıcı ve etkin bir öğrenme elde ederler.

dayalı bir eğitimle verilmesi.	geliştirilebilir.	
Teoriye dayalı yöntemde öğrenciler fen bilgisi kavramlarını günlük hayatla ilişkilendiremiyorlar.	Deney ve gözleme dayalı yöntemle öğrencilerin kavramları yaşayarak, deneyimleyerek öğrenirler.	Kavramlar daha somut ve yerinde öğrenilir.
Konunun deneysel çalışılmasında ölçme, verileri kaydetme gibi işlemler yorucu ve insanın algı hızının ötesindedir.	Hareket verilerini ölçme ve kaydetme işlemleri günümüz teknolojilerinden robotik sistemle yapılmaktadır.	Öğrenciler robotik deney düzenine ölçtüğü ve kaydettiği veriler üzerinden bilimsel yorumlar yapabilirler.
Teoriye dayalı eğitimde öğrenciler değişkenleri kontrol edemez, değişkenlerin analizini yapamaz.	Robotik deney düzeninde öğrenci, dilediği şekilde bağımlı, bağımsız ve kontrol değişkenlerini tanımlayabilir.	Bilimsel yöntem kazanımı ve özgüven elde etme.
Teoriye dayalı eğitimde bilimsel yorum sınırlıdır.	Deney ve gözleme dayalı yöntemde öğrenciler, bilimsel yorumlar yapabilir ve deney sonuçlarını tartışabilirler.	Kalıcı ve etkin öğrenme. Keyifli ve eğlenceli öğrenme.

**Tablo 2.** Sorun, Çözüm ve Eğitimdeki Katkısı.

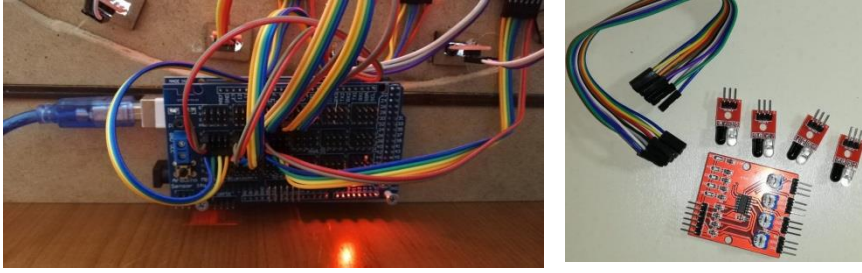
#### 4. Yöntem

**Mekanik Montaj:** Deney düzeninde basit sarkaç ve eğimli yol modellerini barındıran bir platform yapıldı. Sarkaç kısmında bir rulman üzerine sarkaç kolu takıldı. Sarkacın hareket yörüngesinde sensör yuvaları oluşturuldu. Buraya yerleştirilen kızıl ötesi modüller sarkacın anlık konumunu denetleyiciye iletmektedir. Buradan alınan konum verisi ve denetleyiciden alınan zaman verisiyle konum, zaman ve hız verileri elde edilmiştir (Şekil 5).



**Şekil 5.** Elemanların Montajı

**Denetleyiciler ve Modüller:** Hareket halindeki kolun konum bilgisini kızılötesi modül saptamaktadır. Bu iş için dörtlü çizgi izleyen setindeki kızılötesi alıcı verici modüller kullanılmıştır. Her bir sette 4 adet kızıl ötesi modül bulunmaktadır. Denetleyici kart olarak Arduino Mega 2560 kullanılmıştır. Ayrıca Arduino Mega IO genişletme kartı takılmıştır. Bu sayede kızılötesi modül bağlantıları daha rahat yapılabilmektedir (Şekil 6).



**Şekil 6.** Arduino Mega 2560, IO Genişletme Kartı ve 4'lü Çizgi İzleyen Setindeki Kızılötesi Modüller.

**Yazılım:** Yazılım dili olarak Arduino kullanıldı. Kızılötesi modüllerden toplanan verilerle bilgisayarda simülasyon oluşturulmasında Processing 3.5.3 kullanılmıştır.

**Test Sonuçları ve Analiz:** Deney düzeneği onlarca kez çalıştırılarak test edilmiştir. Değişkenler değiştirilerek yapılan tüm deneylerde hareket ve enerji analizleri yapılabilmektedir. Bu analizler ışığında kavramların daha rahat öğrenildiği, keyifli bir öğrenme gerçekleştiği gözlenmiştir.

Üretim sırasında mühendislik tasarım sürecini uyguladık. Deney düzeneğimizin bilimsel sürece dayalı yöntemi başarıyla uyguladığımızı düşünüyoruz.

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Fen Bilimleri dersinde “Kuvvet ve Enerji, Enerji Dönüşümleri” konusunun ilk kez robotik bir deney düzeneğiyle işlenmesi açısından çalışmamızın yenilik içeren özgün bir model olduğunu düşünüyoruz. Öğrencinin gerçek hayatta deneyi başlattıktan sonra verileri ölçme ve kaydetmede robotik teknolojinin kullanılması, bu verilerle simülasyonda hareket ve enerji analizi yaparak bilimsel sürece dayalı bir şekilde deneyi yaşayarak, keyifli bir öğrenme elde etmesi projemizin özgün yönlerini oluşturmaktadır. Robotik deney düzeneğimiz gerçek zamanlı ölçmeyle simülasyon desteği veren bir eğitim aracı olarak yeni bir modeldir.

Piyasada projemize doğrudan benzeyen bir ürünle karşılaşmamıştır. Farklı bir kategori olan sanal laboratuvar uygulamalarında ise öğrencinin yalnız ve pasif öğrenmesi söz konusu olmaktadır. Ayrıca bu uygulamalar aktif bilimsel süreçte bulunma, bilimsel yorumlar, tartışmalar yapma imkânlarından uzaktır. Öğrencilerin gerçek hayatta fen bilgisi kavramlarını ilişkilendirememesi sorunlarının aşılmasında da projemiz önemli bir role sahiptir. Projemiz pandemi sürecinde online eğitimden sıkılmış tüm öğrencilere oldukça keyifli bir öğrenme süreci sağlayacaktır.

## 6. Uygulanabilirlik

Projemizin prototipi üretilmiştir. Testleri yapılmıştır. Deneyimlenecek tüm parametreler sınanmış ve sonuçları alınmıştır. Projemize pek çok ortaokul ve lise seviyesindeki eğitim kurumlarının ilgi göstereceğine inanıyoruz. Bu açıdan kolaylıkla ticari bir ürüne dönüştürülebilir olduğunu düşünüyoruz. Projeyi yaygınlaştırmak amacıyla özel okullar ve devlet okullarıyla görüşmeler yapmak, saha uygulamalarıyla projeyi doğrudan tanıtmak istiyoruz. Bu tanıtımlarda öğrenciler ve eğitim kurumları projenin etkisini deneyimlediklerinde ilginin giderek artacağına inanıyoruz. Ayrıca projeyi yaygınlaştırmak için web sayfası üzerinden tanıtımlar yapmayı ve bazı okullarla işbirliği yapmayı düşünüyoruz.



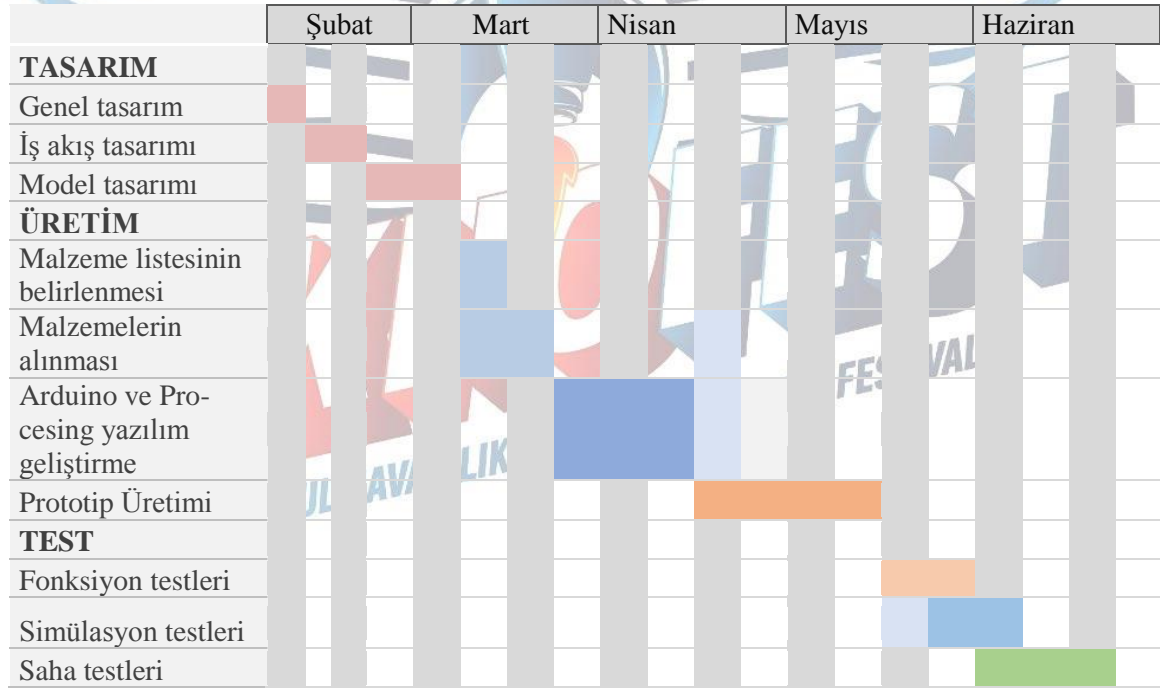
## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projemizin bütçesi, 315 TL'dir. Seri üretim öncesinde malzemeler toptan fiyatına satın alınabilecektir. Bu durumda robotik deney düzeneğinin maliyeti 280 TL olabilecektir.

Projemize benzer bir ürün olmadığı için maliyet karşılaştırması yapılamamıştır. Projemizin montaj ve test süreçleri tamamlanmıştır. Sadece okullarda tanıtım çalışmaları yapılacaktır. Bu açıdan ilave bir harcama öngörülmemiştir.

	Malzeme Adı	Miktarı	BirimFiyatı	Tutarı (TL)
1	Arduino MEGA 2560 R3 – CH340	1	108	108
2	Arduino Mega IO genişletme kartı	1	26	26
3	4'lü Çizgi İzleyen Seti	5	9	45
4	Deney Platformu	1	90	90
5	Rulman ve başlık	1	8	8
6	Sarkaç kolu (PLC)	1	6	6
7	Eğimli yol (PLC)	1	15	15
8	Vida m3 10mm	25	0.20	5
9	Dişi-Dişi Jumper Kablo 20cm 40pin	3	4	12
Toplam				315

**Tablo 3.** Tahmini Bütçe



**Tablo 4.** Zaman Planlaması

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

Milli Eğitim Bakanlığının yayınlamış olduğu müfredatlarda ortaokul 7. sınıf Fen Bilimleri dersi, lise 9. Sınıf Fizik dersi programında proje konumuz yer almaktadır. Bu açıdan projemiz bu düzeydeki öğrencilere yönelik hazırlandığından hedef kitemiz ortaokul ve lise düzeyindeki tüm okullardır. Proje okulda ve evde kullanılmaya uygun olduğundan öğrencilerin bireysel olarak da talep edeceğini düşünüyoruz.

## 9. Riskler

Risk	Olasılık, Etki Risk Derecesi	B Planı
Robotik deney düzeneğinin kullanımını konusundaki eksik bilgi öğrencinin çalışmayı istediği ölçüde yapamamasına neden olabilir	Olasılık 2, Etki 3 Risk Derecesi 6	Robotik deney düzeneğinin kullanımıyla ilgili bilgiler verilmesi.
Deney ve gözlem yönteminin bilinmemesi, deneyin öğrenciye katkısını azaltabilir.	Olasılık 2, Etki 4 Risk Derecesi 8	Deney ve gözlem yöntemleri hakkında öğrenciye bilgi verilmesi.
Usb kablodaki bağlantı sorunu nedeniyle bilgisayara verilerin aktarılabilmesi ve simülasyon sorunu	Olasılık 1, Etki 5 Risk Derecesi 5	Usb bağlantısının kontrol edilmesi. Yedek usb kablusunun kullanılması.

**Tablo 5.** Olasılık ve Etki matrisi (5\*5)

OLASILIKxETKİ (Risk Derecesi)			ETKİ				
			Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
			1	2	3	4	5
OLASILIK	Çok düşük	1	1	2	3	4	5
	Düşük	2	2	4	6	8	10
	Orta	3	3	6	9	12	15
	Yüksek	4	4	8	12	16	20
	Çok Yüksek	5	5	10	15	20	25

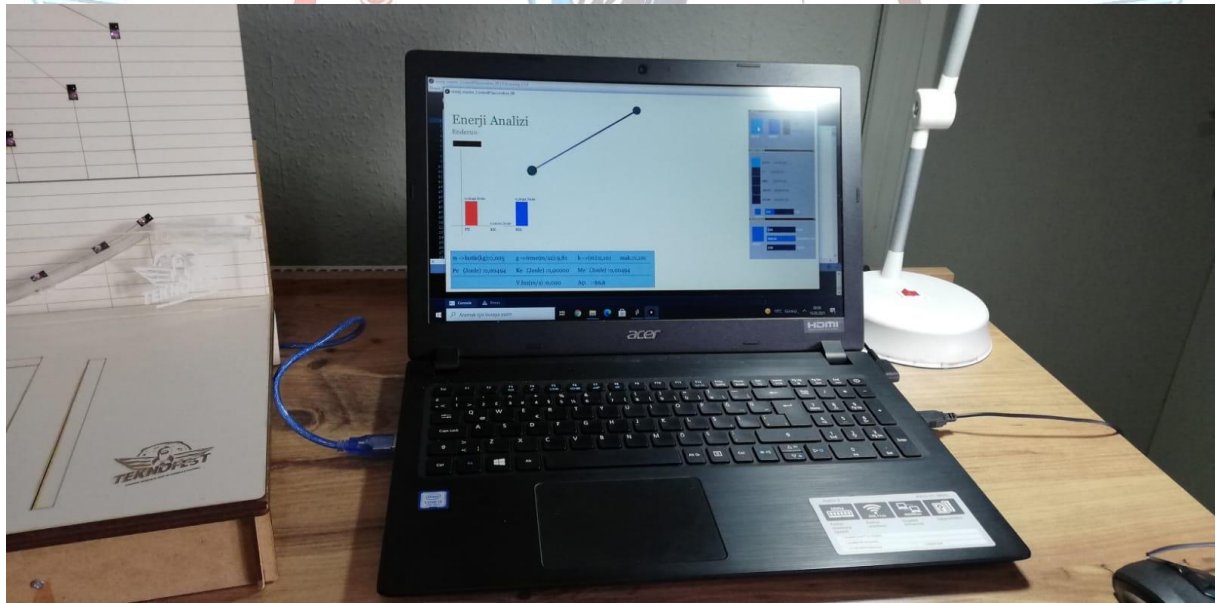
**Tablo 6** Risk Derecesi. – (Çok düşük (beyaz), Düşük (yeşil), Orta (sarı), Yüksek (kırmızı), Çok Yüksek (Koyu Kırmızı)).

## 10. Kaynaklar

- Ayvacı, Hakan Ş. Devecioğlu, Yasemin.(2008). İlköğretim Öğrencilerinin Fizik Kavramlarını Günlük Yaşamla İlişkilendirme Düzeyleri. Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi. Yıl 2008 (2) 24. Sayı 69
- Yadigaroğlu, Mustafa. Demircioğlu, Gökhan. Demircioğlu, Hülya.(2017). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kimya Bilgilerini Günlük Hayatla İlişkilendirebilme Düzeyleri. Ege Eğitim Dergisi 2017 (18) 2: 795-812.  
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/379301>
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.( 2018). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar).
- Gülçiçek, Çağlar. Yağbasan, Rahmi .(2004). Basit Sarkaç Sisteminde Mekanik Enerjinin Korunumu Konusunda Öğrencilerin Kavram Yanılgıları. GÜ. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 24, Sayı 3 (2004) 23-38.
- Kiryak, Zeynep. Candaş, Bahar. Karanisoğlu, Bayram, ve Özmen, Haluk.(2019). Yedinci Sınıf Öğrencilerinin Enerji Dönüşümlerine Yönelik Bilgi Düzeylerinin Çizimler Aracılığıyla Belirlenmesi. Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi Cilt 2, Sayı 2, Mayıs 2019. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/860642>
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.(2018). Ortaöğretim Fizik Dersi (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) Öğretim Programı. [https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812103112910-orta%C3%B6%C4%9Fretim\\_fizik\\_son.pdf](https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812103112910-orta%C3%B6%C4%9Fretim_fizik_son.pdf)
- Tan, Prof. Dr Mustafa. Temiz Burak Kaan .(2003).“Fen Öğretiminde Bilimsel Süreç Becerilerinin Yeri ve Önemi.Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi Yıl:2003 (1) Sayı:13 89 <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/114823>

**Ekler:**

Şekil 7. Robotik Deney Düzeneği, Hareket Simülasyonu ve Enerji Analiz Verileri.



Şekil 8. Robotik Deney Düzeneği, Hareket Simülasyonu ve Enerji Analiz Verileri.