

**TEKNOFEST**  
**HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ**  
**İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI**  
**PROJE DETAY RAPORU**

**PROJE KATEGORİSİ:** Engelli Dostu

**PROJE ADI:** Biyonik Kol

**TAKIM ADI:** IEEE YTU BIOMECH

**Başvuru ID:** 45249

**TAKIM SEVİYESİ:** Üniversite-Mezun

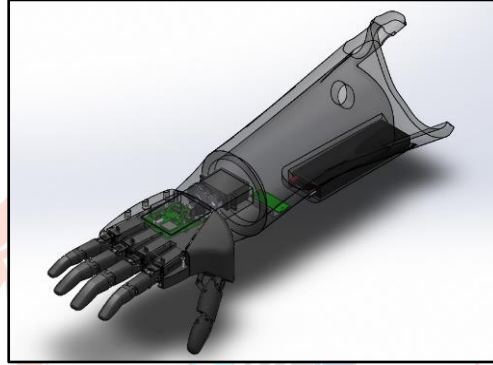
## İÇİNDEKİLER

İçindekiler.....	2
1. Proje Özeti (Proje Tanımı) .....	3
1.1. Projenin Mekaniksel Süreci.....	3
1.2. Projenin Donanım Süreci.....	4
1.3. Projenin Yazılım Süreci.....	5
2. Problem/Sorun:.....	5
3. Çözüm .....	6
4. Yöntem .....	6
4.1 Mekanik.....	6
4.2 Donanım .....	7
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü.....	8
6. Uygulanabilirlik.....	8
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması .....	8
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):.....	9
9. Riskler .....	10
10. Kaynaklar .....	10



## 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

İnsan vücudunun yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirmesi, günlük hayattaki ihtiyaçlarını karşılaması için ekstremiteler vücudun önemli uzuvlarıdır. Fakat bu organların doğuştan, travmatik nedenlerden, enfeksiyon hastalıklarından, tümörlerden, doğal afetlerden vs. kaynaklanan kayıpları, kişilerde organ kayıplarının yanında beden imgesi, işlev ve fiziksel aktivitelerde kayıplara neden olmaktadır [1]. Bununla beraber UNDP kalkınma hedeflerinden olan eşitsizliklerin azaltılması ve sağlıklı ve kaliteli yaşam hedeflerini baz alarak bu kişiler toplum içerisinde dış görünüşlerinden dolayı özgüvensiz hissetmekte ve günlük işleri yerine getirmekte zorluklar yaşamaktadırlar. Üst ekstremiteler sahip olmayan bireyleri hayata tekrardan kazandırma adına ve yaşam standartlarını artırmak amacıyla 57 mekanik parçadan oluşan hassas bir protez kol tasarımı ve prototip üretimi amaçlanmaktadır.



Şekil: 1 Genel Sistem Tasarımı

### 1.1. Projenin Mekaniksel Süreci

Biyonik kol ve benzeri tasarımlar yapan şirketlerin ürettiği projelerin detaylı araştırılması ile genel bir fikir yürütme aşamasına geçilerek ülkemizdeki ve dünyadaki gelişmelerin takip edilip temel alındığı ve bugüne kadar üretilmiş biyonik kolların analizlerinin yapıldığı aynı zamanda tüm bunların raporlandığı bir süreç gerçekleşmiştir. Burada, mekanik birimi içerisinde, biyonik kola ait tasarlanması gereken parçaların öncelikli olarak bilgisayar destekli tasarım (SolidWorks) ve genel ölçüler (kol ölçüleri, parmak ölçüleri vb.) konularında detaylı araştırmalar yapılmıştır. Sonraki adımda bu ölçü birimlerinin baz alındığı bir sistem oluşturularak çalışan ve estetik bakımından göze hitap edebilecek parmak tasarımları birim görevlilerince hazırlanmıştır. Bunların ardından avuç tasarımları aşamasına geçilmiştir. Bu süreçte baş parmağın avuç üzerindeki konumunun ayarlanması, yüksek işlevli bir tasarımın çıkması hedeflenmiştir. Tüm bu aşamalardan sonra biyonik kolun tasarımının tamamen gerçekleştirilmesi ile dinamik ve statik test süreçleri tamamlanıp tasarımların 3 boyutlu yazıcı tarafından üretilme aşamasına geçiş yapılmıştır (Şekil: 2). Biyonik kolun üretildiği malzeme, hafiflik ve dayanıklılık açısından avantaj sağlayabilecek potansiyele sahip madde olan PLA (Polilaktik Asit) filamentidir.



Şekil:2 Proje Takımının Ürettiği İlk Prototip

## 1.2. Projenin Donanım Süreci

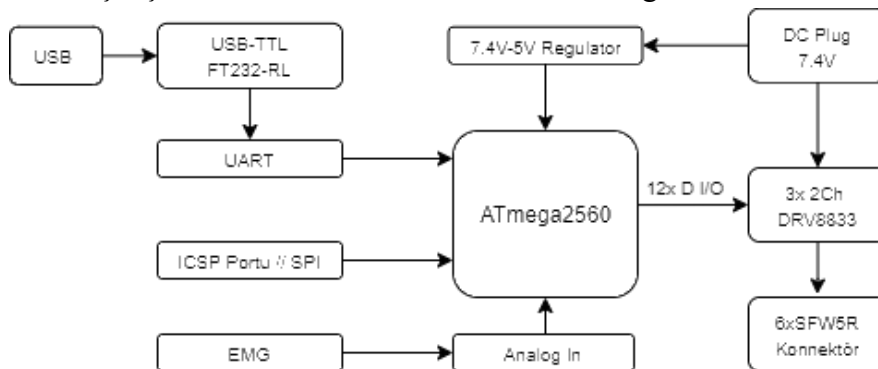
Biyonik kol alanında gerçekleştirilen çalışmalar ve piyasada hâli hazırda satılan Youbionic, MechaTE, InMoov gibi şirketlerin donanımsal aksamalarını ve akademik makale taraması sonrasında kart üzerindeki ihtiyaçlara karar verilip kağıt üzerine taslak çıkarıldıktan sonra kartın tasarımı için EAGLE ve Altium programları kullanılarak Sistem Kontrol ve EMG Kartları'nın tasarımına başlandı. Planlanan süreçle birlikte kartımızın üretimi gerçekleştirildikten sonra komponentlerin lehimlenmesi ve sistemin test aşamasına geçilmesi hedeflenmektedir. Donanım birimi, EMG ve Sistem Kontrol Kartı adı altında iki farklı elektronik kart tasarlanmaktadır.



Şekil 3: Takım Tarafından Tasarlanan (a) EMG Kartı (b) Sistem Kontrol Kartı

### 1.2.1. Sistem Kontrol Kartı

Sistem Kontrol Kartı üzerinde bulunan motor sürücü, işlemci entegreleri ve EMG Kartı'ndan gelen veriler sayesinde lineer aktüatörlerin kontrolü sağlanacaktır. Sistem Kontrol Kartı, EMG Kartı ve motorlar gerekli enerjiyi 2 hücreli 7,4V'luk bataryadan almaktadır. Batarya, güç portu aracılığı ile karta bağlanmaktadır. Harici olarak batarya kapasitesinin durumunu kullanıcının takip edebilmesi adına bir güç gösterge modülü kullanılmıştır. Güç portundan sonra güç regülatörü kısmında gelen voltaj istenilen değere dönüştürülmektedir. Bu işlem sonucunda sistem, 5V'a regüle edilen gerilim ile motorlar ve EMG sensörü dışındaki tüm sistem beslenmektedir. EMG sensörünün gerekli enerjiyi almasıyla elektrotlardan veri alınmaya başlanır. Bu veriler EMG sensörü üzerinden analog bir giriş aracılığıyla Sistem Kontrol Kartı'na gelmektedir. Gelen veriler Sistem Kontrol Kartı'ndaki mikrokontrolcüde okunmakta ve yazılan program doğrultusunda 12 dijital pin ile motor sürücülere iletilmektedir. DRV8833, H-Köprüsü yapısına sahip olduğundan bir motor sürücü ile aynı anda iki motor sürebilmektedir. Mikrokontrolcü ve motor sürücüden alınan gerekli sinyaller kullanılan motor türüne göre ilgili konnektörlere aktarılır. Motor konnektörlerine bağlı olan beş adet lineer aktüatör ve bir servo motor gelen veriler doğrultusunda çalışmakta ve sistemin hareket etmesini sağlamaktadır.



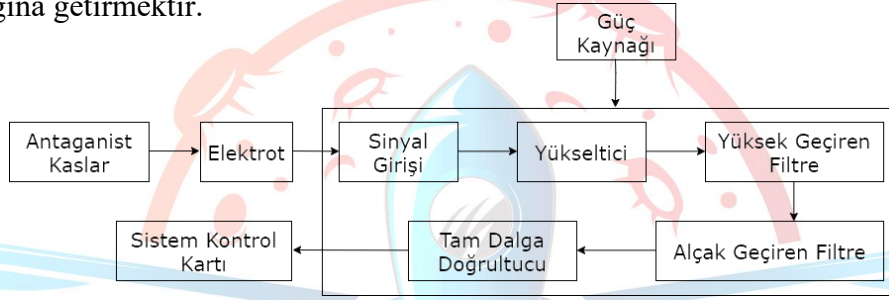
Şekil 4: Sistem Kontrol Kartının Blok Diyagramı



Sistem Kontrol Kartının programlanmasının USB üzerinden gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. USB üzerinden alınan veriler TTL dönüşümü ile UART Modülü üzerinden mikrokontrolcüye aktarılmaktadır. Ayrıca ihtiyaç durumunda kullanılması için tasarlanan mikrodenetleyicinin harici olarak programlanabilmesi için ICSP (In Circuit Serial Programming) pin girişleri de bulunmaktadır.

### 1.2.2. EMG Kartı

EMG Kartı ile kasların elektrik potansiyelinin incelenerek Sistem Kontrol Kartı'na iletilmesi hedeflenmektedir. Takım tarafından tasarlanan EMG Sensör Kartı devresi temel olarak üç alt devreden oluşmaktadır. Ölçülebilir bir sinyal elde etmek için yükseltme, gürültüden kurtulmak için filtreleme, Sistem Kontrol Kartının sinyali okuyabilmesi için doğrultucu devreleri bulunmaktadır. Amaç, elektrot ile kastan alınan 0-10 mV genlik aralığında ve 0-500Hz frekans aralığında olan sinyali 0-5V genliğine ve 50-150 Hz frekans aralığına getirmektir.



Şekil 5: EMG Kartı Blok Diyagramı

### 1.3. Projenin Yazılım Süreci

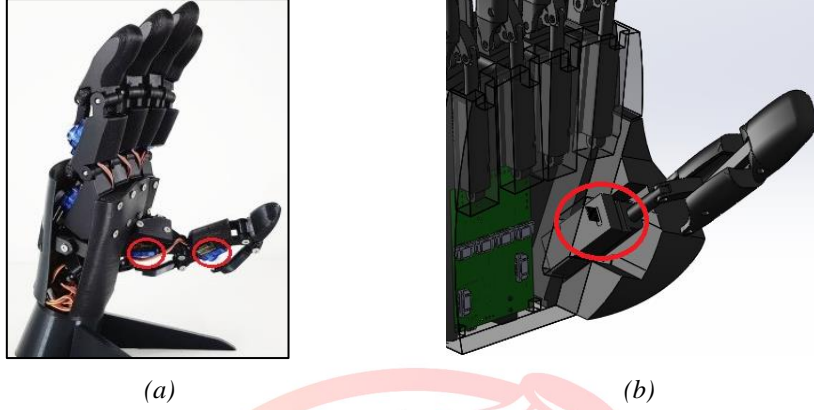
Proje kapsamında kullanılan aktüatörler konum geri bildirim mekanizması ile çalışmaktadır. Dolayısıyla yazılım tasarımı konusunda aktüatör konum kontrolü esaslı bir kontrol algoritması baz alınarak çalışmalar yapılmaktadır. EMG sensöründen gelen analog sinyalin işlenmesi sonucu aktüatörlere uygun hale getirildikten sonra aktüatör, istenen konuma gelene kadar sinyal gönderilmekte, istenen konuma ulaştığında ise sinyal gönderimi durmaktadır. Ayrıca aktüatörler, konum geri bildirim yapması sebebiyle el için manuel olarak bir konum belirleyip sinyallerin o sınırlar içerisinde gönderilmesini sağlayarak bir kayıt algoritmasının kullanımına olanak sağlamakta olup bu algoritma proje takımı tarafından tasarlanmıştır.

## 2. Problem/Sorun:

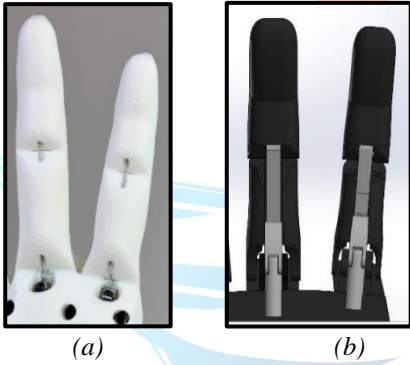
Raporun özet bölümünde de bahsedildiği üzere toplumsal açıdan sorun, ampute insanların hayat içerisinde yeterli değere ve haklara sahip olmamasıdır. Diğer taraftan ise ülkemizde tamamen yerli ve milli bir biyonik kol üretimi bulunmamaktadır. Bu nedenle ampute kişiler yurtdışında üretilen yüksek fiyatlı biyonik kolları tedarik etmek zorunda kalmaktadır. Bu proje ile yerli, milli ve düşük maliyetli bir biyonik kol üretimi gerçekleştirilmiş olacaktır. Örneğin The MechaTE şirketinin tasarladığı robot elin fiyatı yaklaşık olarak 1500 € değerindedir [2]. Teknik açıdan değerlendirmek gerekirse diğer protez kolların baş parmak sisteminin sağlıklı çalışabilmesi için başparmak içerisinde iki farklı motor bulunmalıdır. Bu da projenin maliyetini % 6,65 arttırmaktadır. Piyasada var olan tasarımlarda parçaları kavrama yeteneği parmağın 3 eklemlili olmasından kaynaklı yeterli seviyede değildir. Günümüzdeki tasarımlarda parmak içerisinde bulunan ve hareketi sağlayan kasların ürettiği gücü kemiklere ileten tendonların yapısı sert silikondur. Uzun vadede parmaklar, tendonların

aşınmasıyla açılma-kapanma hareketlerini yerine getirememektedir. Altı farklı motorun ayrı ayrı kontrolü, senkronizasyonu ve istenilen hareketini sağlamasında zorluklar yaşanmaktadır.

### 3. Çözüm



Şekil 6: (a) YouBionic Şirketinin Tasarladığı Başparmak Yapısı (b) Takımın Tasarladığı Başparmak Yapısı



Şekil 7: (a) Open Bionics Şirketinin Ada Robotic Hand: V1.1 (b) Takımın Tasarladığı Sistem Aksamı

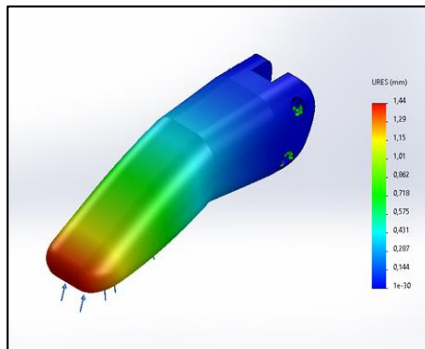
Raporun problem başlığı altında değinilen sorunların takım tarafından üretilen optimal çözüm önerilerine değinilmesi gerekirse YouBionic şirketinin tasarladığı başparmak yapısında iki farklı RC Servo motor bulunmaktadır. Buna karşılık şekil 5.b incelendiğinde tek lineer aktüatör ile başparmak kontrolü sağlanmaktadır. Bu sayede kavrama kabiliyetinden ödün vermeden ürünün maliyetinde azalmaya gidilmiştir.

Bir diğer çözümümüz ise aktüatörlerden gelen güç ile parmakların açılma-kapanma hareketini sağlayan tendon yapılarının sert silikon yapısından yazıcı tarafından üretilmiş PLA bazlı mekanik aksamlar yer almıştır. Altı farklı motorun kontrolünü sağlamak adına hem motor sürücü ve mikrodenetleyici entegrelerinin barındırdığı Sistem Kontrol Kartı üretilmesi planlanmaktadır.

### 4. Yöntem

Projenin hangi yöntemler ile hayata geçirileceğini aşağıda donanım ve mekanik başlıkları altında açıklanmıştır.

#### 4.1 Mekanik



Şekil 8: Yer Değiştirme Analizi

Mekanik biriminin oluşturduğu tasarımların CAD ortamında SolidWorks programı ile katı hal modelleri tasarlandı. Tasarlanan parçaların statik analizleri yapıldıktan sonra 3B yazıcı ile üretilmiştir.

Parmak vida deliklerinden sabitlenerek yapılan statik ve dinamik analizler sonucunda parmak ucuna 150 Newton'luk kuvvet uygulandığında emniyet katsayısı,

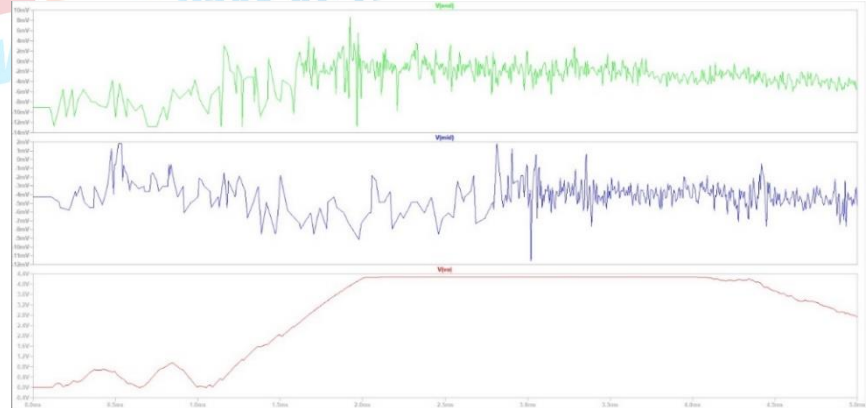
$$\text{Emniyet Katsayısı} = \text{Akma Mukavemeti} / \text{Uygulanan Maksimum Kuvvet} [3]$$

formülü ile hesaplandığında 1,63 olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buradan hareketle parmağın güvenli bir şekilde kaldırılabileceği maksimum kuvvetin 244,5 Newton olduğu saptanmıştır. Parmağın ucuna uygulanan 150 Newton'luk kuvvet sonucunda maksimum yer değiştirme Şekil 8'de 1,44 mm olmuştur. Yapılan bu analizler sonucunda parmağın günlük hayatta maruz kalabileceği kuvvetlere karşı yeterince güçlü olduğu görülmüştür. Hatta insan sınırlarını aşan kuvvetlere dayandığı saptanmıştır.

#### 4.2 Donanım

Tasarlanan EMG Kartı'nın 3 girişi ve 1 çıkışı bulunmaktadır. Kasten 3 elektrot kullanılarak sinyal alınacaktır. Bu elektrotlardan iki tanesi antagonist olan kas çiftine, bir tanesi de referans olarak dirseğe yerleştirilecektir. Alınan sinyal öncelikle yükseltme devresine gelecektir. Yükseltme işlemi enstrümantasyon yükselteç olan ve yüksek giriş empedansına sahip olup çok yüksek kazanç sağlamasından dolayı INA128P tarafından gerçekleştirilecektir. Enstrümantasyon yükselteçler arasında INA128P komponentinin seçilmesinin nedeni ise düşük enerji kullanımına sahip olması ve daha sağlıklı veriler sunmasıdır [4]. Yükseltme devresinde bulunan by-pass kapasitörleri, referans ve V+, referans ve V- arasında bulunmaktadır. Bu by-pass kapasitörler yükseltece giren gücün gürültüsünü azaltırlar. V+ ve V- pinleri yükseltçilerin besleme gerilimleridir.

LTspice programında tasarlanan devre çizilmiştir. Programda devreyi test edebilmek için Biopac deney seti ile EMG ölçümü yapılmıştır. Biopac deney seti ölçümü yapılırken amaç iki veri almaktır. Birinci veri baskın kastan gelen sinyalin, diğeri ise çekinik kastan gelen sinyalin verisidir. Baskın ve çekinik kastan gelen sinyallerin verisini alabilmek için kabloların + ve - uçları kaslara, referans elektrodu ise dirseğe yerleştirilmiştir. Kaydedilen veri LTspice programına .txt formatına çevrilerek yüklenmiştir. LTspice programında INA128P ve TL072 komponentleri ile aynı işlevi yapan AD8421 ve AD795 entegreleri kullanılarak devre oluşturulup test edilmiştir. Sonrasında tasarlanan devre breadboard üzerinde denenecektir. Elektrot ile kastan alınan sinyal breadboard üzerinde tasarlanan devreden geçerek işlenecek ve osilatör üzerinden çıkış sinyalleri gözlemlenecektir.



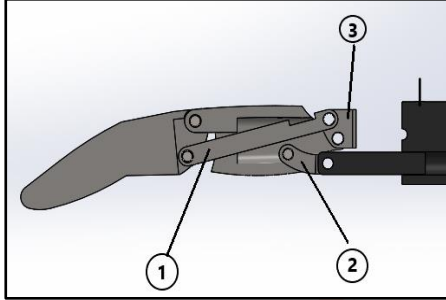
Şekil 9: Simülasyon Programındaki Giriş ve Çıkış Sinyalleri

Şekil 9'de baskın (Vend) ve çekinik (Vmid) kaslardan alınan giriş sinyallerinin ve çıkış sinyalinin (Vvo) genlikleri gözlemlenmektedir. Devreden çıkan sinyalin istenilen aralıkta bir değere yükseltildiği ve tüm sinyalin 0V değerinin üzerinde olduğu dolayısıyla doğrultulduğu gözlemlenmektedir.



## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Projenin dış ve iç tasarımı araştırmalarımız sonucunda tamamen özgün bir şekilde tasarlanmıştır. Çözüm başlığı altında ifade edildiği gibi tendon ve parmağın çalışma sistemi takımın araştırmaları sonucunda dizayn edilmiştir. InMoov ve YouBionic şirketlerinin mekanik tasarımlarında, parmak yapıları üç eklemlidir ve sürücü kartları ise gövde içerisindedir. Sistemlerin çalışma mekanizmasında RC Servo motorları kullanılmaktadır. Takım tarafından üretilmesi hedeflenen protez kolda ise parmak yapıları iki eklemlidir ve Sistem Kontrol Kartı ise avuç üstüne gömülü şekilde olup motor çeşidinde ise lineer aktüatör kullanılması hedeflenmektedir. Kaslardan verilerin alınacağı EMG Kartı ve motorların sistemin kontrolünü sağlayacak olan Sistem Kontrol



Şekil 10: Parmak Çalışma Mekanizması

Kartı proje takımı tarafından üretilecektir. Protez kolun sahip olduğu parmaklarda da özgün bir sistem kullanılmıştır. Bu sistem çalışırken aktüatör, parmağın hareketini aradaki bağlantı çubuğu (2) ile gerçekleştirir. 1 numaralı bağlantı çubuğu, iki parçadan oluşan parmağın parçalarının ortak hareketini sağlar. 3 numaralı bilek bağlantı parçası ise parmağın bileğe olan sabit bağlantısını sağlar.

## 6. Uygulanabilirlik

Projenin hedef kitlesi bölümünde bahsedildiği üzere dünyada ve Türkiye’de ortopedi alanında birçok insanın mağdur olduğu görülmektedir. Bu proje, bahsedilen sorunun çözülmesi ve maliyetinin diğer şirketlerin tasarladıkları protez kollardan daha az olması sebebiyle sektörde tercih edileceği düşünülmektedir. Projenin Ar-Ge çalışmaları, seri üretim yapılabilecek ticari ve yerli bir prototip olacaktır. Protez kolun insan ile birleştiği kısmın yani soket bölgesinin kişiden kişiye değişim gösterdiğinden dolayı bütün tasarımlar kişiye özgün yapılması gerekmektedir.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Tablo 1: Malzeme Tablosu

	Malzemeler	Kullanım Amacı	Miktar	Fiyat
1	Batarya	Devrenin voltaj kaynağı olarak kullanılıp sistemin tüm enerji ihtiyacı buradan karşılanmaktadır.	1	285,00 ₺
2	Baskılı Devre Kartı	Sistem Kontrol Kartı ve EMG Sensör Kartı, donanımsal bileşenlerin kontrol edilerek senkron olarak çalışabilmesini sağlamaktadır.	2	310,00 ₺
3	Lineer Aktüatör	Mekanik parçaların hareket edebilmesi için elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmektedir.	6	4500,00 ₺
4	Elektronik Bileşenler	Sistemin elektronik ihtiyaçlarının karşılanıp çalışmasını sağlamaktadır.	86 parça	620,00 ₺
5	PLA	Sistemin mekanik parçalarının 3B yazıcıdan somut olarak elde edilmesini sağlamaktadır.	1 kg	550,00 ₺
6	Elektrot	Kaslardan elektromyografik sinyallerin alınmasını sağlamaktadır.	3	185,20 ₺
				TOPLAM: 6450,20 ₺



Tablo 2: İş – Zaman Çizelgesi

FAALİYETLERİ		Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
	Mekanik								
1	Genel Ölçü Standardının Belirlenmesi (Parmak, avuç, soket...)	■	■						
1.1	Projenin Taslak Tasarımının Oluşturulması		■						
1.2	Parmak ve Bilek Yapılarının Detaylı Tasarımlarının Oluşturulması			■					
1.3	Motor ve Batarya Yerlerinin Tasarlanması			■	■				
1.4	Sistem Kontrol Kartı ve EMG Kartı SolidWorks Üzerinden Tasarlanması				■				
1.5	Parçaların 3D Yazıcı ile Üretilmesi					■	■		
1.6	Parçaların Montajının Gerçekleştirilmesi							■	
2	Donanım								
2.1	EMG ve Sistem Kontrol Kartı Tasarımı Amacıyla Makale Taraması	■	■						
2.2	EMG Kartı Tasarımı		■	■	■				
2.3	Sistem Kontrol Kartı Tasarımı		■	■	■				
2.4	Baskı Devre Kartlarının Üretilmesi					■			
2.5	Baskı Devre Kartlarının Lehimlenmesi						■		
2.6	Sistem Kontrol Kartına Yazılım Yüklmesi							■	
3	Test Aşaması								
3.1	EMG Kartı Testi ve Analizleri						■	■	
3.2	Sistem Kontrol Kartı Testi ve Analizleri						■	■	
3.3	Mekanik Tasarım Analizleri (Parmak, avuç, soket...)						■		

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

Dünya’da 1 milyardan fazla insanın (dünya nüfusunun yaklaşık %15’i) herhangi bir engellilikle yaşadığı tahmin edilmektedir [5]. Ülkemizde ise Türkiye İstatistik Kurumu’nun 2021 yılı Şubat ayında yayınladığı bültene göre Ulusal Engelli Veri Sisteminde kayıtlı ve hayatta olan engelli kişi sayısı 2.511.950 olup engelli nüfusun toplam nüfusa oranı %3’tür. Yine aynı bültene göre ülkemizde yaşayan engellilerin %13,78’ini ortopedik engelliler oluşturmaktadır [6]. Protez kolun, bireylerin engel durumuna göre ne kadar uzunlukta olacağı kişiye özgü tasarıma sahip olduğundan bu tarz bir protez kola ihtiyaç duyan tüm ampute kişiler tarafından kullanılabilmesi hedeflenmektedir. Gelecek yıllarda sağlıklı bir insan koluna göre daha avantajlı özelliklere sahip olmasıyla daha fazla insan tarafından tercih edileceği öngörülmektedir.

## 9. Riskler

Tablo:3 Risk Planlaması

Olasılık	Etki	Değerlendirme	Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
Düşük	Yüksek	Orta, Önemsenmeli	Batarya gücünün sisteme ve motorlara istenen miktarda aktarılamayıp hedeflenen verime ulaşamaması	Daha yüksek kapasiteli batarya tercih edilecek veya harici bir pil eklenerek sisteme ayrı güç sağlanacaktır.
Düşük	Yüksek	Orta, Önemsenmeli	Elektromyografi Sensörü'nün infilak etmesi	Kaslardan alınan veriler için yöntem değişikliğine gidilerek sinyal alma işlemi Myo-Armband sensör yapısı ile gerçekleştirilecektir.
Orta	Orta	Orta, Önemsenmeli	EMG Sensörü'nde sinyalin gerilim veya frekans aralığının istenilen değere ulaşmaması	Yükseltme veya filtreleme devresinde değişiklik yapılacaktır.
Orta	Yüksek	Orta, Önemsenmeli	Elektrotun doğru konumlandırılmaması sonucunda istenilen sinyal değerlerinin elde edilememesi	Elektrotun doğru kas grubuna yerleştirilmesi ve sinyal alınırken yerinden oynamaması için biyonik kola entegre bir elektrot sabitleyici tasarlanacaktır.
Orta	Çok Yüksek	Yüksek, Çok dikkat edilmeli	Lineer aktüatörlerin piyasada satışı çok fazla bulunmadığından tedarik etme kısmında ürüne ulaşamaması	Motor türünde değişikliğe gidilerek servo motor kullanılacaktır.
Yüksek	Yüksek	Yüksek, Çok dikkat edilmeli	Projenin mekanik tasarım kısmında bilek tasarımının farklılaşması	Bileğin dönme hareketi sağlanamayacak ve bu nedenle 6. motora ihtiyaç kalmayacağından motor sayısı azaltılacaktır.



Sistem Kontrol Kartı ve EMG Sensör Kartı'na ait EAGLE CAD dosyalarına ve takım tarafından tasarlanan prototipin videosuna yandaki QR koddan ulaşabilirsiniz.

## 10. Kaynaklar

[1]: M. Anderson, F. Deighan, "Coping Strategies In Conjunction With Amputation," Lisans Tezi, Division For Health And Caring Sciencies, Karlstads Üniversitesi, 2006.

[2]: "MechaTE Robot Hand (Rechts).", Robot Discounter, <https://robotdiscounter.com/mechate-robot-hand-rechts>, 2021.

[3]: M. G. Kutay, Mukavemet Değerleri, Kasım 2009.

[4]: INA12x Precision, Low-Power Instrumentation Amplifiers Veri Belgesi, Texas Instruments, Nisan, 2019. [Online]. Mevcut: [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina128.pdf?ts=1624879982013&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FINA128](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina128.pdf?ts=1624879982013&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FINA128).

[5]: T.C. Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı ve Dünya Sağlık Örgütü, (Kahane T. Ve Ross-Larson B.), Dünya Engellilik Raporu, Anıl Group Matbaa, Ankara, 2011.

[6]: T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü ve TÜİK, Engelli ve Yaşlı İstatistik Bülteni, Şubat 2021, s. 3-4.