



Diz Eklemi Hareketine Destek Sağlayan Bir Dış İskelet Geliştirilmesi

Mustafa TERKİN^{1*} , Kasım SERBEST² , Ömer SEÇGİN³ 

¹ Makine Mühendisliği, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye
mustafaterkin1@gmail.com

² Mekatronik Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Türkiye
kserbest@subu.edu.tr

³ Makine Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye
omersecgin@subu.edu.tr

ÖZ

Diz eklemünde yaşanan rahatsızlığı gidermek, daha rahat konforlu bir yürüyüş sağlamak, sürekli ayakta duran insanların dizinde oluşan baskıyı almak, aynı zamanda dizdeki tüm serbestlik derecelerini karşılayarak dizde hareket kısıtlaması olmadan rahat şekilde oturup kalkma sağlanabilmesi için bu çalışma yapılmıştır. Bu sistem, bir dizi sensör, akışkan ve kanal içerir. Sensörler, kullanıcının hareketlerini algılar ve akışkanın basınç seviyelerini ayarlamak için bir kontrol ünitesine geri bildirim sağlar. Kişinin diz eklemlerine daha fazla destek ve stabilite sağlamak için akışkanın akışı ayarlanabilir. Protezler, ortezler ve giyilebilir cihazlar şu amaçla kullanılabilir: dizi desteklemek, dizdeki ağrıları azaltmak, diz kas bozulmalarında dizi rahatlatmak amacıyla sahip endüstriyel olarak üretime uygun elektronik sensörler yardımıyla dizdeki hareket kabiliyetini rahatlatmak. Bu makalede dize destek sağlayan, giyilebilir hafif ve estetik özellikte bir cihaz tasarımı yapılmıştır. Diz destek sisteminin çalışması akışkanın basıncı ayarlanarak yapılmaktadır, basınç ayarı da elektronik kart sayesinde yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dizlik, diz ortezi, oturup kalkma, diz rehabilitasyonu.

ABSTRACT

This study was carried out to relieve the discomfort experienced in the knee joint and to provide a more comfortable walk, to relieve the pressure on the knees of people who constantly stand, and at the same time to meet all degrees of freedom in the knee and thus enable sitting and standing comfortably without restricting the movement of the knee. This system includes a set of sensors, fluids, channels. Sensors detect the user's movements and provide feedback to a control unit to adjust the pressure levels of the fluid. Thus, the flow of fluid can be adjusted to provide greater support and stability to a person's knee joints. In this article, prostheses, orthoses and wearable devices can be used for the following purposes: to support the knee, to reduce pain in the knee, to relieve the knee's mobility with the help of industrially produced electronic sensors to relieve the knee in case of knee muscle deterioration. This device, which provides knee support, is made to be wearable, lightweight and aesthetic. The operation of the knee support system is done by adjusting the pressure of the fluid, and the pressure adjustment is made by the electronic card.

Keywords: Knee braces, knee orthosis, sit to stand, knee rehabilitation.

* Sorumlu yazar: mustafaterkin1@gmail.com

1 Giriş

Diz ortezleri, diz eklemine destek ve stabilite sağlamak, ağrıyı azaltmak, hareket kısıtlamalarını düzeltmek veya önlemek amacıyla kullanılan tıbbi cihazlardır [1]. Plastik, metal, köpük kumaş gibi malzemelerden yapılmışlardır ve dizi desteklemek için vücudun çeşitli bölgelerine sabitlenirler. Diz ortezleri, çeşitli tedavi koşulları veya durumları için farklı tiplerde ve tasarımlarda bulunmaktadır [2].

Çeşitli rahatsızlıklar ve durumlar için farklı diz ortezleri mevcuttur. Dizde oluşan yaygın rahatsızlıklar şöyle örneklendirilebilir: diz yaralanmaları, diz burkulmaları, bağ yaralanmaları, menisküs yırtılmaları, yumuşak doku yaralanmaları. Diz ortezleri bu tarz yaralanmaların iyileşmesini desteklemek için kullanılır [3].

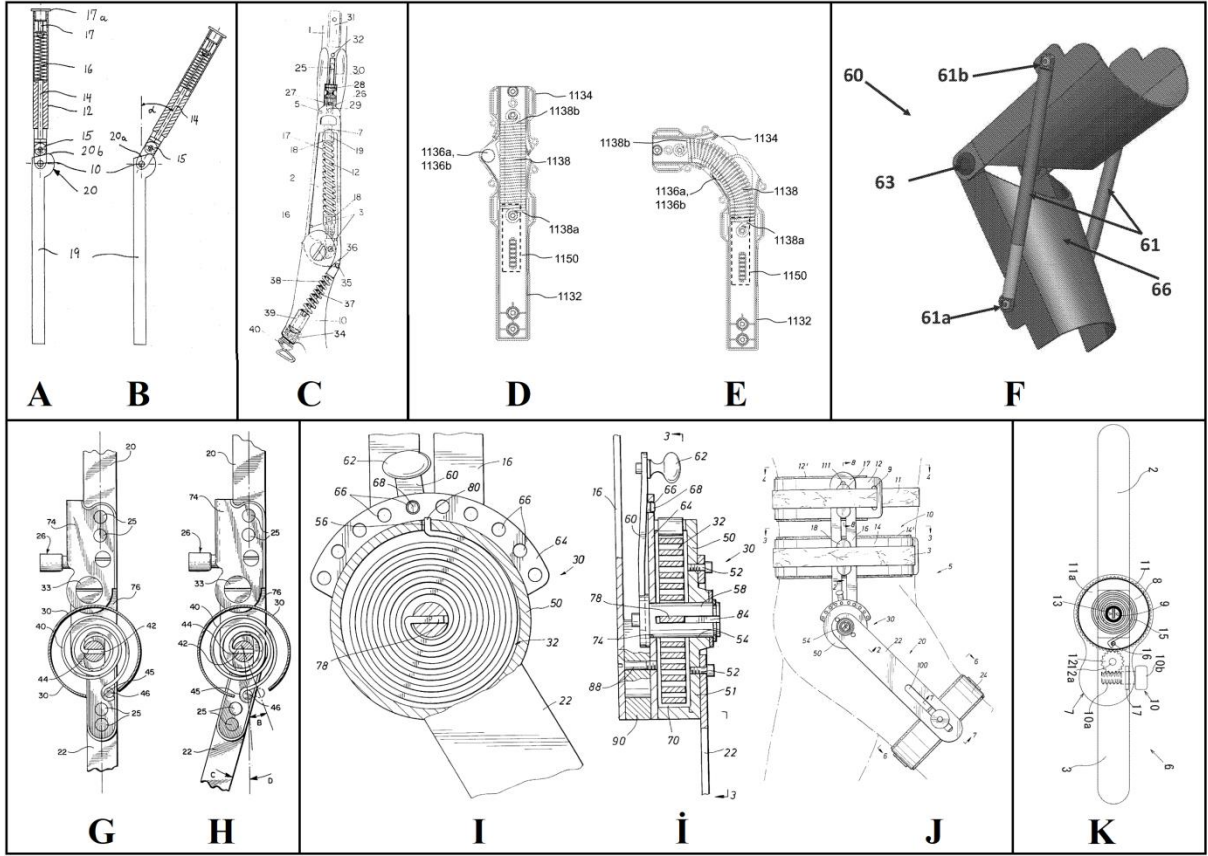
Literatür incelendiğinde bu problemleri çözmek için birçok patentin bulunduğu görülmektedir. Yapılan araştırmada konuyla ilgili olarak toplamda 193 adet patente ulaşılmıştır. Çalışma mekanizmalarını gösteren bazı örnek görseller aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Şekil 1.A ve Şekil 1.B’de kam üstünde kayarak yaylı diz eklem ortezi mekaniği [4], Şekil 1.A’da düz konumu, Şekil 1.B’de bir miktar açı yapılarak burulma detayı, Şekil 1.C’de yaylı diz eklem ortezi mekaniği [5], Şekil 1.D ve Şekil 1.E’de yaylı bükme yöntemiyle yapılmış diz eklem ortezi mekaniği [6], Şekil 1.D’de düz konumu, Şekil 1.E’de bir miktar açı yapılarak burulma detayı, Şekil 1.F’de gazlı pistonlu diz eklem ortezi mekaniği [7], Şekil 1.G ve Şekil 1.H’de burulma yaylı diz eklem ortezi mekaniği [8], Şekil 1.G’de düz konumu, Şekil 1.H’de bir miktar açı yapılarak burulma detayı, Şekil 1.I, Şekil 1.İ ve Şekil 1.J’de burulma yaylı diz eklem ortezi mekaniği [9], Şekil 1.I’da Mekanizmanın üst görünüş detayı, Şekil 1.İ’de mekanizmanın yandan görünüş detayı, Şekil 1.J’de mekanizmanın insan üzerinde kullanım detayı, Şekil 1.K’da burulma yaylı vidalı gerdirme mekanizmalı diz eklem ortezi mekaniği [10] hakkında patent örneği bulunmaktadır. Hazırladığımız mekanizma bunlardan farklı yeni bir sistem olarak tasarlanmıştır.

Araştırmalar incelendiğine yaşlılık veya sakatlık gibi durumlarda oluşan yürüme zorlukları için günümüzde kullanılan birçok dış iskelette elektik motorları kullandığı görülmüştür [11]. Yüksek tork oluşturacak durumlarda kullanılabilmesi, uygun dişli büyüklüğünün sınırlı olması nedeniyle, dişli redüktör tip elektrik motorları tercih edilememektedir. Bu sistem yerine, hidrolik silindirler, bu tip uygulamalarda daha uygundur. Örnek verecek olursak; ağır yüklü askerlerin sırt çantasının taşınmasını kolaylaştırmak amaçlı alt kısmında hidrolik silindirler kullanılmıştır (BLEEX) [12].

Seri elastik aktüatör, karşı kuvvet ile motor arasında bulunan birbirine seri bağlanmış iki yayın bulunduğu sistemlerdir [13]. Bu sistem yük karşısında şok emmesi ve enerji depolama gibi avantajları vardır [14].

Farklı bir araştırma da pnömatik yapay kaslar kullanmıştır [14]. Bu sistem üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Pnömatik kas yapıları hafiflik ve doğal esneklik özelliği oldukça başarılı sonuçlar verildiği görülmüştür [15].

Piyasada diz destek cihazları genel olarak; yay ve benzeri mekanik parçalardan üretilmektedir. Bu parçaların ham maddesi; metal, plastik, kumaş karışımı olan ve ağırlığı oldukça yüksek cihazlardır. Cihazların bu sorunları göz önüne alındığında daha rahat, kıyafet içine giyilebilir, yürüme ve oturma gibi durumlarda herhangi bir zorluk yaratmayan, estetik olarak güzel görünen bir cihaz arayışından bu araştırma ortaya çıkmıştır. Bu araştırmamızda akışkan ile insan kilosundan etkilenmeyen ve şarjlı elektronik kontrollü bir cihaz geliştirilmesi düşünülmüştür. Bunun üzerine akışkan destekli diz destek ortezi geliştirilmiştir.



Şekil 1: Literatür incelendiğinde örnek olarak bazı patentler. **A ve B:** Kam üstünde kayarak yaylı diz eklem ortezi mekanığı [4]. **C:** Yaylı diz eklem ortezi mekanığı [5]. **D ve E:** Yay bükme yöntemiyle yapılmış diz eklem ortezi mekanığı [6]. **F:** Gazlı pistonlu diz eklem ortezi mekanığı [7]. **G ve H:** Burulma yaylı diz eklem ortezi mekanığı [8]. **I, J ve J:** Burulma yaylı diz eklem ortezi mekanığı [9]. **K:** Burulma yaylı vidalı gerdirme mekanizmalı diz eklem ortezi mekanığı [10].

Araştırmamız sonucunda üretilen diz destek cihazımızın; sağlık, askeri ve endüstriyel alanlarda iş gücünün büyük bölümünde yoğun olarak kullanabilmesi hedeflenmektedir [16]. Bu amaca uygun olarak insan yürüyüşüne ve eklem hareketine destek sağlayan dış iskelet geliştirilmesi için bu araştırma yapılmıştır. Yapmış olduğumuz bu araştırmada maliyetin düşük olması, her beden ve ölçüye uygun ayarlanabilir ürün tasarımı yapılmıştır. Tasarımını gerçekleştirilen bu ürün giyilebilir konforlu bir ürün olduğu için diz eklemleri dışında vücudunun başka bölgelerinde de (kol, bel, boyun gibi) bazı küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Bu çalışmadaki amacımız giyilebilir teknolojilerde yeni bir ürün ortaya çıkarmaktır. Bu sebep ile insan vücudunun şeklini alıp vücuda giyildiğinde rahat ve konforlu bir cihaz tasarlamak hedeflenmiştir. Tasarımını yapmış olduğumuz bu cihaz, estetik olarak kıyafet içinde rahat bir şekilde kullanma imkânı sağlar. Bu çalışmada giyilebilir bir cihaz tasarımı ve prototip üretimini yapılmıştır.

2 Metodoloji

Bu sistem, bir dizi sensör, akışkan içermektedir. Sensörler, kullanıcının hareketlerini algılar ve akışkanın basınç seviyelerini ayarlamak için kontrol ünitesine geri bildirim sağlar [17]. Böylece, kişinin diz eklemlerine daha fazla destek ve stabilite sağlamak için akışkanın akışı ayarlanabilir. Bu buluş protezler, ortezler, giyilebilir cihazlar, dizi desteklemek, dizdeki ağırları azaltmak, diz kas bozulmalarında dizi rahatlatmak amacına sahip endüstriyel olarak üretime uygun elektronik sensörler yardımıyla dizdeki hareket kabiliyetini rahatlatan, diz kaslarını destekleyebilen cihazdır. Diz eklemi

hareketine destek sağlayan giyilebilir, akışkan kontrollü cihaz tasarımı yapısından oluşmaktadır [18]. Düşük maliyetin, kullanım kolaylığının, rahatlığın ve esnekliğin ön planda olduğu bir cihazdır.

Geliştirdiğimiz bu sistem, akışkan basıncı kontrolü sayesinde istenildiği açıda istediği şekilde çömelme, oturma ve kalkma hareket kabiliyetlerini akışkan basıncı ayarlayarak, üzerinde bulunan sensörler yardımıyla diz rahatlığı sağlama imkânı sunar [19]. Diz destek cihazını geliştirmekteki amacımız; diz rahatsızlığı çeken insanların oturup kalkması veya çömelmesini rahatlatan bir cihaz geliştirmektir. Bunu da normal yürüyüşte vs. konforunu etkilemeden yapmasıdır. Bu sistem, rehabilitasyon süreçlerini hızlandırmak veya kişinin daha aktif bir yaşam tarzını sürdürebilmesini sağlamak için kullanılabilir.

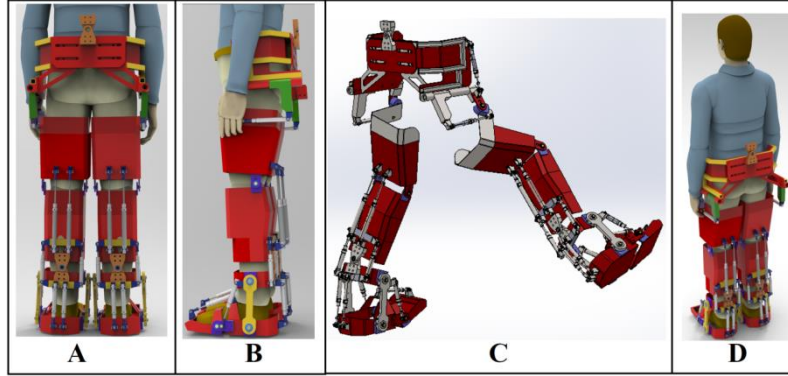
2.1 Kavramsal Tasarım

Bu çalışma, tüm vücut kaslarını destekleyebilen, vücuda giyilebilir bir cihaz olarak tasarlanması düşünülmüştür. İlk olarak vücudun bel altını akışkan ile destekleyici bir tasarım yapılmıştır. Devamında ise dizi desteklemeye yönelik tasarımlar yapılmıştır.

Diz eklemi sorunlarına sahip olan kişiler için, rahat hareket sağlayabilmelerine yönelik farklı fikirlerde tasarımlar yapılmıştır. Yapılan tasarıma nasıl geldiği aşağıdaki konu başlıklarında sırasıyla bahsedilmiştir.

2.1.1 Tasarım 1: Giyilebilir Mekanik ve Elektronik Dış İskelet Sistemi

Tüm vücut giyilebilir dış iskelet sistemi geliştirilmesi ve bu sistemin hassas sensörler vasıtasıyla vücudun tepkilerine göre daha güçlü ve destekleyici bir sistem olarak hedeflenmiştir. İlk etapta bel altı giyilebilir dış iskelet sistemi olarak tasarımı yapılmıştır.



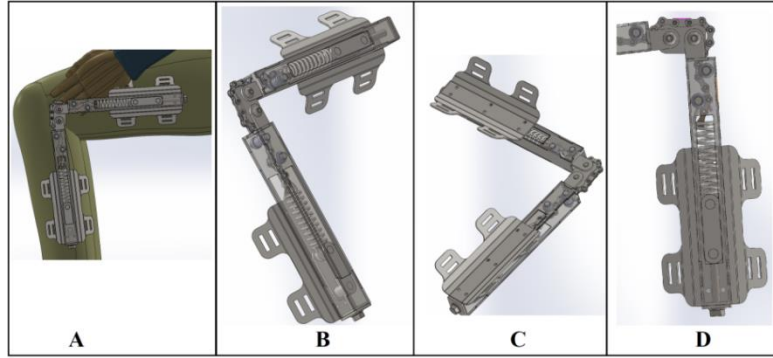
Şekil 2: Tasarım 1 çalışma görseli. **A:** Arkadan görünüş. **B:** Sol yandan görünüş. **C:** Sistemin hareket serbestliği. **D:** Dış iskeletin arka yandan perspektifi.

Bu çalışmada vücuda giyilebilir olup tüm esneme hareketlerini karşılayabilen bir tasarım geliştirilmiştir [20]. Şekil 2.A'da arkadan görünüş detayı verilmiştir, Şekil 2.B'de sol yandan görünüş detayı verilmiştir, Şekil 2.C'de görüldüğü üzere ayak bileğinden kalçaya kadar esnek hareketleri karşıladığı görülmektedir, bu esnek hareketleri karşılanabilmesi için tüm eklemlerde manada gözü rulmanlar ve itici pistonlarla desteklenmiştir, Şekil 2.D'de dış iskeletin arka yandan perspektifi görüntüsü verilmiştir. Bu sistem kıyafet gibi giyilebilen ve aynı zamanda tüm vücut eklemlerindeki serbestliği verebilen bir tasarımıdır. Bu sistem tam otomatik bir dizi sensörler yardımıyla hiç yürüyemeyen birini yürüten, egzersiz amaçlı kullanım, sanayi sektöründe ağır yük taşıma veya askeri sistemlerde dışı zırhla

donatılmış mekanik ile güçlendirilmiş bir tasarım olarak yapılması da düşünülmüştür [21]. Bu tasarım ilerleyen süreçlerde süre azlığı nedeniyle diz destek sistemi olarak tek bir noktaya indirgenmiştir.

2.1.2 Tasarım 2: Yaylı ve Zincir Diz Destek Sistemi

Sac metal malzemeden yapılıp içerisinde bulunan 2 adet çekme yay kullanılmıştır [22]. Mekanizma gergi yapılabilmeye uygun dizayn edilip ağırlık farklılığını da tolere edebilir şekilde tasarlanmıştır [23]. Zincir yardımıyla iki yay arasında gerginlik kontrolü sağlanmıştır. Dizde mandagözü rulmanlar kullanılarak esneklik sağlanması hedeflenmiştir. Şekil 3.A'da Diz eklemindeki görüntüsü verilmiştir, Şekil 3.B'de Ürünün önden perspektif görüntüsü verilmiştir, Şekil 3.C'de diz üzerine bağlantı detayı verilmiştir, Şekil 3.D'de zincir ve yay mekanizması detayı verilmiştir.

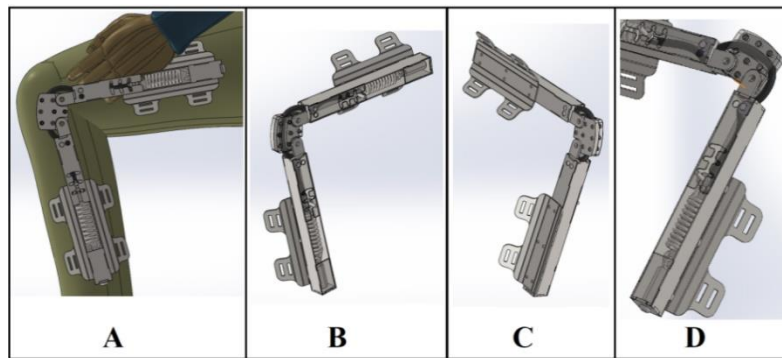


Şekil 3: Tasarım 2 çalışma görseli. **A:** Diz eklemindeki görüntüsü. **B:** Ürünün önden perspektif görüntüsü. **C:** Bağlantı detayı. **D:** İç mekanizma detayı.

Tasarım yay kuvvetini ayarlayan zincir ve yay mekanizmasından oluşmaktadır. Ürünün toplam ağırlığının fazla olması ve estetik açıdan hoş durmamasından dolayı bu tasarımdan vazgeçilmiştir.

2.1.3 Tasarım 3: Yaylı ve Halatlı Diz Destek Sistemi

Sac metal malzemeden yapılıp içerisinde bulunan 2 adet çekme yay kullanılmıştır [22]. Mekanizma gergi yapılabilmeye uygun dizayn edilip ağırlık farklılığını da tolere edebilir şekilde tasarlanmıştır. Esnek halat yardımıyla iki yay arasında gerginlik kontrolü sağlanmıştır. Dizde, mandagözü rulmanlar kullanılarak esneklik sağlanmıştır. Şekil 4.A'da mekanizmanın diz eklemi üzerindeki görüntüsü verilmiştir, Şekil 4.B'de ürünün önden perspektif görüntüsü verilmiştir, Şekil 4.C'de diz üzerine bağlantı detayı verilmiştir, Şekil 4.D'de ise halat ve yay mekanizması detayı verilmiştir.

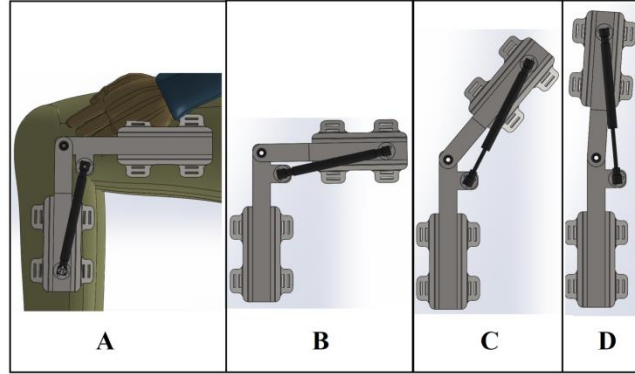


Şekil 4: Tasarım 3 çalışma görseli. **A:** Diz eklemindeki görüntüsü. **B:** Ürünün önden perspektif görüntüsü. **C:** Bağlantı detayı. **D:** İç mekanizma detayı.

Tasarım yay, kablo ve kanalda kaydırma yöntemiyle yay kilit kuvvetini ayarlayan mekanizmadan oluşmaktadır. Ürünün toplam ağırlığının fazla olması ve estetik açıdan hoş durmamasından dolayı bu tasarımdan da vazgeçilmiştir.

2.1.4 Tasarım 4: Gazlı Piston Destek Sistemi

Bu tasarım da sac metal malzemeden oluşmaktadır ve 1 adet gazlı piston kullanılmıştır. Mekanizma, kullanıcı kilosuna göre uygun gazlı piston kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Dizde mandagözü rulmanlar kullanılarak esneklik sağlanmıştır. Şekil 5.A'da diz eklemindeki görüntüsü verilmiştir, Şekil 5.B'de 90 derece açı durumu verilmiştir, Şekil 5.C'de 135 derece açı durumu verilmiştir, Şekil 5.D'de 180 derece açı durumu verilmiştir.

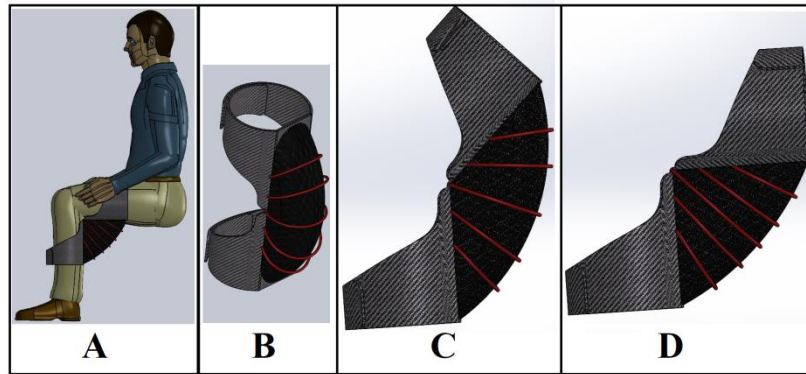


Şekil 5: Tasarım 4 çalışma görseli. **A:** Diz eklemindeki görüntüsü. **B:** 90 derece açı durumu. **C:** 135 derece açı durumu. **D:** 180 derece açı durumu.

Ürünün toplam ağırlığının fazla olması ve estetik açıdan hoş durmamasından dolayı bu tasarımdan da vazgeçilmiştir.

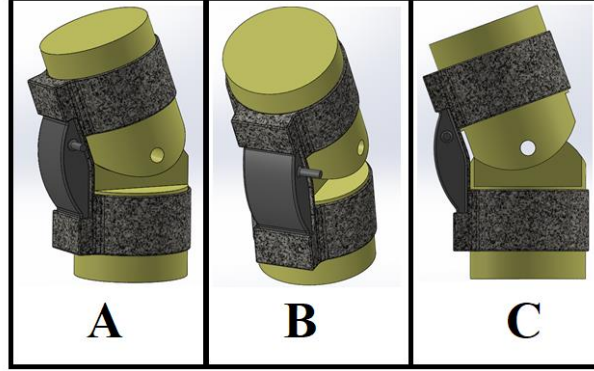
2.1.5 Tasarım 5: Akışkan körüklü Diz Destek Sistemi (Final Tasarım)

Bu tasarımın amacı, körük şeklinde dizin arkasından destek sağlayarak oturup kalkma esnasında dizdeki baskıyı azaltıp daha rahat hareket kabiliyeti sağlamaktır. Bu cihaz kıyafet üstüne giyilebileceği gibi kıyafet içine de giyilebilir (Şekil 6). Şekil 6.A'da diz eklemindeki görüntüsü verilmiştir, Şekil 6.B'de 180 derece açı durumu verilmiştir, Şekil 6.C'de 135 derece açı durumu verilmiştir, Şekil 6.D'de 90 derece açı durumu verilmiştir.



Şekil 6: Tasarım 5 akışkan körüğü çalışma görseli. **A:** Diz eklemindeki görüntüsü. **B:** 180 derece açı durumu. **C:** 135 derece açı durumu. **D:** 90 derece açı durumu.

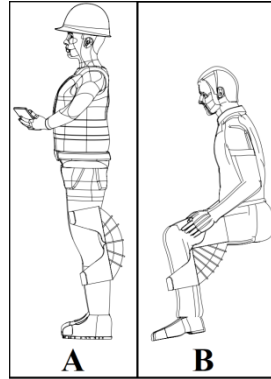
Bu tasarım akışkanın körük içerisinde basınç oluşturup, sırasıyla Şekil 6.D'deki pozisyondan Şekil 6.C'ye daha sonra Şekil 6.B'deki pozisyona doğru getirerek çalışmaktadır. Tasarım daha sonra Şekil 7'de görüldüğü üzere hazır dizlik üzerine hava körüğü montajı yapılacak şekilde dizayn edilerek ürün tasarımı gerçekleştirilmiştir. Şekil 7.A'da ürünün arka yandan perspektifi gösterilmiştir, Şekil 7.B'de ürünün arkadan perspektifi gösterilmiştir, Şekil 7.C'de ise yandan görünüş detayı verilmiştir. Bu görseller akışkan körüğü çalışma prensibi hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 7: Tasarım 5 akışkan körüğü ve dizlik görseli. **A:** Ürünün arka yandan perspektifi. **B:** Ürünün arkadan perspektifi. **C:** Yandan görünüş hakkında detayı.

2.2 Tasarım aşaması

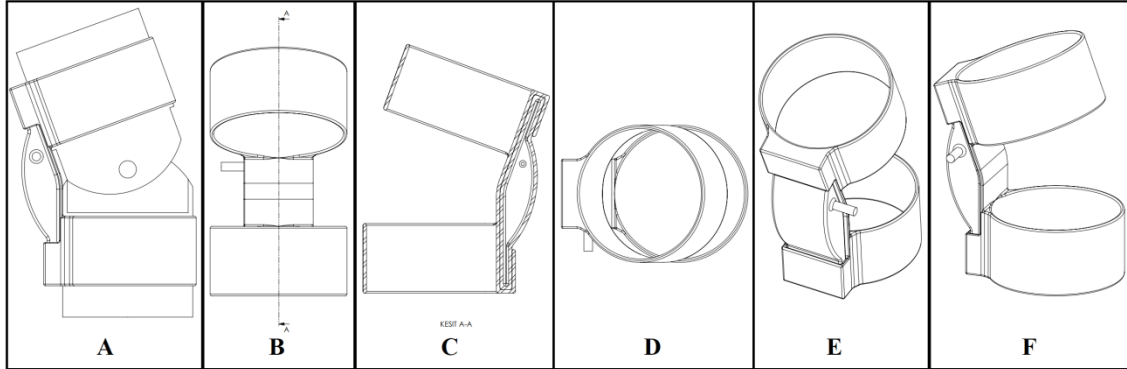
Bu çalışmada geliştirilip diz bölgesine takılan cihaz, akışkan basıncını ayarlayarak diz eklemine destekleyebilir. Özellikle diz eklemi sorunlarına sahip olanlar için bu cihaz, dizin stabilitesini artırarak ağrıyı azaltabilir ve daha rahat bir hareket sağlayabilir. Üretim aşamasında ilk önce dizlik için kullanılacak mevcut hazır bir bant belirlenmiş olup, üzerinde değişiklikler yapılarak tasarıma uygun hale getirilmiştir.



Şekil 8: Diz destek sistemi oturup kalkma durumunda çalışma prensibi. **A:** Ayakta durma detayı. **B:** Oturma durumu detayı.

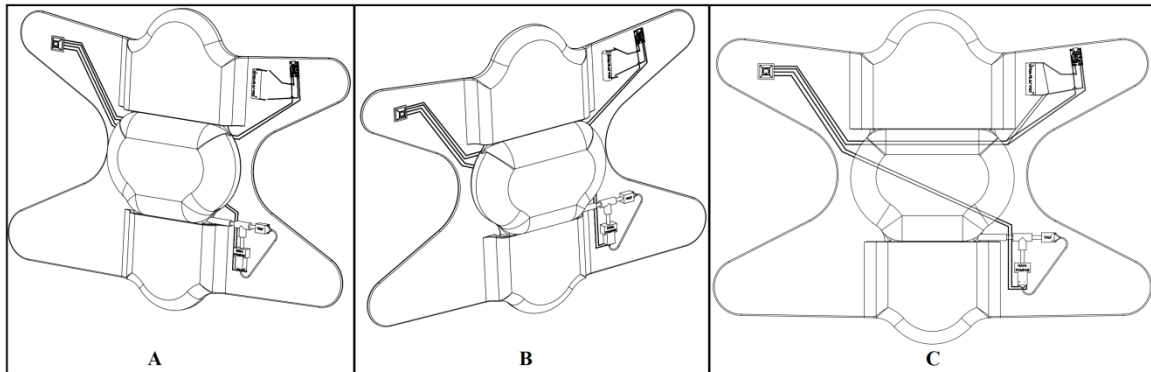
Şekil 8'de görüldüğü üzere dizin arka kısmının içinde katlanıp açılabilen balon körük bulunmaktadır. Şekil 8.A'da ayakta durma detayı verilmiştir, Şekil 8.B'de oturma pozisyonundaki durumu hakkında detay verilmiştir. Bu körük şişmeye başladığında dizli yukarı kaldırarak itmeye çalışmaktadır. Bu da ayağı kalkma esnasında dizdeki baskıyı azaltıp rahat bir şekilde ayağı kalkma olanağı sağlamaktadır. Bu sistem, bir dizi sensör, akışkan içerir. Sensörler, kullanıcının hareketlerini algılar ve akışkanın basınç seviyelerini ayarlamak için bir kontrol ünitesine geri bildirim sağlar. Böylece, kişinin diz eklemlerine

daha fazla destek ve stabilite sağlamak için akışkanın akışı ayarlanabilir. Cihazı bacak kaslarına destek ihtiyacı olan kişiler, farklı kas hastalığı olan kişiler kullanabilir. Cihaz, bu tarz rahatsızlıkların ortadan kaldırılmasına destek olacaktır. Kaza sonucu dizini kullanmakta zorluk çekenler de bu cihazı kullanabilir. Diz bölgesinde felç olup bu bölgenin egzersiz amaçlı çalışması sağlamak isteyenler kullanabilir. Kullanım alanına bağlı olarak sağlık sektörü sektöründe, spor, endüstriyel tip iş ve fabrika ortamlarında, ağır yük taşıyan sürekli çömelip kalkan ayakta çalışan işçilerde ve buna benzer birçok alanda kullanılabilir. Şekil 9.A'da yandan görünüş detayı verilmiştir, Şekil 9.B'de önden görünüş detayı verilmiştir, Şekil 9.C'de yandan kesit görüntüsü verilmiştir. Şekil 9.D'de üstten görünüş detayı verilmiştir, Şekil 9.E'de arka açıdan perspektif görünüş detayı verilmiştir, Şekil 9.F'de ön açıdan perspektif görünüş detayı verilmiştir.

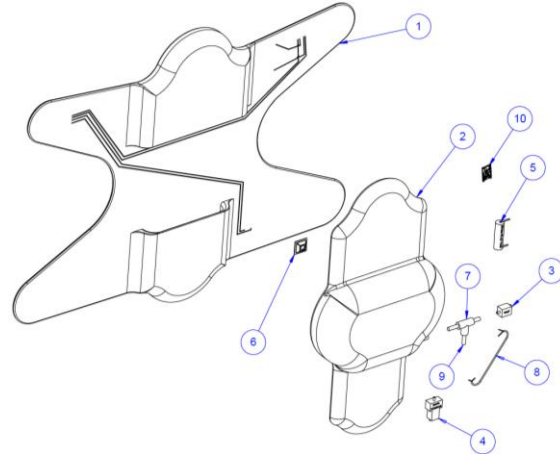


Şekil 9: Diz destek sistemi akışkan körüğü çalışma prensibi. **A:** Yandan görünüş. **B:** Önden görünüş. **C:** Yandan kesit görüntüsü. **D:** Üstten görünüş. **E:** Arka açıdan perspektif görünüş. **F:** ön açıdan perspektif görünüş.

Akışkan diz destek sistemi Şekil 10'da görüldüğü üzere diz bandı üzerine sonradan takılabilen bir sistemdir. Herhangi dizlik üzerinde de monte edilebilmesi mümkündür. Bu sistemin elektronik kart ile kontrolü sağlanmakta olup şarjlı olarak kullanılması mümkündür. Elektronik kart tasarımında birçok özellik eklenip otomatik halde darbe sensörleri veya dizdeki kasılmaları algılayan sensörlerle hem yürüyüşü desteklemek hem de oturup kalkma hareketini hassas olarak cihazın hissetmesini sağlayabilmektedir. Bu sensörler yardımıyla mobil uygulamalar ile haberleşmesi sağlanıp cihazın anlık olarak spor modu gibi eklentiler eklenerek kayıt altına alınarak egzersiz takibi de yapılması mümkündür [24]. Şekil 10'da diz destek sistemi komponent montajı yapılarak ürün üzerindeki detayı verilmiştir, Şekil 10.A'da soldan perspektif görünüm detayı verilmiştir, Şekil 10.B'de sağdan perspektif görünüm detayı verilmiştir, Şekil 10.C'de Ön görünüm detayı verilmiştir.



Şekil 10: Diz destek sistemi detayı (Final Tasarım). **A:** Soldan perspektif görünüm detayı. **B:** Sağdan perspektif görünüm detayı. **C:** Ön görünüm detayı.



Şekil 11: Diz destek sistemi patlatılmış resim görüntüsü (Final Tasarım).

Diz destek sisteminde kullanılan malzemelerin listesi aşağıda belirtilmiştir (Şekil 11):

1. Kumaş dizlik.
2. Şişirilebilir hava körüğü.
3. Mini Hava Valfi (Normalde Açık).
4. Mini Hava Pompası
5. Şarjlı Pil
6. Silikon Anahtar kontrol devresi
7. T bağlantı rekoru.
8. Kablolar.
9. Akışkan hortumu.
10. Pil Şarj Devresi

1. Kumaş dizlik:

Kumaş dizlik, dizi tahriş etmeyen diz bandı kumaşından üretilmiştir. Dizliğin dize takılması sabitlenmesi için cırt cırt kullanılabilir, gerdirme kilitli mekanizmaları olabilir, bedene göre otomatik ayarlanabilen servo kontrollü mekanik veya akış kontrol sistemler gibi birçok çeşit bağlantı şekilleri olabilir. Kumaş dizliğin arka kısmında bulun haznelerin içinde konumlandırılacak şekilde ve iç kısmında cırt bant ile montajı yapılacak şekilde balon körüğün birleştirilmesi sağlanmıştır. Akışkan ile şişen elastik körük montajı yapılmıştır.

2. Şişirilebilir hava körüğü:

Çalışmamızda, içine akışkan verildiğinde iç lastiğin şişebileceği ve bu iç lastiğin dış yüzeyine yırtılmaya dayanıklı kumaş ile kaplı bir körük kullanılmıştır. Burada körük mekanizmasının malzemesi tamamen kauçuk veya elastik özelliği olan birçok malzeme çeşidinden olabilir.

3. Mini Hava Valfi (Normalde Açık):

Normalde açık, elektrik verildiğinde kapalı konuma geçen valf kullanılmıştır.

4. Mini Hava Pompası:

Mikro hava pompası, akışkanı istenilen basınca getirmek için elektronik karta bağlı olarak devreye girip devreden çıkar.

5. Şarjlı Pil:

Şarjlı pil olarak birçok batarya çeşidi kullanılabilir. Elektronik kart çıkışı voltaj değerlerine göre şarj edilebilir küçük, hafif, yüksek verimli şarjlı pil kullanılmıştır.

6. Silikon Anahtar Kontrol Devresi:

Tek buton ile kontrol edilebilen farklı çalışma modlu anahtar devresidir.

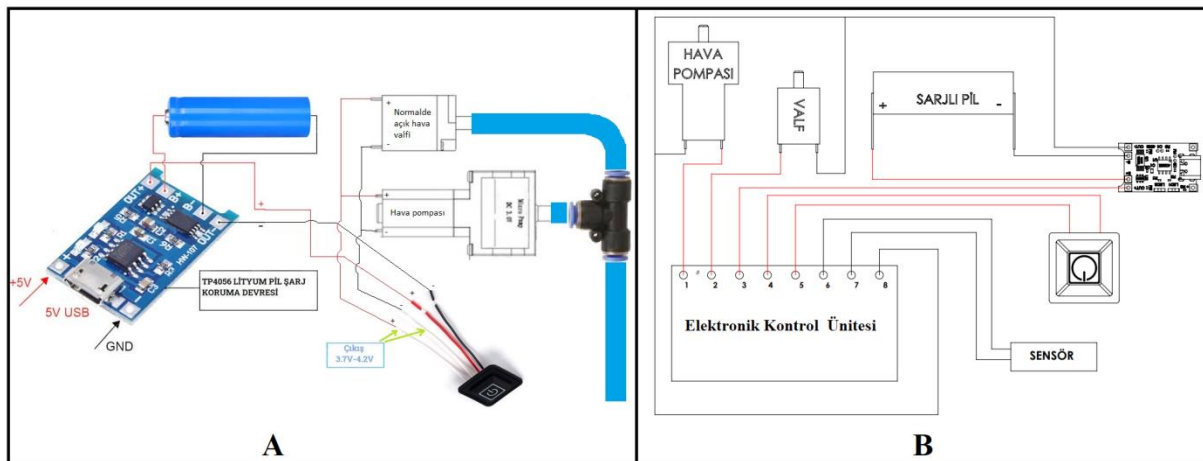
Devre üzerindeki butona 2 saniye basıldığında ürün çalışmaya başlar. 2 Saniye tekrar basılı tutulursa ürün kapanır. İlk başlangıçta anahtar çıkışa tüm enerjiyi sürekli olarak aktarır. Kırmızı renkte led yanar. Belirli bir basınca ulaştığında ikinci moda geçer, daha sonra tekrar yine belirli bir basınçtan sonra birinci moda dönüp bu şekilde 1-2 arasında çalışır.

Birinci aşamada iken butona kısa basılırsa 2. aşamaya geçer. Yaklaşık olarak 3 saniye enerji verir 1 saniye enerji aktarımını kapatır. Yani 3 saniye enerjiyi açar 1 saniye voltajı kapatır. 2. Aşamada buton rengi mavidir.

İkinci aşamada iken butona kısa basılırsa 3. aşamaya geçer. Bu aşamada buton rengi yeşildir. 2 saniye kapalı 1 saniye açık olarak çalışır. Bu kısım Şekil 12.A'da yarı otomatik diz destek sistemi devre şemasını kapsamaktadır.

Diğer aşamada ise, üzerinde bulunan sensörlerle kullanıcının yapmak istediği hareketi algılayarak otomatik olarak çalışabilmektedir. Ürün üzerinde bulunan sensörlerle kullanıcının yapmak istediği hareketi algılayarak otomatik olarak çalışabilmektedir. (Şekil 12.B)

Şekil 12.B'deki devre şeması; tam otomatik elektronik kontrol ünitesinde yazılım alt yapısı bulunan ve sensörler yardımıyla haberleşme sağlayıp dizdeki tepkime hareketlerini kolaylaştırmaya yönelik bir sistemdir [25].



Şekil 12: Diz destek sistemi elektronik kontrol devre şeması. **A:** Yarı otomatik diz destek sistemi devre şeması. **B:** Tam otomatik sensörlü diz destek sistemi devre şeması.

7. T Bağlantı Rekoru:

Akışkan gücü ile çalışan sistemin akışkan bağlantılarını oluşturan ara bağlantı parçasıdır.

8. Kablolar:

Bükülmelere, esnemelere, sıcaklık gibi etkenlere dayanıklı uzun ömürlü kablolar tercih edilmiştir. Kırmızı, siyah vb renkli kablolar için soketler karşılıklı olarak tasarlanmıştır. Bu sayede ters bağlantı yapma riski ortadan kalkmaktadır. Herhangi yedek parça ihtiyaç durumunda soketler aracılığıyla sökülüp yenisi ile değiştirmek mümkün olarak tasarlanmıştır.

9. Akışkan Hortumu.

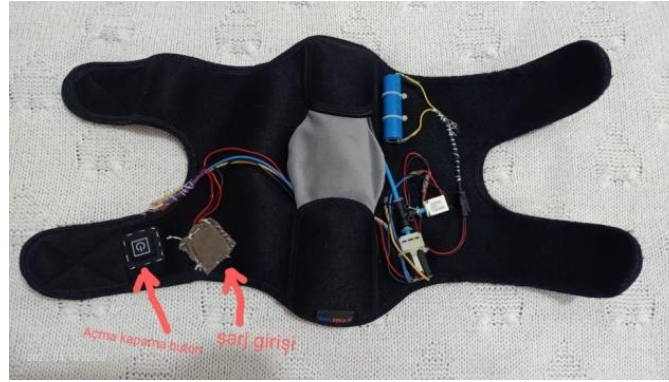
Üründe akışkanı bir yerden başka bir yere aktarabilmek için akışkan hortumları kullanılmıştır. Bu hortumlar esnek özellikli kırılma, esneme ve basınca dayanıklı malzemelerdir.

10. Pil Şarj Devresi

Ürün üzerinde Type-C konektör bulunmaktadır. Bu bağlantı istenildiğinde farklı şarj soketlerinde dönüştürülebilir. Bu sayede bağlanan bataryalar bağlanarak rahatlıkla şarj edilebilir.

3 Bulgular ve Tartışma

Şekil 13'de görüldüğü üzere komponentlerin diz hareketleri esnasında esnemeler sonucu zarar görmeyecek şekilde yerleşimi yapılmıştır. Kırılmaya ve esnemeye dayanıklı kablolar seçilerek montajı yapılmıştır.



Şekil 13: Diz destek sistemi bağlantılarının yapılması.

Cihazın montajı bittikten sonra şişme sonucu oluşacak tepkimeler gözlemlenmiştir. Burada gözlemler sonucu; iç basıncın artmasıyla birlikte dizin 90 derece konumdan 180 derece konuma doğru açılmasıyla diz hareketine destek sağladığı gözlemlenmiştir. İlk örnek numunesi hazırlandıktan sonra Şekil 14'te görüldüğü üzere açıkta kalan kablo ve diğer komponentlerin üstlerinde kumaş kaplama yapılmıştır.



Şekil 14: Diz destek sistemi test için hazırlanmış bitmiş ürün (Final Ürün).

Cihazımız, akışkan yardımıyla körük şişme prensibi olarak çalışmaktadır. Bu çalışma prensibi dizin arka kısmında dizi yukarıya doğru kaldırmaya çalışan elastik bir körük yapısından oluşmaktadır. Cihazımızı uygulama alanlarına; diz problemi olan kişilerin kullanması, diz ekleminde egzersiz olarak uygulanması, yürüyüşte dizi destekleyip sabitleme veya dizi destekleme amaçlı kullanılması, diz ağrısının giderilmesi, spor yaparken dizde destek cihazı olarak kullanılması örnek olarak verilebilir.

4 Sonuçlar

Bu araştırmada, insan yürüyüşünü desteklemek amacıyla kullanılacak giyilebilir bir diz ortezi dış iskelet geliştirilmiştir, prototip üretimi gerçekleştirilerek çalışır hale getirilmiştir.

Diz destek cihazının kumaş esnek bir yapıda olması ister direkt kıyafet içine istenirse kıyafet dışına da giyilebilir olması insanların konfor alanını daraltmadan rahat bir şekilde kullanma olanağı sağladığı görülmüştür.

Bu çalışmada keşfedilen yöntem; insan vücudunun farklı kaslarını da akışkan destekli cihazı ufak değişiklikler yapılarak istenilen bölgedeki kaslar içinde uyarılabilir sonucunu verir. Bu sistem uygun yazılım ve sensörlerle desteklendiğinde çok hassas bir cihaz olarak kullanılması da mümkündür.

Bu araştırma kapsamında yapılan tasarımlarda geliştirilen ürünün, dizin arka kısmından oturma ve kalkma sırasında dizi desteklediği görülmüştür. Ayaklarından felçli veya diz kaslarında sorun olan bir insanı fizik tedavi sırasında spor yapması amacıyla dizi açıp kapatma işlemleri için uygun olduğu görülmüştür. Bu cihaz akışkan kontrolü sayesinde kullanıcı ağırlığına göre basıncı ayarlamaktadır. Ağırlık farkı sorun olamadan her insana uygun bir yapıya sahiptir. Bu çalışma prensibi akışkan körüğü sayesinde basıncı kontrollü bir şekilde ayarlanarak kaslara, doğal bir esneklik özelliği ve hafiflik kazandırır.

5 Beyanname

5.1 Rakip Çıkarlar

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

5.2 Yazarların Katkıları

Sorumlu Yazar Adı SOYADI: Mustafa TERKİN

Araştırma fikrinin oluşturulması, literatür incelemesi, tasarım süreçleri, makale yazımı.

2. Yazar Adı SOYADI: Ömer SEÇGİN

Araştırma fikrinin oluşturulması, literatür incelemesi, tasarım süreçleri, makale yazımı.

3. Yazar Adı SOYADI: Kasım SERBEST

Araştırma fikrinin oluşturulması, literatür incelemesi, tasarım süreçleri, makale yazımı.

Kaynakça

- [1] Neslihan, T. O. P., BAŞAK, H., & ŞAHİN, İ. (2021). Biyomimetik Tabanlı Fonksiyonel Yürüteç Tasarımı ve Dijital İnsan Modelleme İle Ergonomik Analizi. *El-Cezeri*, 8(2), 618-619.
- [2] ÇALIKUŞU, İ., UZUNHİSARCIKLI, E., & FİDAN, U. Alt ekstremite dış iskeletinin modellenmesi ve biyomekanik analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 39(1), 550-561.
- [3] Öçal, A. E. (2023). Tahriksiz, giyilebilir ve ergonomik üst gövde dış iskelet sistemi geliştirilmesi.
- [4] Patent: ES2116882A1 <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DES2116882A1>
- [5] Patent: ES2116882A1 <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DES2116882A1>
- [6] Patent: US20210290420A1 <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DUS20210290420A1>
- [7] Patent: US20180271690A1 <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DUS20180271690A1>
- [8] Patent: US6471664 <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DUS6471664B1>
- [9] Patent: US6039707 <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DUS6039707A>
- [10] Patent: JP5801859B2 <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DJP5801859B2>
- [11] Young, Aaron J., and Daniel P. Ferris. (2017). State of the Art and Future Directions for Lower Limb Robotic Exoskeletons, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25 (2), 171–182.
- [12] Zoss, A. B., Kazerooni, H., Chu, A. (2006). Biomechanical design of the Berkeley lower extremity exoskeleton (BLEEX), *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 11 (2), 128-138.
- [13] Series Elastic Actuators. (t.y). Erişim: 5 Şubat 2019, http://fab.cba.mit.edu/classes/865.15/people/rebecca.kleinberger/assets/papers/SEA_Pratt.pdf
- [14] Huo, Weiguang, et al. (2016). Lower Limb Wearable Robots for Assistance and Rehabilitation: A State of the Art, *IEEE Systems Journal*, 10(3), 1068–1081.
- [15] Chou, Ching-Ping, ve B. Hannaford. (1996). Measurement and Modeling of McKibben Pneumatic Artificial Muscles, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 12 (1), 90–102.
- [16] ERTAN, K., & ELDEM, C. (2022). TEMSİLİ BİR GİYİLEBİLİR DIŞ İSKELETİN ERGONOMİK ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ. *Ergonomi*, 5(1), 19-20.
- [17] Hazar, Y. (2020). Giyilebilir dış iskelet el (Master's thesis, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü). 39-48
- [18] BAYSAL, CV (2020). Pnömatik Yapay Kaslar için Sinir Ağı Tabanlı Ters Modelleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , (Ejosat Ek Özel Sayı (HORA)) 56-58.
- [19] Aydoğan, İ. ve AYDIN, EA (2022). Parmak Hareketlerine Dayalı Gerçek Zamanlı İnsan-Makine Arayüzleri için Giyilebilir Elektromiyogram Tasarımı. *Politeknik Dergisi* , 1-1. 975-977.
- [20] AKKAŞ, Y., & ERTAŞ, Ö. Ü. H. A. YÜKSEK LİSANS TEZİ. ESNEK UZUVLU PARALEL MANİPÜLATÖR KULLANARAK GİYİLEBİLİR ROBOTİK BACAĞI TASARIMI VE KİNEMATİK ANALİZİ. 2-13

- [21] Zhou, J., Yang, S., & Xue, Q. (2021). Lower limb rehabilitation exoskeleton robot: A review. *Advances in Mechanical Engineering*, 13(4), 16878140211011862. 3–10.
- [22] Serbest, Kasım. El kaslarının rehabilitasyonu için aktif dinamik el-el bileği ortezi tasarımı. 2017. PhD Thesis. Sakarya Üniversitesi (Turkey). 67 – 110.
- [23] KILIÇ, E., Şekerci, B., KIZILHAN, H., & Başer, Ö. (2020). Sertliği değiştirilebilir bir ayak bileği dış iskelet robotun çeşitli kontrolcüler ile pozisyon takibi kontrol performansının değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(3), 1554-1558.
- [24] Mert, A.; Seçgin, Ö.; Akan, A. Sürekli Vücut Sıcaklığı Ölçümü İçin Bioteleometri Cihaz Tasarımı The Design of a Biotelemetry Device for Continuous Body Temperature Monitoring. *Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi*, 2014,
- [25] Karabıyık, İ., Kılıç, E., & Bayram, A. (2019). Bilek rehabilitasyonu için düşük maliyetli bir taşınabilir robotik cihazın geliştirilmesi ve kontrolü.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).