

## ÇOK YÖNLÜ TEKERLEKLERE SAHİP BİR MOBİL ROBOTUN TASARIMI VE MODELİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Servet SOYGÜDER<sup>1</sup>, Hasan ALLİ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü -23279- ELAZIĞ

**Özet:** Günümüzde mobil robotlar, daha çok insanların çeşitli ihtiyaçlarını karşılayan araçlar olarak kullanılmaktadır. Hastane, ofis, koridor gibi birçok alanlarda kullanılan tekerlekli sandalye, robot araba gibi sınırlı hareket eden araçlar artık güncel mobil robotlar haline gelmiştir. Günümüz teknolojisinde yeni tasarlanan robotların en önemli özelliği, robot tekerlerinin hareketliliğini yani serbestlik derecelerini artırılmış olmasıdır. Bu çalışmada dört tekerlekli bir robot tasarlanmış ve her bir teker iki boyutlu bir düzlemde üç serbestlik dereceli hareketi yerine getirebilecek mekanizmalardan oluşturulmuştur. Çok yönlü mobil robotlar teker doğrultuları değişmeden istenilen doğrultuda istenilen hareketi gerçekleştirme yeteneğine sahiptirler. Bu yeteneği, teker etrafında dizili olan farklı yönlerde serbest dönen küçük silindirik rulo tekerleklerin geliştirilmesi ile elde edilmiştir. Tasarımı ve yapımı gerçekleştirilen robotun tekerlekleri farklı doğrultularda hareket ettirilerek; robotun öteleme hareketi, geriye doğru hareketi, robot konumu değiştirilmeden sağ-sol yönler hareketi ve dönme hareketi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Swedish Mekanizması, Mobil Robot, Silindir rulo tekerlek*

## DESIGN AND MODEL OF A MOBILE ROBOT WITH STEERABLE OMNIDIRECTIONAL WHEELS

**Abstract:** Mobile robots have recently been used to meet human needs. Nowadays, actual mobile robots have been suggested instead of wheeled chairs and robot cars having limitation on motion, used in hospitals and offices. The most important feature of recent designed robots in today technology has been to increase the degrees of freedom of robot wheels. In this study, a four wheeled mobile robots has been designed and each wheel has mechanisms being capable of three degrees of freedom on a two-dimensional plane. Omnidirectional mobile robots can move in a arbitrary direction without changing wheel directions. This capability has been obtained as being developed cylindrical roller-wheels. The cylindrical rollers have been placed the circumference of the wheels. The designed and constructed mobile robot can perform translation (forward and backward), rotation and sideways motion while its wheels are moving at different directions.

**Keywords :** *Swedish Mechanism, Mobil Robot, Cylindrical roller-wheel*

---

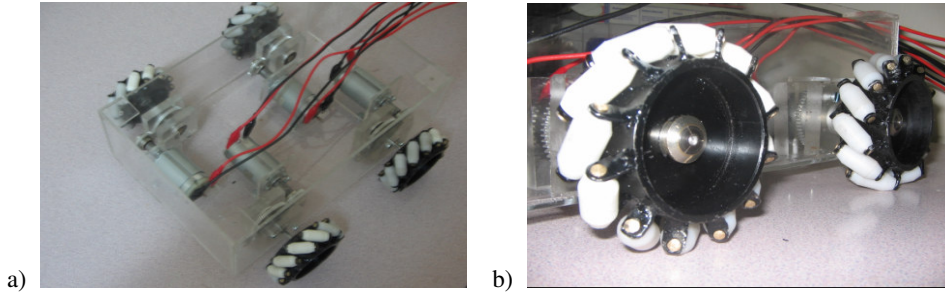
\*Sorumlu Yazar

ssoyguder@firat.edu.tr

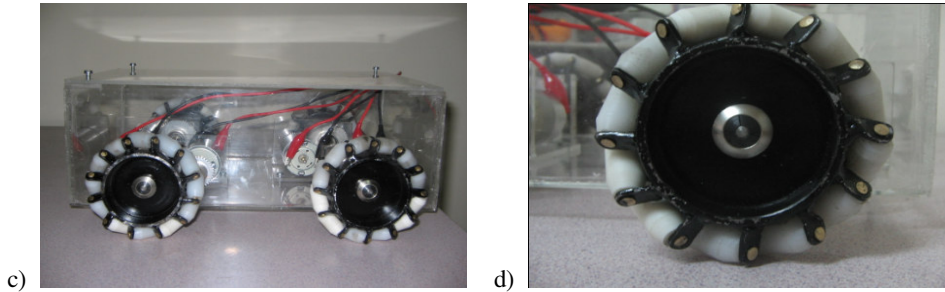
## 1. Giriş

Robotlar çevredeki şartları algılayabilen, akıl yürütebilen ve daha sonra algılama sonucu elde ettikleri bilgileri yorumlayabilen otomatik sistemlerdir. Son zamanlarda endüstriyel alanlarda, ofislerde, laboratuvarlarda ve çok değişik iş alanlarında çok yönlü mobil robotların kullanımı artmıştır [1-2]. Genelde robotlar insanların ihtiyaçlarını karşılayan ve insanların yaptıkları işleri daha verimli bir şekilde yerine getiren akıllı makineler olarak ta tanımlanabilir. Robotlar kullanıldıkları çalışma ortamlarına göre ya da belirli bir işi yapabilecek kapasitede özel amaçlı olarak tasarlanabilirler. Çok yönlü mobil robotların en önemli özellikleri, robotun tekerleklerinin birbirlerinden bağımsız olarak hareket edebilmeleridir [3-5]. Buda robot mekanizmasının serbestlik derecesinin artırılması demektir. İki serbestlik dereceli robotlar hedef noktaya sadece ileri ve geri hareket ederek ya da dönerek hareket edebilirler. Fakat bu robotlar hedef noktaya yan doğrultuda yaklaşarak hareket edemezler.

Bu sınırlı hareketi geliştirmek için, dört teker tahrikli dört serbestlik dereceli çok yönlü mobil robotlar, yönlendirilebilir tekerlekler kullanılmaktadır. Geliştirilen bu tekerlekler robotu ileri ve geri yönde hem öteleme hem de yan doğrultuda hareket etme özelliği kazandırmıştır. Fırat Üniversitesi Makine Mühendisliği Makine Teorisi ve Dinamiği ABD laboratuvarında tasarlanan bu robot Şekil 1 ve Şekil 2’ de görülmektedir. Çok yönlü mobil robotlar sahip oldukları özel teker mekanizması ile insanlara; çok geniş bir alan ihtiyacı gerektirmeden ve tekerin dönme açılarını değiştirilmeden yardım edebilirler. Çünkü bu tip özellikteki tekerlekler iki boyutlu bir alanda iki serbestlik dereceli bir özellikte hareket ederler. Sonuç olarak bu robotlar çok geniş bir alan olmadan ve teker doğrultu açılarını değiştirmeden sadece tekerlerin birbirinden bağımsız olarak dönme doğrultularını değiştirilerek istenilen hedef noktaya ulaşırlar [5].



Şekil 1. Swedish mekanizmalı mobil robotun; a) Üstten görünümü, b) Yandan görünümü



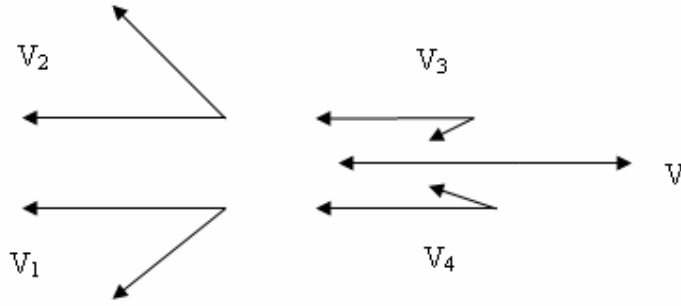
Şekil 2. Swedish mekanizmalı mobil robotun; c) Soldan görünümü, d) Bir tekerinin görünümü

## 2. Swedish Mekanizmalı Tekerleklerin Çalışma Şekli

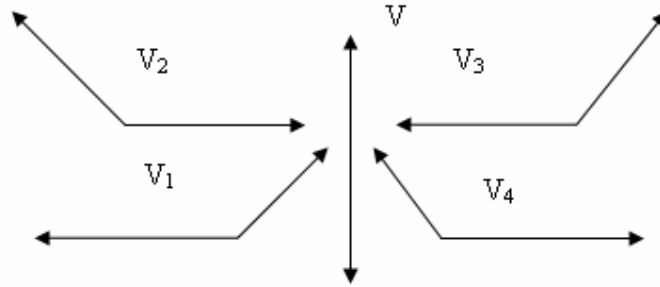
Çok yönlü swedish mekanizma tekerlekli mobil robotun her bir tekerleği ayrı ayrı motorlar ile tahrik edilmektedir. Robotun dört tekerleği de farklı doğrultularda ve farklı hızlarda hareket edebilirler. Şekil 3' de görüldüğü gibi, swedish mekanizmalı mobil robotun dört tekerleğin hepsi aynı doğrultuda hareket ettirilirse, mobil robot ileri ya da geri yönde hareket eder. (Burada  $V_1, V_2, V_3, V_4$  tekerlek hız doğrultusunu,  $V$  ise mobil robotun hız doğrultusunu göstermektedir.) Fakat çapraz halde ardışık bir çift tekerlek aynı yönde dönme hareketi verilirse ve diğer

bir çift tekerlekte zıt yönde dönme hareketi yaptırıldığında mobil robot sağ-sol yan doğrultuda hareket eder (Şekil 4). Swedish mekanizmalı robot planlanan yörüngede hareket edebilir ve dikey eksen etrafında hızla eşzamanlı olarak dönebilir (Şekil 5).

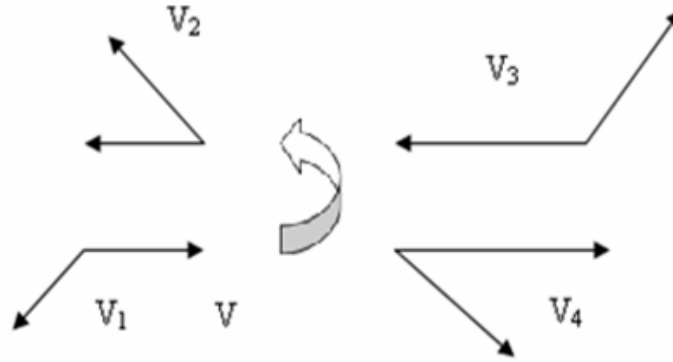
Swedish mekanizma tekerlekli mobil robotlar sadece dört tekerlekten ibaret değildir. Aynı zamanda üç tekerlekli swedish mekanizmalı mobil robotlarda mevcuttur [5]. Tekerlekler üzerine  $45^0$  lik açılarla yerleştirilen pasif dönen silindirik rulolar ile teker üç serbestlik dereceli yada iki serbestlik dereceli bir mekanizma özelliği kazandırılmaktadır.



Şekil 3. Swedish mekanizmalı mobil robotun ileri-geri hareketinin hız vektörleri



Şekil 4. Swedish mekanizmalı mobil robotun sağa-sola hareketinin hız vektörleri



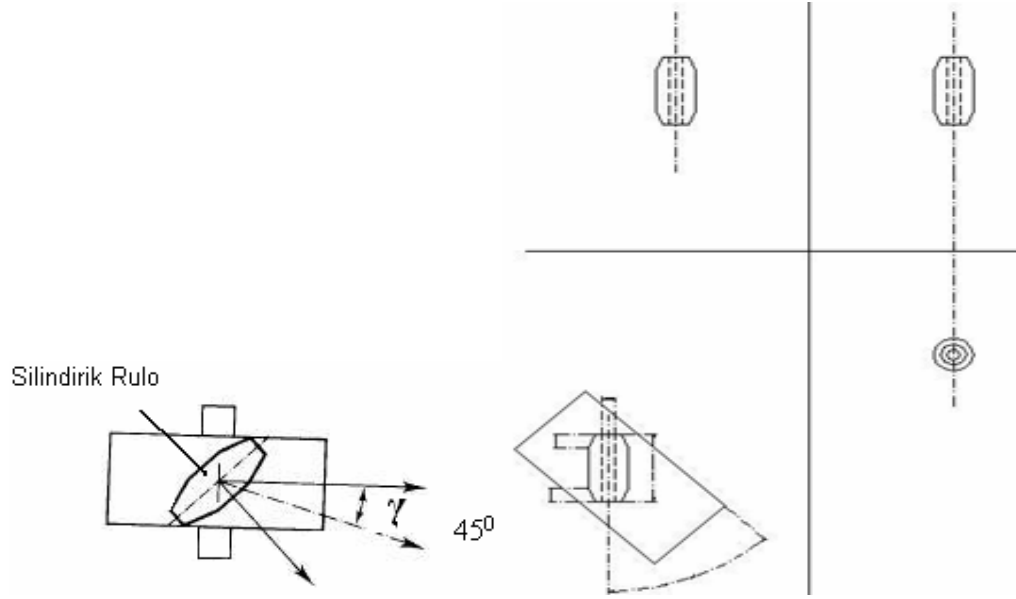
Şekil 5. Swedish mekanizmalı mobil robotun düşey eksen etrafında dönme hareketinin hız vektörleri

### 3. Pasif Silindirik Ruloların Dizaynı

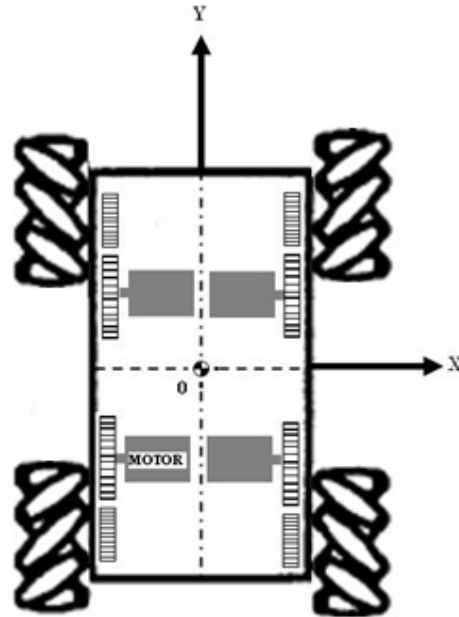
Swedish mekanizmalı mobil robotun tekerlekleri üzerine yerleştirilen silindirik rulolar, tekerleğin serbestlik derecesini arttırmaktadır [6]. Bu da robota çok yönlü bir mekanizma niteliğini kazandırmaktadır. Tasarlanan dört tekerlekli mobil robotun her bir tekerleğinin üzerine 12 adet silindirik rulo yerleştirilmiştir. Ruloların sayısı mobil robotun tekerlek çapı ile doğru orantılıdır. Silindirik rulolar tekerin dönme merkezi eksenine  $45^{\circ}$  lik açı ile pasif dönen eleman olarak yerleştirilmiştir. Silindirik rulonun teker üzerine yerleştirme konumunu ve teknik resim görünüşleri Şekil 6' da görülmektedir. Ayrıca tasarımı yapılan çok yönlü mobil robotun boyutlandırılmış teknik resimleri Ek.1' de Şekil.9-10-11-12 olarak gösterilmiştir.

Her bir tekerlek üzerine yerleştirilen silindirik rulolar aynı doğrultuya sahip değildir. Bu yerleştirme düzeni mobil robotun istenilen her doğrultuda hareket edebilecek kapasitede hız vektörleri hesaplanarak elde edilmiştir. Silindirik ruloların her teker üzerinde

yerleştirme pozisyonları Şekil 7' de gösterilmiştir. Mobil robot, laboratuvar ortamında tasarımı yapılmış ve dizaynı gerçekleştirilmiştir. Mobil robot dört adet tekerden oluşmaktadır. Robotun tekerleri dökme demir malzemesi kullanılarak, istenilen şekil ve boyutları CNC tezgahında işlenerek oluşturulmuştur. Teker üzerine yerleştirilen silindirik rulo tekerlerde aynı ölçülerde seri olarak CNC tezgahında imalatı yapılmıştır. Silindirik rulolar esnek plastik bir malzeme kullanılarak imalatı gerçekleştirilmiştir. Esnek plastik malzeme kullanılması ile tekerin yer ile daha yumuşak bir temas oluşturarak titreşim ve gürültü gibi istenilmeyen dezavantajlar giderilmeye çalışılmıştır. Ayrıca ruloların silindirik şeklinde olmasına dikkat edilmelidir. Bunun sebebi robot tekerinin dönme hareketini gerçekleştirdiği zaman titreşimi önlemek içindir. Yani silindirik rulolar robot tekerin döndüğü her süreçte yer ile temas halindedirler. Aksi takdirde rulolar silindirik yapılmadığı takdirde, yere belirli zaman aralıklarında temas edeceğinden dolayı hem gürültü hem de titreşim oluşturarak bir robotta istenilmeyen durumlar ortaya çıkaracaktır.



Şekil 6. Silindirik rulonun teker üzerine yerleştirme konumu ve teknik resim görünüşü

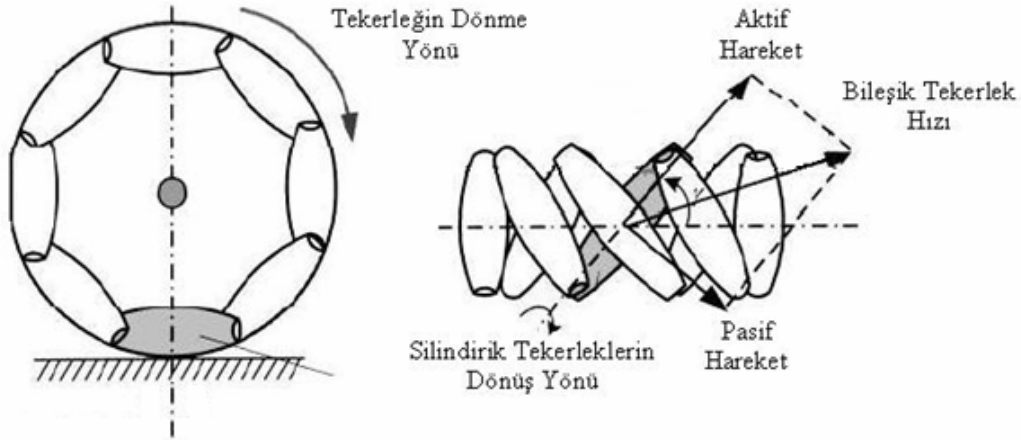


Şekil 7. Silindirik ruloların her teker üzerinde yerleştirme pozisyonları

#### 4. Tekerlek Hareketinin İncelenmesi

Çok yönlü mobil robotun her bir tekerleğin oluşturduğu hız vektörlerinin bileşkesi doğrultusunda robot hareket etmektedir. Tasarlanan robotun her bir tekerleği ayrı ayrı motorlar ile tahrik edilmektedir. Çünkü robotun istenilen hedef noktalara ulaşabilmesi için tekerleklerin farklı doğrultuda hareket etmesi gerekmektedir [7-8]. Buda her bir teker için farklı bir tahrik elmanı ile denetlenmesi demektir. Silindirik rulo tekerlekler üzerinde iki ayrı hız vektörü oluşmaktadır. Şekil 8' de görüldüğü gibi silindirik rulo tekerlekleri

üzerinde hem aktif hız vektörü hem de pasif hız vektörü oluşmaktadır. Silindirik rulo bu iki hız vektörünün oluşturduğu bileşke vektör doğrultusunda dönmektedir. Swedish mekanizmalı mobil robotun her bir tekerleği 2 serbestlik dereceli bir sistemden oluşmaktadır. Şekil. 8' de de görüldüğü gibi; Dört tekerden oluşan mobil robotun her bir tekerleğinin teker eksenleri etrafındaki hareketi ve tekerler üzerine yerleştirilmiş olan silindirik ruloların rulo eksenleri etrafındaki hareketleri ile mobil robotun her bir tekerlek mekanizması 2 serbestlik dereceli bir sistemden oluşturulmuştur.



Şekil 8. Çok yönlü swedish mekanizmalı tekerin serbestlik derecesi ve hareket vektörleri

#### 5. Sonuç

Bu tasarımı gerçekleştirdiğimiz çok yönlü mobil robot birçok alanda iş kolaylığı sağlamaktadır. Daha çok robotun çalışma esnasında çok büyük alanlar işgal etmeden daha küçük alanlarda görevini gerçekleştirme olanağı sağlamıştır. Bir robotun hedef noktayı kısa bir zaman içerisinde ulaşması ve takip

edeceği yörüngeyi minimize ederek gerçekleştirmesi bir robot da aranan en önemli özelliklerden birisidir. Bu da robotun manevra kapasitesi ile orantılıdır. Ayrıca bu robotta daha çok tekerin dönme sırasında oluşturduğu titreşim ve gürültüyü minimize edilmeye çalışılmıştır. Buda robot ile aynı ortamda çalışan insanların verimliliği bakımından kaçınılmaz bir durumdur.

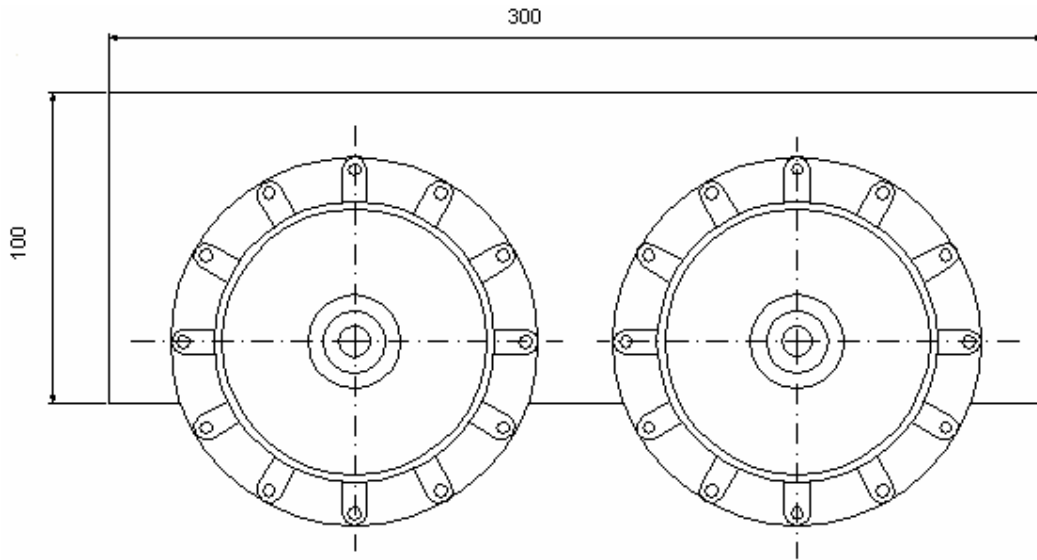
## **Kaynaklar**

- [1] Soygüder, S., Alli H., “ Design and Prototype of a six-legged Walking Insect Robot ”,International Journal of Industrial Robot , Volum: 34/5, pp: 412-422 (2007).
- [2] Soygüder, S., Alli H., “ Programlanabilir Mantık Denetleyici Kullanarak PID Yöntemi ile Robot Hız ve Konum Denetimi, , 12. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu (UMTS 2005), Erciyes Üniversitesi- Kayseri ( 2005).
- [3] West, M., Asada, H., “Design of ball wheel mechanism for omnidirectional vehicles with full mobility and invariant kinematics”, J Mech Des 119, pp.153-161(1997).
- [4] Blumrich, J.F., Omnidirectional vehicle, United States Patent 3,789,947 (1974).
- [5] Wada, M., Mory, S., “ Holonomic and omnidirectional vehicle with conventional tires” , Int Conf on Robotics and Automation,pp. 3671-3676 (1996).
- [6] Ferriere, L ., Raucent, B., Campion, G., “ Design of omni- mobil robots wheels” Int Conf on Robotics and Automation , pp.3664-3670 (1996).
- [7] Asama, H., Sato, M., Goto, N., Matsumoto, A., Endo, I., “ Mutual transportation cooperative mobile robots using forklift mechanism” Int Conf on Robotics and automation.,pp.1754-1759 (1996).
- [8] Fuchs, C., “ The Wheel that enables to move immediately in every direction” Germany Patent 822,660 (1951).

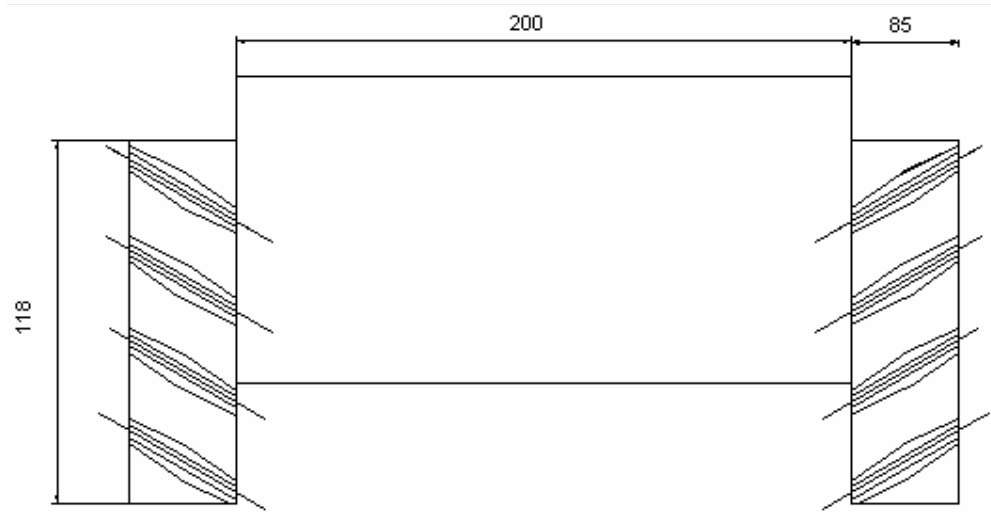
*Geliş Tarihi: 14/05/2007*

*Kabul Tarihi: 19/02/2008*

### EK-1. Tasarımı Yapılan Robotun Teknik Resimleri

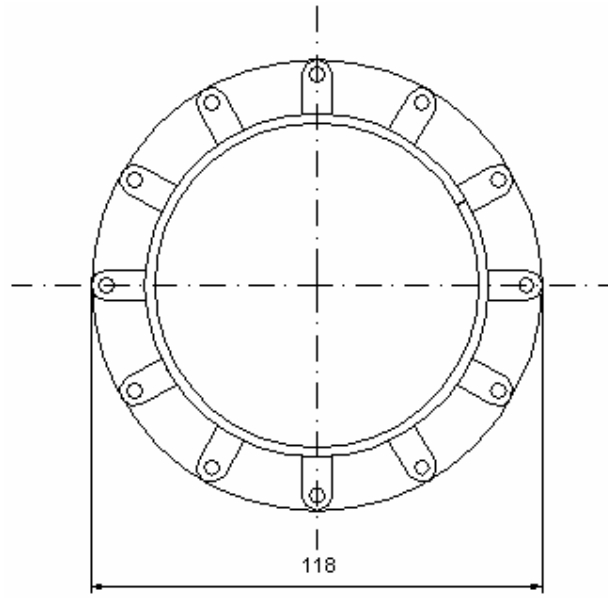


Şekil 9. Çok yönlü swedish mekanizmalı mobil robotun önden görünüş teknik resmi

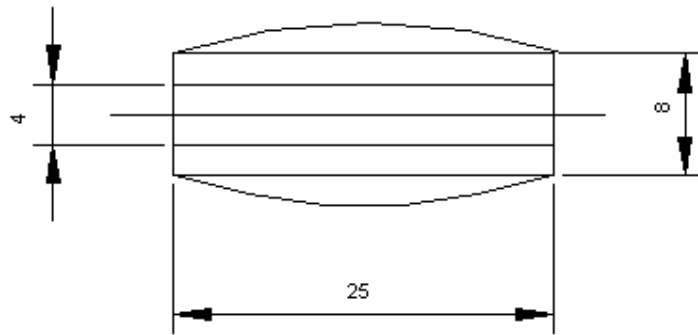


Şekil 10. Çok yönlü swedish mekanizmalı mobil robotun soldan görünüş teknik resmi





Şekil 11. Swedish mekanizmalı tekerleğin soldan görünüş teknik resmi



Şekil 12. Silindirik rulonun soldan görünüş teknik resmi

