



**T.C**

**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**



**MAKİNE PROJESİ I**

**MARS KEŞİF ARACI LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE  
TASARIMI**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**Uğurcan YANAR**

**1308190062**

**Danışman:**

**Dr. Öğr. Üyesi Murad KUCUR**

**Ocak,2024**

**İstanbul**

# ÖNSÖZ

Lisans öğrenimim sırasında vermiş olduğu derslerle birlikte ilgili olduğum alanları daha da anlamamı sağlayan, bitirme ve makine projeleri için bana referans olan ve bu süreçte gösterdiği her türlü destek ve yardımlarından dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Murad KUCUR' a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Kendisinin önderliğindeki bu süreçte, ilgi alanım olan projelerle bana destek vermesi akademik yolculuğumun biçimlenmesinde önemli bir etken olmuştur.

Ocak,2024

Uğurcan YANAR

# **İÇİNDEKİLER:**

1.GİRİŞ.....	7
2.GENEL KISIMLAR.....	7
2.1.Mars Gezegeninin Fiziksel Özellikleri.....	7
2.2.Mars Gezegeninin Çevresel Özellikleri.....	7
2.3.Uydular.....	7
2.4. Mars Gezegeninin Dünya İle Farklılıkları.....	8
2.5.Ekstra Bilgiler.....	9
2.6.Curiosity Aracının Amacı.....	9-10
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1.Kameralar.....	11
3.1.1. Mühendislik Kameraları.....	11
3.1.1.1 Tehlikeden Kaçınma Kameraları (HazCams) .....	11
3.1.1.2. İki Çift Mühendislik Navigasyon Kamerası (Nazcam).....	11
3.1.2. Bilim Kameraları.....	11
3.1.2.1. Mast Camera (Mastcam).....	11
3.1.2.2. Chemcam.....	12
3.1.2.3. MAHLI (Mars Hand Lens Imager).....	12
3.1.3. İniş Görüntüleme Kamerası.....	12
3.1.3.1. MARDI (Tek İnişli Görüntüleyici).....	12
3.2.Gövde.....	12-13
3.3.Beyin.....	13
3.3.1. Hafızası.....	13
3.3.2. Denge Ünitesi.....	14
3.3.3. Sağlık.....	14
3.3.4. İletişim.....	14
3.4. Tekerler ve Kollar.....	14-15
3.5. Robotik Kol .....	15-16
3.5.1. CHIMRA.....	16
3.5.2. Matkap Sistemi.....	16
3.5.3. Toz Giderme Aracı (DRT).....	17
3.6. Güç Sistemi.....	17

4.BULGULAR.....	18
4.1.SPEKTROMETRELER:.....	18
4.1.1.APXS. ....	18-20
4.1.2.CHEMCAM:.....	21-23
4.1.3.CHEMIN:.....	23-26
4.1.4.SAM:.....	26-28
4.2.RADYASYON DEDEKTÖRLERİ.....	29
4.2.1.RAD.....	29-30
4.2.2.Nötronların Dinamik Albedosu (DAN):.....	30-31
4.3.ÇEVRESEL SENSÖRLER.....	31
4.3.1.REMS:.....	31
4.4.ATMOSFERİK SENSÖRLER:.....	32
4.4.1.MEDLI:.....	32
4.4.2.MISP:.....	32
4.4.3.MEADS:.....	32
4.5.KAMERALAR:.....	32
4.5.1.Mastcam:.....	32-33
4.5.2.MAHLI:.....	33
4.5.3.MARDI:.....	33-34
4.6.TASARIM AŞAMASI.....	34-35
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	36
KAYNAKLAR.....	37-39

# ÖZET

## MAKİNE PROJESİ 1 MARS KEŞİF ARACI LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE TASARIMI

Uğurcan YANAR

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa  
Mühendislik Fakültesi  
Makine Mühendisliği Bölümü

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murad KUCUR

Dünya'nın gün geçtikçe daha da yaşanılmaz bir hale sürüklenmesi bilim insanlarında, NASA gibi büyük kuruluşlarda yeni gezegen keşfetme ihtiyacı doğurmuştur. Bu bağlamda Mars gezegenine keşif araçları gönderilmiştir. Bu çalışmada amaç, Mars gezegenine NASA tarafından gönderilmiş olan Curiosity keşif aracının parçalarının, dedektörlerinin, kameralarının görevlerinin açıklanması ve bu parçaların tasarımının ve buna bağlı olarak montajının yapılmasına yöneliktir. Bu çalışmada ayrıca Curiosity keşif aracının yapmış olduğu keşiflerden bahsedilmiştir.

Curiosity keşif aracı sayesinde Mars gezegeni hakkında oldukça yeni keşiflere rastlanılmıştır. Bu yapılan keşifler Mars Bilim Laboratuvarı tarafından değerlendirilmekte ve gelecekteki başka Mars görevleri için önemli bir referans olmaktadır.

Ocak 2024,

**Anahtar Kelimeler:** Curiosity, Mars keşif aracı parçaları, NASA

# **SUMMARY**

## **MACHINE PROJECT 1**

### **MARS EXPLORATION VEHICLE LITERATURE RESEARCH AND DESIGN**

**Uğurcan YANAR**

**Istanbul University-Cerrahpasa**  
**Engineering Faculty**  
**Mechanical Engineering Department**  
**Supervisor : Dr. Öğr. Üyesi Murad KUCUR**

The fact that the Earth is becoming more uninhabitable day by day has created a need for scientists and large organizations such as NASA to discover new planets. In this context, exploration vehicles were sent to the planet Mars. The aim of this study is to explain the functions of the parts, detectors and cameras of the Curiosity rover sent to the planet Mars by NASA, and to design and accordingly assemble these parts. In this study, the discoveries made by the Curiosity rover are also mentioned.

Thanks to the Curiosity rover, many new discoveries have been made about the planet Mars. These discoveries are evaluated by the Mars Science Laboratory and serve as an important reference for other future Mars missions.

January 2024

**Key Words:** Curiosity, Mars rover parts, NASA

# 1.GİRİŞ

Mars gezegeninin şimdiye kadar yapılan keşiflerle birlikte sonuçlanan atmosfer koşulları ilk bölümde anlatılmıştır. Daha sonraki bölümlerde ise Curiosity gezicisinin parçalarına, bu parçaların görevlerine ve yapmış olduğu keşiflere odaklanılmaktadır. En son kısımda ise Curiosity keşif aracının parçalarının tasarımı yapıp daha sonrasında montajı yapılmıştır ve bununla alakalı görseller çalışmaya eklenmiştir.

## 2.GENEL KISIMLAR

### 2.1.Mars Gezegeninin Fiziksel Özellikleri:

- Ortalama Çapı: 6.780 kilometre
- Ortalama Yoğunluk: 3,9335 g/cm<sup>3</sup>
- Kütle:  $6.4171 \times 10^{23}$  Kilogram (Dünya'nın yaklaşık 1/10'u)
- Yüzey Kütle Çekimi:  $3.72076 \text{ m / sn}^2$  (Dünya'nın yaklaşık %38'i)
- Güneş'e Dünya'dan yaklaşık 1,5 kat daha uzaktır.
- 1 Mars Yılı: 687 Dünya Günü
- 1 Mars Günü: 24 Saat 39 Dakika 35 Saniye
- Ortalama Yörünge Hızı: 24.007 km/sn [1]

### 2.2. Mars Gezegeninin Çevresel Özellikleri:

- Saniyede yaklaşık 40 metre rüzgarla birlikte saniyede yaklaşık 0 ile 9 metre hız arasında yüzey rüzgarları vardır.
- Ortalama Yüzey Sıcaklığı: 210 F
- Minimum Yüzey Sıcaklığı: 130 F
- Maksimum Yüzey Sıcaklığı: 308 F

En yüksek noktası yüzeyden yaklaşık 26 kilometre yüksekliğinde ve 600 kilometre genişliğinde olan kalkan volkanı olan “Olympus Mons” tur.,

En derin noktası “Valles Marines Kanyonu” dur. Bu kanyon aynı zamanda Güneş sistemindeki en derin kanyondur. [2]

### 2.3.Uydular:

2 uydusu vardır. Bunlar “Phobos (korku)” adlı büyük uydu ve “Deimos (terör)” adı verilen küçük uydudur. [2]

## 2.4. Mars Gezegeninin Dünya ile Farklılıkları:

- Mars gezegeninin atmosferinin Dünya atmosferinden 100 kat daha ince olduğu düşünülmektedir.
- Mars Atmosferi esas olarak Karbon Dioksit bakımından zengindir, oysa Dünya esas olarak oksijen ve nitrojen gazlarından oluşur.
- Mars'ın yer seviyesindeki atmosferik basıncı (6,518 milibar) 0,095 psi'dir, Dünya ise deniz seviyesinde 14,7 psi'lik atmosfer basıncına sahiptir.
- Mars'ın Dünya'dan farklı olarak kendine ait bir manyetik alanı yoktur. Bunun yerine, gezegen kendi manyetik alanına, gezegenin iyonosferinde Güneş rüzgarlarının ürettiği akım sayesinde ulaşır. [3] [4]

Özellikler	Mars	Dünya
Kütle ( $10^{24}$ kg)	0.64169	5,9722
Hacim ( $10^{10}$ km <sup>3</sup> )	16.312	108.321
Ekvatorial Yarıçap (km)	3396.2	6378.1
Kutupsal Yarıçap (km)	3376.2	6356.8
Hacimsel ortalama yarıçap (km)	3389.5	6371.0
Çekirdek yarıçapı (km)	1830	3485
Ortalama yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	3934	5513
Yüzey yerçekimi (ortalama) (m/s <sup>2</sup> )	3.73	9.82
Yüzey ivmesi (eq) (m/s <sup>2</sup> )	3.69	9.78
Yüzey ivmesi (kutup) (m/s <sup>2</sup> )	3.73	9.83
Kaçış hızı (km/s)	5.03	11.19
Bond albedo	0.250	0.306
Geometric albedo	0.170	0.434
Güneş ışınlamı (W/m <sup>2</sup> )	586.2	1361.0
Kara cisim sıcaklığı (K)	209.8	254.0
Atalet momenti (I/MR <sup>2</sup> )	0.366	0.3308
Doğal uydu sayısı	2	1
Planet halka sistemi	HAYIR	HAYIR

Tablo 1. Mars ve Dünya'nın Özelliklerinin Karşılaştırması [5]

Bond Albedosu sıfır evre acısında iken cisim parlaklığının aynı konumda ve görünür büyüklükte iken mükemmel dağılım gösteren diskin parlaklığına oranıdır.

Geometrik albedosu ise soğurma olmadan uzaya yansıtılan ısınlamının güneşten gelen enerjiye oranıdır. Gezegenel albedo olarak da bilinmektedir.



## 2.5.Ekstra Bilgiler:

- Mars atmosferi 43,3 g/mol ortalama molekül ağırlığından oluşmaktadır. (CO<sub>2</sub>'nin baskınlığını gösterir).
- Mars atmosferi eser miktarda su buharı (%0,03 mol) içermektedir.
- Gezegende yapılan araştırmalarla dolaylı yollardan su izlerine sahip olduğu düşünülmektedir. rağmen, şu anda Mars suyunun yer altında olduğuna inanılmaktadır.
- Mars gezegeninde kaydedilen en yüksek yoğunluk yaklaşık 0,020 kg/m<sup>3</sup>'tür.
- Mars atmosferi saatte 30 µSv radyasyon ve yılda 240 ila 300 mSv içerir; bu, Dünya'nın yılda 0,21 mSv radyasyon içermesinden dolayı Dünya'dan nispeten daha yüksek bir miktardır.
- Gezegendeki (Mars) sıcaklık yaz aylarında +70 derece F'ye (21,11 C) kadar ulaşabilirken, kış aylarında -220 derece F'yi (-140 C) geçebilir.
- Mars atmosferi Dünya'ya göre oldukça incedir, bu nedenle Mars'ta insan kolonizasyonu herhangi bir yapay yaşam alanı olmadan oldukça zor veya imkansızdır. Birçok ekipman türü; Böylesine karmaşık bir yaşam destek sistemini sürdürmek için Mars kıyafeti, enerji ekipmanı, kaynak çıkarma ekipmanı, gıda üretim ekipmanı vb. gereklidir. Dolayısıyla insanlar herhangi bir destek sistemi olmadan Mars'a gitseler birkaç saniye içinde ölmeleri kaçınılmaz olur.
- Curiosity aracının Gale Krateri'ndeki metan gazı keşfi ile birlikte Gökbilimciler Mars gezegeninde biyolojik yaşamın tespit edildiğini belirtmişlerdir. [6]

## 2.6.Curiosity Aracının Amacı:

Curiosity şimdiye kadar Mars'a gönderilen en büyük ve en yetenekli gezicidir. 26 Kasım 2011 tarihinde saat 22:32' de Mars'a iniş yapmıştır.. Bu iniş yapan araç Curiosity aracının içinde bulunduğu uzay aracıdır. Curiosity aracı 6 Aralık 2012 tarihinde yaşamla ilgili ipuçlarının bulunabileceğini düşünüldüğü yer olan "Gale Krateri"ne indirildi.



Resim1. Mars Gezegeninde bulunan Gale Krateri'nin resmi [7]

Curiosity aracı Mars'a indirildikten sonra ana görevi bir Mars yılı (yaklaşık 23 Dünya ayı) sürdü. Günümüzde halen çalışmaya devam etmektedir.

Bu ana görevin ilk 8 ayında mikrobiyal hayatı desteklemeye çok uygun bir geçmiş ortamın kanıtını bulma şeklinde ilerledi. Bu hedefe de ulaştığı söylenebilir. Curiosity özetle ana görevi kraterde seçilen alanların jeolojisini inceleyip bu alanlardan alınan numuneleri analiz etmektir.

Curiosity bilimsel araştırmalar için Mars ikliminin özelliklerini, jeolojisinin tarihi, kayaların ve toprağının kimyasını yapısında barındırmaktadır. Bunun yanında suda oluşan ve yaşamın kimyasal yapı taşları olan organiklerin kanıtlarını koruyan kayaların kanıtlarını aramaktır.

Gala kraterinde yapılan keşifler sonucunda Curiosity bulduğu kaya örneklerinde karbon olduğunu tespit etmiştir. Bu keşif de aslında amacını doğrular nitelikteydi. Ancak bunları daha net olarak bilmek için çok daha fazla inceleme ve araştırmaya ihtiyaç vardır.

Curiosity Mars gezegeninde bulunan Sharp Dağı'na doğru ilerlerken hava durumu verilerini toplamaya devam ederek, Mars meteorologlarının gezegen atmosferinin ve toz seviyelerinin orta yükseklikle birlikte nasıl değiştiğini anlamalarına yardımcı olmaktadır. Bu da gelecekte Mars için daha doğru hava tahminleri yapmalarına yardımcı olmaktadır.



Resim 2. Sharp Dağı [8]

Dünyadaki bilim adamları Mars görevinde sıvı su üzerinde yoğunlaşmış durumdadır. Çünkü mikroplara ve mikroorganizmalara ulaşılması çevrede sıvı bulunduğunun dolaylı kanıtıdır. Su bulunması açısından özellikle kil mineralleri bölgede araştırılmaktadır.

## **3.MATERYAL VE YÖNTEM**

### **3.1.KAMERALAR**

#### **3.1.1. Mühendislik Kameraları**

##### **3.1.1.1 Tehlikeden Kaçınma Kameraları (HazCams)**

Curiosity aracının gövdesine monte edilen gezicinin ön ve arka kısmının alt kısmında bulunan siyah-beyaz kameralar 3 boyutlu görüntüler yakalamak için görünür ışık kullanmaktadır. Bu görüntü Curiosity aracının kaybolmasına veya engellere çarpmasına karşı koruma sağlamaktadır. Curiosity gezicisinin kendi başına düşünmesini sağlayan yazılımla koordine bir şekilde çalışmaktadır.

Kameraların her biri yaklaşık 120 derecelik geniş bir görüş alanına sahiptir. Curiosity önündeki 3 metreye kadar olan araziye hatırlamak için Hazcam görüntü çiftini kullanmaktadır. Bu kameraların her iki tarafı da görmesi gerekmektedir. Çünkü bu kameralar insan gözü gibi bağımsız hareket edememektedir.

##### **3.1.1.2. İki Çift Mühendislik Navigasyon Kamerası (Nazcam)**

Bu siyah-beyaz kameralar panoramik, üç boyutlu (3D) görüntüler toplamak amacıyla görünür ışık kullanmaktadır. Bu navigasyon kamera ünitesi her bir bilim insanları ve mühendisler tarafından yapılan yer navigasyon planlamasını destekleyen 45 derecelik görüş alanına sahip stereo çift kameralardan oluşur.

Tehlike önleme kameralarıyla iş birliği içinde çalışırlar. Gezicinin gövdesine (Önüne ve arkasına) monte edilmiştir. Aralarında 42 cm'lik bir mesafe vardır.

#### **3.1.2. Bilim Kameraları**

##### **3.1.2.1. Mast Camera (Mastcam)**

Mars yüzeyinin renkli görüntülerini, üç boyutlu stereo görüntülerini ve renkli video çekimlerini gerçekleştirir.

Curiosity aracının güvertesinden yukarı doğru uzanan bir direğe monte edilmiş iki kopya kamera sisteminden oluşmaktadır.

İnsan gözüne benzer bir yapıda çalışmaktadır. Farklı konumlardan alınan yan yana iki görüntüyü birleştirerek daha geniş çaplı üç boyutlu stereo görüntüler üretir.

### **3.1.2.2. Chemcam:**

Bir lazer ateşler ve Mars kayalarının ve topraklarının yüzeyindeki 1 mm'den daha küçük alanlarda buharlaşmış malzemelerin elementel birleşimini analiz etmekte ve gri tonlamalı görüntüler de çekmektedir.

### **3.1.2.3.MAHLI (Mars Hand Lens Imager):**

MAHLI (Mars El Merceği Görüntüleyici) bir jeolog için oldukça önemli bir kameradır. Mars kayalarındaki minerallerin, dokuların, yapıların, kayalık döküntü ve tozun yüksek tabakasının yakından görüntülenmesini sağlar. Bu kamera sayesinde jeologlar insan saçının çapından daha küçük yapıları görüp bunların özellikleri hakkında yorum yapabilmektedir.

### **3.1.3. İniş Görüntüleme Kamerası:**

#### **3.1.3.1. MARDI (Tek İnişli Görüntüleyici):**

NASA'da Mars Uzay Araştırmalarında yer alan mühendisler Curiosity' nin içinde bulunduğu uzay aracı Mars'a yaklaşırken neler olduğunu görmek için kullanılan bir kameradır. Başlıktan da anlaşılacağı gibi MARDI bir iniş görüntüleme kamerasıdır. Görevi DIMES (iniş görüntüleme hareket tahmin) sistemine hizmet etmektedir.

Bunun dışında iniş sırasında topladığı çapıcı video kayıtlarıyla mühendislerin Mars'ın yatay rüzgar profili hakkında daha detaylı bilgiler edinmesine olanak tanımıştır. Bunlar dışında uzay aracının iniş alanının ayrıntılı görüntüleri ve videoları sayesinde mühendislerin iniş alanının jeolojik, jeomorfik ve çapraz planlamasını ve kabartma haritalarını oluşturmasını sağlamıştır. [9]

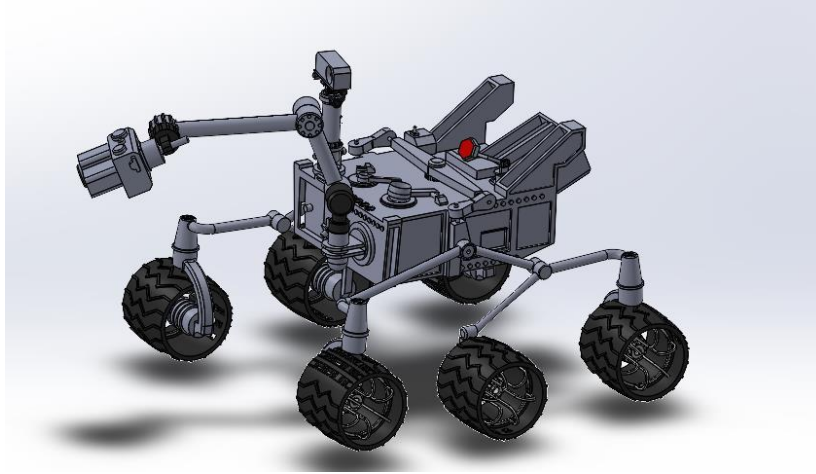
### **3.2.Gövde**

Özellikle Mars yüzeyindeki zorlu koşullarla başa çıkmak için bu denli kapsamlı bir şekilde tasarlanan Curiosity aracının gövdesi gezicinin elektroniklerini koruyan kritik bir yapıdır. Bu gövde, gezicinin beyni ve kalbi olarak bahsedilen bilgisayarının ve elektroniklerini içeren, bunları koruyan güçlü bir dış katmandır. Bir arabanın şasisi gibi de düşünülebilir. Sıcak elektronik kutusu veya kısaca yabancı dilde kısaltması olan WEB (Warm Electronics Box) olarak da adlandırılmaktadır.

Rover Ekipman Desteği (Curiosity aracının üzerinde kırmızı renkte bulunan parça) adı verilen parça ile üst kısımda kapatılır. Bu ekipman desteği, Curiosity aracını dönüştürülebilir bir araba gibi kullanarak, aracı yani geziciyi Mars'ın atmosferinde durmasına, fotoğraf çekmesine ve arazi keşfi yaparken çevresini net bir şekilde gözlemlemesine olanak tanır.



Resim 3. Curiosity Gezicinin Görünümü [10]



Resim 4. Curiosity Gezicisinin Tasarımdan Görünümü [11]

### 3.3.Beyin:

Gezicinin beyni gövde kısmında da bahsedildiği üzere gövde kısmında “The Rover Compute Element” (RCE) adı verilen modülün içinde bulunmaktadır.

Ana bilgisayarın gezicinin aletleri ve sensörleri ile veri alışverişinde bulunmasını sağlayan iletişim arayüzüne “veri yolu” adı verilir. Bu veri yolu, tüm gezici motorlar, bilim aletleri ve iletişim fonksiyonları ile iletişim kurmak ve onları kontrol etmek için endüstri standardı bir arayüz veri yoludur. Gezicinin bilgisayarı C koduyla oluşturulmuş olup toplam 5 milyon satır kodla kodlanmıştır. [12]

**3.3.1. Hafızası:** Uzaydaki aşırı radyasyon ortamını tolere etmek ve kapanma döngülerine karşı koruma sağlamak amacıyla özel bir hafıza içerir. Böylece programlar ve veriler kalır ve gezici gece kapandığında yanlışlıkla silinmez. 256 MB DRAM ve 2 GB Flash Bellek ile 256 kB EEPROM içermektedir.

**3.3.2. Denge Ünitesi:** Gezicinin konumu hakkında 3 eksenli bilgi sağlayan ve gezicinin hassas dikey, yatay, ve yan yana hareketler yapmasını sağlayan bir Atalet Ölçüm Birimi (IMU) taşır. Mars gezegenindeki bölgelerdeki eğim derecesini tahmin etmek için de bu cihaz kullanılmaktadır.

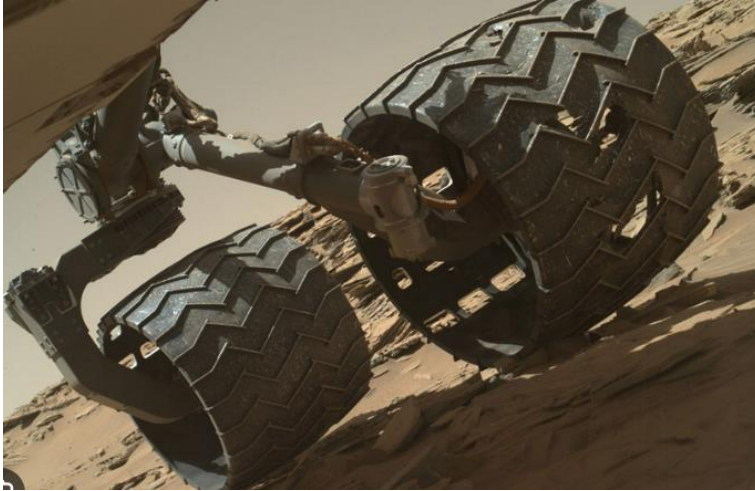
**3.3.3 Sağlık:** Gezicinin beyni yüzey görevi boyunca iletişim kurabilmesi hem de her zaman termal olarak stabil kalmasını (çok sıcak veya çok soğuk olmamasını) sağlamak için kendisini sürekli kontrol ederek geziciyi "canlı" tutar. Güç üretimi ve güç depolama verilerini bir Sol yani bir Mars günü boyunca kaydeder.

**3.3.4. İletişim:** Görüntü alma, sürüş ve aletleri aktiviteleri Dünya'daki mühendisler tarafından yaptırılır.

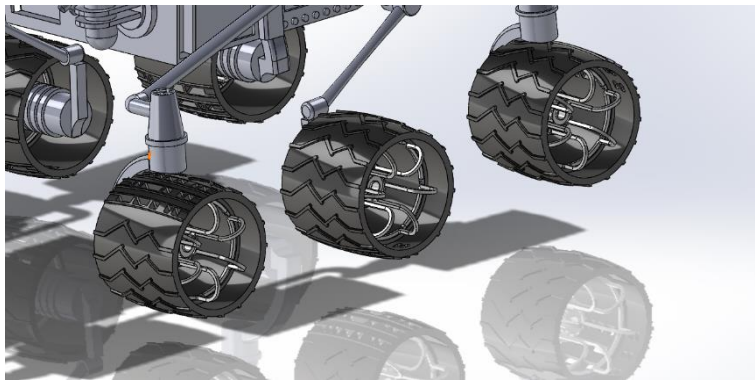
Curiosity sürekli bir durum değerlendirmesi içinde olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede ortamın idaresi, uzaktan ölçüm analizleri, periyodik durum raporları yapması sağlanmıştır.

Gezicinin, genellikle biri pasif durumda olan iki "bilgisayar beyni" bulunmaktadır. Eğer bir sorun ortaya çıkarsa, kontrolü devralmak ve görevi sürdürmek için diğer bilgisayar beyni aktif hale getirilebilir. Bu çift bilgisayar beyni sistemi, sistemsel hatalara karşı dayanıklılık sağlayarak güvenilir bir iletişim ve kontrol mekanizması sunar. [13]

### 3.4. Tekerler ve Kollar:



Resim 5. Curiosity Gezicinin Tekerinin Görünümü [14]



Curiosity Gezicisinin Tekerlerinin Tasarımdan Görünümü [11]



Curiosity aracı 6 tekerden oluşmaktadır. 2 ön ve 2 arka tekerlek de ayrı direksiyon motorlarına sahiptir. Yaklaşık 50 cm çapındadır. Bu sayede Curiosity aracı 360 derece dönme yetisi kazanır. Dört adet direksiyon tekeri aynı zamanda Curiosity aracının kavisli dönüşler yapmasını sağlamaktadır.

Tekerleklerin süspansiyon sisteminin tasarımı “Rocker- Bogie” sisteminin mirasına dayanmaktadır. Çoklu tekerlekler çeşitli pozisyonlara bağlı olarak aşağı ve yukarı olacak şekilde yüzey aracının dengesini sağlaması ve dengede tutması için kullanılır. Yüzey aracının bir tarafı kayalık alanın üzerinden çıkarsa yüzey aracının gövdesi “bogie” veya “rocker” olmadan dengede duramaz. Eğer yüzey aracının bir tarafı kaya üzerine çıkarsa diğer tarafı otomatik olarak aşağıya doğru iner ve dengeyi sağlar. Curiosity aracı devrilme tehlikesine karşı 30 dereceyi aşan durumlara devrilmeye karşı dayanıklı durur.

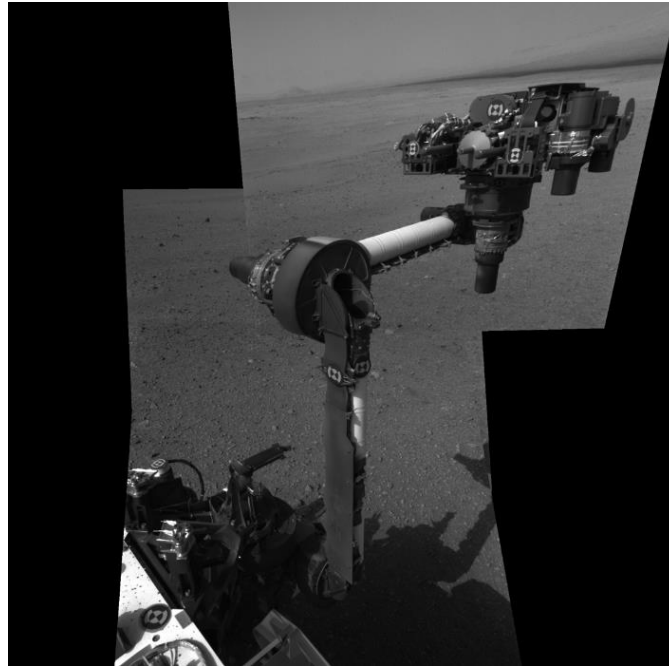
Curiosity aracı Mars’ın yüzeyindeki zorlu alanlarda saniyede yaklaşık 4 cm yol alabilmektedir.

Curiosity aracının tekerleri alüminyumdan yapılmıştır. Yay desteği için ise kavisli titanyum yaylara sahiptir. [15]

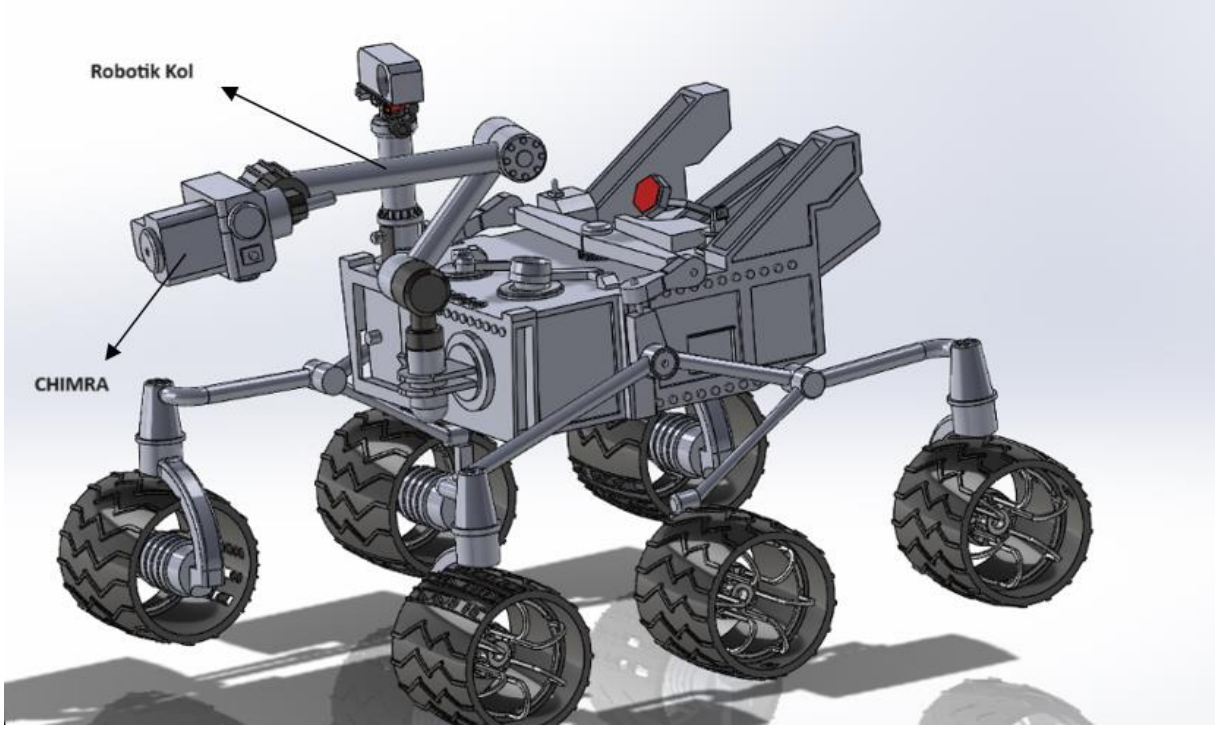
### 3.5. Robotik Kol:

Curiosity aracının robotik kolları insan koluna çok benzemektedir. Üç eklem aracılığıyla esnekliğe sahiptir. Bunlar gezicinin omzu, dirseği ve bileğidir. Robotik kol bilim adamların aletlerinden oluşan bir alet kemerinin, kayaya doğru uzanmasını, bükülmesini ve açi vermesini sağlar.

Kayalardan mikroskobik görüntüler almak, kayaların ve toprağın temel birleşimini analiz etmek gibi görevleri vardır. Kolun sonunda haç şeklinde bir taret bulunmaktadır ve bu taret 350 derecelik bir dönüş aralığında dönebilen çeşitli aletleri barındırır.



Resim 6. Curiosity Gezicisinde Bulunan Robotik Kolun Görünümü [16]



Tasarımdan Görünüm[11]

Bu taret üzerinde 5 tane cihaz bulundurmaktadır. Bu cihazlardan ikisi Alfa Parçacık X-ışını Spektrometresi (APXS) ve Mars El Lens Görüntüleyicisi olarak bilinen (kameralar bölümünde bahsedilmiş olup MAHLI) yerinde veya temaslı cihazlardır. Kalan üçü ise numune alma ve numune hazırlama işlevleriyle ilişkilidir. Bunlar;

- Yerinde Mars Kaya Analizi için Toplama ve İşleme (CHIMRA)
- Matkap Sistemi
- Toz Giderme Aracı (DRT)

### 3.5.1. CHIMRA:

Ana görevi olarak Mars kayalarındaki ve toprağındaki kimyasal elementleri analiz etmektir.

Robot kolunun sonundaki taretin üzerinde bulunan bu cihaz yaklaşık bir kek büyüklüğündedir. Bu cihaz analiz edeceği örnekle temas halindeyken çapı yaklaşık 1.7 cm'dir.

### 3.5.2. Matkap Sistemi:

Döner darbeli matkap tipine sahip olan bu cihaz yaklaşık 1.6 cm çapındadır. Bu matkap kayaya temas eder ve numuneyi uygun tane boyutuna getirmekle görevlidir.

Matkap ile işlem sırasında matkabin ucunun ayrılması durumunda Curiosity aracının kolu, gezicinin ön tarafına monte edilmiş uç kutularındaki iki yedek uçtan birini devreye sokar.



### 3.5.3. Toz Giderme Aracı (DRT):

Mars gezegeninin oldukça tozlu ve rüzgarla birlikte oluşan toz fırtınaları bu cihazı araca eklemek zorunda bırakmıştır. Metal kılıflı fırçalama cihazı sayesinde kaya yüzeyindeki toz katmanını temizlemek veya gezicinin gözlem tepesinde toz fırtınaları sonrasında oluşabilecek tozların temizliği için kullanılmaktadır. [17]

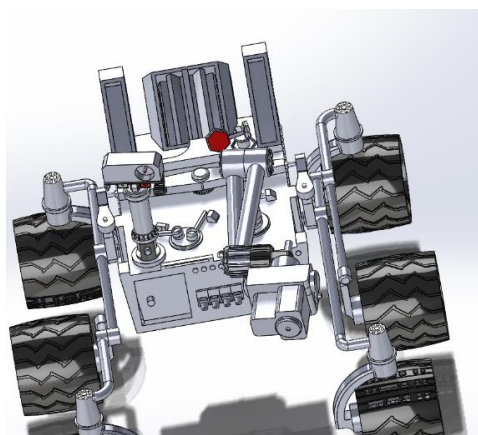
### 3.6. Güç Sistemi:

Benzin istasyonları gibi güç için bağlanabilen giriş ve çıkış olmadığından dolayı NASA'nın Mars ve güneş sistemini keşfeden diğer uzay araçları için radyoizotop adı verilen bir madde kullanılmaktadır. Bu madde plütonyumdur.

Radyoaktif bir madde bozulduğunda ısı açığa çıkar. Bu ısıyı elektriğe dönüştüren bir sisteme "Radyoizotop Güç Sistemi" denir. Bu güç kaynağı, Mars yüzeyinde araca görevi için en az 1 tam Mars yılı (687 Dünya günü) ömrü verir.

Curiosity aracının arka tarafında bulunmaktadır. Sabit ısı kaynağı olarak yaklaşık 4.8kg plütonyum dioksit kullanılmaktadır. Bu plütonyumun bozulmasıyla ortaya çıkan ısıdan elektriğe dönüşüm yaklaşık 100 Watt'ın üzerindedir. Gerekli enerjiden fazla kullanılması durumu olduğunda gezici görevlerinin en yüksek taleplerini karşılamak için 2 lityum iyon şarj edilebilir pil bulunmaktadır.

Bu güç kaynağı NASA tarafından geçmişteki uzay görevlerinde de (Apollo) kullanılmıştır. Güvenlik açısından Curiosity aracının bulunduğu uzay aracı fırlatma sırasında enerji sisteminin sorun yaşamaması için birçok katman koruyucu malzeme kullanılmıştır. Seramik formda üretilen bu ürünler, çok ince parçalara ayrılmadığı veya buharlaştırılıp solunmadığı veya yutulmadığı sürece sağlık açısından önemli bir tehlike oluşturmaz. Beklenmedik bir kazada, kişiler ortalama yaklaşık 5 ila 10 milirem arasında bir radyasyon alacaklardır. Bu radyasyon değerleri de düşük dozda radyasyondur ve insan sağlığı için kabul edilebilir seviyededir. [18]

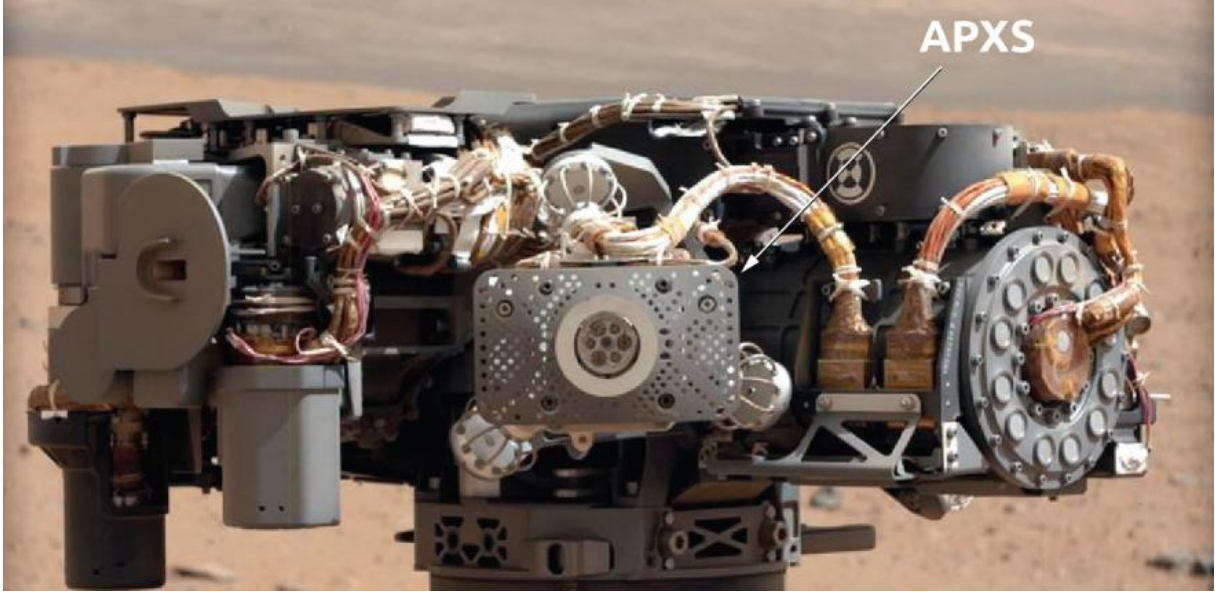


Resim 7. Curiosity Aracının Güç Sisteminin Görünümü [18] Tasarımdan Görünüm[11]

## 4.BULGULAR

### 4.1.SPEKTROMETRELER

#### 4.1.1APXS:



Resim 8. APXS sisteminin Curiosity gezicisinden görünümü [19]

APXS ismi Alfa Partiküllü X-Işını Spektromesi ifadesinin kısaltılmış halidir.

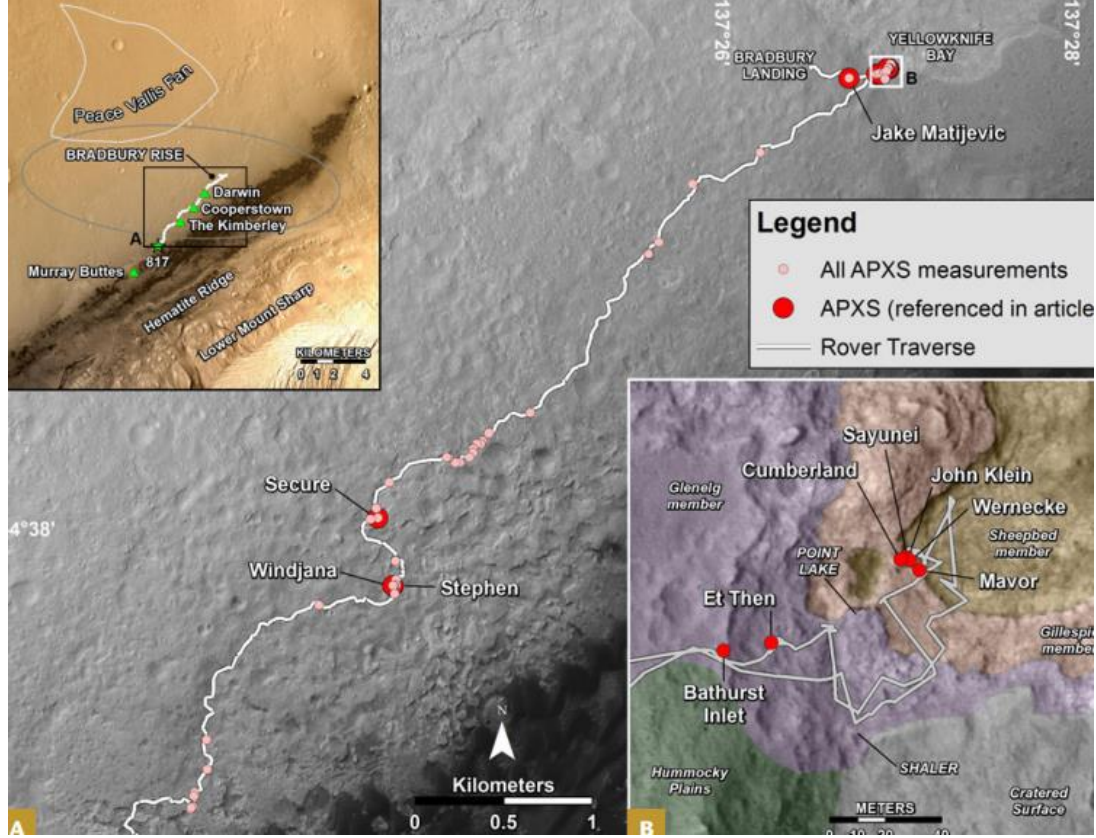
APXS kayalar ve topraklardaki kimyasal elementlerin bolluğunu ölçmektedir.

APXS Mars ta bulunan kaya ve topraklarla etkileşime girerek materyali küryum elementinin radyoaktif bozunması sırasında yayılan alfa partiküllerine ve X ışınlarına maruz bırakır. X ışınları ve alfa partikülleri yüzey malzemesindeki atomlarla etkileşime girdiğinde elektronları yörüngelerinden çıkarır ve dedektörle ölçülebilen X ışınları yayarak bir enerji salınımı üretir. X ışını enerjileri, bilim adamlarının sodyumdan daha ağır elementlere kadar tüm önemli kaya oluşturu elementleri tanımlamasını sağlar.

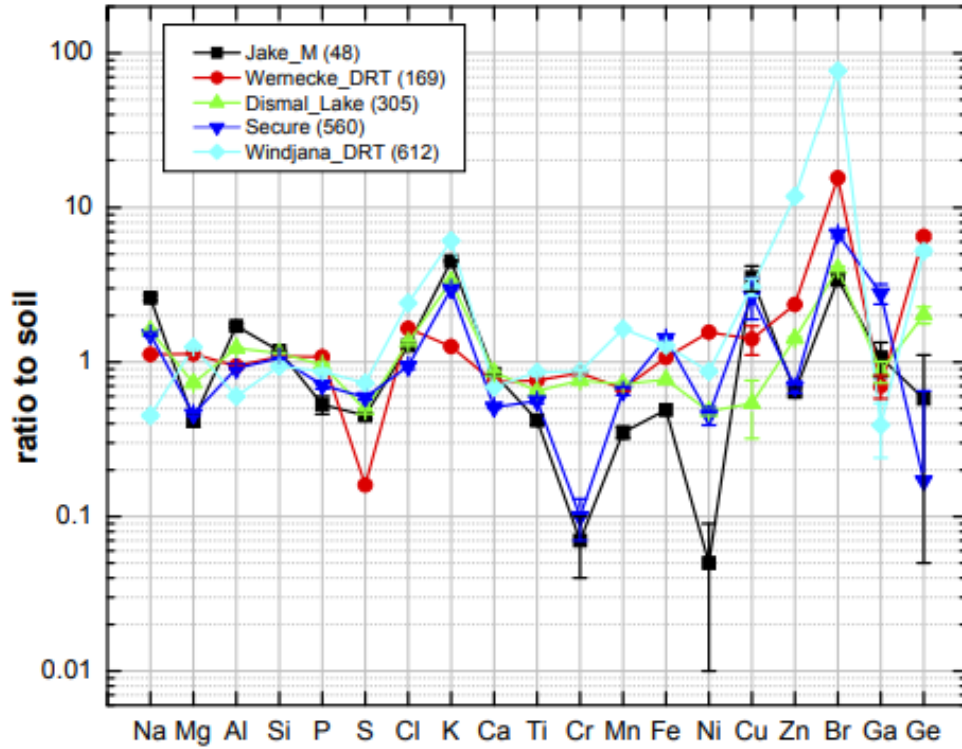
Bu sensörün baş kısmı gazoz kutusundan daha küçük olacak şekilde ve bir dizi küryum kaynağının ortasında son derece hassas bir X-ışını dedektörü içermektedir.

Çoğu APXS ölçümünün, az miktarda eser elementler de dahil olmak üzere tüm elementleri ortaya çıkarması iki ila üç saat sürecektir. Ana unsurlara hızlı bir bakış için on dakikalık çalışma yeterli olacaktır.

APXS, CheMin cihazı ve toz giderme aracı (fırça) ile birlikte çalışmaktadır. APXS ile planlanan kaya ve toprakların içinde bulunan materyali tespit etmek, fırçalamanın ardından kayaların iç kısımlarını incelemektir. NASA'nın iki Mars Keşif Aracındaki APXS, suyun bir zamanlar Mars'ın jeolojik geçmişinde önemli bir rol oynadığına dair kanıt sağladı. Mars'a yapılan daha önceki iki görevde Alfa Parçacık X-Işını Spektrometresinin önceki versiyonları taşınmıştı. Bunlardan ilki, 1996 sonlarında Pathfinder misyonuyla Mars'a fırlatılan Alfa Proton X-Işını Spektrometresiydi. İkincisi ise Ocak 2004'te kızıl gezegene gelen Mars Keşif Rover'larında bulunan APXS cihazıydı. [19]



Resim 9 : Aeolis Palus bölgesindeki Mars Bilim Laboratuvarı APXS cihazı kullanılarak incelenen örneklerin yerleri. Panel A'nın konumu, şeklin sol üst köşesindeki ek haritada gösterilmektedir; küçük resim aynı zamanda gezicinin Mars'taki Sharp Dağı gibi belirli özelliklere göre dönüşünü konumlandırmaya da hizmet ediyor. Ek harita B'nin konumu panel A'nın sağ üst köşesinde gösterilir. [21]



Grafik 1: Gale Krateri'ndeki çeşitli kayalar için bir grup elementin küresel bazaltik toprağa göre logaritmik oranı. [21]

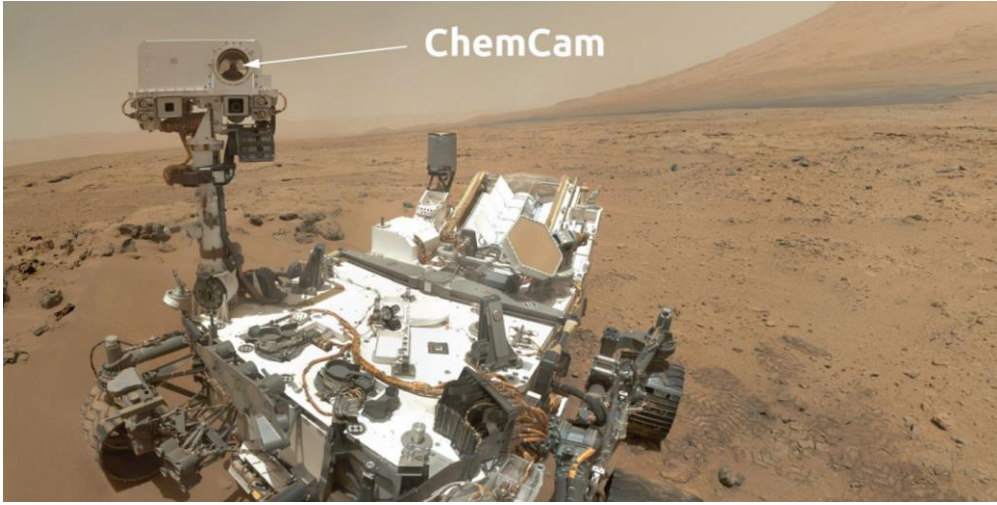
Orijinal Jake\_M bileşimiyle hemen hemen aynı bileşimlere sahip, feldspat açısından zengin Jake\_M tipi birkaç şamandıra bulundu. Dismal\_Lake gibi yüzeylemeler ve konglomeralar benzer bileşimler gösterir; bu da muhtemelen bir karışım veya ortak kaynak bölgesine işaret eder. Secure ve Et Then muhtemelen karanlık Kapatma biriminin bir parçasıdır. Wernecke, %30 kil içeren Yellowknife Körfezi çamurtaşının temsilcisidir. Kaya bileşimleri ile toprak bileşimi arasındaki genel benzerliğe dikkat edin; bu, izokimyasal ayrışmayı gösterir. Kimberley'deki Windjana sondaj hedefi Na ve Al bakımından daha fakir fakat K, Mg ve Fe bakımından daha zengindir. Potasyum, Gale Krateri'nde diğer iniş bölgelerine kıyasla değişken şekilde zenginleştirilmiştir. (Grafik 1'deki tanımlamalar Gale Krateri'nde bulunan farklı kayaların isimleridir.)

Curiosity aracının yapmış olduğu araştırma daha öncede diğer araçların araştırmalarını yaptığı Gale Krateri'nde bulunan Sharp Dağı adı verilen bölgede yapıldı. Bu bölgenin seçilmesinde amaç ise bu bölgede daha öncesinde kil, hematit ve sülfat yataklarının tespit edilmesidir. Grafikte Jake\_M ile gösterile bölgeden bulunan kaya feldspat açısından zengin bir kayadır. (Feldspat kayaç oluşturan minerallerin en çok bulunanı olup yer kabuğunun %60'ını oluşturmaktadır.) [20]

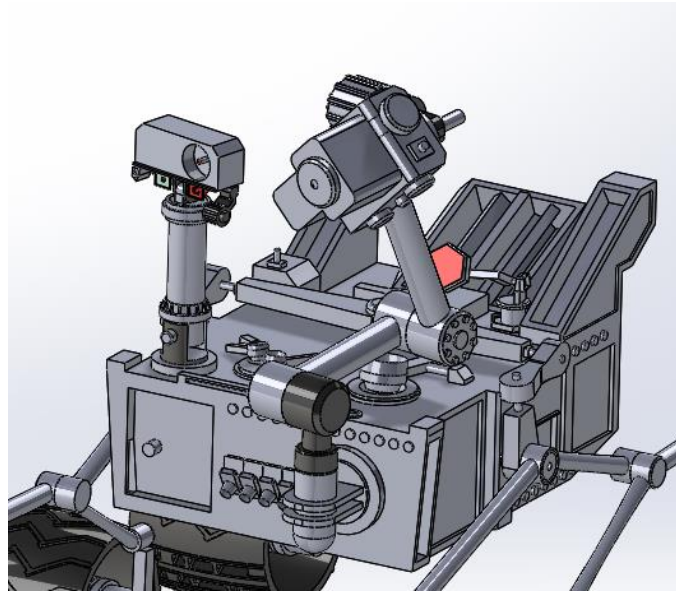
Al, Na ve K bakımından yüksek fakat Mg, Fe, Ni ve Cr bakımından düşüktür.



#### 4.1.2.CHEMCAM:



Resim 10. Curiosity Gezicisinden ChemCam Görünümü [22]



Curiosity'nin Tasarımdan Görünümü[11]

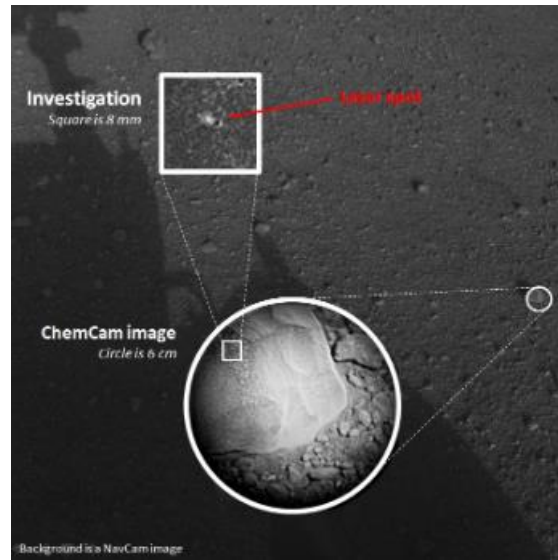
Chemcam'ın çalışma prensibi şöyledir;

Chemcam üzerinde bulunan darbeli lazer sayesinde, 7 metreye kadar olan mesafelerdeki hedefleri buharlaştırmaktadır. Lazer kaynaklı plazmadan gelen ışık spektrumu ile saniyeler içinde hedefin kimyasal bileşeni ortaya çıkmaktadır. [23]

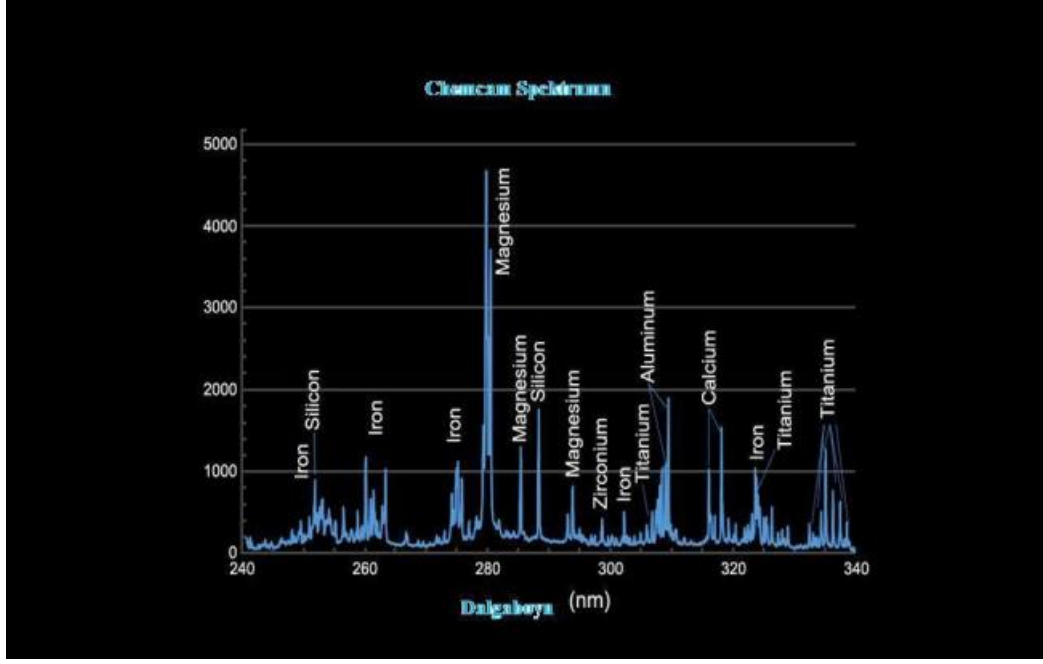
Bileşenlerin tespitinde elbette olası hatalar bulunmaktadır. Bunlar tablo 2'de gösterilmektedir.

Elements	Detection limits	Precision & accuracy
Major		
O, Na, Mg, Al	1 %	} $\pm 10$ %
Si, K, Ca, Fe		
Minor and trace		
S, F, Cl, C	5 %	} $\pm 20$ %
H, N, Ti	1-2 %	
Be, P, Cr, Mn, Ni, Cu	1000 ppm	
Zn, Rb, As, Cd, Pb, Cs		
Li, Sr, Ba	100 ppm	

Tablo 2. ChemCam’ın Elementlerdeki Hata Oranını Gösteren Tablo [24]



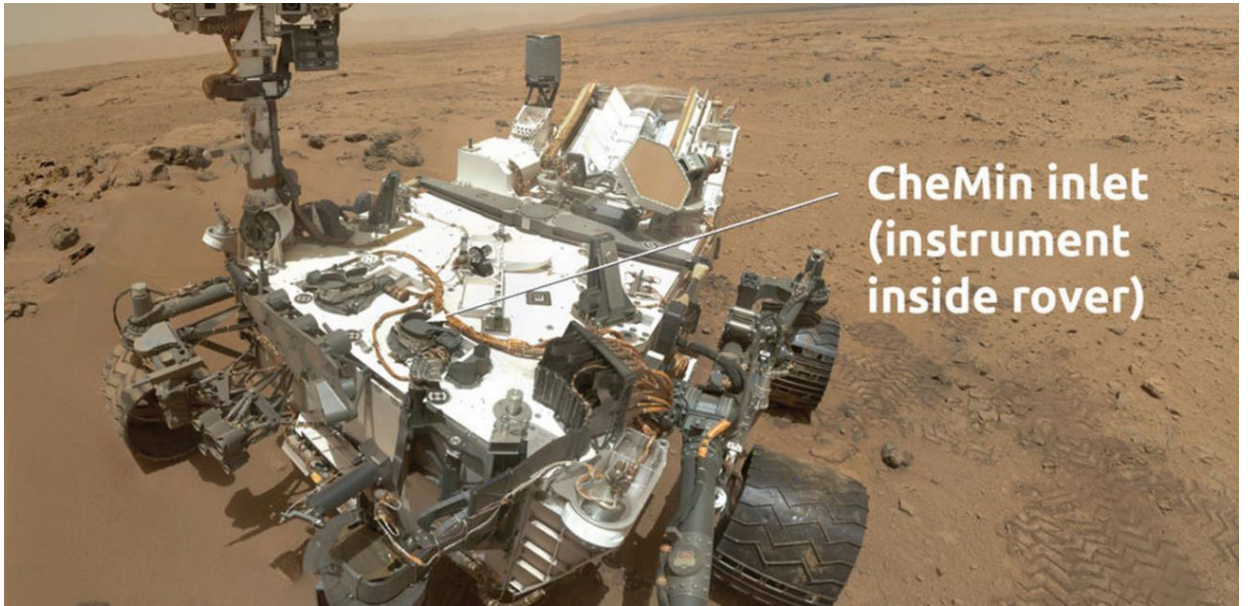
Resim 11. Büyütülmüş eklerle birlikte bu kompozit görüntü, NASA'nın Curiosity Mars gezicisindeki Kimya ve Kamera veya ChemCam cihazı tarafından yapılan ilk lazer testini göstermektedir.[25]



Resim 12. Bu görüntü, Mars Bilim Laboratuvarı misyonunun Curiosity gezginindeki Kimya ve Kamera (ChemCam) cihazı tarafından toplanan veri türüne bir örnek sunmaktadır. [25]

ChemCam paketi iki enstrüman içerir. Lazer Kaynaklı Arıza Spektroskopisi (LIBS), NASA Mars Bilim Laboratuvarı (MSL) gezicisinden 7 m'ye kadar mesafelerdeki analiz noktaları (0,35–0,55 mm çap) hakkında temel bileşim bilgileri sağlar. Remote Micro-Imager (RMI), yakın çekim kamerayla karşılaştırılabilecek milimetrenin altındaki çözünürlükte, ancak metrik mesafelerde içerik görüntüleme sağlamaktadır. [25]

#### 4.1.3.CHEMIN:



Resim 13. Curiosity Gezicisinde Buluna CheMin Görünümü [26]

Kimya ve mineraloji cihazı adı verilen kısaca CheMin Mars'taki çeşitli minerallerin bolluğunu tanımlar ve ölçmektedir. Şuana kadar Mars'ta bulunan minerallere şunlar örnek verilebilir;

- ✓ Olivin
- ✓ Piroksen
- ✓ Hematit
- ✓ Manyetit
- ✓ Alçıtaşı
- ✓ Fillosilikat

Minerallerin bulunması keşif açısından çok önemlidir. Örneğin bazalttaki iki ana mineral olan olivin ve piroksen, lav katılaştığında oluşmaktadır. Bir başka mineral olan tarot kayalarında bulunan “Jarosit” ise sudan çökmektedir. Bilim insanları, CheMin'i kullanarak, bildiğimiz şekliyle yaşam için temel bir bileşen olan suyun, Mars'ta minerallerin oluşumunda oynadığı rolü daha fazla inceleyebiliyorlar. Örneğin alçıtaşı kalsiyum, kükürt ve su içeren bir mineraldir. Anhidrit, kristal yapısında su bulunmayan bir kalsiyum ve kükürt mineralidir. Bilim adamları, yaşamı desteklemiş olabilecek geçmiş Mars ortamına işaret eden mineral ipuçlarını aramak için CheMin'i kullanmaktadır.

Kaya örneklerini analize hazırlamak için gezici kayaları delmekte, ortaya çıkan ince tozu topluyor ve bunu bir örnek tutucuya iletmektedir. Toprağı toplamak için ise kepçe kullanmaktadır.

CheMin daha sonra toz haline getirilmiş malzemeye insan saçı kadar ince bir X-ışını ışını yönlendirir. X-ışını ışını kaya veya toprak numunesi ile etkileşime girdiğinde, X-ışınlarının bir kısmı numunedeki atomlar tarafından emilir ve mevcut belirli atomların karakteristik özelliği olan enerjilerde yeniden yayılır. X-ışını kırınımında, bazı X-ışınları numunedeki iç kristal yapıdan aynı açıyla yansır. Bu gerçekleştiğinde karşılıklı olarak birbirlerini güçlendirirler ve ayırt edici bir sinyal üretirler. Bilim adamları, X ışınlarının dedektöre doğru kırıldığı açıyı ölçebilir ve bunu mineralleri tanımlamak için kullanabilirler.

Örneğin, mineral halit (ortak sofraya tuzu veya NaCl) içeren bir numune CheMin'e yerleştirildiğinde cihaz, o mineralin yapısını tanımlayan spesifik bir kırınım modeli üretir. Tüm mineraller X-ışınlarını karakteristik bir düzende kıldığı ve tüm elementler benzersiz bir enerji seviyesi seti ile X-ışınları yaydığı için, bilim insanları gezicinin Mars'ta karşılaştığı malzemelerin kristal yapısını tanımlamak için X-ışını kırınımından elde edilen bilgiyi kullanır. [26]

#### **CheMin'in MSL (Mars Bilim Laboratuvarı) Hedeflerine Katkıları:**

MSL misyonunun önemli bir bilimsel hedefi, çökeltelerde ve kayalarda kaydedilen geçmiş veya mevcut yaşanabilir ortamları tanımlamak ve karakterize etmektir. Kimya ve Mineraloji (CheMin), Numune Alma, Numune İşleme ve İşleme (SA/SPaH) sistemi tarafından kendisine iletilen kayalarda ve toprakta bulunan mineralleri tanımlayacak ve ölçecek kesin bir mineraloji aracıdır.

CheMin, kayaların ve toprakların mineralojisini belirleyerek bunların oluşumunda, birikmesinde veya değişmesinde suyun rolünü değerlendirmektedir. Ayrıca CheMin verileri, potansiyel mineral biyolojik imzalarının, yaşam için enerji kaynaklarının veya geçmiş yaşanabilir ortamların göstergelerinin araştırılmasında da faydalı olacaktır.



CheMin, bazaltlar, çok bileşenli evaporit sistemleri ve topraklar gibi karmaşık doğal numunelerdeki tespit limitlerinin üzerindeki mineralleri kesin bir şekilde tanımlayabilir ve ölçebilmektedir.

#### **CheMin Cihazının Açıklaması:**

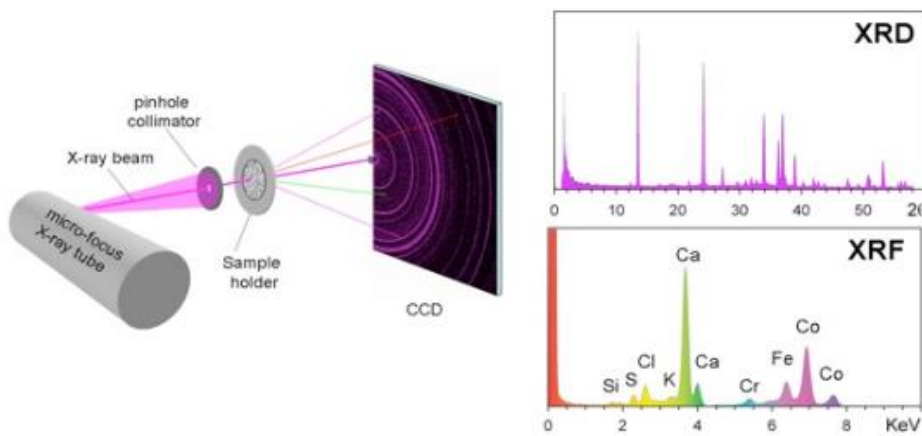
CheMin, X-ışını Floresansı (XRF) yeteneklerine de sahip olan bir toz X-ışını Kırınımı (XRD) cihazıdır. CheMin, gezicinin ana gövdesinin içinde yer alan MSL gezgininin Analitik Laboratuvarının bir parçasıdır.

SA/SPaH sistemi tarafından gönderilen 74'e kadar örneği analiz edebilmektedir. Her bir analiz 10 saate yakın analiz süresi gerektirebilir.

CheMin, toz halindeki numunelerden eşzamanlı 2 boyutlu X-ışını kırınım desenleri ve enerji dağılımlı histogramlar üretmek için bir mikro odaklı kobalt X-ışını kaynağı, bir iletim numune hücresi ve enerji ayırt edici X-ışınına duyarlı bir CCD kullanır. Ham CCD çerçeveleri, veri hacmini azaltmak için gezici üzerindeki veri ürünlerine işlenir. Bu veri ürünleri daha ileri işlemler ve analizler için Dünya'ya iletilir.

#### **CheMin Ölçüm Açıklaması:**

Bu sistemde, çalışma sırasında paralelleştirilmiş X-ışını ışını, bir iletim numunesi hücresine yönlendirilir. CCD görüntüleyici, numunenin kırılan veya saçılan X ışınlarını tespit eder. CCD dedektörü tek foton sayma modunda çalışır ve X-ışınına maruz bırakılır. Her analiz için birçok kez okunur ve silinir. Bu sayede her fotonun ürettiği yük ölçülerek enerjisi belirlenir. Kırılan X-ışınlarından oluşan iki boyutlu bir görüntü elde edilir ve enerji dağılımlı bir histogram oluşturulur. Niceliksel mineralojik sonuçlar, çeşitli analiz teknikleri kullanılarak XRD verilerinden elde edilir. Hem kristal hem de amorf malzemeler bu şekilde analiz edilebilir.



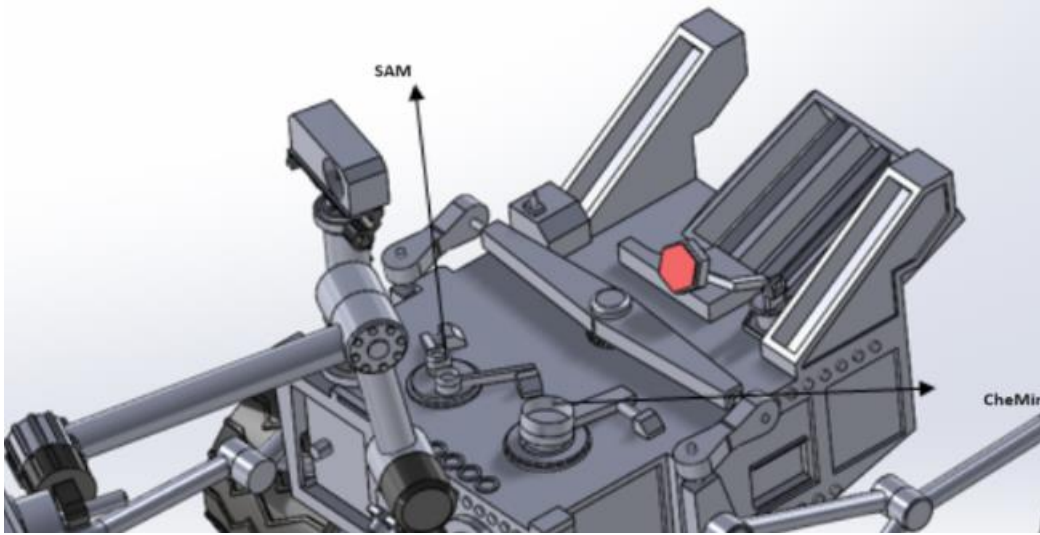
Resim 14.CheMin aletinin geometrisi. Tüm CheMin geometrisi (Solda); XRD 2-teta ışın kaynağı karakteristik çizgilerinin birinden kırılan fotonları toplayarak elde edilen grafik (Yukarıda Sağda); CCD tarafından tespit edilmiş tüm X-ışın fotonlarının toplanmasıyla X-ışın enerjisinin dağılımlı bir histogramı elde edilir (Aşağıda Sağda). [27]

İşlem sırasında, X-ışını tüpünden gelen kolime edilmiş bir X-ışını ışını, SA/SPaH sistemi tarafından hazırlanan ve teslim edilen toz malzemeyi içeren bir iletim örneği hücresinden geçirilir. Bir X-ışını hassas CCD görüntüleyici, kaynaktan zıt tarafta ve örnekten doğrudan difrakte veya floresan olan X-ışınlarını algılar. CCD dedektörü, tek-foton sayma modunda çalışır ve her bir analiz için birçok kez okunur ve silinir (1000 veya daha fazla pozlama). Bu modda çalıştırıldığında, CCD, her bir foton tarafından üretilen şarjı ölçmek için kullanılabilir (ve dolayısıyla enerjisini). Difrakte olan X-ışınlar dedektöre çarpar ve enerjilerine göre tanımlanır, bu da difraksiyon desenini oluşturan iki boyutlu bir görüntüyü oluşturur. CCD tarafından algılanan tüm X-ışınları, örneğin Fe K-alfa (6,4 keV) konumunda 250 eV'lik Tam Genişlik Yarı Maksimum (FWHM) veya X-ışını histogramlarının enerji dağılımları biçiminde döndürülür. Çünkü iletim geometrisi ve örnekleme arasındaki Mylar veya Kapton penceresi, CheMin'in periyodik tabloda Mg'den (atom numarası 12) büyük olan elementleri tespit edeceği anlamına gelir. [27]

#### 4.1.4.SAM:



Resim 15.Curiosity Gezicisinden SAM Cihazının Görünümü [289]



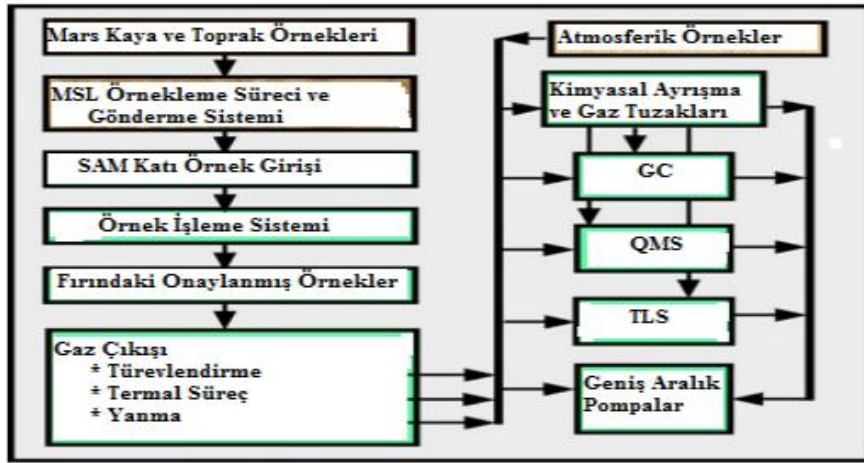
Tasarımdan Görünüm [11]

SAM paketi araştırması, yaşamla ilgili moleküler ve elementel kimyayı keşfederek Mars'ın şimdiki ve geçmişteki yaşanabilirliğini ele almak üzere tasarlanmıştır. SAM, organik bileşenleri ve hafif elementlerin kimyasal durumunun ve gezegensel değişimin izotop izlerini arayarak karbon kimyasını ele alır.

SAM içinde bulunanlar:

- ✓ Dört Kutuplu Kütle Spektrometresi (QMS)
- ✓ Gaz Kromatografı (GC)
- ✓ Ayarlanabilir Lazer Spektrometresi (TLS)

QMS ve GC, organik bileşiklerin ayrılması (GC) ve kesin tanımlanması (QMS) için bir GCMS modunda birlikte çalışabilir. TLS, karbondioksitteki C ve O için kesin izotop oranları elde eder ve metan ile karbon izotopunun eser düzeylerini ölçer. [28]



Resim 16. SAM aletinin MSL alt sistemleri tarafından gönderilmiş gaz örnekleri ve katı cisimlerin yolu gösterilmektedir. Gazın yönü ve katı transferi oklarla resmedilmiştir. [28]

SAM'in genel amacı aşağıdaki maddelerle özetlenmiştir.

1. Karbon bileşiği kaynaklarını araştırarak olası yaşamı araştırır.
2. Metan dahil olmak üzere biyotik ve prebiyotik öneme sahip bileşikler araştırır.
3. Yaşam için önemli olan elementlerin (N,H,O,S ...) kimyasal ve izotopik durumunu ortaya çıkarır.
4. Toprak ve atmosfer arasındaki etkileşimin somut göstergelerini ve bu etkileşimlerin izlerini içeren, atmosferik bileşimi tanımlayan belirli türleri araştırmaktadır.
5. Hafif elementlerin izotopları ve soy gazların ölçümleri, iklim değişimini ve atmosferik modelleri daha derinlemesine araştırmak.

Yaklaşık 40 kilogram ağırlığındadır.

Numune Manipülasyon Sistemi: Numuneler için 74 küçük kaptan oluşan çark (9 kap kalibrasyon numunelerini içerir; 9'u düşük sıcaklıkta ıslak kimya deneyleri için kimyasal solventlerle doldurulmuştur ve gazları çıkarmak için toz halindeki numuneleri ısıtmak için küçük fırınlar olan 59 kuvars kap)

Hassasiyet: Organik bir bileşiğin milyarda bir kısmından daha azını tespit eder

Fırınlar: Analiz için gazları çıkarmak amacıyla çoğu kaya örneğini yaklaşık 1.000 santigrat dereceye (yaklaşık 1.800 Fahrenheit derece) ısıtılır. [28]



## 4.2.Radyasyon Dedektörleri:

### 4.2.1.RAD:

Radyasyon Değerlendirme Dedektörü (RAD), küçük bir ekmek kızartma makinesi boyutundadır ve Mars yüzeyindeki protonlar, çeşitli elementlerin enerjik iyonları, nötronlar ve gama ışınları gibi tüm yüksek enerjili radyasyonu ölçer ve tanımlar. RAD sadece güneşten ve uzaydan gelen doğrudan radyasyonu değil, aynı zamanda radyasyonun Mars atmosferi, yüzey kayaları ve toprağı ile etkileşimi sonucu üretilen ikincil radyasyonu da içerir. Mars'ın radyasyon değerleri oldukça yüksek olduğu için RAD cihazı oldukça kritik bir öneme sahiptir. Mars'ın gelecekte insanlı keşfinde bilim adamları RAD ile insanların maruz kalacağı eşdeğer dozu yani radyasyonun insanlar üzerindeki etkisinin bir ölçüsünü hesaplamasına olanak tanıyan verileri toplar.

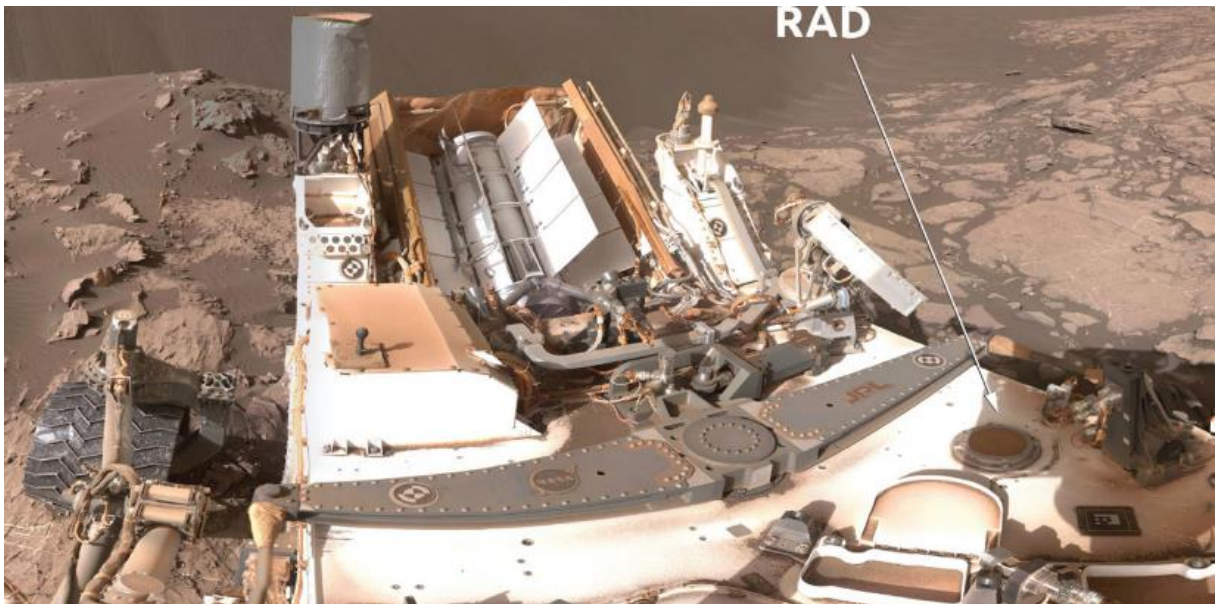
RAD bunun dışında gezegende bulunan radyasyonun Mars'taki kayaların ve toprakların kimyasal ve izotopik bileşimini nasıl etkilediğini araştırmaktadır.

Kağıt inceliğinde silikon dedektörler ve küçük bir sezyum iyodür bloğu, Mars atmosferinden gelen yüksek enerjili yüklü parçacıkları ölçmektedir.

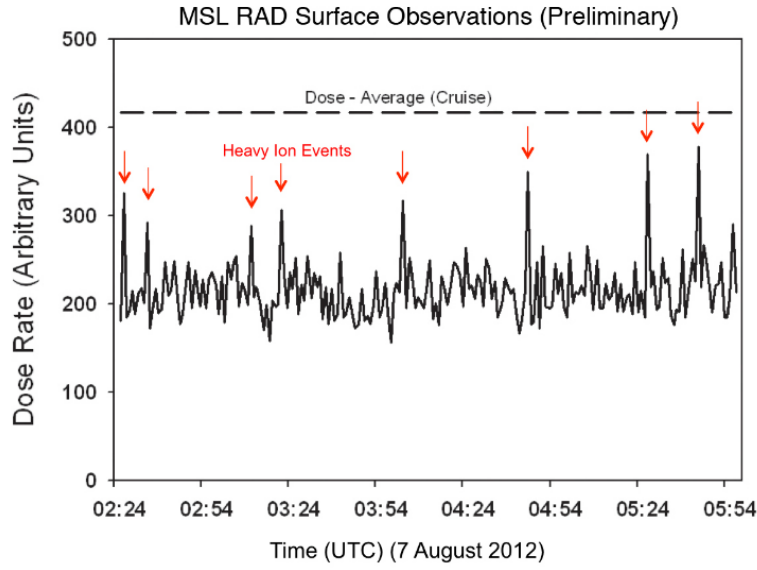
İşlem şu şekilde gerçekleşmektedir;

1. Kağıt inceliğinde olan silikon dedektörler ve küçük bir sezyum iyodür bloğu, Mars atmosferinden gelen yüksek enerjili parçacıkları ölçer.
2. Bu parçacıklar dedektörden geçerken enerji kaybederek elektron veya ışık darbeleri üretir.
3. Gezicide bulunan Sinyal işlemcisi, yüksek enerjili parçacıkları tanımlamak ve enerjisini belirlemek için bu darbeleri ölçer.

RAD, nötronları, gama ışınlarını, protonları ve alfa parçacıklarını (helyum çekirdeğiyle aynı olan 2 proton ve 2 nötrondan oluşan atom altı parçalar) tanımlamanın yanı sıra, periyodik tablodaki demire kadar ağır iyonları da tanımlamaktadır. [29]



Resim 17. RAD Cihazının Curiosity Gezicisinin Üzerinden Görünümü [29]



Grafik 2. Curiosity Gezicisinin RAD tarafından Mars'ta 7 Ağustos tarihinde 3.5 saat boyunca tespit edilen radyasyon akışını göstermektedir. [30]

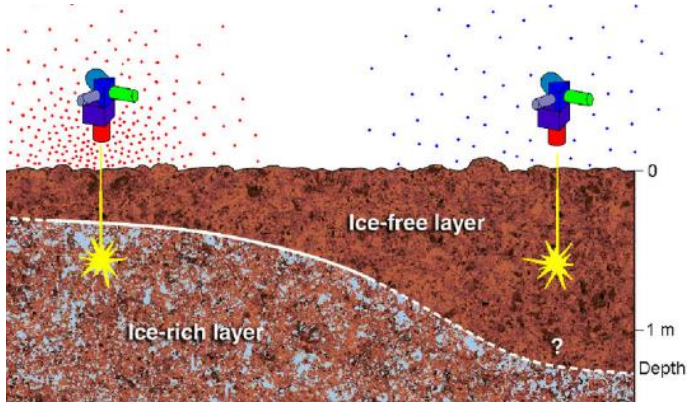
Bu grafik ile Sessiz güneş faaliyeti döneminde Mars'ta ölçülen seviyelerinin, uzayda tespit edilen radyasyon değerlerinden daha az olduğu sonucuna varılabilir. Kırmızı ok ile gösterilen bölgelerde insanlar için tehlikeli olabilecek ağır iyon parçacıklarından kaynaklanan radyasyon dozu oranındaki ani artışları ifade etmektedir. [30]

#### 4.2.2. Nötronların Dinamik Albedosu (DAN):

Mars'ta su aramanın bir yolu, gezegenin yüzeyinden kaçan nötronları aramaktır. Uzaydan gelen kozmik ışınlar sürekli Mars'ın yüzeyini bombalayarak Mars'ın yüzeyinde bulunan toprak ve kayalardaki nötronları atomik yörüngelerin dışına fırlatmaktadır. Eğer o bölgede su bulunuyorsa hidrojen atomları nötronları yavaşlatmaktadır. Bu yavaş parçacıklar bir nötron dedektörü ile ölçülebilmektedir. DAN cihazı, gezicinin hareketi boyunca yapılarında su molekülü bulunan minerallerin bolluğunu izlemektedir.

Curiosity gezicisi yapıda 1/1000'den daha düşük su içeriğini tespit edecek kadar hassas nötron jeneratörü taşımaktadır.

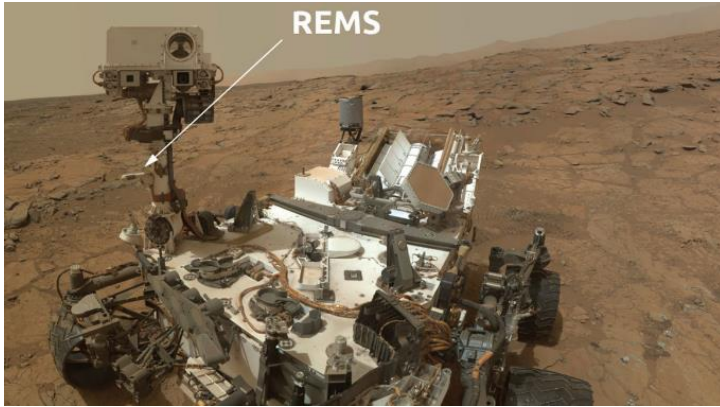
Eğer yüzeyin altında su yok ise DAN yüzeyden yansıyan nötronların miktarını tespit etmektedir. [31]



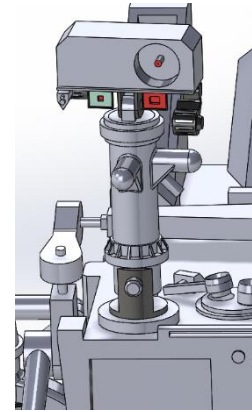
Resim 18. Yüzeyin Altında Su Bulunan Bölge ile Bulunmayan Bölgenin Gösterimi [32]

#### 4.3.ÇEVRESEL SENSÖRLER:

##### 4.3.1.REMS:



Resim19. REMS Dedektörünün Görünümü [33]



Resim 20. REMS Dedektörünün Tasarımdan Daha Net Bir Görünümü [34]

REMS, atmosferik basınç, nem, Mars yüzeyindeki ultraviyole radyasyon, hava sıcaklığı ve gezicinin etrafındaki zemin sıcaklığı hakkında ölçüm yapar ve günlük ve mevsimsel raporlar sağlamaktadır.

Gezici direğinden iki küçük yapı uzanmaktadır. Yapılardan birindeki bir dizi kızılötesi sensör, zemin tarafından yayılan kızılötesi radyasyonun yoğunluğunu ölçer ve bu da zemin sıcaklığına ilişkin bir tahmin sağlamaktadır. Diğer yapıdaki bir sensör atmosferik nemi takip etmektedir. Her iki yapıda da hava sıcaklığını ölçmek için sensörler bulunmaktadır.

-130 °C ila +70 °C sıcaklık aralığına dayanacak ve çalışma sırasında güç tüketimini en aza indirecek şekilde tasarlanmıştır. [33]

#### 4.4.ATMOSFERİK SENSÖRLER:

##### 4.4.1.MEDLI:

MEDLİ gezici yerine geziciyi taşıyan uzay aracına monte edilmektedir. MEDLI Mars atmosferine yüksek hızlı giriş sırasında mühendislik verilerini toplamakla görevlidir. Bu veriler Mars atmosferine girişte daha güvenilir ve daha hafif sistemler tasarlamak için oldukça önemlidir. [35]

##### 4.4.2.MISP:

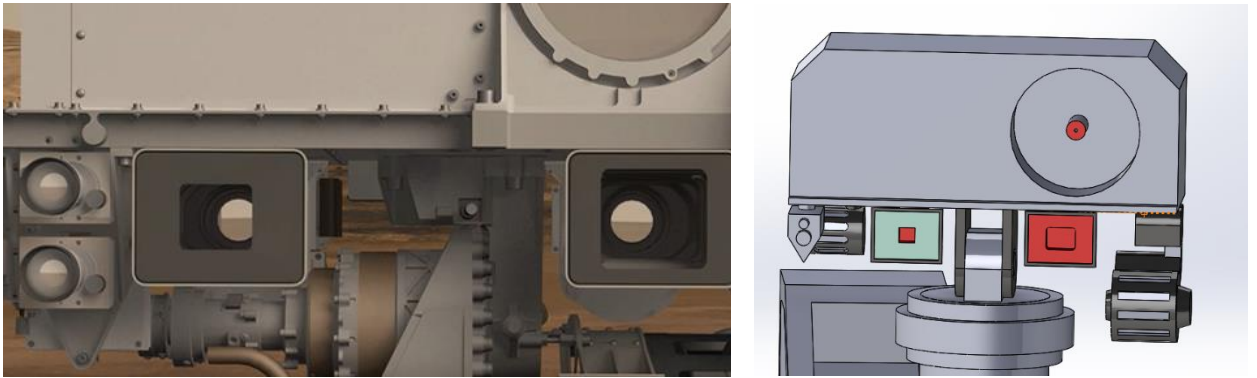
Uzay aracı Mars atmosferine girişi sırasında aşırı sıcaklıkla karşılaşmaktadır. MISP, uzay aracının ısı kalkanı malzemesinin farklı derinliklerinde ne kadar ısındığını ölçmektedir. Yüksek ısı nedeniyle, uzay aracının termal koruma sistemi (TPS), Mars atmosferine giriş sırasında yanacak şekilde tasarlandı. MISP, "durgunluk" olarak da bilinen bu yanmanın hızını ölçmek için tasarlandı. [35]

##### 4.4.3.MEADS:

MEADS, Mars atmosferine giriş ve iniş sırasında yedi MEADS noktasındaki ısı kalkanı üzerindeki atmosferik basıncı ölçmektedir. MEADS basınç sensörleri, mühendislerin uzay aracının yönünü (konumu ve bunun nasıl değiştiğini) zamanın bir fonksiyonu olarak belirlemesine olanak tanımaktadır. Mühendisler bu bilgiyi, modellerinin uzay aracının gerçek yörüngesini ve aerodinamiğini ne kadar iyi tahmin ettiğini görmek için kullanır. Bu bilgi, giriş, iniş ve inişin kritik aşamalarında daha iyi performansa sahip olacak gelecekteki görevleri planlamalarına olanak tanımaktadır. [35]

#### 4.5.KAMERALAR:

##### 4.5.1.Mastcam:



Resim 21. Curiosity Gezicisinden Mastcam'in Yakın Görünümü [36]

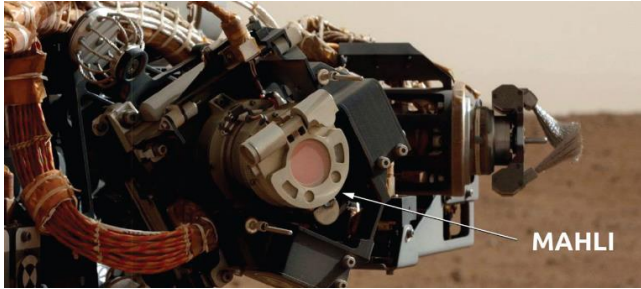
Sol göz yaklaşık 34 mm çapında iken sağ göz yaklaşık 100 mm çapındadır.

Mastcam Mars arazisinin renkli görüntülerini çekmekte ve gezicinin sürüş ve numune alma operasyonlarını desteklemekte kullanılmaktadır.



Mastcam saniyede 10 kare hızında yüksek çözünürlüklü video çekebiliyor. Mastcam, Dünya'da tüketici dijital kamerasıyla çekilenlere benzer, tek pozlamalı, renkli anlık görüntüler çekmek üzere tasarlandı. Mastcam üzerindeki elektronikler, görüntüleri gezicinin merkezi işlem ünitesinden bağımsız olarak işler. Mastcam, Dünya'ya gönderilmek üzere binlerce görüntüyü veya birkaç saatlik yüksek çözünürlüklü video çekimini depolamak için dahili bir veri arabelleğine sahiptir. [36]

#### 4.5.2.MAHLI:

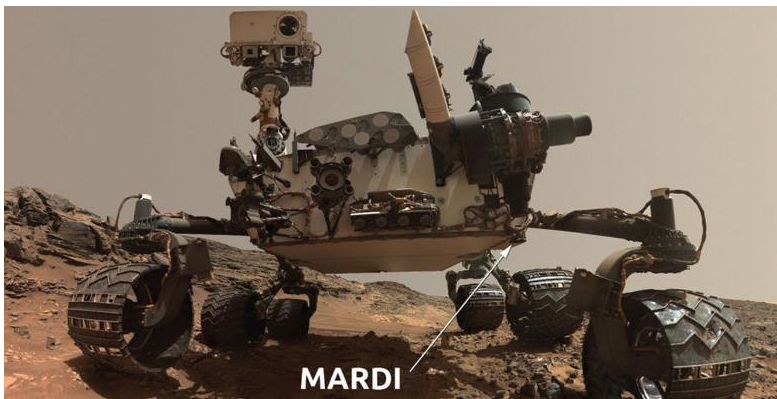


Resim 22. MAHLI Geziciden Yakın Gösterimi [37]

MAHLI, yeryüzündeki bilim adamlarına Mars'taki kayalardaki mineraller, dokular ve yapılar ile kayalık döküntü ve tozdan oluşan yüzey katmanının yakından görüntülerini sunmaktadır. Kendi kendine odaklanan, kabaca 4 santimetre genişliğinde (1,5 inç genişliğinde) kamera, insan saçı çapından daha küçük olan 12,5 mikrometre kadar küçük özelliklerin renkli görüntülerini çekmektedir.

MAHLI'nin ana hedefi, Mars Bilim Laboratuvarı bilim ekibinin Mars'taki iniş alanının jeolojik geçmişini anlamasına yardımcı olmaktır. [37]

#### 4.5.3.MARDI:



Resim 23. MARDI Geziciden Görünümü

Mars İniş Görüntüleyicisi (MARDI), gezici şasisinin alt kısmıyla bile MSL gezgininin ön port tarafına sabit gövdeye monte edilmiş, sabit odaklı renkli bir kameradır.

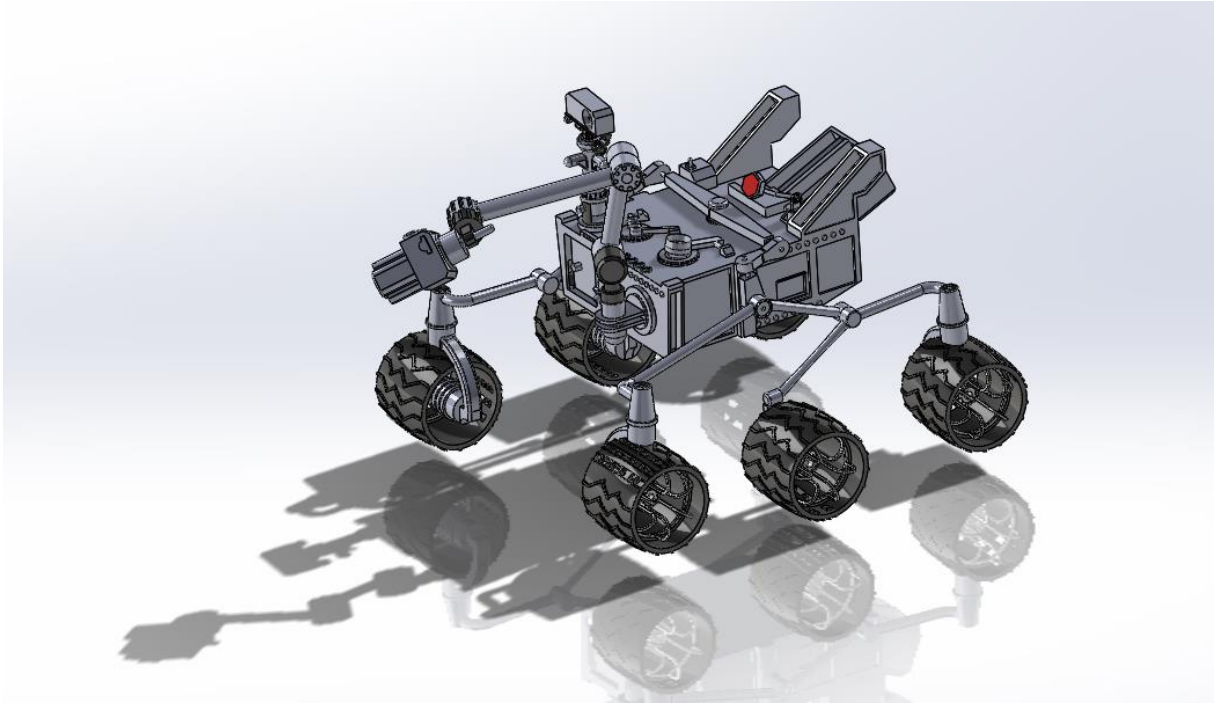
MARDI'nin öncelikli hedefleri, aracın tam olarak nereye indiğini belirlemek ve erken operasyonlar için iniş alanının jeolojik ve mühendislik-jeolojik çerçevesini sağlamaktır. [38]

Mars İniş Görüntüleyicisi (MARDI), gezicinin yüzeye doğru inişi sırasında renkli video çekerek yerel çevrenin "astronot görünümünü" sağlamaktadır. [39]

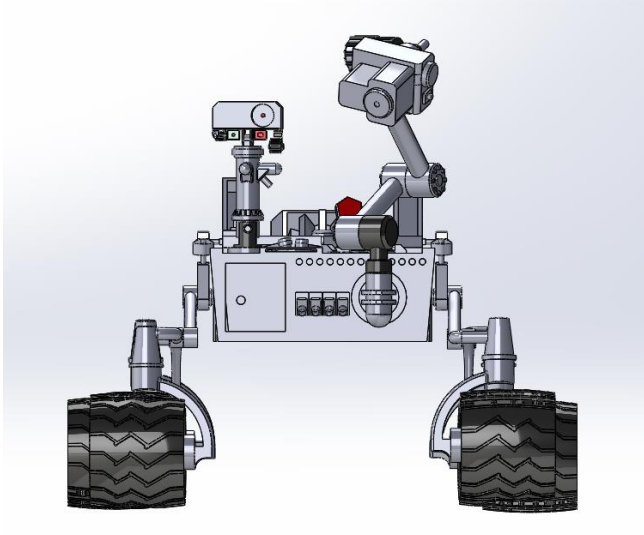
#### **4.6.TASARIM AŞAMASI:**

Tasarım yapılırken videolardan ve daha önceki çalışmalardan faydalanılmıştır.

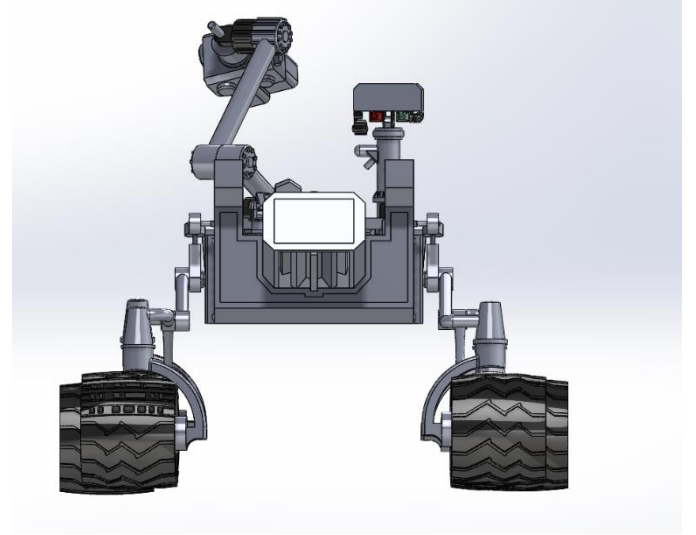
Tasarım aşamasında 34 adet farklı parça tasarlanıp montajı yapılmıştır. Montajın son hali aşağıdaki gibidir.



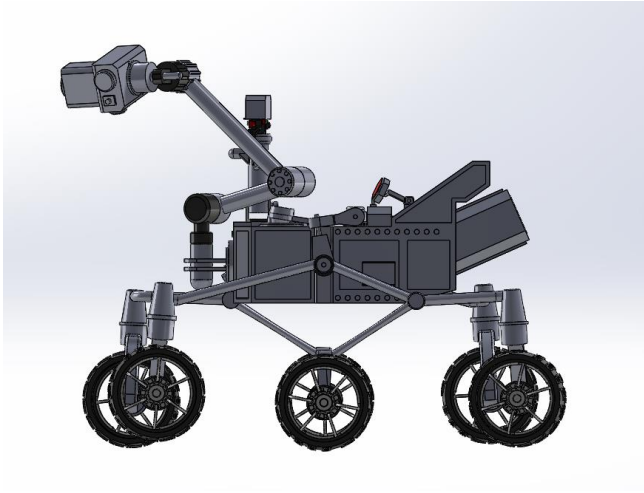
Tasarımın İzometrik Görünümü[11]



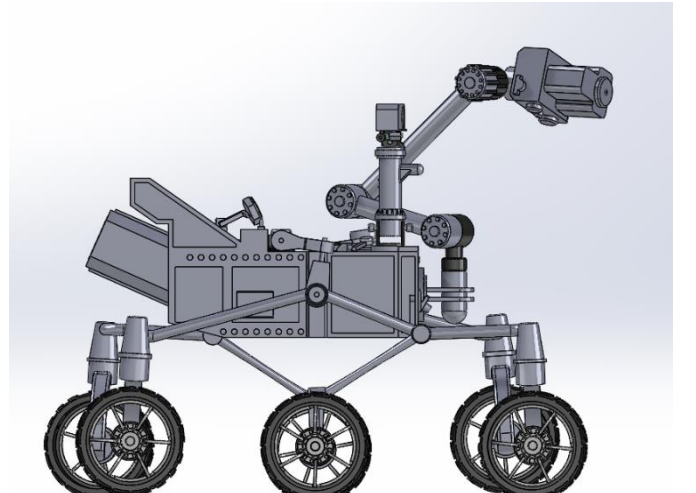
Tasarımın Önden Görünümü [11]



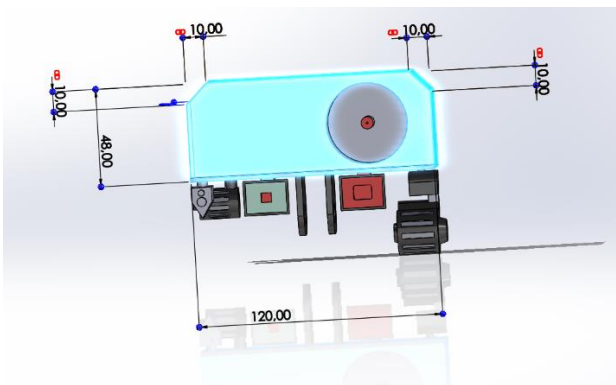
Tasarımın Arkadan Görünümü [11]



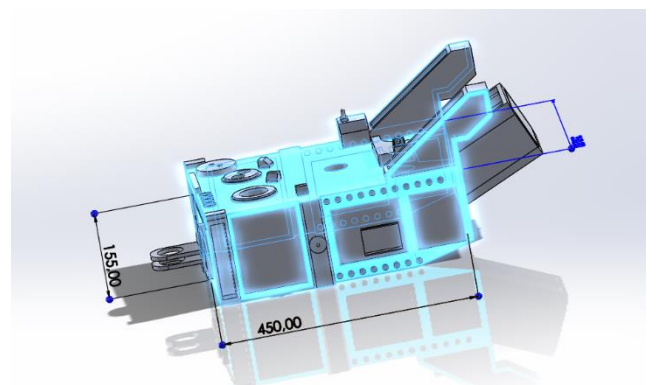
Tasarımın Sağdan Görünümü [11]



Tasarımın Soldan Görünümü [11]



MastCam'in Tasarımda Parça Görünümü[11]



Curiosity'nin Gövesinin Tasarımda Parça

Olarak Görünümü [11]

## 5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Mars gezegeni bazı özellikleri bakımından Dünya gezegenine benzemektedir. Bu sebeple olası başka yaşam ihtimali için Curiosity keşif aracı Mars gezegenine Mars gezegeninin iklimini araştırmak, yeni keşifler yapmak amacıyla gönderilmiştir.

Curiosity keşif aracı yapısında bulundurduğu elemanlarla Mars Bilim Laboratuvarına veri göndermektedir. Bu veriler Mars gezegeninde olası gelecekteki görevler için bir bilgi olmakla gelecekte yapılacak görevlerin daha verimli ve daha az maliyetli olması hedeflenmiştir.

Bu çalışmada Curiosity keşif aracının NASA için ne kadar önemli bir araç olduğunu, bununla birlikte insanoğlu için de ne kadar önemli olduğunu anladım. Curiosity keşif aracının yapmış olduğu keşiflerde kullanılan parçaların aslında bir insan vücudu gibi çalıştığını, her parçanın ayrı birçok görevi olduğunu, bazı parçaların birlikte çalıştıklarını ve toplanılan verilerin hepsinin gezicinin beyinde birleşerek Mars Bilim Laboratuvarında depolandığını öğrendim.

Bununla birlikte Curiosity keşif aracının tasarımını yaparak tasarım yeteneklerimi geliştirdim. Daha önceki tasarım çalışmalarında az kullandığım Loft ve Boundary komutlarını sık sık kullandım. Bu çalışma ile birlikte tasarımda montaj yeteneğimi geliştirdim.

Bu çalışma özetle uzaya olan merakımı daha da arttırmış olup ilgili olduğum tasarım alanında da kendimi geliştirmemi sağladı.

## KAYNAKLAR

- [1] [ <https://tr.wikipedia.org/wiki/Mars> ]
- [2] [ NASA (2011), NASA's Management Of The Mars Science Laboratory Project ]
- [3] [ <https://sciquest.org/what-is-the-atmosphere-of-mars-made-of-mars-atmosphere-facts/> ]
- [4] [ <https://www.youtube.com/watch?v=2tKFYkyV1BQ> ]
- [5] [ <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/marsfact.html> ] [Tablo 1]
- [6] [ <https://sciquest.org/what-is-the-atmosphere-of-mars-made-of-mars-atmosphere-facts/> ]
- [7] [ <https://mars.nasa.gov/resources/20328/a-guide-to-gale-crater/> ] [Resim 1]
- [8] [ <https://mars.nasa.gov/resources/7496/mount-sharp-comes-in-sharply/> ] [Resim 2]
- [9] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/rover/cameras/> ]
- [10] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/rover/body/> ] [Resim 3]
- [11] TASARIM
- [12] [ David Keck, Truly Curious: Examining the Rover Compute Element and the Mars Science Laboratory Software Development Process ]
- [13] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/rover/brains/> ]
- [14] [ <https://www.dijitalx.com/curiosity-tekerleri-asinmasina-ragmen-tirmanisa-devam-ediyor/> ] [Resim 5]
- [15] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/rover/wheels/> ]
- [16] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/rover/arm/> ] [Resim 6]
- [17] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/rover/arm/> ]
- [18] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/rover/power/> ] [Resim 7]
- [19] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/apxs/> ] [Resim 8]

- [20] [ <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/feldispat> ]
- [21] [ Ralf Gellert Benton C. Clark III, and the MSL and MER Science Teams (2015) In Situ Compositional Measurements of Rocks and Soils with the Alpha Particle X-ray Spectrometer on NASA's Mars Rovers] [Resim 9] [Grafik 1]
- [22] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/chemcam/> ] [Resim 10]
- [23] [ [https://www.mslchemcam.com/?menu=inc&page\\_consult=textes&rubrique=64&sousrubrique=223&soussousrubrique=0&titre\\_url=ChemCam#.Uw5N7ON\\_uVU](https://www.mslchemcam.com/?menu=inc&page_consult=textes&rubrique=64&sousrubrique=223&soussousrubrique=0&titre_url=ChemCam#.Uw5N7ON_uVU) ]
- [24] [ S. Maurice, R.C. Wiens, M. Saccoccio, B. Barraclough, O. Gasnault, O. Forni, N. Mangold, D. Baratoux, S. Bender, G. Berger, J. Bernardin, M. Berthé, N. Bridges, D. Blaney, M. Bouyé, P. Caïs · B. Clark, S. Clegg, A. Cousin, D. Cremers, A. Cros, L. DeFlores, C. Derycke, B. Dingler, G. Dromart, B. Dubois, M. Dupieux, E. Durand, L. d'Uston, C. Fabre, B. Faure, A. Gaboriaud, T. Gharsa, K. Herkenhoff, E. Kan, L. Kirkland, D. Kouach, J.-L. Lacour, Y. Langevin, J. Lasue, S. Le Mouélic, M. Lescure, E. Lewin, D. Limonadi, G. Manhès, P. Mauchien, C. McKay, P.-Y. Meslin, Y. Michel, E. Miller, H.E. Newsom, G. Orttner, A. Paillet, L. Parès, Y. Parot, R. Pérez, P. Pinet, F. Poitrasson, B. Quertier, B. Sallé, C. Sotin, V. Sautter, H. Séran, J.J. Simmonds, J.-B. Sirven, R. Stiglich, N. Striebig, J.-J. Thocaven, M.J. Toplis, D. Vaniman(2012), The ChemCam Instrument Suite on the Mars Science Laboratory (MSL) Rover: Science Objectives and Mast Unit Description ] [Tablo 2]
- [25] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/chemcam/> ] [Resim 11] [Resim 12]
- [26] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/chemin/> ] [Resim 13]
- [27] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/chemin/for-scientists/> ] [Resim 14]
- [28] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/sam/for-scientists/>] [Resim 15] [Resim 16]
- [29] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/rad/> ] [Resim 17]
- [30] [ <https://mars.nasa.gov/resources/4338/curiositys-first-radiation-measurements-on-mars/?site=msl> ] Grafik 2
- [31] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/dan/> ]
- [32] [ <https://mars.nasa.gov/resources/68/detecting-subsurface-water/?site=msl> ] [Resim 18]
- [33] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/remis/> ] [Resim 19]
- [34] [ <https://mars.nasa.gov/resources/69/rover-environmental-monitoring-station/?site=msl> ] [Resim 20]

- [35] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/medli/> ]
- [36] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/mastcam/> ] [Resim 21]
- [37] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/mahli/> ] [Resim 22]
- [38] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/mardi/for-scientists/> ]
- [39] [ <https://mars.nasa.gov/msl/spacecraft/instruments/mardi/> ] [Resim 23]
- [40] [ <https://www.youtube.com/watch?v=007SnaUxi40> ]
- [41] [ Farhan Imtiaz, Mars Curiosity Rover (GrabCAD)]