

# A Marsbázis követelményei

**Project Mars I.**

**ELTE Req.Eng group No.4.**

Date of Creation: 2022

Version 1.0

A Marsbázis követelményei	2
<b>Bevezetés</b>	<b>3</b>
Célok	3
Szójegyzék	4
Érdekelt felek	4
<b>Követelmények</b>	<b>5</b>
Követelmények számozása és felépítése	5
A tervezés és megvalósítás mérföldkövei	5
Rendszerkövetelmények	6
Termékek követelményei	8
Stakeholder követelmények	10
A Mars-járó csapat követelményei	10
Az Ellátmány űrhajó csapatának a követelményei	11
<b>Kockázatelemzés</b>	<b>12</b>

## Bevezetés

A projekt célja egy Marsbázis megtervezése és kivitelezése a NASA számára, ami kielégíti a következőket:

- A bázisnak 6 ember ellátását kell biztosítania a teljes marsi missziók időtartamára
- A bázis élettartama minimum 10 év legyen Marsi körülmények között
- A bázisnak lehetőséget kell biztosítania az űrhajósok Mars-járóba való beszállására és kiszállására vagy közvetlen űrsétára
- A bázisnak lehetőséget kell biztosítania a begyűjtött kőzetminták rendezett tárolására, szükség esetén továbbítására, valamint kísérletek elvégzésére
- A bázisnak képesnek kell lennie kommunikálni a Mars-járó járművekkel és a Mars körül keringő átjátszó műholdakkal valamint űrállomással
- Végezzen kockázatanalízist és a szükséges alrendszereknél alkalmazzon redundanciát
- A bázishoz kapcsolódjon egy ellátmány tároló is, ami a Marsbázis és Mars-járó jármű kritikus, pótalkatrészeit tárolja

## Célok

A projekt sikerességének feltétele a biztonságos működés.

A megrendelő elvárása, hogy a Marsbázis a lehető legkisebb költségvetéssel készüljön el, ebbe beleértve a tervezést, tesztelést, az alapanyagokat és összerakás költségeket. A végső cél egy olyan bázisnak a megtervezése, mely a marsi körülmények között legalább 10 évig működőképes. A megbeszélések során megállapodtunk abban, hogy az eltelt 10 év után a Marsbázis újrafelhasználása nem része a követelménynek.

Alapvető szempont a biztonságos működés és egy maximum 6 emberes csapat ellátásának biztosítása a teljes marsi missziók időtartamára. Ennek függvényében szükséges a kritikus komponensekre redundanciát alkalmazni meghibásodás esetén.

A teljes projekt időtartama alatt 13 év. 2035 május 10.-ig a Marsbázisnak készüljön el a Marson. A projekt mérete és komplexitása miatt azt több mérföldköben tervezzük és valósítjuk meg. Az egyeztetések során megállapodtunk a következő mérföldkövekben:

Mérföldkő neve	Mérföldkő határideje
Design terv	2025 május 10
Prototípus 1	2028 május 10
Prototípus 2	2030 május 10
Földi teszt	2031 május 10
A Marsbázis a Marson van.	2035 május 10

## Szójegyzék

- Asztronauta - A maximum 6 fős marsi missziós csapat tagja
- Az eltöltött idő (évek, hónapok, hetek, napok) földi idő szerint van.
- Bázis/Marsbázis - A projekt végterméke, az az építmény, mely a Marsra kerül és a Marson fognak benne lakni emberek a missziók időtartama alatt
- Blokkok - A Marsbázis egyes nagyobb komponensei vagy szobái
- ISS - International Space Station
- Mars – A Naptól a negyedik bolygó, és a második legkisebb bolygó a Naprendszerben
- Marsi körülmények - Marson található természeti körülmények, mint légkör, gravitáció, kémiai összetétel stb, tehát minden tényező összessége mely a Mars bolygón hatásba kerülhet a bázissal és annak minden egységével és használatával, beleértve:
  - az átlagos  $-63\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletet, és a lehetséges ingadozást  $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$  és  $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$  között, a bázist érő kozmikus sugarakat.<sup>1</sup>
  - Atmoszféra összetétele: Széndioxid 95.7%, Nitrogén 2.7%, Argon 1.6%, Oxigén 0.13%
  - Átlagos sűrűség  $3,933\text{ g/cm}^3$
  - Felszíni gravitáció  $3,71\text{ m/s}^2$
  - Felszíni gravitáció az egyenlítőnél  $3,7\text{ m/s}^2$
  - Szökési sebesség  $5,027\text{ km/s}$
  - Sziderikus forgásidő  $1,025957\text{ nap}$  ( $24,622962\text{ óra}$ )
  - Forgási sebesség  $868,22\text{ km/h}$
  - Felszíni nyomás  $0,7\text{--}0,9\text{ kPa}$
- Mars-járó - A Mars-járó projekt részeként előállított végtermék, a Marson közlekedő jármű.
- Teljes marsi missziók időtartama - 1 év
- Űrséta – A Mars felületén történő séta.

## Érdekelt felek

- NASA
- A Mars-járó csapat
- Az ellátmány űrhajó csapata

---

<sup>1</sup> <https://www.weather.gov/fsd/mars>

# Követelmények

## Követelmények számozása és felépítése

Minden követelményt azonos módon definiálunk, egy egyedi azonosítóval és a követelmény szöveges leírásával. A követelmények egyedi azonosítására a következő formátumot használjuk:

- **A\_ID**, ahol A a követelmény terület, ID pedig a követelmény azon belüli egyedi azonosítója

A követelmény területek megkülönböztetésére használt azonosítók:

- **M** - A mérföldkövekkel kapcsolatos követelmények
- **B** - Rendszerkövetelmények
- **P** - Termékkövetelmények
- **A** - Asztronauták
- **R** - A Mars-járó csapat követelményei
- **U** - Az ellátmány űrhajó csapat követelményei
- **S** - Biztonság

## A tervezés és megvalósítás mérföldkövei

- **Előkövetelmények:** Egyes szakaszok elkezdésének előkövetelménye az azt megelőző mérföldkő teljes mértékű megvalósítása.
- **Design terv:** Ebben a mérföldkőben készülnek el a Mars-bázis részletes tervei. Időtartam: 3 év.
- **Prototípus 1:** Ebben a mérföldkőben a Mars-bázis alap funkcionalitásai készülnek el. Időtartam: 3 év.
- **Prototípus 2:** Ebben a mérföldkőben a Marsbázis specifikációit szűkítjük, hibákat kijavítunk. Időtartam: 2 év.
- **Földi teszt:** Ebben a mérföldkőben már a kész Marsbázist teszteljük a Földön és szükség esetén hibákat javítunk. Időtartam: 1 év.
- **Marsra szállítás:** Ebben a mérföldkőben szállítjuk a Marsbázist a Marsra. Időtartam: 4 év.

Azonosító	Leírás
M_01	<p>A <b>Design terv</b> során el kell készülnenek:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a Marsbázis részletes tervei, beleértve a látványterveket is</li> <li>• a megépítés ütemterve</li> <li>• a karbantartási útmutatója</li> <li>• a Marsbázis felhasználói útmutatója</li> </ul>
M_02	<p>A megépítési ütemtervet, a karbantartási útmutatót és a felhasználói útmutatót minden mérföldkő során történt változásokhoz kell igazítani, és az újdonságokkal ki kell egészíteni.</p>

<b>M_03</b>	<p>A <b>Prototípus 1</b> mérföldkő végére a következő feltételek kell teljesülniük a Marsbázisra:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ebben a stádiumban a minimális használati élettartam követelménynek a Marsbázisnak nem kell megfelelnie.</li> <li>• A Marsbázis összes komponense a specifikált térfogatoknak és súlyoknak 30%-os eltérési határértékeken belül megfelel és működőképes.</li> <li>• A Mars-járóval való dokkolás működik.</li> <li>• A Mars-járóval és az Ellátmány űrhajóval tud kommunikálni a Marsbázis.</li> </ul>
<b>M_04</b>	<p>A <b>Prototípus 2</b> mérföldkő végére a következő feltételeknek kell teljesülniük a Marsbázisra:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A Marsbázis megfelel a térfogat- és súly specifikációknak.</li> <li>• A Marsbázis összes komponense a specifikált térfogatoknak és súlyoknak 0.1%-os eltérési határértékeken belül megfelel és működőképes.</li> <li>• Közel teljesen kielégítik a követelményeket, viszont ezen a pontok még fordulhatnak elő kisebb hibák a bázisban.</li> </ul>
<b>M_05</b>	<p>A <b>Földi teszt</b> mérföldkő végére a Mars-bázis minden specifikációnak meg kell feleljen, a Mars-bázis tesztelve kell legyen a Földön, illetve készen kell álljon a szállításra és kitelepítésre.</p>
<b>M_06</b>	<p>A <b>Marsra szállítás</b> mérföldkő végére a Marsbázisnak a Marson telepítve kell lennie.</p>

## Rendszerkövetelmények

<b>Azonosító</b>	<b>Leírás</b>
<b>B_01</b>	A Mars-bázis olyan anyagokból kell készüljön, melyek ellen tudnak állni minden Marsi körülménynek.
<b>B_02</b>	A Mars-bázisnak fizikailag kell tudnia csatlakozni a Mars-járóhoz, hogy ki-beszállás történhessen, anélkül, hogy az asztronauták kilépnének a marsi körülményekre.
<b>B_03</b>	Az asztronauták vihetnek magukkal egy kézipoggyász méretű csomagot (50kg/fő), ezt nem kell külön szobában tárolni. Tárolószekrények biztosítását kell megoldani.
<b>B_04</b>	A Marsbázis két tárolórendszert kell biztosítson: egy <b>tudományos raktárt</b> , és egy <b>ellátmány + pótalkatrész + élelmiszertároló raktárt</b> .
<b>B_05</b>	A bázisnak nem kell újrahasznosíthatónak lennie. Megfelelő karbantartás mellett a minimum működési élettartam 10 év.

<b>B_06</b>	A Marsbázisnak rendelkeznie kell egy <b>laboratóriummal</b> , ahol lehet kutatásokat végezni.
<b>B_07</b>	A Marsbázis összeszereléséhez használható emberi tényező, de ezt minimalizálni kell.
<b>B_08</b>	Az űrhajósokat érkezéskor egy kész Marsbázis kell, hogy fogadja. Beüzemelési folyamatokat végrehajthatnak a Marsbázison.
<b>B_09</b>	A Marsbázis olyan területen kell legyen telepíthető, ahol 2%-nál nem nagyobb a lejtése a területnek, az egyenlőtlenségeket állítható magasságú lábakkal kell kiküszöbölje.
<b>B_10</b>	A Marsbázist 10 körben fel kell vinni a Marsra, a következő kapacitású szállítóeszközzel: <ul style="list-style-type: none"> <li>• tömeg: 20 tonna,</li> <li>• méret: 8 m átmérőjű, 15 m hosszú henger.</li> </ul>
<b>B_11</b>	A Mars-bázisnak 300 km-es hatótávolságú, maximum 5 másodperces késleltetésű rádiójellel kell tudnia kommunikálni az Ellátmány űrhajóval és a Mars-járókkal. A korábbi Marsra szánt projektekhez tartozó robotokkal nem kell kommunikálnia.
<b>B_12</b>	A Mars-bázisnak közbülső állomásokon történő rádióátjátszással kell tudnia kommunikálnia az ISS-szel és a NASA Földi bázisaival. A kommunikációs késés a várt 4 és 24 perc közötti intervallumba kell hogy essen. <sup>2</sup>
<b>B_13</b>	Az energiaellátás megoldására a következő rendszerek kiépítését kell megvalósítani <ul style="list-style-type: none"> <li>• napelemek,</li> <li>• termonukleáris erőmű,</li> <li>• tartalék akkumulátorok.</li> </ul>
<b>B_14</b>	Vízzel a következő blokkokat kell ellátni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• konyha,</li> <li>• higiéniai blokk,</li> <li>• labor,</li> <li>• növénytermesztő blokk.</li> </ul> <p>A Mars-járó működéséhez nem kell vizet felhasználni, a működéséből származó víz mellékterméket viszont vissza lehet vezetni a közös vízelosztóba.</p>

<sup>2</sup> <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/space-communications-7-things-you-need-to-know>

	A víz tárolásának korlátozott lehetőségei miatt a vízzel a lehetőségekhez mérten spórolni szükséges.
--	--

## Termékek követelményei

A bázis csillag topológia szerint lesz felépítve. A különböző blokkok a következő módon lesznek elhelyezve:

- A csillag topológia közepén lesz **közösségi tér**, belőle fognak nyílni a többi szobák.
- A két zsilip (a **Mars-járó csatlakoztató híd** és a **bejárati zsilip**) átellenes oldalon legyen.
- A raktárhelyiségek (**tudományos raktár**, **ellátmány + pótalkatrész** + **élelmiszer tároló raktár**) egymás mellett lesznek, átellenesen a **háló blokkokkal**.
- A háló blokkok, **hálókapszulák** mellett lesznek a higiéniai blokkok.
- A raktárhelyiségek mellett lesz a Mars-járó csatlakoztató zsiliphíd, hogy a Mars-járóból könnyen lehessen behozni dolgokat a raktárakba.
- A Marsbázisban legyen egy **növénytermesztő blokk** is.
- Egy **csatlakoztató hely** szabadon lesz hagyva, hogy a jövőben bővítési szándékkal **két csillag topológiát** össze lehessen kötni.

Azonosító	Leírás
P_01	A közösségi térben 18-25 °C hőmérsékletet kell biztosítani. A közösségi tér szeparálható kell legyen egy kisebb és egy nagyobb térre, ahol két csapat egyszerre két külön megbeszélést tud tartani. A két tér között az arány 1/2 legyen. A közösségi térben a következő komponensek kell legyenek: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A nagyobb terembe a <b>konyha</b> tartozzon bele.</li> <li>• A kisebb teremben egy opcionálisan <b>lenyitható edzőterem</b> legyen.</li> </ul>
P_02	A <b>konyhában</b> 18-25 °C hőmérsékletet kell biztosítani, és legyen bevezetve a víz. A konyha a következő funkcionalitásokkal kell rendelkezzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehessen vízzel felönteni ételt.</li> <li>• Lehessen mosogatni.</li> <li>• Lehessen ételt melegíteni.</li> <li>• Lehessen ételt készíteni. (Ehhez szükséges elemek biztosítása, mint például sütő.)</li> </ul>
P_03	Az <b>edzőteremben</b> 18-25 °C hőmérsékletet kell biztosítani. Az asztronauták képesek legyenek megfelelő erőnlétben tartani magukat, így lennie kell kardio berendezésnek (mint például futópad, vagy szobabicikli).
P_04	A <b>higiéniai blokkokban</b> 18-25 °C hőmérsékletet kell biztosítani és vizet kell bevezetni. Két higiéniai blokk a következőkből álljon: <ul style="list-style-type: none"> <li>• egy együttes zuhany-wc egység (1 db zuhanyzó, 1 db wc elég),</li> <li>• egy csak wc egység külön. (1 db wc elég).</li> </ul> A két blokknak a hálóblokkból és a közösségi térből is elérhetőnek kell lennie.



<b>P_05</b>	<p>A <b>hálóblokkban</b> 18-25 °C hőmérsékletet kell biztosítani. A hálóblokk a következő komponenseket kell tartalmazza:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 hálókapszula <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Minden hálókapszula 1x1x2.5 m méretű legyen</li> </ul> </li> <li>• Tárolószekrények, az asztronauták vihetnek magukkal egy kézipoggyász méretű csomagot (50kg/fő), ennek tárolását kell megoldani.</li> <li>• A higiéniai blokkok mellett helyezkedjen el.</li> </ul>
<b>P_06</b>	<p>A <b>laborban</b> 18-25 °C hőmérsékletet kell biztosítani, illetve be kell vezetni a vizet. A labor a következő tevékenységekre lehetőséget kell biztosítson:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• közetanalízis,</li> <li>• kémiai reakciók vizsgálata,</li> <li>• közetminták darabolása 20 cm<sup>3</sup> méretű kockákra,</li> <li>• címkézés,</li> <li>• fizikai formázás, mint például fúrás, vágás.</li> </ul>
<b>P_07</b>	<p>A <b>tudományos raktárban</b> majdnem marsi, de minimum 5 °C hőmérsékletet kell biztosítani. Ez a raktár legyen külön az <b>ellátmány tárolótól</b>. A tudományos raktár 10 m<sup>3</sup> tárhelyet kell biztosítson a közetek tárolásához.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Közel kell elhelyezni a Mars-járó csatlakoztató zsiliphídhöz és a laborhoz.</li> </ul>
<b>P_08</b>	<p>Az <b>ellátmány tároló</b> megfelelő körülményeket biztosít az élelem tárolásához. Az ellátmány tárolóban lehessen tárolni a következőket:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marsbázis pótalkatrészei karbantartáshoz szükséges elemek,</li> <li>• Életminőség biztosítására szolgáló ellátmányok,</li> <li>• Mars-járó pótalkatrészei,</li> <li>• Élelmiszer.</li> </ul> <p>Az ellátmány rakéta negyedévente érkezik, viszont egyedi kérést csak másfél év alatt tudnak feldolgozni. Így a raktár leltárát ehhez kell igazítani.</p>
<b>P_09</b>	<p>A <b>növénytermesztő</b> hőmérséklete szabályozható kell legyen 5-25 °C között és üvegház szerű környezetet kell biztosítani. A növénytermesztőbe be kell vezetni a vizet.</p>
<b>P_10</b>	<p>A Marsjárókba történő be- és kiszállásra a Marsbázison belül (garázs formájában) nincs lehetőség. E helyett egy <b>zsiliphíd szolgáltat</b> lehetőséget</p>
<b>P_11</b>	<p>A Marsbázisból az <b>Ellátmány úrhajóba</b> történő beszállásra nincs lehetőség. Az ellátmány úrhajó messzebb helyezkedik el, és csak kommunikációs kapcsolatot kell biztosítani.</p>
<b>P_12</b>	<p>Az úrséta indításához, a Marsbázisból a Mars felszínére történő kijutás <b>Úrséta-zsilipen</b> keresztül történik. Ez a Mars-járó zsiliphídhöz képest a Marsbázisban átlennesen helyezkedjen el.</p>

<b>P_13</b>	<p><b>Marsjáró-zsiliphíd</b> egy vertikális kiküszöbölésre szolgáló vezérelhető folyosó, mely segítségével csatlakoztatható lesz a marsjáró a bázishoz, így ezen keresztül az asztronauták mozoghatnak a kettő között.</p> <p>A hídnak a csatlakoztatáson kívül azzal párhuzamosan el kell látniuk Mars-járó töltését is, tehát ezzel fel kell tudniuk tölteni az akkumulátorokat és szükség esetén a hiányzó vizet is tudják pótolni a marsjáróból.</p> <p>Lehessen ürsétára való kimenésre is használni.</p>
<b>P_14</b>	<p><b>Marsjáró töltését</b> biztosítani kell a bázis energia és belső víz rendszeréből, így a zsilip híddal történő csatlakozással párhuzamosan tölthető legyen a csatlakoztatott jármű, energia (áram) és víz tartalékai.</p> <p>Ezzel párhuzamosan is biztosítható legyen a másik jármű töltése zsiliphídtól teljesen függetlenül.</p>
<b>P_15</b>	<p>Szimpla bomlásos <b>termonukleáris erőműnek</b> külön egységként kell megvalósulnia, nem csatlakoztatva közvetlenül a bázishoz, de onnan vezérelhető legyen. Az erőművet 20 m-es távolságban, megfelelő árnyékolással kell elhelyezni.</p> <p>Az erőműnek több blokkból kell állnia, amelyek közül ha az egyik elromlik, akkor a többinek funkcionálnia kell.</p>
<b>P_16</b>	<p><b>Blokkok elválasztásához</b> nem szükséges csatlakoztató folyosókat biztosítani hanem 1 zsilip ajtó elegendő.</p>

## Stakeholder követelmények

### A Mars-járó csapat követelményei

Azonosító	Leírás
<b>R_01</b>	A két Mars-járó maximum 200 km távolságra megy el a Marsbázistól.
<b>R_02</b>	Kommunikációs csatornát kell biztosítani a marsjárók és a bázis között, lehetőséget kell biztosítani külön-külön és a marsjárókkal egyszerre történő kommunikációra. 300 km távolságra is képesnek kell lenni kommunikálni, hogy megmaradjon a kapcsolat, ha a marsjáró elhagyja a bázis 200 km-es körzetét.

<b>R_03</b>	Kell egy <b>dokkoló híd</b> mely kiegyenlíti a vertikális különbségeket, átjárót képez a bázis és a jármű között, ugyanakkor biztosítja az űrhajósok és a rakomány biztonságos közlekedését. Tehát megfelelően kell kapcsolódnia a járműhöz.
<b>R_04</b>	<p><b>Marsjáró töltését</b> biztosítani kell a bázis energiarendszeréből, így a dokkoló híddal történő csatlakozással párhuzamosan tölthető legyen a csatlakoztatott jármű energiatartaléka.</p> <p>Ezzel párhuzamosan is biztosítható legyen a másik jármű töltése zsiliphídtól teljesen függetlenül.</p>

### Az Ellátmány űrhajó csapatának a követelményei

<b>Azonosító</b>	<b>Leírás</b>
<b>U_01</b>	Kommunikációs csatornát biztosít az űrhajó és a bázis között, amin lehetőséget kell biztosítani a mérési adatok pontos átvitelére.
<b>U_02</b>	Az űrhajó töltését nem kell a Marsbázisról biztosítani.
<b>U_03</b>	Az űrhajó negyedévente <b>érkezik</b> új szállítmánnyal, viszont egyedi kérelmet másfél év átfutással tudnak kiszolgálni.

## Kockázatelemzés

Esemény	Súlyosság (1-10)	Valószínűség (0-100%)	Megoldás/alternatíva - ha van
Minden külső zsilip meghibásodott.	5	0.2%	Egy szoba leválasztásával helyettesíthető a meghibásodott külső zsilip a helyiségek közötti zsilipajtóval.
A termonukleáris erőmű nem biztosít áramot.	8	1%	Az erőmű javításáig kiegészítő akkumulátorokkal kell biztosítani az ellátást.
Zsilip híd elromlik és nem tudunk csatlakozni a Mars-járó járműhöz.	3	0.3%	Az űrsétára szolgáló zsilipet használva kimehetünk a Mars felszínére, és onnan a Mars-járóba.
Az űrsétára szolgáló zsilip elromlik.	1	0.1%	A Mars-járóhoz szolgáló zsilipen keresztül kimehetünk a Mars felszínére.
Növénytermesztő egység elromlik, és nem tudunk élelmiszert termelni.	6	0.3%	Külön kéressel, rendelhetünk a Ellátmányszállító rakétát, és a hátralévő másfél évig be kell osztani a raktárban lévő élelmiszereket.
Vízkészlet meghibásodás (például megfertőződés, szennyeződés)	8	0.1%	-
Légszűrő meghibásodás	9	0.1%	-