

Schuminszky Nándor\*

# Verseny a Holdért. Az Apollo program – 50 év után **I. rész**

## A holdutazás kulcsa a Saturn hordozórakéta-család

„Min fog átesni az első amerikai űrhajós a Holdon?” – hangzott el a kérdés a korabeli pesti viccben. „Szovjet vámvizsgálaton!” – volt a válasz, és az 1960-as évek közepén még úgy tűnt, hogy a viccből valóság lesz. Az első műhold, az első élőlény, az első ember, az első többszemélyes űrhajó a világűrben, az első űrséta sikeres végrehajtása, mind-mind a Szovjetunió elsőségét jelentette az űrversenyben. Nem kevésbé sikeresen alakult számukra a Hold automata szondákkal való elérése, hiszen az első három amerikai Pioneer-űrszonda kudarcával szemben, a Luna-1 már 6000 km-nyire közelítette meg a Holdat 1959-ben. A Luna-9 simán le is szállt a Hold felszínére 1966 januárjában, az amerikai Surveyor-1 csak négy hónap múlva követte.

### HÁROM LEHETŐSÉG

A Vosztok, illetve a Mercury-program 1963-as lezárása után egyértelműen kínálkozott a következő cél, a Hold meghódítása. Ennek elérésére azonban az eddigieknél nagyságrenddel nagyobb teljesítményű hordozórakétára és új űrhajó építésére volt szükség. Magára a holdutazásra három megoldás jöhetett szóba.

- Az első változat szerint egy hatfokozatú óriásrakétával mentek volna közvetlenül a Holdra. Ekkor semmilyen közbülső manőverre – pl. összekapcsolás – nem lett volna szükség. A 8 millió kN tolóerejű Nova-rakéta tervét azonban elvetették, mert kétséges volt egy ilyen gigantikus méretű – a Saturn-V-nél is jóval nagyobb –

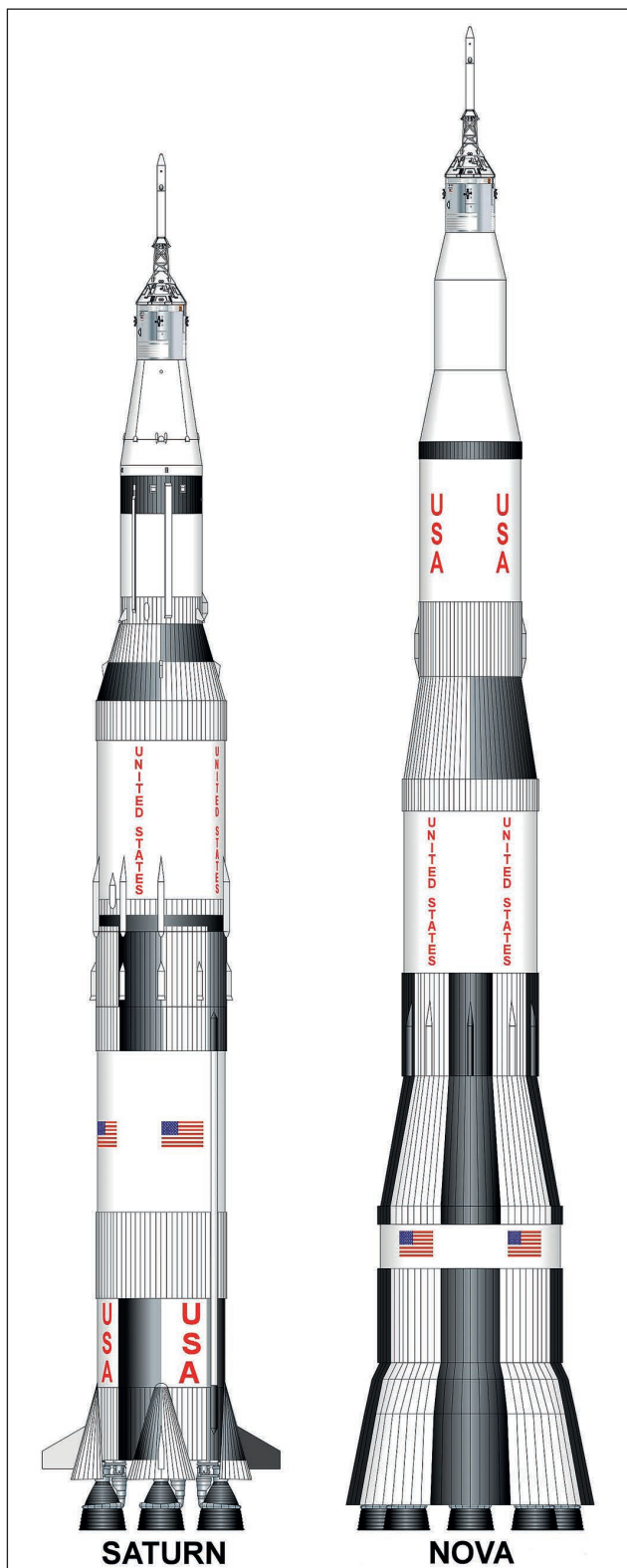
**ÖSSZEFOGLALÁS:** Az ötven évvel ezelőtt, a XX. század '60-as éveinek végén megvalósult holdutazások kulcsa a korábbiaknál nagyságrenddel nagyobb hordozórakéta kifejlesztése volt, ami biztonsággal a Hold felé vezető pályára állíthatta az Apollo űrhajókat. Az épp hatvan évvel ezelőtt alapított NASA, 1961–1968 között a feladat egy részét teljesítette a Saturn hordozórakéta-család, illetve a Saturn V rakéta megalkotásával – embereket juttatott Hold körüli pályára. A sikerhez azonban kudarcok és tragédiák sora vezetett.

**ABSTRACT:** The key to the journeys to the Moon realized fifty years ago at the end of the 60s of the 20th century was the development of a carrier rocket of magnitude higher than the previous one, which was able to place safely the Apollo spacecraft into the trajectory towards the Moon. With creation of the Saturn carrier rocket family and namely the rocket Saturn V, NASA established just 60 years ago performed a part of the task between 1961 and 1968 – put human beings into a lunar orbit. However, success was accompanied by failures and tragedies.

**KULCSSZAVAK:** Hordozórakéta, Saturn, Apollo, Űrhajózás, Holdutazás

**KEY WORDS:** carrier rocket, Saturn, Apollo, astronautics, moon flight

\* Magyar Asztronautikai Társaság ORCID: 0000-0001-7947-8645



1. ábra. A Saturn-V és a Nova méretarányos összehasonlítása

szerkezet építése, a költségekről és az üzemeltetés nehézségeiről nem is beszélve (lásd a 2. ábrát). A Novát – eredetileg Juno-V néven – úgy tervezték, hogy 453 tonnás hasznos terhet lett volna képes alacsony Föld körüli pályára juttatni. Ez már elégséges volt egy Mars-expedíció indításához is. A tervet Eisen-

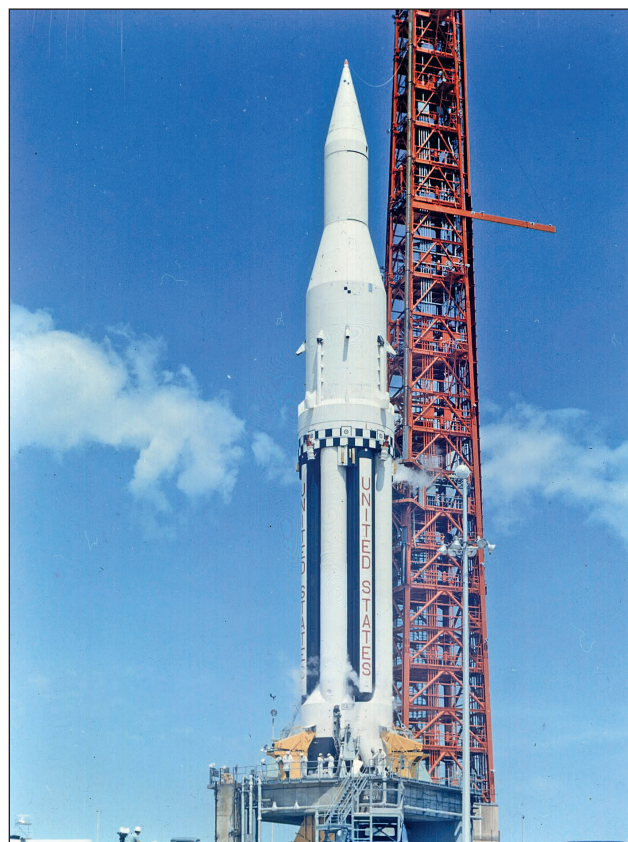


2. ábra. A nyolc darab H-1-es hajtómű elhelyezkedése a Saturn-I első fokozatán (NASA)

hower elnök 1959. január 27-én írta alá. Végül a harmadik változat kapott zöld utat, a Nova tervet 1964-ben törölték.

- A második változatban két rakéta indítására került volna sor. Az elsővel a személyzetet, a másodikkal a hajtóanyag utánpótlását tervezték Föld körüli pályára állítani, ahol végrehajtották volna az első rakéta feltankolását. Az űrhajósok azután indulhattak a Hold felé. Ezt a tervet azért vetették el, mert nagyon bonyolult manőverekre lett volna szükség, és az ahhoz szükséges berendezéseket nem tudták volna az elsőség megszerzéséhez szükséges, rövid határidőre kifejleszteni.

3. ábra. Az utolsó Saturn-I (Block-I) az indítóhelyen (NASA)





4. ábra. Kennedy elnök hat nappal halála előtt tett látogatást Cape Canaveral 37-es startkomplexumánál, ahonnan a Saturn-I rakétákat indították. Wernher von Braun, az amerikai rakéta-program egyik vezetője magyarázza számára a részleteket; előttük az első, aktív 2. fokozattal ellátott Saturn-I rakéta makettje látható (NASA)



5. ábra. Saturn-I (Block-II) az indítóhelyen (NASA)

6. ábra. 1964. január 29. Startol a Saturn SA-5 (NASA)

- A harmadik változat szerint egy óriásrakéta viszi fel az űrhajókomplexumot Hold körüli parkoló pályára, ahonnan egy kisebb részegységgel, a holdkompdal szállnak le a Hold felszínére.

E változatok az amerikai tervek nyomán váltak ismertté, de ma már tudjuk, hogy a szovjet szakemberek is ugyanezeket a megoldásokat töprengték. Megjegyzem, hogy mindkét űr nagyhatalom a második változatot sem vetette el, csak tartalékba helyezték arra az esetre, ha a tervezett határidőre – amellyel még megszerezhető az elsőbbség – nem készülne el a Holdra szállás megvalósításához szükséges rakéta. A Szovjetunióban és az Egyesült Államokban egyaránt ezt tekintették a siker kulcsának. Az új űrhajók megjelenéséig a meglévő két típust – Vosztok, Mercury – fejlesztették tovább; a Szovjetunióban a Voszhoz (Napfelkelte), az Egyesült Államokban pedig a Gemini (Ikrek csillagkép) elnevezést kapták.

### A KENNEDY-BESZÉDTŐL AZ APOLLO-1 TRAGÉDIÁJÁIG

A Holdra szállási verseny 1961. május 25-én indult, amikor John Kennedy amerikai elnök elmondta híres kongresszusi beszédét, amelyben így fogalmazott: „Úgy döntöttünk, hogy még ebben az évtizedben elmegyünk a Holdra, és véghez visszük a többi dolgot is, nem azért, mert könnyűek lennének, hanem éppen azért, mert nehezek”.

Az Apollo-program témagazdja a NASA (National Aeronautics and Space Administration – Nemzeti Légügyi és Űrhajózási Igazgatóság) volt, amelyet Washingtonban, a NACA (National Advisory Committee for Aeronautics –





7. ábra. Az 1960-as évek derekán már Föld körüli pályára vitték az Apollo BP űrkabinokat, hogy tényleges repülési körülmények között tesztelhesék a visszatérési és leszállási folyamatot. Az utolsó három repülésen az Apollo BP mellett, a mikrometeoritok észlelésére alkalmassá alakították át a Saturn-IV fokozatot (NASA)

Nemzeti Légügyi Tanácsadó Bizottság) utódintézményeként 1958. október 1-én alapították. Az Egyesült Államokban egy sor rendkívül széleskörű tudományos és kísérleti bázist hoztak létre, amelyek az űrkutatás szinte minden területét átfogták. Megjegyzem, hogy 1968-ban, amikor az Apollo-program munkálatainak dandárját végezték, a NASA vezetésével mintegy 25 000 kutatóintézet, laboratórium, vállalat és cég vette ki a részét a feladatokból. Ebben az időszakban összesen, mintegy 400 000 ember dolgozott a program megvalósításában. A fontosabb intézmények és működési területük összefoglalása:

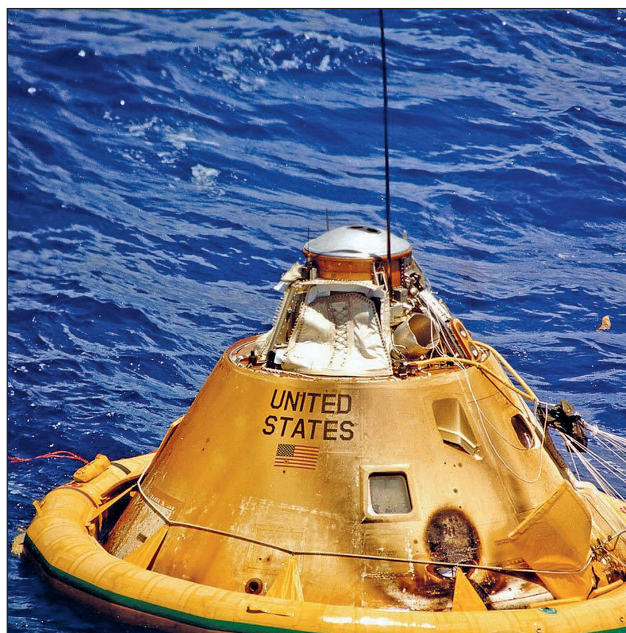
- Ames Research Center (Kalifornia) – alap kutatások a szuperszonikus és hiperszonikus repülőeszközök terén, tudományos célú műholdak és űrrakéták fejlesztése;
- Dryden Flight Research Center (Kalifornia) – a szuperszonikus és hiperszonikus repülés és űrrepülés, valamint az űrbiológia problémáinak vizsgálata, siklóernyők fejlesztése;
- Electronic Research Center (Massachusetts) – elektronikai eszközök, híradástechnikai berendezések, adatfeldolgozás, irányító berendezések fejlesztése és gyártása;
- Goddard Space Flight Center (Maryland) – űreszközök pályadatainak ellenőrzése, űrkutatási és csillagászati kutatások irányítása;
- Jet Propulsion Laboratory (Kalifornia) – a Hold, a Mars és más égitestek kutatása, a nagy távolságokon működő űreszközökkel való kapcsolattartás. (Érdekes-

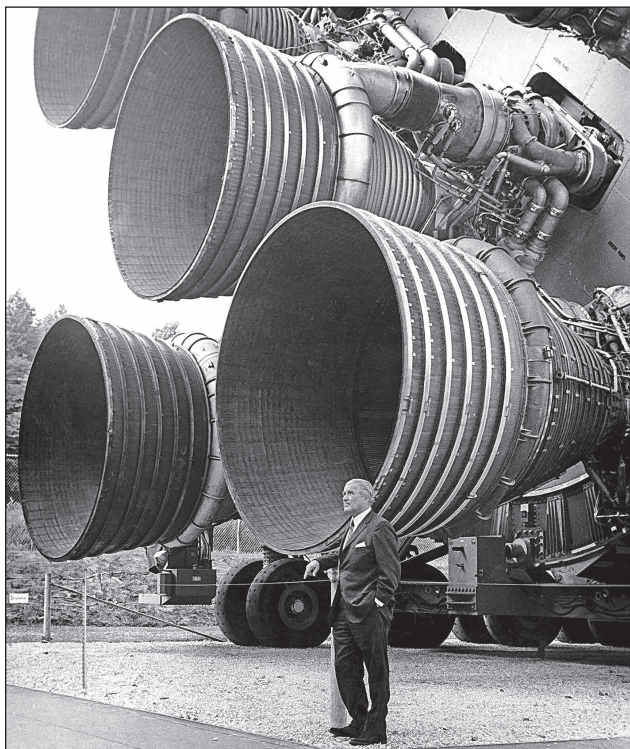


8. ábra. Az első „igazi” Apollo űrhajó szuborbitális pályán repült, 1966. február 26-án (NASA)

ség, hogy a JPL-t a helyi Műszaki Egyetem keretében, 1938-ban Kármán Tódor alapította és első igazgatóként 1944-ig vezette, de ugyancsak itt dolgozott – 30 éven át – Bejczy Antal mérnök, robotkonstruktor, aki legutoljára a Sojourner, a sikeres marsautók egyikének tervezésében is részt vett.)

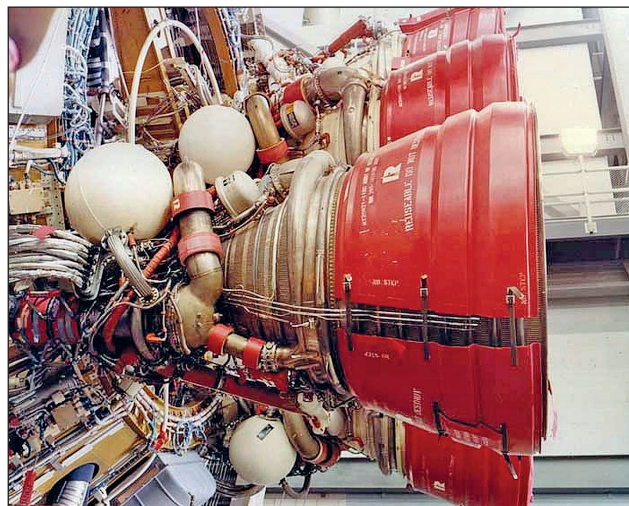
9. ábra. Az AS-202-es kísérlettel befejeződött a teszt sorozat, következhetett az Apollo űrhajó pilótás berepülése (NASA)



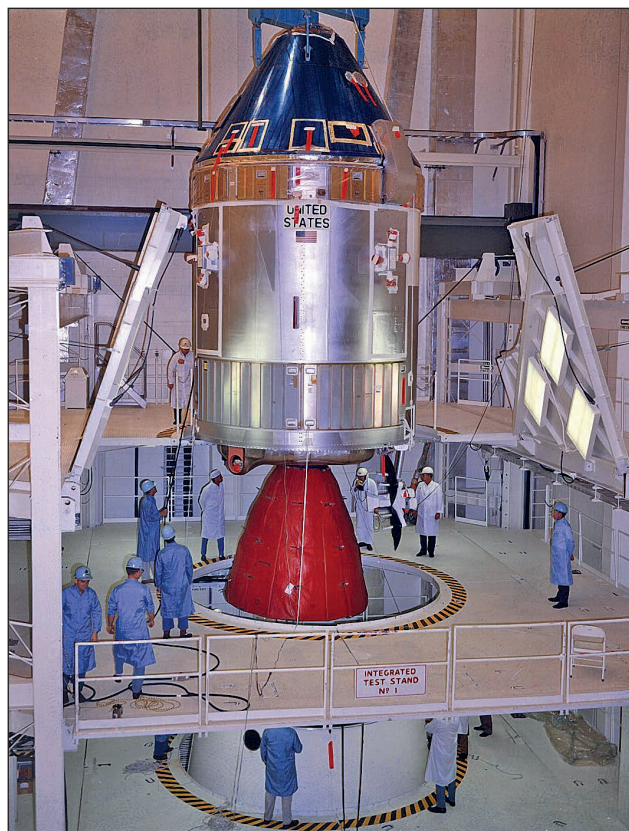


10. ábra. Az 1. fokozat „melegebbik” vége. A hajtóműveknél Wernher von Braun áll (NASA)

11. ábra. Az F-1-es hajtómű ma már történelem. A fotón a Kennedy Űrközpontban kiállított példány látható



12. ábra. A 2. fokozat J-2-es hajtóművei (NASA)



13. ábra. Az Apollo CSM a szerelőcsarnokban (NASA)

- Johnson Space Center (Texas) – űreszközök tervezése, gyártása és kipróbálása, űrhajósok kiválasztása és képzése, valamint az emberes űrrepülések irányítása;
- Kennedy Space Flight Center (Florida) – hordozórakéták összeszerelése, űreszközök, rakéták indítása;
- Langley Research Center (Virginia) – elméleti és kísérleti repülésmechanikai kutatások, légi- és űreszközök műszereinek tervezése, szilárd hajtóanyagú rakéták és torlósugár-hajtóművek gyártása;
- Lewis Research Center (Ohio) – rakétahajtóművek fejlesztése, magas hőmérsékletet tűró anyagok kutatása;
- Marshall Space Flight Center (Alabama) – nagy méretű kozmikus rakéták gyártása, távlati tervezés;



14. ábra. A Saturn-V-Apollo szerelvény elhagyja a világ legnagyobb tégofatú épületét, a VAB csarnokot (NASA)

– White Sands (Új-Mexikó) – Apollo űrkabinok földi, és kis magasságú repülési vizsgálata, valamint a mentőrendszer próbái.

Az eredetileg tervezett 14 Apollo-repülés helyett – elsősorban gazdasági megfontolásból – csak 11 valósult meg;

15. ábra. Az eredetileg megépített 3 MLP három indítóhelyre vihette volna ki a szerelvényeket. Végül csak a 39/A és a 39/B épült meg, a 39/C nem. 1981 óta innen indították az űrrepülőgépeket is (NASA)



7 űrhajó indult a Holdra, de csak 6 volt sikeres. 1969 és 1972 között összesen 12 ember szállt le a Holdra.

Kennedy elnök beszéde után öt hónappal, 1961. október 27-én már fel is dübörögtek az első Saturn-I rakéta hajtóművei Cape Canaveralen. Kilencperces repülés után zuhant az Atlanti-óceánba, a ballasztként több mint 70 tonna vizet szállító rakéta. Az inaktív második fokozattal ellátott Saturn-I még három alkalommal repült sikeresen, utoljára 1963. március 28-án.

1963 augusztusában megkezdődtek a majd két és fél évig tartó próbák az Apollo űrkabinnal és a mentőrendszerrel, a Little Joe-II nevű, szilárd hajtóanyagú hordozórakétával, White Sandsen. 1964. január 29-én startolt az aktív második fokozattal – Saturn-IV – ellátott, Saturn-I rakéta, SA-5 jelzéssel. Az SA-6-tól az SA-10 kísérletig kipróbálták az Apollo űrhajó modell változatait, amelyek a tényleges rendszerek egyes részeit is hordozták.

1966-ban már két alkalommal is repült a tényleges Apollo űrhajó, de csak szuborbitális pályán. A hordozórakéta mindkét esetben a Saturn-IB volt. A pálya visszatérő szakaszán az űrkabinok elérték a 29 000 km/h-s sebességet (AS-201 és AS-202). A pilótás berepülés előtt (AS-203), július 5-én tartották a Saturn-IB rakéta utolsó próbáját. Ekkor nem volt űrkabin a rakéta tetején, csak a folyékony hidrogén állapotát vizsgálták tévékamerás közvetítéssel a Saturn-IVB fokozatban.

### A SATURN-I RAKÉTA

Az Apollo űrhajó próbasorozatánál, a tényleges repülési körülmények közötti vizsgálatokhoz használták. Két válto-



zatban készült, amelyek abban különböztek egymástól, hogy a Block-I-est nem látták el funkcionális második fokozattal.

A Chrysler Corporation által gyártott Saturn-I első fokozata (S-I) 9 darab alumínium lemezekből készült tartályt tartalmazott. A 15,2 méter hosszú és 2,67 méter átmérőjű központi egység (SLV Jupiter) köré csoportosították a többi; 8 darab, egyenként 14,9 méter hosszúságú és 1,78 méter átmérőjű tartályt (SLV Redstone). A tartályok közötti elosztócsövek tették lehetővé a hajtóművek egyenletes fogyasztását. A központi, valamint még négy másik tartályban folyékony oxigén volt, a maradék négyben pedig kerozin.

Az 1. fokozat meghajtásáról 8 darab, Rocketdyne H-1-es hajtómű gondoskodott, melyeket koszorúszerűen, két csoportban helyeztek el. A négy, központi hajtóművet merrelen, a négy külsőt pedig mozgathatóan szerelték fel. A tolóerő és az égési idő szabályozható volt minden egyes hajtóműre. Alapesetben a négy külső hajtómű 8 másodperccel hamarabb állt le a belsők előtt.

A 2. fokozat (S-IV) a Douglas Aircraft Corporationnál készült. Az 5,6 méter átmérőjű alumínium tartályba 6 darab Pratt & Whitney RL-10A-1-es hajtóművet építettek be.

A Block-I változatban a 2. fokozatot egy 45 tonnás ballaszt helyettesítette. További terhelésként még 40-45 tonna vizet is töltöttek bele, amelyet a felsőlégkörben szétfejekendeztek. Az 1. fokozat tolóereje 5872 kN volt, 149 sec névleges égési idővel.

A Block-II változatban az 1. fokozat tolóerejét 6690 kN-ra emelték. Ez maga után vont a hajtóanyag tömegének 381 tonnára való emelését. Külső változtatásként az 1.

fokozat négy nagy stabilizáló szárnyat kapott. A 2. fokozat 400 kN névleges (vákumban) tolóerőt biztosított.

### A SATURN-IB RAKÉTA

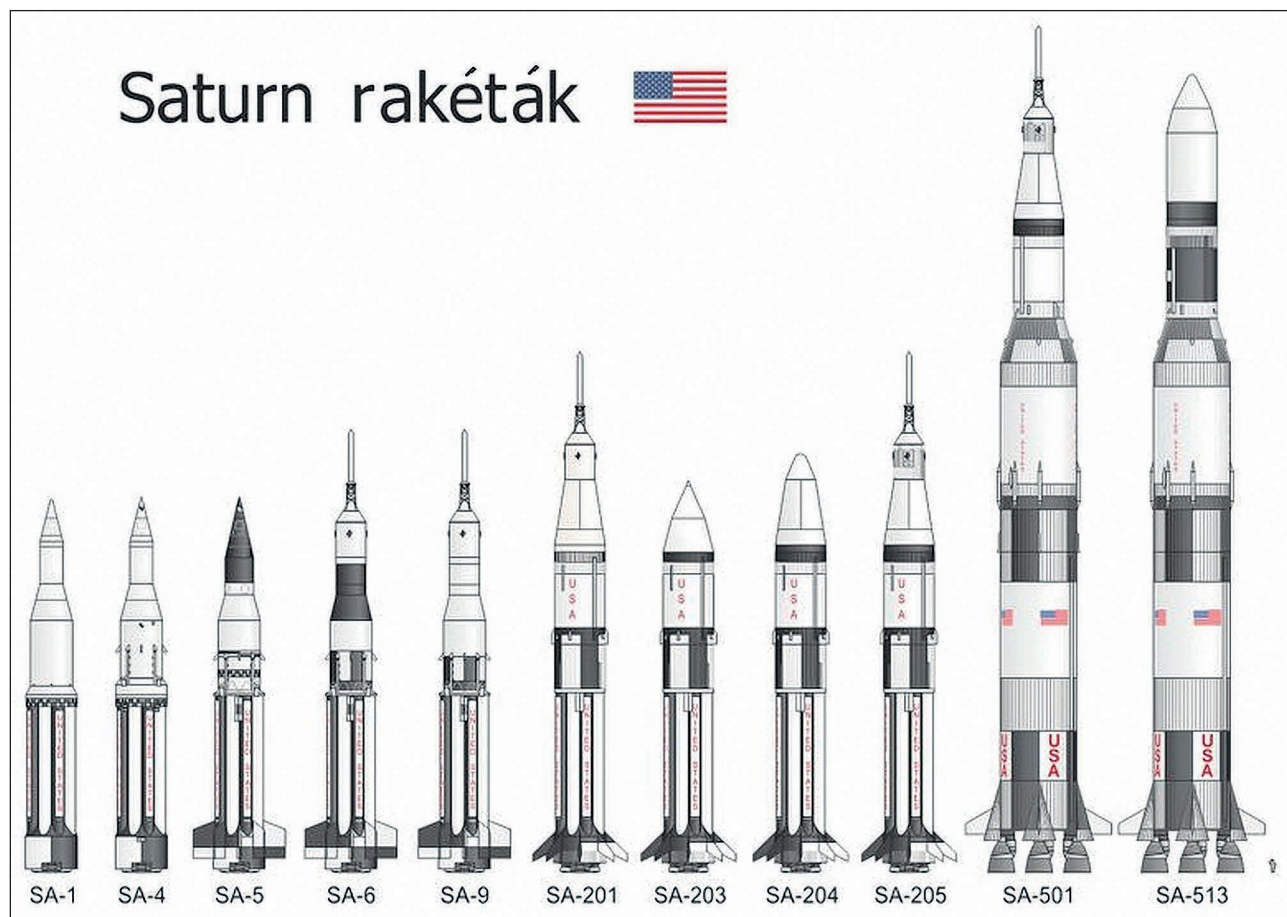
A Chrysler Corporation építette az 1. fokozatot, amely lényegében megegyezett a Saturn-I Block-II változatával. A könnyebb anyagok felhasználásával azonban 8,2 tonnával csökkent az üres tömege, és a stabilizációs szárnyak is kisebbek lettek. Ugyanakkor a 8 darab Rocketdyne H-1-es hajtóművének összes tolóereje 7117 kN-ra növekedett.

A Douglas Aircraft Corporation azonban egy teljesen új, kriogén 2. fokozatot épített, a 6,55 méter átmérőjű, S-IVB-t. A 6 darab RL-10-es kiváltására, a Rocketdyne egyetlen, kardánnal szerelt, 1000 kN tolóerejű hajtóművet épített be. A J-2-es változó tüzelőanyag-keverési arány mellett működött, és 471 másodperces névleges égési idő mellett a következő égési profilja volt:

1. táblázat

Égési idő (s)	Keverési arány	Tolóerő (kN)	Áteresztő képesség (t/s)
0-5	5,0	889,6	0,212
5-297	5,5	1000,8	0,240
297-471	4,7	822,9	0,195

16. ábra A Saturn-család (Historic spacecrafts)



Újdonság volt a 2. fokozat fölé helyezett 91 cm magas, mintegy 2 tonna tömegű műszerkomplexum.

### A SATURN-V RAKÉTA

A NASA 1962. január 25-én kelt szerződésében adott megbízást a holdutazáshoz szükséges hordozórakéta létrehozására. Az új, háromlépcsős Saturn C-5 első és második fokozatához kellett illeszkednie a Saturn-IB teljes felső részének (az első fokozat kivételével). Az S-IC nevű 1. fokozatban a Boeing Company – a hagyományos megoldást választva – elhagyta a hajtóanyag-tartályok kötegelését. A kerozin számára 750 köbméteres, a folyékony oxigén számára pedig 1250 köbméteres tartályt építettek be, a 42 méter hosszú és 10 méter átmérőjű, edzett alumínium-ötvözetből készült fokozatba.

Az 1. fokozat 5 darab, 5 méter magas és 3 méter átmérőjű, egyenként 8,6 tonnás, Rocketdyne F-1-es hajtóművet tartalmazott, összesen 34 478 kN elképesztő tolóerővel.

A középső hajtómű merev elrendezésével szemben, a négy külső F-1-es kardános megoldással járult hozzá a szükséges szabályozásokhoz. A külső hajtóműveket csak 29 másodperccel később kapcsolták ki a központi F-1-es üzemelése után. A North American Aviation Inc. hagyományos módon tervezte és alumíniumból készítette el az új második fokozatot (S-II). Öt darab Rocketdyne J-2-es hajtóművet építettek bele, amelyekből a külső négy szintén elforgatható volt. Ezeket 91 sec-mal a központi hajtómű leállása után kapcsolták ki. A J-2-es hajtóművek változó tüzelőanyag-keverési arány mellett működtek, és 388 másodperces névleges égési idő mellett a következő égési profiljuk volt:

#### 2. táblázat

J-2 (db)	Égési idő (s)	Keverési arány	Tolóerő (kN)	Áteresztő képesség (t/s)
5	0-5	5,0	1000,8	0,240
5	5-297	5,5	1032,0	0,248
4	297-388	4,8	876,3	0,210

Az első két fokozat szétválasztását 8 darab, szilárd hajtóanyagú rakétával oldották meg, amelyek összesen 2844 kN teljes tolóerőt biztosítottak 1 másodpercig. Bár az S-IVB fokozatot a műszeregységgel együtt maradéktalanul átvették a Saturn-IB-től, de a J-2-es hajtómű égési profilját azonban módosították:

#### 3. táblázat

J-2 (db)	Égési idő (s)	Keverési arány	Tolóerő (kN)	Áteresztő képesség (t/s)
1	0-358	4,8	876,3	0,210

A 3. fokozatra került rá – mint a Saturn-IB esetében is – a holdkomp az adapterével, az Apollo űrhajó (CSM), és legfelülre a mentőrendszer (LES).

(Folytatjuk)

### FORRÁSOK

- Aviacija i koszmonavtyika. 1990/7.;
- Baker, David: Apollo Hardware. Inventory and Disposition. Spaceflight, 16 (April 1974): p. 137-139.;
- Ember a Holdon. Az amerikai nagykövetség kiadványa, 1968.;
- Encyclopedia Astronautica. <http://www.astronautix.com/> [2018.06.20];
- Лунная авантюра, альтернатива была? (Kaland volt, vagy alternatíva?). <http://marsmeta.narod.ru/moonrase.html> [2018.06.20];
- Noszityel N1. [http://www.b14643.de/Spacerockets\\_1/East\\_Europe\\_2/East\\_Europe\\_2.htm](http://www.b14643.de/Spacerockets_1/East_Europe_2/East_Europe_2.htm) [2018.06.20];
- И.Б. Афанасьев: Неизвестные корабли, 1991. Ismeretlen űrhajók;
- Space Rockets, US Heavy Launchers [http://www.b14643.de/Spacerockets\\_2/United\\_States\\_1/USA.htm](http://www.b14643.de/Spacerockets_2/United_States_1/USA.htm) [2018.06.20];
- Almár Iván (főszerk.): Űrhajózási lexikon. Akadémiai és Zrínyi Kiadó, Bp., 1981.

### AZ APOLLO PROGRAMMAL KAPCSOLATOS RÖVIDÍTÉSEK

- AS – Apollo-Saturn.
- ASTP – Apollo Soyuz Test Project – Apollo Szojuz Vizsgálati Terv.
- BP – boiler plate – több-kevesebb valódi felszereléssel, berendezéssel ellátott, 1:1 méretarányú űrhajó modell.
- CM – Command Module – parancsnoki egység vagy modul, Apollo űrkabin
- CSM – Command (and) Service Module – parancsnoki (és) műszaki egység vagy modul, Apollo űrhajó.
- DM – Docking Module – dokkolóegység vagy -modul.
- LES – Launch Escape System – mentőrendszer.
- LH2 – folyékony hidrogén.
- LK – Lunnij Korabl (Лунный Корабль) – Holdra leszálló űrhajó, holdi űrhajó.
- LM – Lunar Module – holdkomp.
- LOK – Lunnij Orbitalnij Korabl (Лунный Орбитальный Корабль) – Hold körül keringő űrhajó, holdűrhajó.
- LOX – folyékony oxigén.
- LTA – Lunar Test Article – teszt holdkomp.
- L3 – Luna (Луна) – Hold.
- MLP – Mobile Launch Platform – mozgó indítóhely (indítópád).
- N1 – Noszityel – Носител (hordozó, hordár)
- N2O4 – nitrogén-tetraoxid.
- NK – a tervezőjéről (Nyikolaj D. Kuznyecov) elnevezett szovjet rakéta-hajtómű.
- OKB – Oritnoje konsztruktorszkoje bjuro (Опытное конструкторское бюро) – Kísérleti Tervező Iroda.
- OWS – Orbital Workshop – orbitális munkahely (műhely).
- PA – Propulsion Article – meghajtási teszt jármű.
- Pogo – a „Pogo” oszcilláció egy rakétáknál fellépő vibrációs jelenség.
- SA – Saturn-Apollo
- SC – spacecraft – űrjármű vagy űrhajó.
- S-IB – Saturn-IB.
- S-IVB – Saturn-IB második vagy a Saturn-V harmadik fokozata.
- S-II – Saturn-V második fokozata.
- SL – Skylab.
- SLA – Spacecraft Lunar Module Adapter – a holdkomp adaptere.
- SLV – Standard Launch Vehicle – sztenderd hordozórakéta.
- SM – Service Module – műszaki egység vagy modul.
- SZASZ – Szisztyema Avarijnovo Szpaszenyija (Система аварийного спасения) – Sürgősségi mentőrendszer.
- VAB – Vehicle Assembly Building – járművet összeszerelő csarnok.
- Egyes források a „Vehicle” helyett a „Vertical” (függőleges) szót használják, ami tulajdonképpen megfelel a valóságnak.

(Fotók a szerző gyűjteményéből, illetve a NASA engedélyével.)