

# Ob obisku Sunite Williams

na FMF 14. 1. 2026



# ISS

International Space Station



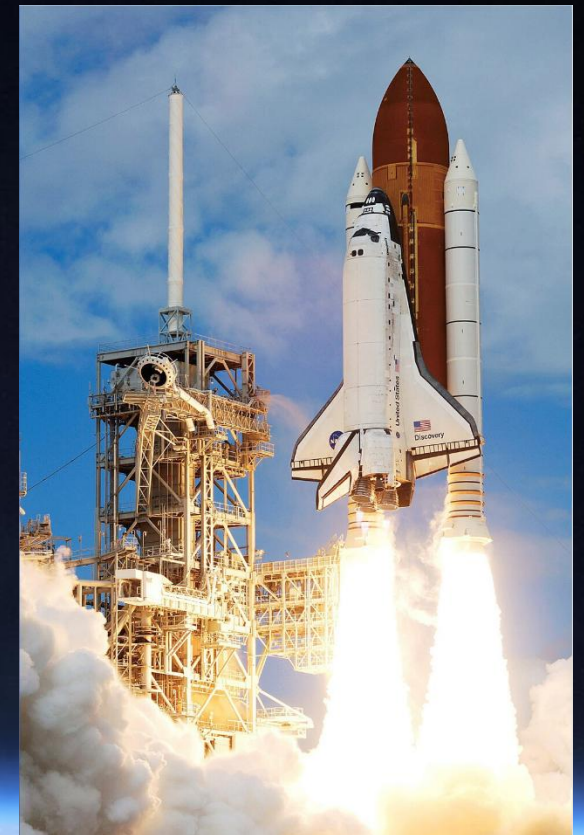
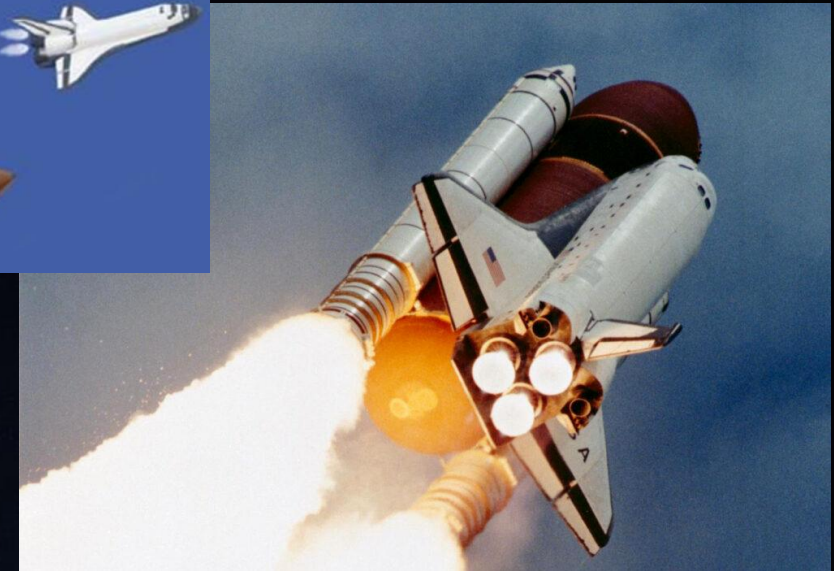
Nekaj zanimivih (približnih) podatkov:

- 400 km visoko
- Prvi modul 1998, stalno naseljena od 2000
- Velikost nogometnega igrišča (109 x 73 m), sončni paneli 4000 m<sup>2</sup>, prostori 388 m<sup>3</sup> = 10 x 10 x 3.88 m –velika hiša ali kabina Boeinga 747
- Namenjena za bivanje do 7 ljudi, ob menjavah (za kratko obdobje) do 10-11
- Dve kopalnici, telovadnica, panoramsko okno
- Masa približno 420 ton (več kot 10 polno naloženih največjih tovornjakov, 420 manjših avtomobilov)
- Začetna sestava (1998 - 2000): 11 lansiranj raket (6 ameriških in 5 ruskih)
- Do popolne sestave (1998 - 2011) pa 45 (36 ameriških in 9 ruskih)
- Do leta 2011 je na ameriški strani deloval izključno Space Shuttle program.
- Po letu 2011 se pridruži SpaceX s Falcon 9; na ruski strani Soyuz (posadka) in Progress (tovor)
- SpaceX-ov Falcon 9 je nosilna raketa Cargo Dragon (od 2012) in Crew Dragon (od leta 2020) – SpaceX je ustanovljen 2002
- Od začetka delovanja že preko 200 poletov do ISS. Raketa ponese do 25 ton tovora



## Nekaj (približnih) podatkov o izstrelitvah Space Shuttle:

- Ob izstrelitvi skupaj 2050 ton
  - Dve stranski raketi na trdo gorivo 2 x 590 ton
  - Osrednji rezervoar (tekoči vodik in kisik) 760 ton
  - Plovilo s tovorom 110 ton
- Povprečni pospešek v prvih 10-ih sekundah  $1.5 \text{ m/s}^2$
- Poraba goriva 10 ton/sekundo
- Pogonski motorji/izpuhi
  - 2V (stranski raketi)
  - 3S (na plovilu – gorivo iz osrednjega rezervoarja)
  - 2M (dva 'mala' vidna na plovilu mirujeta; za navigacijo v orbiti)
  - 44m (plovilo ima še 44 malih 'izpuhov' za natančno kalibracijo pri 'docking')
  - Primerjave moči: V=8S, 2V=5 x 3S, S=70M, S=6 Airbus330 motorjev
  - Skupna potisna moč cca 110 Airbus330 motorjev
- Po 2 minutah: 45 km visoko, 110 km daleč, hitrost 5900 km/h,  $a=15 \text{ m/s}^2$
- Stranski raketi sta iztrošeni in odvrženi;
- Plovilo z rezervoarjem (kjer je še 590 ton goriva) nadaljuje
- 8 minut po vzletu: 105 km visoko, 1400 km daleč, hitrost 25000 km/h,  $a=3g$
- Osrednji rezervoar je prazen in odvržen
- 110 ton=80 + 20 + 10 (plovilo, tovor, gorivo) – vključita se motorja 2M
- Plovilo kmalu doseže  $a=0$  in orbitalno hitrost 28000 km/h
- Po običajno nekaj deset orbit (orbita 92 min) doseže ISS na 400 km višine



- Povratek v atmosfero na 120 km višine pri orbitalni hitrosti okrog 28000 km/h
- Temperature ob povratku v atmosfero do 1650°C
- Plovilo pristane povsem kot 'jadrarno letalo' (brez pogona)



#### Space Shuttle plovila:

- Challenger, (1983-1986), 28. 1. 1986, nesreča 73 sekund po vzletu (7 žrtev)
- Columbia, (1991-2003), 1. 2. 2003, zaradi poškodbe toplotne zaščite ob vzletu je plovilo zgorelo ob povratku (7 žrtev)
- Discovery, (1984- 2011), Shuttle program zaključen 2011
- Atlantis (1985–2011), Shuttle program zaključen 2011
- Endeavour (1992–2011), Shuttle program zaključen 2011
- (testni) Enterprise





Na prvi izmed slik je plovilo Discovery (ožgano po povratku iz vesolja) najbrž na prevozu iz Kalifornije na Florido. Na ostalih (razen zadnje) slikah je testno plovilo Enterprise, trikrat s 'pokritimi motorji' zaradi boljše aerodinamičnosti v fazi poskusov. Na eni izmed slik ima Enterprise izpuhe (imitacije) motorjev odkrite. NASA je imela dva Boeing 747 SCA (Shuttle Carrier Aircraft) posebej predelana za prevoz Shuttla – zadnja slika je bila posneta ob 'reprezentančnem letu' že po ukinitvi programa leta 2011. Zanimivo je, da je imela NASA zaradi zanesljivosti in fleksibilnosti dve taki letali, ki pa sta bili glede na zmogljivosti letal malo v uporabi – skupaj le okrog 400 poletov. Prav zato je NASA obe letali kupila rabljeni in ju predelala. Komerzialno letalo namreč letno naredi preko 500 poletov in ostane v uporabi preko 30 let. Na dveh izmed zgornjih slik je SCA še pretežno v barvah *American Airlines* (prvega lastnika letala) – prebarvali so le rep. Na preostalih pa sta letali (že prebarvani) v barve NASA.

- Pri izstrelitvah vesoljskih plovil se v grobem uporablja podobna tehnologija (Space Shuttle, Soyuz, Dragon)
- Povratek:
  - Space Shuttle – tehnološki čudež, a operativna ‘nočna mora’, termo izolacija, temperature do 1650 °C
  - Soyuz, Dragon (prosti pad, ‘ablativni’ ščit izgoreva (do 2cm), temperature: Soyuz do 3000°C, Dragon do 2000°C)
- Povratek v atmosfero iz orbite pod zelo majhnim kotom: če je kot prevelik pride do prehitrega ‘padanja’, če je premajhen, lahko pride do odboja (kot ‘metanje žabice’ – odboj ploščatega kamna na vodi)
  - Space Shuttle: kot 1.0 – 1.5 °, 60 minut, 2/3 orbite, 10-15 000 km do pristanka, pristanek povsem kot jadralno letalo
  - Soyuz, Dragon: 1.35 °, 30 minut, 1/3 orbite, 3-4 000 km do pristanka, pristanek s padali, Soyuz na kopnem, Dragon v morju, pričakovana natančnost 5-28 km; največja napaka Soyuz v Kazakstanu 418 km
- Za primerjavo: Običajna letala pristajajo pod kotom 3 – 4 °; jadralna 1.0 – 1.5 °;
  - Space Shuttle zaradi upočasnjevanja najprej 18 – 20 °, sam pristanek 1-2°
- Ob povratku zaradi zračnega upora
  - Space Shuttle dosegal negativni pospešek med 1.5 in 3 g
  - Soyuz in Dragon do 5g, Soyuz tudi do 9g
  - Po okvari 5. 4. 1975 celo preko 21g (astronavta Vasily Lazarev in Oleg Makarov preživela)
- Današnja ruska raketa Soyuz: izboljšana sovjetska tehnologija iz 1960-ih
- SpaceX Crew Dragon: podobna a izboljšana tehnologija
- SpaceX Starship - v razvoju: veliko močnejše plovilo z močjo ponesti do 150 ton na Luno (izboljšava tehnologije Space Shuttle)
- NASA (v sodelovanju z drugimi) - ambiciozen program Artemis: baza na Luni; Polet s posadko okrog Lune načrtovan za (zgodaj) 2026
- NASA je v razvoj plovil povezanih z ISS od 2014 investirala 8 milijard USD; od tega 61% v Boeing in 39% v SpaceX
- SpaceX Crew Dragon je aktiven in certificiran od 2020
- Cene po sedežu za 6 mesečno misijo na ISS:
  - Boeing Starliner (ocena): 90 milijonov USD – še brez certifikata
  - Soyuz: 88 milijonov USD
  - SpaceX Crew Dragon: 55 milijonov USD
- SpaceX: od 2020 že 17 uspešnih dvosmernih poletov do ISS
- Boeing: en (s težavami polovično uspel) testni polet
  - 5. 6 2024: Boeing Starliner (S. Williams in B. Wilmore) do ISS, resne okvare, vrnitev brez posadke 7. 6. 2024
  - 28. 9. 2024: SpaceX Crew Dragon (prilagojeno le dva potnika: N. Hague in A. Gorbunov – zaradi okvare Starliner)
  - 18. 3. 2025: SpaceX Crew Dragon varna vrnitev štirih astronautov (Williams, Wilmore, Hague in Gorbunov)

Za primerjavo z zgoraj omenjenimi podatki izstrelitve Space Shuttle:

- Program Apollo (raketa Saturn V): začetna masa ~3000 ton
- 140 ton do Zemljine orbite (porabi se ~2860 ton goriva + odvrženi pogonski moduli)
- 45 ton proti Lunini orbiti (porabi se ~95 ton goriva + odvrženi pogonski moduli)
- Do Lunine orbite pride ~43 ton (vesoljsko plovilo + lunarni modul), porabi ~2 toni goriva
- Na Lunini orbiti ostane vesoljsko plovilo ~27 ton; odcepi se lunarni modul ~16 ton
- Lunarni modul porabi ~4 tone goriva za spust na Luno; na Luni pristane ~12 ton
- Na Luni ostane ~5 ton (spustni del + rover + oprema);
- Vzletni del se dvigne ~7 ton (pred vzletom), porabi ~3 tone goriva za dvig v Lunino orbito do čakajočega plovila
- Astronavti + ~50 kg vzorcev prestopijo v vesoljsko plovilo
- Preostanek lunarnega modula (~4 tone) se odvrže
- Vesoljsko plovilo (~27 ton) porabi ~4 tone goriva za pospešek nazaj proti Zemlji
- Odvrže pogonski modul ~17 ton
- Proti Zemlji gre ~6-tonsko plovilo
- V atmosfero vstopi s hitrostjo blizu 40 000 km/h
- Zgori ~2 toni ablativnega (termo-zaščitnega) ščita
- V Tihi ocean pade ~4-tonsko plovilo z astronauti in vzorci iz Lune

Napredek v učinkovitosti:

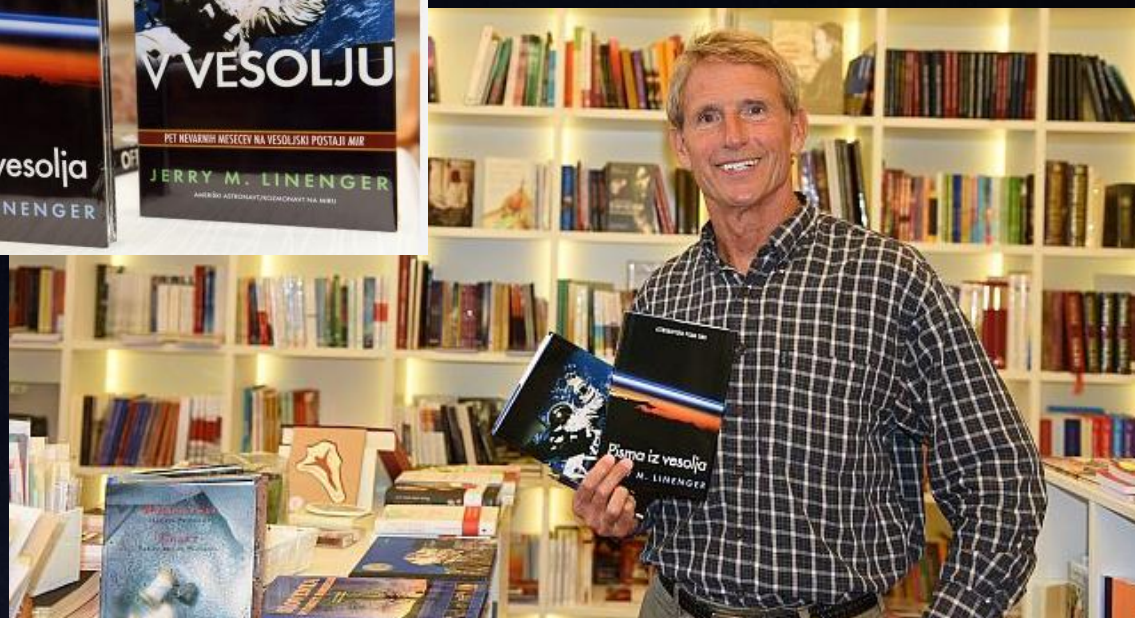
	Skupna masa	Porabljeno gorivo	Tovor do ISS	neto/bruto tovor
Falcon 9 (Crew Dragon)	550	524	13	0.0236
Space Shuttle	2050	1730	15	0.0073

- Poleti na ISS s posadko so približno vsakih 6 mesecev.
- Oskrba s hrano: vsaj en polet mesečno (Cargo Dragon 4.5x letno, Cygnus 2x letno, Progress 8x letno)
- Cargo Dragon (SpaceX) : 3 tone – tehnološko podoben Crew Dragon – nazaj na Zemljo pripelje dragocen tovor (rezultate poskusov, ...)
- Cygnus (USA Northrop Grumman): do 5 ton
- Progress (Roscosmos): 2.5 ton
- Cygnus in Progress na ISS pobereta odpadke in v celoti zgorita ob povratku/vstopu v atmosfero

### Štirje znani astronauti s slovenskim poreklom

Država	Število astronautov	Populacija	Razmerje
Slovenija	4	2.100.000	1.905
ZDA	339	347.000.000	0.977
Rusija	117	144.000.000	0.812
Bolgarija	2	6.800.000	0.294
Kanada	14	38.000.000	0.368
Belgija	3	11.600.000	0.259
Kazahstan	5	19.000.000	0.263
Francija	11	67.000.000	0.164
Nemčija	12	83.000.000	0.145
Italija	8	59.000.000	0.136
Japonska	14	125.000.000	0.112
Švedska	3	10.400.000	0.288
Združeno kraljestvo	7	67.000.000	0.104
Ukrajina	18	41.000.000	0.439
Kitajska	17	1.400.000.000	0.012

ZDA in Rusija: državljani; ostali: državljani ali poreklo



Jerry Michael Linenger  
Slovenskega porekla po očetovi strani.

Misije:

- 1994 : 11 dni na Space Shuttle Discovery
- 1997 : 132 dni na vesoljski postaji Mir (Space Shuttle Atlantis, januar 1997 – Space Shuttle Atlantis, maj 1997)

Linenger je znan po dramatični izkušnji na Miru (požar, težave z življenjskimi sistemi) – knjiga: *Off the Planet*.



Ronald Mihael Šega (1952)

Oba njegova starša sta bila slovenska priseljenca (Cleveland).

Misije

- 1994 : 8 dni na Space Shuttle Discovery (lebdenje – vaja manevrov le 10 metrov od Mira)
- 1996 : 9 dni na Space Shuttle Atlantis in Mir, docking



Randolph James Bresnik (1967)  
Slovenskega porekla po očetovi strani.

Misije

- 2009 : 11 dni na ISS (Space Shuttle Atlantis)
- 2017 : 139 dni na ISS (Soyuz, julij 2017 – Soyuz, December 2017)
- Lead Astronaut za Crew Dragon (komercialni) razvoj (2012 – 2015)

Bresnik je prvi astronaut, ki je postal oče medtem ko je bil v vesolju (rojstvo hčerke med misijo 2009)



Sunita Lyn Williams

Najbolj znana astronautka slovenskega porekla.

Slovensko poreklo po materi (Ursula Zalokar)

Misije

- 2006–2007 : 192 dni na ISS (Space Shuttle Discovery, December 2008 – Space Shuttle Atlantis, junij 2007)
- 2012 : 127 na ISS (Soyuz, julij 2012 – Soyuz, November 2012)
- 2024–2025 : 286 dni na ISS (Boeing Starliner, junij 2024 – SpaceX Crew Dragon, marec 2025)
- ~50 ur vesoljskih sprehodov; ženski rekord
- Skupaj 605 dni v vesolju

Sunita Lyn Williams na FMF, 14. 1. 2026: <https://www.youtube.com/watch?v=HgbKTfeAres>

# ISS

International Space Station



Cilj naj bodo zvezde, a stoj trdno na tleh.

*T. Roosevelt*