

Svemir „posljednja granica“ – izazovi putovanja u svemir s Hermanom Potočnikom

Napredak tehnologije vezan je uz razvoj znanosti, a nova otkrića, izumi i njihova primjena omogućila je čovjeku putovanje i komunikaciju ne samo nad zemljom već i Sunčevim sustavom. Čovjekova želja za istraživanjem preselila se sa Zemlje u svemir. Svemirski letovi bili su mogući ubrzanom razvojem raketne tehnike i astronautike. Prvi crtež svemirske postaje napravio je i objavio stručnjak za raketnu tehnologiju, kod nas još uvijek djelomično poznat, Herman Potočnik Noordung. Cilj je ove radionice ocijeniti na koji su način izumi Hermana Potočnika inspirirali znanstvenike u razvoju astronautike te time promijenili svakodnevni život ljudi 20. i 21. stoljeća. Istraživanje svemira zasada je najviše pridonijelo razvoju informacijskih tehnologija, prvenstveno omogućavanjem telekomunikacije putem svemirskih satelita. Učenici će analizom postojećih izvora ocijeniti njegov utjecaj na razvoj svemirskih istraživanja u tehnološkim rješenjima 21. stoljeća te utvrditi na koji način svemirska tehnologija oblikuje našu budućnost.

Ključne riječi: Herman Potočnik Noordung, raketna tehnologija, svemir

1. Uvod

Napredak tehnologije vezan je uz razvoj znanosti, a nova otkrića, izumi i njihova primjena omogućila je čovjeku putovanje i komunikaciju ne samo nad zemljom već i Sunčevim sustavom. Ratovi 20. stoljeća potaknuli su usavršavanje i razvijanje tehnologije u ratne svrhe, a time i ubrzali proces civilizacijskih promjena. Prva otkrića Zemlje, ono što nazivamo razdobljem Velikih geografskih otkrića, započinju istraživačkom misijom Kolumba 1492., a prvo putovanje čovjeka u svemir vezujemo uz svemirsku letjelicu *Vostok 1* i putovanje prvog čovjeka u svemiru Jurija Gagarina 1961. Prošlo je oko pet stotina godina od Velikih geografskih otkrića do dolaska u svemir, a onda zadnjih šezdeset godina čovjek istražuje svemir. U razdoblju od 1961. – 2021. čovjek je zahvaljujući tehnologiji preko tri stotine puta poletio u svemir.¹ Putovanje u svemir bilo je nemoguće bez usavršavanja raketa. Za putovanje u svemir najprije je trebalo razviti raketnu tehniku. Razvojem svemirskih letjelica bavi se znanstvena disciplina astronautika. Jedan od pionira astronautike je i Herman Potočnik Noordung koji se bavio proble-

1 http://www.zvezdarnica.com/projekti/knjiga_kksl/kksl_tablice.xls (posjet 14.10.2021.)

mom putovanja raketnim pogonom i mogućnostima boravka u svemiru. U dosadašnjoj literaturi malo je poznat, nedovoljno priznat, ali postoji čitav niz referenci znanstvenika raketne tehnologije prve polovice 20. stoljeća koji u svojim radovima spominju i Hermana Potočnika. Imamo li još Hrvata u svemiru pitanje je, ali i naziv aktivnosti na kojoj učenici istražuju izdvojene znanstvenike koje povezujemo sa svemirom. Odgovor na pitanje glasi da nemamo još, ali postoje hrvatski znanstvenici koji su svojim radom doprinijeli razvoju svemirskih istraživanja i zadužili svjetsku znanost. Tako krateri na Mjesecu nose naziv Boscovich po imenu Ruđera Boškovića i Mohorovičić po znanstveniku Andriji Mohorovičiću. Mike Vucelić diplomirao je aeronautiku 1954. u Zagrebu, a poznatiji je kao jedan od direktora američkog svemirskog programa *Apollo*.² Možda još poznatiji kao znanstvenik koji je na misiji *Apollo 13* bio zadužen za spašavanje astronauta i čuvenoj poruci koju je primio od posade svemirskog leta: *OK, Houstone, ovdje imamo problem!* Iz Pule nam dolazi svemirski stručnjak Dražen Premate, magistar svemirskih znanosti, čija je tvrtka 80-ih godina 20. stoljeća surađivala s NASA-om u sklopu programa *Getaway Special*.³ Trebao je putovati u svemir kako bi provodio eksperimente na svojim izumima, međutim njegov životni put bio je drugačiji.

1. 1. Tko je Herman Potočnik?

Bio je satnik inženjerijskih postrojbi austrougarske vojske, vizionar i izumitelj rođen u Puli 22. prosinca 1892. U Matičnoj knjizi ratne mornarice podatci kazuju kako je Herman dijete Josefa Potočnika liječnika austrijske ratne mornarice u Puli te majke Marije Francisce rođene Kokošineg.⁴ Otac Josef Jože Potočnik nakon završenog studija medicine zaposlio se 1866., a iste je godine sudjelovao kao liječnik u poznatoj bitci kod Visa. Pula je sredinom 19. stoljeća, 1853. postala glavna ratna luka austro-ugarske ratne mornarice te se dotadašnje ribarsko naselje počelo razvijati u gospodarsko, kulturno i društveno središte. Gradnjom luke, arsenala s brodogradilištem, vojarnama, bolnice, škola, zvjezdarnice, Pula postaje moderan grad koji ima dobru komunalnu infrastrukturu, vodovod, struju, plin, električni tramvaj.⁵ U Mornaričkoj bolnici radi i Jože Potočnik koji u svojoj karijeri napreduje od liječnika fregate preko liječnika bojnog broda do stožernog liječnika.⁶ Mornarička je bolnica izgrađena 1861. i imala je poseban status unutar Austrije, bolnica je raspolagala s pet stotina kreveta, a imala je i razne odjele od internog odjela do odjela za liječenje ronilačkih bolesti. Jože Potočnik umire 1894. te je pokopan na Mornaričkom groblju u Puli, a njegova supruga prese-

2 <https://www.zvono.eu/bjelovarski-gimnazijalac-garesnicanin-koji-je-spasio-apollo-xiii--909> (posjet 17.10. 2021.)

3 <https://www.dijaspora.hr/prica-o-puljaninu-koji-je-sudjelovao-u-izradi-space-shuttlea/412> (posjet 17.10. 2021.)

4 Državni arhiv u Pazinu, HR-DAPA-429, Zbirka matičnih knjiga, 1536/1923, Matična knjiga rođenih Pula – Ratna mornarica (1889-1898), knjiga 293, kutija 98., 35.

5 Mornarička zvjezdarnica u Puli utemeljena je 1869. kao jedan od odjela Carskog i Kraljevskog Hidrografskog zavoda (ureda) Ratne mornarice. Najstarija je astronomska ustanova na području Republike Hrvatske.

6 [https://www.kamra.si/digitalne-zbirke/item/oce-josef-potocnik-\(pototschnig\).html](https://www.kamra.si/digitalne-zbirke/item/oce-josef-potocnik-(pototschnig).html) (posjet 17.10. 2021.)

lila se s djecom u Maribor. Herman Potočnik u Mariboru započinje svoje školovanje te po uzoru na oca i on gradi svoju časničku karijeru. Nakon završene petogodišnje osnovne škole, pohađa četverogodišnju vojnu nižu srednju školu u Fischau pa trogodišnju vojnu višu srednju školu u Mährisch -Weißkirchenu (danas češki grad Hranice). Godine 1910. polaže maturu u državnoj srednjoj školi u Prossnitzu (danas češki grad Prostějov). Potom je pohađao Tehničku vojnu akademiju u Mödlingu, gdje je diplomirao kao vojni inženjer, specijalizirajući se za mostove i željeznice. Bilo je to vrijeme Prvog svjetskog rata te je Potočnik kao časnik sudjelovao na bojištima u Galiciji, Srbiji i na Sočanskom bojištu. Tijekom rata primio je nekoliko glavnih odlikovanja i nagrada, a kako je obolio od tuberkuloze umirovljen je u činu poručnika 1913. Dvije godine kasnije promaknut je u natporučnika. Nakon Prvog svjetskog rata boravi u Beču kod svog brata, gdje se odlučio posvetiti raketnoj znanosti. Upisao je Tehničko sveučilište u Beču 1918., odjel za elektrotehniku. Diplomirao je na polju strojarstva i elektrotehnike 5. ožujka 1925. Oskudni podatci o Hermanu Potočniku kazuju kako je tijekom studiranja imao vrlo dobre ocjene te je prepoznat kao dobar, ozbiljan i ambiciozan student.⁷ Svoje zamisli o raketnoj tehnologiji i putovanju u svemir objavio je u knjizi „Problem vožnje po svemiru – Raketni motor“ (Das Problem der Befahrung des Weltraums – Der Raketten-motor) 1928., a godinu dana kasnije umro je u 37. godini od tuberkuloze. Pokopan je na bečkom centralnom groblju 30. kolovoza 1929.

1.2. Knjiga „ Problem vožnje po svemiru – raketni motor“, 1928.

Potočnikova knjiga izlazi u jesen 1928., potpisana pod pseudonimom Hermann Noordung. Knjiga je u Hrvatskoj prevedena 2004. Na početku su opisani fizikalni zakoni vezani uz letove u svemir: gravitacija, različite orbite, raketni pogon, lansiranje i slijetanje rakete ili svemirske letjelice te dosadašnji rezultati na polju raketne tehnike. Svojim je nacrtima raketnog motora i orbitalne stanice u obliku kotača postavio temelje daljnjeg razvoja znanosti. Smatra se i jednim od osnivača moderne astronautike, prvi koji je zamislio geostacionarnu stazu. U drugom dijelu knjige Potočnik raspravlja o utjecaju bestežinskog stanja na čovjeka i mogućnostima života u svemiru. Tu iznosi svoje ideje i nacрте o svemirskoj stanici u obliku rotirajućeg kotača, gdje objašnjava i na koji bi se način vršila opskrba svjetlom, toplinom, vodom. Njegova svemirska stanica bila bi podijeljena u tri dijela: stambeno kolo, sunčanu elektranu i promatračnicu. U svemiru je najvažnija komunikacija pa u nekoliko poglavlja objašnjava načine na koje bi se preko radiovalova i geostacionarne orbite vršila komunikacija. Na kraju knjige osvrnuo se i na budućnost svemirskih letova te što nam sve budućnost uporabom ove tehnologije donosi. Zanimljivo je spomenuti na koji je način želio iskoristiti sunce kao izvor energije. Nadovezuje se na ideju znanstvenika Hermanna Juliusa Obertha o lebdećem eliptičnom zrcalu usklađenom sa zemljinom putanjom predlaže svemirsko zrcalo u bestežinskom stanju koje bi imalo višestruku namjenu. Jedna od primjene svemirskog ogledala bila bi u osvjetljavanju

7 <https://www.mondpichler.at/index.php?id=79> (posjet 14.10. 2021.)

pomoću sunčeve svjetlosti aerodroma, luka, kolodvora pa i čitavih gradova.⁸ Također smatra da bi se korištenjem ogledala moglo utjecati i na vremenske prilike i time bi se sprječavale nagle promjene vremena. Treća je namjena da može poslužiti i u vojne svrhe gdje bi se sunčevom energijom mogla zapaliti skladišta oružja, bojišta i gotovo sve što se nađe na putu.⁹ U svom djelu objašnjava zašto i kako će se svemirska stanica koristiti u znanstveno-istraživačke svrhe provođenjem eksperimenata u svemirskom okružju, ali iskazuje i bojazan da se ista može koristiti u vojne svrhe.

Brojni su se znanstvenici poslužili u svom radu Potočnikovom knjigom, nacrtima i izračunima. Simon Zajec u svom članku „Utjecaji Hermanna Potočnika na razvoj i popularizaciju astronautike“ navodi zemlje i osobe na koje je Potočnik utjecao.¹⁰ Već 1929. izlazi djelomični prijevod Potočnikove knjige u američkom časopisu *Science Wonder Stories*. Godine 1995. na engleski jezik prevedena je u sklopu NASA-ine biblioteke.¹¹ U Rusiji je knjiga prevedena 1935., a postoje podatci koji govore da je i prije ruskog prijevoda, Jakov Perelman, član VfR društva (Verein für Raumschiffahrt/ Društvo svemirskih letova), u časopisu *Krasnaya Gazeta* 1929. pisao o Potočnikovoj ideji trodijelne svemirske postaje.¹² Na području popularne znanosti ruski redatelj Pavel Klušancev prenio je verziju takve postaje na ekran u filmu „*Put do zvijezda*“ (1957.).

U Ujedinjenom Kraljevstvu Potočnik se spominje i u znanstveno-fantastičnom romanu „*Vandali iz praznine*“ književnika Jamesa M. Walsha. Roman je objavljen 1931. a u njemu je Potočnik označen kao izumitelj svemirske stanice i svemirskog odijela. Britanski književnik Arthur C. Clarke se također na temu svemira u svojim stručnim radovima referirao na Potočnikovu knjigu *Problem svemirskih putovanja*. A u radu o geostacionarnim telekomunikacijskim satelitima iz listopada 1945. u časopisu *Wireless World Magazine* također se referirao na Potočnika. Jedan od poznatijih filmova čiji su scenarij i produkciju potpisali Stanley Kubrick i Arthur C. Clarke također prikazuje orbitalnu stanicu po skicama Potočnika. Američki znanstveno-fantastični film „*2001.: Odisėja u svemiru*“ prikazan je 1968. U svom radu na Potočnika referirali su se i britanski znanstvenici Harry E. Ross te ilustrator Ralph A. Smith u radu o Orbitalnim bazama u biltenu Društva iz siječnja 1949.¹³ U Sjedinjenim Američkim Državama u časopisu *Science Wonders Stories* koje uređuje Hugo Gernsback na naslovnici iz kolovoza 1929. nalazi se slika u boji Noordungove svemirske postaje poznatog ilustratora znanstvene fantastike Franka R. Paula. U istom časopisu objavljeni su i dijelovi Potočnikove knjige u prijevodu Francis M. Curriera.¹⁴

8 Herman Potočnik, *Problem vožnje svemirom*, prev. Marino Fonović, (Labin: Labin Art Express, 2004), 157.

9 Ibid., 158.

10 <https://noordung.vesolje.net/vplivi/> (posjet 14.10.2021.)

11 <https://noordung.vesolje.net/vplivi/> (posjet 14.10.2021.)

12 <https://noordung.vesolje.net/vplivi/> (posjet 14.10.2021.)

13 <https://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/SP-4026/preface.html> (posjet 14.10.2021.)

14 Zajec, Simon. „Vplivi Hermanna Potočnika na razvoj in popularizacija astronautike Osemdeset let od izida Potočnikove knjige“, 10/2008, <https://noordung.vesolje.net/vplivi/> (posjet 14.10.2021.)

U Njemačkoj je 1929. Wernher von Braun napisao SF priču o odlasku u svemir „*Lunetta*“. U svojoj doktorskoj disertaciji iz 1934. referirao se na Potočnikovu knjigu. Kasnije kao direktor NASA-inog centra za svemirske letove Marshall napisao je članak za časopis *Collier's* 1952. u kojemu je opisao svemirsku stanicu barem površno sličnu Potočnikovoj.¹⁵ Krajem Drugog svjetskog rata brojni znanstvenici prešli su u SAD, gdje su nastavili razvijati rakete za američku vojsku tako je učinio i Wernher von Braun. Šezdesetih je godina 20. stoljeća von Braun postao pokretačka snaga američkog svemirskog programa Apollo i glavni dizajner rakete Saturn V koja je čovjeka odvela na Mjesec 1969. Verzija Potočnikove svemirske stanice prikazana je 1955. u filmu Walta Disneya „*Čovjek i mjesec*“. Svemirska stanica u obliku kotača nije se „pojavila“ samo u filmovima. Postojeći podatci govore kako je američka svemirska agencija NASA u nekoliko studija proučavala tehničke mogućnosti za izgradnju stanice koja bi astronautima omogućila dulji boravak u svemiru u uvjetima umjetne gravitacije.¹⁶

1.3. Društvo za svemirske letove (VfR)

Društvo za svemirske letove osnovano je u tadašnjem njemačkom gradu Breslau (današnjem Wrocławu u Poljskoj) u lipnju 1927. Društvo je poznatije je pod akronimom VfR – Verein für Raumschiffahrt, a okupljalo je tadašnje poznate znanstvenike iz cijelog svijeta. Willy Ley, Max Valier i Johannes Winkler smatraju se osnivačima Društva.¹⁷ Članovi su se mogli pridružiti i poštom te ih je od početnih pet stotina do rujna 1927. bilo osamsto sedamdeset. Svoje su radove objavljivali u prvom svjetskom astronautičkom časopisu *Die Rakete*. Jedan od dokaza da je Herman Potočnik osim knjige, objavio i druge radove, bio je časopis *Die Rakete*.¹⁸ Također, 15. siječnja 1929. na tri stranice Časopisa bio je objavljen eksperimentalni ulomak iz Potočnikove knjige vezan uz poglavlje orbitalne stanice u obliku kotača (Das Wohnrad).¹⁹ Potočnik se dopisivao s Hermannom Oberthom, čija je knjiga *Die Rakele zu den Planetenraurnen* iz 1923. pokrenula istraživanja svemirskih letova u Njemačkoj i tamo postavila teorijske temelje za buduće svemirske spoznaje.²⁰ Oberth je potaknuo i Potočnika koji je svoje ideje o raketi i svemirskim putovanjima opisao u knjizi pod poglavljima *Oberthov i Hohmannov manevar pristajanja*.²¹ Također neki znanstvenici smatraju da je pseudonim Noordung, Potočnik uzeo u znak zahvalnosti prema Oberthu.²²

15 <https://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/SP-4026/contents.html> (posjet 14.10.2021.)

16 <https://www.nasa.gov/centers/marshall/history/vonbraun/bio.html> (posjet 17.10. 2021.)

17 <http://pioneersofflight.si.edu/content/verein-f%C3%BCr-raumschiffahrt-vfr-society-space-travel> (posjet 17.10. 2021.)

18 Zajec, Simon. „Vplivi Hermana Potočnika na razvoj in popularizaciju astronautike. Osemdeset let od izida Potočnikove knjige“, 10/2008, <https://noordung.vesolje.net/vplivi/> (posjet 14.10.2021.)

19 <https://noordung.vesolje.net/vplivi/> (posjet 14.10.2021.)

20 <https://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/SP-4026/preface.html> (posjet 14.10.2021.)

21 Potočnik, *Problem vožnje svemirom*, 82 i 74.

22 Pollard, Justin. „The eccentric engineer: Herman Potocnik and his forgotten Space Station“, 25.11.2018. <https://eandt.theiet.org/content/articles/2018/01/the-eccentric-engineer-herman-potocnik-and-his-forgotten-space-station/> (posjet 14.10.2021.)

Nord je njemačka riječ koja znači sjever uzeta u čast kolegama ljubiteljima svemira na njegovu sjeveru. Inače oko pseudonima Noordung u literaturi postoji nekoliko teorija. Jedna od njih je i da pseudonim dolazi od riječi iz njemačkog „ordnung“ (red), dodajući početno „n“ u značenje „bez reda“. Točnije, možda je dobio nadimak „bez priznanja“ jer Potočnik je veliki svemirski inženjer za kojeg izgleda da nitko nije čuo.²³ U predgovoru američkog izdanja knjige navode se dva razloga uzimanja pseudonima.²⁴ Prvi je razlog da je njegovo pravo ime možda mali nedostatak zbog njegova podrijetla, a drugi razlog da je možda htio naznačiti da piše kao pojedinac, a ne kao časnik austrougarske vojske.

Rad Društva za svemirska putovanja doveo je do razvoja rakete V-2 poznatije pod nazivom oružje osvete 2 (njem. Vergeltungswaffe 2). V-2 raketa je korištena u bitci za London (8. 9. 1944.) i Antwerpen tijekom Drugog svjetskog rata. Godine 1937. njemački inženjeri i znanstvenici okupili su se u Peenemündeu na obali Baltičkog mora, gdje su pod vodstvom Wernhera von Brauna radili na razvoju najnaprednijih raketa svog vremena. Raketa V-2 bila je balistički projektil, te je postala prvi predmet kojeg je čovjek napravio, a koji je prešao granicu svemira. Raketa je dostigla visinu od 174,6 km, težila je 14 tona i bila dugačaka 12 metara.

Njemačka je nakon Prvog svjetskog rata potpisala mirovni sporazum u Dvorani ogleдалa u palači Versailles 28. lipnja 1919. Jedna od odredbi odnosila se i na vojna ograničenja kojima se trebalo razoružati njemačke oružane snage.²⁵ Prema odredbama Njemačka je mogla do 31. 3. 1920. zadržati samo 100.000 vojnika u najviše sedam pješačkih i tri konjičke divizije. Ograničilo se i djelovanje vojnih škola, a ukinuto je bilo i novačenje. Bila je zabranjena trgovina oružjem, uvedena su ograničenja vrste i količine oružja i zabranjena proizvodnja ili zalihe kemijskog oružja, oklopnih automobila, tenkova i vojnih zrakoplova. Zabranjena je i njemačka mornarica, a prema čl.198. ugovora zabranjene su i zračne snage, te proizvodnja ili uvoz zrakoplova ili srodnih materijala u razdoblju od šest mjeseci nakon potpisivanja ugovora. Konkretno za rakete nije bilo zabrane, možda je i to jedan od razloga zašto su se znanstvenici okrenuli prema raketnoj tehnici. Proces razvoja raketne tehnologije nastavljen je u njemačkom Trećem Reichu, koji je u novim tehnologijama prepoznao mogućnost zaobilaznja uredbi iz Versajskog mirovnog sporazuma.

1.4. Povijest raketne tehnike

Prve rakete na kemijski raketni pogon javljaju se još u Kini u 10. stoljeću. One su se koristile za vatromet, u religijske i u vojne svrhe. Najraniji povijesni zapis o korištenju raketa u vojne svrhe jest onaj iz 1232. u bitci kod Kaifonga. Kinezi su tada iz grada pod opsadom raketama gađali Mongole. Njihove rakete bile su napravljene

23 Ibid.

24 U predgovoru američkog izdanja Potočnikove knjige piše kako Willy Ley 1963. smatra da postoje dva razloga uzimanja pseudonima u: Hermann Noordung (Herman Potočnik), *The Problem of Space Travel*, (Washington DC : NASA, 1995), xi-xiii.

25 <https://guides.loc.gov/treaty-of-versailles>, 115- 133. (posjet 14.10.2021.)

na način da su na strijele pričvrstili bambusovu cijev te je lansirali lukom. Ubrzo su došli do spoznaje da se bambusove cijevi s barutom mogu pokrenuti samo pomoću energije proizvedene iz ispuštenog plina. Tako su zapravo izumili pravu raketu.

Godine 1898. ruski učitelj, Konstantin Ciolkovski (1857. – 1935.), predložio je ideju svemirskog istraživanja raketom. U izvješću, koje je objavio 1903., Ciolkovski je predložio uporabu tekućih goriva za rakete kako bi se postigao veći domet. Zbog svojih ideja, pomnog istraživanja i izvrsne vizije, Ciolkovski je nazvan ocem moderne astronautike.²⁶

Početak 20. stoljeća Amerikanac Robert H. Goddard (1882.-1945.) proveo je praktične pokuse s raketom. Zanimao ga je način postizanja većih nadmorskih visina. Prvi uspješan let raketom na tekuće gorivo postigao je u ožujku 1926., a razvio je i sustav žiroskopa za kontrolu leta i odjeljak korisnog tereta za znanstvene instrumente. Za siguran povratak raketa i instrumenata korišteni su sustavi za oporavak padobrana. Goddarda su zbog njegovih postignuća nazivali ocem moderne rakete.²⁷

Treći veliki svemirski pionir, njemački znanstvenik, koji se smatra jednim od utemeljitelja moderne astronautike je Hermann Oberth (1894.-1989.). Godine 1923. objavio je knjigu o raketnom putovanju u svemir *Raketa u međuplanetarnom prostoru (Die Rakete zu den Planetenräumen)*.²⁸ Predlagao je uporabu tekućeg pogonskog goriva pa je tijekom Prvog svjetskog rata izradio dizajn rakete dugog dometa s tekućim pogonom. Njegova prva raketa lansirana je 7. svibnja 1931. u blizini Berlina.

Rusija i SAD prepoznali su potencijal raketne tehnologije posebice stoga što se rakete praktično nisu mogle presresti. Nakon okupacije Njemačke nisu pokušavali iznijeti samo rakete i skice za njihovu izradu, već su izvlačili i njemačke znanstvenike. Tako je već u posljednjim danima Drugog svjetskog rata otpočela utrka između SSSR-a i SAD-a koja se nastavlja i kasnije tijekom razdoblja Hladnog rata. Iz okupirane Njemačke obje sile odnijele su već napravljene rakete, cijela postrojenja gdje su one izrađivane te brojne znanstvenike i tehničare. Američka operacija nosila je naziv *Spajalica* u kojoj su uspješno izvukli europske znanstvenike, dok bivši Savez Sovjetskih Socijalističkih Republika je to učinio operacijom *Osoaviakhim*.²⁹

U listopadu 1957. poletio je prvi ruski umjetni satelit *Sputnik 1* u orbitu oko Zemlje. Za nepunih mjesec dana Sovjeti su lansirali satelit *Sputnik 2* na kojem je bio pas Lajka. U listopadu 1958. Sjedinjene Američke Države službeno su organizirale svoj svemirski program osnivanjem Nacionalne uprave za aeronautiku i svemir (NASA). NASA je postala civilna agencija s ciljem mirnog istraživanja svemira za dobrobit cijelog čovječanstva. Ruski astronaut Jurij Aleksejevič Gagarin postao je prvi čovjek koji je otputovao u svemir 12. travnja 1961., a Amerikanac Neil Armstrong prvi čovjek koji je 21. srpnja 1969. kročio nogom na Mjesec. Rakete su omogućile izravno istraživanje svemira i danas svjedočimo koliko je moćna svemirska

26 https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/TRC/Rockets/history_of_rockets.html (posjet 14.10. 2021.)

27 https://www.nasa.gov/centers/goddard/about/history/dr_goddard.html (posjet 17.10. 2021.)

28 https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/29_December (posjet 14.10. 2021.)

29 <https://history.nasa.gov/SP-4202/chapter1.html> (posjet 14.10. 2021.)

tehnologija koja nas je dovela i do slijetanja na planet Mars. Svemirska tehnologija i putovanje u svemir otvorilo je mogućnost razvoja svemirskog turizma. Prvi svemirski turisti dobili su priliku otputovati u svemir već 2001., a danas 2021. postoje već i kupljenje karte i liste čekanja za putovanje u svemir.

1.5. Potočnik danas

Danas informacije o Potočniku možemo dobiti u slovenskom *Kulturnom centru europske svemirske tehnologije (Kulturno središće evropskih vesoljskih tehnologij – KSEVT)*. Od 2006. u Centru je Potočniku posvećen prvi stalni postav.³⁰ U sklopu *Povijesnog i pomorskog muzeja Istre* u Puli prostor povijesne austro-ugarske vodospreme prenamijenjen je u *Posjetiteljski centar Herman Potočnik Noordung (vodosprema)*. Danas lokalitet lansiranja letjelica HISTRION iz Pule u naselju Vidikovac nosi neslužbeni naziv *Svemirska luka Herman Potočnik Pula* (N 44.854411, E 13.850579). Također, asteroid 19612 otkriven 1999. sa slovenske zvjezdarnice Črni Vrh nazvan je Noordung.

Povodom 100-te obljetnice, Austrija je 1992. tiskala i posebnu poštansku marku „100. rođendan svemirskog pionira Hermana Potočnika“. Godine 2020. u Zagrebu u Meštrovićevom paviljonu u sklopu izložbe „*Hrvati koji su mijenjali svijet*“ dio postava bio je i postav o svemirskom arhitektu Hermannu Potočniku Noordungu. U veljači 2021. njegovo ime je i naziv za virtualnog asistenta – Chatbot koji u službenoj Viber zajednici Grada Pule pruža sve važne i korisne informacije vezane za rad gradske Uprave i života u gradu. Građani su sami, putem ankete, odabrali ime pionira astronautike Hermana Potočnika.

Danas možemo reći da se od Potočnikovih ideja i nacрта realizirala ideja o svemirskom odjelu, svemirskom šatlu te uporabi svemirske postaje. Najvažnija je svakako radijska komunikacija (geostacionarni sateliti) između Zemlje i svemira koja se temelji na korištenju radio valova. Dizajn svemirske postaje također povezujemo uz Potočnikovu ideju o više komponenti sa zasebnim funkcijama. Primjer je takve postaje Međunarodna svemirska postaja.

Na kraju priču o izumitelju i svemirskom arhitektu koji je svojim vizijama utjecao na brojne znanstvenike možemo završiti njegovim citatom iz poglavlja *Daleki svjetovi*: „Mnoge se mogućnosti pružaju istraživačima i graditeljima budućnosti, mogućnosti koje im nude zakoni prirode. Ako bi uspjeli u tome, vrlo vjerojatno bi mogli stupiti na mnoge od tih udaljenih svjetova, koje danas tek vidimo – neizmjereno daleko na zvjezdanom nebu (...) Prastari san čovječanstva! Hoće li nam njegovo ostvarenje donijeti koristi? Znanost će sigurno imati korist.“³¹

30 <https://www.ksevt.eu/> (posjet 14.10. 2021.)

31 Potočnik, *Problem vožnje svemirom*, 169.

2. Radionica

Tablica 1: Prijedlog teme, Svemir „posljednja granica“ – izazovi putovanja u svemir s Hermanom Potočnikom

Domena:	C. Znanost i tehnologija
Sadržaj za ostvarivanje o.-o. ishoda	Utjecaj znanstvenog i tehnološkog napretka na svakodnevni život u 20. i 21. stoljeću
Izborna tema	Svemir „posljednja granica“ – izazovi putovanja u svemir s Hermanom Potočnikom
Predmetni ishod	POV SŠ C.4.1. Učenik vrednuje razvoj tehnologije i izume koji su promijenili život čovjeka u 20. i 21. stoljeću
Ishodi izborne teme	1. analizirati postojeće izvore te ocijeniti Potočnikov utjecaj na razvoj svemirskih istraživanja u tehnološkim rješenjima 21. stoljeća 2. istražiti na koji način svemirska tehnologija oblikuje naš svakodnevni život i budućnost
Predmeti	fizika, matematika, kemija, biologija, geografija, informatika
Međupredmetne teme	Osobni i socijalni razvoj: 5. ciklus Učiti kako učiti: 4. i 5. odgojno-obrazovni ciklus Građanski odgoj i obrazovanje: A.5.3. Poduzetništvo: A.5.1., B.5.3. Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije: 5. ciklus Održivi razvoj: A.5.2., A.5.3. B.5.1, C.5.1
Koncepti	koncept vremena i prostora, rada s povijesnim izvorima, koncept kontinuiteta i promjene, koncept povijesne perspektive, koncept usporedbe i sučeljavanja
Aktivnosti	Radni listić 1. Svemirska putovanja kroz povijest Radni listić 2. Tko je bio Herman Potočnik? Radni listić 3. Knjiga „Problem vožnje po svemiru- raketni motor“, 1928. i njezini utjecaji u svijetu Radni listić 4. Nacrti, ideje i izumi Hermanna Potočnika Radni listić 5. Društvo svemirskih letova i razvoj raketne tehnologije Radni listić 6. Na koje sve načine svemirska tehnologija oblikuje našu budućnost Projektni zadatak: Misija na Mars
Vrednovanje	Vrednovanje za učenje: Digitalni alat Mentimeter: Što je danas realizirano od Potočnikovih ideja? Kako je svemirska tehnologija utjecala na naš svakodnevni život? Vrednovanje kao učenje – lista procjene Što sam danas naučio? Kako i gdje to mogu primijeniti? Koja pitanja imam o toj temi? Kako bih još mogao popraviti svoje izlaganje/rad na zadanu aktivnost?

Nastavnik može ovu temu (Tablica 1) odraditi tijekom dva školska sata, u jednom projektom danu ili kroz sate izborne ili dodatne nastave. Radni listići (Prilog 1) i aktivnosti mogu se kombinirati. Osmišljeni ishodi učenja zahtijevaju i nove oblike rada odnosno aktivnosti učenika te razvijaju i kritičko i povijesno mišljenje. Istraživačkim učenjem učenici traže odgovore na istraživačka pitanja, pretražuju izvore informacija, analiziraju, interpretiraju podatke, donose zaključke koje prezentiraju i objašnjavaju, kontinuirano promišljaju o procesu istraživanja te razmjenjuju iskustava učenja s

drugim učenicima. I teme i aktivnosti pažljivo su odabrane u cilju razvijanja vještina viših kognitivnih razina. Više kognitivne razine potiču učenika na razmišljanje, propitivanje i povezivanje povijesnih sadržaja. Prema Bloomovoj taksonomiji razine znanja i ciljevi učenja na kognitivnom području jesu niže kognitivne razine, znanje, razumijevanje, primjena te više kognitivne razine, analiza, evaluacija i sinteza. Kroz aktivnosti isprepletene su i međupredmetne teme općeljudskih vrijednosti i kompetencija za život. Radom na osmišljenim aktivnostima učenici stječu vještine samostalnog i istraživačkog učenja, upravljaju procesima učenja te na koncu vrednuju ono što su naučili.

Na početku radionice planirana je motivacijska igra. Ispred učenika nalaze se tri fotografije koje predstavljaju: *Voyager*, *USS Enterprise* i *Millennium Falcon*. Jedino je *Voyager* stvarna letjelica kojom se istraživao svemir, ostale letjelice naziv su za svemirske brodove poznate fikcijske franšize *Zvezdane staze* i *Star Wars*. Zadatak je da učenici izaberu jedan od triju pojmova /fotografija te izlože što znaju o njima. Slijedi razgovor u kojemu će učenici odgovoriti na pitanja: Koja je razlika između SF i znanosti? Koja od letjelica zaista istražuje svemir?

Prilog 1:

Radni listić 1: Svemirska putovanja kroz povijest

Ishod aktivnosti:	<ol style="list-style-type: none"> 1. istražiti povezanost hrvatskih znanstvenika sa svemirom i istraživanjima 2. odrediti kronološki tijek i broj svemirskih putovanja do 2020. 3. usporediti koliko se država uključuje u istraživanje svemira te koje prednjače
Koncepti:	koncept vremena i prostora, rada s povijesnim izvorima, koncept kontinuiteta i promjene, koncept povijesne perspektive, koncept usporedbe i sučeljavanja
Aktivnosti	<p>1. aktivnost – Ima li Hrvata u svemiru? Pomoću vremenske crtu u digitalnom alatu Padlet pogledati i istražiti te u komentarima ispod svake fotografije objasniti tko su osobe s priloženih fotografija. Priložene su osobe: Ruđer Bošković, Andrija Mohorovičić, Herman Potočnik, Mike Vucelić, Dražen Premate.</p> <p>2. aktivnost – Povijest svemirskih putovanja Analizirati grafikone: Broj lansiranja s posadom po zemljama, Broj zemalja i astronauta ostalih zemalja te usporediti i utvrditi koje su se sve zemlje otisnule na svemirska putovanja. Analizirajte grafove te pomoću njih utvrdite, usporedite i pronađite sljedeće:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kada prema grafikonu Izvora 1. započinju svemirska putovanja s posadom? 2. Koja država prednjači u broju lansiranja s posadom? 3. Koje su se ostale zemlje također uključile u istraživanje svemira? 4. Koje su se države izdvojile kao vodeće u istraživanju svemira? Napravite rang ljestvicu s prvih deset zemalja koje s posadama istražuju svemir? Usporedite broj putovanja u svemir s posadom za prve tri države? 5. U kojem razdoblju se intenzivno krenulo putovati u svemir? Što mislite zašto? 6. Što je s Hrvatskom?
Radni listić 1	https://bit.ly/3j2vvZy

Radni listić 2: Tko je bio Herman Potočnik?

Ishod aktivnosti	<ol style="list-style-type: none"> 1. izdvojiti osnovne podatke o rođenju Hermana Potočnika koristeći izvore 2. kreirati vremensku crtu s podacima iz života Hermana Potočnika 3. utvrditi pomoću karte i aplikacije Google maps područje gdje se školovao Potočnik te što se sve naziva po njemu
Koncepti	rad s povijesnim izvorima, koncept vremena i prostora, koncept kontinuiteta i promjena
Aktivnosti	<ol style="list-style-type: none"> 1. aktivnost – Tko je Herman Potočnik? Analizirati matičnu knjigu i zadani izvor te izraditi biografsku karticu. 2. aktivnost – Je li bilo jednostavno studirati? Ucrtati na kartu gradove u kojima je studirao Potočnik. Pronači ih pomoću aplikacije Google maps. U kojim se državama danas nalaze ti gradovi? Koliko je trajalo njegovo školovanje? Je li bilo jednostavno studirati u njegovo vrijeme? Istražiti pomoću aplikacije Google maps koliko se ulica/ustanova u Hrvatskoj/ svijetu naziva po Potočniku.
Radni listić 2	https://bit.ly/3vcKEMJ

Radni listić 3: Knjiga „ Problem vožnje po svemiru- raketni motor“, 1928. i njezini utjecaji u svijetu

Ishod aktivnosti	<ol style="list-style-type: none"> 1. osmisliti digitalni plakat s utjecajima Potočnikova rada na znanstvenike i pop kulturu pomoću zadanih izvora 2. izraditi astro rječnik stručnih pojmova
Koncepti	rad s povijesnim izvorima, koncept kontinuiteta i promjene, koncept povijesne perspektive, koncept usporedbe i sučeljavanja, koncept uzroka i posljedica
Aktivnosti	<ol style="list-style-type: none"> 1. aktivnost – Utjecaji Potočnikove knjige Osmisliti plakat koristeći se digitalnim alatom te prikazati utjecaj Hermana Potočnika na znanstvenike i SF/pop kulturu. Izdvojite iz izvora na koga je Potočnik sve utjecao? Koja su rješenja znanstvenici imali za praktično rješavanje problema vožnje svemirom? Iz kojih država dolaze navedeni raketni stručnjaci? Izdvojite također u popularizaciji znanosti gdje se sve može naći na crt njegove orbitalne stanice u obliku kotača? Promislite koliko su nacrti i ideje Potočnika koje se nalaze u pop i SF literaturi mogli utjecati na obrazovanje i zabavu mladih? Gledate li vi SF filmove? Razmišljate li i vi o putovanju svemir? Objasnite svoj odgovor. 2. aktivnost – Želite li putovati svemirom? Kreirajte astro rječnik u koji ćete upisati sve nepoznate riječi, stručnu terminologiju koja se koristi u astronautici.
Radni listić 3	https://bit.ly/3vgdyfc

Radni listić 4: Nacrti, ideje i izumi Hermana Potočnika

Ishodi aktivnosti	<ol style="list-style-type: none"> 1. usporediti svemirskih odjela te utjecaj Potočnika na njihovu izradu 2. objasniti primjere korištenja obnovljivih izvora energije na primjeru Potočnikove ideje svemirskog ogledala 3. izdvojiti pomoću izvora osnovne karakteristike Potočnikove orbitalne stanice 4. objasniti posljedice i utjecaj satelita u komunikaciji i svakodnevnom životu danas 5. opisati zamisli Hermana Potočnika o svemirskoj raketi prema zadanom izvoru
Koncepti	rad s povijesnim izvorima, koncept kontinuiteta i promjene, koncept povijesne perspektive, koncept usporedbe i sučeljavanja, koncept uzroka i posljedica

Aktivnosti	<p>Aktivnosti se odnose na svemirsko odijelo, satelite, svemirsku stanicu u obliku koča, raketu. Navedene ideje i nacrti nalaze se u knjizi Hermana Potočnika.</p> <p>Usporedite svemirska odijela kroz povijest. Što je ostalo isto, a što se zbog razvoja tehnologije unaprijedilo?</p> <p>Izdvojite koje sve mogućnosti korištenja u budućnosti može imati lebdеće svemirsko ogledalo. Iznesite svoje mišljenje o tome.</p> <p>Opišite kako izgleda te koje su mogućnosti orbitalne stanice kakvu zamišlja Potočnik. Na koji način je riješeno pitanje opskrbe vodom, zrakom, komunikacija.</p> <p>Možete li zamisliti život bez komunikacijskih satelita? Izdvojite po vama najvažnije posljedice korištenja komunikacijskih satelita.</p> <p>Skicirajte raketu kojom ćete pokazati njezine karakteristike po Potočnikovim idejama. Što Potočnik smatra da je prednost, a što nedostatak raketne? Koja su njegova rješenja za uočene nedostatke? (tablica)</p>
Radni listić 4	https://bit.ly/3DKaFWG

Radni listić 5: Društvo svemirskih letova i razvoj raketne tehnologije

Ishod aktivnosti	<ol style="list-style-type: none"> 1. vrednovati ulogu Društva za svemirske letove (VfR) u razvoju raketne tehnologije 2. objasniti pomoću zadanih izvora zašto u međuratnom razdoblju dolazi do razvoja raketne tehnologije 3. izdvojiti znanstvenike koji su početkom 20. stoljeća zaslužni za razvoj astronautike 4. kreirati radijsku emisiju ili reportažu s prikazom razvoja raketne tehnike 20. stoljeća
Koncepti	rad s povijesnim izvorima, koncept vremena i prostora, koncept kontinuiteta i promjene, koncept usporedbe i sučeljavanja, koncept uzroka i posljedica
Aktivnost	Osmisliti reportažu ili radijsku emisiju u kojoj ćete prikazati razvoj raketne tehnike 20. stoljeća. Izdvojite jednog od pionira astronautike te osmislite intervju s njim.
Radni listić 5.	https://bit.ly/30wbeW9

Radni listić 6: Na koje sve načine svemirska tehnologija oblikuje našu budućnost

Ishod aktivnosti	<ol style="list-style-type: none"> 1. objasniti pomoću izvora/primjera utjecaje i korištenje svemirskih tehnologija u svakodnevnom životu 2. kreirati izložbu kojom će se prikazati utjecaj svemirske tehnologije na svakodnevni život ljudi 21. stoljeća
Koncepti	rad s povijesnim izvorima, koncept kontinuiteta i promjene, koncept povijesne perspektive, koncept usporedbe i sučeljavanja, koncept uzroka i posljedica
Aktivnost	Pomoću letka s izložbe izaberite jedan primjer te promislite na koje načine svemirska tehnologija utječe na svakodnevni život ljudi 21. stoljeća. Gdje se sve u svakodnevnom životu koristi svemirska tehnologija? Koje su sve posljedice korištenja svemirskih tehnologija u svakodnevnom životu? Zamislite da radite izložbu o vašem izboru (primjerice Svemir na cesti ili Svemir u komunikacijama). Osmislite kako biste prikazali izložbu, što bi bilo izloženo i na koji način ćete opisati izložbene predmete/ fotografije/ simbole.
Radni listić 6	https://bit.ly/3aEgBnK

Projektne zadatke

Naziv projektnog zadatka	Misija na Mars
Ishodi aktivnosti:	<ol style="list-style-type: none"> 1. osmisлити putovanje na Mars pomoću zadanih kartica 2. odrediti tehnološko rješenje koje će se koristiti u misiji na Mars 3. izraditi dnevnik dizajna svemirske letjelice 4. usporediti raketnu tehnologiju nekad i danas kroz rad i utjecaj Hermana Potočnika 5. vrednovati koliko su svemirske tehnologije utjecale na svakodnevni život
Aktivnosti	<p>Planirane su tri aktivnosti:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kako stići do Marsa? 2. Razvoj raketne tehnologije nekad i danas 3. Dizajniranje tehnološkog rješenja za odlazak na Mars
Korelacija	Fizika ³² i Povijest
Vrednovanje	<p>Vrednovanje za učenje- rasprava</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dobivaju li današnji znanstvenici i inženjeri sve što im je potrebno za planiranje misije? 2. Jesu li, obzirom na veliki budžet koji im je potreban, svemirske misije opravdane ili ne? Argumentirajte svoje mišljenje. 3. Nakon dizajna vaše svemirske letjelice promislite koje se sve svemirske tehnologije koriste u svakodnevnom životu!
Radni listić	https://bit.ly/3vgDNSv

Literatura:

- Brief History of Rockets, NASA. https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/TRC/Rockets/history_of_rockets.html (posjet 14.10.2021.)
- Državni arhiv u Pazinu, HR-DAPA-429, Zbirka matičnih knjiga, 1536/1923, Matična knjiga rođenih Pula – Ratna mornarica (1889-1898), knjiga 293, kutija 98.
- European Space EXPO. Otkrijte što svemir znači za vas! Zagreb, 2015. https://www.euspa.europa.eu/sites/default/files/expo/Recto_Verso_Zagreb_HR_V1.pdf (posjet 17.10.2021.)
- EU u svemiru: Kako EU podupire svemirske programe, 2021. <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/economy/20181116STO19212/eu-u-svemiru-kako-eu-podupire-svemirske-programe> (posjet 17.10.2021.)
- Noordung, Hermann (Herman Potočnik). *The Problem of Space Travel*. Washington DC : NASA, 1995.
- Potočnik, Herman. *Problem vožnje svemirom*. Preveo Marino Fonović. Labin: Labin Art Express, 2004.
- Potočnik Noordung, Herman. <https://www.kamra.si/digitalne-zbirke/item/herman-potocnik-noordung-1892-1929.html> (posjet 17.10.2021.)
- Mission to Mars. Jet Propulsion Laboratory, NASA. <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/mission-to-mars-unit/> (posjet 17.10.2021.)
- 5 Auto Innovations Driven by NASA. https://www.nasa.gov/directorates/spaceteach/techtransfer/5_Auto_Innovations_Driven_by_NASA (posjet 17.10.2021.)

32 Zahvaljujem kolegi Nedeljku Mandiću profesoru fizike u Srednjoj školi Mate Blažina Labin koji na fakultativnom predmetu Eksperimentalna fizika drži radionice na temu svemira pa tako i radionicu Misija na Mars.

- Perović, Branko. *Mornaričko spomen groblje Pula, Cimitero memoriale della marina di Guerra Pola, K.u.K. Marinefriedhof Pola*. Galižana/Gallesano: Tiskara Nova, 2006.
- Pollard, Justin. „The eccentric engineer: Herman Potočnik and his forgotten Space Station“, 25.11.2018. <https://eandt.theiet.org/content/articles/2018/01/the-eccentric-engineer-herman-potocnik-and-his-forgotten-space-station/> (posjet 14.10.2021.)
- Rocketry before 20th century, 2017. http://www.russianspaceweb.com/rockets_pre20th_cent.html (posjet 14.10.2021.)
- Zajec, Simon. „Vplivi Hermana Potočnika na razvoj in popularizacija aeronautike. Osemdeset let od izida Potočnikove knjige“, 10/2008, <https://noordung.vesolje.net/vplivi/> (posjet 14.10.2021.)
- Trogrić, Marko i Željko Stepanić. „Pula kao austro-ugarska ratna luka.“ *Školski vjesnik* 56, no. 1. – 2. (2007): 17-23.

SUMMARY

SPACE “THE LAST FRONTIER” – THE CHALLENGES OF SPACE TRAVEL WITH HERMANN POTOČNIK

The progress of technology is related to the development of science, and new discoveries, inventions and their application enabled humans to travel and communicate not only above the Earth but also through the Solar system. Space flights were made possible by the rapid development of rocket technology and astronautics. The first drawing of the space station was made and published by an expert in rocket technology, still partially known here, Herman Potočnik Noordung (December 22, 1892, Pula – August 27, 1929, Vienna). He was the captain in the engineering units of the Austro-Hungarian Army, a visionary and an inventor who published his ideas in the book “The Problem of Space Travel – The Rocket Motor”. With his designs for a rocket engine and a wheel-shaped space station, he laid the foundations for the further development of science. He is also considered one of the founders of modern astronautics as he was the first who described the geostationary orbit. In his work, he explains why and how the space station will be used for scientific research purposes by conducting experiments in space, but he also expresses fear of using it for military purposes. Based on Potočnik’s sketch of the space station “Wohnrad” (wheel station), numerous world scientists were inspired and numerous inventions were created. His ideas can also be found in the popularization of science in the cult film *2001: A Space Odyssey*, where the space station was built according to his designs. The aim of this workshop is to assess the ways in which Herman Potočnik’s inventions inspired scientists in the development of astronautics and thus changed the everyday life of people in the 20th and the 21st centuries. Space exploration has so far contributed the most to the development of information technologies, primarily by enabling telecommunications via space satellites. By analysing the existing sources, students will assess his influence on the development of space research in the technological solutions of the 21st century and determine how space technology shapes our future.

Key words: Herman Potočnik Noordung, rocket technology, space