

RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL

Cod proiect: PN-III-P1-1.1-TE-2019-1504

Număr contract: TE 173

Titlul proiect: *Caracterizarea corpurilor mici din Sistemul Solar folosind programele largi de observatie / Big data for small bodies*

Acronim proiectului: **BD4SB**

Durata proiectului: 28 oct. 2020 - 27 oct. 2022 (24 luni)

Pagina web a proiectului: <http://planet.astro.ro/BD4SB/>

I. Rezultate cheie (*Impactul estimat al rezultatelor obținute, cu sublinierea celui mai semnificativ rezultat obținut*)

Cel mai reprezentativ rezultat al acestui proiect este legat de distribuția de material exogenic (provenind de pe un asteroid de tip bazaltic) la suprafața asteroidului (101955) Bennu. Aceste determinări arată o istorie turbulentă a Sistemului Solar, compoziția materialului exogenic fiind o evidență a multiplelor coleziuni și reacumulări. Acest rezultat a fost obținut folosind datele de la misiunea spațială NASA/OSIRIS-Rex, datele spectrale ale meteoriților disponibile în baza de date Relab și toate datele spectrale și spectro-fotometrice ale diferitelor populații de asteroizi. Rezultatul a fost publicat ([Tatsumi & Popescu et al. 2021](#)) în Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (Volume 508, Issue 2, pp.2053-2070; December 2021).

Un alt rezultat reprezentativ a estimarea fracției (limita inferioară fiind 1.5 ± 0.15 și limita superioară fiind $10.4 \pm 2.2\%$) de asteroizi apropiați orbitei Pământului având origine cometară. Acest rezultat a folosit spectrele obținute din campanii de observații pe care le-am inițiat cât și datele din literatură. Rezultatul a fost publicat ([Simion et al. 2021](#)) în revista Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (Volume 508, Issue 1, pp.1128-1147; November 2021).

Al treilea rezultat semnificativ este caracterizarea spectro-photometrică a unui număr mare (348) de asteroizilor apropiați orbitei terestre (NEAs – near Earth asteroids este termenul consacrat în limba engleză). Parte dintr aceștia reprezintă ținte sau potențiale ține pentru misiunile spațiale. Mai, mult am dezvoltat o nouă tehnică de clasificare compozițională bazată pe date spectro-fotometrice. Rezultatul

campaniei de observație urmează să fie trimis spre publicare (Popescu et al. 2022 – articol în lucru) iar rezultatele preliminare au fost prezentate la conferințe ([Popescu et al. 2021 EPSC](#), [Popescu et al. 2021 DPS](#)). Acest rezultat include caracterizarea cometei interstelare 2I/Borisov (Popescu et al. 2022, articol în lucru), rezultatele preliminare fiind prezentate la conferințele de profil ([Prodan et al. 2021 EPSC](#)).

Al patrulea rezultat important este participarea în grupurile de lucru ale misiunilor spațiale. Un exemplu sugestiv este faptul că alături de echipa științifică a misiunii JAXA Hayabusa-2 am publicat articolul "Spectrally blue hydrated parent body of asteroid (162173) Ryugu", în care am arătat că corpul părinte al asteroidului (162173) Ryugu a suferit o serie de transformări geologice cauzate de prezența apei, ulterior fiind încălzit la o temperatură de 570-670 K ca urmare a radioactivității unor elemente. Articolul a fost publicat ([Tatsumi et al. 2021](#)) în revista Nature Communications. Trebuie menționat faptul că Marcel Popescu este membru al echipei științifice a misiunii NASA/DART și co-leader al grupului de lucru "Compositional and Space Weathering working group" în cadrul misiunii ESA/Hera.

Nu în ultimul rând am dezvoltat echipa de științe planetare din cadrul Institutului Astronomic. Acest lucru s-a făcut prin: 1) promovarea de tineri cercetători (Gabriel Nicolae Simion, Jad Alexandru Mansour, George Pantelimon Prodan, Elena Alexandra Zaharia) și doctoranzi (Radu Mihai Gherase) ; 2) dezvoltarea capacității observationale – dezvoltarea facilității T025-BD4SB ([Bertesteanu et al. 2022, EPSC](#)), respectiv susținerea unei campanii de observații folosind telescopul 1.52m Telescopio Carlos Sánchez (24 nopți); 3) coordonarea la nivel național de campanii comune de observații cu astronomii amatori și publicarea rezultatelor unor campanii anterioare (e.g. [Santos et al. 2022](#), [Vara-Lubiano et al. 2022](#)).

II. Obiectivele realizate (Obiectivele prevăzute/realizate)

Scopul proiectului nostru a fost să caracterizăm și să cuantificăm diversitatea corpurilor mici din Sistemul Solar cu dimensiuni în intervalul 1 m - 10 km. Pentru a atinge acest obiectiv am dezvoltat un cadru unic în care am combinat datele produse de programele largi observație, cu rezultatele misiunilor spațiale și cu măsurătorilor din laborator ale meteoriților și mineralelor. Am utilizat extensiv algoritmi specifici inteligenței artificiale.

În baza acestei abordări, de tip "big data", am putut oferi **noi evidențe pentru următoarele întrebări cheie:** 1) care au fost procesele care au modelat

planetesimalele și ulterior formarea planetelor; am oferit noi date legate de procesul de diferențiere în Centura Principala de asteroizi; 2) am căutat asteroizi a căror compoziție nu este reprezentată în eșantioanele de meteoriti; 3) am studiat spectro-fotometric asteroizii care pot reprezenta potențiale ținte pentru misiunile spațiale și care pot reprezenta o resursă pentru explorarea spațiului cosmic; 4) am comparat proprietățile corpurilor din Sistemul Solar cu cele ale nou descoperitelor obiecte interstelare. Rezultatele cheie sunt descrise sumar în Secțiunea I a acestui raport.

Prin acest proiect am consolidat grupul românesc de cercetare a științelor planetare și am dezvoltat "know-how"-ul în domeniul "big data" și al inteligenței artificiale cu aplicații în astrofizică. Am publicat opt articole în jurnale cu factor de impact mai mare ca cinci și am dezvoltat participarea în cadrul grupurilor de cercetare a misiunilor spațiale și a programelor largi de observație.

II.1 Obiective prevăzute vs obiective realizate

1) PROPUS: Înțelegerea diversității planetoizilor folosind datele observaționale raportate de: A) programele largi de observație; B) bazele de date spectrale existente pentru asteroizi; C) misiunile spațiale OSIRIS-REx și Hayabusa-2. Se va studia variația diferitelor proprietăți fizice în raport cu dimensiunea acestor obiecte (se vor avea în vedere dimensiuni pornind de la câțiva metri până la zeci de kilometri).

REALIZAT: **Acest obiectiv a fost realizat** iar principalele rezultate (descrise în Secțiunea I) fiind publicate în articolele: [Tasumi & Popescu 2021 - MNRAS](#), [Kruk et al. 2022 - A&A](#), [Tasumi et al. 2022 - A&A](#).

2) PROPUS: Descrierea proceselor care au dus la formarea corpurilor mici din Sistemul Solar. Se vor căuta evidențe legate de existența planetoizilor diferențiați în etapele inițiale ale Centurii Principale de asteroizi, se va studia posibilitatea existenței asteroizilor având compoziție eterogenă și se vor identifica fragmentele rezultate din coliziunile catastrofice petrecute de-a lungul istoriei Sistemului Solar.

REALIZAT: Acest obiectiv folosește rezultatele de la obiectivul anterior pentru înțelegerea proceselor care au dus la formarea corpurilor mici din Sistemul Solar. **Acest obiectiv a fost atins** prin publicarea următoarelor rezultate: [Tasumi & Popescu 2021 - MNRAS](#), [Tatsumi et al. 2021 - Nature Communications](#), [Simion et al. 2021 - MNRAS](#).

3) PROPUS: Consolidarea echipei de planetologi din România prin participarea la programe de cercetare de top din domeniu. Vrem să fim membrii activi în grupurile de lucru științifice ale misiunilor spațiale sau ale programelor largi de observații.

REALIZAT: **Obiectiv atins.** Coordonatorul acestui proiect face parte din echipa științifică a misiunii NASA/DART și este și co-leader al grupului de lucru "Compositional and Space Weathering working group" în cadrul misiunii ESA/Hera. Coordonatorul acestui proiect face parte din grupul "Solar System Working Group" pentru viitorul telescop spațial ESA/Euclid.

Parte din echipa acestui proiect (Marcel Popescu, Bogdan Alexandru Dumitru, Radu Mihai Gherase) este inclusă în programul continuu de observații ai asteroizilor de tip NEAs folosind telescopul 1.52m Telescopio Carlos Sánchez.

II.2 Rezultatele estimate

1. Algoritmi și programe pentru analiza statistică a diferitelor date de observație. Acestea vor include: clasificare spectrală/spectrofotometrică, analiza compozițională pe baza spectrelor și indicilor de culoare, compararea datelor din diferite programe de observație, compararea cu datele de laborator ale meteoritilor.

R: a) Programele folosite sunt disponibile pe website-ul proiectului (secțiunea Results – Data processing software):

<https://planet.astro.ro/BD4SB/results>

- ◆ Pachetul pentru conversie spectro-fotometrică și comparații spectrale aplicabil datelor de la misiunile NASA/OSIRIS-REx și JAXA/Hayabusa2 (Octave scripting): 01_SpectraMeteoritesComparison.zip
- ◆ Procesarea datelor provenind de la instrumentul TCS/MuSCAT2 instrument (Python scripting): 02_TCS_MUuSCAT2_Proc.zip
- ◆ Accesare informațiilor din diferitele baze de date pentru asteroizii de tip NEAs (PHP scripting): 03_NEAInfo.zip
- ◆ Profilul cometei 2I/Borisov (bash scripting): 04_2IBorisov.zip

b) Datele disponibile pentru programul de observații al asteroizilor orbitei pământului pot fi afișate folosind interfața:

<https://planet.astro.ro/tcs/>

2. a) Identificarea, pe baza datelor de observație, a fragmentelor provenite din planetoizii care au trecut prin procesul de diferențiere. b) Statistica proprietăți fizice ale planetoizilor în raport cu dimensiunea acestor obiecte. c) Observații detaliate ale obiectelor care prezintă proprietăți (dinamice sau compoziționale) speciale.

R: a) Cercetarea s-a concentrat pe explicarea materialului exogenic de tip bazaltic, presupus a proveni de pe asteroidul diferențiat (4) Vesta, găsite de misiunea spațială NASA/OSIRIS-Rex pe asteroidul Bennu. Pentru aceasta s-a realizat identificarea tuturor asteroizilor bazaltici (asteroizi al căror corp părinte a trecut prin procesul de diferențiere). Acest rezultat a fost publicat [Tasumi & Popescu 2021 – MNRAS](#).

b) Pentru a face acest studiu am folosit datele obținute pentru asteroizii apropiați orbitei terestre. Am realizat o caracterizare spectro-fotometric a 348 de asteroizi de tip NEAs. Rezultatul campaniei urmează să fie trimis spre publicare (Popescu et al. 2022 – articol în lucru), iar informațiile preliminare au fost prezentate la conferințe ([Popescu et al. 2021 EPSC](#), [Popescu et al. 2021 DPS](#)). Am publicat sau sunt în curs de publicare o serie de articole: [Simion et al. 2021 – MNRAS](#), Morate et al. 2022 (în evaluare – MNRAS), Licandro et al. 2022 (în evaluare MNRAS), Gherase et al. 2022 (articol în lucru).

Un alt task încheiat cu rezultate publicate a fost data-mining pe arhiva de imagini Hubble. Pentru acest task am colaborat cu cercetătorii de la ESA/ESAC – Madrid și cu inginerii de la compania privată Google. Articolul publicat este [Kruk et al. 2022 – A&A](#). Acest lucru a permis să evaluăm statistica asteroizilor cu diametre mici din centura principală.

c) Am realizat observații dedicate folosind telescoapele 2.54 m Isaac Newton Telescop, 3.0 m NASA Infrared Telescope Facility (IRTF), 3.58 m Telescopio Nazionale Galileo (TNG), 10.4 m Gran Telescopio Canarias. Acesta sunt prezentate în descrierea activităților fiecărei etape.

3. Participarea în grupurile de lucru științifice ale misiunilor spațiale sau ale programelor largi de observații.

R: A se vedea rezultatul prezentat la atingerea obiectivului nr. 3.

III. Indicatori ai rezultatelor realizate

PROPUS: Patru articole publicate, un articol trimis spre publicare. Toate vor fi publicate în jurnale cu factor de impact ISI mai mare ca 5;

Realizat: Șapte articole publicate în jurnale cu factor de impact ISI mai mare ca cinci

1. Spectrally blue hydrated parent body of asteroid (162173) Ryugu ; Tatsumi Eri, Sakatani Naoya, Riu Lucie, Matsuoka Moe, Honda Rie, Morota Tomokatsu, Kameda

Shingo, Nakamura Tomoki, Zolensky Michael, Brunetto Rosario, Hiroi Takahiro, Sasaki Sho, Watanabe Sei'ichiro, Tanaka Satoshi, Takita Jun, Pilorget Cédric, de León Julia, **Popescu Marcel**, Rizos Juan Luis, Licandro Javier Palomba Ernesto, Domingue Deborah, Vilas Faith, Campins Humberto, Cho Yuichiro, Yoshioka Kazuo, Sawada Hirotaka, Yokota Yasuhiro, Hayakawa Masahiko, Yamada Manabu, Kouyama Toru, Suzuki Hidehiko, Honda Chikatoshi, Ogawa Kazunori, Kitazato Kohei, Hirata Naru, Hirata Naoyuki, Tsuda Yuichi, Yoshikawa Makoto, Saiki Takanao, Terui Fuyuto, Nakazawa Satoru, Takei Yuto, Takeuchi Hiroshi, Yamamoto Yukio, Okada Tatsuaki, Shimaki Yuri, Shirai Kei, Sugita Seiji; **Nature Communications, Volume 12, article id. 5837; October 2021. Factor de impact 17.7**

2. Near Earth Asteroids on Cometary Orbits ; N. G. Simion, M. Popescu, J. Licandro, O. Vaduvescu, J. de León, R. M. Gherase; Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 508, Issue 1, pp.1128-1147; November 2021. Factor de impact: 5.235

3. Widely distributed exogenic materials of varying compositions and morphologies on asteroid (101955) Bennu ; Eri Tatsumi, Marcel Popescu, Humberto Campins, Julia de León, Juan Luis Rizos García, Javier Licandro, Amy A. Simon, Hannah H. Kaplan, Daniella N. DellaGiustina, Dathon R. Golish, Dante S. Lauretta; Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 508, Issue 2, pp.2053-2070; December 2021. Factor de impact: 5.235

4. Hubble Asteroid Hunter. I. Identifying asteroid trails in Hubble Space Telescope images; Kruk, Sandor; García Martín, Pablo; Popescu, Marcel; Merín, Bruno; Mahlke, Max ; Carry, Benoît; Thomson, Ross; Karadağ, Samet ; Durán, Javier ; Racero, Elena ; Giordano, Fabrizio ; Baines, Deborah; de Marchi, Guido; Laureijs, René; Astronomy & Astrophysics, Volume 661, id.A85, 15 pp.; May 2022; Factor de impact: 6.240

5. The OmegaWhite Survey for Short Period Variable Stars VI. Open Clusters ; R. Toma, G. Ramsay, C.S. Jeffery, S.A. Macfarlane, P. Woudt, P.J Groot; Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 513, Issue 1, pp.468-486; June 2022. Factor de impact: 5.235

6. The multichord stellar occultation on 2019 October 22 by the trans-Neptunian object (84922) 2003 VS2; Vara-Lubiano, M.; Popescu Marcel, Gherase Radu Mihai, (62 co-autori); Astronomy & Astrophysics, Volume 663, id.A121, 17 pp. July 2022. Factor de impact: 6.240

7. Near-ultraviolet to visible spectroscopy of the Themis and Polana-Eulalia complex families; Tatsumi, E.; Tinnaut-Ruano, F.; de León, J.; **Popescu, M.**; Licandro, J.; Astronomy & Astrophysics, Volume 664, id.A107, 18 pp., August 2022. Factor de impact: 6.240

8. Physical properties of the trans-Neptunian object (38628) Huya from a multi-chord stellar occultation; Astronomy & Astrophysics, Volume 664, id.A130, 18 pp.; Santos-Sanz P.; ... **Popescu Marcel, Gherase Radu Mihai,** (86 co-autori). August 2022. Factor de impact: 6.240

PROPUS: Patru postere (sau prezentări) prezentate la conferințele majore (EPSC, ACM, DPS) din domeniul științelor planetare;

Realizat: Cinci prezentări și cinci postere:

- **52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021** , [*Widely Distributed Exogenic Materials of Varying Compositions on Asteroid \(101955\) Bennu*](#); **Popescu, M.**; Tatsumi, E. ; Campins, H. ; de León, J. ; García, J. L. ; Licandro, J. ; Simon, A. ; Kaplan, H. ; DellaGiustina, D. ; Golish, D. ; Lauretta, D.; Abstract, **Poster**.
- **7th IAA Planetary Defense Conference 2021** , [*Simultaneous observations in four optical bands of near-Earth asteroids using TCS/MuSCAT2 instrument*](#) **M. Popescu** , J. de León, J. Licandro, D. Morate, O. Văduvescu, Juan Luis Rizos García, **G. Simion** , H. Medeiros, **R. M. Gherase**; Abstract, Presentation, **Talk**.
- **7th IAA Planetary Defense Conference 2021** , [*The Physical Properties of the Near Earth Asteroid 2001 SG286*](#) ; **R. M. Gherase**, O. Văduvescu, J. de León, **M. Popescu**, J. Licandro, D. Morate, **G. Simion**; Abstract, **Poster**.
- **Europlanet Science Congress 2021** , [*Simultaneous observations in four optical bands of near-Earth asteroids using TCS/MuSCAT2 instrument*](#) ; **Marcel Popescu**, Julia de León, Javier Licandro, **Gabriel Nicolae Simion**, David Morate, Ovidiu Văduvescu, Juan Luis Rizos, Hissa Medeiros, and **Radu Mihai Gherase** ; Abstract, **Presentation**.
- **Europlanet Science Congress 2021** , [*Spectrophotometric characterization of interstellar comet 2I/Borisov before perihelion passage*](#) ; **Gerge P. Prodan**, **Marcel Popescu**, Javier Licandro, Mohammad Akhlaghi, Julia de León, Eri Tatsumi, **Bogdan Adrian Păstrăv**, Jacob M. Hibbert, Ovidiu Văduvescu, **Gabriel Nicolae Simion**, Enric Pallé, Norio Narita, and Felipe Murgas; **Presentation**.

- The 53rd meeting of the Division for Planetary Sciences (DPS) | American Astronomical Society ; [Spectro-photometric studies of near-Earth asteroids using broad-band filters over the visible wavelengths](#) ; **Marcel Popescu, Gabriel Nicolae Simion**, Javier Licandro, Julia de Leon, David Morate, Ovidiu Văduvescu, Juan Rizos, Hissa Medeiros, **Radu Mihai Gherase** ; [Abstract](#), [Poster](#)
- Europlanet Science Congress 2022; [New near-infrared spectra of \(594913\) 'Aylo'chaxnim, the first known asteroid orbiting inside Venus orbit](#); **Marcel Popescu**, Carlos de la Fuente Marcos, Ovidiu Văduvescu, Raul de la Fuente Marcos, Schelte Bus, Julia de León, Javier Licandro, Eri Tatsumi, and **Gabriel N. Simion**; [Abstract](#), [Poster](#)
- Europlanet Science Congress 2022; [Physical characterization of asteroid \(4660\) Nereus](#); **Jad Alexandru Mansour, Marcel Popescu**, Julia de León, Daniel Berteșteanu, David Morate, Ovidiu Văduvescu, Javier Licandro, **Bogdan Alexandru Dumitru**, Gabriel Nicolae Simion, **Radu Mihai Gherase**, Viki Pinter, and Eri Tatsumi; [Abstract](#), [Poster](#)
- Europlanet Science Congress 2022; [The T025 – BD45B a pro-am collaboration for planetary sciences](#); Daniel Nicolae Berteșteanu, **Marcel Popescu, Radu Mihai Gherase, Jad Alexandru Mansour, Bogdan Alexandru Dumitru**, Bogdan Stanciu, Anastasia Perrotta, Marian H. Naiman, Octavian Blagoi, Tudor Dumitru, and Ana Lupoaie; [Abstract](#), [Prezentare](#)
- Europlanet Science Congress 2022; [The Physical Properties of the Near Earth Asteroids 2005 UD and 2001 SG286](#); Autori: **Radu Gherase**, Ovidiu Vaduvescu, Thomas Wilson, **Marcel Popescu**, Julia de León, Vania Lorenzi, Javier Licandro, David Morate, Amadeo Aznar, and **Gabriel Simion**; [Abstract](#), [Prezentare](#)

PROPUS: Propuneri de programe de observații (cereri de timp de telescop) pentru INT, IRTF, WHT, GTC;

Realizat: Pe baza cererilor de timp de telescop au fost realizate observațiile spectrofotometrice și spectrale cu telescoapele 1.52m Telescopio Carlos Sánchez (TCS), 2.54 m Isaac Newton Telescop, 2.54 m Nordic Optical Telescope, 3.0 m NASA Infrared Telescope Facility (IRTF), 3.58m Telescopio Nazionale Galileo (TNG) și 10.4 m Gran Telescopio CANARIAS (GTC).

PROPUS: Algoritmii și programele de procesare a datelor vor fi disponibile pe website-ul proiectului (incluzând și descrierea acestora);

Realizat: a) Programele folosite sunt disponibile pe website-ul proiectului (secțiunea Results – Data processing software):

<https://planet.astro.ro/BD4SB/results>

- ◆ Pachetul pentru conversie spectro-fotometrică și comparații spectrale aplicabil datelor de la misiunile NASA/OSIRIS-REx și JAXA/Hayabusa2 (Octave scripting): 01_SpectraMeteoritesComparison.zip
- ◆ Procesarea datelor provenind de la instrumentul TCS/MuSCAT2 instrument (Python scripting): 02_TCS_MUuSCAT2_Proc.zip
- ◆ Accesare informațiilor din diferitele baze de date pentru asteroizii de tip NEAs (PHP scripting): 03_NEAInfo.zip
- ◆ Profilul cometei 2I/Borisov (bash scripting): 04_2IBorisov.zip

b) Datele disponibile pentru programul de observații al asteroizilor orbitei pământului pot fi afișate folosind interfața:

<https://planet.astro.ro/tcs/>

PROPUS: Website descriptiv al proiectului.

Realizat: <https://planet.astro.ro/BD4SB/>

PROPUS: Rapoarte de etapa, raport final și prezentări de popularizare a astronomiei.

Realizat: Raport final incluzând toate rapoartele – acest document.

Prezentări de popularizare a astronomiei.

- ✓ ȘTIINȚĂ & TEHNICĂ Astrokurs, Streamed live on May 27, 2021, Marcel Popescu interview
- ✓ Ziua Asteroidului (Asteroid Day) , Streamed live on June 30, 2021, Asteroid Day website
- ✓ Physics Today: Asteroids in the inner solar system
- ✓ Știință și Tehnică nr.108 Septembrie 2021 , Marcel Popescu: Cerul este cel mai vast laborator , Marcel Popescu interview
- ✓ Interviu cu vloggerul Vladimir Ștefănescu, "Misiuni spațiale la ASTEROIZI – Discuție cu Dr. Marcel Popescu (astronom român profesionist)", 4 aprilie 2022
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=qDMTa2zwJfw>

- ✓ Ziua Internațională a Asteroidului, eveniment live organizat împreună cu Astroclubul București; 30 iunie 2021
- ✓ Romanian Science Festival, "Către Asteroizi" – prezentare, 17 februarie 2022
<https://www.youtube.com/watch?v=yydrKTN3Dyc>

Altele:

Coordonarea unei teze de licență, a unui proiect de masterat și a trei stajii de practică

- ◆ În cadrul proiectului nostru studentul George Prodan (Facultatea de Fizică, București) și-a pregătit lucrarea de licență cu titlu "The spectrophotometric characterisation of 2I/Borisov comet".
- ◆ Studenții Tudor Dumitru și Elena Alexandra Zaharia au efectuat stagiul de practică în cadrul echipei noastre de lucru.
- ◆ Studentul Gabriel Nicolae Simion și-a pregătit proiectul pentru masterat cu titlul "Spectro-photometric properties of near-Earth objects"
- ◆ Studentul Jad Alexandru Mansour a făcut un internship cu durata de 10 luni de zile în cadrul echipei noastre de lucru. Unul din rezultatele acestui internship a fost prezentat la conferința EPSC 2021.

IV. Scurtă Prezentarea rezultatelor obținute pe etape

IV.1 Rezumatul etapei I (Procesarea datelor, management proiect și diseminare)

Activitățile corespunzătoare primei faze a proiectului au inclus următoarele activități: WP1 - managementul proiectului și asigurarea echipamentelor necesare; WP2.1 - procesarea datelor, în particular dezvoltarea unor metode de organizare a datelor observaționale; WP6.1 - realizarea variantei preliminare a site-ului web dedicat proiectului.

Activitățile științifice ale proiectului

Dezvoltare de programe și metode pentru obținerea datelor observaționale

S-a construit o bază de date cu următoarele seturi observaționale pentru corpurile mici din Sistemul Solar: 1) datele spectro-fotometrice obținute de survey-urile SDSS (Carvano et al. 2010) și VISTA-VHS (Popescu et al. 2016, 2018); 2) datele spectroscopice disponibile pe web-site SMASS-MIT (inclusiv Binzel et al. 2019), M4AST(Popescu et al. 2012) precum și publicate de Perna et al. 2018, Popescu et al. 2019; 3) albedo-ul raportat de survey-urile WISE și AKARI; 4) curbele de lumină raportate de baza de date LCDB; 5) componența familiilor de asteroizi raportată de Nesvorný et al. 2015. Toate aceste date sunt stocate sub forma unor fișiere de tip .csv, fiecare obiect fiind identificat prin numărul său sau prin denumirea temporară. Pentru a rezolva problema denumirilor multiple (asteroizii și cometele pot avea denumiri temporare multiple din cauza identificării diferite la momentele când orbita acestora era incertă) s-a dezvoltat un program .php care lucrează cu datele de la Minor Planet Center pentru a identifica toate denumirile echivalente. Rezultatul final al acestei activități va fi realizarea unor baze de date relaționale de tip SQL împreună cu o schema de actualizare și mentenanță, pentru a fi ușor accesibilă în etapele următoare ale proiectului.

Un articol științific este în pregătire cu rezultatele privind asteroizii pe orbite cometare.

Pentru comparația cu datele de laborator se vor considera spectrele raportate în baza de date Relab și USGS. Aceste date s-au obținut online din website-urile asociate proiectelor respective. Până în momentul de față s-a realizat procesarea bazei de date Relab pentru a fi adusă în formatul .csv ușor accesibil programelor noastre de analiză. Se urmărește același lucru pentru baza de date USGS.

Pentru obținerea datelor de la misiunea spațială OSIRIS-REx s-a folosit Small Body Mapping Tool (SBMT). O aplicație științifică la aceasta căutare în datele obținute

de misiunea OSIRIS-REx a fost identificarea materialului exogenic de pe asteroidul (101955) Bennu. Un articol științific este în pregătire cu aceste rezultate.

Pe lângă datele existente în literatura științifică sau pe website-urile de specialitate, s-au obținut noi date de observație folosind telescopul 1.52m Telescopio Carlos Sánchez (20 de obiecte observate) și 2.54 m Isaac Newton Telescop (5 obiecte observate). Aceste observații au fost dedicate caracterizării spectro-fotometrice și spectrale a asteroizilor din apropierea orbitei Pământului.

Activități organizatorice

Server dedicat proiectului În vederea procesării datelor și a prezentării rezultatelor obținute s-a configurat un server dedicat proiectului. Acesta a fost pus la dispoziție de Institutul Astronomic al Academiei Române. Pe acest server este disponibil website-ul proiectului: <http://planet.astro.ro/BD4SB/>

Achiziția unui telescop mobil pentru investigații preliminare ale obiectelor strălucitoare precum și observații complementare cum ar fi spectre de analog solar, folosite în reducerea datelor de observații de pe telescoapele mari. În acest fel se economisește timpul de telescop câștigat. Mai mult, acest instrument servește la pregătirea tinerilor colegi pentru realizarea de observații telescopice.

Sumar livrabile proiect etapa 1

- Website proiect: <http://planet.astro.ro/BD4SB/>
- Raport de activitate
- Articole științifice în pregătire: "Widely distributed exogenic materials of varying compositions on asteroid (101955) Bennu" (Tatsumi, Popescu, et al.); "Near Earth Asteroids on Cometary Orbits" (Simion, Popescu et al.)

IV.2 Rezumatul etapei a II (*Procesarea datelor și participarea în programe de cercetare desfășurate la nivel internațional*)

Activitățile corespunzătoare acestei etape au fost : 2.1 *Conversia și pre-procesarea datelor obținute cu diferite instrumente* pentru a le aduce la un format unic (un cadru de lucru) înainte de a folosi algoritmi de analiză a acestora. 2.2 *Analiza statistică a datelor obținute folosind metode de "machine learning/pattern recognition" (recunoaștere de structuri)* pentru clasificarea datelor observaționale corespunzătoare. 2.3 *Participarea în programe de cercetare de top*, desfășurate la nivel internațional și implicarea ca membru activ în grupurile de lucru ale misiunilor spațiale. 2.4 *Colaborare cu astronomii din institutele importante de astrofizică.*

Sumarul rezultatelor etapei și gradul de realizare al obiectivelor.

1. Propus: Publicarea (în calitate de co-autor) a două articole în cadrul grupurilor de lucru ale misiunilor spațiale de explorare a Sistemului Solar sau ale programelor largi de observație

Realizat: Următoarele articole au fost publicate:

- 1. N. G. Simion, M. Popescu, J. Licandro, O. Vaduvescu, J. de León, R. M. Gherase; **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, Volume 508, Issue 1, pp.1128-1147; November 2021
- 2. Eri Tatsumi, Marcel Popescu, Humberto Campins, Julia de León, Juan Luis Rizos García, Javier Licandro, Amy A. Simon, Hannah H. Kaplan, Daniella N. DellaGiustina, Dathon R. Golish, Dante S. Lauretta; **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, Volume 508, Issue 2, pp.2053-2070; December 2021
- 3. Spectrally blue hydrated parent body of asteroid (162173) Ryugu ; Tatsumi Eri, ... Popescu Marcel, et al. ; **Nature Communications**, Volume 12, article id. 5837; October 2021

2. Propus: Raport descriptiv al programelor dezvoltate; Programele dezvoltate vor fi disponibile pe website-ul proiectului

Realizat: Pentru a avea o vizibilitate largă a metodelor și programelor dezvoltate am inclus descrierea acestora în articolele publicate. Programele dezvoltate sunt disponibile pe site-ul proiectului (Secțiunea Results, sub-secțiunea "Data processing software") după cum urmează:

- Pachet de programe și funcții scrise în limbajul Octave/Matlab pentru a) a converti datele de laborator ,din observații telescopice obținute, del la misiunile spațiale, obținute cu diferite tipuri de instrumente la un format unic; b) a realiza comparația și identifica potrivirea spectrală cea mai bună între datele de laborator și datele de observații (inclusiv generare de raport). *01_SpectraMeteoritesComparison.zip*
- Programe (folosind limbajul Python) dedicate procesării datelor provenite de la observațiile obținute cu telscopul Carlos Sanchez (instrumentul MuSCAT2). Acestea include: a) pregătirea datelor pentru a putea face fotometria; b) post-procesarea datelor provenite din softul de fotometrie; c) Clasificarea datelor folosind algoritmul *KNN – k nearest neighbors*. *02_TCS_MUuSCAT2_Proc.zip*
- Funcție scrisă în limbajul PHP pentru obținerea informațiilor din fișierele .csv conținând informații despre asteroizi. *03_NEAInfo.zip*
- Obținerea profilului cometei 2I/Borisov. *04_2IBorisov.zip*

În vederea stocării și procesării datelor de observație, accesării metodelor de analiză printr-o interfață online și pentru a oferi comunității alte unelte software necesare studiului corpurilor mici din Sistemul Solar dezvoltăm un server accesibil întregii comunități (<https://planet.astro.ro/projects/SBD/>). Pentru a realiza acest lucru am folosit framework-ul Laravel. Acest server este diferit de paginile web aferente prezentării proiectului nostru <https://planet.astro.ro/BD4SB/>.

3. Propus: Doua postere la conferințele internaționale (EPSC, DPS, ACM) în domeniul științelor planetare pentru a prezenta rezultatele obținute

Realizat: Șase participări la conferințele internaționale.

4. Propus: Raport de activitate, mentenanță website proiect

Realizat: Site-ul proiectului conține ultimele rezultate. Acesta se află la adresa:

<https://planet.astro.ro/BD4SB/results>

Notă – acesta folosește tehnologii de tip *cookies* astfel că este necesar să apăsați butonul de refresh pentru a încărca ultima versiune.

Descrierea științifică și tehnică cu punerea în evidență a rezultatelor etapei

Conversia și pre-procesarea datelor obținute cu diferite instrumente

În vederea obținerii rezultatelor științifice au fost procesate datele provenind din următoarele surse.

- Datele spectrofotometrice și spectrale provenind de la misiunea spațială NASA/OSIRIS-REx (acronim pentru Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security, Regolith Explorer). S-au folosit măsurătorile obținute de camerele PolyCam, MapCam și de către spectrometrul OVIRIS. Aceste date au fost interpretate în contextul spectrelor obținute în laborator pentru meteoriți și alte minerale (accesibile folosind baza de date Relab) și observațiilor spectrale obținute prin telescop (pentru care am structurat o bază de date în etapa precedentă a proiectului). Metodele folosite pentru procesare sunt prezentate în articolul *Tatsumi, Popescu et al. 2021 MNARS*, prezentat în secțiunea următoare
- Observațiile spectrofotometrice și spectrale obținute cu telescoapele 1.52m Telescopio Carlos Sánchez (TCS), 2.54 m Isaac Newton Telescop, 2.54 m Nordic

Optical Telescope, 3.0 m NASA Infrared Telescope Facility (IRTF) și 10.4 m Gran Telescopio CANARIAS (GTC). Această procesare a fost necesară pentru caracterizarea asteroizilor și cometelor din apropierea orbitei Pământului (near-Earth objects, NEOs). Rezultatele au fost împărțite în trei studii: a) analiza proprietăților fizice a asteroizilor de tip NEOs având orbite cometare (**Simion et al. 2021 MNRAS**); b) caracterizare unor obiecte potențiale ținte pentru misiunile spațiale (obiecte precum 2001 SG286, 2005 UD, 4660 Nereus, 99942 Apophis) – rezultatele preliminare au fost **prezentate ca postere în cadrul conferințelor PDS** (7th IAA Planetary Defense Conference 2021) și **EPSC** (Europlanet Science Congress 2021); c) caracterizarea statistică a unui eșantion semnificativ (200 de obiecte) din populația de NEOs folosind observații spectrofotometrice. Metoda folosită în cadrul acestui studiu este nouă și urmărește să determine omogenitatea la suprafață a obiectelor de tip NEOS. Rezultatele preliminare au fost **prezentate în cadrul PDS, EPSC, DPS** (53rd meeting of the Division for Planetary Sciences).

- Observațiile spectrofotometrice pentru caracterizarea cometei interstelare 2I/Borisov. S-au folosit imaginile obținute simultan în filtrele g (400–550nm), r (550–700 nm), i (700–820 nm), și z_s (820–920nm) cu ajutorul telescopului 1.52m Telescopio Carlos Sánchez. Datele au fost obținute anterior, în perioada octombrie – decembrie 2019. Procesarea a constat în calibrare astrometrică și fotometrică a imaginilor, obținerea imaginilor sumă și determinarea profilului cometei. Rezultatele preliminare au fost **prezentate în cadrul conferinței EPSC** și au constituit **subiectul tezei de licență a studentului** George Prodan (Facultatea de Fizică, București).
- Experiența acumulată în procesarea datelor din programele largi de observații a putut fi folosită pentru un subiect conex, studiul stelelor variabile. Astfel că, Ruxandra Toma (cercetător postdoctorand) a **trimis spre publicare către jurnalul MNRAS** articolul "The OmegaWhite Survey for Short Period Variable Stars VI. Open Clusters".
- S-a început o activitate de integrare a datelor obținute anterior în Observatorul Virtual (Virtual Observatory), așa încât să fie accesibile prin metodele standard de căutare oricărui cercetător interesat. Lucrăm la **realizarea unui server** pentru a oferi aceste cataloage ca serviciu în interiorul Virtual European and Planetary Access (VESPA).

Analiza statistică a datelor obținute folosind metode de "machine learning/pattern recognition" (recunoaștere de structuri)

Datele de mai sus au fost analizate folosind diferiti algoritmi. Aceștia au variat în funcție de subiectul studiate. Am folosit tehnici clasice de calcul pentru analiza spectrelor, pentru determinarea producție de praf a cometei 2I/Borisov, pentru identificarea suprafețelor strălucitoare de pe asteroidul Bennu, pentru analiza curbelor de lumină a diferiților asteroizi. Am folosit metode de tip inteligență artificială (machine learning) pentru clasificarea spectrală și spectro-fotometrică a asteroizilor, și a diferitelor roci identificate pe asteroizii Bennu (ținta misiunii spațiale OSIRIS-REx) și Ryugu (ținta misiunii spațiale Hayabusa 2). Mai jos sunt prezentate cele mai relevante rezultate în funcție de articolul publicat.

- ◆ **Tatsumi, Popescu et al. 2021, MNRAS**, "Widely distributed exogenic materials of varying compositions and morphologies on asteroid (101955) Bennu" <https://doi.org/10.1093/mnras/stab2561> . În acest articol am determinat prezența la suprafața asteroidului (101955) Bennu a 77 structuri având o compoziție asemănătoare olivinei și pyroxenilor (Fig. 1). Aceste compoziții nu pot fi explicate decât ca material exogen pentru un asteroid având un material similar cu meteoriții de tip condrite carbonacee. Mai mult, diferențele morfologice și mineralogice (Fig. 1) sugerează că asteroidul (101955) Bennu este rezultatul mai multor coleziuni suferite de obiectul părinte. Acest fapt este o evidență a istoriei turbulente a Sistemului Solar și al amestecului de material din Centura Principală.

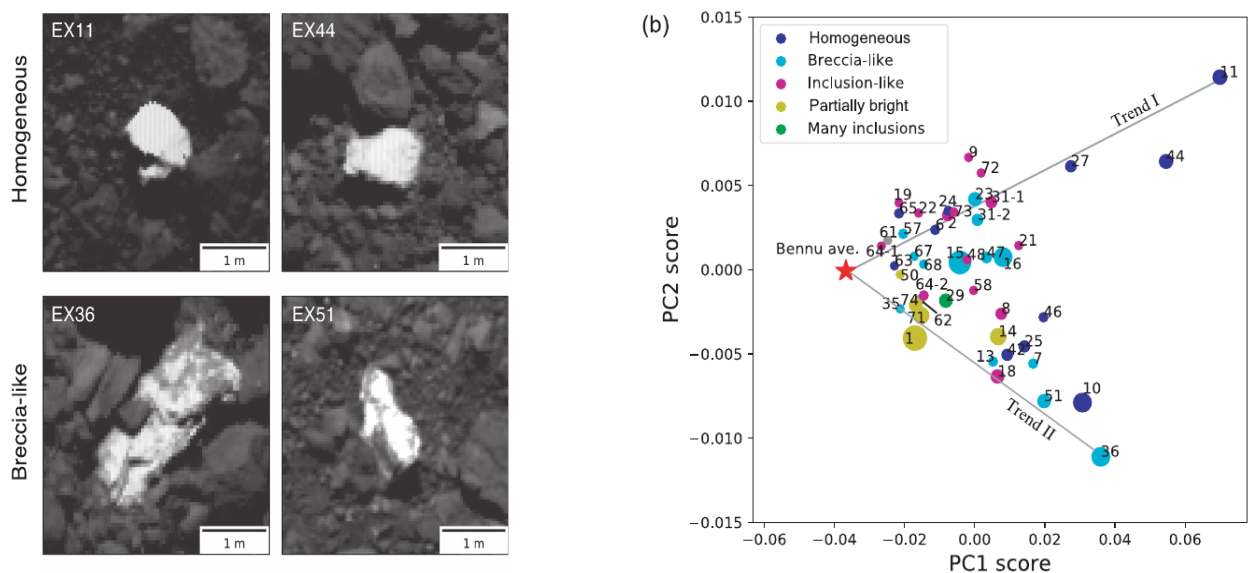
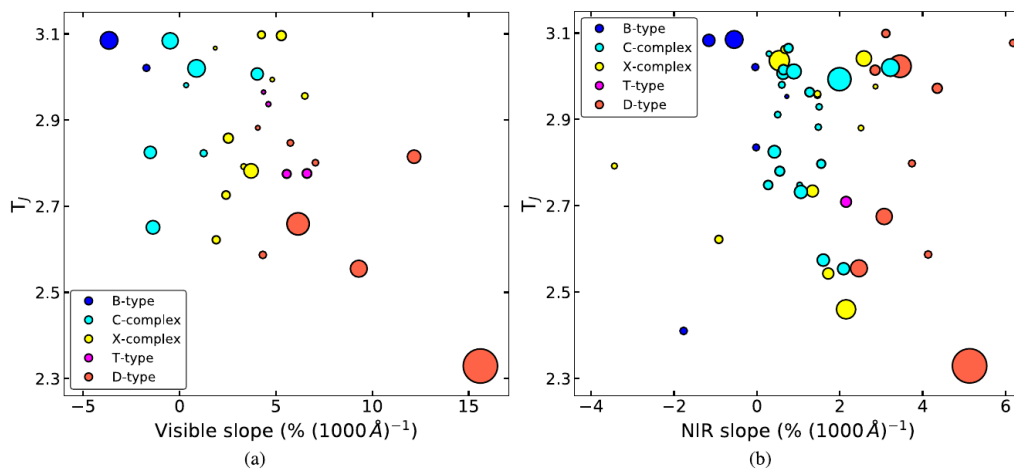


Fig.1 (Stânga) Exemplu de material strălucitor la suprafața asteroidului (101955) Bennu. (Dreapta) Variația în spațiul componentelor principale (definite în spațiul spectrofotometric)

a diferitelor roci strălucitoare. Simbolul este proporțional cu dimensiunea acestora (Tatsumi & Popescu et al. 2021).

◆ **Simion, Popescu ... Gherase, MNRAS, 2021** "Spectral properties of near-Earth objects with low-Jovian Tisserand invariant" <https://doi.org/10.1093/mnras/stab2548> . În acest articol am studiat asteroizii având orbite cometare cu scopul de a identifica numărul de comete inactive în populația asteroizilor apropiați terestre și de a înțelege procesele prin care trece o cometă pe măsură ce își consumă materialul volatil. Am găsit că procentul cometelor inactive în populația de NEOS este în intervalul 1.5 – 10.4 %. Am arătat că proprietățile spectrale variază în funcție de orbita asteroizilor și de dimensiunea acestora.

Fig. 2



Dispersia obiectelor cu orbită cometary în spațiul pantei spectrale (în domeniul vizibil și infraroșu apropiat) versus factorul Tisserand în raport cu Jupiter. Simbolul este corelat cu dimensiunea acestor asteroizi (scala variază în intervalul 0.2 – 15.8 km). Credit: Simion et al. 2021

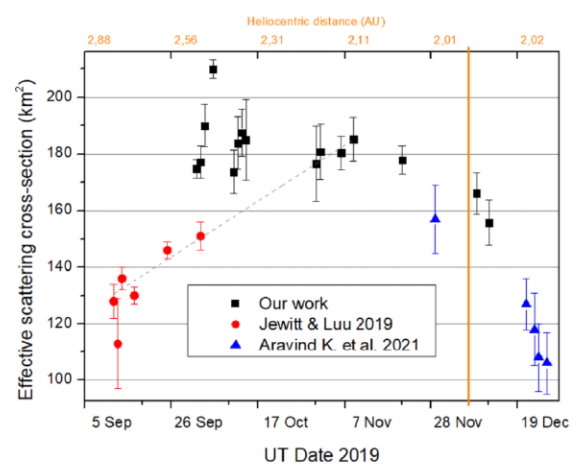
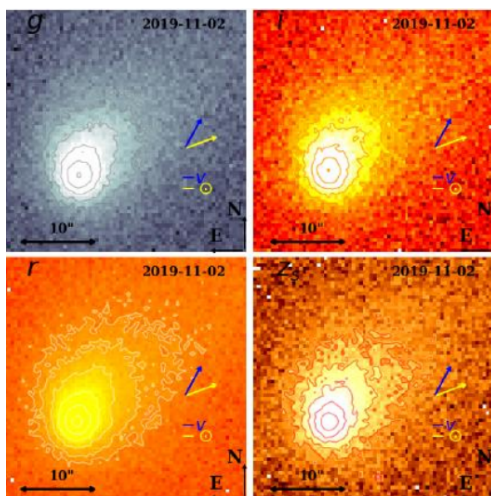


Fig. 3 (Stânga) Profilul cometei în cele patru filtre optice de bandă largă. (Dreapta) Secțiunea eficientă a cometei în raport cu distanța heliocentrică și data de observație. Linia portocalie marchează periheliul.

- ◆ **Prodan, Popescu, Păstrăv Simion... et al. Prezentare conferința EPSC,** articol în lucru. Cometa 2I/Borisov este al doilea obiect interstelar descoperit și singurul care a avut o activitate cometară intensă la apropierea de Soare. Pe baza datelor noastre am obținut rezultate preliminare privind producția de gaz și praf, am determinat că această cometă este asemănătoare spectral cu obiectele trans-neptuniene și cu acele comete cu perioadă lungă și a avut o serie de *outburst*-uri (ejecții de masă puternice) la o distanță heliocentrică de 2.56 – 2.32 unități astronomice (Fig. 3). Rezultatele preliminare au fost prezentate de către studentul George Prodan în lucrarea să de licență (realizată în cadrul proiectului nostru).

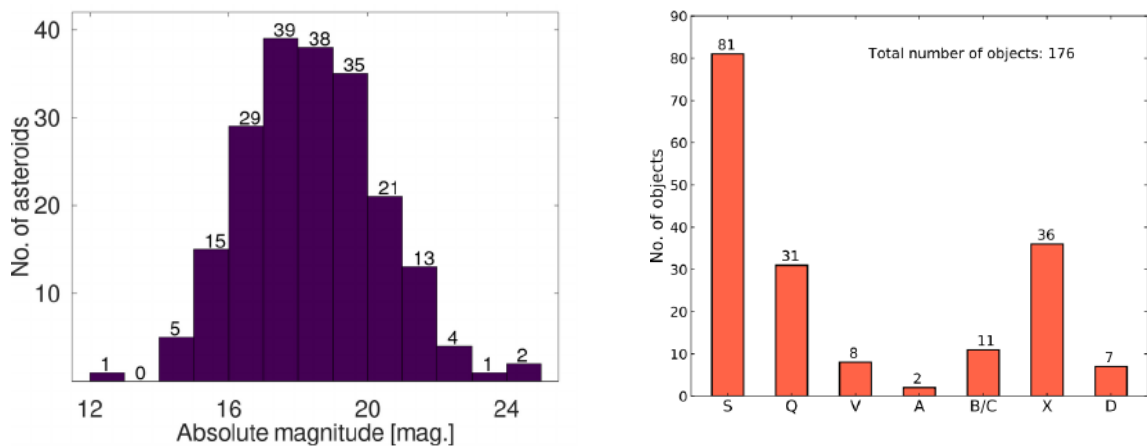


Fig. 4 (Stânga) Distribuția magnitudinilor absolute a asteroizilor de tip NEOs observați cu TCS. (Dreapta). Numărul de obiecte clasificate folosind metoda *k*-nearest neighbors și *random forest*.

- ◆ **Programul de caracterizare a asteroizilor de tip NEOs folosind telescopul TCS.** Rezultatele preliminare ale acestui program au fost prezentate la conferințele PDC, EPSC și DPS. Programul constă în caracterizarea unui număr mare de NEOs folosind filtrele optice de bandă largă *g*, *r*, *i*, *z*, pentru a determina proprietățile statistice ale acestei populații, pentru a compara proprietățile determinate prin diferite tehnici (radar, polarimetrie). Un articol care va fi trimis către MNRAS sau Astronomy & Astrophysics este în lucru. Figura 4 prezintă magnitudinea absolută a obiectelor studiate și distribuția acestora în raport cu tipurile spectrofotometrice.

Participarea în programe de cercetare de top. În cadrul acestei activități s-a urmărit participarea în echipele științifice ale diferitelor misiuni spațiale.

- ◆ Misiunea OSIRIS-REx. Articolul **Tatsumi & Popescu et al. 2021** a folosit datele de la această sondă spațială. Rezultatele au fost prezentate în cadrul ședințelor de lucru ale acestei misiuni. Articolul include între co-autori investigatorul principal al acestei misiuni (prof. Dante S. Lauretta).
- ◆ Misiunea JAXA/Hayabusa2. Am colaborat cu echipa științifică a acestei misiuni și am participat la publicarea articolului "Spectrally blue hydrated parent body of asteroid (162173) Ryugu", **Tatsumi Popescu et al. 2021, Nature Communications** <https://www.nature.com/articles/s41467-021-26071-8> De asemenea am realizat măsurători astrometrice pentru asteroidul 1998 KY 26, viitoarea țintă a misiunii Hayabusa2.
- ◆ Misiunea NASA/DART și misiunea ESA/HERA. P.I.-ul acestui proiect este membru în echipa științifică a celor două misiuni. În cadrul misiunii ESA/HERA Marcel Popescu este co-leader pentru activitatea de caracterizare compozițională. În cadrul acestor colaborări particip la redactarea articolului "Photometric observations of the binary near-Earth asteroid (65803) Didymos in 2015-2021 in support of the DART space mission". Acesta reprezintă un articol cheie pentru realizarea misiunii DART.

Activități tehnice: Instalarea și realizarea de observații folosind noul telescop T025. Am configurat corespunzător acest instrument și am organizat o metodologie de lucru. Folosind acest instrument se pot realiza investigații preliminare ale obiectelor strălucitoare precum și observații complementare cum ar fi spectre de analog solar, folosite la calibrarea datelor de observații de pe telescoapele mari. În acest fel se economisește timpul de telescop câștigat. Mai mult, acest instrument servește la pregătirea tinerilor colegi pentru a învăța tehnica observațiilor.

Parte din rezultatele obținute cu acest instrument sunt prezentate în pagina: <https://planet.astro.ro/BD4SB/t025>

Rezultatele preliminare arată că din punct de vedere al magnitudinii limită, acest instrument reprezintă un echipament de top al Institutului Astronomic. Acest echipament este necesar pentru investigarea preliminară a obiectelor înainte de a solicita timp de observație cu telescoapele cu apertură mai de 1m (telescoape pentru care se obține timp doar prin competiție și pentru care este necesar un caz științific cât

mai bine argumentat, susținut de date preliminare concludente). Un astfel de caz este prezentat de obținerea curbei de lumină pentru asteroidul 4660 (Nereus).

Folosind acest telescop a fost observată ocultația obiectului trans-Neptunian (84522) 2002 TC302. Rezultatul a fost unul negativ, însă prin această observație am contribuit campaniei organizată în cadrul proiectului internațional "Lucky Star" care include colaboratori din Paris/Franța, Granada/Spania, și Rio de Janeiro/Brazilia.

Deasemenea, am participat în cadrul campaniei IAWN (International Asteroid Warning Network), la observarea asteroidului 2019 XS (un asteroid cu dimensiunea mai mică de 100 m) pentru care am obținut atât observații astrometrice cât și observații fotometrice. În figura 6 sunt prezentate rezultatele astrometrice.

IV.3 Rezumatul etapei a III (*Observații telescopice, caracterizarea corpurilor mici, asteroizii, cometele, meteorii, din Sistemul Solar și diseminarea rezultatelor*)

Activitățile corespunzătoare acestei etape au fost : 3.1 *Obținerea de timp de telescop pentru a studia obiectele cu proprietăți speciale și realizarea observațiilor*; 3.2 *Analiza spectrală și spectro-fotometrică a datelor*; 3.3 *Caracterizarea procesului de diferențiere în Centura Principală de asteroizi*; 3.5 *Pregătirea articolelor științifice pentru a prezenta rezultatele obținute într-unul din jurnalele A&A, MNRAS sau Nature Astronomy*; 3.6 *Prezentarea rezultatelor proiectului la conferințe internaționale*; 3.7 *Realizarea de prezentări și activități educative pentru public*.

Sumarul rezultatelor etapei și gradul de realizare al obiectivelor.

1. Propus: Propuneri de observații trimise pentru obținerea de timp de observație pe telescoapele cu apertură mare (INT, IRTF, WHT, GTC), cel puțin două propuneri acceptate;

Realizat: Considerând timpul de răspus pentru o cerere de timp de telescop acest obiectiv s-a întins pe mai multe semestre. Pentru a realiza acest obiectiv am colaborat cu cercetătorii de la Institutul de Astrofizică din Canare (Spania) pentru a putea accesa telescoapele de la Observatorio del Roque de los Muchachos. În anul 2022 am obținut timp de telescop pentru următoarele **sase proiecte observationale** (propuneri acceptate):

Semestru: 2022A

1. Titlu: "Search for F-type asteroids: implication for the origin of Ryugu and Bennu"
Telescop: 2.54 m Isaac Newton Telescope (INT)

Investigatori: Eri Tatsumi, Marcel Popescu, Julia de Leon Cruz, Faith Vilas, Fernando Tinaut Ruano

Obiectiv: Identificarea și caracterizarea spectrală a asteroizilor de tip F pentru a pune în context rezultatele misiunilor spațiale Hayabusa2 și OSIRIS-Rex.

2. Titlu: "Visible spectra of newly discovered near-Earth asteroids and NEAs accesible to spacecraft"

Telescop: 10.4m, Gran Telescopio CANARIAS (GTC)

Investigatori: Julia de Leon Cruz, Marcel Popescu, Javier Licandro Goldaracena, David Morate González, Hissa Maria Lúcio Medeiros

Obiectiv: Caracterizarea spectrală a asteroizilor de tip NEAs, posibile ținte pentru misiunile spațiale.

3. Titlu: "Compositional characterization of low inclination V-type candidate asteroids to explain the presence of basaltic material on the surface of Bennu"

Telescop: 3.58m Telescopio Nazionale Galileo (TNG)

Investigatori: Hissa Maria Lúcio Medeiros, Julia de Leon Cruz, Javier Licandro Goldaracena, Marcel Popescu, Eri Tatsumi, David Morate González

Semestru: 2022B

4. Titlu: "Visible spectra of newly discovered near-Earth asteroids and NEAs accesible to spacecraft"

Telescop: 10.4m, Gran Telescopio CANARIAS (GTC)

Investigatori: Julia de Leon Cruz, Marcel Popescu, Javier Licandro Goldaracena, David Morate González, Hissa Maria Lúcio Medeiros

Obiectiv: Caracterizarea spectrală a asteroizilor de tip NEAs, posibile ținte pentru misiunile spațiale.

5. Titlu: "Compositional characterization of low inclination V-type candidate asteroids to explain the presence of basaltic material on the surface of Bennu"

Telescop: 3.58m Telescopio Nazionale Galileo (TNG)

Investigatori: Hissa Maria Lúcio Medeiros, Julia de Leon Cruz, Javier Licandro Goldaracena, Marcel Popescu, Eri Tatsumi, David Morate González

Obiectiv: Caracterizarea spectrală a asteroizilor bazaltici (de tip V-type) aflați în afara familiei Vesta cu scopul de a explica prezența materialului bazaltic identificat de misiunea spațială OSIRIS-REx pe asteroidul (101955) Bennu.

Program de lungă durată

6. Titlu: "Spectro-photometric characterization of near-Earth asteroid population"

Telescop: Telescopio Carlos Sánchez

Investigatori: Marcel Popescu, Javier Licandro Goldaracena, Julia de Leon Cruz, David Morate González, Ovidiu Văduvescu

2. Propus: Un poster la o conferință internațională (EPSC, DPS, COSPAR) pentru a prezenta rezultatele obținute; Prezentare a rezultatelor la o conferință internațională (EPSC, DPS, ACM);

Realizat: Două postere și două prezentări orale au fost prezentate la conferința

Postere:

1. Cod: EPSC2022-804 | Posters | SB1

Titlu: New near-infrared spectra of (594913) 'Aylo'chaxnim, the first known asteroid orbiting inside Venus orbit

Autori: **Marcel Popescu**, Carlos de la Fuente Marcos, Ovidiu Văduvescu, Raul de la Fuente Marcos, Schelte Bus, Julia de León, Javier Licandro, Eri Tatsumi, and Gabriel N. Simion

Coordonate afișare: Mon, 19 Sep, 18:45–20:15 | Poster area Level 2

2. Cod: EPSC2022-984 | Posters | SB1

Titlu: Physical characterization of asteroid (4660) Nereus

Autori: **Jad Alexandru Mansour, Marcel Popescu**, Julia de León, Daniel Berteșteanu, David Morate, Ovidiu Văduvescu, Javier Licandro, **Bogdan Alexandru Dumitru, Gabriel Nicolae Simion, Radu Mihai Gherase**, Viki Pinter, and Eri Tatsumi

Coordonate afișare: Mon, 19 Sep, 18:45–20:15 | Poster area Level 2

Prezentări

1. Cod: EPSC2022-1222 | Orals | ODAA3

Titlu: The T025 – BD4SB a pro-am collaboration for planetary sciences

Autori: Daniel Nicolae Berteșteanu, Marcel Popescu, Radu Mihai Gherase, Jad Alexandru Mansour, Bogdan Alexandru Dumitru, Bogdan Stanciu, Anastasia Perrotta, Marian H. Naiman, Octavian Blagoi, Tudor Dumitru, and Ana Lupoae

Coordonate prezentare: Wed, 21 Sep, 13:00–13:10 | Room Andalucia 1

2. Cod: EPSC2022-1056 | Orals | SB9

Titlu: The Physical Properties of the Near Earth Asteroids 2005 UD and 2001 SG286

Autori: Radu Gherase, Ovidiu Văduvescu, Thomas Wilson, Marcel Popescu, Julia de León, Vania Lorenzi, Javier Licandro, David Morate, Amadeo Aznar, and Gabriel Simion

Coordonate prezentare: Tue, 20 Sep, 11:10–11:20 | Room Andalucia 1

3. Propus: Articol trimis spre publicare într-un jurnal științific cu factor de impact mai mare ca 5 (A&A, MNRAS); Două articole publicate într-un jurnal cu factor de impact ISI mai mare ca 5 (e.g. A&A, MNRAS sau Nature Astronomy)

Realizat: Următoarele **șase articole** (cinci dintre ele cu **factor de impact mai mare ca 5**) au fost **publicate**.

Articole cheie:

1. Titlu: Near-ultraviolet to visible spectroscopy of the Themis and Polana-Eulalia complex families

Revistă: Astronomy & Astrophysics, Volume 664, id.A107, 18 pp.

Autori: Tatsumi, E.; Tinaut-Ruano, F.; de León, J.; **Popescu, M.**; Licandro, J.;

Link SAO/NASA Astrophysics Data System Abstract Service:

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022A%26A...664A.107T/abstract>

Factor de impact: 6.240

2. Titlu: Hubble Asteroid Hunter. I. Identifying asteroid trails in Hubble Space Telescope images

Revistă: Astronomy & Astrophysics, Volume 661, id.A85, 15 pp.

Autori: Kruk, Sandor; García Martín, Pablo; **Popescu, Marcel**; Merín, Bruno; Mahlke, Max ; Carry, Benoît; Thomson, Ross; Karadağ, Samet ; Durán, Javier ; Racero, Elena ; Giordano, Fabrizio ; Baines, Deborah; de Marchi, Guido; Laureijs, René

Link SAO/NASA Astrophysics Data System Abstract Service:

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022A%26A...661A..85K/abstract>

Factor de impact: 6.240

Alte articole:

3. Titlu: The OmegaWhite survey for short-period variable stars - VI. Open clusters

Revistă: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 513, Issue 1, pp.468-486

Autori: Toma, R.; Ramsay, G.; Jeffery, C. S.; Macfarlane, S. A.; Woudt, P.; Groot, P. J.

Link SAO/NASA Astrophysics Data System Abstract Service:

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022MNRAS.513..468T/abstract>

Factor de impact: 5.235

Articole rezultate din campanii de observații (inclusiv folosind telescopul T025-BD4SB achiziționat în cadrul acestui proiect)

4. Titlu: The multichord stellar occultation on 2019 October 22 by the trans-Neptunian object (84922) 2003 VS2

Revistă: Astronomy & Astrophysics, Volume 663, id.A121, 17 pp.

Autori: Vara-Lubiano, M.; **Popescu Marcel**, **Gherase Radu Mihai**, (62 co-autori)

Link SAO/NASA Astrophysics Data System Abstract Service:

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022A%26A...663A.121V/abstract>

Factor de impact: 6.240

5. Titlu: Physical properties of the trans-Neptunian object (38628) Huya from a multi-chord stellar occultation

Revistă: Astronomy & Astrophysics, Volume 664, id.A130, 18 pp.

Autori: Santos-Sanz P.; **Popescu Marcel**, **Gherase Radu Mihai**, (86 co-autori)

Link SAO/NASA Astrophysics Data System Abstract Service:

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022A%26A...664A.130S/abstract>

Factor de impact: 6.240

6. Titlu: International Asteroid Warning Network Timing Campaign: 2019 XS

Revistă: The Planetary Science Journal, Volume 3, Issue 7, id.156, 13 pp.

Autori: Davide Farnochia ... **Popescu Marcel** (72 co-autori)

Link SAO/NASA Astrophysics Data System Abstract Service:

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022PSJ.....3..156F/abstract>

Factor de impact: -/-

Articole au fost trimise spre publicare:

1. Titlu: Mineralogical analysis of 14 PHAs from ViNOS data

Revistă: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society

Autori: D. Morate, **M. Popescu**, J. Licandro, F. Tinaut-Ruano, E. Tatsumi, J. de León

Factor de impact: 5.235

2. Titlu: Observations of two super fast rotator NEAs: 2021 NY1 and 2022 AB

Revistă: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society

Autori: Javier Licandro, **Marcel Popescu**, Eri Tatsumi, Miguel R. Alarcon, Miquel Serra-Ricart, Hissa Medeiros, David Morate, Fernando Tinaut-Ruano

Factor de impact: 5.235

Articole ce urmează a fi trimise spre publicare (1-2 luni de la terminarea proiectului)

1. Titlu: Visible color indices of near-Earth asteroids

Autori: **M. Popescu, N. G. Simion**, J. Licandro, J. de León, F. Duris, D. Morate, E. Tatsumi, **J. A. Mansour, G. Prodan, B.A. Dumitru, R.M. Gherase**, J. L. Rizos, O. Văduvescu

2. Titlu: The Physical Properties of Two Potential Targets for Space Missions:

2005 UD and 2011 SG286

Autori: **R.M. Gherase**, O. Văduvescu, T.G Wilson, **M.Popescu**, J. de Leon, V. Lorenzi, J. Licandro, D. Morate, **G. Simion**

4. Propus: Prezentări de popularizare a astronomiei

Realizat: Următoarele activități au fost realizate:

- 1. Interviu cu vloggerul Vladimir Ștefănescu, "Misiuni spațiale la ASTEROIZI – Discuție cu Dr. Marcel Popescu (astronom român profesionist)", 4 aprilie 2022

<https://www.youtube.com/watch?v=qDMTa2zwjfw>

- 2. Ziua Internațională a Asteroidului, eveniment live organizat împreună cu Astroclubul București; 30 iunie 2021

- 3. Romanian Science Festival, "Către Asteroizi" – prezentare, 17 februarie 2022

<https://www.youtube.com/watch?v=yydrKTN3Dyc>

5. Propus: Rapoarte de activitate

Realizat: Acest document.

Director Proiect,

CS II Dr. Marcel Popescu

