

opazovanj z namestitvijo ustrezne raziskovalne opreme. Avtor je v jami odkril množico novih živalskih vrst, povečini vezanih na življenje v tanki epikraški coni nad jamo. Osemletna raziskava abiotskih parametrov in sistematičnih zooloških zbiranj daje doslej v našem okolju najbolj popolno ekološko podobo dogajanj v prenikli vodi, ki se pretoči s površine skozi tanek jamski strop in curlja v notranjost jame. Skrito živalsko združbo spoznavamo po »nesrečnikih«, ki jih naplavlja iz njihovega pravega biotopa v sekundarni biotop jamskih lužic. To raziskovanje je dalo avtorju dovolj podatkov za znanstveno obdelavo jame z vidika ekologije in prilagoditve vodnih živali na življenje v epikrasu ter ne nazadnje tudi onesnaževanja. Knjiga je zanimiva znanstvena monografija. Največja odlika je prav kompleksnost njene vsebine. Pričakovali bi, da nam bo avtor, ki je po osnovni usmeritvi biolog, le podrobno naštel in opisal najdeno živalstvo iz te jame, vendar se s tem ni zadovoljil. Predgovoru sledi kratek opis teoretičnih osnov oprede-

litve in razdelitve krasa. V prvem poglavju nas popelje v posebnosti krasa in svet raziskovanja jame Velike Pasice. Nato oriše problem nabiranja jamskih hroščev, podpisovanja na stene in lomljenja kapnikov. Sledi podrobni in celoviti opis lege jame, površja nad jamo in načrta jame. Sledijo poglavja o fizičnih značilnostih jame in osnovi življenja v njej, kar je temelj za ekološko oznako in popis biološke raznovrstnosti v njej.

Opisi so temeljiti, pisanje knjige pa krasi jasna in razumljiva govorica, kar je izjemno pohvalno ter pomembno za razumevanje življenja v jami. Celotna knjiga je opremljena s številnimi fotografijami, risbami in preglednicami. Delo je zato pomemben prispevek k poznavanju ekologije epikraškega območja. Želimo si lahko le še več podobnih celovitih pisanj o jamah v Sloveniji.

*Tom Trilar*

*Naše nebo • Evropska vesoljska agencija na lovu za gravitacijskimi valovi*

## Evropska vesoljska agencija na lovu za gravitacijskimi valovi

*Mirko Kokole*

Mineva sto let, odkar je Albert Einstein postavil splošno teorijo relativnosti, to je teorijo gravitacije, ki združuje načela splošne teorije relativnosti in Newtonove gravitacije. V svojem bistvu je opis, kako se spremeni štirirazsežnostni prostor-čas, ko se v njem nahajajo in gibljejo telesa z maso. Do sedaj se je pokazala kot ena bolj zanesljivih fizikalnih teorij, kljub nadvse nenavadnim napovedim, kot so črne luknje, gravitacijsko lečenje in gravitacijski valovi.

Med najbolj nenavadnimi napovedmi splošne teorije relativnosti so gravitacijski valovi. To so nihanja prostor-časa, ki jih povzročajo telesa z maso, ki se pospešeno gibajo. Do sedaj nam valov neposredno še ni uspelo zaznati, saj je gravitacija med vsemi osnovnimi silami najšibkejša. Vemo pa, da taki valovi morajo obstajati, saj so znanstveniki leta 1993 prvič potrdili, da nevtronska zvezda izgublja energijo in vrtilno količino prav s pomočjo gravitacijski valov.

Na Zemlji smo do sedaj zgradili že nekaj observatorijev, s katerimi želimo zaznati

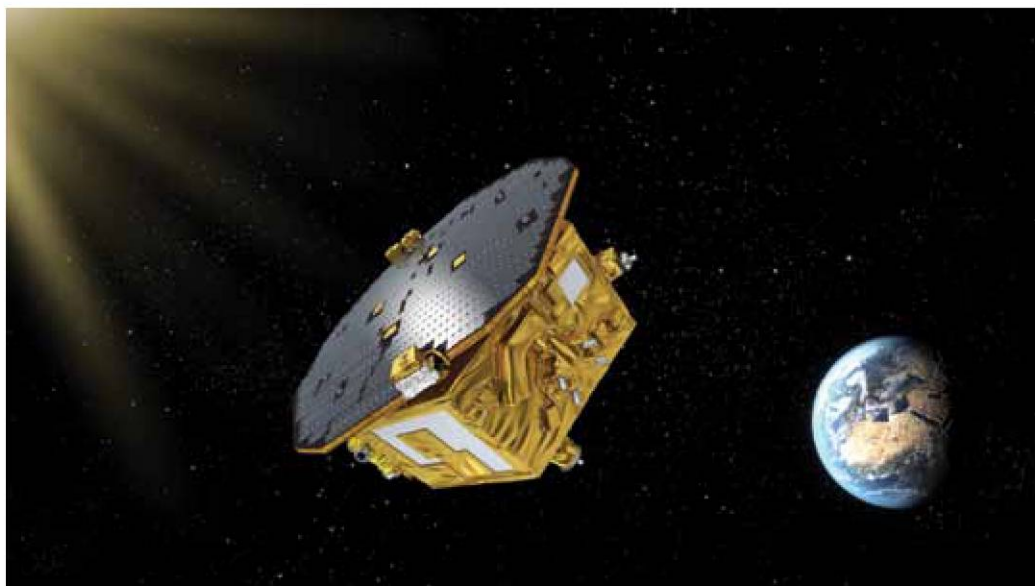
gravitacijske valove. Najnovejši je Napredni laserski interferometrični observatorij za gravitacijske valove (Advanced Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory, aLIGO), ki je začel delovati letos jeseni. Ta observatorij poskuša zaznati, kako gravitacijski valovi spremenijo dolžino dveh krakov ogromnega laserskega interferometra. Ker je na Zemlji veliko motenj, predvsem seizmičnih, so take meritve izjemno težke, saj poskušamo zaznati razlike v razdalji, ki so tisočkrat manjše od valovne dolžine svetlobe, s katero merimo. Za dobro občutljivost potrebujemo tudi izjemno dolge krake interferometra. Zato so že pred mnogimi leti astronomi zasnovali projekt, s katerim naj bi v vesolju izgradili ogromni interferometer, katerega kraki bi bili dolgi milijon kilometrov. Projekt se je v letih veliko spreminjal in na koncu končal v rokah Evropske vesoljske agencije (European Space Agency, ESA) pod imenom Ekstremna laserska interferometrična vesoljska antena (extreme Laser Interferometer Space Antena, eLI-

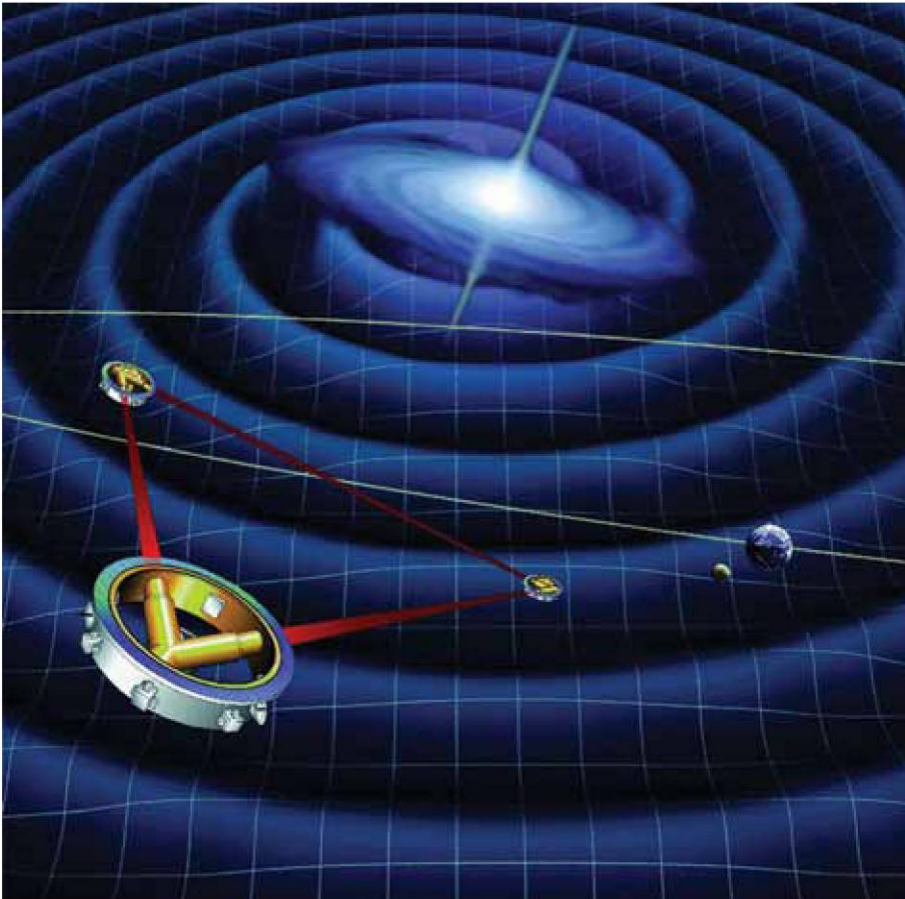
SA). Ker je tak projekt izjemno zahteven in vsebuje ogromno tehnoloških težav, so se na Evropski vesoljski agenciji odločili, da najprej izdelajo manjši satelit, ki bo preizkusil tehnološke rešitve. Projekt so poimenovali *LISA Pathfinder* (*LISA Stezosledec*).

3. decembra letos so satelit *LISA Stezosledec* uspešno izstrelili z izstrelišča Evropske vesoljske agencije v Francoski Gvajani. Satelit bo poletel do prve Lagrangeeve točke med Soncem in Zemljo, kjer bo lahko tako rekoč nemoteno deloval. Prva Lagrangeeva točka je točka med Zemljo in Soncem, kjer se gravitacijska vpliva Sonca in Zemlje izničita.

Način zaznavanja gravitacijskih valov, ki ga uporablja *LISA*, deluje tako, da poskuša zaznati, kako se spreminja razdalja med dvema masama, ki je posledica spremembe prostor-časa. Tako kot če bi opazovali dva na valujoči vodi plavajoča lista. V ta namen satelit *LISA Stezosledec* vsebuje dve kocki, narejeni iz platine in zlata, in nabor inštrumentov za merjenje razdalje med nji-

Umetnikova predstava satelita *LISA Stezosledec* v vesolju. Foto: ESA-C. Carreau.

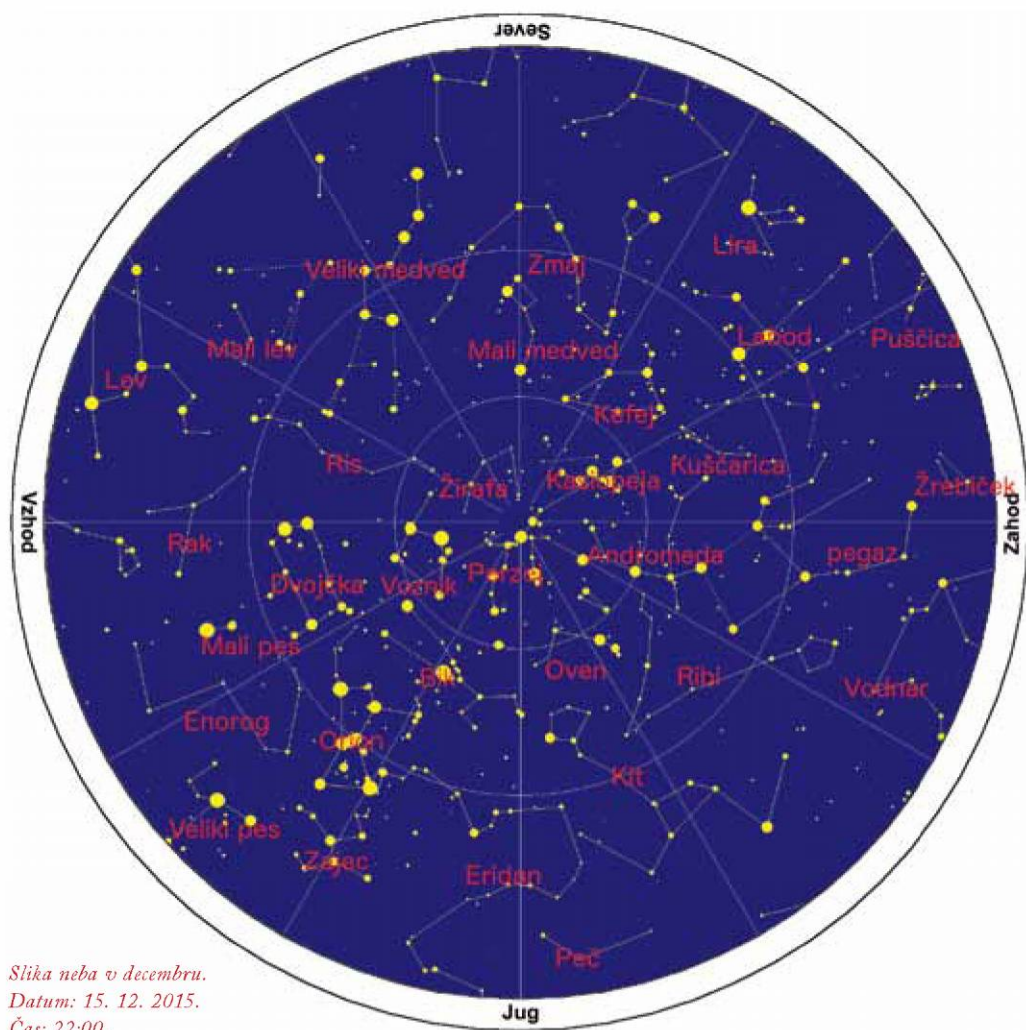




*Laserji v vesolju. Umetnikova upodobitev kaže projekt Ekstremne laserske interferometrskve vesoljske antene (eLISA). Antena bo sestavljena iz treh satelitov, ki bodo med seboj povezani z laserskimi žarki. Z njo bodo poskušali zaznati gravitacijske valove v prostoru-času, ki jih oddajajo eksotični objekti v vesolju, kot so na primer črne luknje. Vir: ESA.*

ma. Natanko take kocke bodo vsebovali tudi trije sateliti projekta Ekstremne laserske interferometrskve vesoljske antene, z razliko, da bo tam razdalja med kockami namesto 38 centimetrov milijon kilometrov. Ker je razdalja med kockama v satelitu *LISA Stezosledec* izjemno majhna, ta še ne bo mogel zaznati gravitacijskih valov, kar tudi ni njegov namen. Njegov namen je le preizkusiti vse ključne tehnološke sestavine in tako tlakovati pot projektu Ekstremne laserske interferometrskve vesoljske antene, katerega tri satelite bodo v vesolje izstrelili predvidoma leta 2034.

Dokler ne bomo dobili rezultatov satelitov Ekstremne laserske interferometrskve vesoljske antene, pa bomo morali poskušati zaznati gravitacijske valove kar z Zemlje in prav na novo prenovljeni Napredni laserski interferometrski observatorij za gravitacijske valove (aLIGO) je verjetno tisti, ki nam bo prvi postregel z neposredno meritvijo gravitacijskih valov. Morda že v novem letu.



*Slika neba v decembru.  
Datum: 15. 12. 2015.  
Čas: 22:00.  
Kraj: Ljubljana.*