

Raziskava je v splošnem pokazala, da kadar se prisotnost ljudi v naravnem okolju zmanjša, postanejo živali bolj aktivne, saj očitno začutijo, da niso več pod takšnim pritiskom in lahko v večji meri izražajo svoje naravno vedenje. Ti rezultati kažejo pomen omejevanja rekreacije in druge človeške aktivnosti v najbolj ohranjenih in občutljivih delih okolja. To je možno doseči z ustvarjanjem mirnih območij ali s sezonskimi omejitvami človeških motenj v času, ki so za živali še posebej pomembne, na primer v obdobju parjenja. Drugačne odzive pa so živali pokazale v kulturni krajini, kjer je stikov med živalmi in ljudmi bistveno več. V tem okolju so postale živali ob večji človekovi dejavnosti predvsem bolj aktivne ponoči. Sklepamo, da jim to pomaga pri izogibanju ljudem, saj smo mi aktivni predvsem podnevi. To opozarja na pomen miru v nočnem času na območjih, kjer živijo ljudje. Živali imajo tako možnost za svoje dejavnosti vsaj v tem času. Odziv se je zelo razlikoval med različnimi skupinami živali. Kot najbolj občutljive na človeka so se pokazale velike zveri, ki so

na svetu tudi tiste vrste, med katere ljudje najmočneje posegajo. To se je pokazalo tudi v Sloveniji, kjer smo največje spremembe opazili pri rjavih medvedih, ki so v odzivu na povečano prisotnost človeka med vsemi vrstami najbolj spremenili svojo aktivnost in takrat postali še bolj dejavni ponoči kot sicer. Odzivi so bili po drugi strani precej drugačni pri rastlinojedcih, ki se neredko celo približujejo človeškim naseljem. To je verjetno zato, da bi se izognili plenilcem, saj so se naučili, da se njihovi sovražniki izogibajo ljudem in je zato zanje včasih bolj varno iskati bližino človeka.

Upamo, da bo novo znanje prispevalo k lažjemu sobivanju ljudi in živali ter omogočilo bolj učinkovito blaženje negativnih posledic rekreacije in drugih človekovih dejavnosti v naravi.

Vir:

Burton, C., in sod., 2024: *Mammal responses to global changes in human activity vary by trophic group and landscape*. *Nature Ecology and Evolution*, doi: 10.1038/s41559-024-02363-2.

SKA - največji radijski teleskop na svetu • Naše nebo

SKA - največji radijski teleskop na svetu

Mirko Kokole

V prejšnji številki revije *Proteus* smo nekaj povedali o radijski astronomiji in njeni častitljivi obletnici. Tokrat si pogledamo projekt SKA (Square Kilometer Array, Mreža s površino kvadratnega kilometra), ki je eden največjih znanstvenih tehnoloških projektov današnjega časa in morda presega celo LHC (Large Hadron Collider, Veliki hadronski trkalnik) v CERN-u. Medtem ko je za Veliki hadronski trkalnik slišal skoraj vsakdo, pa projekt SKA, Mreža s površino kvadratnega kilometra, ostaja večinoma skrit pred očmi javnosti, čeprav gre za izjemno velik mednarodni projekt.

Ideja o radijskem teleskopu z zelo veliko zbiralno površino se je pojavila že v osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Ideja o teleskopu z zbiralno površino kvadratnega ki-

lometra se je oblikovala v devetdesetih letih prejšnjega stoletja. Sledilo je več desetletij raziskav in testnih projektov, ki so vrhunec dosegli leta 2019, ko so uradno ustanovili

SKAO (Observatorij SKA) kot meddržavno organizacijo, ki bo nadzorovala in upravljala teleskope SKA. Uradna gradnja SKAO se je začela 5. decembra leta 2022 in v začetku letošnjega leta so začeli postavljati prve antene v Avstraliji, v Južnoafriški republiki pa je prva antena doživela tako imenovano »prvo svetlobo«, se pravi, da je pričela delovati. Ideja SKA je sicer preprosta. Želijo postaviti radijski teleskop, ki bo imel čim večjo zbiralno površino in s tem čim večjo občutljivost. A izvedba takega teleskopa je izjemno zahtevna, saj ni mogoče postaviti enega tako velikega teleskopa, ampak je teleskop treba razdeliti v več manjših teleskopov, katerih signale nato računsko sestavimo skupaj. Kakšni bodo ti manjši teleskopi, je seveda odvisno od frekvence elektromagnetnega valovanja, ki ga zaznavamo. SKAO bo upravljala

dva teleskopa: SKA-Low, ki bo opazoval radijske valove s frekvencami od 50 do 350 megahercev, in SKA-Mid, ki bo opazoval frekvence od 350 megahercev do 14 gigahercev. Skupaj bo tako najobčutljivejši teleskop z največjo spektralno širino do sedaj. Teleskop SKA-Mid bo postavljen v Južnoafriški republiki v regiji Karoo in ga bo sestavljalo 197 paraboličnih teleskopov s premerom 13,5 metra in 15 metrov. Skupna zbiralna površina bo 33 kvadratnih kilometrov, največja razdalja med teleskopi pa bo merila 150 kilometrov. Vsak teleskop ima glavni parabolični reflektor (krožnik) ter manjši sekundarni reflektor, ki radijske valove usmeri v skupino detektorjev, ki jih lahko izmenično uporabljamo - odvisno od frekvenčnega pasu, v katerem želimo opazovati. Detektorju sledi ojačevalec z nizkim



šumom, nato se signal pretvori v digitalne podatke. Ti se iz vseh teleskopov mreže zberejo v lokalnem podatkovnem središču, kjer se združijo in obdelajo. Za primerjavo povejmo, da bo teleskop SKA-Mid imel kar štirikrat boljšo ločljivost in petkrat večjo občutljivost kot VLA (Karl G. Jansky Very Large Array, Zelo velika mreža Karla G. Janskega). Celotno nebo bo lahko posnel kar šestdesetkrat hitreje.

Teleskop SKA-Low bo postavljen na ogromnem območju na jugozahodu Avstralije. Sestavljen bo kar iz 131.072 anten v obliki božičnega drevesca. Te antene bodo urejene v 512 opazovalnih postaj, vsaka bo imela 256 anten. Skupna površina teleskopa SKA-Low bo znašala 419 kvadratnih kilometrov, največja razdalja med opazovalnimi postajami bo merila 75 kilometrov. Opazovalne

postaje bodo bolj goste postavljene v sredici teleskopa in nato bolj redko v oddaljenih krakih.

Morda so antene teleskopa SKA-Low na prvi pogled videti nadvse preproste. Vendar se v njih skriva izjemno napredna tehnologija, zaradi katere je teleskop SKA-Low pravo čudo sodobne tehnologije. Vsaka od 131.072 anten ima kot vsak radijski detektor nizkošumni ojačevalec. Signal nato pretvorijo v optični signal, ki ga vsaka postaja s hitrostjo 7,2 terabajta (10^{12} bitov) na sekundo pošlje v osrednje podatkovno središče (CPF, Central processing facility). Osrednje podatkovno središče signale prečisti, obdelava in spremeni v digitalno obliko. Digitalni signal nato potuje v superračunalniško središče v mestu Perth, kjer dokončno združijo signale iz vseh anten. Teleskop SKA-Low uporablja tako imenovano tehniko fazne mreže: s časovnimi zakasnitvami signala iz vsakega detektorja usmerjamo pogled stacionarne mreže detektorjev. Ta tehnika nam omogoča, da nimamo počasnih mehansko premikajočih delov in lahko opazovalni snop (oziroma pogled) zelo hitro usmerjamo. Ker smer pogleda računsko usmerjamo, lahko hkrati opazujemo tudi več predelov neba hkrati, kar je še posebej uporabno pri opazovanju večjega števila pulzarjev ter drugih prehodnih pojavov.

Teleskop SKA-Low lahko primerjamo s teleskopom LOFAR (Low-Frequency Array, Nizkofrekvenčna mreža) na Nizozemskem. Teleskop SKA-Low bo imel četrtno boljšo ločljivost, osemkrat večjo občutljivost ter bo lahko celotno nebo pregledal kar stopetintridesetkrat hitreje.

Teleskopa SKA-Low in SKA-Mid vsako se-



Pogled na del anten teleskopa MeerKAT v Južnoafriški republiki. Te antene bodo postale del teleskopa SKA-Mid. Postavili so jih zaradi testiranja in razvoja tehnologije. SKA-Mid bo sestavljalo skupaj 197 takih anten.

Foto: SARAO, SKAO.

kundo ustvarita več deset terabajtov podatkov, ki jih je treba računsko obdelati. V ta namen bo imel SKAO postavljenih skupino superračunalnikov, imenovanih SDP (Science Data Processors, Znanstveni podatkovni procesorji). Vsak od teh računalnikov bo imel računsko moč okoli 135 PFLOPS (peta floating point operations per second, peta (10^{15}) operacij s plavajočo vejico), kar pomeni, da bo tak računalnik med računsko najhitrejšimi superračunalniki na svetu. Za primerjavo povejmo, da bo SKAO letno ustvaril kar tisočkrat več podatkov kot ALMA (Atacama Large Millimeter Array, Atacama velika milimetrška mreža), ki velja

trenutno za najzmogljivejši radijski teleskop na svetu. Tipični procesor v osebem računalniku, če malo poenostavimo, ima računsko moč okoli 0,1 TFLOPS (tera (10^{12}) operacij s plavajočo vejico), kar pomeni da ima Znanstveni podatkovni procesor moč okoli milijona osebnih računalnikov. SKAO bo letno ustvaril kar 300 petabajtov podatkov, ki bodo shranjeni v arhivih regionalnih središč SKA vsake od držav članic SKAO. Glavni cilj SKAO je postaviti in upravljati najnaprednejši radijski teleskop, ki tehnološko presega vse dosedanje teleskope. Njegovi najpomembnejši znanstvenimi cilji so: opazovanje vodika v zgodnjih obdobjih

Postavljanje prve antene teleskopa SKA-Low marca leta 2024. Teleskop SKA-Low bo sestavljen iz 131.072 takih anten, ki bodo urejene v 512 opazovalnih postaj, v vsaki postaji pa bo 256 anten. Teleskop SKA-Low nima premičnih delov in tako opazuje celotno nebo v vseh frekvencah hkrati. Šele pri obdelavi signalov se lahko odločimo, kateri del neba bomo opazovali. Ta tehnika nam omogoča tudi, da imamo pogled obrnjen v več smeri hkrati. To je zelo koristno, kadar opazujemo hitro spreminjajoče se objekte, kot so pulzarji.

Foto: SKAO.



nastanka našega vesolja, vse od nastanka prvega vodika do nastanka prvih zvezd in galaksij. Drugi pomembni cilj je opazovanje pulzarjev, hitro vrtečih se nevtronskih zvezd, ki oddajajo radijske pulze z natančno določeno periodo in jih lahko uporabimo kot izjemno natančne ure. SKA bo lahko opazoval več pulzarjev hkrati, kar nam bo omogočilo opazovanje potovanja gravitacijskih valov skozi našo galaksijo. Potovanje gravitacijskih valov nam bo veliko povedalo o temni snovi in temni energiji v naši galaksiji. Preko pulzarjev bodo lahko testirali tudi relativistično fiziko v ekstremnih razmerah, kot je na primer v bližini črnih lukenj. Nadaljnja cilja SKAO bosta tudi opazovanje kozmičnega magnetnega polja ter iskanje znakov življenja in inteligence v vesolju.

Sedaj se lahko samo še vprašamo, kdaj bo SKA dokončan. Po trenutnem časovnem

načrtu naj bi vse antene in infrastrukturo postavili do leta 2027, bolj verjetno pa se bo to zavleklo do leta 2029. Precej gotovo pa lahko pričakujemo izjemno zanimive rezultate in predvsem presenečenja v začetku tridesetih let tega stoletja. To obdobje bo močno zaznamovano, predvsem z novimi dognanji o najbolj zgodnjih obdobjih našega vesolja in nastanku prvih galaksij.

Za konec povejmo, da je geslo SKAO *znatnost za vse*, kar pomeni, da bodo vsi podatki dostopni, seveda po določenem obdobju, tudi splošni javnosti. Omogočili bodo tudi obdelovanje podatkov na superračunalnikih regionalnih središč SKAO, ker pomeni, da bodo lahko vsi obdelovali podatke z računsko močjo superračunalnika, tudi tisti, ki sicer nimajo dostopa do tako naprednih računalnikov. To pa je seveda posebej vznemirljivo za amaterske astronome.

Pogled na našo galaksijo v radijskem spektru elektromagnetnih valovanja, ki so ga naredili v okviru projekta GLEAM (The Galactic and Extra-Galactic All-Sky MWA Survey, Galaktična in zunajgalaktična preiskava celotnega neba, narejena z MWA). GLEAM je deloval v radijskem spektru s frekvencami od 72 do 231 megahercev in je bil testni projekt za teleskop SKA-Low. Na sliki vidimo verjetno enega najbolj impresivnih pogledov na naše nebo. V sredini vidimo galaktično ravnino naše galaksije Rimske ceste. Če podrobno pogledamo, vidimo veliko mehurčkov, ki so ostanki izbruhov supernov. Majhne pike, posejane po celotni sliki, niso zvezde, ampak galaksije, ki močno sevajo v radijskem delu spektra. Teleskop SKA-Low bo lahko izdelal podobne poglede na nebo, le da bosta njegovi občutljivost in ločljivost še veliko večji. MWA (Murchison Widefield Array, Murchisonova širokokotna mreža) je bil pilotski projekt, ki je preizkusil predvsem delovanje anten, elektronike ter obdelave podatkov, ki jih bodo uporabljali pri teleskopu SKA-Low. Foto: Dr. Natasba Hurley-Walker (ICRAR/Curtin), GLEAM in MWA.

