

# PRIMJENA COPERNICUS PROGRAMA ZA OPAŽANJE ZEMLJE ZA POTREBE UPRAVLJANJA ZEMLJIŠTEM

Zvonimir Nevistić, Željko Bačić

*Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagreb, Zavod za geomatiku, Katedra za satelitsku geodeziju*

*(e-mail-: znevistic@geof.hr; zbacic@geof.hr)*

## **Sažetak**

Ažurni skupovi prostornih podataka u današnje vrijeme neizbježan su temelj za izradu prostornih analiza i bolje donošenje odluka od strane nacionalnih i lokalnih vlasti. Pokretanjem Copernicus programa, satelitski podaci opažanja Zemlje postali su dostupni svima čime se otvaraju nove mogućnosti za inovativne znanstvene i komercijalne geoinformatičke usluge. Copernicus je najopsežniji program opažanja Zemlje dosad, pokrenut od strane Europske komisije, a kojem je glavni cilj praćenje zemljinog okoliša čime će se dati uvid u stanje zemljinog ekosustava i omogućiti bolje razumijevanje našeg planeta što će doprinijeti sigurnosti i boljem životu građana. Program obuhvaća šest glavnih tematskih područja, odnosno servisa (tlo, more, atmosfera, klima, sigurnost i upravljanje kriznim situacijama), za koje se podaci prikupljaju kroz dvije osnovne komponente, svemirska i in-situ. Svemirska komponenta sastoji se od sedam Sentinel satelitskih misija, razvijenih za potrebe ovog programa, a za koje je odgovorna Europska svemirska agencija. Svaka misija ima specifičnu primjenu fokusiranu na različite aspekte opažanja Zemlje te one služe kao izvor podataka za jedan ili više Copernicus servisa. Uz Sentinel satelitske misije, program koristi podatke i drugih, doprinosećih misija, kojima je glavna zadaća omogućiti operativnu funkcionalnost servisa prije lansiranja svih Sentinel satelita. Podaci satelitskih misija nadopunjuju se in-situ mjerenjima koji se sastoje od niza senzora na zemlji, u zraku i na moru. Program sa svojih šest servisa obuhvaća veliki spektar primjena uključujući poljoprivredu, šumarstvo, prostorno planiranje, zdravstvo, turizam, energetiku, meteorologiju, transport, održivi razvoj i dr., a u kombinaciji s drugim izvorima informacija može doprinijeti i nacionalnim i lokalnim samoupravama kako bi se poboljšala dostupnost, ažurnost, transparentnost i učinkovitost pružanja boljih usluga građanima. U tom kontekstu, nacionalna tijela za upravljanje zemljištem također mogu biti korisnici Copernicus proizvoda kao i pružatelji podataka za poboljšanje Copernicus servisa, a korištenje Copernicus servisa može rezultirati prijelazom na dinamičniji (ažuran u realnom vremenu) sustav upravljanja zemljištem. U ovom radu navedene su načini na koji Copernicus podaci mogu doprinijeti kod upravljanja zemljištem s naglaskom na primjene u poslovima katastra te primjene kod uspostave i održavanja infrastrukture prostornih podataka i urbanog planiranja.

**Ključne riječi:** Copernicus, Sentinel, Copernicus servisi, upravljanje zemljištem

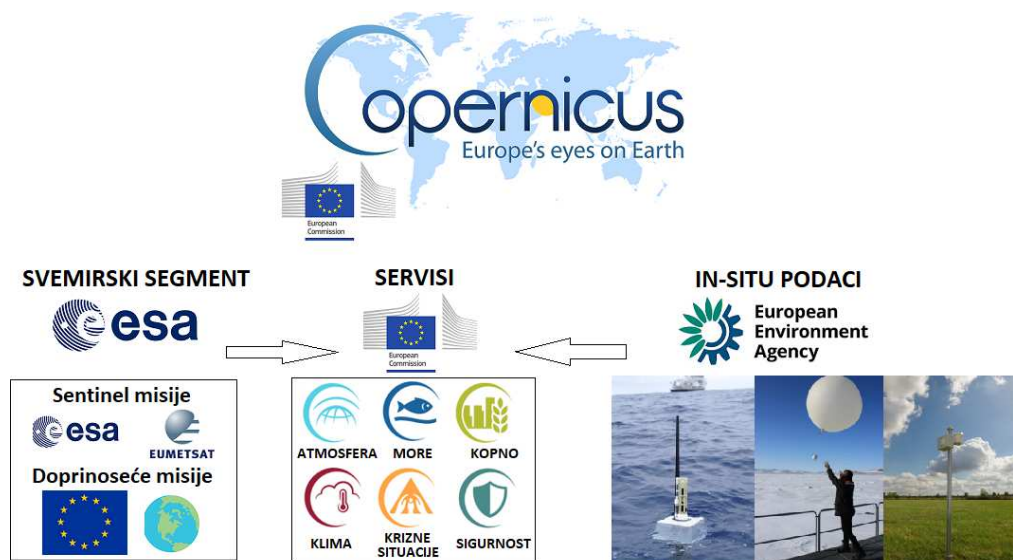
## **1. UVOD**

Copernicus program za opažanje Zemlje jedan je od fundamentalnih razvojnih programa Europske unije kojem je glavni cilj pružiti robusne podatke u svrhu praćenja zemljinog okoliša i povećanja sigurnosti građana Europske unije i šire. Program se sastoji od svemirskog segmenta i in-situ senzora čiji se podaci međusobno integriraju i daju korisnicima na korištenje kroz Copernicus servise. Svemirski segment uključuje Sentinel satelitske misije posebno razvijene za potrebe ovog programa te druge, doprinoseće misije. Copernicus servisi pokrivaju šest tematskih područja i obuhvaćaju široki spektar primjene uključujući zaštitu okoliša, poljoprivredu, šumarstvo, zdravstvo, turizam, ribarstvo, energetiku, meteorologiju, transport i dr. Copernicus razvija globalne usluge koje su dostupne građanima u punom opsegu bez naknade koristeći satelitske podatke što će uvelike doprinijeti europskoj strategiji održivog razvoja, a gospodarstvo i građani imat će korist od ovog programa kroz inovacije i inicijative za stvaranje novih praktičnih primjena proizvoda i usluga (Kovačić i Hećimović 2015). Program osigurava ažurne skupove prostornih podataka koji su u današnje vrijeme neizbježan temelj za izradu prostornih analiza i bolje donošenja odluka od strane nacionalnih i lokalnih vlasti. U kombinaciji s drugim izvorima informacija, program može doprinijeti i nacionalnim i lokalnim samoupravama kako bi se poboljšala

dostupnost, ažurnost, transparentnost i učinkovitost pružanja boljih usluga građanima. Nacionalna tijela za upravljanje zemljištem također mogu biti korisnici Copernicus proizvoda, a njegovo korištenje može rezultirati prijelazom na dinamičniji sustav upravljanja zemljištem. Primarna uloga programa kod upravljanja zemljištem je pružanje ažurnih informacija o fizičkim karakteristikama i klasifikaciji zemljišta što omogućuje ažuriranje planova i karata te pružanje detaljnih informacija o različitim značajkama na zemljištu. Proizvodi Copernicus programa koriste se i za praćenje promjena na zemljištu, otkrivanje nezakonitih aktivnosti, preglede povijesnih zapisa o pojedinom području, procjenu zemljišta i urbano planiranje, ali mogu doprinijeti i prelasku na pametnu upravu pružanjem geoprostornih informacija i e-usluga građanima. Također, prikupljanje podataka za provedbu INSPIRE direktive može se osloniti na podatke Copernicus sustava, a isto tako se očekuje da pravodobna provedba same direktive poboljša pristup in-situ podacima za program i omogući bolje servise za korisnike.

## **2. COPERNICUS PROGRAM ZA OPAŽANJE ZEMLJE**

Copernicus program je najambiciozniji program opažanja Zemlje dosad pokrenut. On pruža točne, pravovremene i lako dostupne informacije za poboljšanje upravljanja okolišem, razumijevanja i ublažavanja posljedica klimatskih promjena te sigurnosti (URL 1). Program je usmjeren ka razvoju Europskog informacijskog servisa zasnovanog na satelitima za opažanje Zemlje, podacima s kopna i drugih, doprinosećih misija. Drugim riječima, program će omogućiti uvid u „zdravlje Zemlje“ u svakom trenutku (Aschbacher i dr., 2010). Na čelu inicijative nalazi se Europska komisija (eng. European Commission - EC) u partnerstvu s Europskom svemirskom agencijom (eng. European Space Agency - ESA) i Europskom agencijom za okoliš (eng. European Environment Agency - EEA). Glavni ciljevi Copernicus programa su poboljšati kvalitetu života za stanovnike Europe, praćenje okoliša te pružanje potpunih informacija i podataka svojim korisnicima u blizu-realnom vremenu na globalnoj razini kroz servise koji omogućuju poboljšano upravljanje prostorom. Copernicus prikuplja podatke kroz dvije glavne komponente: svemirska komponenta i in-situ podaci. Svemirska komponenta sastoji se od satelita za opažanje Zemlje koji su opremljeni velikim brojem senzora te mjere i registriraju niz parametara i pojava, a dijele se u dvije skupine misija, Sentinel satelitske misije i druge, doprinoseće misije. Uz satelitske misije, podaci se prikupljaju i in-situ sensorima postavljenim na kopnu, u zraku i na moru. Na temelju satelitskih i in-situ misija razvijaju se globalni servisi koji će doprinijeti Europskoj strategiji održivog razvoja (Hećimović i Martinić, 2015.). Kroz servise, korisnicima se na raspolaganje stavljaju proizvodi i usluge, a podijeljeni su u šest tematskih područja: tlo, more, atmosfera, promjena klime, upravljanje kriznim situacijama i sigurnost. Copernicus pruža širok raspon primjena kao što su civilna zaštita, urbano i regionalno planiranje, upravljanje zemljištem, klimatske promjene, zaštita okoliša, razvoj ruralnih područja i poljoprivrede, energetske razvoj, zdravstvo, turizam, transport, praćenje razine mora, upravljanje kriznim situacijama i dr. Copernicus svojim korisnicima omogućuje pristup, korištenje te dijeljenje podataka i informacija u punom opsegu, bez naknade. Korisnici podataka obuhvaćaju raspon od javnih uprava i poduzeća, Europskih agencija preko privatnih tvrtki i samih građana (Aschbacher i dr., 2012).



Slika 1. Komponente Copernicus programa

## 2.1 Izvori podataka

Izvori podataka za Copernicus program u najvećoj mjeri oslanjaju se na podatke iz svemira koje dijelimo na dva tipa misija, Sentinel i druge, doprinoseće misije. Sentinel misije specifične su satelitske misije razvijene posebno za potrebe Copernicus programa te predstavljaju okosnicu ESA-inog svemirskog programa. Sentinel misije zadužene su za osiguravanje kontinuiranih podataka i pružanje informacija potrebnih za rad Copernicus servisa. Program obuhvaća šest trajnih i jednu privremenu misiju, koje neprekidno opažaju kopno, more i atmosferu i na taj način doprinose radu servisa.. Svaka misija nosi specifični senzor fokusiran za opažanje pojedinog aspekta Zemlje te se sastoji od dva identična satelita u istoj orbiti razmahnuta  $180^\circ$  kako bi se postigla bolja prekrivenost te kako bi se osigurali robusniji i precizniji podaci. Uz navedeno, jedan od glavnih ciljeva razvoja Sentinel misija je zamjena trenutnih misija za opažanje Zemlje koje su dosegle ili premašile svoj operativni vijek trajanja, a pružat će podatke sa širokom spektrom različitih senzora, rezolucija, valnih duljina i drugih karakteristika kako slijedi (URL 2):

- Sentinel-1 sateliti posjeduju napredni radar sa sintetičkom antenom (SAR) za neprekidno praćenje kopna i mora. Omogućuju opažanje Zemlje neovisno o vremenskim uvjetima i dobu dana s vremenskom rezolucijom od 6 dana (ESA 2013).
- Sentinel-2 sateliti opremljeni su multispektralnim kamerama za neprekidno praćenje kopna. Pruža informacije o vegetaciji, tlu i vodi (Louis i dr. 2015) uz vremensku rezoluciju od 5 dana (Weintrit 2017). Osim za servis opažanja kopna, daje podatke i za sigurnosni servis i servis za upravljanje kriznim situacijama.
- Sentinel-3 sateliti pruža visoko točne optičke, radarske i altimetrijske podatke za potrebe servisa opažanja mora i kopna s vremenskom rezolucijom od 2 dana (URL 3). Omogućuje mjerenje topografije, temperature i boje mora te poboljšanja u prognozi vremena na oceanima (Hećimović i dr. 2016).
- Sentinel-4 misija posvećena je praćenju stanja atmosfere s vremenskom rezolucijom ispod 1 dana (Weintrit 2017). Izvedena je na MeteoSat satelitima u geostacionarnoj orbiti. Usmjerena je ka praćenju kvalitete zraka, ozona u stratosferi, sunčevog zračenja i klimatskih promjena (Ahlers i dr. 2011).
- Sentinel-5P je misija razvijena radi osiguravanja kontinuiranosti podataka za praćenje atmosfere u periodu između završetka Envisat i Aura misije i lansiranja Sentinel-5 misije (URL 2).

- Sentinel-5 misija instalirana je na MetOp satelitima te će biti usmjerena na praćenje tragova plinova u atmosferi i aerosoli za podršku servisa praćenja klime s vremenskom rezolucijom od 1 dana (URL 4).
- Sentinel-6 misija imat će instaliran altimetar za mjerenje globalne morske površine te će se prvenstveno koristiti za oceanografiju i klimatska istraživanja (Hećimović i dr. 2016) s vremenskom rezolucijom od 10 dana (Weintrit 2017).

Do sada je lansirano ukupno sedam satelita Sentinel misija (Sentinel-1A i 1B, Sentinel-2A i 2B, Sentinel 3A i 3B te Sentinel-5P), a puna konstelacija se očekuje krajem 2022. godine. ESA je odgovorna je razvoj Sentinel misija pri čemu su Sentinel -4 i -5 misije instalirane na EUMETSAT-ovim satelitima.

Uz Sentinel satelitske misije, Copernicus koristi i druge, postojeće satelitske misije koje su u nadležnosti ESA-e, EUMESAT-a, država članica programa i drugih država i organizacija s kojima ESA ima sporazum. Te misije nazivaju se doprinoseće misije i glavna zadaća im je omogućiti operativnu funkcionalnost Copernicus servisa prije lansiranja svih Sentinel satelita, a nakon što Sentinel sateliti postignu punu operativnost, doprinoseće misije služiti će za poboljšavanje točnosti i prekrivenosti podataka dobivenih Sentinelom. Doprinoseće misije obuhvaćat će oko 30 različitih satelitskih misija podijeljenih u SAR, optičke, altimetrijske i atmosfere.

Iako se servisi prvenstveno oslanjaju na podatke dobivene iz svemira, važnu ulogu u prikupljanju informacija imaju i senzori na zemlji, mori i u zraku koji se nazivaju in-situ senzori. Glavni cilj in-situ mreže za neprekidno praćenje je nadopunjavanje, kalibracija i potvrda podataka sa satelita, osiguravanje Copernicus servisa održivim za potrebe krajnjih korisnika i integracija mjerenja sa satelitskim podacima kako bi se dobili detaljni podaci za lokalna područja. In-situ podatke prikupljaju i stavljaju na raspolaganje uglavnom zemlje članice EU, a EEA ima ključnu ulogu u koordinaciji svih opažanja i doprinosu razvoja servisa (URL 5). Podaci uključuju opažanja iz zračnih, kopnenih i morskih senzora kao i fotogrametrijske snimke i karte. Zračni podaci prikupljaju se iz senzora postavljenih na zrakoplovu ili balonu te sve više i sa senzora postavljenih na bespilotnim letjelicama, dok se morski podaci prikupljaju sensorima postavljenim na palubi brodova ili plutajućih bova. Tako prikupljeni podaci daju nam informacije o stanju na cestama ili rijekama, sastavu atmosfere, brzini vjetrova i sl., ali i informacije kao što su gustoća prometa i socio-ekonomski podaci o naseljenim područjima (URL 6).

## **2.2 Servisi**

Integracijom opažanja Sentinel satelitskih misija, doprinosećih misija i in-situ mjerenja, generiraju se proizvodi i usluge u svrhu upravljanja i zaštite okolišem i prirodnim resursima kao i za osiguranje civilne sigurnosti, bolje razumijevanje klimatskih promjena i općenito, boljitak Europe i međunarodne zajednice. Ti proizvodi stavljaju se korisnicima na korištenje kroz Copernicus servise koji su podijeljeni u šest tematskih područja: kopno, more, atmosfera, upravljanje kriznim situacijama, klimatske promjene i sigurnost. Kroz servise, moguće je pristupiti gotovim proizvodima koji zadovoljavaju nacionalne, regionalne i lokalne potrebe za informacijama, a u svakom od tematskih područja pokrenut je niz projekata, pod-servisa, namijenjenih istraživanju specijaliziranih područja kako bi se proširio raspon dostupnih proizvoda.

Servis za opažanje kopna pruža informacije o zemljinom pokrovu, korištenju zemljišta, promjenama na zemljištu kroz vrijeme, vegetaciji i ciklusu voda na kopnu te nalazi primjenu u raznim domenama kao što su prostorno planiranje, upravljanje šumama, upravljanje kopnenim vodama, poljoprivreda, krizne situacije, opskrba hranom i dr. Servis je operativan od 2012. godine (URL 7). Servis za opažanje mora pruža kontinuirane i sistematske informacije o fizičkom stanju i dinamici oceana i morskih ekosustava. Servis nam daje podatke o temperaturi, vjetru, salinitetu, razini mora, boji mora, bio raznolikosti morskih sustava, razini leda u morima te morskim rutama. Glavna svrha servisa je zaštita oceana i učinkovitije upravljanje

morskim okolišem i resursima. Servis je operativan od 2015. godine (URL 8). Atmosferski servis pruža kontinuirana opažanja Zemljine atmosfere na globalnoj i regionalnoj razini. Servis obuhvaća opis trenutnog stanja atmosfere, predviđanje i procjenjivanje stanja za nekoliko dana u naprijed te retrospektivnu analizu prošlih stanja za tekuću godinu. Glavna područja obuhvata servisa su praćenje kvalitete zraka i atmosfere, praćenje ozona i ultraljubičastog zračenja, praćenje emisije i površinskih strujanja zraka, solarne radijacije i klime. Servis je operativan od 2015. godine (URL 9). Servis za upravljanje kriznim situacijama pruža potrebne informacije za upravljanje prirodnim katastrofama, katastrofama uzrokovanim ljudskim djelovanjem i humanitarnim krizama. Servis kombinira satelitske i in-situ podatke s drugim dostupnim podacima, a cilj mu je ojačati sposobnost EU-a da odgovori na potrebe kriznih situacija uzrokovane vremenskim uvjetima, potresima i ljudskim djelovanjem, poput izlivanja nafte, unutar i izvan granica EU. Osim upravljanja kriznim situacijama, servis podržava civilnu zaštitu, upozorenja i procjene poplava od šumskih požara i humanitarnu pomoć Servis je operativan od 2012. godine (URL 10). Copernicus servis za opažanje klimatskih promjena pruža nam podatke o promjeni okoliša i društva povezanih s klimatskim promjenama te prati i predviđa klimatske promjene kako bi pokušao ublažiti iste. Servis objedinjuje podatke nekoliko različitih klimatskih indikatora kao što su temperatura, razina mora ili topljenje leda te klimatskih indeksa kao što su podaci o padalinama ili suši. Servis je operativan od 2018. godine (URL 11). Copernicus servis za sigurnost podržava politike EU kroz pružanje informacija ključnih za reagiranje u sigurnosnim izazovima u Europi u tri ključna područja: nadzor granica, pomorski nadzor i podrška vanjskim akcijama EU-a (URL 12). Neki od glavnih ciljeva ovog servisa su smanjiti broj ilegalnih imigranata, povećati unutarnju sigurnost na području EU-a, osigurati uporabu mora (plovidbe) i pomorskih granica te smanjiti onečišćenje mora (Hećimović 2016). Servis još uvijek nije u potpunosti operativan te je jedni koji u potpunosti neće biti besplatan već će pojedine usluge biti dostupne samo državnim vlastima.

Osim servisa, preko kojih je moguć pristup gotovim proizvodima i uslugama Copernicus sustava, Europska komisija je razvila i druge točke pristupa sirovim (neobrađenim) podacima. Na taj način korisnici mogu koristiti podatke programa u bilo koje svrhe, a Europska komisija kroz razne programe potiče na njihovu primjenu. Kako bi se olakšao i standardizirao pristup podacima, razvijen je centralizirani pristup podacima i informacijama pod nazivom DIAS (Data and Information Access Service). DIAS se sastoji od pet platformi koje korisnicima omogućuju pronalaženje, manipuliranje, obradu i preuzimanje podataka. Kroz DIAS je moguće preuzeti neobrađene Sentinel podatke, ali i podatke drugih partnerskih satelitskih misija, in-situ podatke te pristupiti proizvodima Copernicus servisa. Osim podacima, omogućen je i pristup alatima za obradu istih unutar oblaka čime se izbjegava potreba za preuzimanjem glomaznih datoteka s nekoliko različitih pristupnih točaka kako bi se lokalno obradili.

### **3. COPERNICUS PROGRAM ZA POTREBE UPRAVLJANJA ZEMLJIŠTEM**

Poboljšanje postojećih sustava zemljišne administracije ovisi o razvoju tehnologije i implementacije novih tehnologija u sam sustav. S obzirom na povećanje broja stanovnika unazad nekoliko godina i trend urbanizacije širom svijeta, naglo se povećavaju skupovi podataka vezani za zemljište i imovinu stog naglo raste i potreba za učinkovitim sustavima za upravljanje zemljištem. Kako bi se voditeljima sustava i korisnicima pružile točne i ažurne informacije o zemljištu, potrebno je razviti brže i učinkovitije sustave za prikupljanje, ažuriranje i distribuciju podataka. Copernicus program svojim servisima i proizvodima u velikoj mjeri može pridonijeti razvoju takvih novih sustava. Unutar servisa za opažanje kopna moguće je iskoristiti već gotove proizvode, poput Corine Land Cover / Land Use ili Urban atlasa, koji daju mnoštvo informacije za potrebe upravljanja zemljištem. Osim toga, podatke Sentinel misija moguće je koristiti za razne primjene u katastru, urbanom planiranju te uspostavi i održavanju nacionalnih infrastruktura prostornih podataka.

### **3.1 Servis za opažanje kopna**

Kao jedna od osnovnih potpora Copernicus programa za potrebe upravljanjem zemljištem nameće se servis za opažanje kopna i njegovi proizvodi. Servis za opažanje kopna pruža geografske informacije o zemljinom pokrovu, korištenju zemljišta, promjenama na zemljištu kroz vrijeme, vegetaciji i ciklusu voda na kopnu. Takva vrsta informacija nalazi primjenu u raznim domenama kao što su prostorno planiranje, upravljanje šumama, upravljanje kopnenim vodama, poljoprivreda, krizne situacije, opskrba hranom i drugo, ali i kod upravljanja zemljištem. Servis je utemeljen od strane EEA-e i Joint Research centra, a operativan je od 2012. godine. Proizvodi servisa podijeljeni su u tri glavne komponente. *Globalna komponenta* proizvodi biofizičke parametre koji nam dalju uvid u stanje vegetacije (npr. vegetacijski indeks), energetske proračune (npr. temperatura površine kopna) i vodene cikluse svakih deset dana na globalnoj razini (URL 13). *Pan-europska komponenta* pruža visoko – razlučive informacije koje opisuju pokrov i korištenje zemljišta te njihove promjene. Najistaknutiji produkt ove komponente, ali i općenito cijelog servisa za opažanje kopna je Corine Land Cover (CLC) koji osigurava kartiranje zemljišnog pokrova i korištenja zemljišta te praćenje promjena na zemljišnom pokrovu na području cijele Europe. CLC prati pet osnovnih karakteristika kopna: umjetno izgrađeni objekti (ceste, izgrađena područja i dr.), šumske površine, poljoprivredne površine (uključujući i travnjake), močvarna područja i manji vodeni objekti (ESA 2016). *Lokalna komponenta* pruža detaljnije informacije za specifična područja (eng. hotspots) koja predstavljaju određeni izazov vezan za okoliš u Europi. Kao primjeri produkata lokalne komponente ističu se Urbani atlas (eng. Urban Atlas) i Zone bio raznolikost obalnog pojasa (eng. Riparian zones). Urbani atlas fokusira se na kartiranje i praćenje promjena urbanih područja većih gradova i pruža pouzdane i visoko točne karte korištenja zemljišta za 695 Europskih gradova i njihovih okolica. Koristi se za detektiranje zgrada, promjena u korištenju zemljišta, širenje gradova, praćenje gustoće naseljenosti te pridonosi razvoju gradskog prometnog sustava i planiranja za krizne situacije (URL 13).

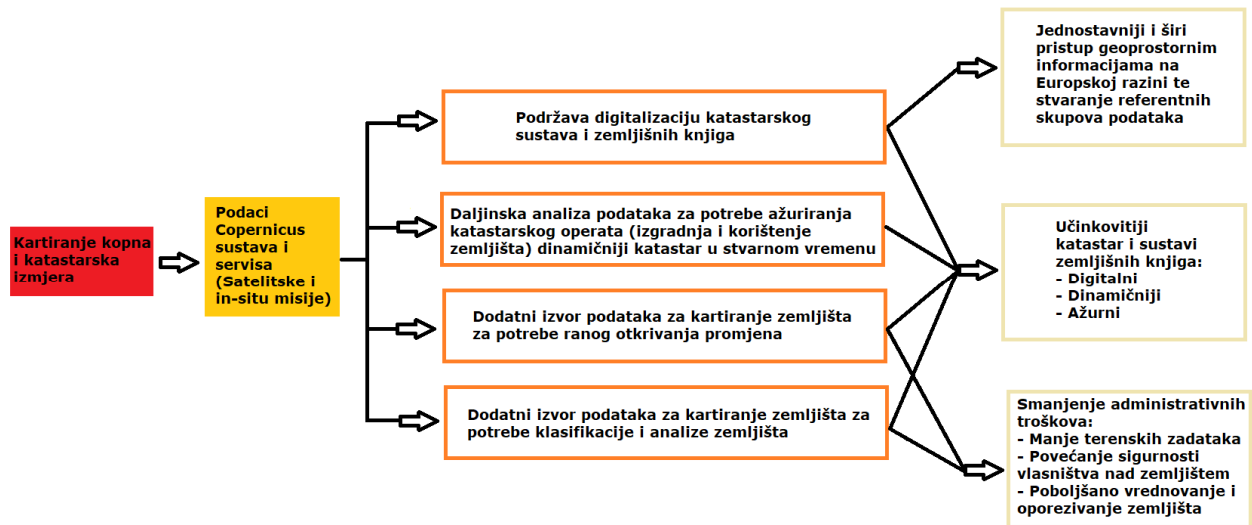
Servisi za opažanje kopna zasniva svoje produkte na integraciji snimaka Sentinel misija i in-situ senzora. Najveći doprinos za ovaj servis pružaju Sentinel-2 i Sentinel-3 misije. Sentinel-2 misija multispektralnom kamerom omogućuje poboljšano kartiranje i veću rezoluciju za dobivanje karata zemljišnog pokrova te radi širokog zahvata kamera i malog vremena ponovnog preleta smanjuje potreban broj snimaka za prekrivanje kontinenta. Sentinel-3 svojim optičkim i termalno-infracrvenim sensorima daje posebnu važnost za praćenje kopna, a altimetar instaliran na toj misiji omogućit će praćenje razine voda u rijekama i jezerima (URL 1). Svi proizvodi servisa za opažanje kopna u potpunosti su besplatni za korištenje u bilo koje svrhe te su dostupni svima, od građana do javnih vlasti. Ovakva politika otvorenog pristupa podacima omogućuje tijelima zemljišne administracije njihovo korištenje i unaprjeđenje u poslovima upravljanja zemljištem, a posebice ovdje mogu doprinijeti CLC i Urbani atlas.

### **3.2 Primjene Copernicusa programa za upravljanje zemljištem**

Satelitske snimke prikupljene metodama daljinskih istraživanja postale su tradicionalni izvori informacija za različite aplikacije poput poljoprivrede, upravljanja prirodnim resursima, urbanog planiranja, upravljanja zemljištem i dr. ponajviše zbog toga jer omogućuju bolje razumijevanje organizacije zemljišnih posjeda (Polidori 2011). Osim toga, satelitske snimke osiguravaju brzo prikupljanje podataka za velika područja te daju ažurnije informacije od tradicionalnih karata u analognom ili digitalnom formatu. Copernicus program politikom otvorenog pristupa podigao je korištenje takvih snimaka na novu razinu jer su one postale dostupne svima i u svakom trenutku. Primarna uloga metoda daljinskih istraživanja pa tako i Copernicusa kod upravljanja zemljištem je pružanje informacija o fizičkim karakteristikama zemljišta koje utječu na upravljanje pojedinačnim zemljišnim parcelama, procjenu opsega degradacije zemljišta, intenzitet širenja urbanih područja i podjelu zemljišta prema namjeni (Shivangi i dr. 2018).

Procesi upravljanja zemljištem najčešće se zasnivaju na katastru kod kojeg je zemljište strukturirano u parcele definirane poligonima, a svaki je poligon modeliran kao objekt s atributima. Satelitske snimke podržavaju takav način organizacije zemljišta i služe za ažuriranje katastarskih karata i planova jer pružaju detaljne informacije o različitim značajkama zemljišta kao što su ceste, željezničke pruge, vodeni tokovi, granice šuma, usjevi, pokrov zemljišta i dr. (URL 14). Kao što je već spomenuto, praćenje zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta jedan je od primarnih ciljeva Copernicus servisa za opažanje kopna., a organi zemljišne administracije i katastri mogu biti korisnici proizvoda Copernicus servisa, ali isto tako i pružatelji podataka za poboljšanje servisa. Za takve institucije posebno je zanimljiva Sentinel-1 misija koja pruža niz podataka o zemljištu (vlaga, struktura vegetacije i dr.). Takvi podaci koriste za razlikovanje različitih objekata na tlu, a time i za klasifikaciju zemljišta. Klasifikacija zemljišta od iznimne je važnosti za poslove upravljanja zemljištem jer omogućuje razvoj digitalnog modela zemljišnog pokrova, a rad sa satelitskim snimkama koje Copernicus pruža lakši je i jeftiniji od odlaska na teren (Pricewaterhouse Coopers 2017). Klasifikacije zemljišnog pokrova i korištenja zemljišta koriste se i prilikom urbanog i ruralnog planiranja, za definiranje zaštićenih područja i dr. Copernicus snimke mogu poslužiti i kao izvor podataka za ažuriranje katastarskih planova jer predstavlja jednostavan i brz način praćenja promjena katastarskih objekata, (izgradnja novih objekata, promjena površine poljoprivrednih parcela i dr.) te omogućuju otkrivanje nezakonitih aktivnosti (ilegalno korištenje zemljišta, bespravno izgrađeni objekti i dr.). Korištenje Copernicus servisa može rezultirati prijelazom na dinamičniji (ažuran u realnom vremenu) sustav upravljanja zemljištem te omogućuje lokalnim organizacijama aktivno upravljanje infrastrukturom imovine. Veći objekti poput električnih vodova i stupova također se mogu kartirati i pratiti satelitskim snimkama Copernicus misija, a kako misije omogućuju pregled povijesnih zapisa o pojedinom području, omogućeno je praćenje promjena koje su se dogodile na zemljištu i identifikacija područja na kojima je potrebno ažurirati katastarske planove (Govorov 2016). Isto tako, Copernicus nudi mogućnost automatiziranih postupaka izrade i ažuriranja karata stanja na zemljištu čime se značajno može uštedjeti vrijeme i količina iskoristivih informacija za djelatnike zemljišne administracije.

Osim za potrebe katastra, snimke mogu koristiti i za procjenu zemljišta. Na temelju snimaka moguća je klasifikacija urbanih područja temeljem kvalitete zemljišta ili zraka, a takav dobiveni proizvod može se koristiti pri procjeni i oporezivanju zemljišta čime se pružaju poboljšani servisi za građane koji mogu pregledavati svojstva pojedinih dijelova zemljišta na generiranim prikazima bez potrebe za posjetom tom mjestu (Ibid.). Lokalne zajednice (gradovi i općine) također mogu imati korist od Copernicus programa u pogledu razvoja lokalnih infrastrukturnih prostornih podataka jer se temeljem satelitskih i in-situ podataka, otvaraju nove mogućnosti za prikupljanje i obradu prostornih informacija, dok veći gradovi mogu iskoristiti podatke Urbanog atlasa za praćenje kopna u kojem su dostupne detaljne informacije o pokrovu i korištenju zemljišta za razdoblja 2006., 2012. i 2018. godina. Na slici 2. prikazane su primjene Copernicus programa za potrebe katastra i upravljanja zemljištem.



Slika 2. Primjena Copernicus programa za potrebe katastra i upravljanja zemljištem

Glavna pogodnost korištenja Copernicus programa kod upravljanja zemljištem je razvoj referentnih podataka za razmjenu geoprostornih informacija u Europi. Copernicus teži ka tome da postane prva pristupna točka usklađenih, pan-Europskih i autoritativnih geoprostornih informacija i usluga, što bi uvelike omogućilo smanjenje troškova i povećanja učinkovitosti na lokalnoj razini (Pricewaterhouse Coopers 2017). Za učinkovito vođenje zemljišne administracije potrebna je i učinkovita nacionalna infrastruktura prostornih podataka, a korištenje Copernicus usluga sastavni je dio strategije Europske komisije za prikupljanje naprednijih informacija o okolišu. Copernicus ima važnu ulogu u provedbi Zajedničkog informacijskog sustava o okolišu (Shared Environmental Information System – SEIS) te ima potencijal za učinkovito korištenje postojeće infrastruktura u skladu s INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) direktivom (Hećimović i dr. 2016). INSPIRE je inicijativa pokrenuta radi uspostavljanja jedinstvene europske infrastrukture prostornih podataka u svrhu provođenja prostornih politika i politika zaštite okoliša EU-a ili aktivnosti koje mogu utjecati na okoliš. Ona će omogućiti razmjenu prostornih podataka o okolišu među organizacijama javnog sektora te olakšati javni pristup prostornim informacijama diljem Europe (Ključanin i dr. 2018). Direktiva obuhvaća 34 teme koje se odnose na podatke o prostoru, a mnogim temama Copernicus podaci i servisi mogu poslužiti kao dopunski izvori informacija. Tako primjerice servis za opažanje kopna i multispektralne snimke Sentinel -2 misije doprinose temama poput pokrova zemljišta, zgrade, tlo, korištenje i namjena zemljišta, sustavi za nadzor okoliša, sustavi za poljoprivredu i akvakulturu. Copernicus servis za praćenje mora i Sentinel-1 i -3 misije nameću se kao izvori podataka za temu hidrografije, morskih regija ili oceanografska-geografska obilježja, a servis za opažanje atmosfere te Sentinel -4 i -5 misije će u budućnosti doprinijeti temama atmosferskih uvjeti te meteorološko-geografska obilježja. Zdravstvo kao jedna od podtema sigurnosnog servisa Copernicus programa doprinijet će INSPIRE temi ljudsko zdravlje i sigurnost. Osim što se prikupljanje podataka za provedbu INSPIRE direktive može osloniti na podatke Copernicus sustava, isto tako se očekuje da pravodobna provedba same direktive poboljša pristup in-situ podacima za program i omogući bolje servise za korisnike. Direktiva bi trebala povećati dostupne skupove podataka i usluga za Copernicus program i znatno olakšati pronalaženje i pristup podacima. Na taj način INSPIRE direktiva može izravno poboljšati pravovremenost i kvalitetu Copernicus usluga (URL 15).



### ***3.3 Pametna uprava i urbano planiranje***

Danas su ažurni skupovi prostornih podataka i njihova vizualizacija od iznimne važnosti za analize u blizu-realnom vremenu kao i za bolje donošenje odluka od strane lokalnih vlasti i upravnih tijela, a sve dostupnije strategije iskorištavanja velike količine podataka (eng. Big Data exploitation) i relevantni alati za njihovu obradu i analizu mogu uvelike poboljšati sposobnosti razumijevanja dodanih vrijednosti iz sirovih podataka generirajući nova znanja (URL 16). Copernicus program može doprinijeti pametnoj upravi pružanjem geoprostornih informacija i podataka koji se kombiniraju s drugim izvorima informacija te na taj način poboljšati dostupnost, transparentnost i učinkovitost javnih usluga i pružanja e-usluga građanima. Osim podataka, Copernicus pruža i znanje koje poboljšava prostorno donošenje odluka tijelima zemljišne administracije te koji njegovim korištenjem mogu unaprijediti svoje poslovanje. Uz adekvatnu infrastrukturu prostornih podataka, satelitski snimci, u današnje vrijeme, sve više se nameću kao jedna od korisnih tehnika za provedbu koncepta pametnog grada u svim fazama uspostave pa tako i kod prelaska na pametnu upravu i poslovanje. Oni pomažu pri donošenju odluka i procjenama od početnog planiranja pa kroz cijeli proces jer omogućuju vizualizaciju i procjenu utjecaja na okolinu, praćenje urbanog razvoja gradova, praćenje promjena na zemljištu te identificiranje najboljih lokacija za izgradnju nove infrastrukture. Copernicus je politikom otvorenog pristupa podacima omogućio korištenje tih tehnologija za sve jedinice lokalne vlasti i administracije.

Podaci iz svemira koriste se za periodično osvježavanje informacija o Zemlji što je moćan alat i kod urbanog planiranja. Lansiranjem Sentinel -1, -2 i -3 misije dostupnost besplatnih podataka uvelike je narasla što je otvorilo nove i inovativne znanstvene i komercijalne mogućnosti geoinformacijskih servisa. Prostornom i vremenskom rezolucijom koju pružaju, Sentinel misije moguće je koristiti u širokom spektru primjena za regionalno i urbano planiranje. Praćenje gradnje, urbano planiranje, nadzor kulturne baštine kao i usklađenost s okolišem tipične su aplikacije u kojima Copernicus generira podatke i razvija relevantna rješenja.

## **4. ZAKLJUČAK**

Copernicus program je najambiciozniji program opažanja Zemlje dosad pokrenut. Posebnost ovog programa je u tome što su podaci satelitskih misija nadopunjeni in-situ mjerenjima senzora na kopnu, moru i u zraku. Podaci programa se daju korisnicima na korištenje u punom opsegu bez naknade kroz šest tematskih područja (kopno, more, atmosfera, klimatske promjene, sigurnost i upravljanje kriznim situacijama), no praktična primjena nadilazi ove teme i obuhvaća puno širi spektar aplikacija. Program će pružiti cijeli niz geoprostornih proizvoda i usluga koji će značajno utjecati na tržište geoprostornih podataka. Copernicus program moguće je primijeniti i u sustave zemljišne administracije u kojima ne samo da će poboljšati postojeće proizvode i usluge već i potaknuti razvoj potpuno novih proizvoda i servisa. Primarna primjena kod zemljišne administracije je pružanje ažurnih informacija o fizičkim karakteristikama i klasifikaciji zemljišta što Copernicus kroz svoje servise nudi kao gotov proizvod. No i ostali podaci se mogu na različite načine upotrijebiti kako bi se dobio učinkovit i ažuran sustav upravljanja zemljištem. Tako je primjerice omogućeno ažuriranje planova i karata u blizu – realnom vremenu i pružanje detaljnih informacija o različitim značajkama zemljišta. Moguće je pratiti promjene katastarskih objekata i otkriti nezakonite aktivnosti poput bespravno izgrađenih objekata te razviti digitalni model zemljišnog pokrova. Korištenje Copernicus podataka lakši je i jeftiniji način prikupljanja podataka od odlaska na teren. Za učinkovito vođenje zemljišne administracije potrebna je i učinkovita nacionalna infrastruktura prostornih podataka, a Copernicus podaci i servisi mogu poslužiti kao dopunski izvori informacija za njezinu uspostavu i održavanje. Sustavi zemljišne administracije u velikoj mjeri mogu biti korisnici Copernicus podataka i servisa, ali i pružatelji podataka za poboljšanje servisa, a njegovo korištenje može rezultirati prijelazom na dinamičniji sustav upravljanja zemljištem.

## LITERATURA

- Ahlers, B.; Courrèges-Lacoste, G.; Guldemann, B.; Short, A.; Stark, H.; Veihele, B. (2011): The Sentinel-4/UVN instrument on-board MTG-S, Eumetsat meteorological satellite conference, EUMETSAT, Oslo
- Aschbacher, J.; Beer, T.; Ciccolella, A.; Pilar Milagro, M.; Paliouras, E. (2010): Observing Earth for a safer planet, ESA Bulletin 142, 22-31.
- Aschbacher, J.; Milagro-Perez, M.; Ciccolella, A.; Beer, T.; Tassa, A.; Rathgebner, W.; Filippazzo, G. (2012): Global Monitoring for Environment and Security: GEMS Space Component getting ready for operations, ESA Bulletin 149, 13-21.
- Europska svemirska agencija (2013): Sentinel-1: ESA's Radar Observatory Mission for GMES Operational Services, ESA Communications, Leiden
- Govorov, M.; Bevainis, L.; Balčiunas, A. (2016): Remote sensing and GIS for cadastral surveying, Manual, Center for Cartography at the Faculty of Natural Sciences, Vilnius
- Hećimović, Ž.; Marasović, S.; Lukić, A. (2016): Copernicus Programme as Challenge for Geodesy and Geoinformatics, SIG 2016, Proceedings of the International Symposium on Engineering Geodesy / Paar, Rinaldo ; Marenić, Ante ; Zrinski, Mladen (ur.), 20-22.5.2016., Varaždinske Toplice
- Hećimović, Ž.; Martinić, L. (2015): Utjecaj Copernicus programa opažanja Zemlje na geoinformacijske proizvode, Zbornik radova 8. simpozij ovlaštenih inženjera geodezije / Ivana, Racetin (ur.), Opatija
- Ključanin, S.; Poslončec – Petrić, V.; Bačić, Ž. (2018): Osnove infrastrukture prostornih podataka, Dobra knjiga, Sarajevo
- Kovačić, F.; Hećimović, Ž., (2015): Geoprostorna analiza temperature površine tla s naglaskom na urbane sredine, 7. dani IPP-a 2015. Državna geodetska uprava, Zagreb
- Louis, J.; Charantonis, A.; Berthelot, B. (2010): Cloud Detection for Sentinel-2, Proceedings of ESA Living Planet Symposium, ESA Communication Office, Bergen
- Pricewaterhouse Coopers (2017): Copernicus ex-ante benefits assessment, Final report, PwC, Atena
- Polidori, L. (2011): Potential and limitations of remote sensing for land management, FIG Working Week 18-22 May 2011, Marrakech
- Shivangi S.; Phool K.; Madhulika S. (2018): Remote Sensing And Gis Techniques for Sustainable Land Resource Management And Planning, IRJES, Vol. 7, Iss. 1, 11-24.
- Weinrit, B. (2017): Earth Observation Opportunities to Enhance Maritime Safety, The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 11, No. 4, str. 699 – 703.
- URL-1: [www.esa.int/ESA](http://www.esa.int/ESA), Europska svemirska agencija, 20.07.2019.
- URL-2: [www.sentinel.copernicus.eu](http://www.sentinel.copernicus.eu), Copernicus Sentinel misije 19.07.2019.
- URL-3: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-3/satellite-description/orbit>, ESA: Sentinel Online – Sentinel 3 Mission Description, 16.07.2019.
- URL-4: <http://www.eumetsat.int>, Eumetsat, 18.07.2019.

- URL-5: <http://www.groom-fp7.eu>, Sousa, A.; Schuren, E.; Andersen, H.; Chan, K.; Gunter, Z. (2011): Report on in situ data requirements, 20.07.2019.
- URL-6: <http://www.copernicus.eu>, Copernicus program, 15.07.2019.
- URL-7: <https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-11/2-CLMS.pdf>, EC: Land Monitoring Service, 22.07.2019.
- URL-8: <http://marine.copernicus.eu/>, EC: Marine Environment Monitoring Service, 20.07.2019.
- URL-9: [www.atmosphere.copernicus.eu](http://www.atmosphere.copernicus.eu), Copernicus servis za opažanje atmosfere, 20.07.2019.
- URL-10: <https://emergency.copernicus.eu/>, EC: Emergency Management Service, 23.07.2019.
- URL-11: [www.climate.copernicus.eu](http://www.climate.copernicus.eu), Copernicus servis za opažanje klimatskih promjena, 21.07.2019.
- URL-12: [www.europski-fondovi.eu](http://www.europski-fondovi.eu), Europski fondovi, 21.07.2019.
- URL-13: [www.land.copernicus.eu](http://www.land.copernicus.eu), Copernicus servis za opažanje kopna, 19.07.2019.
- URL-14: <http://facegis.nuarsa.info/?id=626>, Application of Remote Sensing and GIS to map Cadastre and Land Records, 15.07.2019.
- URL-15: <https://insitu.copernicus.eu/news/workshop-inspire-implementation-and-copernicus-services-data-access>, Has the Copernicus Services' access to geospatial data been improved through the implementation of INSPIRE?, 21.07.2019.
- URL-16: <https://eeas.europa.eu/sites/eeas/files/12-smart-local-governments.pdf>, Copernicus for Smart Local Government, 23.07.2019.

## APPLICATION OF COPERNICUS EARTH OBSERVATION PROGRAMME IN LAND MANAGEMENT

### **Abstract**

*Up-to-date spatial data sets are nowadays indispensable basis for the spatial analysis and better decision-making by national and local authorities. With the launch of the Copernicus program, satellite Earth observation data became available to everyone, opening new opportunities for innovative scientific and commercial geoinformation services. Copernicus is the most ambitious Earth observation program so far, launched by the European Commission, with the main objective to monitor Earth's environment which will give insight into the state of the Earth ecosystem, enable a better understanding of our planet and contribute to the security and better life of citizens. The program covers six major thematic areas (land, sea, atmosphere, climate, security and emergency management), for which data is collected through two basic components, space and in situ. The space component consists of seven Sentinel satellite missions, developed for the purposes of this program, for which the European Space Agency is responsible. Each mission has a specific application focusing on different aspects of Earth observation and they serve as a source of data for one or more Copernicus services. With the Sentinel satellite mission, the program uses data from other, contributing missions, whose main task is to enable the operational functionality of the service before the launch of all Sentinel satellites. Satellite mission data are supplemented by in-situ measurements that consist of a series of sensors on the ground, in the air and at sea. The program services include a wide range of applications such as agriculture, forestry, spatial planning, health, tourism, energy, meteorology, transport, sustainable development and other, and in combination with other sources of information may also contribute to national and local authorities in order to improve availability, promptness, transparency and the efficiency of providing better services to citizens. In this context, national land management bodies may also be users of Copernicus product as well as data providers to improve Copernicus services, and the use of Copernicus services can support transition to a more "dynamic" (updated*

*in real time) land management system. This paper shows how Copernicus data can improve land management with emphasis on applications in cadaster, spatial data infrastructure as well as in urban planning.*

**Key words::** *Copernicus, Sentinel, Copernicus services, land administration*