

# SATELITSKA MISIJA COPERNICUS – MOGUĆNOSTI NADZIRANJA PRIRODNIH NEPOGODA

## SATELLITE MISSION COPERNICUS – POSSIBILITY OF NATURAL HAZARD MONITORING

Lucija Jakopović<sup>1</sup>, Miljenka Kolarek<sup>1</sup>, Milan Rezo<sup>1</sup>, Nikola Kranjčić<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Hallerova aleja 7, 42000 Varaždin, Republika Hrvatska

\*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: nkranjcic@gfv.hr

**Sažetak:** Razvitkom prvih satelitskih snimaka ljudi razmatraju mogućnosti kako te snimke upotrijebiti u praćenju prirodnih nepogoda, njihovom predviđanju i mogućnostima izbjegavanja takvih nepogoda pravovremenim reakcijama. Dugi niz godina prepreku navedenom predstavljalo je ograničenje u rezoluciji tih snimaka. Europska svemirska agencija razvija satelitske misije Sentinel, čiji sateliti predstavljaju značajan napredak u poboljšanju prostorne rezolucije. U ovom radu napravljen je pregled satelitskih misija i mogućnosti njihovih primjena u nadziranju prirodnih nepogoda. Prirodne nepogode koje se u radu navode su šumski požari, te oštećenost šuma potkornjakom.

**Ključne riječi:** satelitska misija Copernicus, Sentinel misije, prirodne nepogode, oštećenost šuma potkornjakom, šumski požari

**Abstract:** Since the development of satellite imagery, people are considering the possibilities of using these recordings in the monitoring of natural disasters, their prediction, and the possibility of avoiding such disasters in timely reactions. For many years the obstacle was a limitation in the resolution of those images. The European Space Agency is developing a satellite mission Sentinel, whose satellites represent significant advances in improving spatial resolution. In this paper an overview of satellite missions and the application possibilities in monitoring natural disasters has been made. Natural disasters presented in this paper are forest fires and bark beetle damaged forests.

**Keywords:** satellite mission Copernicus, Sentinel missions, natural disaster, bark beetle forest damage, forest fires

---

Received: 17.07.2018. / Accepted: 03.09.2018.

Published online: 17.12.2018.

---

Pregledni rad / Review paper

## 1. UVOD

Copernicus program Europske unije je najopsežniji dosad pokrenuti program opažanja i praćenja Zemlje i stanja njenog okoliša. Zahvaljujući većoj dostupnosti podataka korisnicima, očekuje se znatan doprinos razvoju gospodarskih područja. Glavne institucije odgovorne za razvoj Copernicus programa su Europska svemirska agencija (European Space Agency, ESA) i Europska agencija za okoliš (European Environment Agency, EEA) (Europska agencija za okoliš 2018).

Copernicus program je nastavak Global Monitoring for Environment and Security (GMES) programa, čiji razvoj je počeo 1998. godine. GMES program je 2012. godine promijenio ime u Copernicus program (Europska komisija 2012). Međutim, Copernicus program je također i rezultat iskustva istraživanja i razvoja europskih i nacionalnih institucija u nekoliko proteklih desetljeća. Osnovni motiv pokretanja programa Copernicus je razvoj praćenja okoliša i poboljšanje ukupne sigurnosti Europske Unije. Copernicus programom se između ostalog žele dobiti dugoročni kontinuirani servisi koji bi omogućili drugačije upravljanje prostorom (Portal za opažanje Zemlje 2018).

U globalnom kontekstu, Copernicus je integralni dio sustava Global Earth Observation System of Systems (GEOSS).

## 2. COPERNICUS PROGRAM

Europski Copernicus program za opažanje Zemlje jedan je od najvećih programa Europske komisije čiji je cilj davanje poboljšanih informacija o Zemlji. Copernicus servisi pokrivaju šest tematskih područja: zemlju, more, atmosferu, promjenu klime, upravljanje hitnim intervencijama i sigurnost. Podržavaju širok raspon primjena uključujući zaštitu okoliša, upravljanje urbanim područjima, regionalno i lokalno planiranje, poljoprivredu, šumarstvo, ribarstvo, zdravstvo, transport, promjenu klime, održivi razvoj i druge. Primarni Copernicus servisi će davati potrebne informacije za donošenje odluka o okolišu i donošenju odluka u slučaju izvanrednih situacija kao što su prirodne katastrofe i humanitarne krize. Copernicus program koordinira i njime upravlja Europska komisija.

Europska svemirska agencija je nadležna za satelitske sustave, a Europska agencija za okoliš za in-situ komponentu. Copernicus će doprinijeti Europskoj strategiji održivog razvoja, podržavajući odluke koje se moraju donijeti za vrijeme izvanrednih situacija kao što su poplave i humanitarne krize.

Gospodarstvo i građani će imati korist kroz inovacije i poticaje za stvaranje novih praktičnih primjena proizvoda i usluga. Najveći doprinos građanstvu očitovati će se u pravovremenom sprječavanju prirodnih nepogoda što će direktno utjecati na sprječavanje materijalnih šteta čime se doprinosi uštedi sredstava. Raznovrsnost, brzina i kvaliteta prikupljanja podataka doprinijeti će konkurentnosti gospodarstva razvijanjem novih tvrtki koje će nuditi analize Copernicus proizvoda. Copernicus je do sada najopsežniji program opažanja Zemlje pa bi samim time znanstveni i društveno-ekonomski napredak trebao biti značajan (Martinić 2015; SpaceTec partners 2012; Specific Contract under the Framework Service Contract 89/PP/ENT/2011 – LOT 3. SpaceTec partners 2013).

Izvori podataka za Copernicus program općenito se mogu podijeliti na podatke satelitskih misija i podatke in-situ senzora.

Copernicus informacijski servisi temelje se na podacima dobivenim iz konstelacije obitelji 6 satelita, poznatim pod imenom „Sentineli” i desecima sporednih satelita koji su poznati pod nazivom „misije koje doprinose“ (engl. Contributing Missions, CM). Copernicus program predstavlja autentično europsko zajedničko nastojanje za praćenje Zemlje.

Dvije su osnovne komponente Copernicus programa:

- Svemirska komponenta
- Copernicus servisi.

## 2.1. Svemirska komponenta

Svemirsku komponentu Copernicus programa podržava Europska svemirska agencija (ESA) i upravlja satelitskim misijama koje sudjeluju u razvitku ovog programa i prikupljanju Earth-Observation (EO) podataka koji predstavljaju temelj programa. Sentinel misije su posebno razvijane misije čija je primarna uloga dobivanje podataka za razvijanje Copernicus servisa. Premda se mnogo sredstava ulaže upravo u ove misije, čiji je osnovni cilj razvoj Copernicus programa, da bi ovaj program bio učinkovitiji što većem broju korisnika, potrebna je suradnja između više strana da bi krajnji proizvod bio bolji. Tako, osim Sentinel misija, Copernicus program koristi proizvode velikog broja drugih misija. Misije koje doprinose (CM) uključuju misije Europske svemirske agencije, misije zemalja članica EU i misije trećih strana. Misije trećih strana ESA koristi za razvoj Copernicus programa, ali se podaci distribuiraju pod određenim specifičnim uvjetima koji se ugovaraju s vlasnicima ili operatorima takvih misija, a pri tome se poštuje ESA-ina politika o podacima.

### 2.1.1. Sentinel misije

Svaka Sentinel misija (SM) zasnovana je na konstelaciji od dva satelita da bi bio ispunjen zahtjev pokrivenosti satelitima. U Sentinel misije su ugrađene različite tehnologije poput instrumenata za snimanje radarskih i multispektralnih snimaka za praćenje Zemljine površine, oceana i atmosfere.

Sentinel-1 je misija postavljena u polarnoj orbiti koja služi servisima povezanim s praćenjem kopna i oceana neovisno o vremenskim uvjetima ili dobu dana. Prvi Sentinel satelit, Sentinel-1A, lansiran je 3. travnja 2014. a Sentinel-1B 25. travnja 2016. godine (Službena web stranica Sentinel misija 2018; Copernicus overview 2018).

Sentinel-2 je polarno orbitalna multispektralna misija snimanja visoke rezolucije za praćenje zemljišta i daje snimke vegetacije, pokrova tla i vode, unutarnjih vodenih tokova i obalnih područja. Sentinel-2 također dostavlja informacije za servise hitnih slučajeva. Sentinel-2A lansiran je 23. lipnja 2015., a Sentinel-2B 7. ožujka 2017. godine (Službena web stranica Sentinel misija 2018; Copernicus overview 2018).

Sentinel-3 je multi-instrumentalna misija uspostavljena za mjerenja površine mora, temperature površine mora i zemlje, boje oceana i zemlje s visokom točnošću i pouzdanosti. Misija će podržavati sustave za oceanske prognoze i praćenje okoliša i klime. Sentinel-3A je lansiran 16. veljače 2016.

Sentinel-4 posvećen je atmosferskom praćenju, a bit će postavljen na Meteosat Third Generation-Sounder (MTG-S) satelit u geostacionarnoj orbiti (Službena web stranica Sentinel misija 2018; Copernicus overview 2018).

Sentinel-5 također služi za praćenje atmosfere iz polarne orbite pomoću MetOp Second Generation satelita. Sentinel-5 Precursor je satelitska misija posvećena atmosferskom praćenju koja se razvija kako bi se smanjile rupe u podacima između Envisata (Službena web stranica Sentinel misija 2018; Copernicus overview 2018).

Sentinel-6 nosi altimetarski radar za mjerenje visine razine mora, primarno za oceanografiju i studije o klimi.

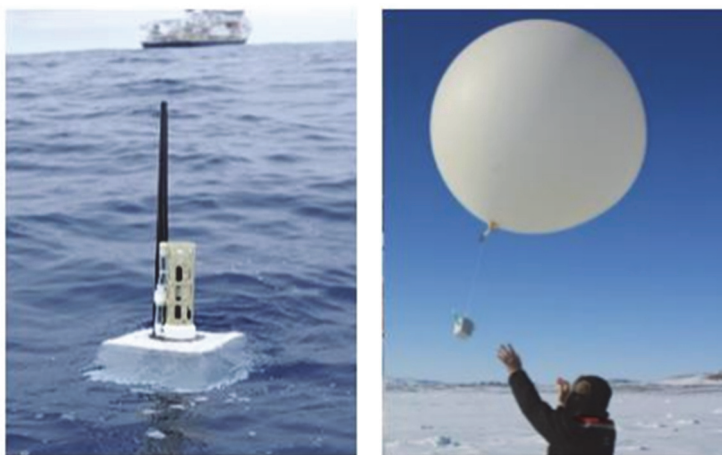
Svim Sentinel misijama i satelitima na kojima se zasniva Copernicus program, upravlja Europska svemirska agencija. Za održavanje infrastrukture svemirske komponente programa je osim ESA-e zadužen i EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites). Djelovanje vezano za Sentinele povjereno je ESA-i i EUMETSAT-u, zbog specifičnih vještina koje te dvije organizacije posjeduju, a sateliti Sentinel misije (SM) vlasništvo su Europske Unije (Sentinel Scientific Data Hub 2018).

### 2.1.2. In-situ mjerenja

Satelitske misije ponekad su dovoljan izvor podataka, no vrlo često ih je potrebno dopuniti in-situ mjerenjima da bi dali doprinos ovom programu. In-situ mreže za praćenje sastoje se od različitih senzora postavljenih na kopnu, u moru ili zraku, te prikupljaju podatke o okolišu na koje se oslanjaju Copernicus servisi. Mreže su georeferencirane, a prikupljaju i pomoćne podatke čija je svrha kalibracija i provjera satelitskih podataka. In-situ infrastruktura za praćenje je široko razvijena i uključuje senzore postavljene na obalama rijeka, senzore na letjelicama te senzore smještene na brodove ili u bove. Dio in-situ infrastrukture čine i bespilotne letjelice, a sudjeluju i znanstvenici sa svojim podacima, koje su prikupili klasičnim mjerenjima. Program pohranjuje podatke registrirane senzorima i daje velik broj pouzdanih i ažuriranih informacija o stanju planeta Zemlje. Podaci i informacije se koriste za statističke analize, topografske mape iz kojih se iščitavaju indikatori za modeliranje prošlih, sadašnjih i budućih trendova. Sve to uvelike doprinosi, obogaćuje i poboljšava Copernicus servise, ali i svemirsku komponentu te njihovu točnost i pouzdanost. U **Tablici 1** su prikazani primjeri in-situ podataka koje zatim koriste Copernicus servisi, a na **Slici 1** su prikazana dva različita in-situ mjerenja (Copernicus sateliti 2018).

**Tablica 1. Primjeri in-situ mjerenja, (In-situ opažanja 2018)**

Meteorologija	Meteorološke stanice koje mjere temperaturu, količinu oborina, vlažnost, vjetar, UV sunčevo zračenje Atmosferski profili: temperatura, vjetar, vlažnost
Klima	Povijesni podaci
Oceanografija	Fizikalni parametri: temperatura, salinitet, oceanske struje, visina površine mora, led, dubina Biološki parametri: klorofil, otopljeni kisik, nutrijenti i mikro nutrijenti npr. željezo, produkcija zooplanktona
Atmosferski sastav	Koncentracija najvećih zagađivača zraka (NO <sub>x</sub> , PM10, PM2.5, CO, SO <sub>2</sub> , HCHO, Pb, TSP, C6H6) Kemijjski sastav aerosola Koncentracija plinova (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> i N <sub>2</sub> O)
Sastav i korištenje zemlje	Mjerenje protoka vode u riječnim tokovima, korištenje vode, podzemne vode, jezera, pokrivenost snijegom, ledene kape i glacijari, ledeni pokrovi, pokrov zemljišta, apsorbirana fotosintetska aktivna radijacija, indeks površine lista, biomasa na tlu, ugljik u tlu, vlažnost tla



**Slika 1. In-situ mjerenja (In-situ opažanja 2018)**

### 2.2. Copernicus servisi

Komponenta Copernicus programa koja koristi podatke dobivene Sentinel satelitskim misijama i nadopunjuje ih in-situ mjerenjima su Copernicus servisi. Njihova namjena je davanje usluga za upravljanje i zaštitu okoliša, upravljanje prirodnim resursima. Copernicus servisi pružaju informacije za šest glavnih područja: praćenje kopna, praćenje mora i oceana i praćenje atmosfere, hitne intervencije, sigurnost i klimatske promjene. Ovu komponentu načelno nadgleda Uprava Europske komisije. U rad Copernicus servisa uključene su i neke druge europske agencije poput European Environment Agency (EEA), European Agency for the Management of Operational Cooperation at the External Borders of the Member States of the European Union (FRONTEX), European Satellite Centre (Copernicus 2018; Vrgoč 2017).

Sastoji se od 6 servisa:

1. Servis za praćenje atmosfere (Copernicus Atmosphere Monitoring Service – CAMS)
2. Servis za praćenje mora i pomorja (Copernicus Maritime Monitoring Service – CMMS)
3. Servis za praćenje zemljišta (Copernicus Land Monitoring Service – CLMS)
4. Servis za praćenje klimatskih promjena (Copernicus Climate Change Service – C3S)

5. Servis za upravljanje kriznim situacijama (Copernicus Emergency Management Service – CEMS)
6. Servis za sigurnost (Copernicus Security Service - CSS), (Copernicus 2018).

### 2.2.1. Servis za praćenje atmosfere (CAMS)

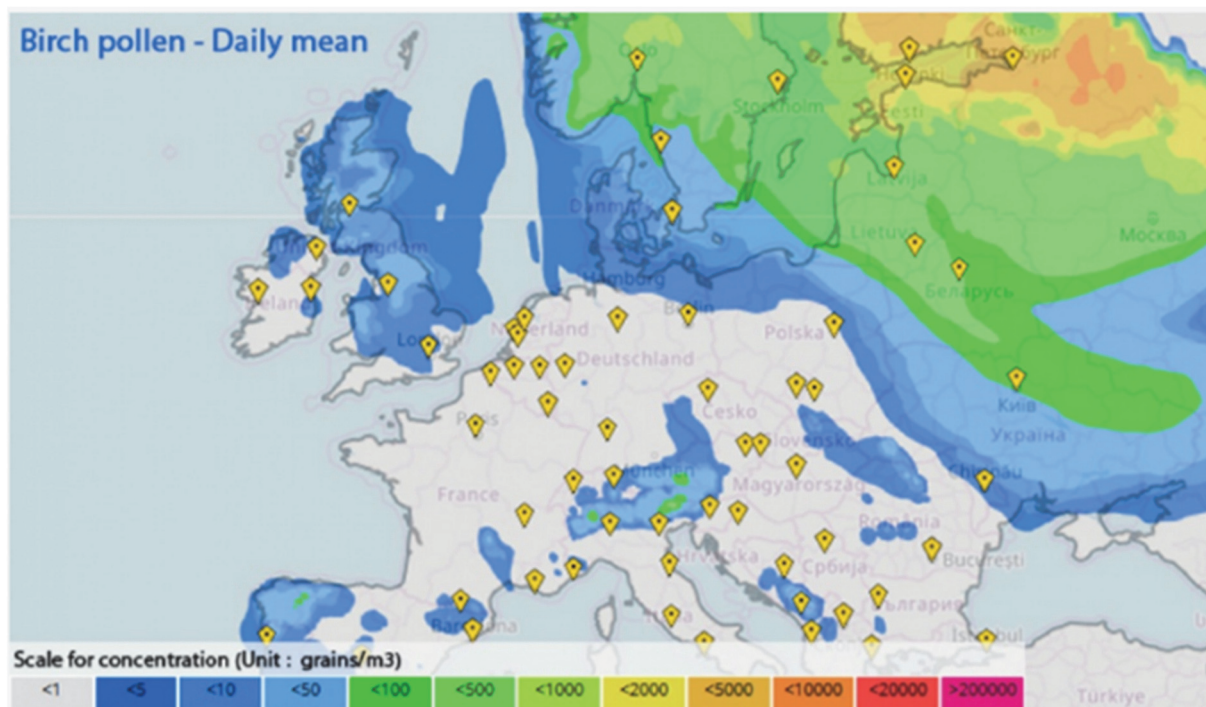
Servis za praćenje atmosfere pruža kontinuirane podatke i informacije o atmosferskom sastavu. Usluga opisuje trenutačnu situaciju, prognozira situaciju nekoliko dana unaprijed i analizira dosljedno retrospektivne podatke o posljednjim godinama. Servis podržava brojne primjene u raznim domenama uključujući: zdravlje, praćenje okoliša, energija iz obnovljivih izvora, meteorologiju, klimatologiju.

Glavna područja CAMS-a su:

- Kvaliteta zraka i sastav atmosfere
- Sloj ozona i UV zračenje
- Emisija i razdioba CO<sub>2</sub>
- Solarno zračenje
- Klimatski faktor.

Servis pruža dnevne informacije o globalnom atmosferskom sastavu praćenjem i predviđanjem sastojaka kao što su staklenički plinovi (ugljični dioksid i metan), reaktivni plinovi (npr. ugljični monoksid, oksidirani dušikovi spojevi, sumporni dioksid), ozon i aerosoli. Pruža analize u realnom vremenu i četvero-dnevne prognoze, kao i re-analizu europske kakvoće zraka, čime se omogućuje stalna procjena zraka koji dišemo.

Obuhvaća javne i privatne organizacije uključene u korištenje solarne energije s odgovarajućim i točnim informacijama o količini sunčevog zračenja na površini Zemlje, što je od velike važnosti u područjima poput zdravlja, poljoprivrede i obnovljivih izvora energije. Na **Slici 2** je prikazan jedan od proizvoda ovog servisa: rasprostranjenost koncentracije peludi (Copernicus 2018; Vrgoč 2017).



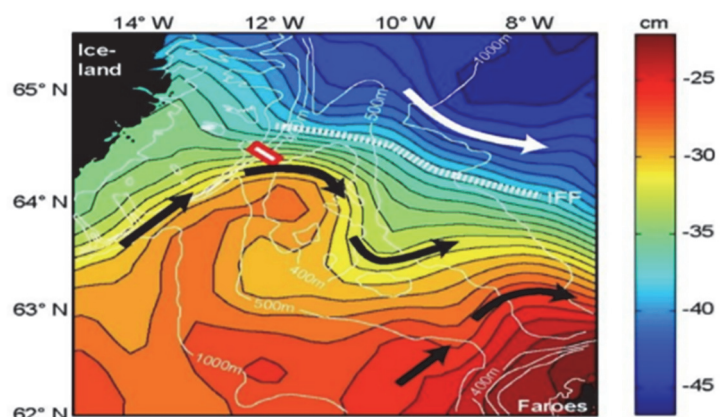
*Slika 2. Koncentracija peludi (izradio CAMS), (Copernicus 2018)*

### 2.2.2. Servis za praćenje mora i pomorja (CMMS)

Servis za praćenje mora i pomorja pruža informacije o fizičkom stanju, varijabilnosti i dinamici oceana i morskih ekosustava za globalni ocean i europski regionalni morski ocean. Taj servis je povezan s politikom EU u poljima poput (po)morske sigurnosti,orskog i obalnog okoliša, morskih resursa i vremenske prognoze. Servis obrađuje i dostavlja podatke o strujama, temperaturi, vjetru čime se doprinosi sigurnosti na moru. Fizičke i morske biogeokemijske komponente korisne su za praćenje kakvoće vode i kontrolu onečišćenja.

Mnogi podaci koje servis isporučuje (npr. temperatura, slanost, razina mora, struje, vjetar i debljina leda) također imaju ključnu ulogu u domeni vremenskih, klimatskih i sezonskih predviđanja. Njihova uloga navedena je u primjerima: povišenje razine mora pomaže u procjeni obalne erozije, temperatura površine mora je jedan od primarnih fizičkih utjecaja na klimatske promjene i ima izravne posljedice na morske ekosustave. Na **Slici 3** je prikazan jedan od konačnih rezultata servisa: promjena razine mora na nekom području. Bijele linije povezuju

mjesta s istom srednjom razinom mora čiji je raspon prikazan određenom bojom. Strelice pokazuju smjer kretanja morskih struja (Copernicus 2018; Vrgoč 2017).



Slika 3. Kretanje morskih struja, (Copernicus 2018)

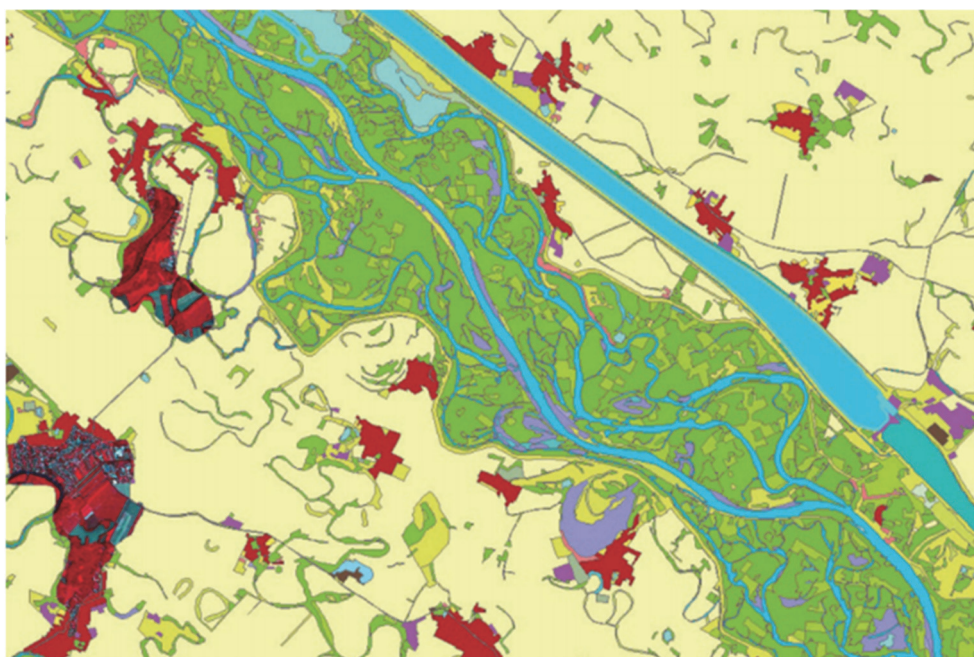
### 2.2.3. Servis za praćenje zemljišta (CLMS)

CLMS pruža zemljopisne informacije o kopnenom pokrovu i varijablama koje se odnose na primjer na informacije o pokrovu zemljišta, odnosno o korištenju zemljišta i promjeni korištenja zemljišta. Servis podržava aplikacije na različitim područjima kao što su: prostorno planiranje, upravljanje šumama, upravljanje vodama, poljoprivreda.

CLMS se sastoji od 3 glavne komponente:

- Globalna komponenta
- Pan-europska komponenta
- Lokalna komponenta.

Globalna komponenta osigurava podatke širokog raspona biofizičkih varijabli na globalnoj razini. Podaci opisuju stanje vegetacije (npr. indeks stanja vegetacije), energetski proračun (npr. temperatura zemljine površine). Pan-europska komponenta opisuje glavne vrste kopnenih površina: umjetne površine (npr. ceste i popločana područja), šumske površine, poljoprivredna područja (travnjaci), močvare i mala vodna tijela. Lokalna komponenta nastoji pružiti specifične i detaljnije informacije koje nadopunjuju informacije dobivenima paneuropskom komponentom. Obuhvaća kopneno zemljište i informacije o korištenim zemljištima. Na Slici 4 je prikazana karta koja prikazuje zemljište. Zelenom bojom je prikazana vegetacija, plavom voda (potok), a crvenom urbana i naseljena područja (Copernicus 2018).



Slika 4. CLMS- ova karta zemljišta, (Copernicus 2018)

### 2.2.4. Servis za praćenje klimatskih promjena (C3S)

Servis za praćenje klimatskih promjena zamišljen je kao reakcija na ekološke i društvene izazove povezane s klimatskim promjenama. U studenom 2014. Europska komisija je potpisala Sporazum o delegaciji s Europskim centrom srednjih vremenskih prognoza (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) za provedbu ove usluge pa će servis postati operativan krajem 2018. godine. Usluga će omogućiti pristup k nekoliko klimatskih pokazatelja (npr. povećanje temperature, porast razine mora, topljenje ledenog sloja, zagrijavanje oceana) i klimatskih indeksa (npr. na temelju zapisa o temperaturi, oborinama i sušnim događajima) te će prikazivati očekivane klimatske utjecaje.

Temelj servisa i njegovih usluga su četiri stupa:

- Arhiva podataka o klimi
- Sektorski informacijski sustav koji pruža prilagođene informacije krajnjim korisnicima
- Evaluacija i kontrola kvalitete informacija
- Aktivnosti na području informiranja i širenja informacija (Copernicus 2018).

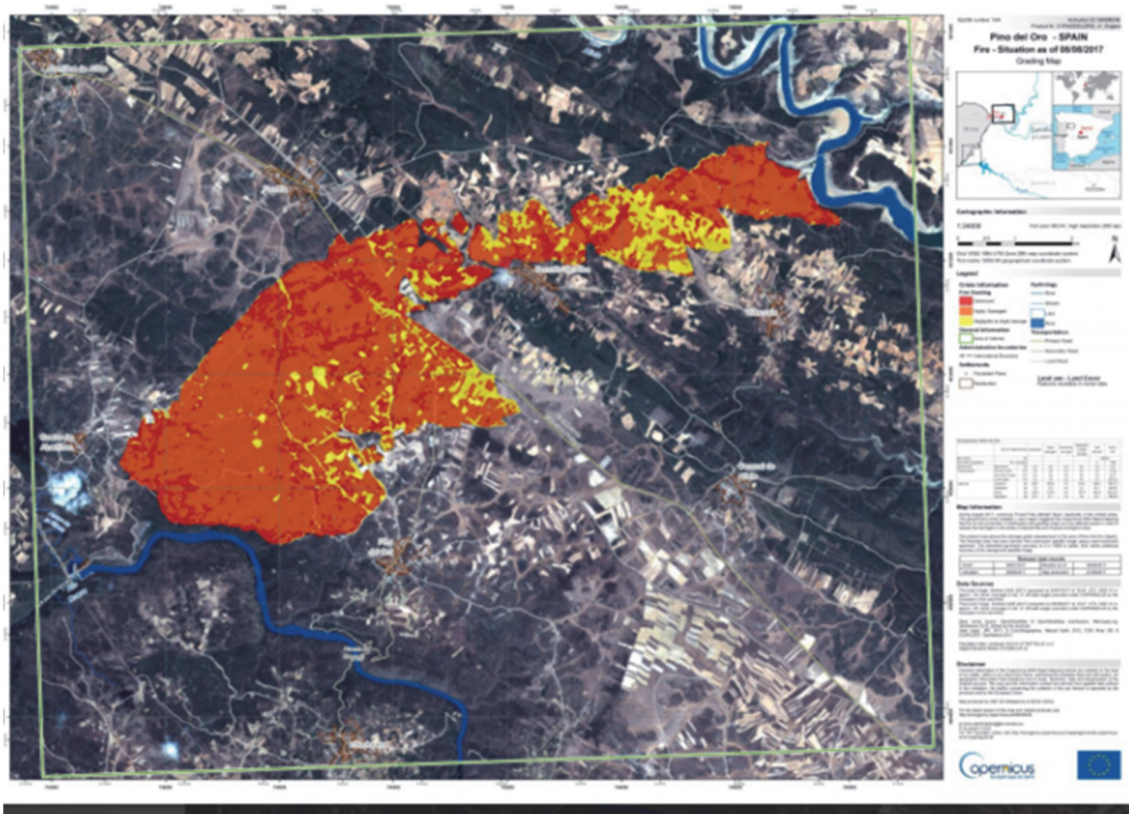
### 2.2.5. Servis za upravljanje kriznim situacijama (CEMS)

CEMS pruža informacije svim akterima uključenim u upravljanje prirodnim katastrofama, ljudskim potrebama i humanitarnim krizama s pravovaljanim i preciznim geo-prostornim podacima izvedenim iz satelitskih Sentinel misija i dopunjenim in-situ mjerenjima.

Copernicus EMS se sastoji od dvije komponente:

- Komponenta za kartiranje
- Komponenta za rana upozorenja.

Proizvodi koje generira servis mogu se koristiti kao digitalne karte ili se mogu kombinirati s drugim izvorima podataka. Komponenta za rana upozorenja sastoji se od Europskog sustava prepoznavanja poplava (European Flood Awareness System, EFAS) i Europskog informacijskog sustava o šumskim požarima (European Forest Fire Information System, EFFIS). Europski sustav prepoznavanja poplava (EFAS) daje preglede o tekućim i prognoziranom poplavama u Europi do 10 dana unaprijed pa se može povećati pripravnost, prevencija i smanjenje rizika od katastrofe. Europski informacijski sustav šumskih požara (EFFIS) pruža gotovo stvarnu (engl. real-time) informaciju o šumskim požarima i šumskim požarnim režimima u europskim, bliskoistočnim i sjevernoafričkim regijama. Na slici 5 je prikazana digitalna karta rizika od pojave požara (područja crvenom bojom imaju najveću mogućnost pojave požara) (Copernicus 2018).



Slika 5. Karta rizika pojave požara, (Copernicus 2018)

### 2.2.6. Servis za sigurnost (CSS)

Cilj servisa za sigurnost je podržati politike EU pružanjem informacija kao odgovor na sigurnosne izazove Europe. Poboljšava prevenciju krize, priprema i daje odgovor na tri ključna područja:

- Nadzor nad granicom
- Pomorski nadzor
- Podrška vanjskom djelovanju EU.

U području nadzora granice glavni ciljevi su: smanjenje broja ilegalnih imigranata koji ulaze u EU neotkriveni, smanjivanje broja poginulih ilegalnih imigranata, spašavanje više života na moru, povećanje unutarnje sigurnosti Europske unije kao cjeline i doprinos prevenciji prekograničnog kriminala. U području pomorskog nadzora opći cilj su: osiguranje pomorske sigurnosti u plovidbi, podrška kontroli ribarstva, borba protiv onečišćenja mora i provođenje zakona (Copernicus 2018).

## 3. PRIMJERI

Ovo poglavlje prikazuje dva primjera upotrebe Copernicus sustava u svrhu određivanja oštećene vegetacije požarom i potkornjakom.

### 3.1. Analiza stanja vegetacije prije i nakon šumskih požara

Šumski požari velika su opasnost za šumska zemljišta i šume u Republici Hrvatskoj, a posebno u Dalmaciji, na otocima i u Dalmatinskoj zagori. Njihov broj se povećava, a s time i štete ogromnih razmjera. Cilj je pokazati štetu nastalu požarom korištenjem Copernicus satelitske komponente. Podaci su se skupljali satelitima Sentinel 2, kojima se mogu razlikovati tri prostorne rezolucije: 10m, 20m i 60m. Prostorna rezolucija definirana je veličinom objekta koji je moguće raspoznati na snimci (Jovanović & Župan 2017).

Da bi se došlo do podatka koji se mogu kartirati, treba se izračunati NBR, tj. normalizirani indeks opožarene vegetacije prema **jednadžbi (1)**:

$$NBR = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)} \quad (1)$$

Gdje su:

NBR - indeks opožarene vegetacije

NIR - vrijednost infracrvenog kanala jednog piksela slike

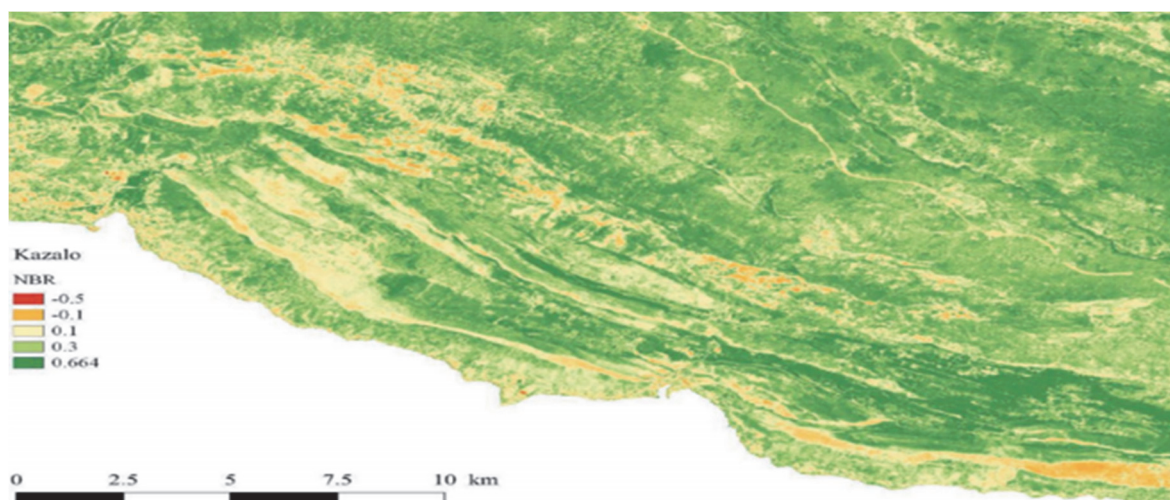
SWIR - kratko infracrveni kanal.

Nakon toga se računa  $\Delta NBR$ , tj. indeks veličine promjene uzrokovane požarom, kao razlika indeksa opožarene vegetacije prije i poslije požara. Na temelju vrijednosti  $\Delta NBR$  indeksa opožarene vegetacije radi se interpretacija prema **Tablici 2** (Jovanović & Župan 2017).

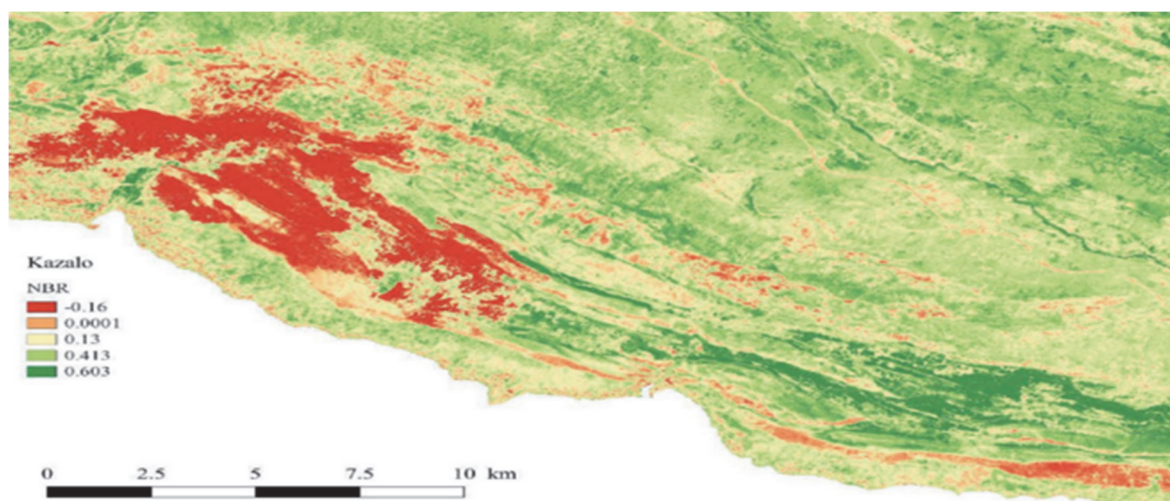
**Tablica 2. Interpretacija  $\Delta NBR$  za izgorena područja (Jovanović & Župan 2017)**

$\Delta NBR$	Razina izgorenosti
< - 0,25	Visoka izgorenost za ponovni rast vegetacije
< - 0,25; - 0,1 >	Niska vjerojatnost za ponovni rast vegetacije
< - 0,1; 0,1 >	Neizgorena područja
< 0,1; 0,27 >	Niska izgorenost
< 0,27; 0,44 >	Umjereno niska izgorenost
< 0,44; 0,66 >	Umjereno visoka izgorenost
> 0,66	Visoka izgorenost

Konačni proizvod prikazan je na **Slikama 6 i 7**. Uspoređeno je stanje vegetacije prije i nakon požara, a iz vidljive razlike lako dobije površina uništene vegetacije.



Slika 6. Stanje vegetacije prije požara (Jovanović & Župan 2017)



Slika 7. Stanje vegetacije poslije požara (Jovanović & Župan 2017)

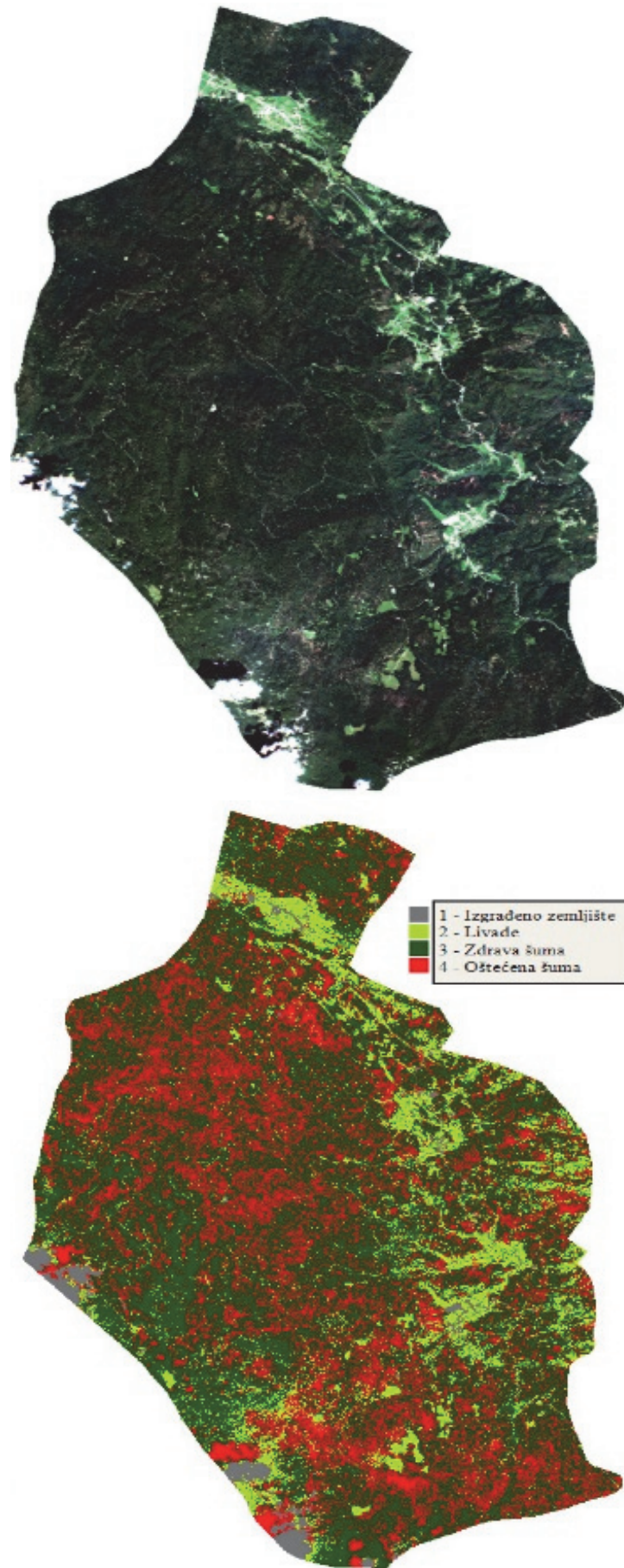
### 3.2. Prikupljanje satelitskih hiperspektralnih snimaka i kartografski prikaz šuma oštećenih potkornjakom na području grada Čabra

Potkornjak isto kao i požari predstavlja prijetnju šumskim ekosustavima. Smrekov pisar i šesterozubi smrekov potkornjak najvažniji su štetnici smreke u Europi. (Kasumović 2016). Glavna karakteristika šuma oštećenih potkornjakom je u promjeni boje krošnje, od žute prema crvenoj. Najbolja vidljivost oštećenih šuma je u kasno proljeće ili ljeto, jer je ostatak zdrave vegetacije zelene boje. (Kasumović 2016). Od 2014. godine velike površine šuma u Gorskom kotaru oštećene su potkornjakom. Da bi se suzbilo njegovo daljnje širenje, potrebno je oštećena drva srušiti. Budući da se radi o vrlo velikom području, potrebno je imati mogućnost određivanja područja zahvaćenosti brzom i preciznom metodom. To se ostvaruje primjenom nadzirane klasifikacije na satelitskim snimkama. Na Slici 8 vidljivo je područje prikazano u RGB kompoziciji boja i područje nakon klasifikacije. Tablica 3 prikazuje broj piksela po klasi i izračunate površine po navedenim klasama (Kranjčić et al. 2018).

Tablica 3. Broj piksela po klasi i pripadajuće površine (Kranjčić et al. 2018)

Broj klase	Broj piksela po klasi	Površina (ha)	Postotak (%)
1	5937	813,12	3,2
2	33 788	2933,02	11,5
3	50 858	13692,87	53,5
4	138 820	8134,33	31,8
<b>Ukupno</b>	<b>229 405</b>	<b>25 573,43</b>	<b>100,0</b>





Slika 8. RGB kompozicija (gore) i područje nakon klasifikacije (dolje) (Kranjčić et al. 2018)

#### 4. ZAKLJUČAK

Copernicus je razvojni program Europske unije u koji će se ulagati znatna sredstva u slijedećem razdoblju. Glavna tematska područja (zemlja, more, atmosfera, promjena klime, upravljanje hitnim intervencijama i sigurnost) definiraju osnovne smjerove razvoja, ali Copernicus podaci će imati puno širi raspon primjena. Kao rezultat se dobiva cijeli niz geoprostornih proizvoda i usluga koje će utjecati na tržište geoprostornih podataka. Program bi trebao poboljšati sigurnost, održivi razvoj, načine upravljanja prirodnim resursima, zaštitu okoliša, praćenje klimatskih promjena i drugo. Satelitske snimke u kombinaciji s in-situ mjerenjima imaju važnu ulogu u kartiranju područja pogođenih nekom prirodnom nepogodom (npr. požar), kao i završnoj fazi sanacije tih područja. Njihova prednost je da je korištenje besplatno, a jednostavna primjena omogućava precizna kartiranja malih područja. Uz sve navedeno, očigledno je da je Copernicus, već sad jedan od najboljih online servisa što se tiče rezolucije i količine dostupnih podataka. Samim time cijeli Copernicus program ima svijetlu budućnost, a očekivano je da će daljnjim razvojem servisa, kvalitete proizvoda i vremenu snimanja postati najbolji servis za praćenje prirodnih nepogoda i ostalih atmosferskih pojava.

#### 5. LITERATURA

- Copernicus, <http://copernicus.eu/>, (04. 06.2018.)
- Copernicus overview, [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview4](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4) (01. 06. 2018.)
- Copernicus sateliti, <http://copernicus.eu/main/sentinels> (01.06. 2018.)
- Europska agencija za okoliš, <http://www.eea.europa.eu/> (01.06. 2018.)
- In-situ opažanja, <http://insitu.copernicus.eu/observations> (01. 06. 2018.)
- Jovanović, N., Župan, R. (2017): Analiza stanja vegetacije prije i nakon šumskih požara pomoću satelitskih snimaka Sentinel-2 na području Dalmacije, *Geodetski list*, Vol. 71 (94) No. 3.
- Kasumović, L. (2016): Prilagodba razvojnoga ciklusa, prezimljavanja i prostorne distribucije smrekovih potkornjaka (*Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographul* L.) u odnosu na temeljne stanišne čimbenike, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet
- Kranjčić, N., Župan, R., Rezo, M. (2018): Satellite-based hyperspectral imaging and cartographic visualisation of bark beetle forest damage for the city of Čabar, *Tehnički glasnik*, Vol. 12, No.1, 39-43.
- Martinić, L. (2015): Copernicus program opažanja Zemlje. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Diplomski rad. 2015. Zagreb.
- Portal za opažanje Zemlje, <https://directory.eoportal.org> (01. 06. 2018.)
- Sentinel Scientific Data Hub ([http://copernicus.eu/sites/default/files/Data\\_Access/Data\\_Access\\_PDF/Factsheet\\_Data\\_Access\\_Copernicus\\_Sentinel\\_Data\\_Hub.pdf](http://copernicus.eu/sites/default/files/Data_Access/Data_Access_PDF/Factsheet_Data_Access_Copernicus_Sentinel_Data_Hub.pdf))
- Službena web stranica Sentinel misija, <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions> (01. 06. 2018.)
- SpaceTec partners (2012): Publishable Executive Summary: Assessing the Economic Value of Copernicus: European Earth Observation and Copernicus Downstream Services Market Study.
- Specific Contract under the Framework Service Contract 89/PP/ENT/2011 – LOT 3. SpaceTec partners (2013): Final Extended Executive Summary: European Earth Observation and Copernicus Midstream Market Study, Specific Contract under the Framework Service Contract 89/PP/ENT/2011 – LOT 3.
- Vrgoč, S. (2017.) Primjena worldview-2 satelitskih snimaka za detekciju ilegalnih odlagališta otpada. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Diplomski rad. 2017.