

## Mogućnosti korištenja satelitskih snimaka Sentinel-2 za procjenu produktivnosti pašnjaka podnožja Dinare

Hrvoje Kutnjak, Josip Leto

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska (hkutnjak@agr.hr)

### Sažetak

Cilj ovoga rada je prikazati mogućnosti procjene relativne produktivnosti suhih kamenjarskih travnjaka područja podnožja dinarskih planina korištenjem satelitskih snimaka Sentinel-2. Tijekom 2019. godine prikupljeni su uzorci biljne biomase travnjaka na projektnom području projekta „Dinara back to LIFE“. Obradom satelitske snimke Sentinel-2 izdvojene su travnjačke površine i izračunat normalizirani razlikovni vegetacijski indeks (NDVI). Dobivena je korelacija NDVI-a i prinosa travnjaka te opisana linearnim modelom  $y=378 \times X - 89,99$  srednje jakosti ( $R_2=0,352$ ) koji je moguće koristiti za kartiranje produktivnog potencijala pašnjaka.

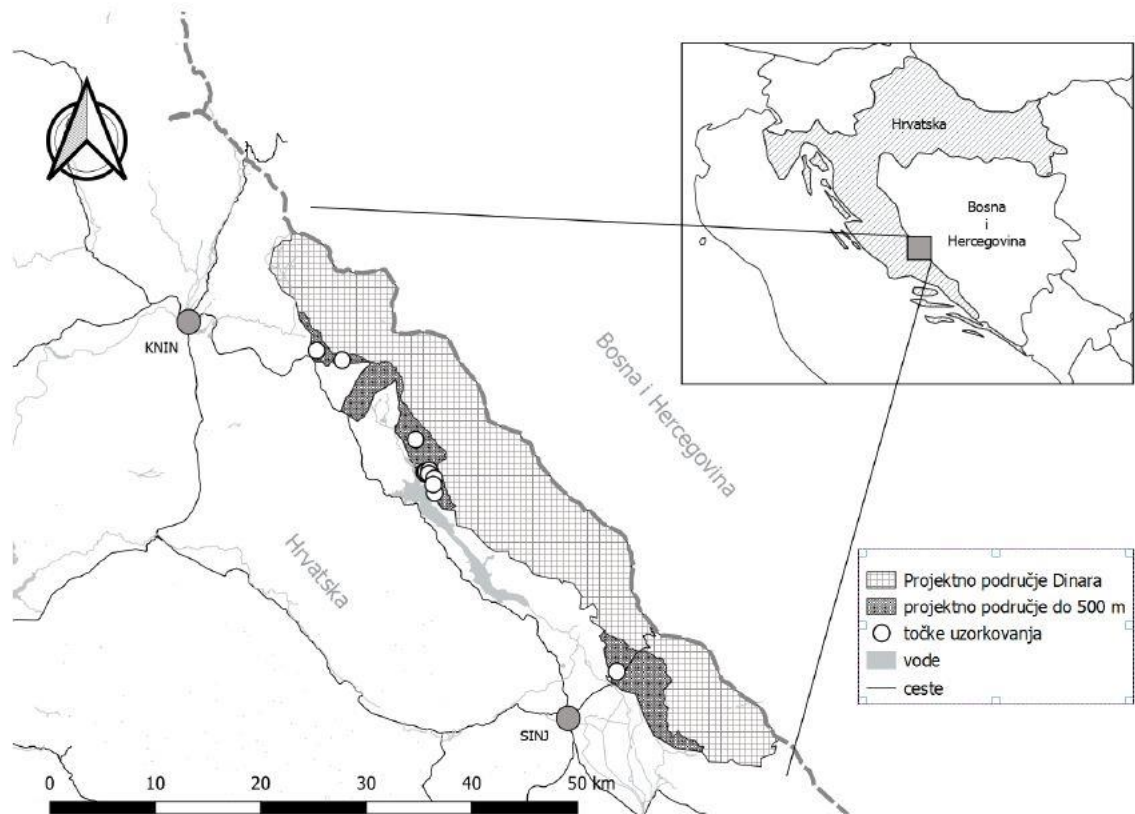
**Glavne riječi:** suhi travnjaci, Dinara, Sentinel 2, NDVI, produktivnost pašnjaka

### Uvod

Planinski kompleks Dinara dio je Dinarida smješten duž granice Republike Hrvatske te Bosne i Hercegovine. Dinarske planine su od davnina bile transhumantno stočarski kraj u kojem su koji je unazad nekoliko desetljeća gotovo u potpunosti depopuliran, a pašnjaci napušteni što je dovelo do njihove sukcesije, smanjivanja prirodnih staništa i posljedično ugrožavanja bioraznolikosti i staništa koja su ovisila o tamošnjem stočarstvu (Marković, 2003.). Kako bi se ponovo pokrenule ljudske aktivnosti na tom prostoru na održiv način bez ugroze za biljni i životinjski svijet, potrebne su informacije i znanja koja će omogućiti optimalno korištenje zemljišnog resursa. S tim ciljem, a u sklopu EU projekta „Dinara back to LIFE“, provode se istraživanja koja koriste satelitsku tehnologiju za kvantificiranje pašnjačkog resursa na tom prostoru. U sklopu programa Copernicus, Europska komisija u suradnji s Europskom svemirskom agencijom osigurala je servis za motrenje Zemlje. Posebnu primjenu za motrenje promjena vegetacije našli su sateliti Sentinel-2A i 2B sa svojim multispektralnim senzorima koji osim visoke prostorne rezolucije od 10 m osiguravaju i visoku temporalnu rezoluciju snimaka svakih 5 dana. Cilj ovoga rada je prikazati mogućnosti procjene relativne produktivnosti travnjaka korištenjem satelitskih snimaka Sentinel-2. Pretpostavka je da je ovakvim snimkama moguće izdvojiti travnjačke površine suhih polja u podnožju Dinare i na temelju normaliziranog razlikovnog vegetacijskog indeksa (NDVI) vrednovati relativnu produktivnost travnjaka (Rouse i sur., 1971., Lugassi i sur. 2019.). Hipoteza je da postoji korelacija između travnjačke nadzemne biomase s reprezentativnih ploha površine 1m<sup>2</sup> i vrijednosti NDVI-a što bi bio preduvjet za obračunavanje produktivnosti travnjaka na širem području.

### Materijal i metode

Područje istraživanja dio je projektnog područja Dinara back to LIFE i obuhvaća podnožje hrvatske, jugozapadne strane planina Dinare, Troglava i Kamešnice do 500 m nadmorske visine i ukupne površine 79.91 km<sup>2</sup>. Područje je prekriveno travnjacima koji spadaju u istočnojadranske kamenjarske pašnjake submediteranske i epimediteranske zone (*Chrysopogono grylli-Koelerion splendidis* Horvatić 1973. i *Saturejion subspicatae* Horvatić 1973.) sa sastojinama oštrogličaste borovice (*Juniperus oxycedrus*) i primorskim, termofilnim šumama i šikarama hrasta medunca i bijelog graba (*Quercus pubescens* *Carpinus orientalis*) na vapnencima i dolomitima male sposobnosti zadržavanja oborinskih voda. Zbog propusnosti podloge, unatoč relativno dovoljnoj količini padalina, česte su suše.



Slika 1. Projektno područje

#### *Obrada satelitskih snimaka*

Za određivanje površina travnjaka na projektom području korištena je četirikanalna (RGB+NIR) satelitska snimka Sentinel 2 rezolucije 10 m od 6. kolovoza 2019. godine te je nenadgledano klasificirana ISO klasifikacijom u 15 klasa s minimalnom veličinom klase 30 i intervalom uzorkovanja 3. Dobivene klase su interperirane preko pozadinske satelitske snimke vrlo visoke rezolucije (BingMaps Aerial) u odgovarajuće tipove zemljišnog pokrova. Tri klase travnjaka su objedinjene u jedinstvenu masku koja predstavlja travnjake i po kojoj je izrezana snimka iz 26. lipnja 2020 godine kada je vegetacija u svom sezonalnom vrhucu te je iz nje izračunat normalizirani razlikovni vegetacijski indeks (NDVI).

#### *Prikupljanje nadzemne biomase*

Tijekom 2020. godine u lipnju, srpnju i listopadu odrađeno je 3 terena na širem području Dinare gdje su na travnjacima na 12 lokacija prikupljeni uzorci nadzemnih dijelova biljaka s površina 0,11 – 1,11 m<sup>2</sup>, osušeni u sušioniku 48h na 60°C, izvagani i izraženi kao prinos suhe tvari po jedinici površine. Na heterogenim je površinama za bolju aproksimaciju produktivnosti po jedinici površine korišten fotoapararat na način da su podaci prikupljene biljne mase kombinirani sa snimkama koje su vizualno interpretirane i vektorizane u ArcMapu te je izračunat udio kamena na travnjaku koji je bio korišten za ponderiranje odnosno korekciju prinosa na obračunsku površinu od 1m<sup>2</sup>.

#### **Rezultati i rasprava**

Izmjereni prosječni prinos prikupljenih uzoraka u lipnju, srpnju i listopadu prema tipu travnjaka na suhopoljima je bio između 60,3 i 315,0 g m<sup>-2</sup>, odnosno ponderirano udjelom kamena, na vrijednosti između 25,1 i 195,0 g m<sup>-2</sup> (Tablica 1.)

Tablica 1. Ponderirani prinosi travnjaka i NDVI vrijednosti

točka	Koordinate WGS84		mjesec	prinos	pond. prinos	NDVI
	širina	dužina		[g ST m <sup>-2</sup> ]		
1	43.908895	16.475462	VII	81.9	81.9	0.524
2	43.908954	16.475328	VII	69.3	69.3	0.462
3	43.909748	16.479645	VII	60.3	40.0	0.528
4	43.937833	16.464002	VII	315.0	195.0	0.670
5	43.909966	16.474275	VII	90.9	65.5	0.418
6	43.910514	16.476156	VII	40.1	40.1	0.382
7	43.911644	16.480183	VII	251.6	171.8	0.417
8	43.908642	16.479934	X	250.2	171.5	0.565
9	43.904668	16.486054	X	57.8	25.1	0.383
10	44.013752	16.346839	X	85.1	83.0	0.555
11	44.005498	16.377053	X	93.2	78.6	0.407
12	43.740075	16.700907	VI	104.1	80.6	0.462

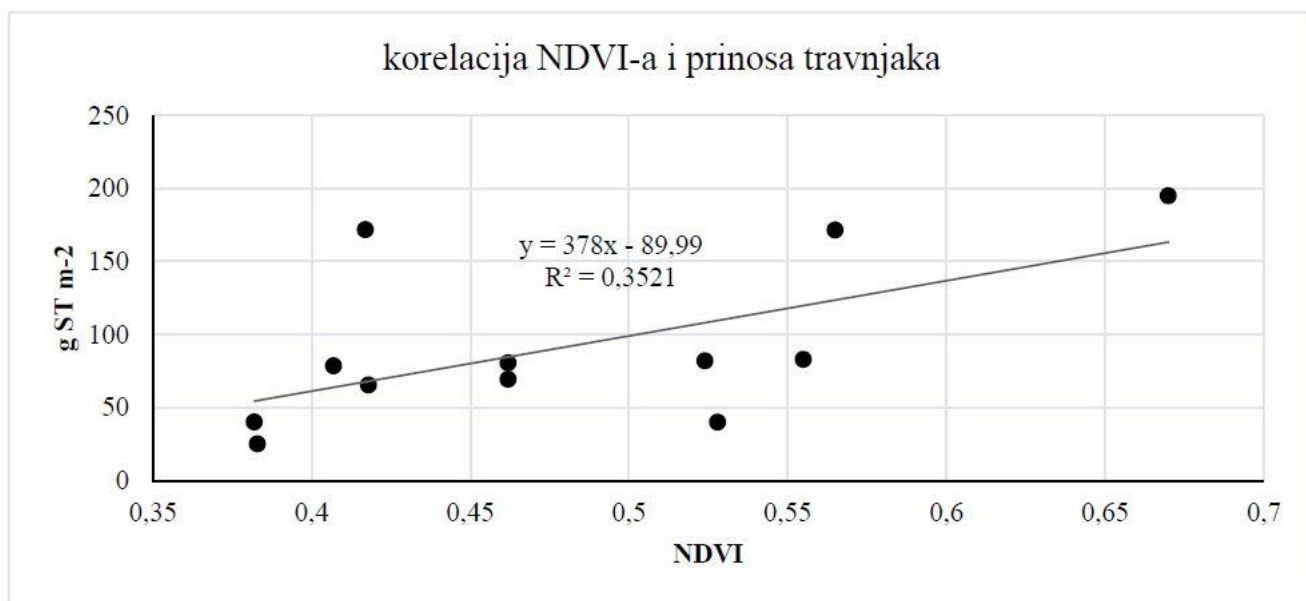
Nenadgledanom ISO klasifikacijom satelitske snimke Sentinel-2 dobiven je raster u 11 klasa. Interpretacijom klasa preko pozadinske satelitske snimke vrlo visoke rezolucije (BingMaps Aerial) determinirane su tri klase koje su pokrivala područja pod šumom i gustom grmolikom vegetacijom (6, 9, 10), jedna je jasno pokrivala golo, neobraslo tlo i kamen (8), tri klase su predstavljale travnjake (4, 5, 7). Dvije klase (1, 11) su predstavljale mozaik travnjaka s drvećem i grmljem, odnosno travnjake u fazi zarastanja sa značajnijim udjelom grmolike vegetacije i posljednje dvije klase (2, 3) su se odnosile na rubne i ekstremne piksele koji su sabrani u klasu „ostalo“. Travnjaci su zauzimali 2946,9 ha odnosno 36,9 % ukupne površine. (Tablica 2.)

Tablica 2. Površine i udjeli zemljišnog pokrova dobiveni klasifikacijom satelitske snimke

pokrov	Površina [ha]	Udio [%]
šuma i grmlje	3415.6	42.7
golo	119.4	1.5
travnjaci	2946.9	36.9
mozaik travnjaka i drveća/grmlja	1474.0	18.4
ostalo	34.8	0.4
TOTAL	7990.8	100.0

Pozitivna korelacija produktivnosti travnjaka s NDVI vrijednostima sa piksela na kojima su prikupljeni uzorci po Chaddockovoj ljestvici pokazala je vezu srednje jakosti ( $R_2=0,352$ ) (Chaddock, 1925.). Dobiveni model korelacije ( $y= 378 \times X - 89,99$ ) korišten je za izračun ukupne produktivnosti kartiranih travnjaka na dijelu projektnog područja do 500 m nadmorske visine i utvrđeno je da je na površini od 2946,9 ha prosječni NDVI travnjaka iznosio 0,503. Teoretski, uvrštavanjem u gorenavedeni linearni model izračunata je prosječna produktivnost od 1,00144

t/ha što bi teoretski bilo dovoljno za ispašu 0,219 UG ha god<sup>-1</sup>, odnosno na ukupnu površinu predstavlja godišnji pašni potencijal za 646,8 UG (UG-uvjetno grlo)(Holeček i sur., 1989.), ali kod ovakvih izračuna treba biti oprezan jer i dalje ostaje problem kvalitetne delineacije travnjaka putem satelitskih snimaka čija je prostorna rezolucija 10 m pa je detekcija travnjaka u ovom sučaju bila ograničena samo na one travnjake koji nisu u nekom obliku mozaika koji uključuju stijene i drveće s grmljem. Također, za bolji model koji bi bio prostorno koreliran potrebno bi bilo sistematičnije prikupljati uzorke nadzemne biljne biomase te potencijalno uključiti druge tehnologije za određivanje udjela kamena odnosno drvenaste vegetacije odnosno heterogenosti pokrova kao što su bespilotne letjelice.



Grafikon 1. Korelacija normaliziranog razlikovnog vegetacijskog indeksa (NDVI) i prinosa travnjaka ponderiranog na 1 m<sup>2</sup>.

### Zaključak

Dobivena je korelacija prinos travnjaka i NDVI-a te opisana linearnim modelom  $y=378 \times X - 89,99$  srednje jakosti ( $R^2=0,352$ ) koji je moguće koristiti za kartiranje produktivnog potencijala pašnjaka.

### Napomena

Ovaj rad je napravljen sredstvima EU u sklopu projekta Dinara Back to LIFE (LIFE18 NAT/HR/00084) i infrastrukturom pokušališta Centar za travnjaštvo Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta.

### Literatura

- Chaddock, R. E. (1925). Principles and Methods of Statistics“(1st Edition), Houghton Mifflin Company, The Riverside Press, Cambridge. 248; 303.
- Holeček J. L., Pieper R. D., Herbel C. H. (1989). Range management principles and practices, Prentice Hall, N. J., pp 456.
- Lugassi R., Zaady E., Goldshleger N., Shoshany M., Chudnovsky A. (2019). Spatial and Temporal Monitoring of Pasture Ecological Quality: Sentinel-2-Based Estimation of Crude Protein and Neutral Detergent Fiber Contents. *Remote Sensing* 11(7): 799. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/7/799/htm>
- Marković M. (2003). Stočarska kretanja na Dinarskim planinama. Naklada Jesenski i Turk. Zagreb. 202.

Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A., Deering D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Third ERTS Symposium. (1973). NASA SP-351 I. p. 309-317.

## **Possibilities of using Sentinel-2 satellite imagery to estimate the Dinara foothills pasture productivity**

### **Abstract**

The aim of this paper is to present the possibilities of estimating the relative productivity of dry rocky grasslands in the foothills of the Dinaric Mountains using Sentinel-2 satellite images. During 2019, samples of plant biomass were collected in the project area of the project "Dinara back to LIFE". By processing the Sentinel-2 satellite image, grassland areas were isolated and the normalized differential vegetation index (NDVI) was calculated. The correlation of grassland yield and NDVI was obtained and described by a linear model  $y = 378 \times X - 89.99$  of medium strength ( $R^2 = 0.352$ ) which can be used to map the productive potential of pastures.

**Key words:** dry grasslands, Dinara, Sentinel 2, NDVI, pasture productivity