

Primjena bespilotnih letjelica za detekciju šteta od vjetroizvala i sanaciju šuma

Liović, Juraj

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:868015>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-03**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO

JURAJ LIOVIĆ

**PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA ZA DETEKCIJU ŠTETA OD
VJETROIZVALA I SANACIJU ŠUMA**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2024.

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	OB FŠDT 05 07
		Revizija: 2
		Datum: 30.09.2024.

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 30.09.2024. godine

vlastoručni potpis

Juraj Liović

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za izmjeru, daljinska istraživanja i uređivanje šuma
Predmet:	Daljinska istraživanja i GIS u šumarstvu
Mentor:	izv. prof. dr. sc. Mario Ančić
Asistent-znanstveni novak:	-
Student:	Juraj Liović
JMBAG:	0068235769
Akad. Godina:	2023./24.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 25. rujna 2024.
Ključne riječi:	bespilotne letjelice, šumske štete, vjetrolomi, vjetroizvale
Sadržaj rada:	Slike: 40 Tablica: 5
Sažetak:	<p>Bespilotne letjelice postaju sve bitnije u raznim područjima ljudske djelatnosti pa tako i u šumarstvu, gdje su pronašle svoju nišu u uređivanju šuma, lovstvu, izgradnji i održavanju prometnica, praćenju zdravstvenog stanja, donošenju odluka u kriznim situacijama i dr. Jedna od takvih kriznih situacija se dogodila u srpnju 2023. kada je orkanska oluja poharala kontinentalni dio Hrvatske, od zapada do istoka uzrokujući devastaciju urbanih, agrarnih i šumskih površina. Kako bi pravovremeno reagirali, poduzeće Hrvatske šume d.o.o. su bespilotnim letjelicama snimili šumska područja koja su pretrpjela najveću štetu. Ne osnovu tih snimaka i izrađenog digitalnog ortofota provedene su analize jednog manjeg dijela snimljenog područja. Provedeno je izdvajanje uništenih sastojina, te ucrtavanje smjera izvaljenih stabala na digitalnom ortofotu iz dijela snimanja bespilotnom letjelicom. Uporabom ASTER modela terena može se dobiti uvid iz kojeg smjera su došli orkanski udari vjetra, te koje ekspozicije su najviše stradale u tim udarima. Dobiveni rezultati trebali bi pomoći u donošenju smjernica sanacije i budućeg gospodarenja istraživog područja.</p>

PREDGOVOR

U ovom početnom dijelu želio bih se zahvaliti cjelokupnom osoblju iz Šumarije Lipovljani na ljubaznosti, pristupačnosti i suradnji pri skupljanju i slanju podataka za potrebe ovog rada.

Također zahvaljujem se i kolegama iz Direkcije Hrvatskih šuma d.o.o. na ustupljenim snimkama snimljenim bespilotnom letjelicom u vlasništvu Hrvatskih šuma d.o.o. i drugim podacima potrebnim za izradu ovog rada.

Posebne zahvale bi priložio svome mentoru, izv. prof. dr. sc. Mariju Ančiću, na strpljivosti, koja je bila izuzetna. Zatim na velikoj pomoći, što prilikom slanja literature, pomoći pri radu na računalu te usmjeravanju i motivaciji prilikom cijelog tog procesa. Te na kraju, u najvažnijem dijelu, odnosno prilikom kreacije samog rada, gdje je strpljivo odgovarao na svako pitanje i upit poslan usred određenih konfuzija prilikom pisanja. Na tome svemu mu izražavam jedno veliko Hvala!!.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Vjetar i štete koje uzrokuje vjetar.....	1
1.2. Bepilotne letjelice razvoj i primjena.....	2
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	5
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA.....	6
3.1. Područje istraživanja.....	6
3.2. Olujno nevrijeme.....	9
3.1.1 Snimanje bepilotnom letjelicom.....	11
3.2. Izrada digitalnog ortofota iz satelitskih snimaka.....	13
3.3. Obrada podataka.....	18
3.4. Primjena digitalnog modela reljefa.....	22
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	25
5. ZAKLJUČAK.....	35
6. LITERATURA.....	36

UVOD

Svakim danom postajemo svjedoci klimatskih promjena i njihovih utjecaja na globalnoj i lokalnoj razini. Kao najbolji primjer klimatskih promjena možemo uzeti vremenske nepogode koje postaju sve jače i učestalije (led, kiša, vjetrovi), te uzrokuju katastrofalne štete sa velikim ekonomskim posljedicama na objektima, poljoprivrednim površinama i šumama. U ovome istraživanju fokusirati ćemo se na šume i štete uzrokovane jakim olujnim vjetrovima, točnije na veliko olujno nevrijeme koje je pogodilo Hrvatsku i susjedne države 19. srpnja 2023. kada je došlo do velikih šteta na šumama Republike Hrvatske na potezu od zapada na granici sa Republikom Slovenijom sve do granice na istoku sa Republikom Srbijom.

Štete koje je prouzročio vjetar orkanskih razmjera mjere se u milijunima metara kubnih uništenih sortimenata u sastojinama koje su mu se našle na putu. Kako bi mogli evidentirati razmjere prouzrokovanih šteta državno poduzeće Hrvatske šume d.o.o. (HŠ d.o.o.) provelo je snimanje na najjače oštećenim sastojinama, te kako bi se u što kraćem roku utvrdili razmjeri šteta i dogovorili budući koraci koje treba poduzeti za sanaciju nastalih šteta na sastojinama. Za evidentiranje šteta uporabljene su bespilotne letjelice u vlasništvu Hrvatskih šuma d.o.o. proizvođača DJI i operaterima HŠ d.o.o. Jedno od snimljenih područja bilo je i područje UŠP Zagreb, Šumarija Lipovljani, Gospodarska jedinica „Jamaričko brdo“. Navedeno područje je snimljeno u segmentima zbog sustava (domet bespilotne letjelice i trajanje baterija) kako bi se obuhvatili odjeli i odsjeci gospodarske jedinice koji su pretrpjeli štetu. Na osnovu tih snimaka provedena je interpretacija kako bi se prikazale prednosti primjene bespilotnih letjelica u žurnim situacijama.

1.1. Vjetar i štete koje uzrokuje vjetar

Štete u šumama uvjetuju svaki abiotski i biotski činitelji šteta. U abiotske činitelje ubrajamo: munje, šumske požare, zagađeni zrak uvjetovan najčešće kiselim kišama i industrijskim plinovima, vjetar, ekstremne temperature, prekomjerene oborine. Biotičkim štetama ubrajamo sve utjecaje biljnih i životinjskih organizama, a posebice čovjeka. Biljni uzročnici su: fitopatogene bakterije, fitopatogeni virusi, korov i nametničke biljke. Životinjski uzročnici su: divljač, domaća stoka, glodavci, ptice, puževi, oblići, neki pauci i fitofagni kukci. Štete mogu biti čimbenik za trajnu degradaciju šuma. Štetne utjecaje razlikujemo prema vremenu pojave na primarne, sekundarne i tercijarne. Prema nastanku još možemo razlikovati izravne i neizravne štete (Grupa autora., šumske štete).

U ovome radu fokus će biti na vjetru. Vjetar je po definiciji svako vodoravno strujanje zraka, određeno smjerom, odnosno stranom svijeta na kojoj vjetar puše i brzinom, odnosno jakosti puhanja (Hrvatska enciklopedija, 2013.).

Vjetar nastaje nejednakim zagrijavanjem Zemljine površine iznad nekog područja uz raznolik barometarski tlak, što uzrokuje strujanje zračnih masa, odnosno kreaciju vjetra i oluja određenih jakosti. Jakost vjetra se mjeri instrumentom koji se zove anemometar, a dijelimo ga u dvanaest stupnjeva prema Beaufortovoj ljestvici. Najčešća podjela vjetra prema jakosti je na: slabe, umjerene, jake, olujne, burne i orkanske. Nadmorska visina također utječe na brzinu

vjetra, tako da je na visini od 500 m dvostruka veća od one pri površini Zemlje, dok je na visini od 4000 m triput veća (Vajda, 1974.).

Zračna strujanja znatno utječu na same šume i gospodarenje njima. Vjetar u šumarstvu male do umjerene jačine je koristan u rastu, oplodivanju i rasprostiranju šumskog drveća. U gospodarenju šumama jasno se diferencira vjetar od oluja. Štete koje uzrokuje vjetar znatno su drugačije od šteta koje uzrokuju oluje. Brzina vjetra, od 11 do 17 m/s nanosi trajne štete sastojini. Oluje, za razliku od vjetra, pridolaze u većoj brzini te svojim utjecajem pridonose izvaljivanju i prelamanju pojedinih stabala, pa i cijelih sastojina. Očuvanju posebne šumske klime pripomaže sastojinski obrast koji ima takvu strukturu s najjačim usporenjem reakcije sastojinske atmosfere na promjene vanjske atmosfere.(Vajda, 1974.).

Povećanjem brzine vjetra iznad 17 m/s nastaju bure, orkani te jaki olujni vjetrovi. Vjetroizvale nastaju olujom ili orkanom tzv. „zapadnih oluja“, koje se gibaju velikom brzinom te nanose vlažan zrak. Vjetrolomi nastaju olujom ili orkanom „istočnih oluja“, koje nose suhi, hladni i teški zrak koji mjestimično poprima veliku brzinu i nanosi štetu istoku i zapadu brdskih kosa preko kojih prelazi (Jerčić, 2015.).

Oluja se na šumu očituje se u njenom djelovanju na samostalno stablo. Svako stablo je tijelo koje sprječava strujanje olujnog zraka otporom. Najviše se odupire krošnja koja predstavlja vrh manjeg ili većeg dugačkog debla, dok je podnožje stabla zaštićeno od naglih udaraca olujne sile svojom elastičnošću. Otpornost od izvaljivanja stabla smanjena je u sastojinama sa podzemnim glinenim slojevima jer ti slojevi sprječavaju rast korijenja u dublje slojeve zemlje. Porast visine stabla utječe na efekt oluje jer je poluga koja se spaja s zemljom dulja, a samim time je prijenos tlaka na žilište veći (Vajda, 1974.).

1.2. Беспilotne letjelice razvoj i primjena

Bespilotne letjelice (engl. UAV – *Unmanned aerial vehicle*) prema svojoj definiciji su letjelice bez posade kojima upravlja čovjek ili računalo preko radio veze, a nazivamo ih još i dronovima. Svoje početke imaju u vojnoj primjeni kada su prvotno razvijene za potrebe nadgledanja i vojnog djelovanja u situacijama koje su bile previše opasne za ljude. Danas su se bespilotne letjelice razvile u bespilotne sustave koji kako im ime kaže mogu djelovati samostalno bez ljudskog utjecaja. (Austin 2010).

Osim vojne primjene, dronovi su prilagođeni za civilnu upotrebu u raznim područjima ljudskog života poput nadzora zračnog prostora, u nadzoru i upravljanju prometom, za policijske potrebe, kod traganja i spašavanja, u borbi protiv požara, u kriznim situacijama, kod prirodnih katastrofa, kod klimatskih istraživanja, za potrebe zabave, itd. Za te svrhe bilo je neophodno vojne bespilotne letjelice modificirati i pojednostaviti do te mjere da danas imamo letjelice različitih veličina i težina ovisno o njihovoj namjeni. Sve te promjene su izuzetno brze, a omogućile su stalna unapređenja tehnologije i robotike.

Zanimljivo je da ideja razvoja takvih letjelica traje još od doba prije Krista, no pravi eksponencijalni uzlet one doživljavaju tek u drugoj polovici 20. stoljeća (Švehla 2013).

Prvi korak sa bespilotnim letjelicama je započeo sa pojavom balona koji ne pripadaju u skupinu bespilotnih letjelica, ali su za vojne potrebe dali uvid u potencijal koji omogućuju bespilotne letjelice (Švehla 2013).

Prvi bespilotni zrakoplov izradili su 1848. godine John Stringfellow i William Henson u Engleskoj. Bio je to zrakoplov sa propelerom pogonjen na parni stroj, a bio je u stanju preletjeti pedesetak metara udaljenosti. Nazvan je zračnom parnom kočijom (Švehla 2013).

Slijedeći korak u razvoju bespilotnih zrakoplova odigravao se za vrijeme i netom po završetku prvog svjetskog rata poput zrakoplova *Aerial target* s naprednom tehnikom za to vrijeme u pogledu radio upravljanja iz 1916. godine za napad na Zeppeline. Nakon toga uslijedio je niz zrakoplova kojima su usavršavani sustavi upravljanja za borbenu uporabu u periodu od prvog do drugog svjetskog rata, za vrijeme drugog svjetskog rata, te se nastavio sve do današnjih dana (Švehla 2013).

Bespilotne letjelice dijelimo:

- prema upotrebi:
 - vojne
 - civilne
 - komercijalne
- prema konstrukciji:
 - letjelice s fiksnim krilom
 - letjelice s rotacionim krilom
 - teže od zraka
 - lakše od zraka

Pošto bespilotne letjelice možemo klasificirati na mnogo načina najčešće se u svrhu klasifikacije koriste upravo karakteristike letjelica:

- masa
- istrajnost i dolet
- visina leta
- opterećenje krila
- vrsta motora
- potisna snaga

Bespilotnom letjelicom se može upravljati na tri načina:

- daljinskim upravljanjem
- poluautonomnim upravljanjem
- autonomno upravljanjem

Kod bespilotnih letjelica za civilnu uporabu najčešće i najraširenije su letjelice sa daljinskim upravljanjem gdje operater upravlja letjelicom putem radioveze. Ovakav način upravljanja nije prikladan za dugotrajan nadzor i praćenje zbog umora operatera što može rezultirati ljudskom pogreškom u upravljanju.

Bespilotne letjelice u Hrvatskoj su razvijane i upotrebljavane tijekom Domovinskog rata (bespilotna letjelica Bojnik). 2006. godine je razvijena letjelica za civilnu uporabu pod imenom Fenix tvrtke Pastor za nadzor požarenih područja (Jurić i Kuren 2015)

Bespilotne letjelice u šumarstvu danas imaju velik broj primjena, od kojih su najvažnije: snimanje za potrebe uređivanja šuma, projektiranje prometnica, motrenje divljači, motrenje ilegalnih aktivnosti, nadzor i praćenje zdravstvenog stanja šuma, pomoć pri donošenju odluka i postupaka sanacije kod elementarnih nepogoda i dr..

Kada govorimo o snimkama bespilotnih letjelica ne možemo ne spomenuti prednosti i mane ovoga sustava u usporedbi sa klasičnim zrakoplovnim snimkama ili satelitskim snimkama. Snimke snimljene bespilotnim sustavima za sada prednjače u prostornoj rezoluciji u odnosu na druge sustave kao i u fleksibilnosti primjene prema našim željama i potrebama. Mana bespilotnih sustava je u malom doletu i operativnom radijusu za razliku od druga dva sustava. Drugim riječima sva tri sustava ne isključuju jedan drugoga i imaju svoju namjenu, pa ukoliko želimo pokriti veliko područje u što kraćem vremenu, koristit ćemo satelitske snimke koje imaju znatno manju prostornu rezoluciju, a ukoliko želimo ciljano snimanje sa velikom prostornom rezolucijom koristi ćemo prednosti bespilotnih letjelica. Zrakoplovni sustavi su zlatna sredina kada trebamo snimati veće područje (ne veliko kao područje koje možemo snimiti satelitima), ali sa većom prostornom rezolucijom (ne tako velikom kao snimanjem bespilotnim letjelicama).

Kritičnog dana 19.7.2023. Hrvatsku je pogodila elementarna nepogoda nastala iz superćelijskih oblaka praćena velikim količinama kiše u kratkom vremenskom roku i jakim olujnim vjetrovima koji su imali negativan učinak za šumske sastojine u vlasništvu Republike Hrvatske, a kojima gospodare Hrvatske šume d.o.o.. Kako bi napravili procjenu stanja na terenu i evidentirali negativne učinke oluje, odlučeno je da će se kritične površine snimati operateri zaposlenici Hrvatskih šuma bespilotnim letjelicama., a sve u svrhu pravovremenog donošenja odluka i pristupanju sanaciji.

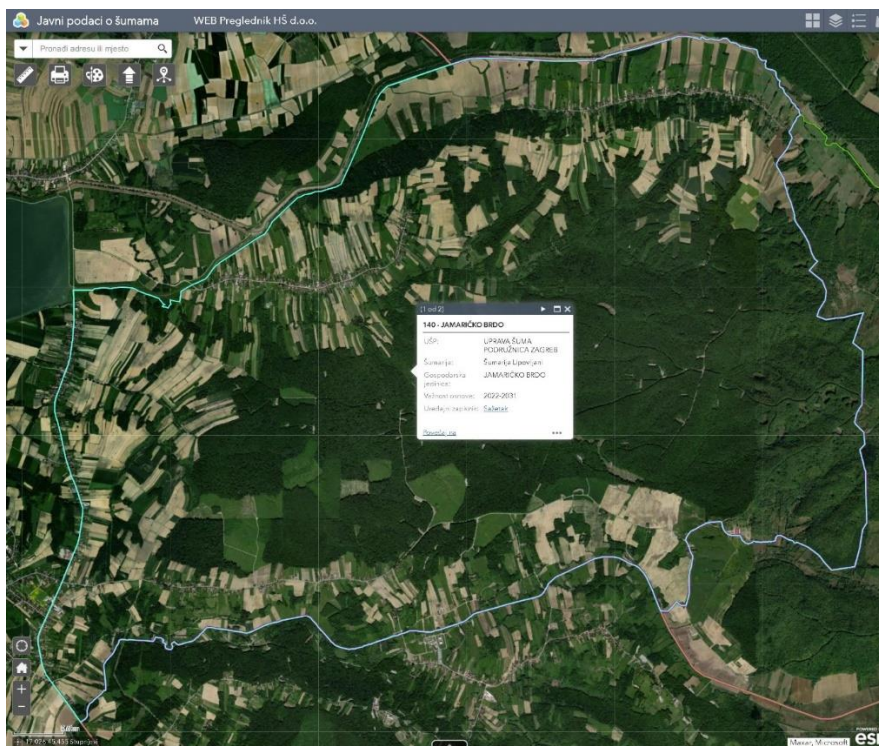
2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja ovog završnog rada je prikazati primjenu bespilotnih letjelica u kriznim situacijama poput evidentiranja razmjera prouzročenih šteta nastalih vremenskim nepogodama (konkretno u ovome slučaju vjetrolomi i vjetroizvale), utvrđivanje njihovih razmjera, te planiranje i dogovaranje budućih koraka pri iskorištavanju sortimenata koji nisu oštećeni ili uništeni, te sanaciji oštećenih i uništenih sastojina.

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Područje istraživanja

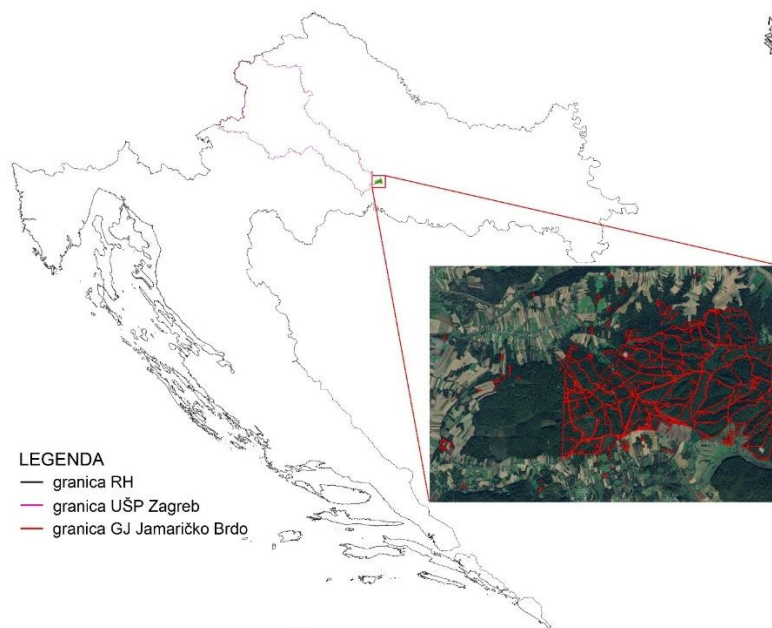
Gospodarska jedinica "Jamaričko brdo" (slika 1) u kojoj je došlo do vjetroлома i vjetroizvala pripada u Upravu šuma podružnica Zagreb, šumarija Lipovljani, te će poslužiti kao predmet istraživanja u ovome završnom radu.



Slika 1. Gospodarska jedinica „Jamaričko brdo“ (Izvor: HŠ d.o.o. <https://webgis.hrsume.hr/arcgis/apps/webappviewer/index.html?id=8bb3e1d6b80d49ad9e0193f8b62380e2>)

Ova gospodarska jedinica smještena je u zapadnoj Posavini ili točnije u Moslavini, 5-6 km sjeverno od Novske. Naziv je dobila po potoku Jamarica koji je najznačajniji potok na njenom području i vijuga središnjim dijelom. Teren je brežuljkast i ispresijecan dugim dolinama. Uglavnom je kvadratičnog oblika koji u užem smislu determiniraju sela Janja Lipa-Bujavica na sjeveru, prometnice Banova Jaruga-Krivaj-Lipovljani na zapadu, zatim prometnica Lipovljani - Kozarice - Novi Grabovac na jugu, te put Novi Grabovac- Bujavica istočno. Izgledom je to vrlo kompaktna jedinica koja se proteže u smjeru zapad-istok, u ukupnoj dužini od 4,20 km, dok je prosječna širina područja rasprostranjena na 5,50 km. (Sažetak opisa šuma Gospodarska jedinica „Jamaričko brdo“, HŠ d.o.o. 2022)

U upravno-teritorijalnom smislu nalazi se na području Sisačko-moslavačke županije i to pretežnim dijelom u Gradu Kutina (1433,99 ha), a manjim dijelom na području Grada Novske (18,41 ha) i Lipovljana (4,61 ha) (Sažetak opisa šuma Gospodarska jedinica „Jamaričko brdo“, HŠ d.o.o. 2022) (slika 2). U šumsko-gospodarskom smislu u sklopu je šumarije Lipovljani, Uprave šuma Zagreb.



Slika 2. Položaj GJ „Jamaričko brdo“

Nadmorske visine šumskih kompleksa ove jedinice iznose od 120-225m.

Ova gospodarska jedinica podijeljena je na 59 odjela i 107 odsjeka. Najveći odsjek gospodarske jedinice je 61a s površinom od 38,33 ha dok je najmanji odsjek 22d s površinom od 0,73 ha. (Sažetak opisa šuma Gospodarska jedinica „Jamaričko brdo“, HŠ d.o.o. 2022)

Tablica 1. Površine po kategorijama tala za GJ „Jamaričko brdo“ (Izvor: HŠ d.o.o. <https://javnipodaci.blob.core.windows.net/pdf/140/Opis.pdf>)

Kategorije tala	Stanje 2022. g.
	ha
Obraslo zemljište	1393,82
Neobraslo proizvodno zemljište	0,00
Neobraslo neproizvodno zemljište	30,00
Neplodno zemljište	33,19
Ukupno:	1457,01

Tablica 2. Šume prema namjeni za GJ „Jamaričko brdo“ (Izvor: HŠ d.o.o. <https://javnipodaci.blob.core.windows.net/pdf/140/Opis.pdf>)

Namjena šume i šumskog zemljišta	Površina obrasla		Drvena masa		Godišnji tečajni prirast		Prosječno po ha		
							Masa		Prirast
	ha	%	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	%
ZAŠTITNE ŠUME									
GOSPODARSKE ŠUME	1393,82	100	497517	100	13033	100	356,945	9,35	2,6
SVEUKUPNO G.J.	1393,82	100	497517	100	13033	100	356,94	9,35	2,6

Šumske zajednice koje su utvrđene u ovoj gospodarskoj jedinici su slijedeće (tablica 3):

Tablica 3. Šumske zajednice u sklopu GJ „Jamaričko brdo“ (Izvor: HŠ d.o.o. <https://javnipodaci.blob.core.windows.net/pdf/140/Opis.pdf>)

Šumska zajednica	Površina (ha)	%
Šuma crne joha s trušnjikom (<i>Frangulo-Alnetum glutinosae</i>)	2,61	0,2
Šuma hrasta lužnjaka s v. žutilovkom - subasocijacija s običnim grabom (<i>Genisto elatae - Quercetum roboris carpinetosum betuli</i> Horvat 1938.)	33,45	2,4
Šuma hrasta lužnjaka s v. žutilovkom - subasocijacija s blijedožučkastim šašem (<i>Genisto elatae - Quercetum roboris caricetosum brizoidis</i> Horvat 1938.)	29,33	2,0
Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba - tipična subasocijacija (<i>Carpino betuli - Quercetum roboris</i> (Anić 1959.) Rauš 1971)	47,91	3,4
Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba – subasocijacija s bukvom (<i>Carpino betuli — Quercetum roboris fagetosum</i> (Rauš 1971.)	41,01	3,0
Ilirske šume hrasta kitnjaka i običnog graba s biskupskom kapicom (<i>Epimedio-Carpinetum betuli</i> (Horvat 1938)	1239,51	89,0
Ukupno:	1393,82	100,00

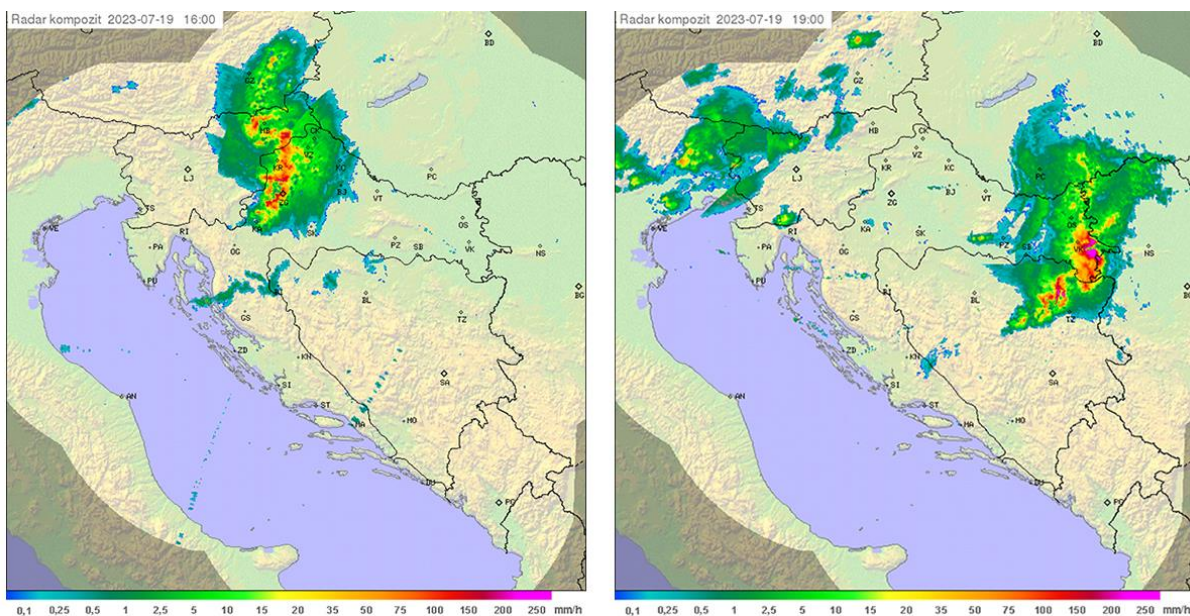
Tablica 4. Prikaz drvne zalihe i prirasta po vrstama drveća GJ „Jamaričko brdo“ (Izvor: HŠ d.o.o. <https://javnipodaci.blob.core.windows.net/pdf/140/Opis.pdf>)

Vrste drveća	Drvna zaliha		Prirast	
	m ³	%	m ³	%
1	2	3	4	5
Hrast lužnjak	44.370	8,9	958	2,2
Hrast kitnjak	162.613	32,7	4.511	2,8
Cer	378		9	
Obična bukva	164.402	33,0	3.825	2,3
Poljski jasen	261	0,1	7	2,7
Obični grab	99.079	19,9	2.889	2,9
Klen	66	0,0	2	3,0
Bagrem	675	0,1	19	2,8
Trešnja	1.187	0,2	29	2,4
OTB	7.158	1,4	182	2,5
Lipa sp.	951	0,2	35	3,7
Crna joha	4.366	0,9	178	4,1
Trepetiljka	56	0,0	2	3,6
OMB	11.836	2,4	383	3,2
OC	119	0,0	4	3,4
UKUPNO	497.517	100	13.033	2,6

3.2. Olujno nevrijeme

Olujno nevrijeme u srijedu 19. srpnja 2023., većim ili manjim intenzitetom, zahvatilo je ukupno 14 županija i Grad Zagreb. Naglo je zahvatilo prvenstveno županije koje graniče s Republikom Slovenijom (Grad Zagreb i Zagrebačku županiju, Krapinsko-zagorsku, Varaždinsku, Karlovačku), a zatim se proširilo i na područje Međimurske, Sisačko-moslavačke, Koprivničko-križevačke i Bjelovarsko-bilogorske županije te se nastavilo kretati prema županijama na istoku zemlje i to Požeško-slavonskoj, Virovitičko-podravskoj, Osječko-baranjskoj, Vukovarsko-srijemskoj županiji. (Civilna zaštita 2023)

Pošto u radu govorimo o UŠP Zagreb zadržati ćemo se na području koje obuhvaća ova uprava. Na području UŠP Zagreb prema izvješću Civilne zaštite (2023) poginule su dvije osobe, a više desetaka su ozlijeđene na području Grada Zagreba i Zagrebačke županije. Na potezu od Zagreba do Kutine oštećene su brojne kuće i drugi objekti, a srušeni su i dalekovodi te je bez napajanja ostalo više od 14000 korisnika.



Slika 3. Izraženi konvektivni sustav na radarskom kompozitu DHMZ-a u 16 sati (lijevo) iznad dijela sjeverozapadne Hrvatske i Zagreba i u 19 sati (desno) iznad istoka Hrvatske (Županija, Vukovar)

(Izvor:

DHMZ,

https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn¶m=objave&el=priopcenja&aj=pr20072023

Prema izvješću Državnog hidrometeorološkog zavoda od 20.7.2023. grmljavinsko nevrijeme bilo je izuzetno jako i bilo je samo dio dugoživućeg grmljavinskog nevremena većih prostornih dimenzija (tzv. mezoskalni konvektivni sustav) (slika 3), u okviru kojeg su se stvarale grmljavinske superćelije (sustavi s izraženom rotacijom). Dostupni podaci pokazuju kako su udari vjetera bili olujni na granici orkanskih. To ih svrstava među najjače zabilježene na zagrebačkom području. Primjerice na Plesu je izmjerena udar od 115 km/h. Palo je od 20 do 35 litara po četvornom metru u 10ak minuta. Da je kiša nastavila padati tim intenzitetom za sat vremena palo bi 150-200 litara kiše po četvornom metru. Nakon središnje Hrvatske, grmljavinsko nevrijeme nastavilo je putovati prema istoku, te je sličnom žestinom zahvatilo još

brojne gradove (Lipik, Slavonski Brod, Županja...) gdje su izmjerene brzine vjetra i do 180 km/h. (DHMZ 2023)

Nadalje, prema DHMZ (2023) iz automatskih mjerenja na zagrebačkom području, može se vidjeti da su južnije, na lokacijama Buzin i Zagreb-aerodrom zabilježeni jači udari vjetra nego na lokaciji Zagreb-Maksimir. Na lokaciji Buzin zabilježen je udar vjetra od 100,1 km/h iz smjera zapada (W), dok je na lokaciji Zagreb-aerodrom zabilježen udar vjetra od čak 114,8 km/h iz smjera sjeverozapada. Nakon što je uzrokovao kaos na zagrebačkom području, olujni sustav premještao se na istok te je, sličnom žestinom zahvatio još brojna mjesta poput Gradišta i Slavonskog Broda. Na mjernoj postaji u Gradištu vjetar je srušio stup sa anemometrom te se vrijednosti više nisu mogle očitavati, a u Slavonskom Brodu je zabilježen udar vjetra od čak 118,4 km/h.

Što možemo očekivati u budućnosti prema tumačenju stručnjaka iz DHMZ-a (2023)? Hrvatska se, kao i ostale zemlje Sredozemlja zagrijava brže od ostatka svijeta. Očekuje se rast godišnjih i sezonskih temperatura zraka u cijeloj zemlji i u budućnosti. Visoke temperature zraka, velika vlažnost i nestabilnost u atmosferi osnovni su preduvjeti za nastanak oluje. Uz promjenu jačine i smjera vjetra po visini dolazi do razvoja olujnog oblaka. Atmosfera je danas zagrijana u odnosu na predindustrijsko razdoblje za 1,1 °C i može sadržavati više vlage. Svaki stupanj porasta temperature znači 6 - 7 % više vlage. Ta dodatna vlaga je u produljenim toplim razdobljima (kao što smo imali proteklih dana) izvor za razvoj nestabilnosti i veće količine oborine. U uvjetima dodatnog globalnog zagrijavanja možemo očekivati češće oluje.

3.1.1. Snimanje bespilotnom letjelicom

Snimanje je obavljano u različitim upravama, šumarijama i gospodarskim jedinicama. U ovome radu biti će obrađena jedan dio Gospodarske jedinice (GJ) Jamaričko brdo u sklopu šumarije Lipovljani, UŠP Zagreb.

Snimanje GJ Jamaričko brdo provedeno je 25. srpnja 2023. godine unutar kritičnih odjela, a ne na cijeloj površini gospodarske jedinice kako bi se uvidjeli razmjeri štete i odlučilo kako pristupiti sanaciji olujom uništenih površina.

Sustav korišten za snimanje sastojao se od više dijelova (bespilotna letjelica, daljinski upravljač, kamera i gimbal head) koji su činili jednu cjelinu (tablica 5).

Tablica 5. Sastavni dijelovi sustava bespilotne letjelice HŠ d.o.o. kojim je obavljeno snimanje.

Bespilotna letjelica DJI Matrice 300 RTK (slika 4)	<ul style="list-style-type: none">• Doseg do 8 km ukoliko na obzoru nema prepreka (visoke zgrade, šuma)• Maksimalna visina leta 5000-7000m ovisno o vrsti propelera• Trajanje leta do 55 minuta• Dimenzije 810×670×430 mm (dužina×širina×visina)• Težina sa baterijama 6,3 kg• GNSS: GPS+GLONASS+BeiDou+Galileo• Nosivost do 9 kg
Kamera Zenmuse P1 (slika 5)	<ul style="list-style-type: none">• Dimenzije kamere: 198×166×129 mm• Težina: 800 g• Veličina senzora za fotografije: 35.9×24 mm (full frame)• Efektivni pikseli: 45MP• Veličina pikesla: 4,4 μm• Veličina fotografije: 3:2 (8192 × 5460 piksela)• Minimalna brzina okidanja: 0.7 s• Brzina mehaničkog okidača: 1/2000 – 1 s• Brzina elektronskog okidača: 1/8000 – 1 s• blenda: f/2.8-f/16• ISO opseg: 100-25600• Točnost snimki: horizontalna 3 cm, vertikalna 5 cm pri brzini leta 15 m/s sa preklomom od 75% u smjeru leta i 55% bočnim preklomom.
Objektiv DJI DL 24mm F2.8 LS ASPH	<ul style="list-style-type: none">• Kut snimanja 84°



Slika 4. DJI Matrice 300 RTK (Izvor: <https://enterprise.dji.com/matrice-300>)



Slika 5. Kamera DJI Zenmuse P1 i objektiv DJI DL 24mm F2.8 LS ASPH
(Izvor: <https://enterprise.dji.com/zenmuse-p1>)

Prilikom snimanja, bespilotna letjelica je imala isplaniranu trasu leta sa uključenom opcijom praćenja terena *terrain follow* kako bi letjelica pratila reljef te ujednačila visinu snimanja, a sve u svrhu održavanja rezolucije snimanja (*ground sampling data* – GSD). U ovome slučaju rezolucija snimanja (GSD) po pikselu je iznosila 5 cm.

Snimanje je obavljeno u više segmenata (6 segmenata) zbog ograničenog doseg daljinskog upravljača kojim se upravlja bespilotnom letjelicom (u slučaju prepreke na obzoru doseg radio veze opada) i zbog ograničenog trajanja baterije tijekom snimanja.

Iz snimljenog materijala (fotografije) izrađivali su se fotomozaici koji su zbog globalnog navigacijskog satelitskog sustava (GNSS) i inercijalne mjerne jedinice (IMU) u sebi već sadržavali koordinate službenog Hrvatskog koordinatnog sustava HTRS96 TM. Spajanje fotografija u fotomozaik i postupak georeferenciranja obavljen je u softveru DJI Terra, a kao rezultat dobiveni su georeferencirani segmenti digitalnog ortofota (DOF) za snimljena područja (slika 6).

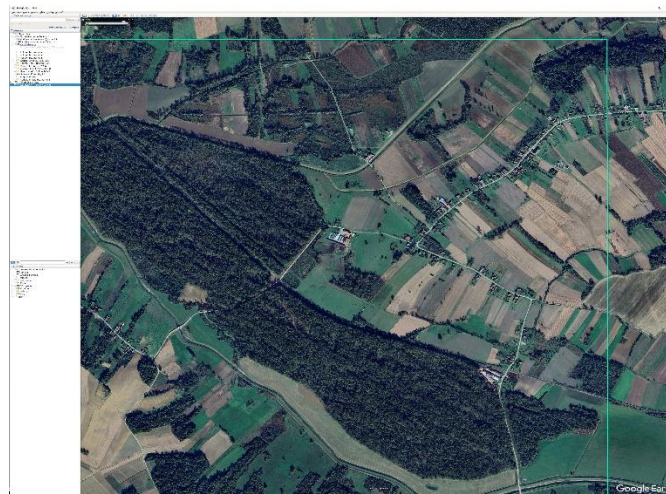


Slika 6. DOF (jedan segment) nastao snimanjem bespilotnom letjelicom i obradom u programu DJI Terra

Segmenti DOF-a su dalje korišteni za izdvajanje oštećenih i uništenih područja, te u analizama i usporedbama sa prijašnjim stanjem.

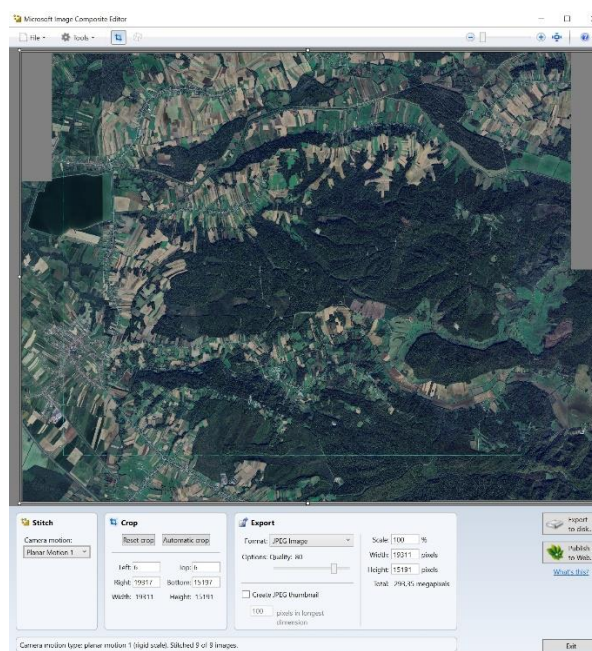
3.2. Izrada digitalnog ortofota iz satelitskih snimaka

Kako bi mogli usporediti situaciju na terenu nakon prouzročenih šteta od olujnog vjetra, za područje cijele GJ Jamaričko brdo preuzete su satelitske snimke sa Google Earth-a (slika 7).



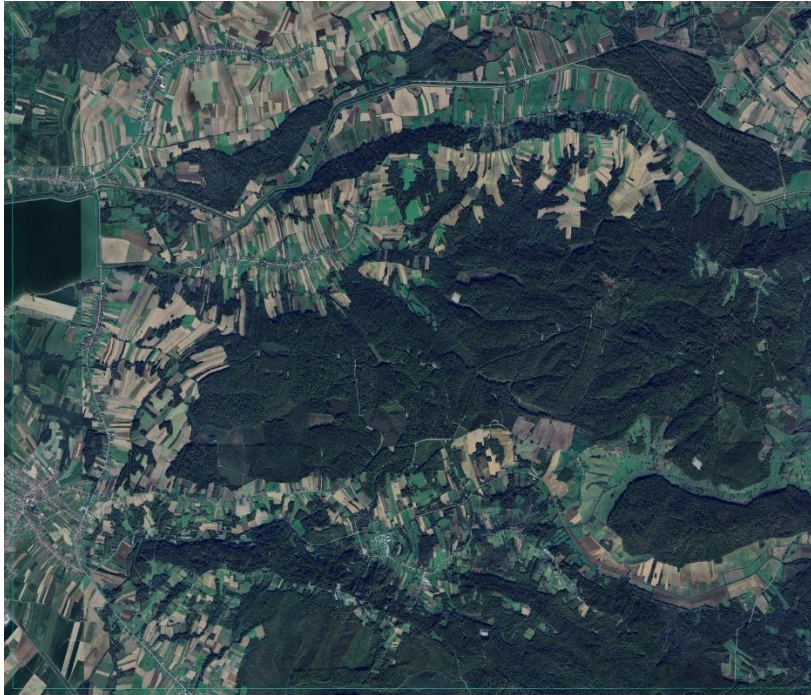
Slika 7. Postupak odabira i preuzimanja segmenata satelitske snimke područja GJ Jamaričko brdo.

Preuzeto je više snimki sa Google Earth koje su potom spojene u jedan fotomozaik pomoću besplatnog programa Microsoft image composit editor-a (Microsoft ICE) (slika 8).



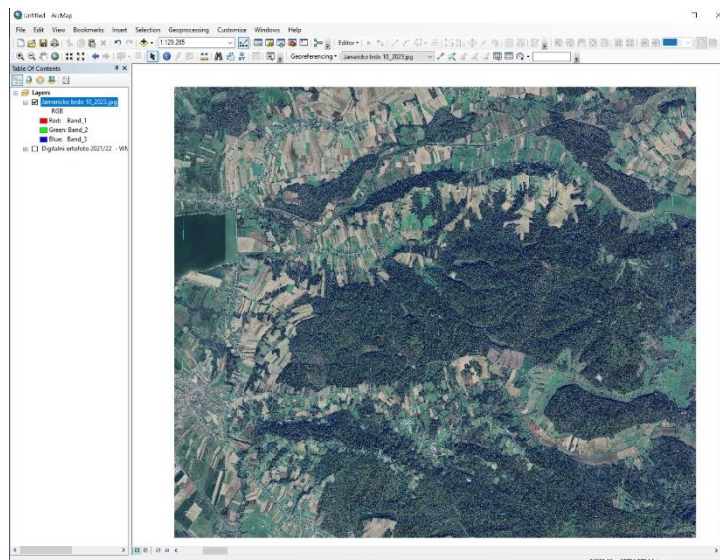
Slika 8. Spajanje fotografija u fotomozaik pomoću Microsoft ICE programa

Tako izrađeni fotomozaik pohranjen u *.jpg formatu kao rasterska slika (slika 9).



Slika 9. Fotomozaik dobiven postupkom spajanja niza fotografija u programu Microsoft ICE

Fotomozaik je u daljnjem postupku obrade učitani u ArcGIS program, točnije ArcMap (slika 10) u kojem je proveden postupak georeferenciranja kako bi se raster smjestio u službeni koordinatni sustav Hrvatske (HTRS96/TM) za postupke provođenja daljnjih obrada.



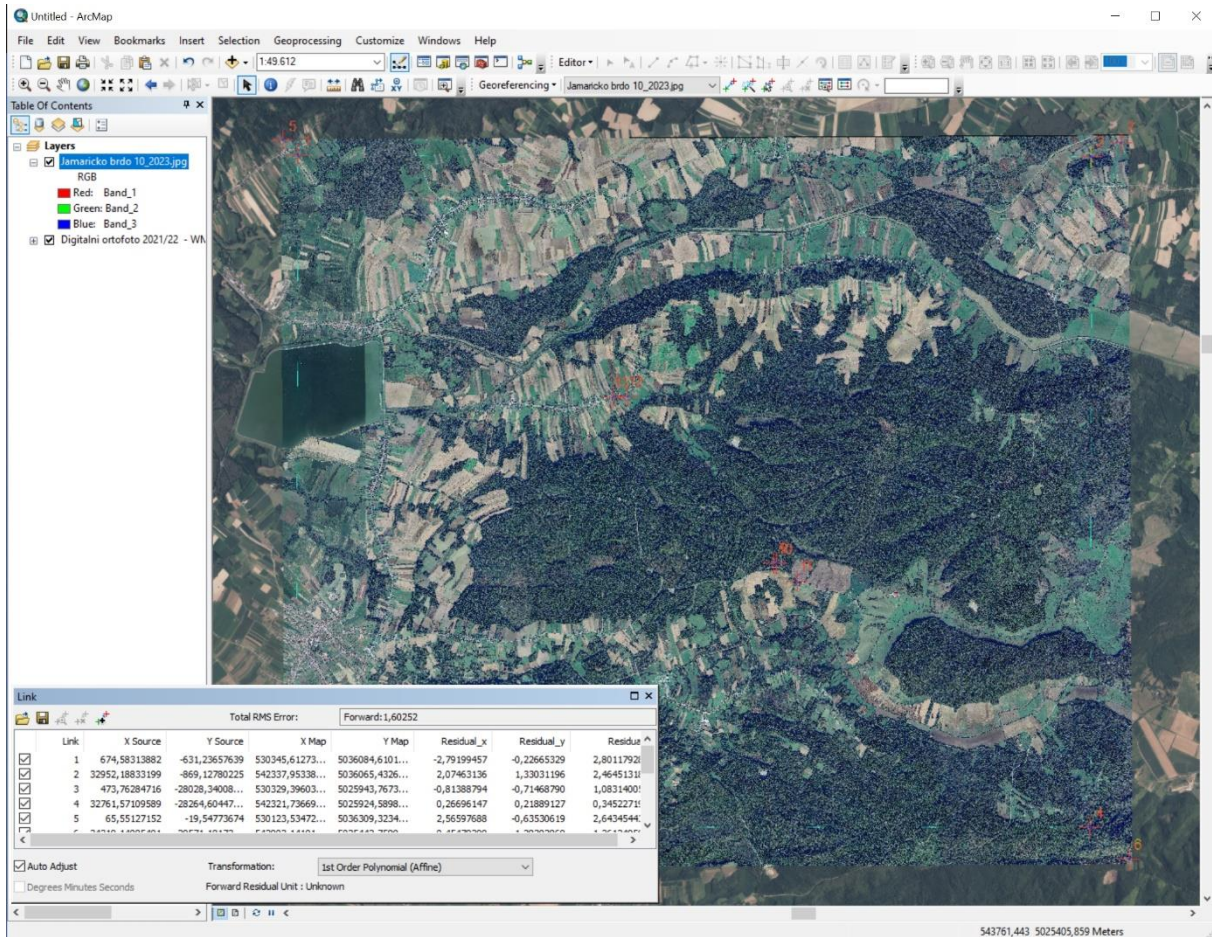
Slika 10. Učitani fotomozaik u program ArcMap

Raster učitani u program ArcMap prije postupka rektifikacije sadrži zapis o slikovnim koordinatama (slika 11), a ne stvarnim koordinatama iz HTRS96/TM sustava.

24951,13 - 18794,573 Meters

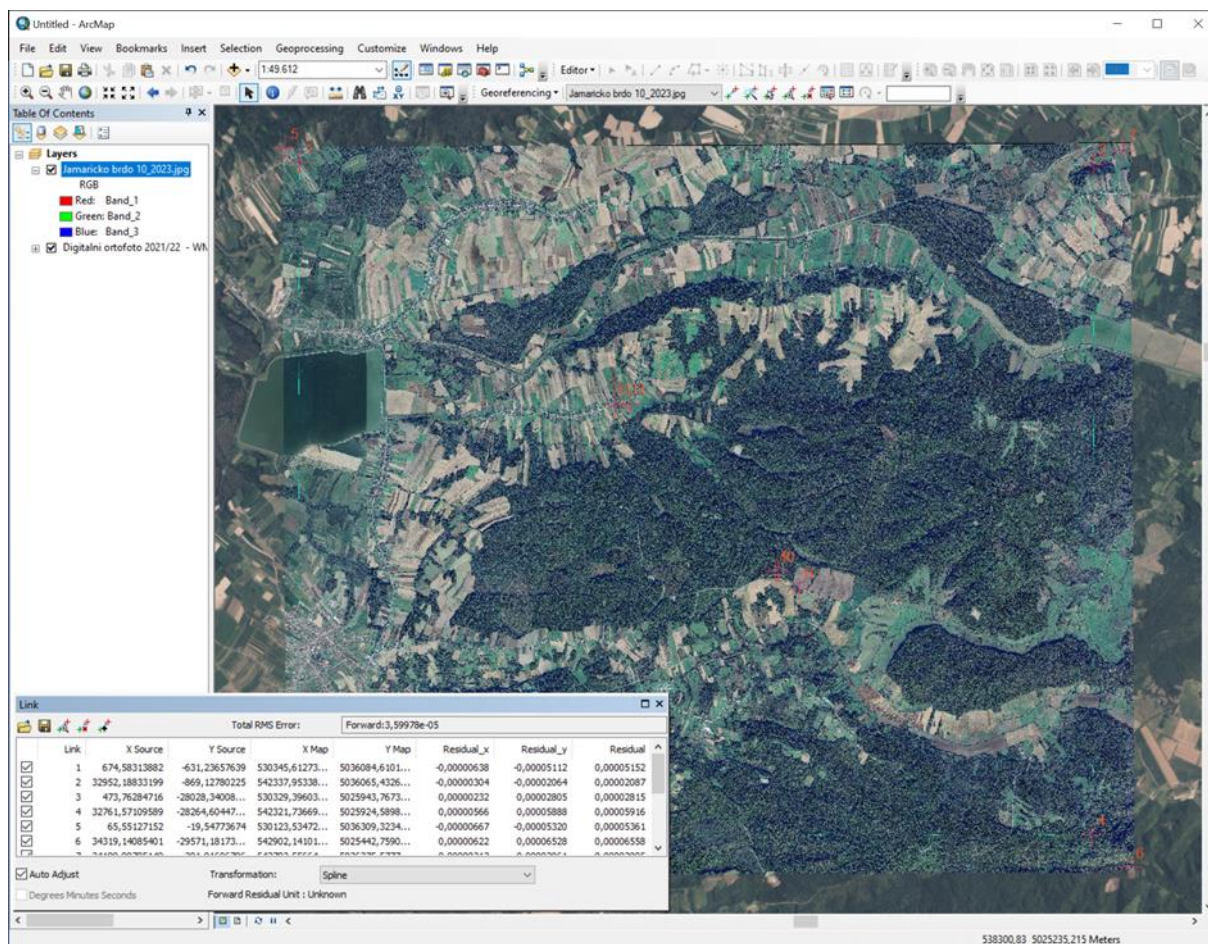
Slika 11. Koordinatni zapis učitane snimke prije provođenja postupka georektificiranja

Postupak georeferenciranja je obuhvaćao odabir karakterističnih točaka (te točke se nazivaju *ground control points* – GCP) u HTRS96/TM koordinatnom sustavu na fotomozaiku te njihovo uparivanje sa identičnim točkama na podlozi koja se već nalazi u navedenom koordinatnom sustavu (karta, DOF, i dr.) (Slika 12).



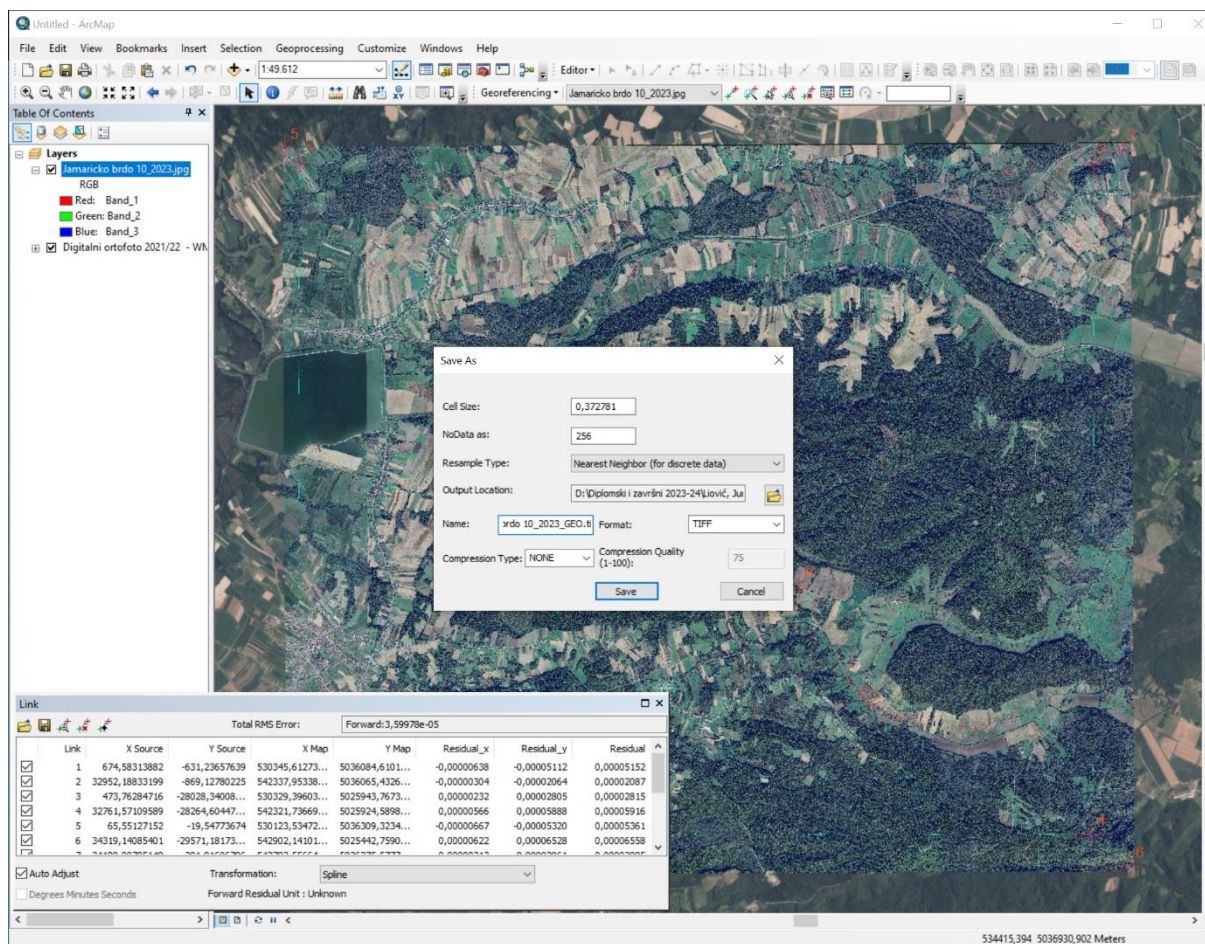
Slika 12. Odabir GCP na fotomozaiku i podlozi u programu ArcMap

Pri odabiru GCP program stvara tablicu u kojoj povezuje slikovne (piksele) i stvarne prostorne koordinate iz HTRS96/TM-a. Uloga te tablice je u kasnijem odabiru načina transformacije pomoću kojega će računalo obraditi raster i smjestiti ga u navedeni koordinatni sustav pri tome povezujući svaki piksel sa snimke uz stvarne koordinate (slika 12).



Sika 12. Odabir transformacije za postupak rektifikacije

Nakon odabira transformacije (matematičke funkcije) provodi se postupak rektifikacije satelitske snimke u HTRS96/TM koordinatni sustav pomoću opcije *Rectify* (slika 13) u programu ArcMap.



Slika 13. Postupak rektifikacije satelitske snimke pomoću opcije *Rectify*

Rezultat rektifikacije je satelitska snimka smještena u službeni koordinatni sustav Hrvatske (slika 14).

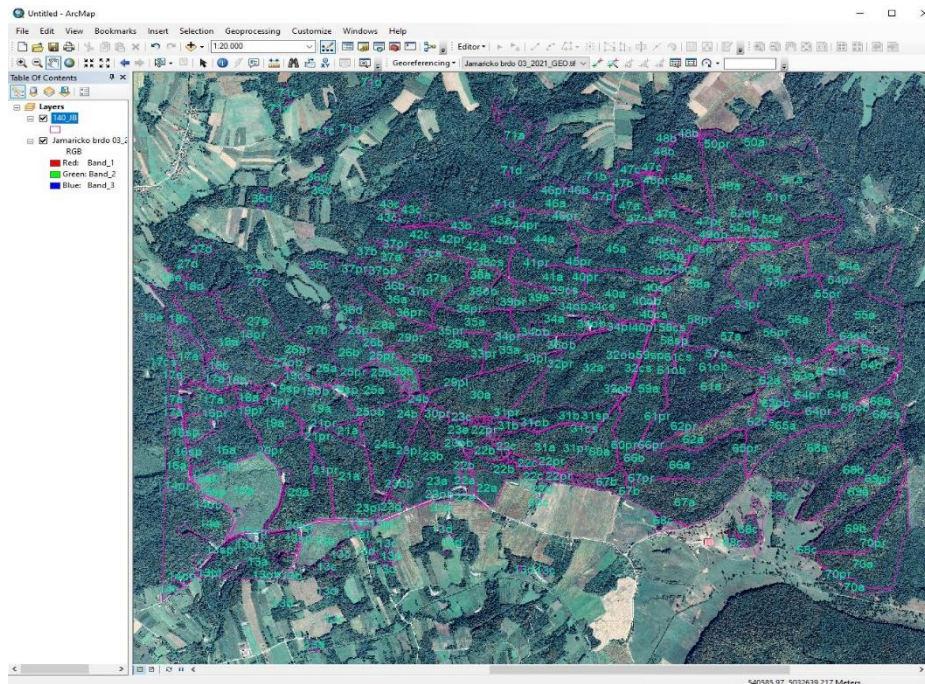
534415,394 5036930,902 Meters

Slika 14. Koordinatni zapis nakon provedenog postupka georeferenciranja i rektifikacije u HTRS96/TM koordinatni sustav

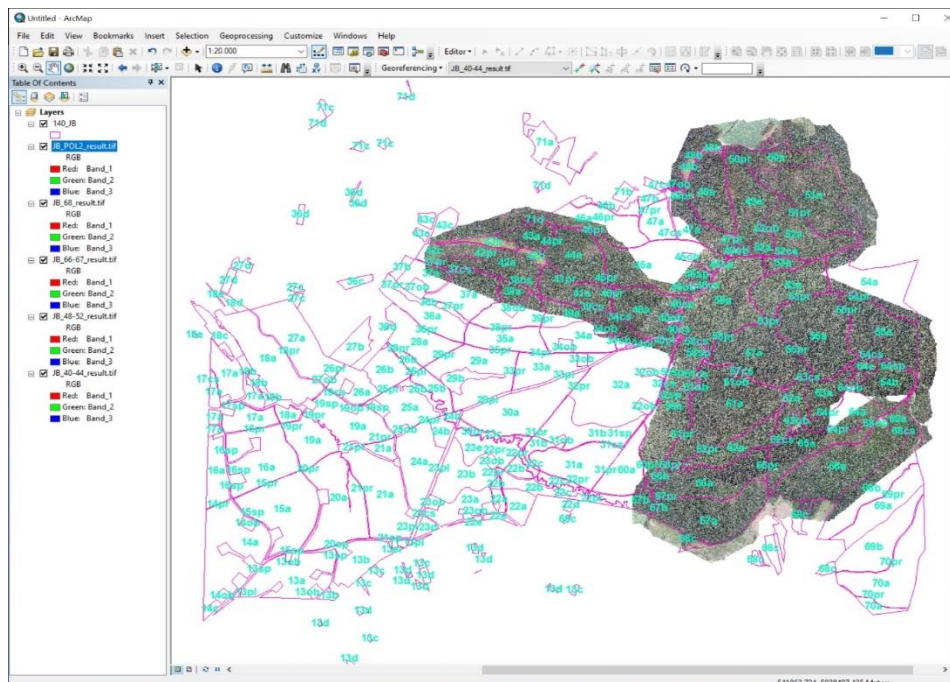
Tek nakon provedenog postupka georeferenciranja i rektifikacije satelitska snimka je spremna za daljnju uporabu jer se nalazi u istom koordinatnom sustavu kao i svi drugi podaci, pa ju možemo koristiti pri analizama i preklapanjima slojeva.

3.3. Obrada podataka

Nakon što su svi prikupljeni podaci obrađeni i smješteni u HTRS96/TM koordinatni sustav započela je njihova obrada. Prvo su preko DOF-a napravljenog od satelitske snimke (slika 15) i DOF-a iz snimanja bespilotnom letjelicom (Slika 16) prevučeni vektorski podaci sa gospodarskom podjelom, kako bi dobili uvid koji su odjeli i odsjeci uništeni i oštećeni, te kakvo je bilo njihovo stanje prije orkanskog nevremena.

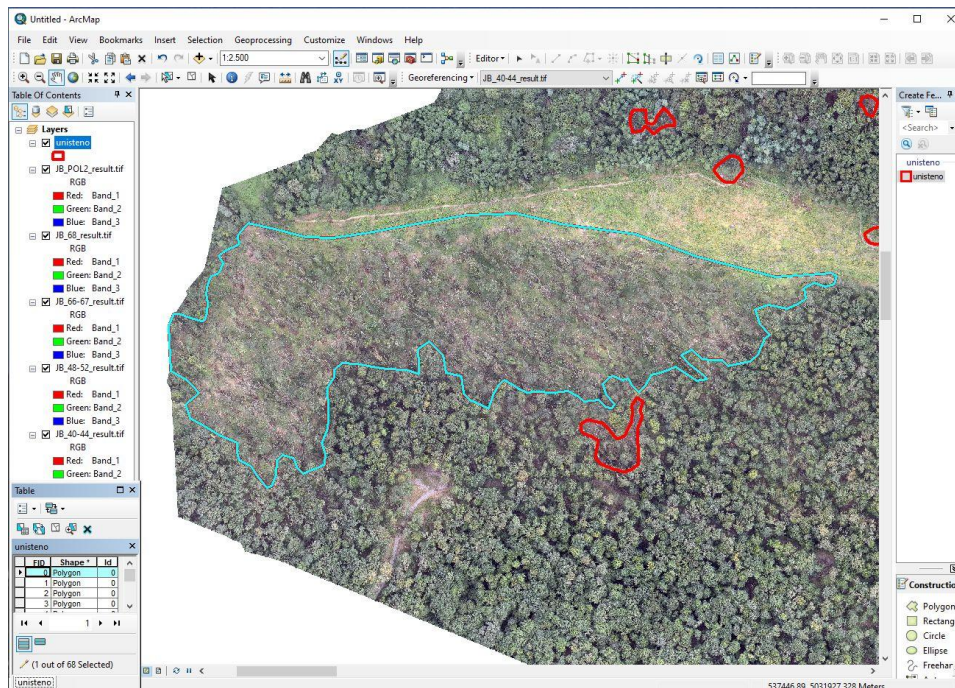


Slika 15. Stanje u GJ Jamaričko brdo prije olujnog nevremena



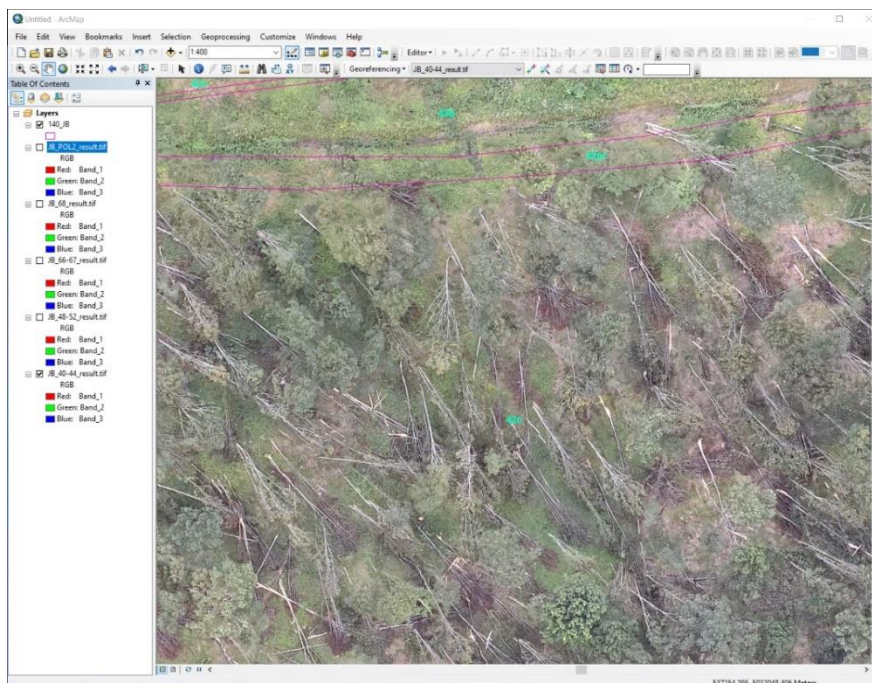
Slika 16. Stanje u GJ Jamaričko brdo nakon olujnog nevremena

Također je provedeno izdvajanje površina koje su stradale u olujnom nevremenu na DOF-ovima snimljenima bespilotnim letjelicama (slika 17).

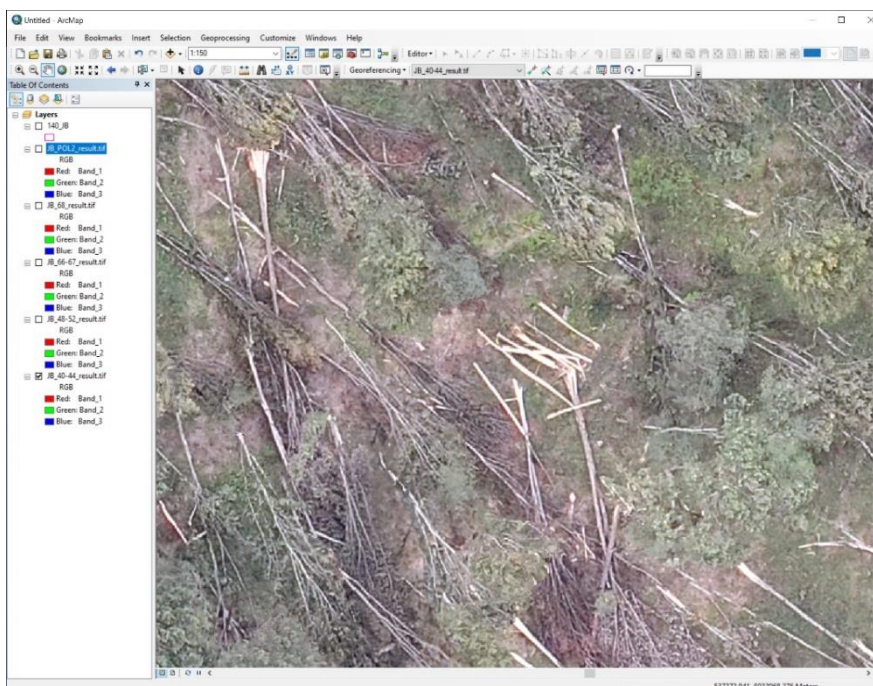


Slika 17. Izdvajanje površina stradalih u olujnom nevremenu

Osim što je na DOF-ovima snimljenim bespilotnom letjelicom moguće izdvajanje površina moguće je provjeriti koje vrste šteta su nastale, jesu li to bile vjetroizvale (slika 18) ili je došlo do loma stabala i uništavanja ekonomski najbitnijeg dijela stabla (slika 19).

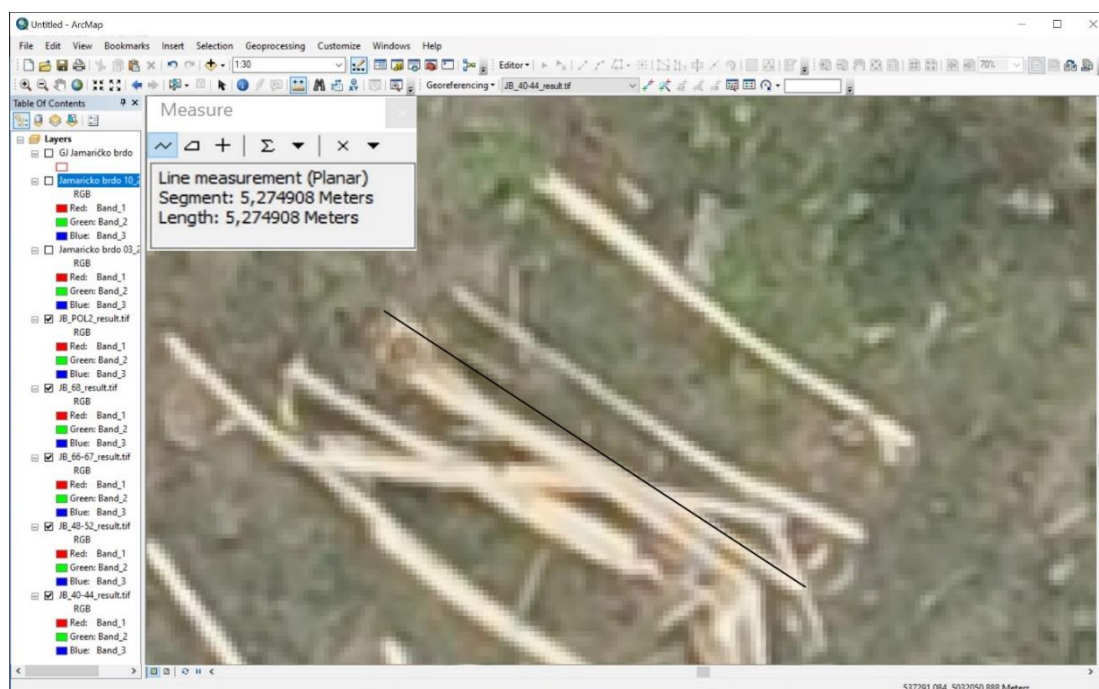


Slika 18. Primjer vjetroizvala



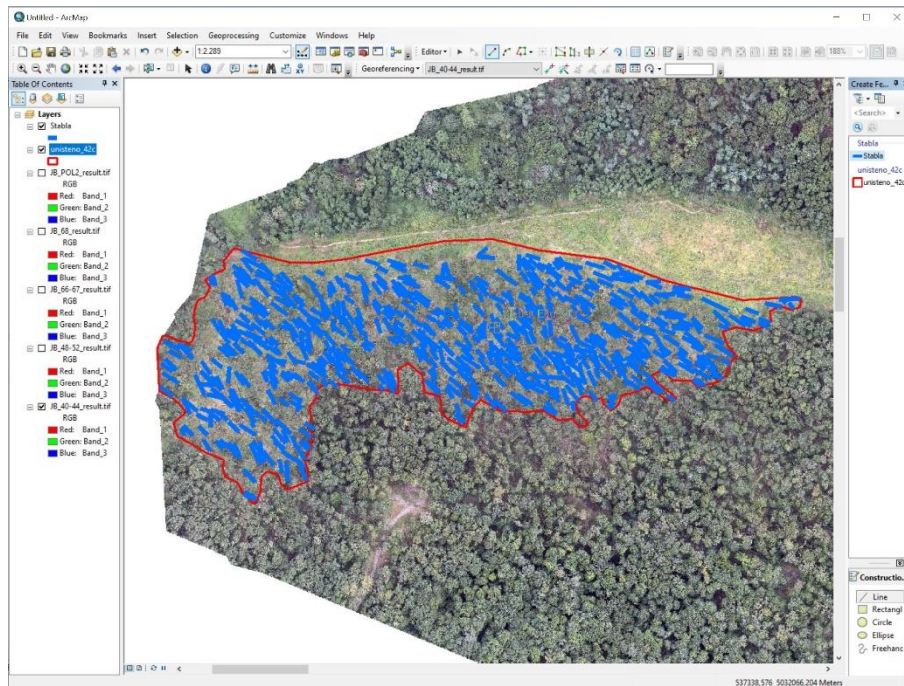
Slika 19. Primjer loma najvrijednijeg dijela stabla i uništenja donjeg dijela

Pomoću DOF-ova čak je moguće napraviti i izmjeru koliko je drvnog sortimenta uništeno (slika 20) i vidjeti koje su prometnice zakrčene izvaljenim i prelomljenim stablima.



Slika 20. Primjer izmjere izlomljenog i uništenog donjeg dijela stabla

Osim svega prethodno navedenoga ucrtani su položaji ležećih stabala (samo za uništeno područje u sklopu odjela 42) kako bi se utvrdio iz kojeg smjera je puhao orkanski vjetar (slika 21).



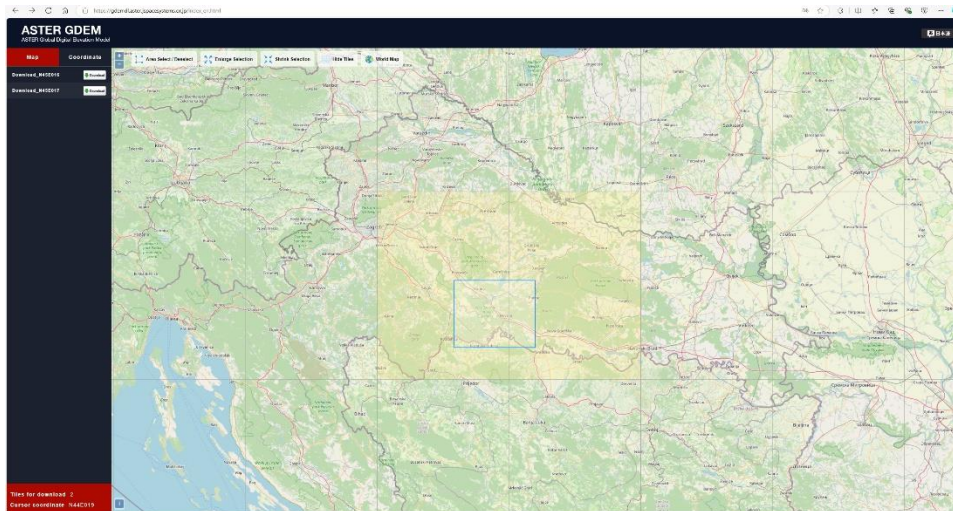
Slika 21. Postupak ucrtavanja smjera izvaljenih i uništenih stabala na DOF-u snimanjem bespilotnom letjelicom

Svi postupci koji su provedeni samo su dio onoga što je moguće raditi u analizama ukoliko se stvori kvalitetna baza podataka područja istraživanja.

3.4. Primjena digitalnog modela reljefa

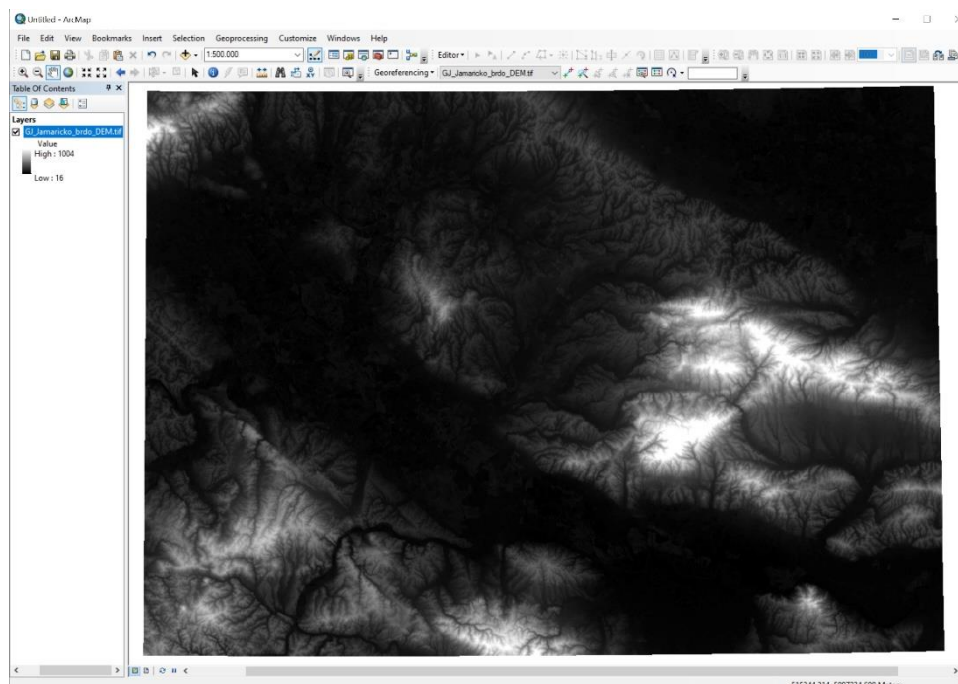
Osim provedenih izdvajanja u analizu je uveden i digitalni model terena (DMT) za područje istraživanja kako bi iz njega napravili slojeve ekspozicije i nagiba za provedbu daljnjih analiza šteta uzrokovanih olujnim nevremenom.

DMT je preuzet sa NASA stranica ASTER GDEM odabiranjem područja od interesa i preuzimanjem podataka za to područje (slika 22).

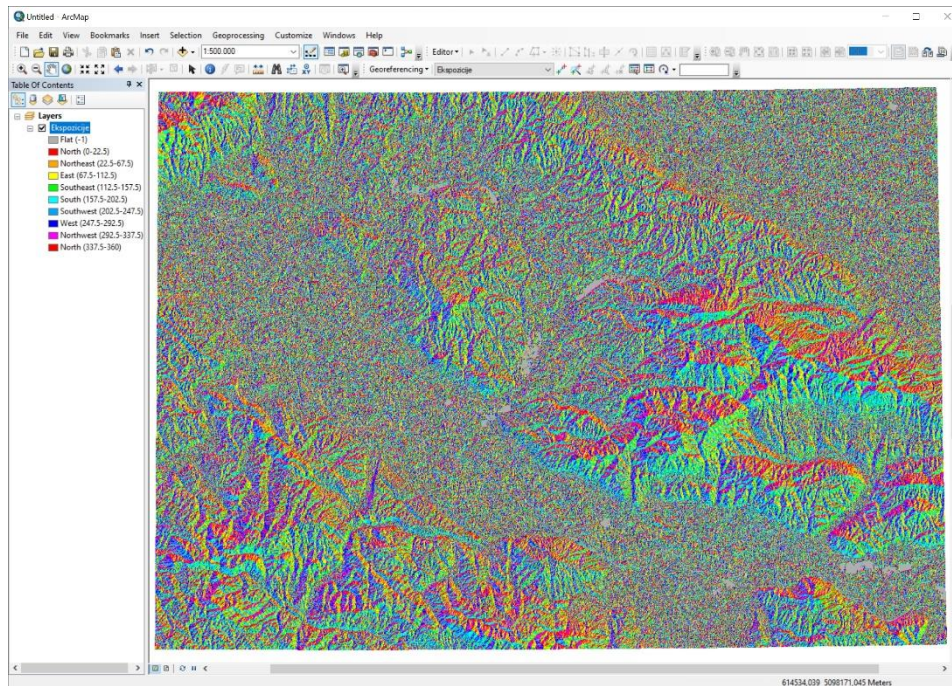


Slika 22. Stranica ASTER GDEM s koje su preuzeti podaci o digitalnom modelu terena istraživanog područja (izvor: https://gdemdl.aster.jspacesystems.or.jp/index_en.html)

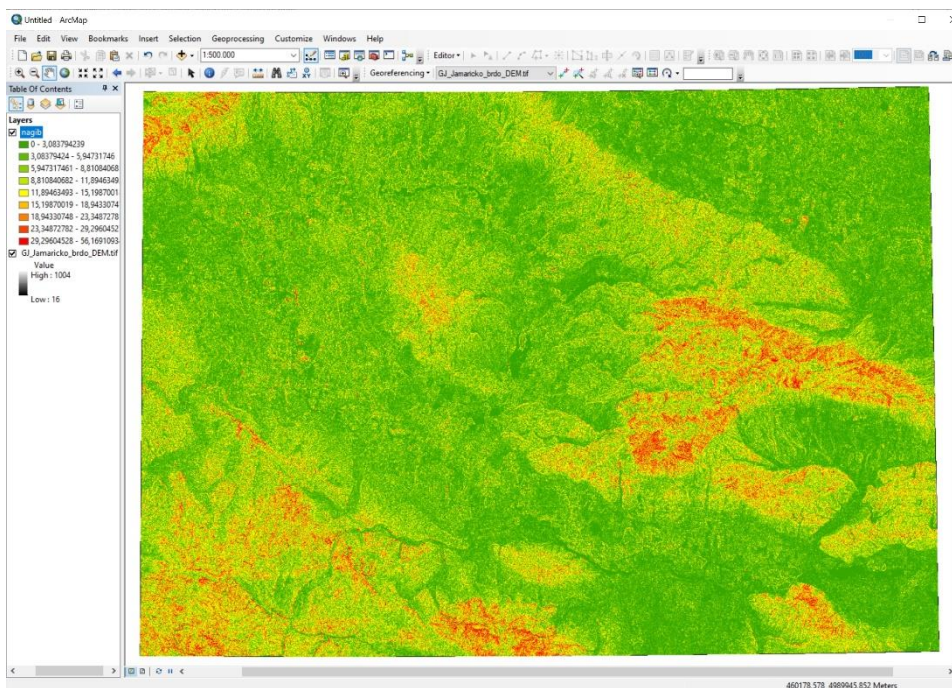
Nakon preuzimanja podaci se učitavaju u ArcMap, gdje se od rasterskog modela terena (GRID) (slika 23) izrađuju potrebni derivati, odnosno izrađene su ekspozicije (slika 24) i nagibi (slika 25) za GJ Jamaričko brdo.



Slika 23. ASTER DMT u ArcMap program

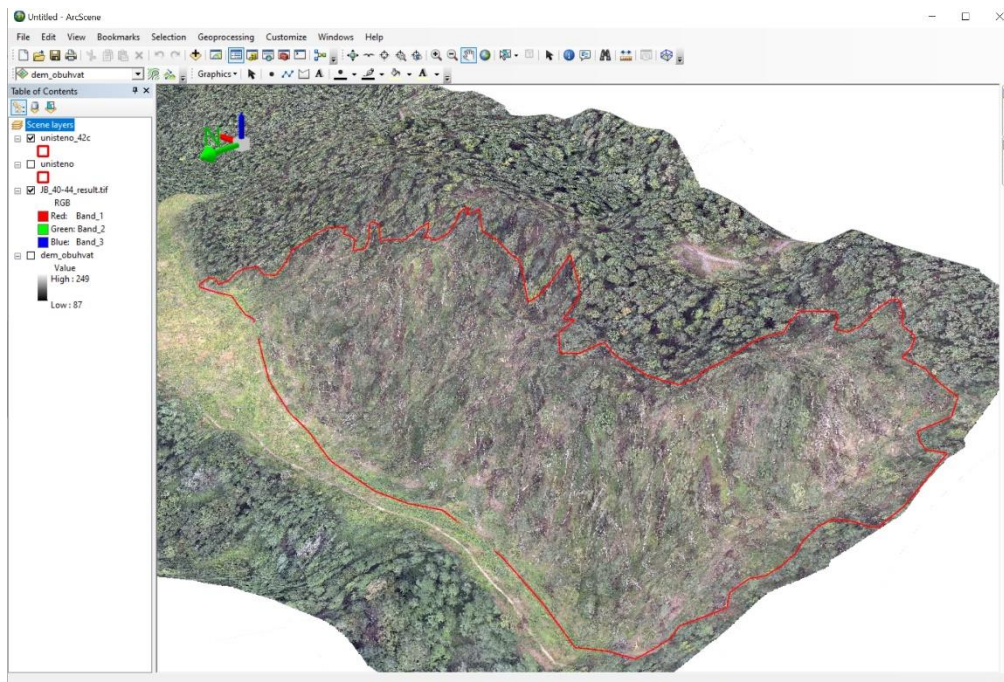


Slika 24. Izrada ekspozicija prema stranama svijeta iz ASTER DMT podataka



Slika 25. Izrada nagiba iz ASTER DMT podataka

Osim navedenog DMT je poslužio i za izradu trodimenzionalnog modela terena u programu ArcScene (slika 26).

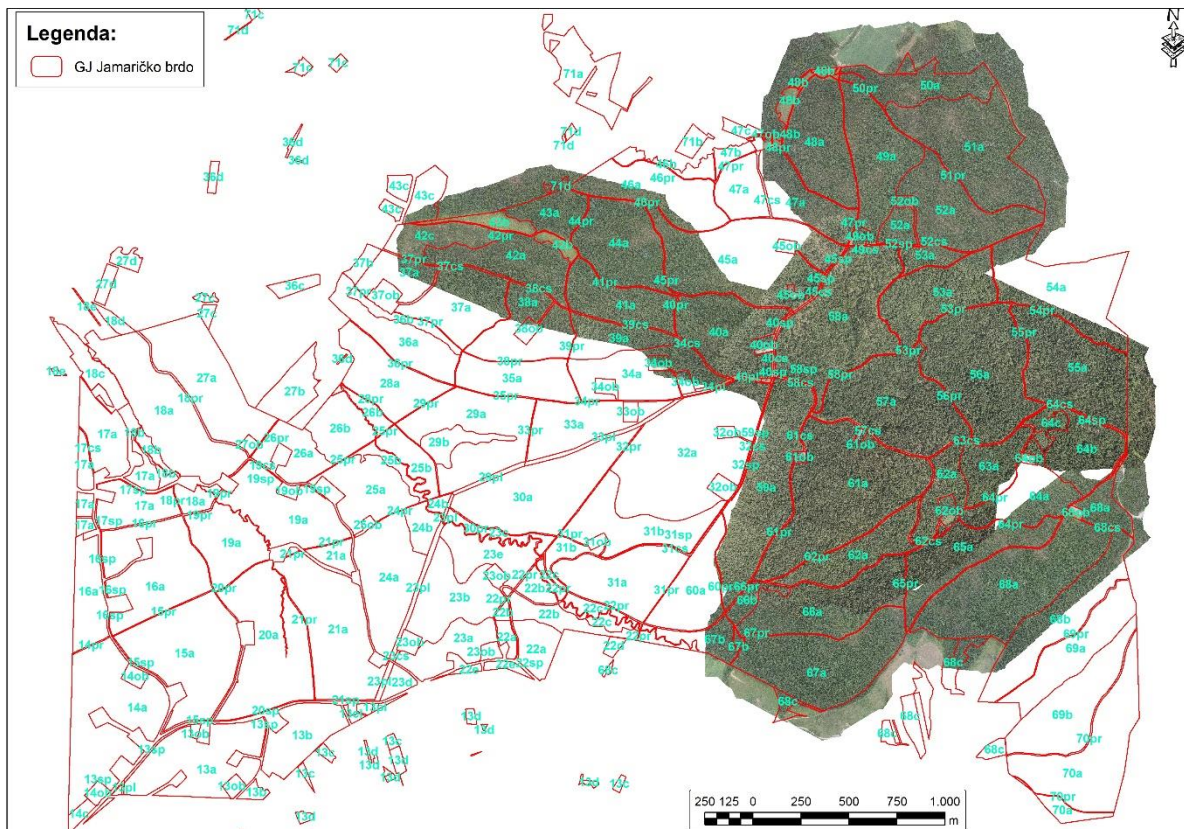


Slika 26. Sučelje ArcScene sa učitanim DOF-om i granicom delineiranih vjetroizvala u odjelu 42c

Kako bi lakše predočili o kojim dijelovima sastojina se radi, ArcScene program je u ovome slučaju poslužio samo za vizualizaciju plastičnosti terena jednog manjeg dijela područja istraživanja, odnosno da bi vizualno dočarao kako taj teren izgleda.

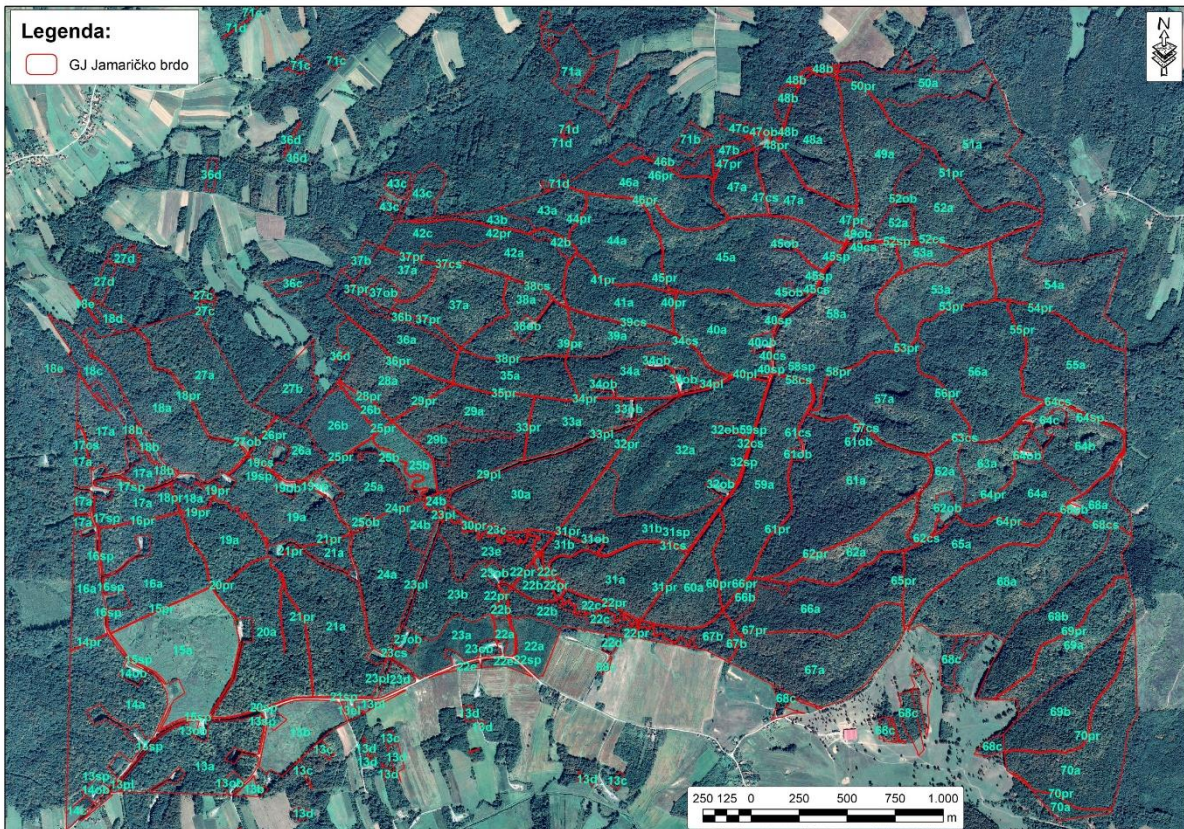
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Kao rezultat obrade snimaka prikupljenih bespilotnom letjelicom dobiven je digitalni ortofoto, nastao sastavljanjem pojedinačnih snimki u programu DJI Terra, a koji je potom uporabljen kao podloga na osnovu koje su izlučena područja GJ „Jamaričko brdo“ uništena djelovanjem orkansnog vjetera. Na žalost nije snimljena cijela površina GJ već samo dio koji je pretrpio najveću havariju i to u segmentima zbog ograničenja bespilotne letjelice (slika 27).



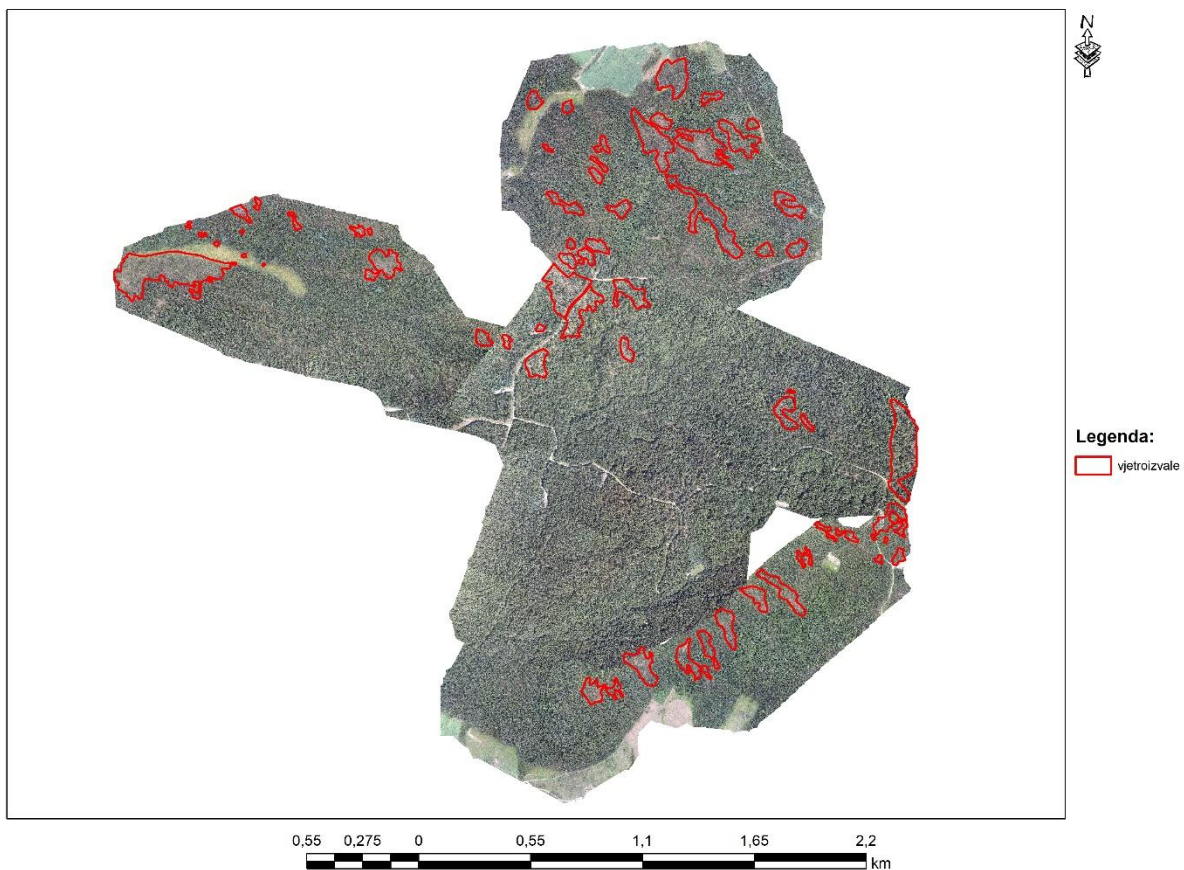
Slika 27. Digitalni ortofoto nastao snimanjem bespilotnom letjelicom sa preklopljenom gospodarskom podjelom u vektorskom obliku

Rezultat obrade satelitske snimke sa Google Earth-a omogućava nam uvid u situaciju prije prirodne havarije. Može nam poslužiti u svrhu obnove sastojina i proučavanju stanja na terenu koje je možda pogodovalo havariji (slika 28).



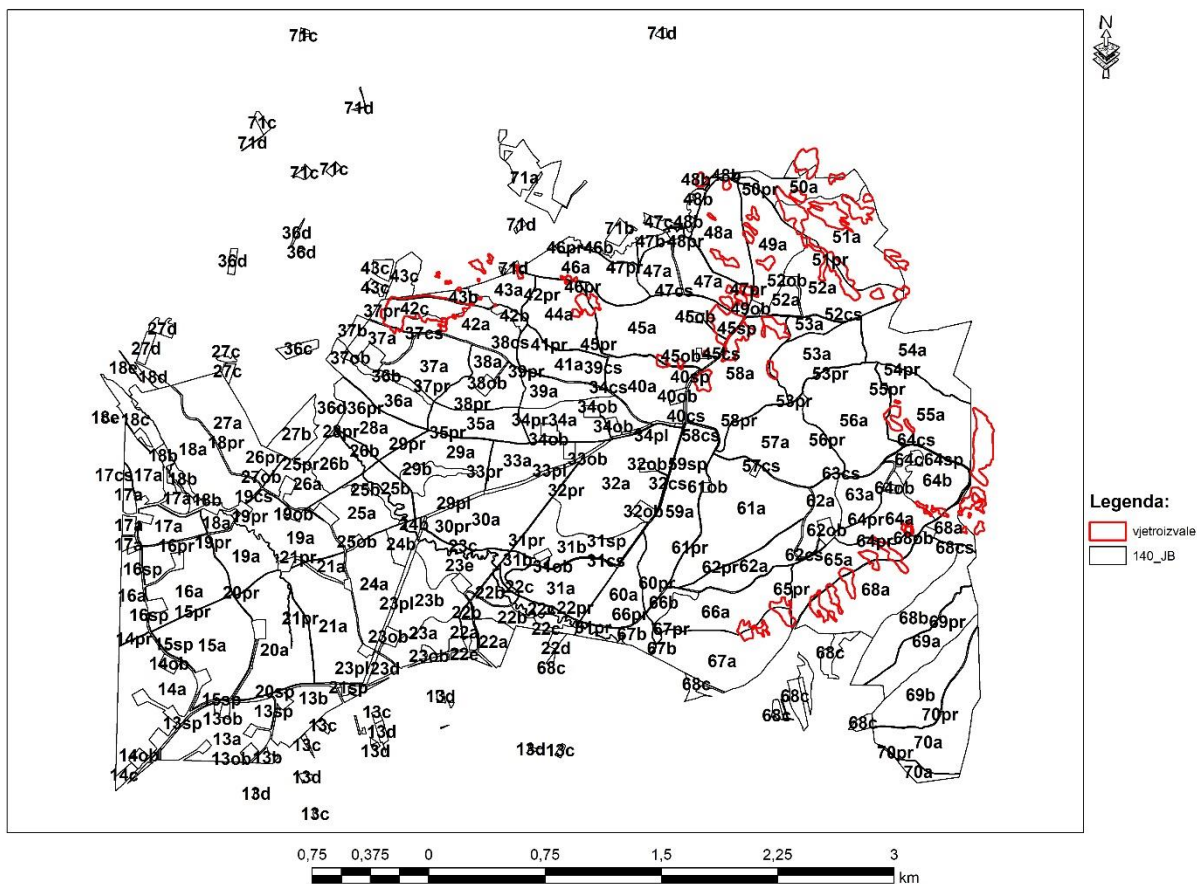
Slika 28. Rezultat obrade snimke sa Google Eartha sa preklopljenom gospodarskom podjelom

Kao rezultat izlučivanja uništenih dijelova GJ dobiven je kartografski prikaz sa izdvojenim područjima (slika 29).



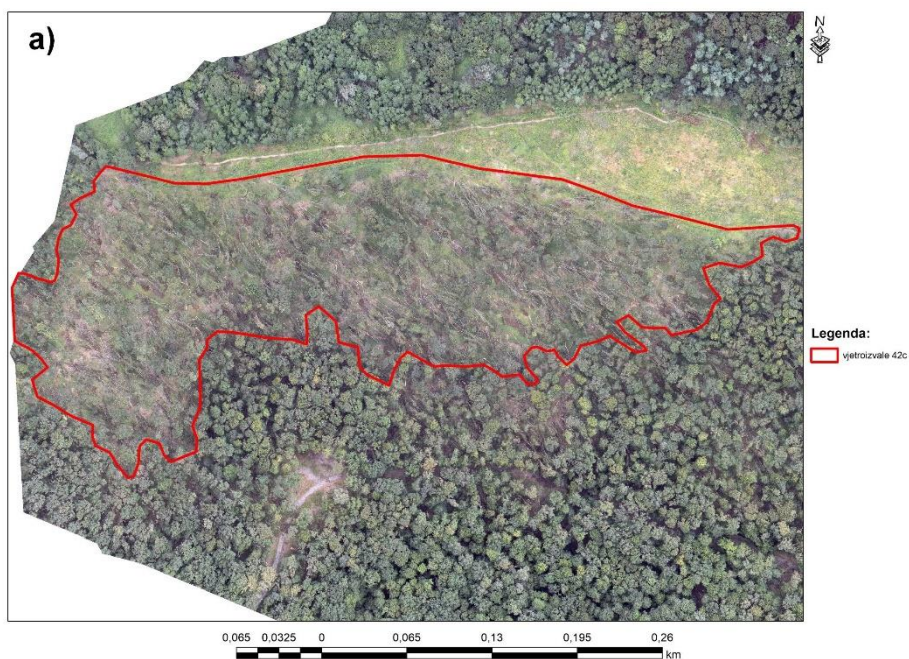
Slika 29. Rezultat izdvajanja oštećenih i uništenih površina usljed djelovanja orkanskog vjetra na području GJ Jamaričko brdo

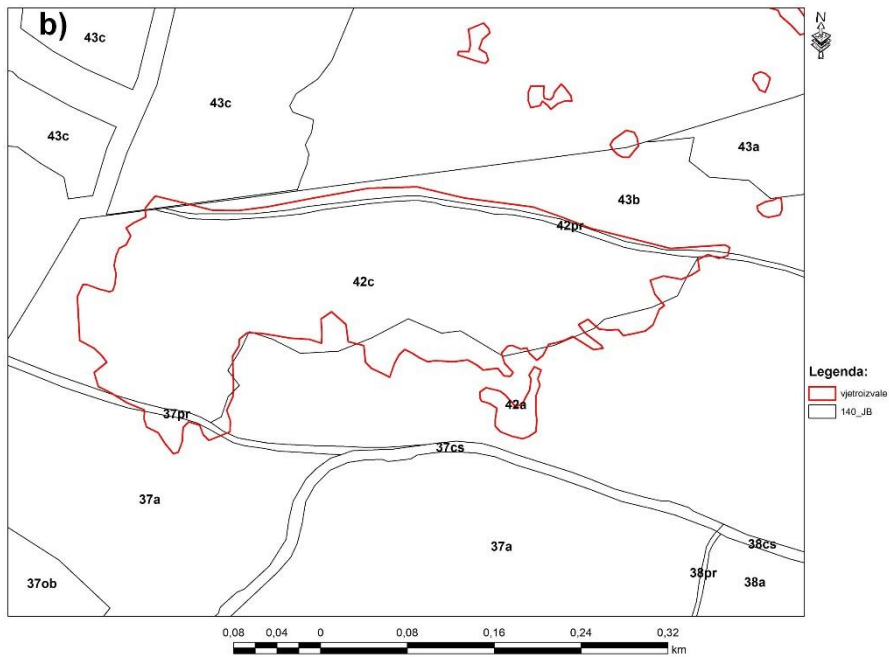
Ta izdvojena područja su preklopljena preko gospodarske podjele GJ Jamaričko brdo, te smo na taj način odmah dobili uvid u stanje po odjelima i odsjecima, kao i o površinama koje su uništene i oštećene (slika 30).



Slika 30. Kartografski prikaz preklapljenih oštećenih i uništenih površina sa gospodarskom podjelom GJ Jamaričko brdo

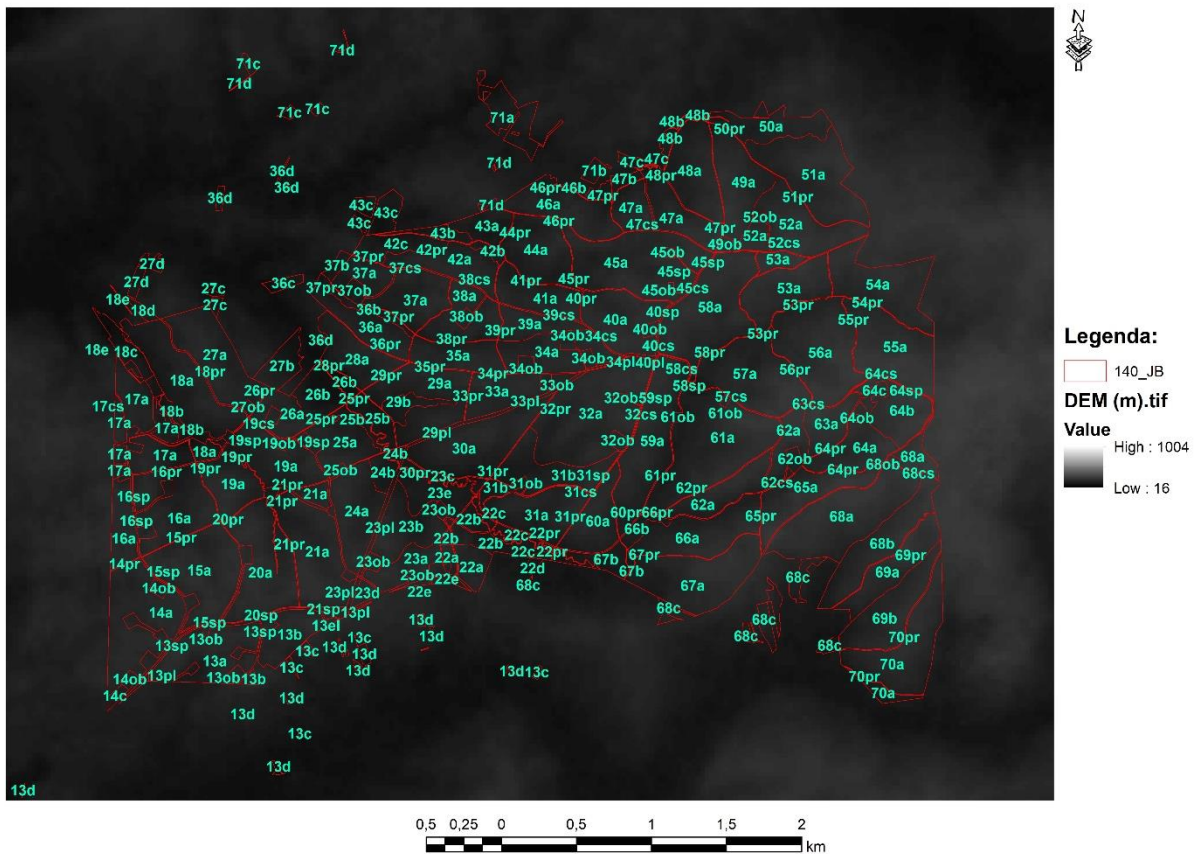
Pošto nije snimljena cijela gospodarska jedinica, pažnju smo usmjerili prema dijelu koji je pretrpio najveće štete, odjel 42 (slika 31 a) i b)).



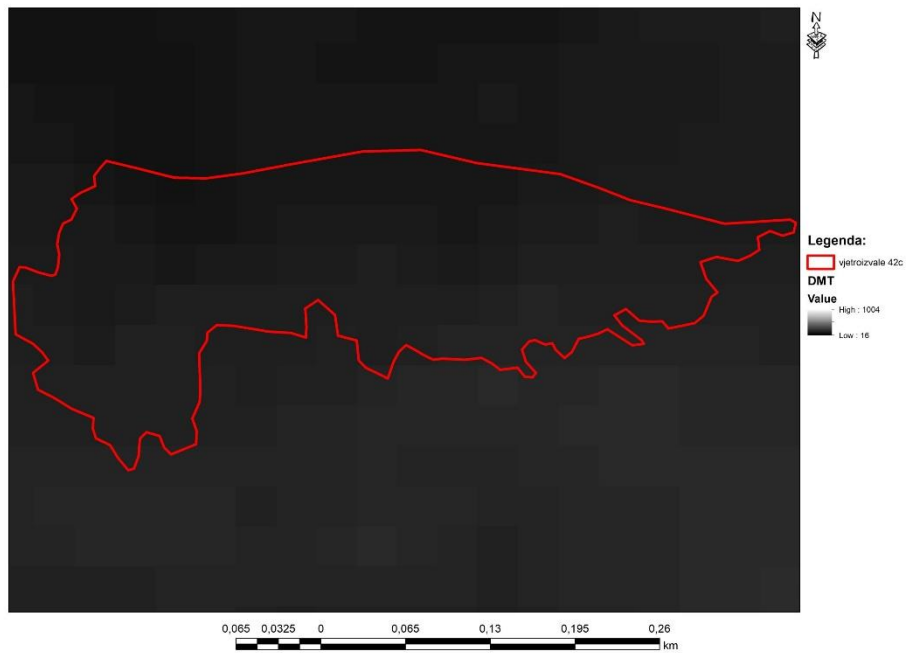


Slika 31. Odjel 42, GJ Jamaričko brdo: a) Izlučena površina na DOF i b) izlučena površina na gospodarskoj podjeli

Kako bi dobili uvid s koje strane su udari vjetra bili najveći u cijelu priču je uveden i digitalni model terena (DMT) preuzet sa stranica ASTER GDEM za područje istraživanja (slika 32) no i dalje ćemo se zadržati samo na izdvojenom 42 odjelu (slika 33).

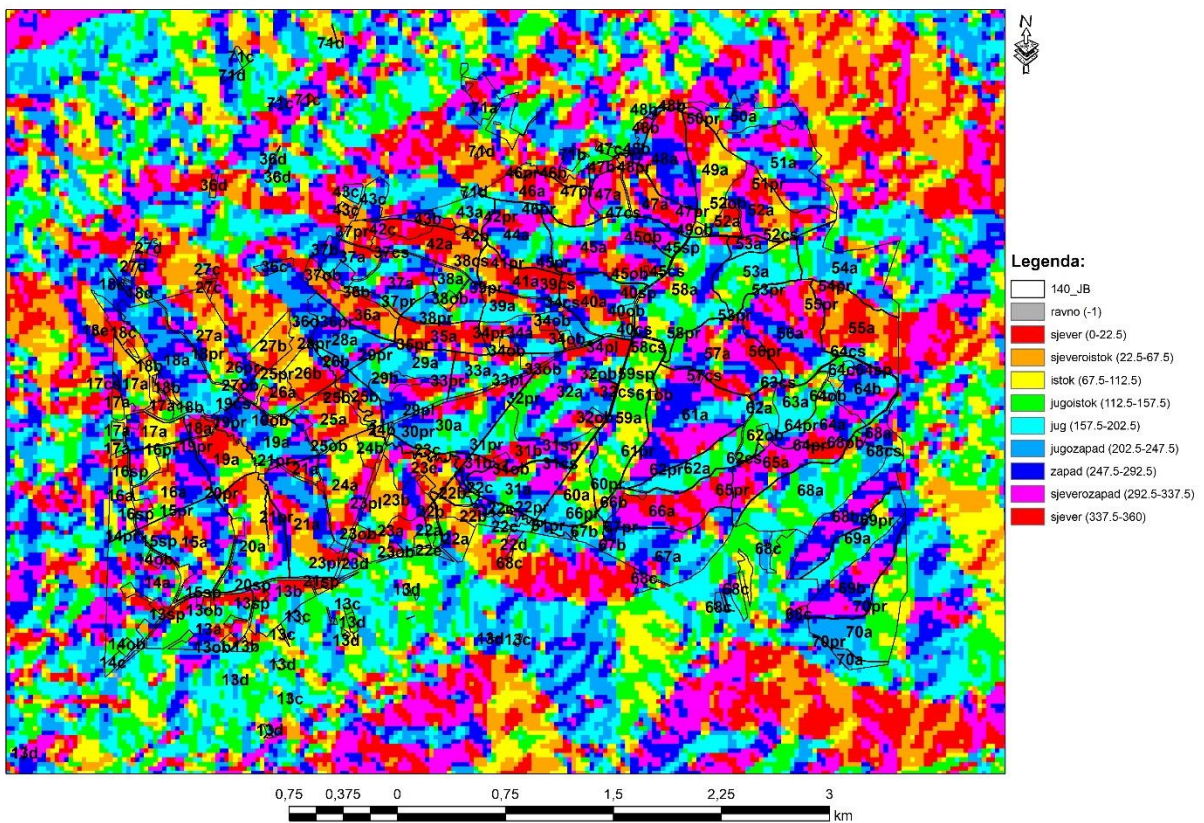


Slika 32. Izdvojeni DMT za GJ Jamaričko brdo

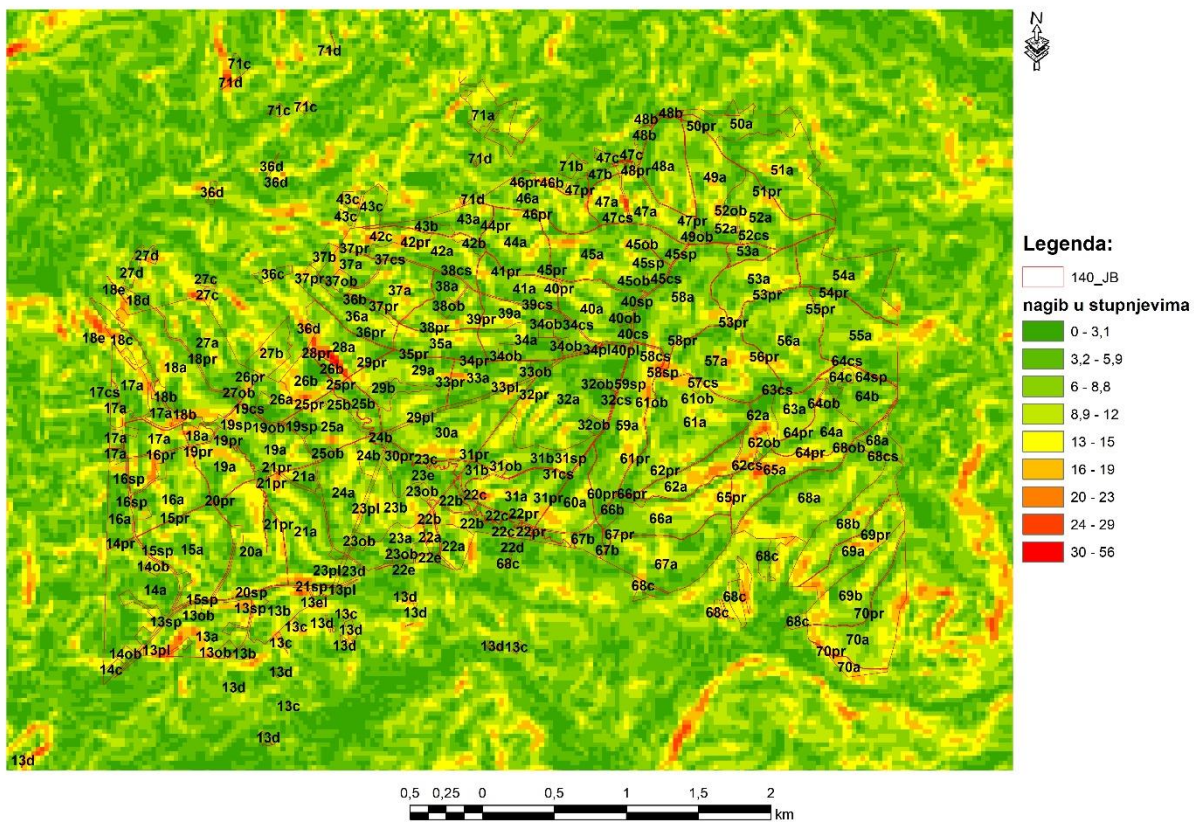


Slika 33. Izdvojeni DMT za izlučenu oštećenu površinu unutar 42 odjela

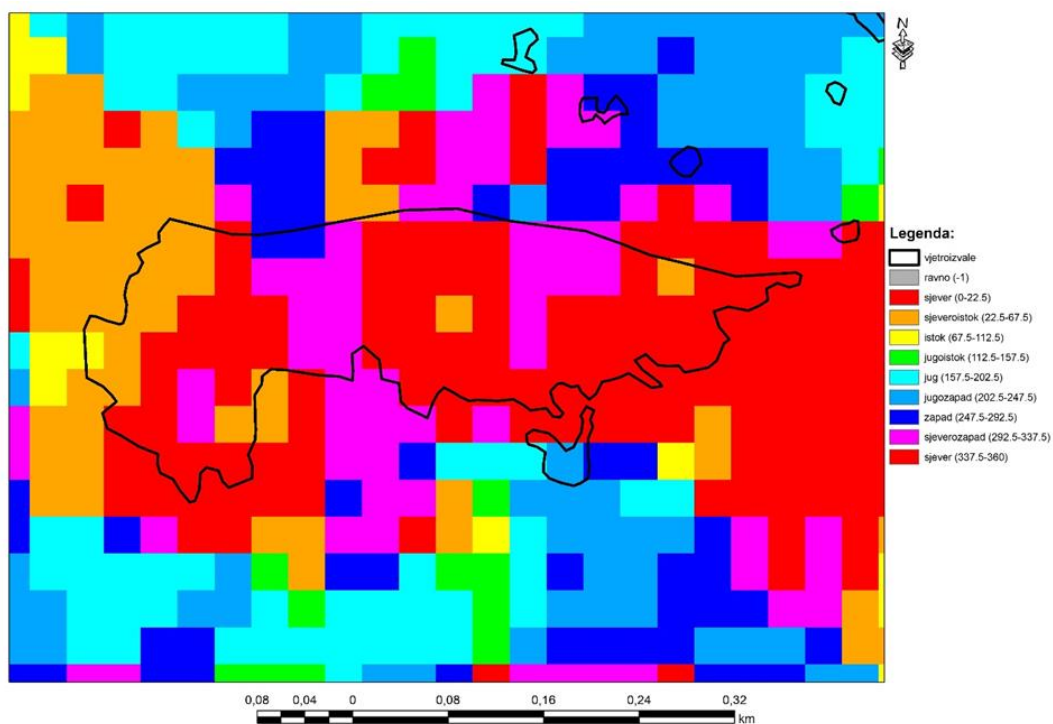
Iz izdvojenog DMT napravljeni su njegovi derivati: ekspozicije i nagibi za cijelu GJ Jamaričko brdo (slika 34 i 35) i zasebno za odjel 42 sa izlučenim uništenim područjem (slike 36 i 37).



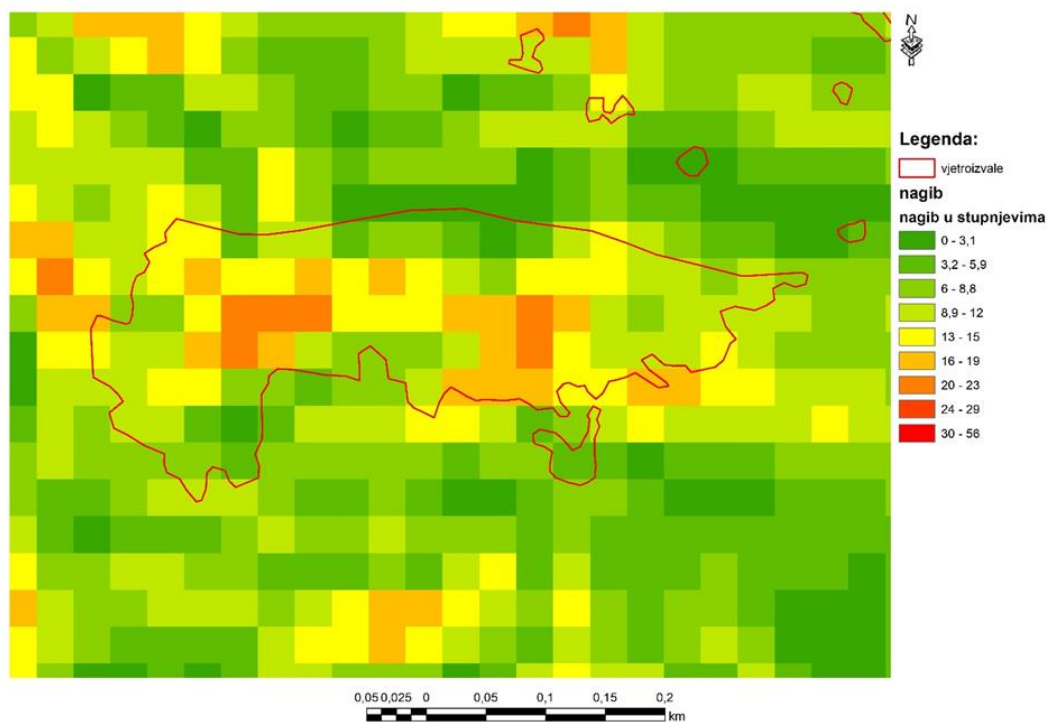
Slika 34. Ekspozicije za GJ Jamaričko brdo



Slika 35. Nagibi za GJ Jamaričko brdo

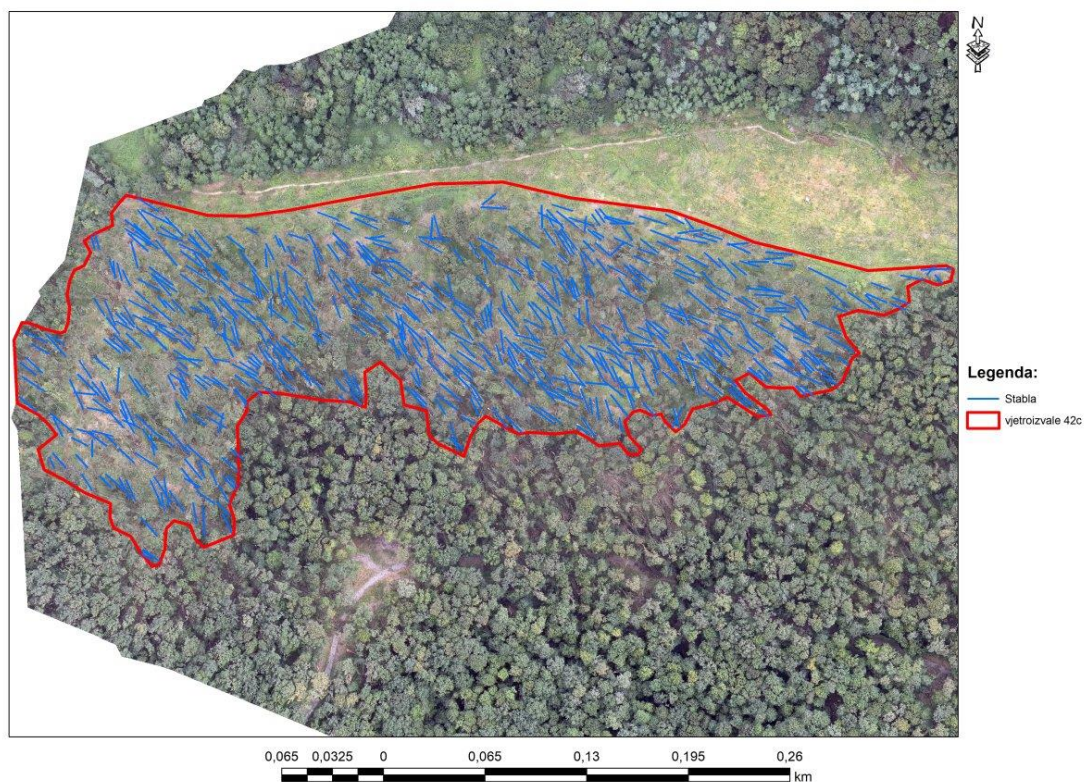


Slika 36. Ekspozicije za odjel 42 sa izlučenim uništenim područjem

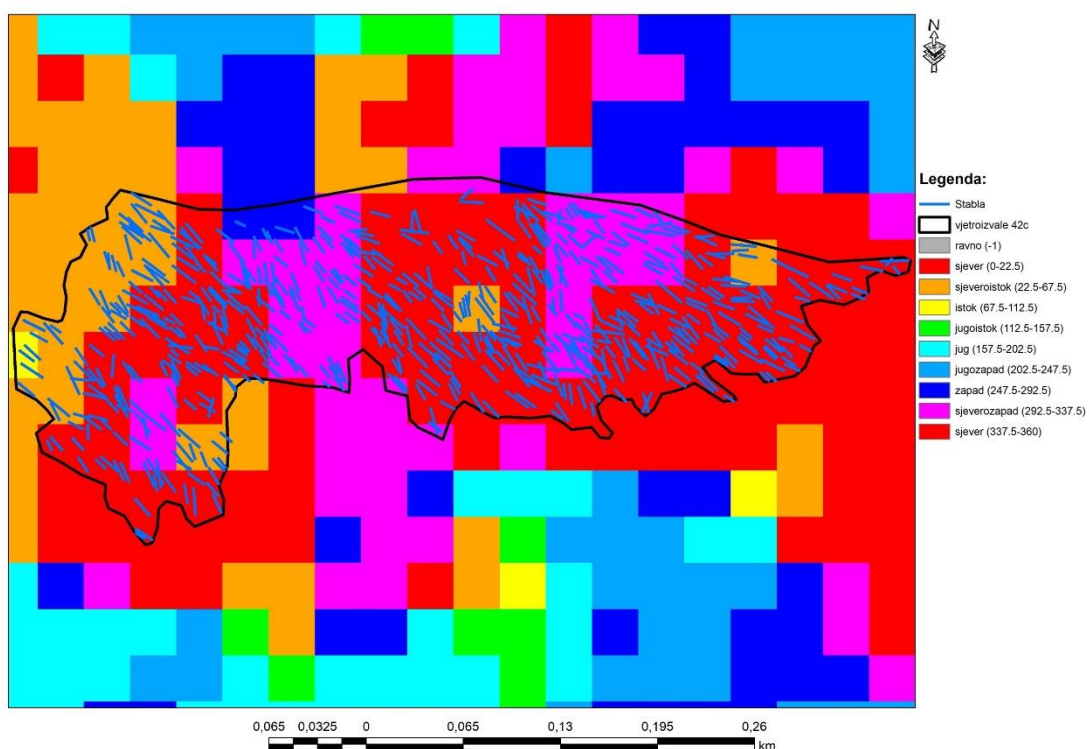


Slika 37. Nagibi u odjelu 42 sa izlučenim uništenim područjem

Gledajući ekspozicije na području cijele GJ Jamaričko brdo vidimo da su zastupljene sve strane svijeta, no kada pažnju usmjerimo na uništena područja u orkanskom nevremenu možemo zaključiti da su u pitanju sjeverne ekspozicije, no ukoliko uključimo i smjer u kojem su stabla obarana možemo točno zaključiti iz kojeg smjera su došli orkanski udari vjetra (slika 38 i 39).

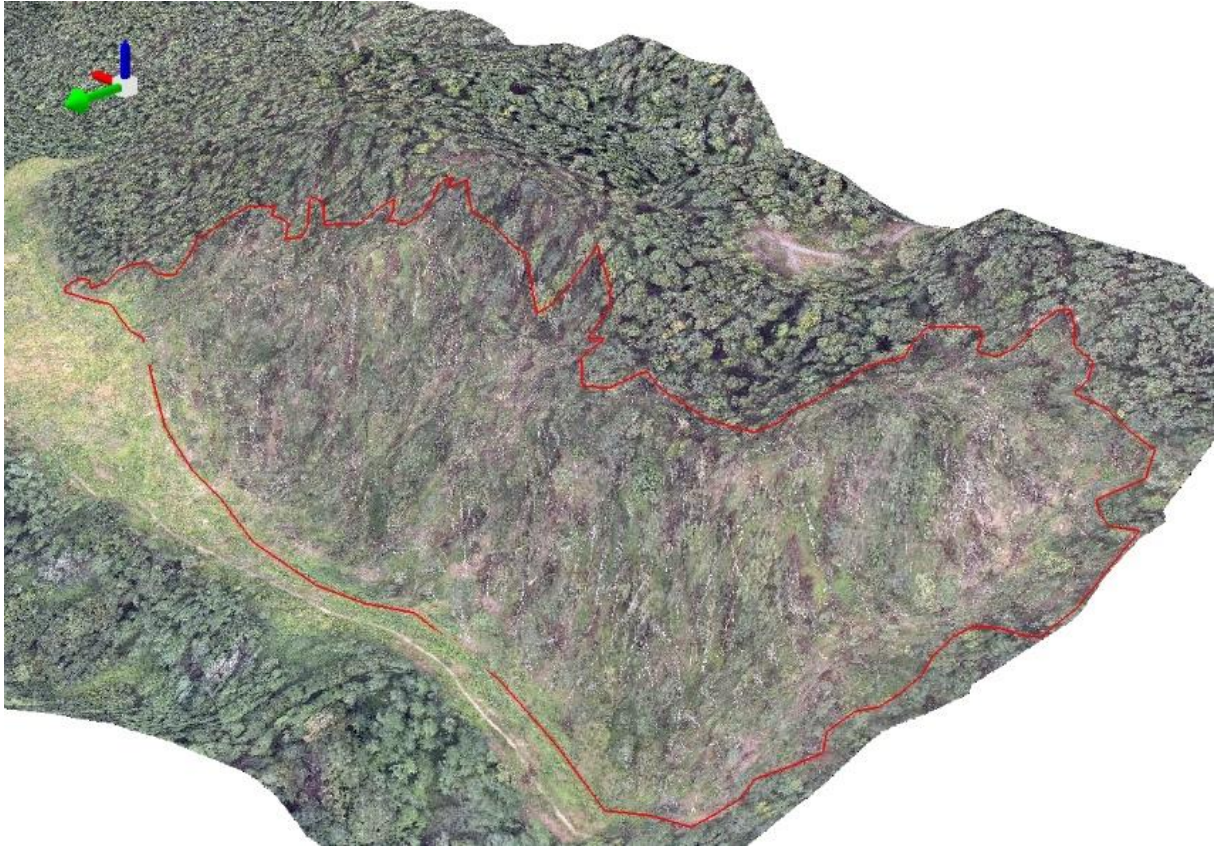


Slika 38. Rezultat izdvajanja smjera izvaljenih stabala na DOF-u



Slika 39. Rezultat analize preklapanja smjera izvaljenih stabala i ekspozicija

Ukoliko rezultate želimo približiti promatraču uključit ćemo i treću dimenziju. Cijeli postupak prikaza u tri dimenzije obavljamo u ArcScene modulu programa ArcGIS, a kao rezultat dobivamo trodimenzionalne prikaze uništenog i područja. U ovome slučaju zadržat ćemo se samo na odjelu 42 GJ Jamaričko brdo (slika 40).



Slika 40. 3D prikaz izlučenog uništenog područja u sklopu odjela 42.

5. ZAKLJUČAK

- Na temelju snimanja bespilotnom letjelicom izrađen je digitalni ortofoto visoke prostorne razlučivosti koji omogućuje uvid u stanje neposredno nakon prirodne katastrofe uzrokovane orkanskim vjetrovima.
- Izrađeni digitalni ortofoto iz snimanja bespilotnom letjelicom omogućava detaljni uvid u malo, ali ciljano područje, te ga je po potrebi moguće ponoviti.
- Digitalni ortofoto dobiven snimanjem bespilotnim letjelicama zbog velike prostorne rezolucije omogućava izdvajanje pojedinačnih stabala i njihovog smjera pada nakon vjetroizvala, te nam na taj način otkriva smjer udara orkanskog vjetra, što opet može pomoći kod planiranja sanacija i budućeg gospodarenja.
- Visoka razlučivost digitalnog ortofota snimljenog bespilotnom letjelicom omogućava lako uočavanje detalja i izmjeru uništenih dijelova stabala.
- Kombinacijom prethodnih snimki (satelitskih, aero ili sa bespilotnih letjelica) analiziranog područja i snimki dobivenih snimanjem nakon razornih prirodnih katastrofa može se dobiti uvid u stanje sastojina i uspjeh sanacije.

6. LITERATURA

1. Dubravac, T., Barčić D., Ančić, M., 2023.: Utjecaj i posljedice meteoroloških ekstrema za šumski ekosustav hrasta lužnjaka (*Quercus robur L.*), Hrvatski šumarski institut, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, 21str..
2. Anić, I., 2020.: Uzgajanje šuma I. Skripta, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, 162.
3. Anon., 2014.: Pravilnik o zaštiti šuma od požara. Narodne novine, 33 str.
4. Anon. 2022.: Osnova gospodarenja gospodarskom jedinicom „Jamaričko brdo“, Odjel za uređivanje šuma, Uprava šuma podružnica Zagreb, Hrvatske šume d.o.o. Zagreb. Razdoblje važenja 01.01.2022.-31.12.2031.
5. Anon., 2014.: Priručnik za georeferenciranje, Zagreb, 54 str.
6. Austin, R., 2010: Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & sons Ltd., Southern Gate, Chichester, United Kingdom. 332 str.
7. Bajić, M., Ciceli, T., Krtalić, A., 2004.: Primjena daljinskih istraživanja, fotogrametrije i GIS-a u razminiravanju teritorija RH, Ekscentar (6), 54-57.
8. Balenović I., Deur M., Gašparović M., 2021.: Pregled satelitskih misija i metoda klasifikacije šumskog pokrova primjenom satelitskih snimaka visoke rezolucije, Geodetski list, 75 (98), 143-168.
9. Balenović I., Benko M., Marjanović H., 2010.: Primjena aerosnimaka u uređivanju šuma u Hrvatskoj, Šumarski list, 134 (11-12), 623-630.
10. Balenović I., Benko M., 2011.: Prošlost, sadašnjost i budućnost primjene metoda daljinskih istraživanja pri inventuri šuma u Hrvatskoj, Šumarski list 135 (13), 272-281.
11. Ciceli T., Prosen A., 2003.: Fotogrametrija, daljinska istraživanja i GIS kao nove tehnologije u prostornom planiranju i urbanizmu, Geodetski list 57 (80), 195-205.
12. Civile D., Favretto A., Geletti R., 2013.: Daljinska istraživanja kao preliminarna metoda za otkrivanje aktivnih tektonskih struktura: primjer albanskog orogena, Geoadria 18 (2), 97-111.
13. DHMZ, 2023: O olujnom vremenu nad kontinentalnom Hrvatskom 19. srpnja 2023. https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn¶m=objave&el=priopcenja&daj=pr20072023
14. Grubešić M., Nosek H., Pernar R., Tomljanović K., 2018.: Mogućnosti primjene lakih bespilotnih letjelica u prebrojavanju krupne divljači, Šumarski list, 142 (11-12), 621-626.
15. Gržin M., Marić A., 2018.: Pravna regulacija bespilotnih letjelica i mjere sprječavanja zloporabe u Republici Hrvatskoj s policijskog aspekta, Policija i sigurnost 27 (1), 146-165.
16. Hajak T., 2007.: Seminar iz predmeta „Sustavi za praćenje i vođenje procesa“, Zagreb, 10 str.
17. Hrvatski savez udruga privatnih Hrvatskih šumovlasnika, Šume u RH, <https://www.hsups.hr/privatno-sumarstvo/> (pristupljeno 22.9.2024.)
18. Hrvatsko meteorološko društvo, Grupa autora, Zbornik sažetaka, Meteorološki izazovi 9, važnost agrometeorologije u potpori poljoprivrednom sektoru, 2023., Zagreb, 70 str.
19. Inyurt – Zonguldak S., Oguz – Tokat I., Susam – Tokat T., Yaprak S., Yildirim O., 2018.: The role of unmanned Aerial Vehicles in Monitoring Rapidly Occuring Landslides, Geodetski list, 2, 113-132.
20. Jerčić, K., 2015: Analiza procjena šteta od elementarnih nepogoda u tvrtki Hrvatske šume d. o. o.. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu Šumarski fakultet. 68 str.

21. Jurić, V., Kuren, T., 2015: Civilne bespilotne letjelice – dvojbe korištenja i propisi. Sveučilište u Zagrebu Geodetski fakultet. PPT (http://www2.geof.unizg.hr/~znevistic/satgeo/ppt/K8-2_Juri%e6-Koren%20Civilne%20bespilotne%20letjelice-dvojbe%20kori%9atenja%20i%20propisi.pdf)
22. Lisina avantura, Matulji, Grupa autora, Šumske štete, <https://lisina-avantura-matulji.hr/07-sumske-stete/>
23. Kolarek M., 2010.: Bespilotne letjelice za potrebe fotogrametrije, Ekscentar (12), 70-73 str.
24. Ministarstvo unutarnjih poslova i civilne zaštite, 2023: Vrlo jako nevrijeme zahvatilo kontinentalnu Hrvatsku. <https://civilna-zastita.gov.hr/vijesti/vijesti/vrlo-jako-nevrijeme-zahvatilo-kontinentalnu-hrvatsku/7228#:~:text=Na%20podru%C4%8Dju%20Vara%C5%BEainske%20%C5%BEupanije%20nisu%20zabilje%C5%BEene>
25. Oluić D., 2002.: PCI Geomatics – programi za daljinska istraživanja i GIS, Geodetski list 56 (79), 143-146.
26. Pavlik D., Popčević I., Rumora A., 2014.: Bespilotne letjelice podržane INS i GNSS sensorima, Ekscentar (17), 65-70.
27. Priopćenje DHMZ-a, 20.07.2023. https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn¶m=objave&el=priopcenja&daj=pr20072023, (pristupljeno 21.09.2024.)
28. Sažetak opisa šuma Gospodarska jedinica „Jamaričko brdo“, Valjanost Osnove gospodarenja je za razdoblje: od 01.01.2022. do 31.12.2031, HŠ d.o.o. <https://javnipodaci.blob.core.windows.net/pdf/140/Opis.pdf>
29. Švehla, I., 2013: Namjena i perspektiva razvoja sustava bespilotnih letjelica. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti. 59 str.
30. Vajda Z., 1974.: Nauka o zaštiti šuma, Školska knjiga, Zagreb, Hrvatska, 482.
31. Vertovšek, N., 2016.: Dronovi kao mediji nove percepcije stvarnosti 21. stoljeća – povezivanje kreativnosti i vojnih ciljeva, In medias res : časopis filozofije medija 5 (8): 1183-1202.
32. What is ArcMap? <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/main/what-is-arcmap-.htm>, (pristupljeno 22.09.2024.)