

Sveučilište u Zagrebu

Šumarski fakultet

Milan Čop, Marko Bačurin

**Prognoza gradacije i širenja napada smrekovog pisara (*Ips  
typographus*) nakon ledoloma u Gorskom kotaru interpretacijom  
satelitskih snimaka WorldView 2**

Zagreb, 2017.

Ovaj rad je izrađen na Zavodu za izmjeru i uređivanje šuma i Zavodu za zaštitu šuma i lovno  
gospodarenje pod vodstvom prof. dr. sc. Renate Pernar i prof. dr. sc. Borisa Hrašovca i  
predan je na natječaj za Rektorovu nagradu u akademskoj godini 2016./2017.

## Sadržaj:

1. Uvod .....	1
2. Posebni i opći ciljevi rada .....	4
3. Materijali i metode .....	5
4. Rezultati istraživanja .....	11
5. Rasprava .....	22
6. Zaključci .....	26
7. Zahvale .....	27
8. Popis literature.....	28
9. Sažetak .....	31
10. Summary .....	33

## 1. Uvod

U razdoblju između 31. siječnja i 7. veljače 2014. godine na području Republike Hrvatske dogodilo se više vremenskih nepogoda koje su uzrokovale značajne štete u šumskim ekosustavima (Vuletić i dr. 2014). Isti autori navode da su se najveće štete dogodile na području Primorsko – goranske županije, te da su uzrokovane pojavom ledene kiše (ledolomom, ledoizvalama). Na području Karlovačke i Ličko – senjske županije ledolom je također uzrokovao štete, ali su one bile manjeg intenziteta nego na području Primorsko – goranske županije. Vuletić i dr. (2014) navode da je gubitak drvene mase uzrokovan ledolomom iznosio 70.133,77 m<sup>3</sup>.

U znanstvenoj literaturi postoje mnogi primjeri koji dokazuju da nakon stresnih situacija (ledolom, snjegolom, vjetrolom, požar) dolazi do prenamnoženja potkornjaka. Tako primjerice, okolišne i klimatske promjene mogu dovesti do velikih ekoloških i ekonomskih šteta uzrokovanih prenamnoženjima vrste *Dendroctonus ponderosae* Hopkins, 1902 u Sjevernoj Americi. (Kurtz i dr. 2008). U razdoblju od 1960.-2010. godine u Švedskoj su se dogodila tri prenamnoženja smrekova pisara (*Ips typographus* /Linnaeus, 1758/), što je rezultiralo sušenjem 9 milijuna m<sup>3</sup> obične smreke (Kärvemo & Schroeder 2010). Kärvemo (2015) navodi da su okidači za sva prenamnoženja bile oluje, najčešće vjetrolomi, koji su rezultirali sa velikom količinom polomljenih i izvaljenih smrekovih stabala. U Norveškoj je u razdoblju 1971. – 1981. godine od prenamnoženja smrekova pisara uzrokovanog sušom i jakim vjetrom stradalo 5 milijuna m<sup>3</sup> drvene mase obične smreke (Bakke 1989). Prema Christiansen & Bakke (1988), u razdoblju 1850. - 1900. došlo je do prenamnoženja smrekova pisara. Kao razlog navodi se velika oluja koja se dogodila ekstremno sušne 1830. godine koja je rezultirala velikom količinom oštećene drvene mase. Prema svemu navedenom možemo tvrditi kako je smrekov pisar zasigurno najštetnija vrsta potkornjaka u šumama četinjača Palearktičke regije (Christiansen & Bakke 1988).

Obična smreka (*Picea abies* Karst.) glavna je biljka hraniteljica smrekova pisara. U Hrvatskoj je obična smreka autohtona četinjača koja raste u gorskom i pretplaninskom vegetacijskom pojasu, uglavnom u mješovitim sastojinama sa jelom i bukvom ili u manjoj mjeri tvori monodominantne sastojine (Vukelić & Rauš 1998)

Smrekov pisar je bivoltina vrsta, što znači da razvija dvije generacija godišnje (Christiansen & Bakke 1988). Prvi put se pojavljuju u travnju, a drugi put u srpnju. Proljetni let započinje u proljeće, kada temperatura zraka dosegne oko 20 °C (Kasumović 2016. prema Anilla 1969, Christiansen & Bakke 1988). Nakon izlaska iz zimujuće niše, mužjaci se razlete po šumi i počinju potragu za stablima koja su pogodna za njihov razvoj. Mjesto zimovanja može biti kora ili šumska stelja (Christiansen & Bakke 1988), a porastom nadmorske visine raste i broj jedinki koje prezimljavaju u stelji (Kasumović 2016). Sva fiziološki oslabljena stabla ispuštaju primarne atraktante (kairomone), mirisne komponente na čiji podražaj reagiraju isključivo mužjaci (Pernek 2000). Mužjaci privučeni kairomonima dolaze na stabla i započinju sa ubušivanjem i izgrizanjem bračne komorice. U fazi izgrizanja bračne komorice u srednjem crijevu kukca sintetiziraju se agregacijski feromoni koji kasnije hlape iz ekskremenata i izbačene grizotine (Pernek 2000). Glavne komponente agregacijskih feromona su (S) cis-verbenol i 2-metil-3-buten-2-ol (Bakke i dr; 1977). Bitno je istaknuti da na agregacijske feromone reagiraju i mužjaci i ženke, što znači da oni nisu selektivni na razini spola (Pernek 2000 prema Gries 1984). "Kemijski surogati" u vidu različitih feromonskih dispenzera agregacijskih feromona koriste se pri monitoringu smrekova pisara primjenom naletno barijernih klopki. Nakon oplodnje, ženke izgrizaju materinske galerije i odlažu jaja. Pritom dolazi do sinteze i hlapljenja antiagregacijskih feromona. Osnovne komponente antiagregacijskih feromona su verbenon i ipsenol. Te komponente odbijajuće djeluju na ostale jedinke smrekova pisara te ih usmjeravaju na susjedna stabla i tako nastaju žarišta (Pernek 2000 prema Klimetzek & Vite 1989). Ličinke se hrane floemom spriječavajući transport tvari od iglica do korijena i one su u najvećoj mjeri odgovorne za odumiranje potpuno zdrave smreke (Lausch i dr. 2013).

Pri niskoj gustoći populacije smrekova pisara i pri dobrom zdravstvenom stanju smrekovih sastojina, razvoj smrekova pisara odvija se na recentno odumrlim ili srušenim stablima. Međutim, promjena klime, posebice povećanje broja sušnih i vrućih dana, te vremenske neprilike koje rezultiraju velikom količinom izvaljenih stabala uzrokuju povećanje populacije smrekova pisara (Økland & Berryman 2004). Prema godišnjem biltenu Izvještajno prognozne službe Hrvatskog šumarskog instituta, klima na području Gorskog kotara u 2015. godini bila ekstremno topla i sušna (URL-2), pogodovali su prenamnoženju smrekova pisara. Prenamnoženje ili gradacija smrekova pisara predstavlja drastičnu promjenu u biologiji vrste kada iz tipičnog sekundarnog štetnika poprima obilježja primarnog štetnika. Napad se tada može širiti izrazito brzo i zahvatiti velike šumske predjele. Nepredvidivi događaji, poput

prenamnoženja smrekova pisara mogu dovesti do problema u provedbi planova definiranih elaboratom gospodarenja te smanjiti ekonomsku dobit (Bakke i dr. 1988).

Postoji nekoliko čimbenika koje se povezuje sa prenamnoženjem smrekova pisara. Položaj stabla ima snažan utjecaj na fizilogiju stabla. Primjerice, dokazano je da geološka podloga ima utjecaj na fiziologiju obične smreke, pa samim time i na podložnost napadu smrekova pisara (Bakke i dr. 1977). Također treba uzeti u obzir kvalitetu tla na kojima raste sastojina. Sastojine koje rastu na produktivnijem tlu, podložnije su napadu i većoj smrtnosti smreke nego one na siromašnijim tlima (Schwerdtfeger 1955). Razlog tome je činjenica da smreka koja raste na produktivnijem staništu ima brži razvoj, što znači da i prije dolazi u razvojni stadij u kojem je podložnija napadu smrekova pisara (Bakke i dr. 1977). Istočne i sjeverne (sjenovite) ekspozicije uglavnom su više napadnute nego južne i zapadne (Worrell 1983). Jedno od mogućih objašnjenja bi moglo biti da sjenovite ekspozicije imaju veće neprekinute predjele smrekovih šuma. Dodatno, stabla koja rastu na zasjenjenim stranama, imaju plići korijenski sustav s obzirom na visoku razinu vode. Time je korijenski sustav smreke osjetljiviji, a vitalitet narušen (Christiansen & Bakke 1977).

Prilikom izgrizanja hodnika, u floemu i kambiju dolazi do zaraze sporama gljiva. Najvažniju ulogu kod sušenja zdravih smrekovih stabala ima *Ophiostoma polonicum* Siemaszko, 1939 (Horntdveit i dr. 1983). Odnos između potkornjaka i gljive je mutualistički, gljiva potkornjaku pomaže pri savladavanju obrambenih mehanizama stabala, a zauzvrat, potkornjak je prenosi na druga stabla. Potkornjak prenosi spore ove gljive, te drugih gljiva u osobitim udubljenjima (mikangijima) na glavi, prsištu i pokrilju (Bakke i dr. 1983).

Nakon ledoloma u Gorskom kotaru došlo je do povećanja populacije smrekova pisara što je dovelo do značajnijeg odumiranja smrekovih šuma. Kako bi mogli pristupiti procjeni i sanaciji šumskih šteta uslijed prirodnih nepogoda, potrebno je prioritetno lociranje sastojina kako bi se pravovremenim mjerama održala njihova vitalnost i proizvodnost na optimalnoj razini. Primarni zadatak kod toga je utvrđivanje stanja šuma i zahvaćene površine i broja oštećenih stabala. To se uobičajeno provodi terestričkim opažanjima, što zahtijeva angažiranje velikoga broja stručnjaka i najčešće je povezano sa znatnim troškovima i produženim vremenskim rokom provedbe terestričke inventure na velikim površinama. Budući da je u što kraćem vremenskom roku potreban uvid u stanje na terenu, u novije vrijeme sve više su u primjeni infracrvene kolorne aerosnimke (ICK) i nove generacije satelitskih snimaka visoke prostorne rezolucije: IKONOS, QuickBird, GeoEye, WorldView2, itd. (Pernar i dr. 2015).

## 2. Posebni i opći ciljevi rada

Posebni cilj istraživanja je testiranje mogućnosti primjene daljinskih istraživanja kod prognoze gradacije i širenja napada smrekova pisara. Za tu svrhu korištene su javno dostupne satelitske snimke iz 2015. i 2016. godine preuzete sa Google Earth-a, te satelitska snimka WorldView 2 (WV 2) snimljena 2014. godine, neposredno nakon ledoloma. Predikcija napada smrekova pisara temelji se na procjeni fiziološkog statusa sastojina zahvaćenih ledolomom interpretacijom satelitskog snimka WV 2 snimkama iz 2014. godine. Terenskim dijelom istraživanja provjerit će se status smreka delineiranih na snimkama iz 2015. i 2016. godine, odnosno stvarni napad potkornjaka na terenu. Konačni cilj provedenog postupka prevencija je gradacije smrekova pisara. Delineirane fiziološki oslabljele grupe smrekovih stabala prostorno će se usporediti sa žarištima napada smrekova pisara te će se iskazati površine svakog pojedinog poligona da bi se dobio uvid u površinsku preciznost predikcije. Precizna prostorna detekcija predisponiranih smrekovih stabala omogućuje bržu i učinkovitu intervenciju šumarskih stručnjaka na terenu.

Treba napomenuti da daljinska istraživanja, u odnosu na terestrička istraživanja, omogućuju jednostavniju i bržu detekciju oštećenih grupa smrekovih stabala. Rezultati ciljanog istraživanja potencijalno će omogućiti dodatnu optimizaciju preventivnih i represivnih mjera integrirane zaštite šuma od potkornjaka.

### 3. Materijali i metode

Neposredno nakon ledoloma na području Gorskog kotara provedeno je satelitsko snimanje satelitom WorldView 2. Na području koje je zahvaćeno ledolomom određene su koordinate obuhvata područja snimanja i definirano vrijeme snimanja. Prema definiranom obuhvatu, jednom satelitskom scenom ukupno je snimljena površina od 230 km<sup>2</sup>, cca 23.000 ha (Tablica 1.).

Tablica 1. Glavne operativne osobine satelitske snimke WorldView 2

Senzor	WorldView 2
Visina orbite	770 km
Prostorna rezolucija	0,46 – 0,52 m pankromatska (PAN) 1,84 – 2,08 m multispektralna (MS)
Vremenska rezolucija	1,1 dan
Radiometrijska rezolucija	8 - 11 bita po pikselu
Spektralna rezolucija	PAN: 450 - 800 nm  MS - 8 kanala: Coastal: 400 - 450 nm Blue: 450 - 510 nm Green: 510 - 580 nm Yellow: 585 - 625 nm Red: 630 - 690 nm Red Edge: 705 - 745 nm Near-IR1: 770 - 895 nm Near-IR2: 860 - 1040 nm



Rezultat satelitskog snimanja su satelitske snimke WorldView 2 u „sirovom“ formatu. Zbog toga je neophodno provesti postupke georeferenciranja i ortorektifikacije kako bi te snimke realno prikazivale odnose između objekata u stvarnosti i snimljenih objekata.

Prvi postupak koji smo obavili bio je postupak georeferenciranja. Georeferenciranje ili geokodiranje je proces pridruživanja koordinata skeniranim slikama bez obzira da li se radi o kartama ili aero, odnosno satelitskim snimkama. Pri georeferenciranju odabiru se temeljne kontrolne točke (GCP), sa točnim geografskim koordinatama. Pritom se koriste lako prepoznatljivi elementi kao što su raskrižja puteva, ceste, prosjeke i slično. Georeferenciranje satelitskih snimaka provedeno je polinomnom transformacijom, a nakon georeferenciranja snimka je spremna za interpretaciju. Drugi postupak koji treba obaviti je ortorektifikacija, a za sami postupak ortorektifikacije potreban nam je digitalni model reljefa. Podaci za digitalni model reljefa dobiveni su vektorizacijom slojnica sa pripadajućih listova Hrvatske osnovne karte (HOK) 1:5000 i topografskih karata (TK25) u mjerilu 1:25000. Kada uključimo altimetričke podatke (DMR), tj. snimku „prevučemo“ preko digitalnog modela reljefa snimka je ortorektificirana, odnosno izrađen je digitalni ortofoto – DOF

Proces pridobivanja informacija sa satelitske snimke naziva se interpretacija (Milinković 2014. prema Lillesend & Kiefer 1994). Interpretacija može biti vizualna i digitalna. Vizualna interpretacija odvija se pomoću prethodno izrađenog kolorkompozita, odnosno satelitske snimke sa odabrana 3 spektralna kanala (8 – NIR-2, 5 – Red, 3 - Green). Na taj način dobivena je snimka koja je najbližnja ICK aerosnimkama. Na tim snimkama zdrava stabla preslikavaju se u crvenoj boji, a što su stabla oštećenija to se crvena nijansa boje sve više gubi, da bi se sušci preslikavali u sivo-zelenoj nijansi. Budući da vizualna interpretacija zahtijeva poznavanje načina preslikavanja pojedinih vrsta drveća i stupnjeva oštećenosti i iskustvo fotointerpretatora, za brzu procjenu stanja na području zahvaćenom elementarnom nepogodom može se provesti i digitalna interpretacija

Naše istraživanje temelji se na satelitskim snimkama WorldView 2, koje su snimljene na području Gorskog kotara 18. travnja 2014. godine, neposredno nakon ledoloma. Na prethodno izrađenom kolorkompozitu (8, 5, 3), a sukladno provedenim terenskim istraživanjima izdvojeno je 10 isječaka na kojima je provedena vizualna (ekspertna) interpretacija i kartiranje delineiranih stratumata u programu ArcGis 9.2. (Slika 1.) Na tom kolorkompozitu izdvojene su fiziološki oslabljene smreke koje bi u slijedećim godinama mogle postati žarišta smrekova pisara.



Slika 1. Isječak iz satelitske snimke WorldView 2 – kolorkompozit (8, 5, 3) na kojem je izvedena vizualna interpretacija

Uz WorldView 2 satelitske snimke, za istraživana područja, korištene su i javno dostupne satelitske snimke iz 2015. i 2016. godine preuzete sa Google Earth – a (Tablica 2.).

Tablica 2. Vrijeme snimanja i broj scena preuzetih sa Google Earth – a

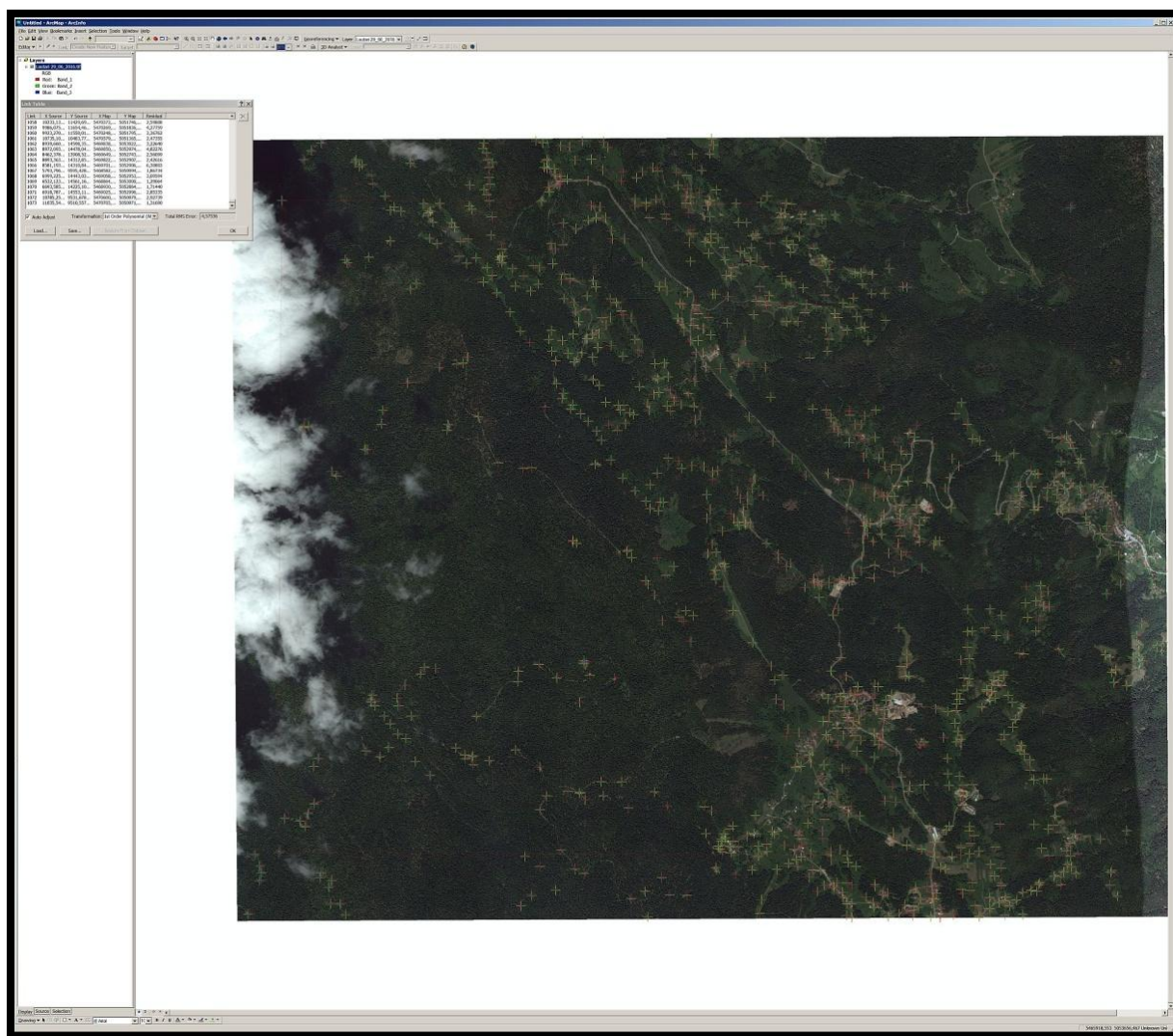
PODRUČJE	DATUM	BROJ SCENA	DATUM	BROJ SCENA
Lautari	2.11.2015.	280	29.6.2016.	121
Tršće	2.11.2015.	72	29.6.2016.	92
Donji Žagari	2.11.2015.	6	11.7.2016.	160
Vode	2.11.2015.	280	29.6.2016.	189

Kako se bi se istovremeno mogle koristiti i povezati navedene satelitske snimke sa postojećim podacima iz različitih izvora u jedinstveni GIS model područja istraživanja bilo je potrebno provesti postupke georeferenciranja, geokodiranja, geografskih transformacija i ortorektifikacija. Budući da se radi o brdskom terenu, bio je potreban odabir velikog broja kontrolnih točaka pri georeferenciranju (Slika 2. i 3.).



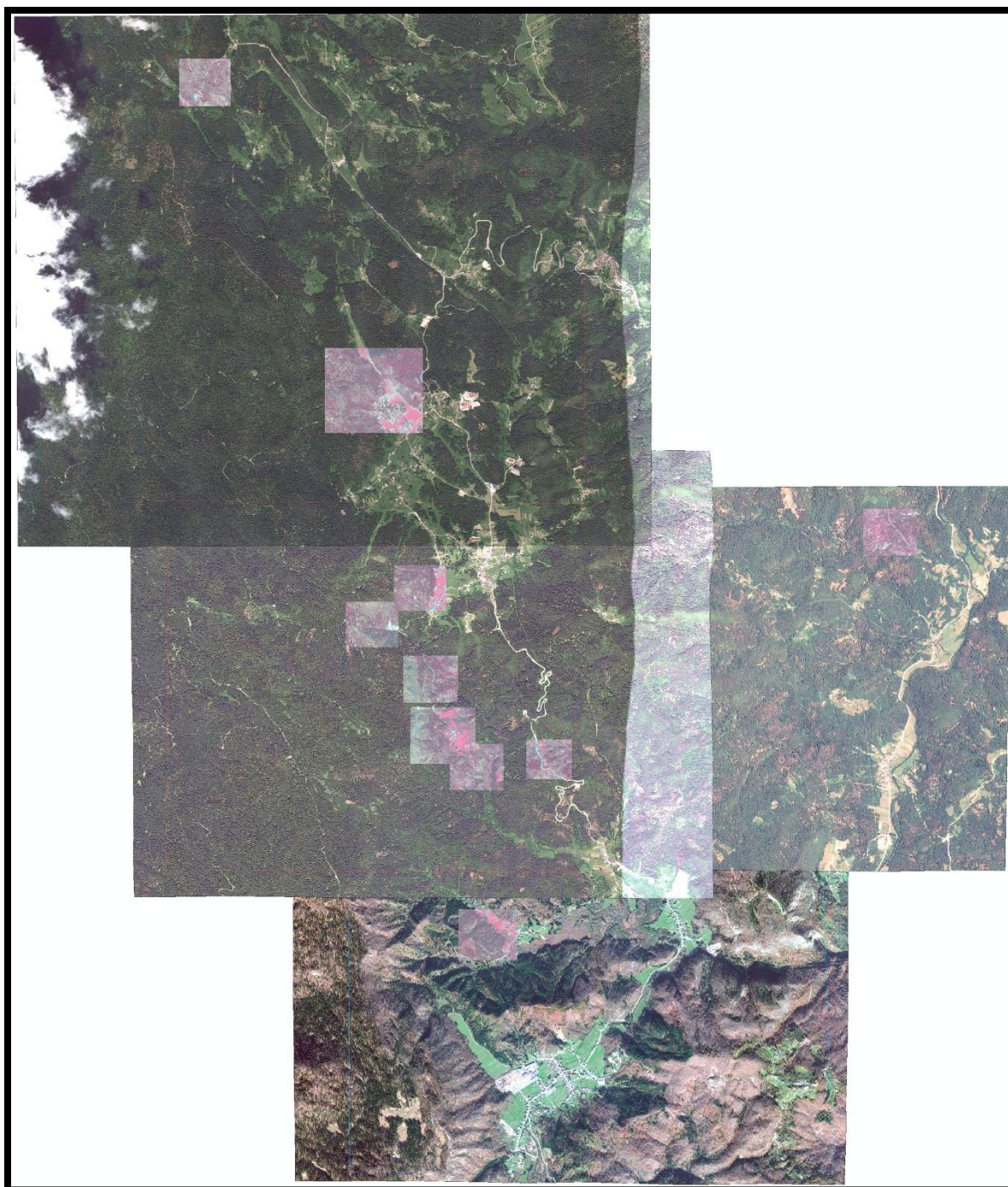
Slika 2. Postupak georeferenciranja Google Earth satelitske snimke





Slika 3. Prikaz jedne georeferencirane scene

Nakon georeferenciranja provedena je ortorektifikacija, odnosno na digitalni model reljefa prevučena je satelitska snimka te je dobiven digitalni ortofoto (Slika 4.). Na snimkama je provedena vizualna interpretacija delineacija žarišta smrekova pisara. Sam postupak interpretacije uključuje sastavnice slike, te postupke analize slike. Za detekciju oštećenih stabala boja je ključna sastavnica, s tim da se baziramo na pojedinačno stablo.

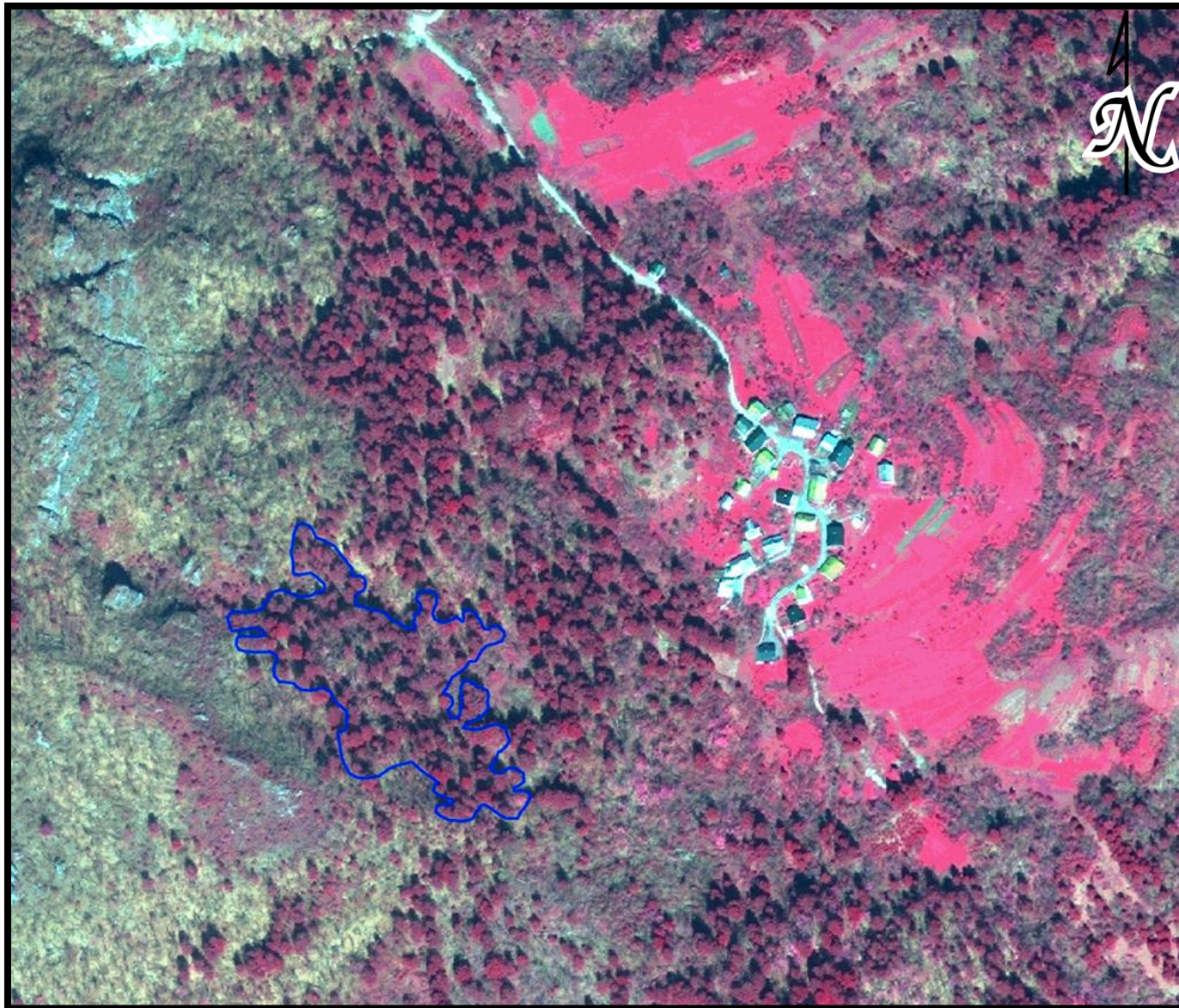


Slika 4. Prikaz svih georeferenciranih i ortorektificiranih scena i izdvojenih segmenata na istraživanom području

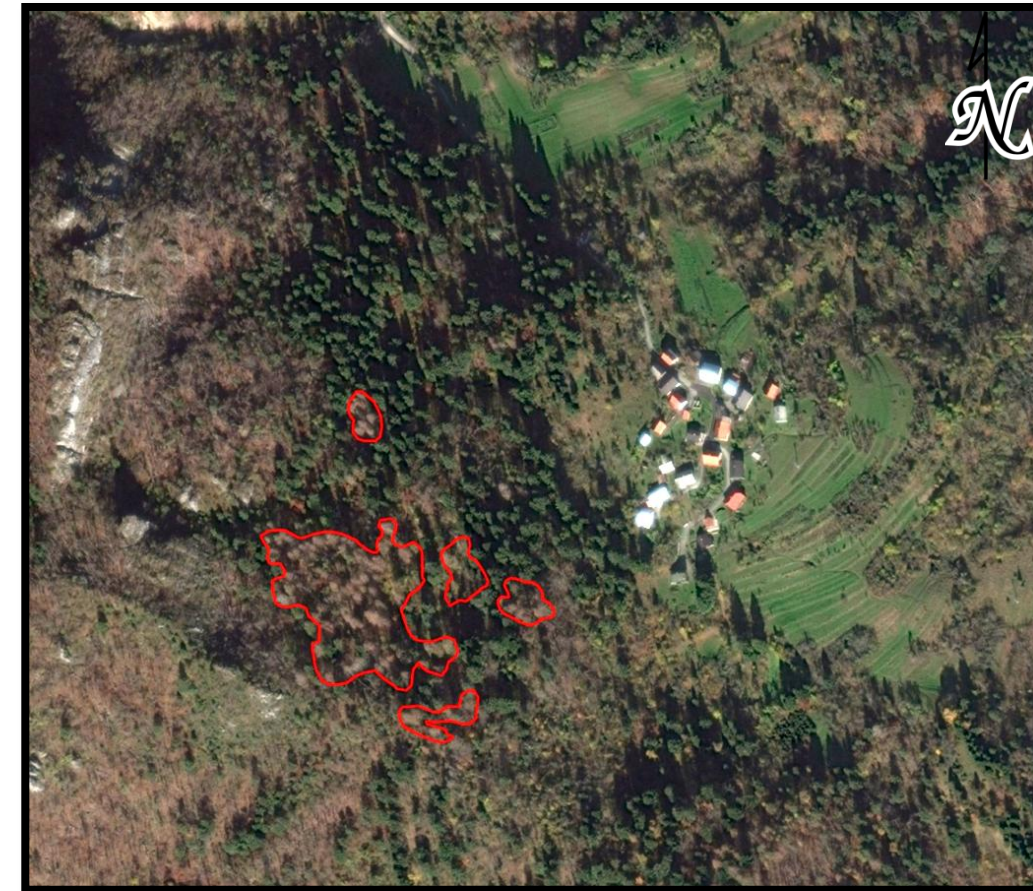
#### **4. Rezultati istraživanja**

Na temelju interpretacije satelitske snimke WorldView 2, snimljene neposredno nakon ledoloma, detektirani su stratumi oštećenih i fiziološki oslabljenih smrekovih stabala, na kojima postoji mogućnost pojave i formiranja žarišta smrekova pisara. Također je i na snimkama sa Google Earth-a iz 2015. i 2016. godine provedena interpretacija i delineacija uočljivih žarišta, kako bi se potvrdila ili opovrgla mogućnost predikcije napada smrekova pisara metodama daljinskih istraživanja. Nakon toga, su provedena preklapanja vektorskih slojeva (delineirani stratumi), kako bi se usporedile površine koje su detektirane kao oštećene na kolorkompozitu iz 2014. godine sa lociranim žarištima smrekova pisara delineiranim na satelitskim snimkama iz 2015. i 2016. godine.

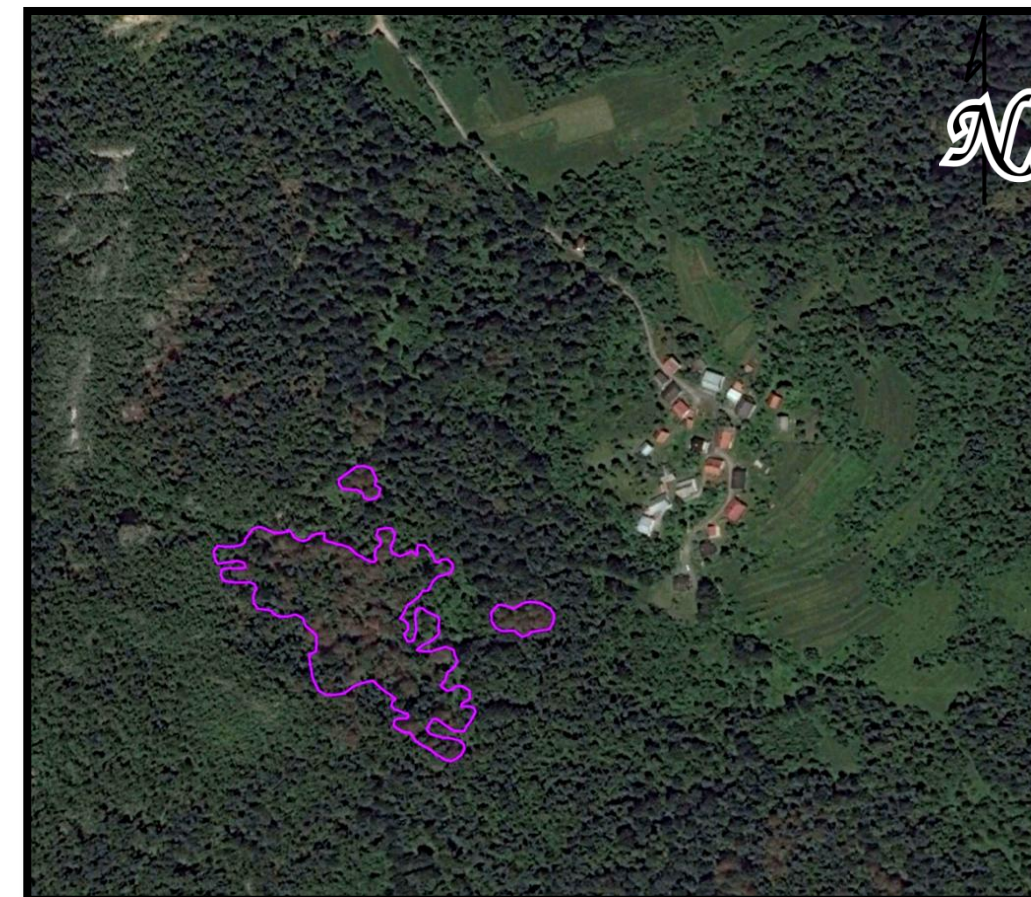




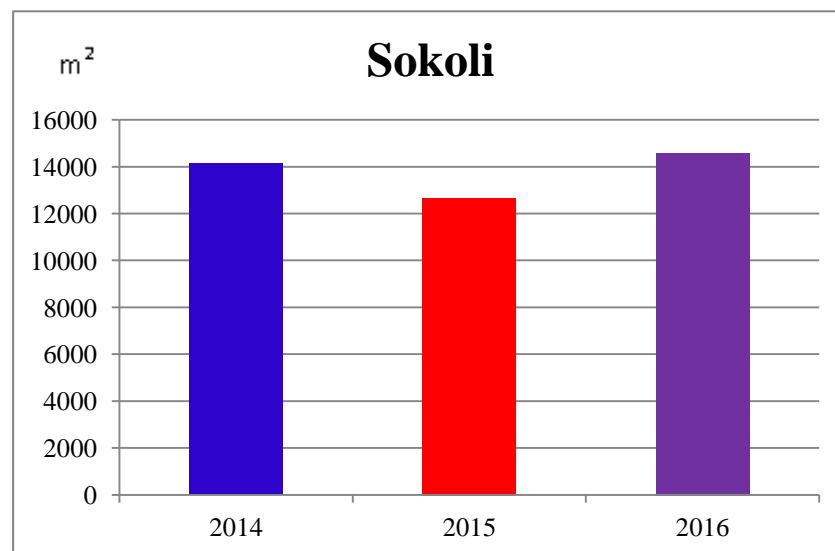
Slika 5.1. Sokoli, WV 2 kolorkompozit, travanj 2014.



Slika 5.2. Sokoli, studeni 2015.



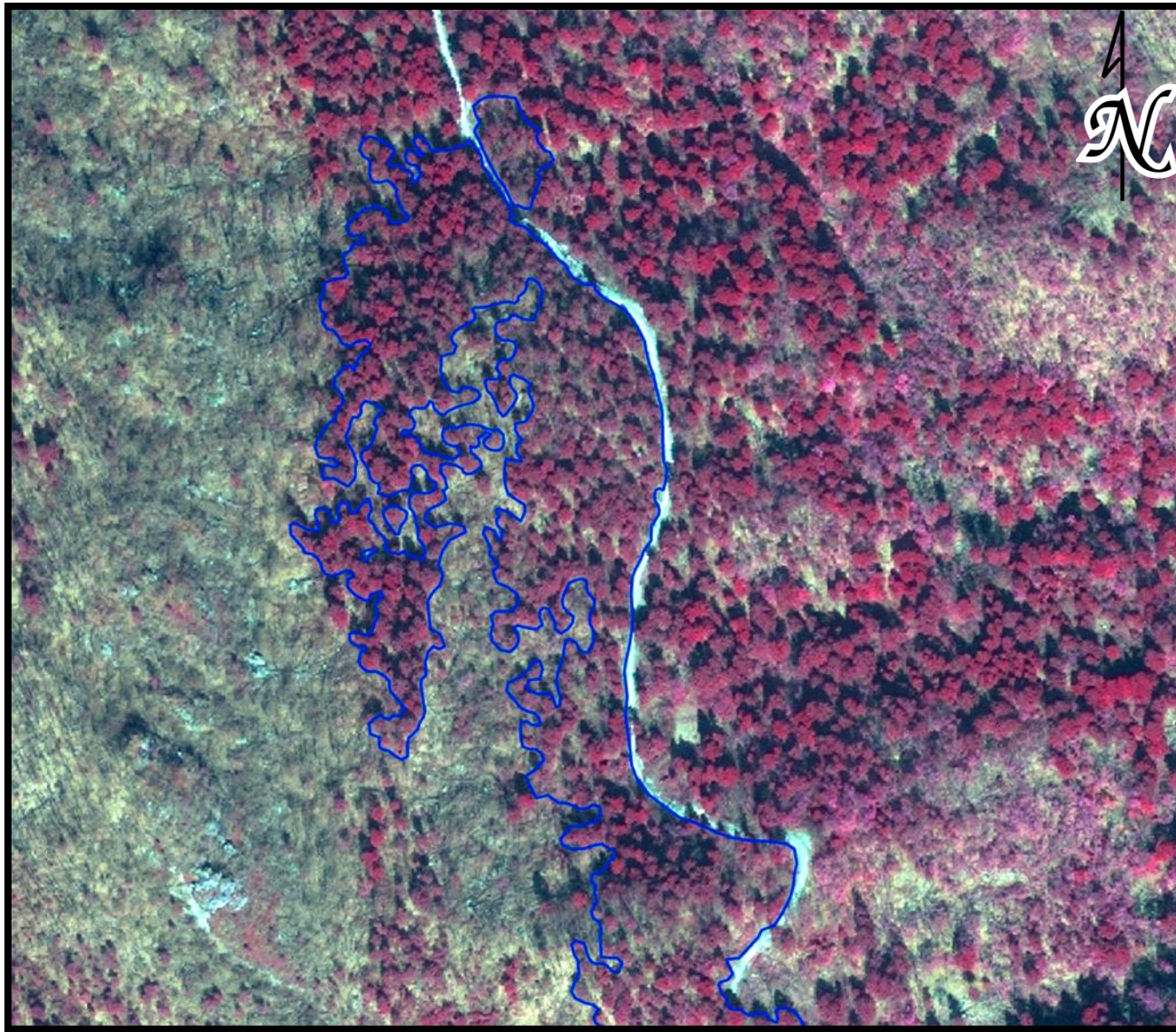
Slika 5.3. Sokoli, lipanj 2016.



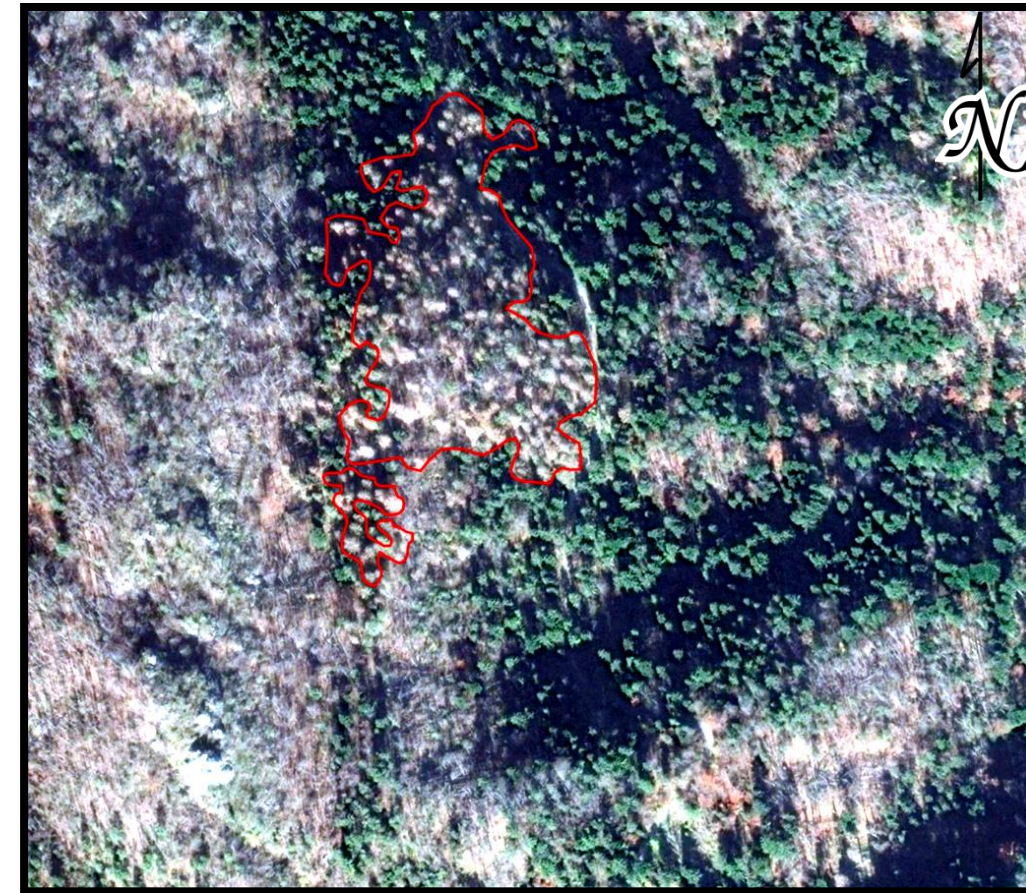
Slika 5.4. Površine poligona na lokalitetu Sokoli

Na lokaciji Sokoli, u travnju 2014. godine izdvojena je veća skupina fiziološki oslabljenih smrekovih stabala (Slika 5.1.). Žarište izdvojeno na snimkama iz 2015. i 2016. godine (Slike 5.2. i 5.3.) pokazuje visok stupanj preklapanja, što znači da bi predikcija napda u ovom slučaju bila vrlo točna (Slika 5.4.).

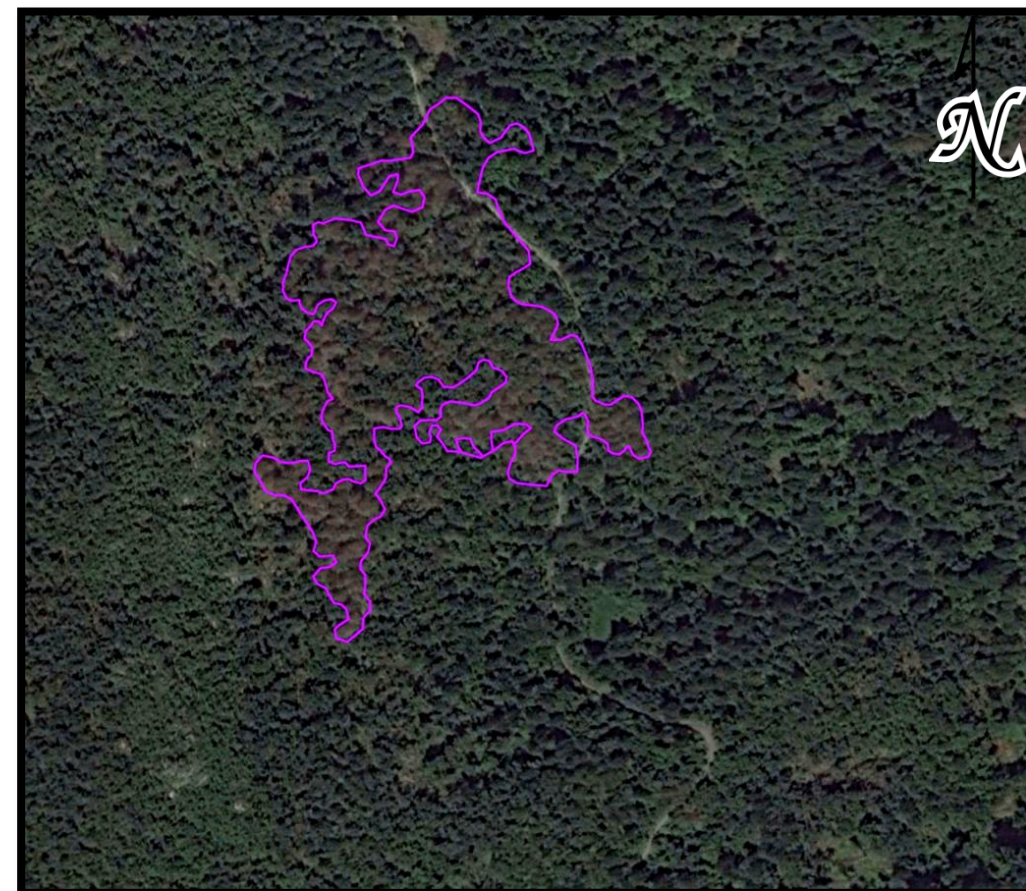




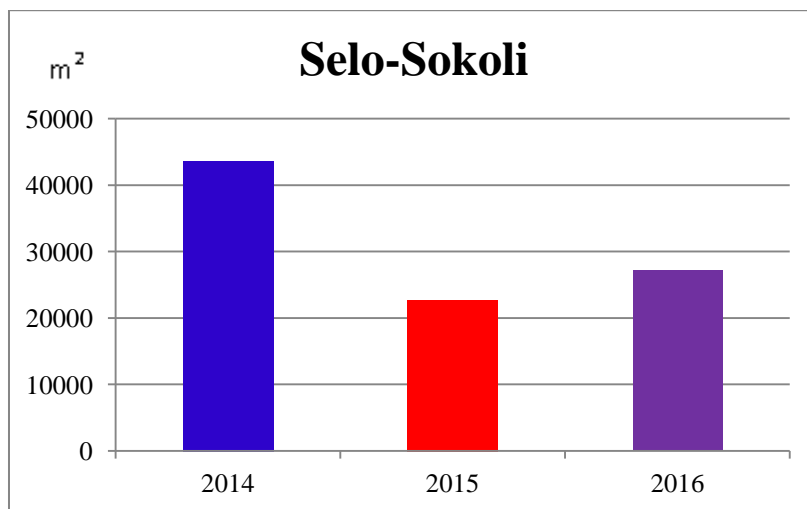
Slika 6.1. Selo – Sokoli, WV 2 kolorkompozit, travanj 2014.



Slika 6.2. Selo – Sokoli, studeni 2015.



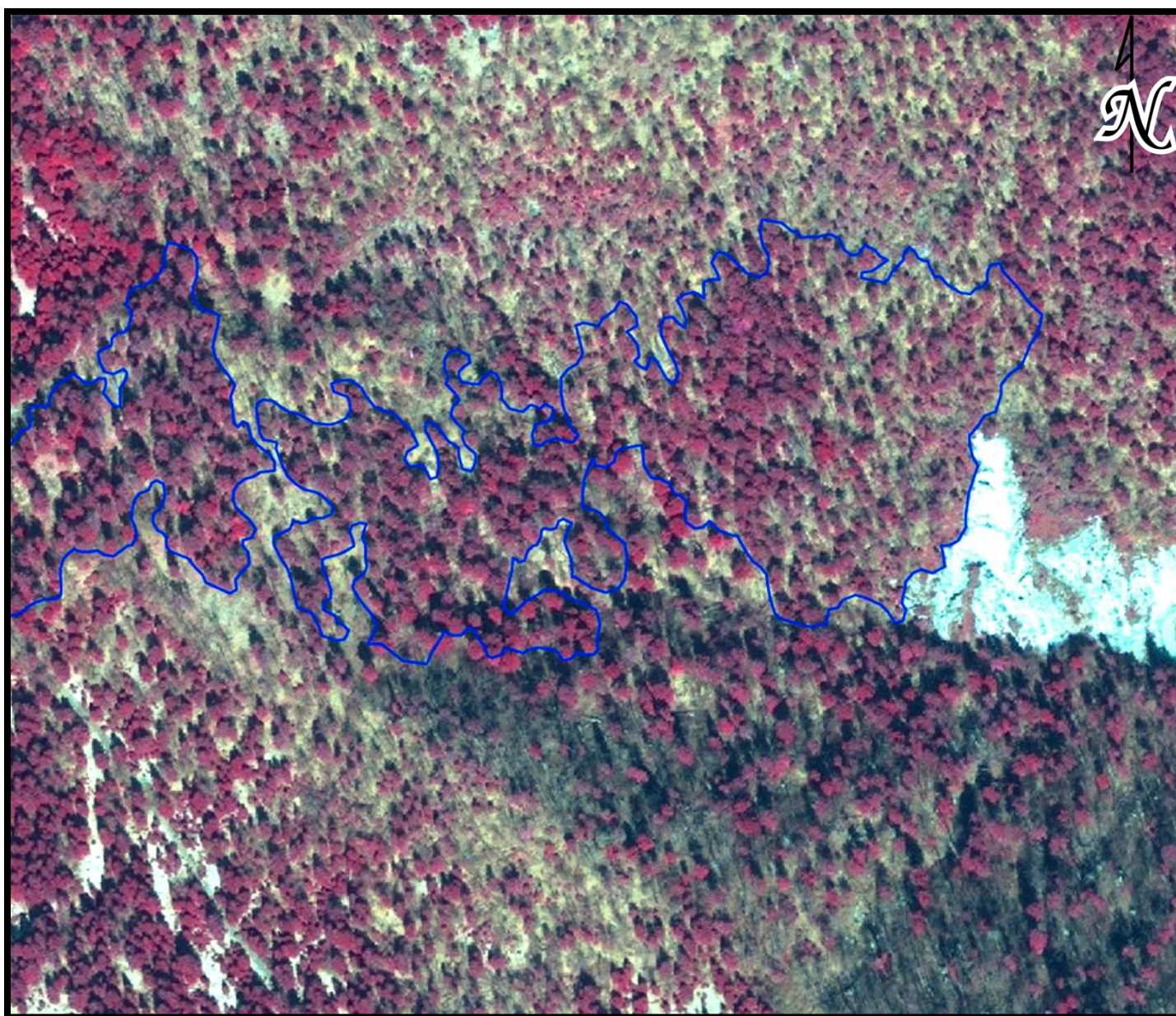
Slika 6.3. Selo – Sokoli, lipanj 2016.



Slika 6.4. Površine poligona na lokalitetu Selo-Sokoli

Na snimkama iz 2015. i 2016.godine (Slike 6.2. i 6.3.) vidimo da se pojavilo žarište koje u potpunosti ne odgovara delineiranim smrekovim stablima na kolorkompozitu, što je vidljivo i na slici 6.4. To ne znači da je interpretacija kolorkompozita pogrešna (Slika 6.1.), nego da je ubušivanje i razvoj smrekova pisara u tim stablima (desna strana ceste gledajući iz smjera sjevera prema jugu) izostao zbog nekih ekoloških, mikroreljefnih i drugih čimbenika.

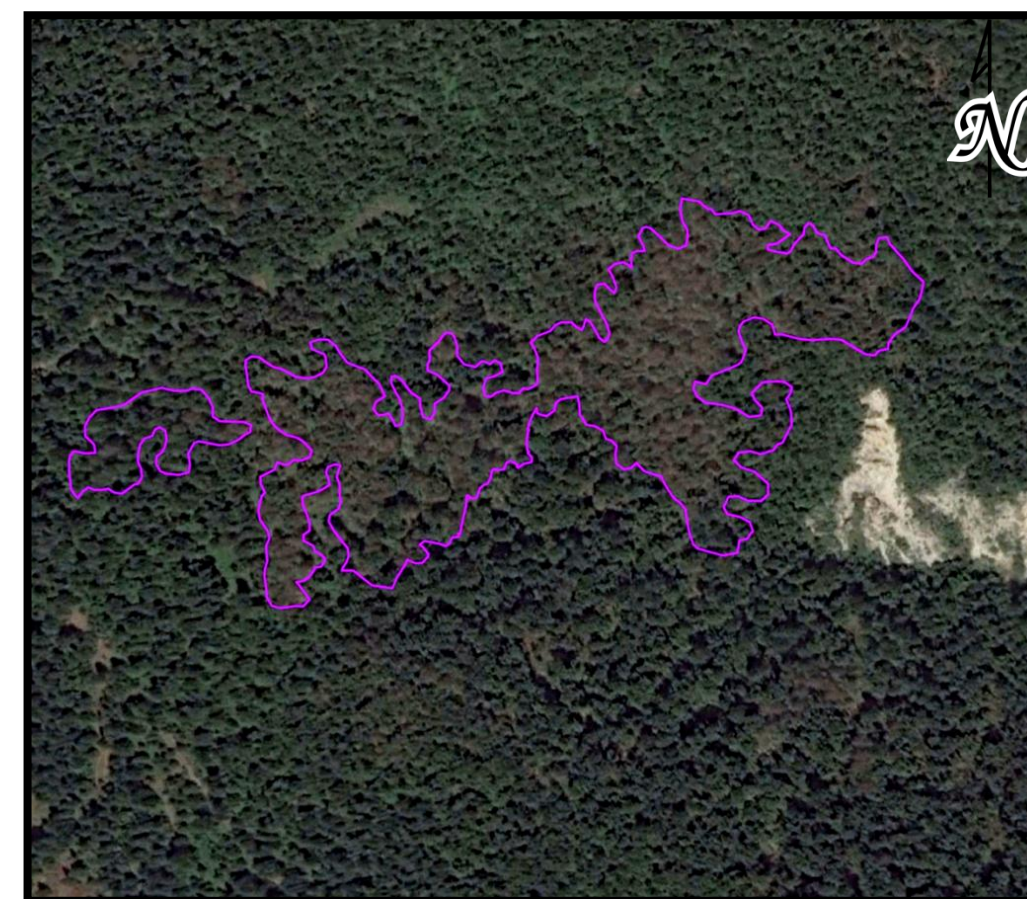




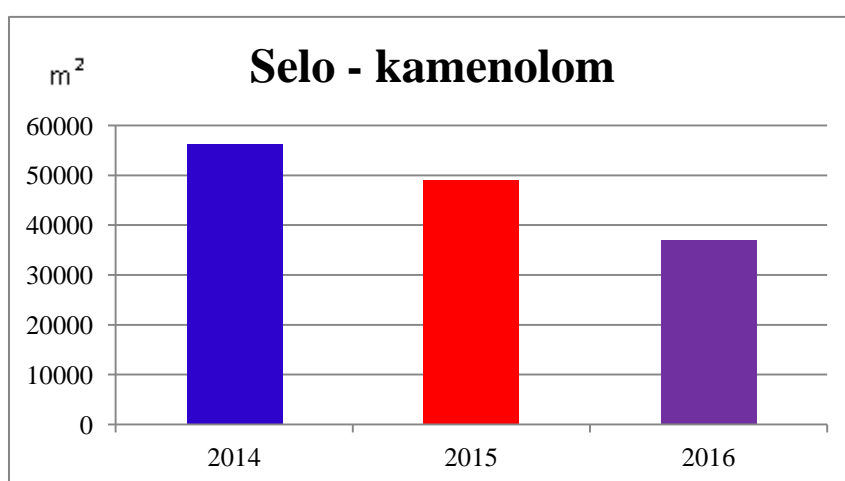
Slika 7.1. Selo – kamenolom, WV 2 kolorkompozit, travanj 2014.



Slika 7.2. Selo – kamenolom, studeni 2015.



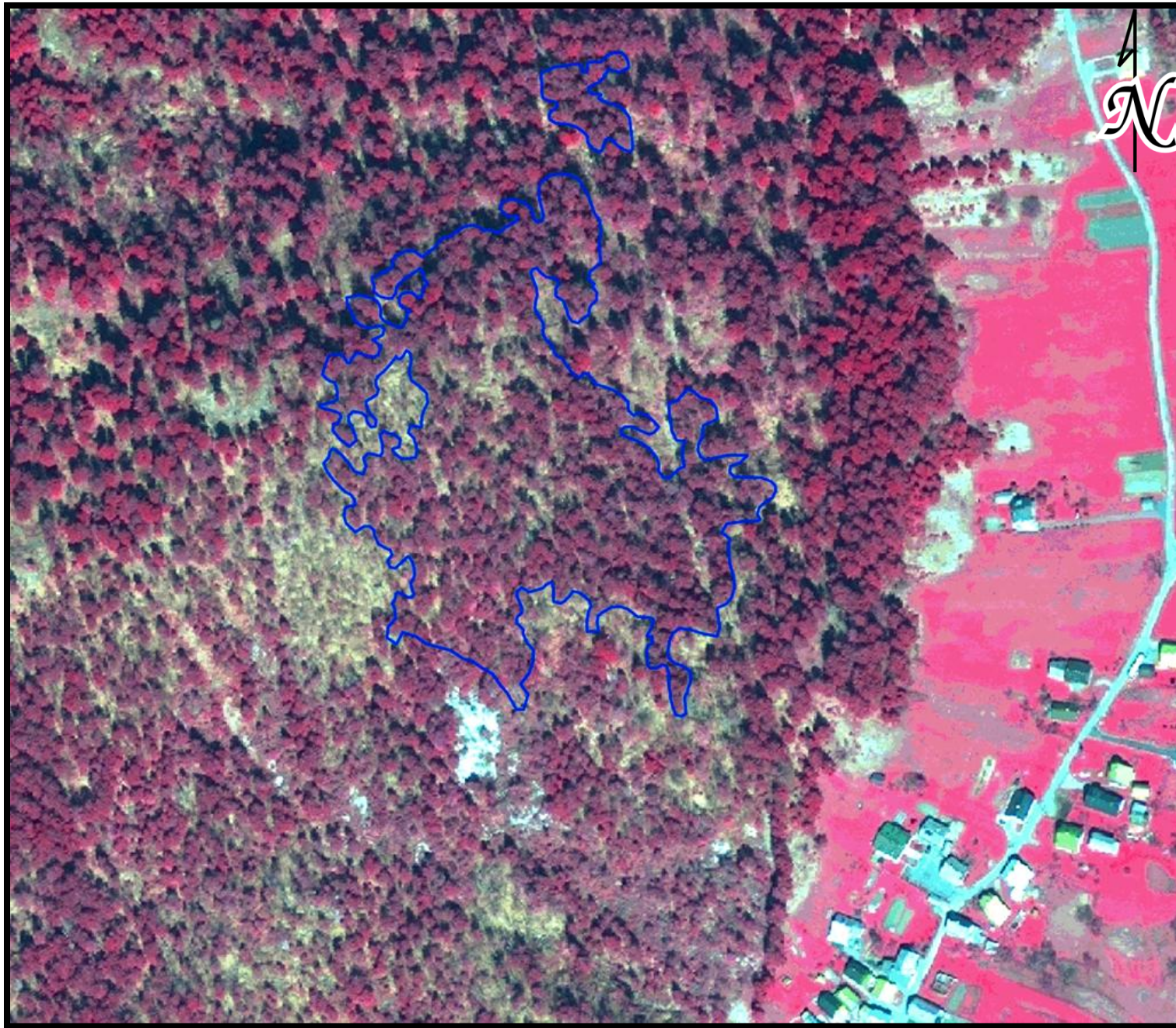
Slika 7.3. Selo – kamenolom, lipanj 2016.



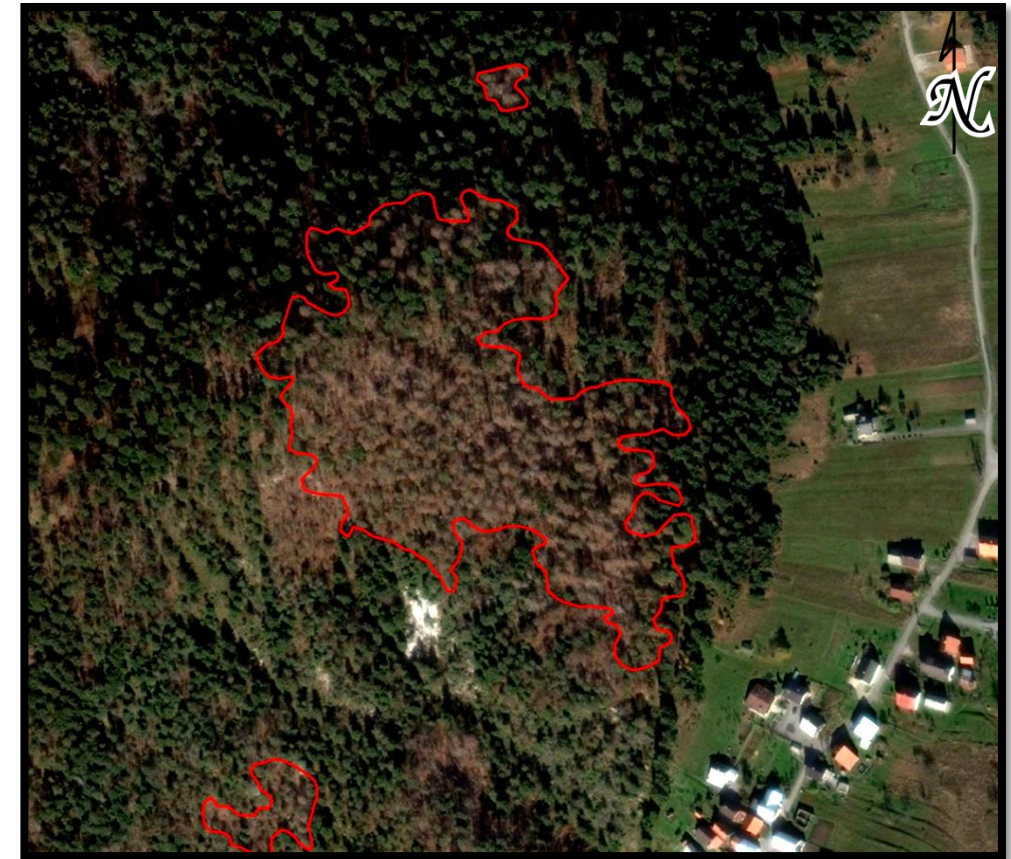
Slika 7.4. Površine poligona na lokalitetu Selo-kamenolom

U ovom slučaju na kolorkompozitu izdvojene su dvije grupe fiziološki oslabljenih stabala (Slika 7.1.). Na snimci iz 2015. godine vidimo da se napad smrekova pisara i formiranje žarišta dogodilo na području istočne skupine prethodno delineiranih smreka (Slika 7.2.). Međutim 2016. godine formira se i zapadno (manje) žarište (Slika 7.3.), koje je bilo predviđeno već na kolorkompozitu. Možemo zaključiti da je predikcija i u ovom slučaju bila vrlo uspješna (Slika 7.4.).

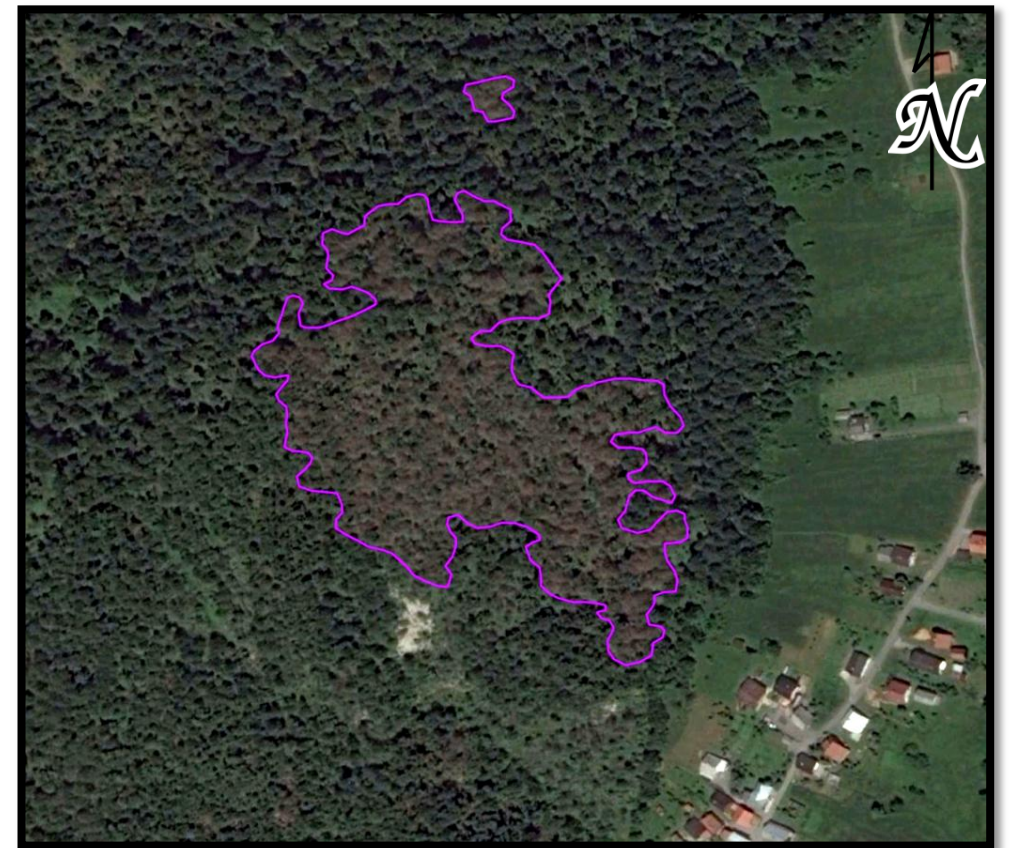




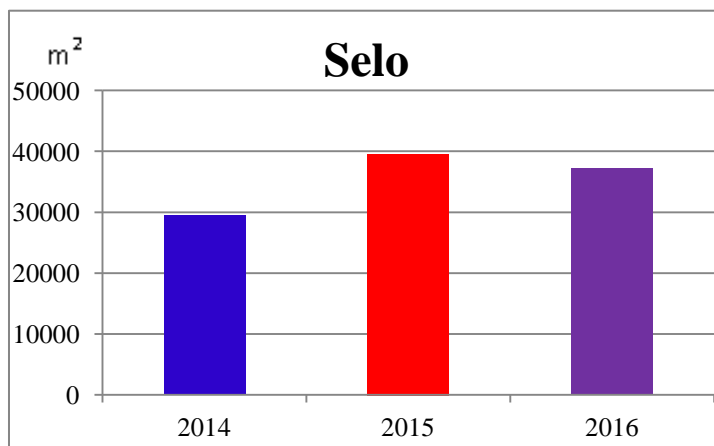
Slika 8.1. Selo, WV 2 kolorkompozit, travanj 2014.



Slika 8.2. Selo, studeni 2015.



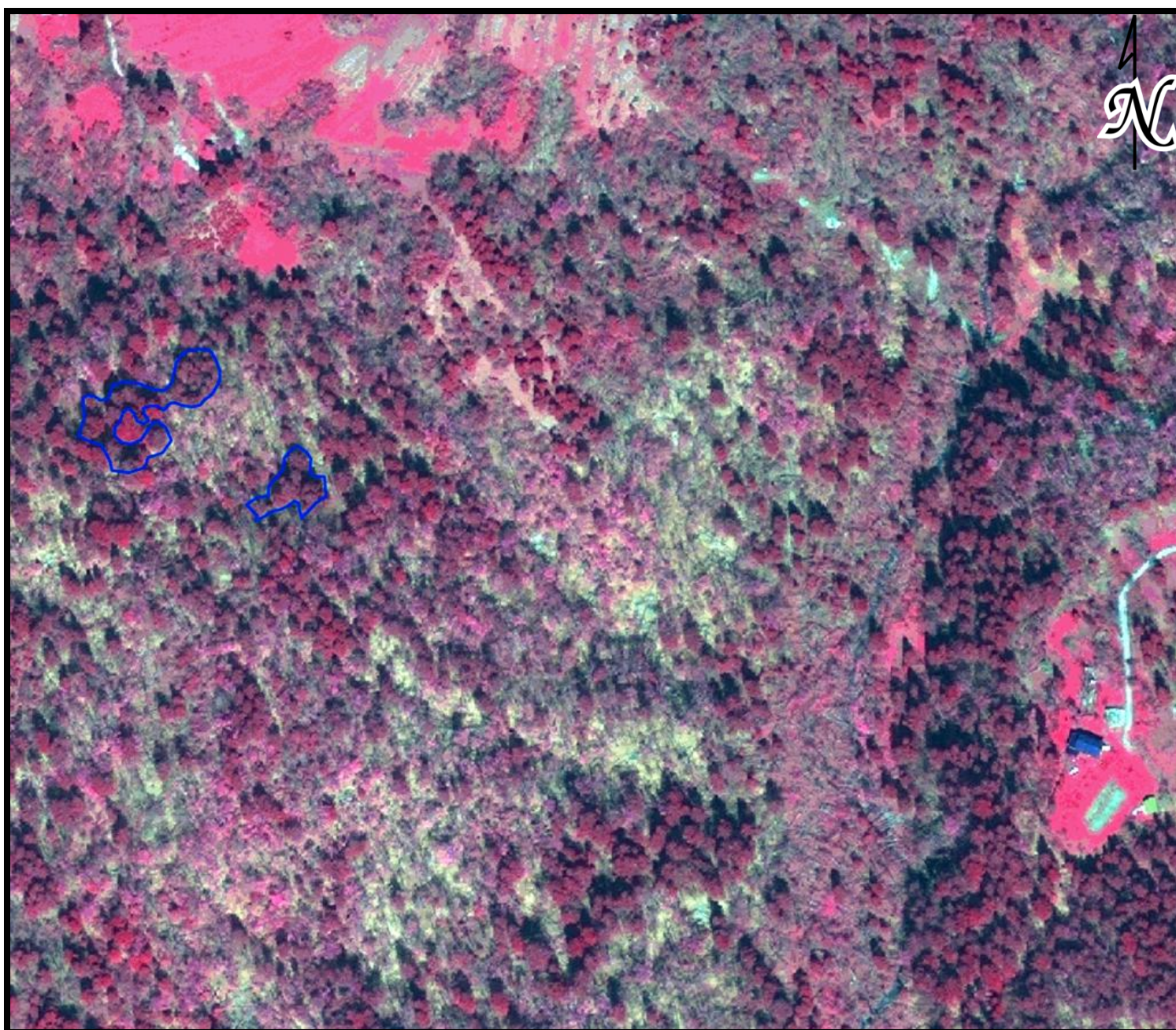
Slika 8.3. Selo, lipanj 2016.



Slika 8.4. Površine poligona na lokalitetu Selo

Na lokaciji Selo također je potvrđena uspješna predikcija napada smrekova pisara (Slika 8.4.). Vrlo je velika podudarnost poligona sa kolorkompozita 2014. godine (Slika 8.1.) i snimaka iz 2015. i 2016. godine (Slike 8.2. i 8.3.).

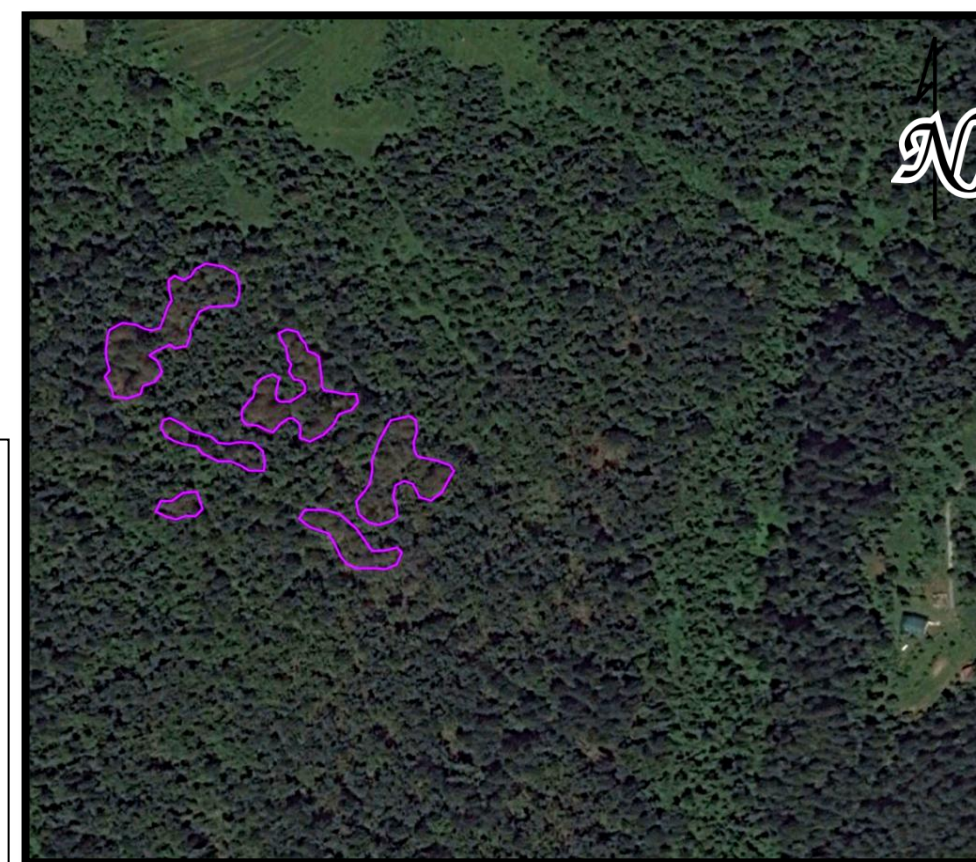




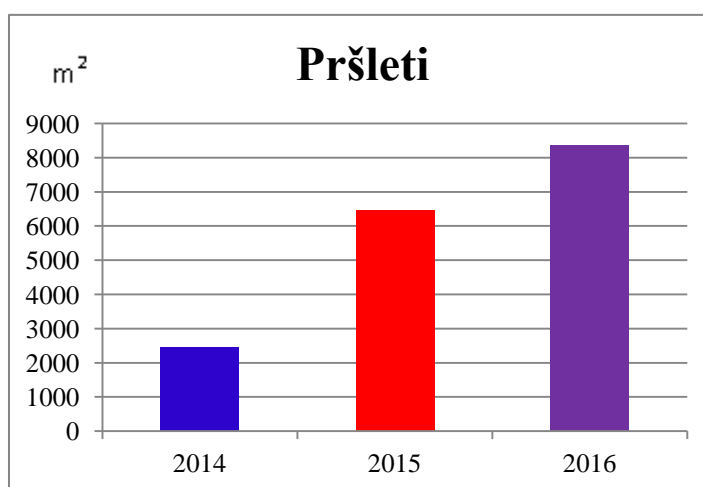
Slika 9.1. Pršleti, WV 2 kolorkompozit, travanj 2014.



Slika 9.2. Pršleti, studeni 2015.



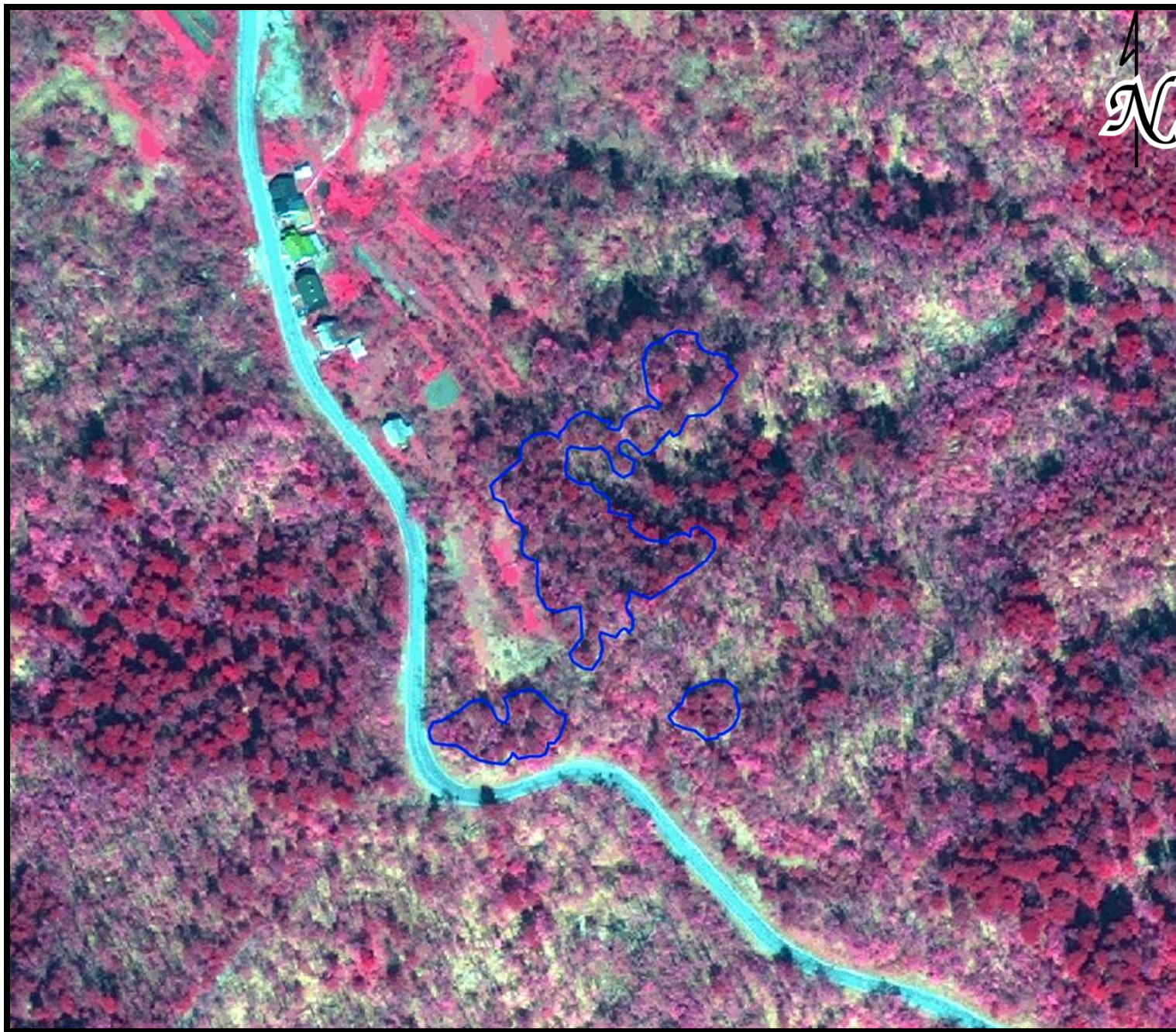
Slika 9.3. Pršleti, lipanj 2016.



Slika 9.4. Površine poligona na lokalitetu Pršleti

U sastojinama oko Pršleta rastu mješovite šume bukve i smreke te je smreka u tim sastojinama zastupljena u manjem postotku. Na kolorkompozitu su izlučene relativno male površine fiziološki oslabljenih smreka (Slika 9.1.). U 2015. godini su se na tim poligonima, ali i u njihovoj okolini formirala žarišta smrekova pisara (Slika 9.2.). U narednoj godini, postojeća žarišta su se proširila, a formirana su i dva nova i manja (Slika 9.3.). Bez obzira na mješovitost i manji udio smreke, smrekov pisar se vrlo brzo proširio na grupe susjednih smrekovih stabala (Slika 9.4.) koje mogu, ali i ne moraju biti fiziološki oslabjele zbog već postignute visoke gustoće populacije smrekova pisara.





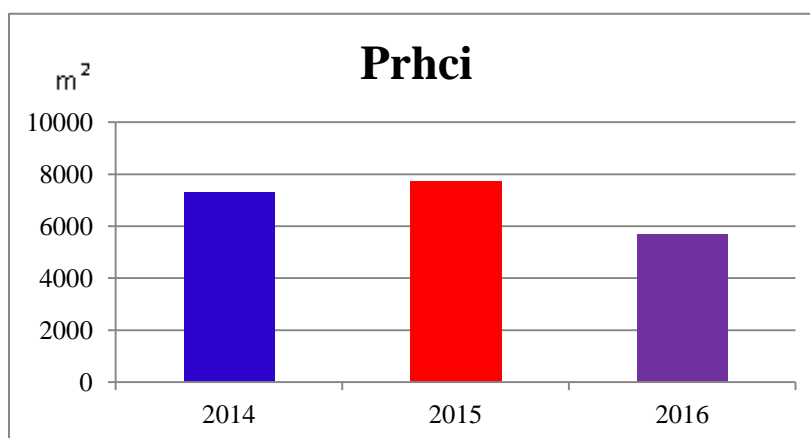
Slika 10.1. Prhci, WV 2 kolorkompozit, travanj 2014.



Slika 10.2. Prhci, studeni 2015.



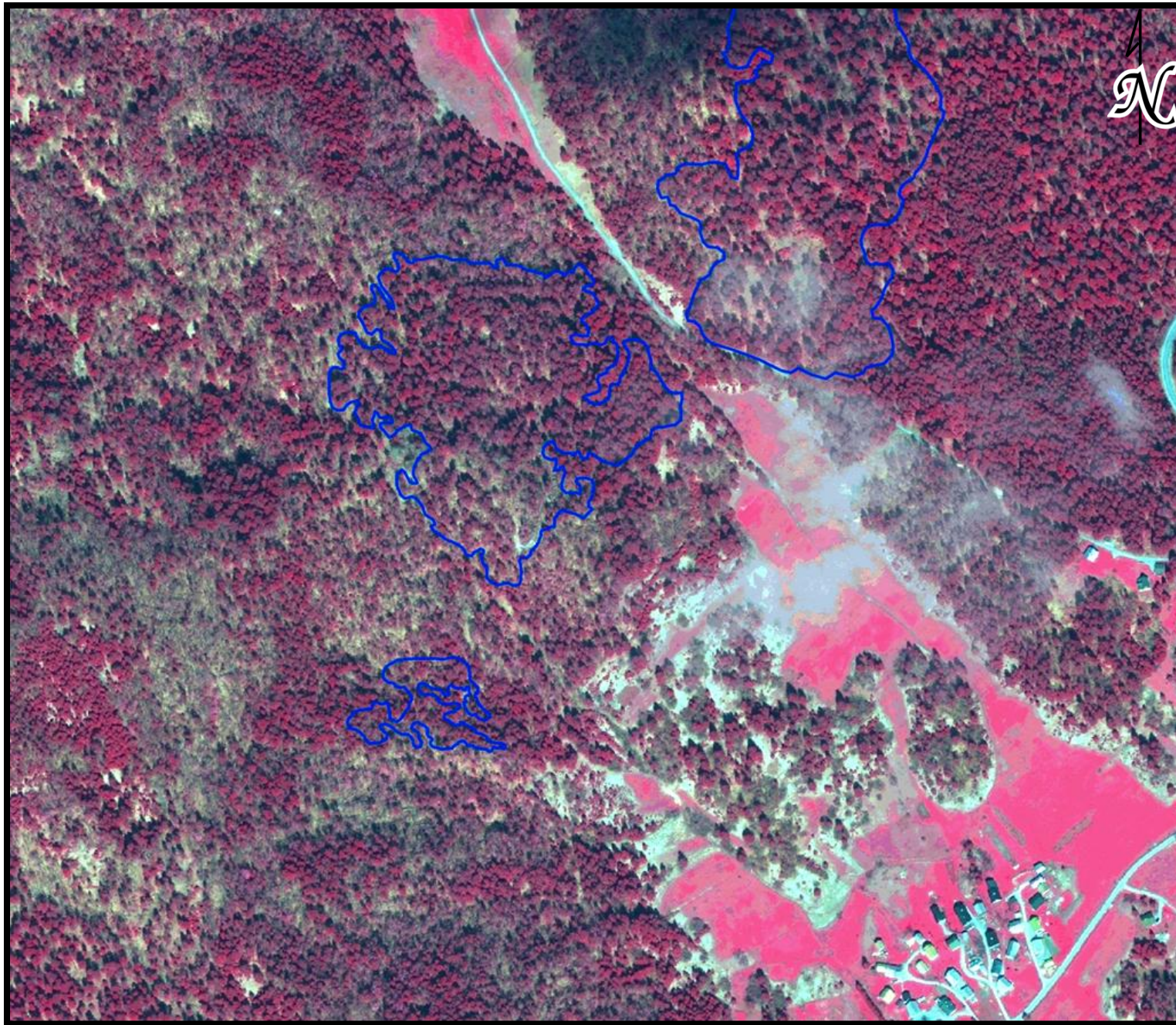
Slika 10.3. Prhci, lipanj 2016.



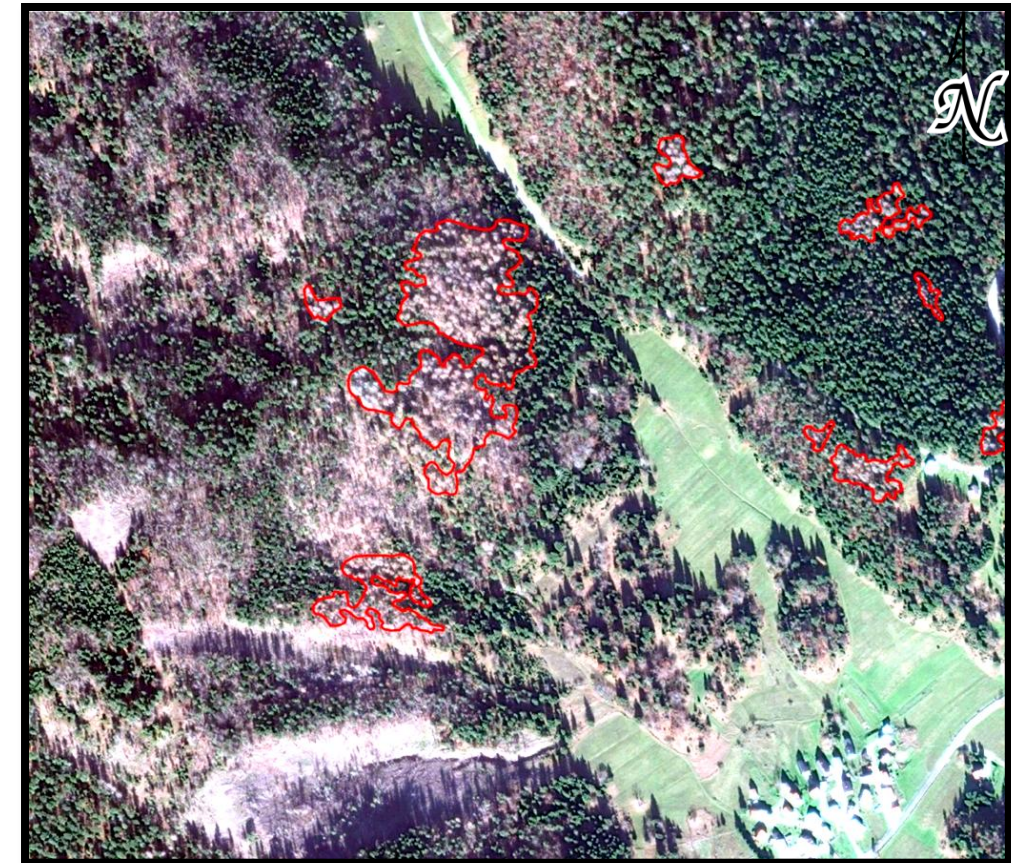
Slika 9.4. Površine poligona na lokalitetu Prhci

Predikcija napada uz pomoć kolorkompozita na lokaciji Prhci je vrlo uspješna (Slika 10.4.). Detektirane su tri skupine smrekovih stabala koja su fiziološki oslabljena (Slika 10.1.). U 2015. i 2016. godini (Slike 10.2. i 10.3.) na istoj lokaciji dogodio se napad i formiralo se žarište smrekova pisara u skladu sa interpretacijom kolorkompozita.

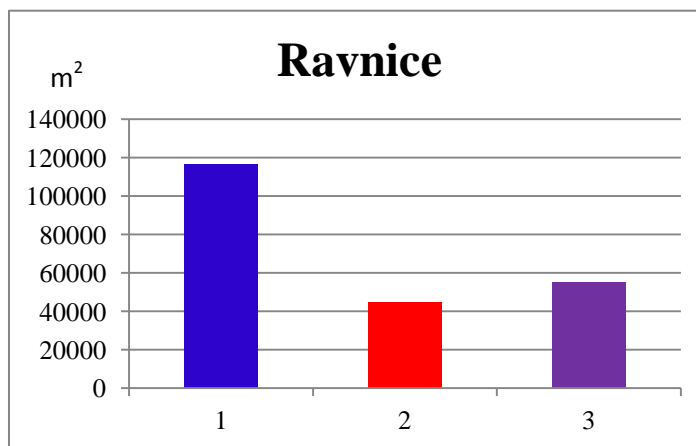




Slika 11.1. Ravnice, WV 2 kolorkompozit, travanj 2014.

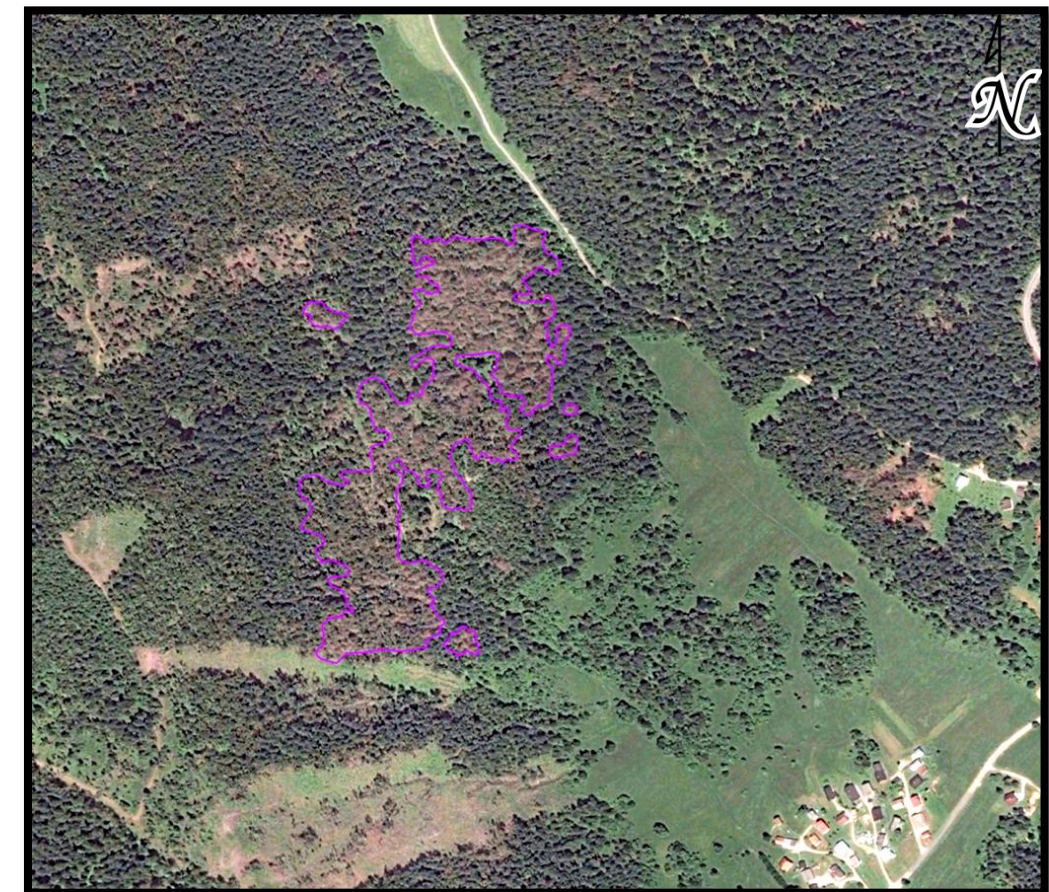


Slika 11.2. Ravnice, studeni 2015.



Slika 11.4. Površine poligona na lokalitetu Ravnice

Interpretacijom kolorkompozita dobivena su tri relativno velika poligona definiraju fiziološki oslabljena smrekova stabla (Slika 11.1.). 2015. godine pojavila su se dva žarišta jugozapadno od ceste. Međutim, bez obzira na to što su stabla sjeverozapadno od ceste fiziološki oslabljena, smrekov pisar pojavio se fragmentarno i na manjim površinama (Slika 11.2.). Snimka iz 2016. godine prikazuje da su sjeverozapadna žarišta sanirana, dok su se dva žarišta jugoistočno spojila (Slika 11.3.). Konačno možemo reći da je predikcija uspješna jer su se na sva tri poligona pojavila žarišta smrekova pisara (Slika 11.4.).



Slika 11.3. Ravnice, lipanj 2016.





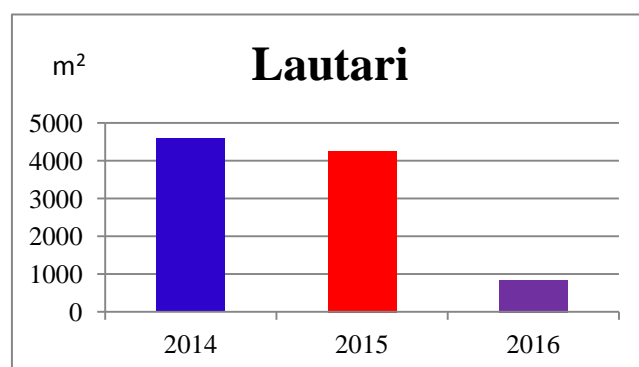
Slika 12.1. Lautari, WV 2 kolorkompozit, travanj 2014.



Slika 12.2. Lautari, studeni 2015.



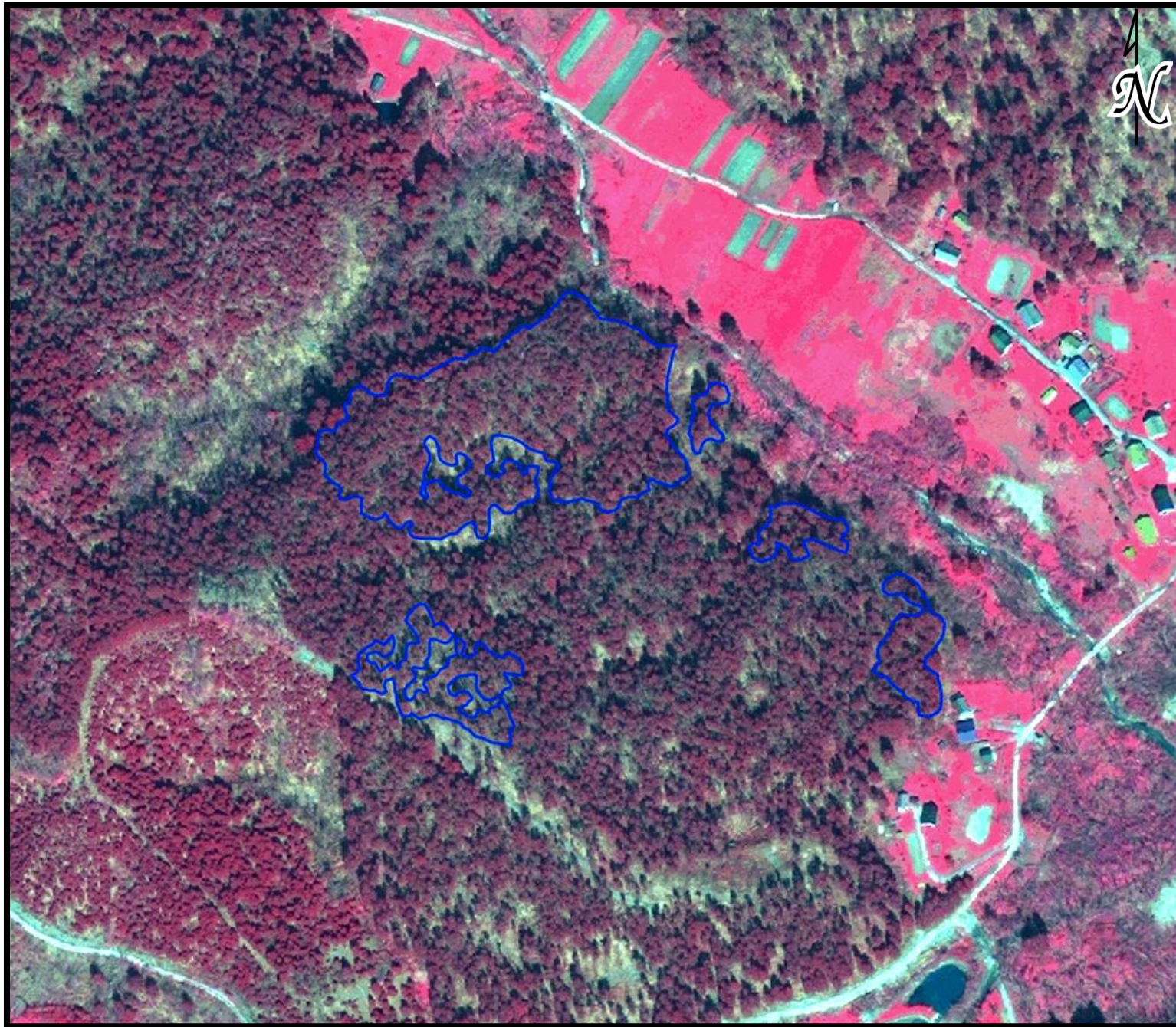
Slika 12.3. Lautari, lipanj 2016.



Slika 12.4. Površine poligona na lokalitetu Lautari

Izvučeni poligoni na kolorkompozitu vrlo se dobro poklapaju sa poligonima iz 2015. godine. Predikcija napada vrlo je dobra (Slika 12.4.) s time što se napad pojavio i na drvoredu običnih smreka u lijevom donjem uglu snimke (Slike 12.2. i 12.3.), a koje nisu detektirane kao fiziološki oslabljene (Slika 12.1.). Tijekom 2016. godine sanirana su žarišta prepoznata kao potencijalna na kolorkompozitu.

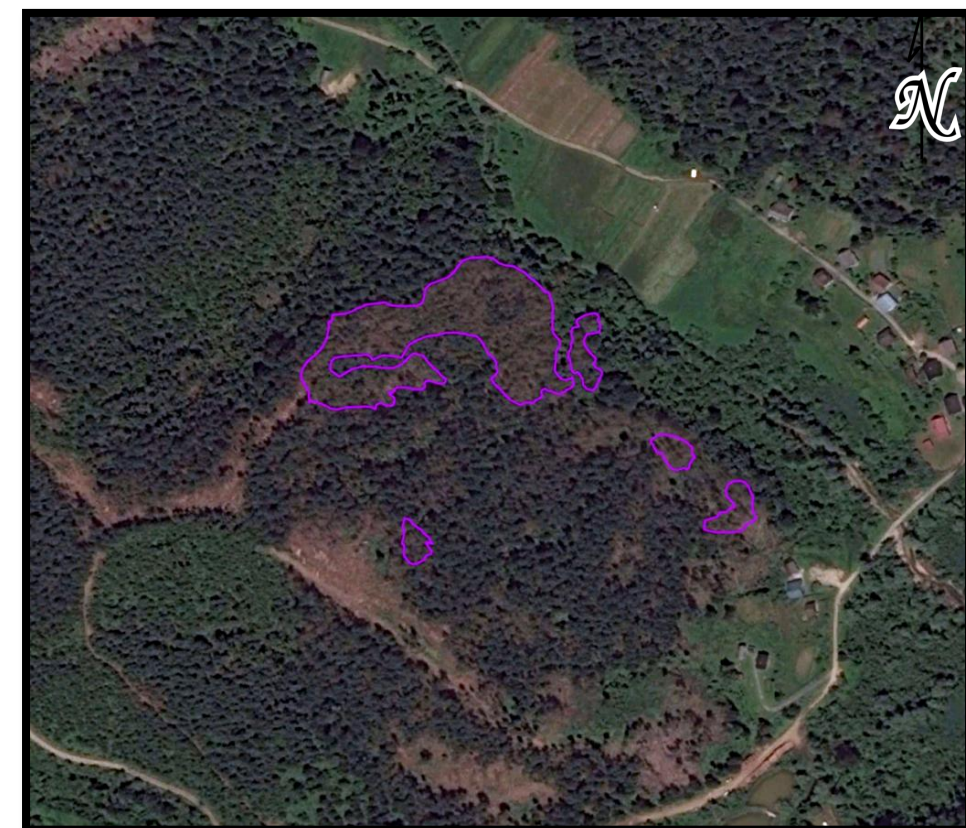




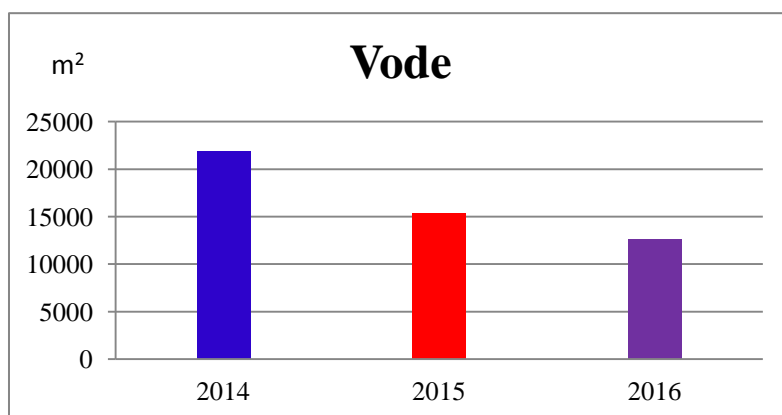
Slika 13.1. Vode, WV 2 kolorkompozit, travanj 2014.



Slika 13.2. Vode, studeni 2015.



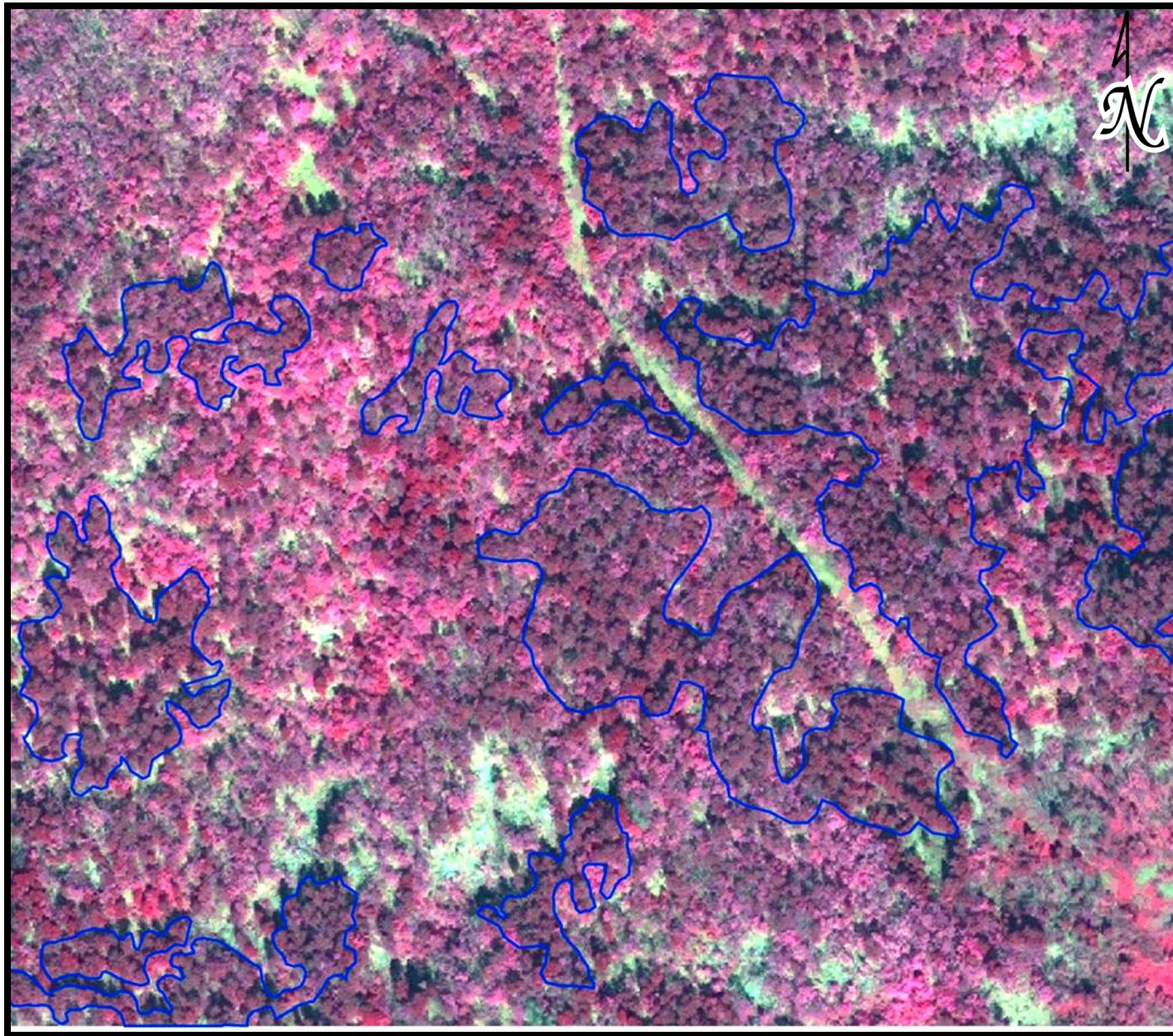
Slika 13.3. Vode, lipanj 2016.



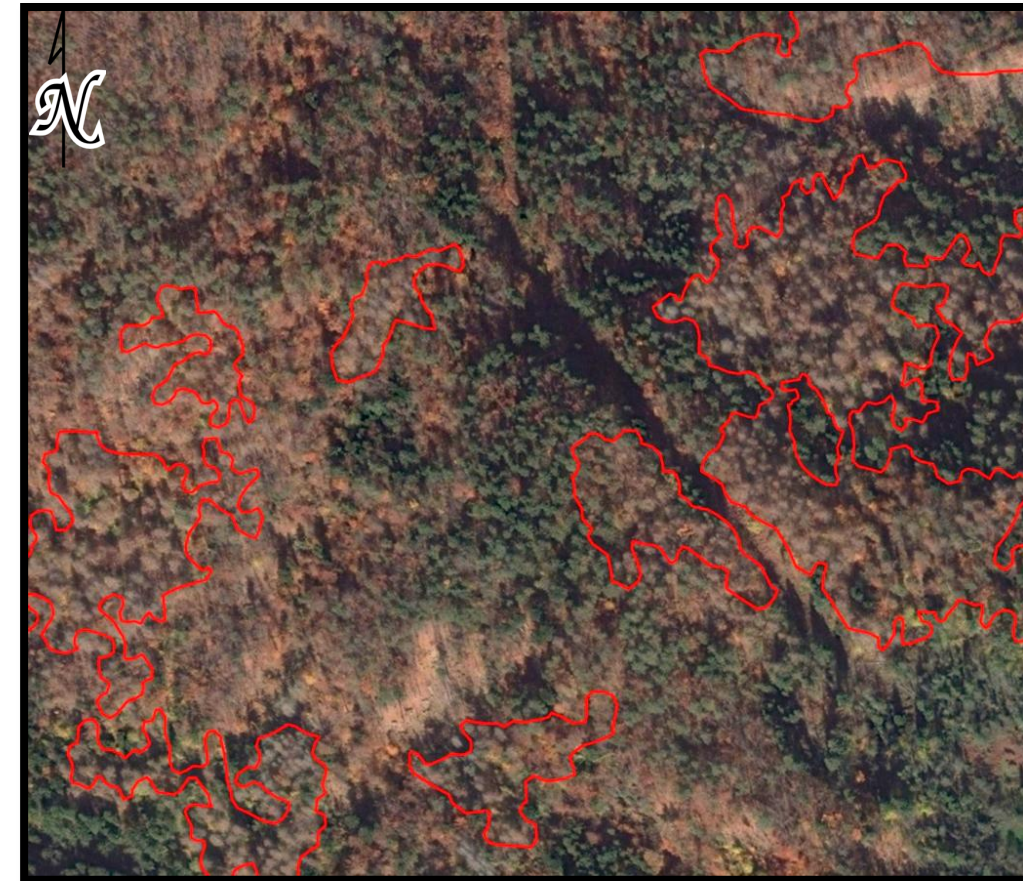
Slika 13.4. Površine poligona na lokalitetu Vode

Žarišta smrekova pisara pojavila su se 2015. (Slika 13.2.) na svim poligonima na kojima su označene površine oslabljenih skupina smrekovih stabala (Slika 13.1.). U 2016. godini (Slika 13.3.) vidimo da su površine tih žarišta manje što se objašnjava činjenicom da su napadnuta stabla sanirana, a što je potvrđeno terestričkim opažanjima te je vidljivo i na slici 13.4. kao smanjenje površine.

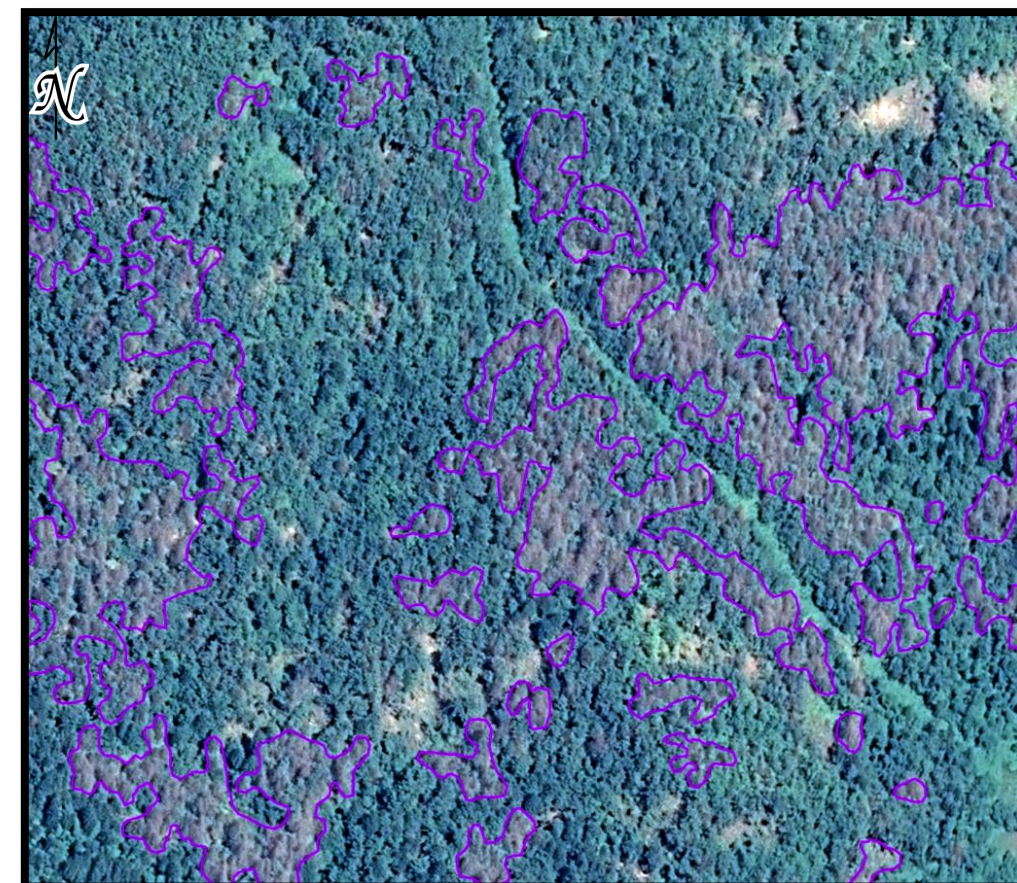




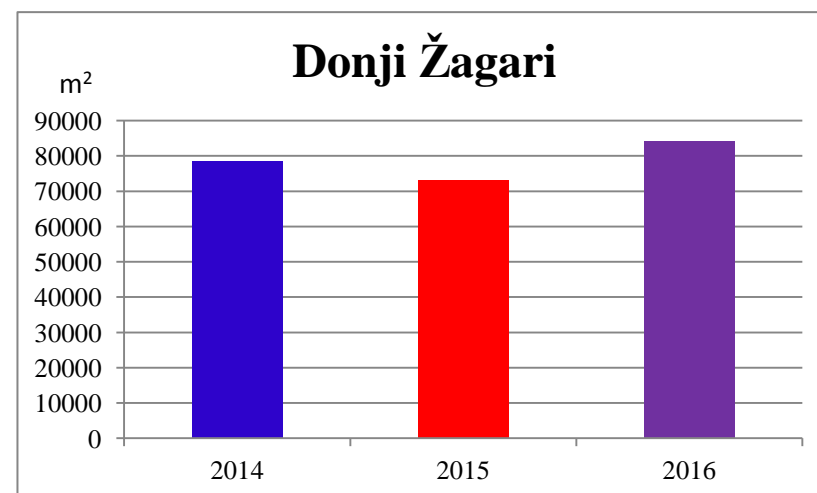
Slika 14.1. Donji Žagari, WV 2 kolorkompozit, travanj 2014



Slika 14.2. Donji Žagari, studeni 2015



Slika 14.3. Donji Žagari, srpanj 2016.



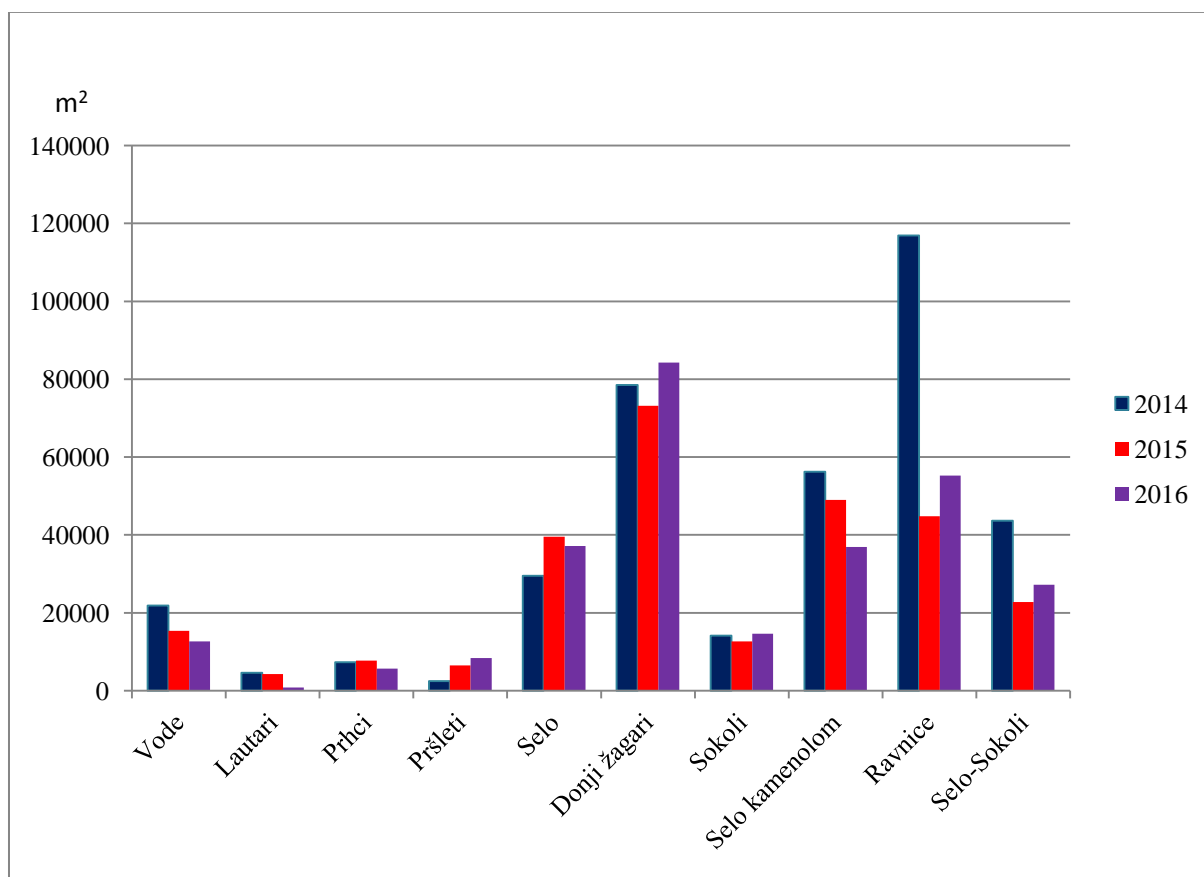
Slika 14.4. Površine poligona na lokalitetu Donji Žagari

Na lokalitetu Donji Žagari velike grupe stabala detektirane su kao fiziološki oslabljene (Slika 14.1.). Na snimku iz 2015. prostorna se predikcija ostvarila, ali na manjim površinama (Slike 14.2. i 14.4.). U 2016. godini žarišta su se proširila (Slika 14.3.).



## 5. Rasprava

Rezultati provedenog istraživanja ukazali su na vrlo visok stupanj preklapanja površina izdvojenih predikcijom pojave smrekovog pisara na snimku iz 2014. godine sa površinama kartiranim na snimkama iz 2015. i 2016. godine. Prema Worrellu (1983) prenamnoženja smrekova pisara povezana su sa velikom količinom materijala pogodnog za njihov razvoj i razmnožavanje. Ovakvi uvjeti upravo su zadovoljeni na prostoru Gorskog kotara nakon ekstremne pojave ledene kiše u veljači 2014. godine. Osim neposredno izvaljenih i polomljenih stabala, značajno je porastao i udio stabala kod kojih je vitalitet narušen pa su postala osjetljivija na napad biotičkih štetnih čimbenika kakvi su primjerice potkornjaci. Obična smreka u tom je smislu naročito izložena napadu smrekovog pisara. Titovšek (1988) navodi da sva stabla koja su zimi nastradala od vjetra, snijega ili leda trebaju do proljetnog rojenja smrekova pisara biti posječena, okorana i izrađena, a neotkorana oblovinu treba se transportirati izvan područja u kojem postoji visok rizik od prenamnoženja smrekova pisara.



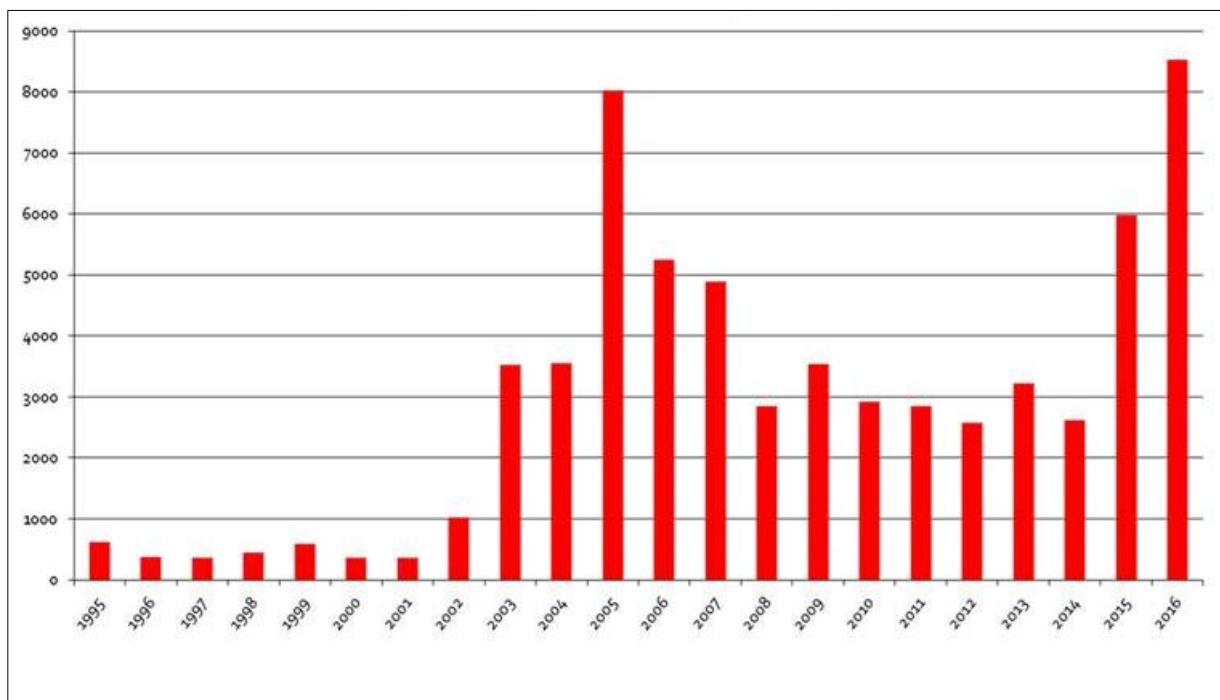
Slika 15. Prikaz delineiranih površina na svim snimkama i lokalitetima

Tijekom interpretacije infracrvenog kolorkompozita 2014. godine detektirali smo površine na kojima je obična smreka pokazivala odmak u vitalitetu što smo uzeli kao potencijalni čimbenik pojave žarišta smrekovog pisara. Pri interpretaciji satelitske snimke, odnosno kolorkompozita, odabrana je kombinacija onih kanala u kojima se najbolje ocrtavaju karakteristike željenih objekata. Meddens (2013) ukazuje na uporabu multispektralnih snimaka prilikom detekcije oštećenosti, a ističe važnost uporabe bližeg infracrvenog zračenja.

Prilikom usporedbe površina koje su detektirane kao oštećene na kolorkompozitu 2014. godine sa satelitskim snimkama 2015. i 2016. godine, vidljiva su određena odstupanja (Slika 15.). Naime, u određenim situacijama, površine na kojima je predviđen napad smrekova pisara su veće od onih površina na kojima je napad ostvaren. Razlog tome može biti provedena sječa smrekovih stabala u pojedinim sastojinama zahvaćenim sušenjem (Slike 12.1., 12.2. i 12.3.). Kod nekih testiranih isječaka, delineirane površine iz 2015. i 2016. godine su veće od površine delineirane na kolorkompozitu 2014. godine (Slike 9.1., 9.2. i 9.3.). Ovo se lako može objasniti jer ukazuje na očekivano i dobro poznato širenje napada smrekova pisara iz inicijalnih žarišta. Titovšek (1988) navodi kako lovnim stablima treba okružiti žarište, na način da ta lovna stabla ne budu udaljena više od 50 metara od žarišta. U 2014. godini žarišta još nisu bila formirana, ali provedena interpretacija i procjena fiziološkog vitaliteta na izrađenom kolorkompozitu mogla bi izvrsno poslužiti za preventivne metode zaustavljanja pojave žarišta u delineiranim površinama na samom početku gradacije. Polaganjem lovnih stabala u dijelovima sastojina smrekovih stabala podložnih napadu potkornjaka usmjerio bi se njihov napad na ciljanu i od šumara odabranu drvenu tvar čime se odvraća populacija smrekovog pisara od ostatka osjetljivih dijelova smrekovih šuma na tom području.

Na satelitskim snimkama može se vidjeti da postoje stabla koja su oštećena, no nisu uzeta u obradu podataka i ne čine udio u površini koja prikazuje oštećenost. Pojedinačna stabla izuzeta su iz delineiranja površina budućih napada radi zadanog osnovnog cilja istraživanja, a to je prognoza pojava i širenje žarišta, a ne oštećenost individualnih stabala. Interpretacijom se na snimci mogu još detaljnije izdvojiti pojedini poligoni odnosno oštećena pojedinačna stabla, što je svakako značajno s aspekta određivanja površinskog udjela oštećenosti kod procjene štete. U stvarnosti je ovo teško provesti na terenu, između ostaloga i zbog nemogućnosti pristupa zahvaćenim područjima.

Daljinska istraživanja imala bi veliku vrijednost za šumarsku struku kada bi se rizične površine kartirale i prostorno jasno isticale mogućnost pojave smrekova pisara. Bernardinelli i dr. (2008) ukazuju na važnost daljinskih istraživanja kao metode kojom bi se istaknule one sastojine kod kojih je nužan pažljiv monitoring kako bi se pravovremeno provele mjere zaštite šuma poput sanitarnih sječa, masovnih izlova feromonskim klopka te polaganjem lovnih stabala. Na taj način smanjio bi se utrošak vremena pri terenskom pregledu sastojina, posebice nakon velikih nepogoda, a samim time dalo bi se i dovoljno vremena šumarskoj operativi da pravovremeno reagira. Prema Wermelingeru (2004) prostorni razvoj napada smrekova pisara može se analizirati GIS – om i višestrukim regresijskim tehnikama kako bi se istražila potencijalna povezanost između klimatskih, sastojinskih i fitosanitarnih čimbenika te dinamike zaraze. Spomenute tehnike pružaju mogućnosti za procjenu rizika ukazujući na najznačajnije čimbenike koji iniciraju povećanje gustoće smrekova pisara. Jakuš i dr. (2003) navode prednosti i nedostatke terenskih i daljinskih istraživanja pri prostornoj dinamici širenja smrekova pisara. Navode da su prednosti terenskih istraživanja relativno mali troškovi prikupljanja podataka, ali prikupljanje podataka dugo traje, a kasnije karte koje se izrađuju su male prostorne rezolucije. S druge strane, daljinska istraživanja omogućuju brzo prikupljanje podataka i izradu karata visoke prostorne rezolucije. Nedostatak je što je snimanje i prikupljanje podataka razmjerno skupo.



Slika 16. Grafički prikaz ulova potkornjaka u feromonskim klopka od 1995. – 2016. godine na 41 stalnoj lovnjoj lokaciji na području UŠP Delnice (Izvor: mr. sc. Željko Kauzlarić)

Provedenim istraživanjem jasno smo potvrdili uporabljivost daljinskog istraživanja u vrlo konkretnom primjeru najranije moguće detekcije rizičnih smrekovih sastojina u kojima se u danim okolnostima (klima, postojeća gustoća populacije potkornjaka) može očekivati napad smrekovog pisara. Kontinuirani monitoring populacije smrekovog pisara na području Gorskog kotara (Slika 16.) jasno ukazuje na dva razdoblja. Prvo razdoblje traje od 1995. do 2002. godine tijekom kojeg je gustoća populacije smrekovog pisara niska i u istom razdoblju nisu zabilježene pojave njegovih gradacija. Drugo razdoblje započinje 2003. godine i traje do danas te je karakterizirano visokom gustoćom populacije smrekova pisara. U znanstvenoj literaturi navodi se da prenamnoženje smrekovog pisara pri normalnim uvjetima traje 3 do 6 godina (Wermelinger 2004) pa se i u narednim godinama mora računati na stalan rizik od širenja područja zahvaćenog gradacijom. Između ostaloga, trajanje i intenzitet gradacije ovisit će o uspješnosti i pravovremenosti provedenih mjera sanacije postojećih i budućih žarišta. Ako znamo da se uspješnost prevencije ili zasutavljanja već postojeće gradacije smrekovog pisara na nekom području ovisi upravo o ranom djelovanju šumarske operative, provedena metodologija koja se temelji na interpretaciji snimaka značajno doprinosi učinkovitijem rješavanju suzbijanja jednog od najvažnijih štetnika smrekovih šuma Europe.

## 6. Zaključci

Na temelju provedene interpretacije odabranih isječaka satelitske snimke WorldView 2 (18. travnja 2014. godine) područja Gorskog kotara zahvaćenog ledenom kišom mogu se izdvojiti slijedeći zaključci:

1. Odabrana kombinacija kanala (8, 5, 3) satelitske snimke daje nam kolorkompozit najbliži infracrvenim kolornim aerosnimkama, na kojima se najbolje očitavaju karakteristike potrebne za interpretaciju fiziološkog statusa smrekovih stabala i kao takav je bio dostatan za jasno izlučivanje navedenog stratuma.
2. Usporedba rezultata provedene interpretacije fiziološkog statusa smrekovih sastojina u godini pojave vremenske nepogode (2014.) i prostorne pojave žarišta napada smrekovog pisara u prvoj i drugoj godini nakon nepogode (2015, 2016.) ukazala je na vrlo visok stupanj pouzdanosti ovog postupka.
3. Kartiranjem čitavog područja zahvaćenog vremenskom nepogodom, na temelju provedene interpretacije kolorkompozita definirala bi se područja visokog rizika izbijanja gradacije.
4. Ograničene materijalne i ljudske resurse šumarske operative time bi se pravovremeno usmjerilo na površine gdje je provedba postupaka integrirane zaštite šuma doista i najpotrebnija.
5. Ovakav pristup provedbe mjera predstavlja uvjerljivo najkorisniju metodološku inovaciju u prvom koraku suzbijanja potkornjaka – ranog otkrivanja i predikcije njihove pojave na stojećim stablima.

## **7. Zahvale**

Ovim putem zahvaljujemo se doc. dr. sc. Mariu Ančiću na uloženom trudu i vremenu pri izradi ovoga rada.

## 8. Popis literature

Bakke, A., 1989: The recent *Ips typographus* outbreak in Norway – experiences from a control program. *Holarctic Ecology* 12: 515-519. Copenhagen, 1989.

Bakke, A., Frøyen, P., and Skattebøl, L., 1977: Field response to a new pheromonal compound isolated from *Ips typographus*. In: Christiansen, E. & Bakke, A. 1988: The spruce bark beetle of Eurasia.

Bernardinelli, I., Stergulc, F., Frigimelica, G., Zandigiacomo, P. & Faccoli, M., 2008: Spatial analysis of *Ips typographus* infestations in South-Eastern Alps.

Christiansen, E. & Bakke, A. 1988: The spruce bark beetle of Eurasia. p. 479-503. In: Dynamics of Forest Insects Population. Patterns, Causes, Implications. Edited by: Berryman A. A. Plenum Press. New York-London.

Horntvet, R., Christiansen, E., Solheim, H., and Wang, S., 1983, Artificial inoculation with *Ips typographus*-associated blue-stain fungi can kill healthy Norway spruce trees. In: Christiansen, E. & Bakke, A. 1988: The spruce bark beetle of Eurasia.

Jakuš, R., Grodzki, W., Ježik, M., Jachym, M. 2003: Definition of Spatial Patterns of Bark Beetle *Ips typographus* (L.) Outbreak Spreading in Tatra Mountains (Central Europe), Using GIS. In: McManus M, Liebhold A (eds) Ecology, survey and management of forest insects. Proceedings of the conference. USDA Forest Service, Warren, pp 25–32

Kärvemo, S. & L. M. Schroeder (2010). A comparison of outbreak dynamics of the spruce bark beetle in Sweden and the mountain pine beetle in Canada (Curculionidae: Scolytinae)." *Entomologisk Tidskrift* 13(3): 215-224.

Kärvemo, S., 2015: Outbreak dynamics of the spruce bark beetle *Ips typographus* in time and space. Faculty of Forest Sciences, Department of Ecology, Uppsala.

Kasumović, L. 2016: Prilagodba razvojnog ciklusa, prezimljavanja i prostorne distribucije sprekovih potkornjaka (*Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L.) u odnosu na temeljne stanišne čimbenike. Šumarski fakultet sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, doktorski rad.

Knižek, M. & Beaver, R. 2004: Taxonomy and Systematics of Bark and Ambrosia Beetles, p 48. In: Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis. Edited by:

Lieutier, F.; Day, R.; Battisti, A.; Gregorie, J. C. & Evans, H. F. London, UK. Kluwer Academic Publisher.

Kurtz, W. A., Dymond, C. C., Stinson, G., Rampley, G. J., Neilson, E. T., Carroll, A. L., Ebata, T. & Safranyik, L., 2008: Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature*, 452, 987-990.

Lausch, A., Heurich, M., Gordalla, D., Dobner, H.-J., Gwilym – Marginato, S., Salbach, C. 2013: Forecasting potential bark beetle outbreaks based on spruce forest vitality using hyperspectral remote – sensing techniques at different scales. In: *Forest ecology and management*, 308, (2013), 76-89.

Meddens, A. J. H., Hicke, J. A., Vierling, L. A., Vierling, L. A., 2013: Evaluating methods to detect bark beetle-caused tree mortality using single-date and multi-date Landsat imagery.

Metodologija za procjenu šteta na šumskim sastojinama u kontinentalnim šumama uzrokovanih velikim prirodnim nepogodama (led, snijeg, vjetar, poplave, požari), mjere sanacije i gospodarske mjere za umanjivanje rizika. Znanstvena studija, Šumarski fakultet, Zagreb 2015, 173 str.

Milinković, M., 2014: Detekcija oštećenih smrekovih sastojina kao potencijalnih žarišta napada potkornjaka metodama daljinskih istraživanja. Šumarski fakultet u Zagrebu, diplomski rad.

Økland, B. & Berryman, A., 2004: Resource dynamics plays a key role in regional fluctuations of the spruce bark beetles *Ips typographus*. In: *Agricultural and Forest Entomology* (2004) 6, 141-146.

Pernek, M. 2000: Feromonske klopke u integriranoj zaštiti smrekovih šuma od potkornjaka. Rad šumarskog instituta. Jastrebarsko.

Schwerdtfeger, F., 1955: Pathogenes der Borckenkäfer-Epidemie 1946-1950. In: Christiansen, E. & Bakke, A., 1988: The spruce bark beetle of Eurasia.

Stefanović, P., Radwan, M. M., Tempfli, K., 1977: Digital terrain models: data acquisition, processing and applications. *ITC Journal*, 3: 177-186.

Stipaničić, L., 2015: Primjena GIS-a i daljinskih istraživanja za procjenu šteta kod prirodnih katastrofa, završni rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.



Titovšek, J., 1988: Podlubniki (Scolytidae) Slovenije – obvladovanje podlubnikov. Zveza društev inženjerjev in thnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije: Gozdarska založba, 1988. Ljubljana.

Vukelić, J. & Rauš, Đ., 1988: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u zagrebu. Zagreb, sveučilišni udžbenik.

Vuletić, D., Kauzlarić, Ž., Balenović, I., Krajter Ostojić, S., 2014: Assessment of Forest Damage in Croatia Caused by Natural Hazards 2014. South-east Eur for 5 (1): 65-79.

Wermelinger, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* - a review of recent research. In: Forest Ecology and Management 202 (2004). 67 – 82.

Worrell, R., 1983, Damage by the spruce bark beetle in South Norway 1970-80. In: Christiansen, E. & Bakke, A. 1988: The spruce bark beetle of Eurasia.

URL-1: Izvještajno prognozni poslovi u šumarstvu za 2013/2014 godinu. Hrvatski šumarski institut Jastrebarsko,

[https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiDnpLN3sbTAhUDWRQKHeYYDUoQFggyMAI&url=https%3A%2F%2Fstetnici.blob.core.windows.net%2Fweb%2Fpost\\_attachments%2FIPP%2520izvje%25C5%25A1taj%25202013%2520i%2520prognoza%252020141.pdf&usg=AFQjCNEyNfHjPuqr86P9Hk327tE3nyeF6w](https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiDnpLN3sbTAhUDWRQKHeYYDUoQFggyMAI&url=https%3A%2F%2Fstetnici.blob.core.windows.net%2Fweb%2Fpost_attachments%2FIPP%2520izvje%25C5%25A1taj%25202013%2520i%2520prognoza%252020141.pdf&usg=AFQjCNEyNfHjPuqr86P9Hk327tE3nyeF6w)

URL-2: Izvještajno prognozni poslovi u šumarstvu za 2015/2016 godinu. Hrvatski šumarski institut, Jastrebarsko,

[https://stetnici.blob.core.windows.net/web/post\\_attachments/IPP%20izvje%25C5%25A1taj%202015%20i%20prognoza%202016.pdf](https://stetnici.blob.core.windows.net/web/post_attachments/IPP%20izvje%25C5%25A1taj%202015%20i%20prognoza%202016.pdf)

## 9. Sažetak

Milan Čop, Marko Bačurin

### **Prognoza gradacije i širenja napada smrekovog pisara (*Ips typographus*) nakon ledoloma u Gorskom kotaru interpretacijom satelitskih snimaka WorldView 2**

Nakon ekstremne pojave ledene kiše u veljači 2014. godine, područje Gorskog kotara zahvaćano je naknadnom gradacijom smrekovih potkornjaka, napose smrekovog pisara (*Ips typographus*). U velikom broju znanstvenih istraživanja dobro je dokumentirana činjenica da nakon velikih vremenskih nepogoda (vjetroloma, snjegoloma, požara i slično), koje rezultiraju nagomilavanjem drvnog materijala pogodnog za razvoj potkornjaka, njihove populacije prenamnažaju do kalamitetnih razmjera. Smrekov pisar u tom je pogledu dominantna vrsta potkornjaka koja ulazi u višegodišnje gradacije nakon kojih je šteta od njegova prenamnoženja često jednaka ili veća od onih uzrokovanih ekstremnim klimatskim pojavama.

Sa ciljem utvrđivanja mogućnosti prognoze gradacije i širenja napada smrekova pisara, obavljena je vizualna interpretacija satelitske snimke WorldView 2. Izrađen je kolorkompozit (8, 5, 3) na kojem se neposredno odvijala interpretacija tijekom koje su izdvajane grupe fiziološki oslabljenih smrekovih stabala. Ovakva stabla, grupe stabala ili sastojine primarna su žarišta napada smrekova pisara. Uz to, interpretirane su i satelitske snimke preuzete sa Google Earth-a iz 2015. i 2016. godine. Površine na kojima su se tijekom dvije konsektivne godine pojavila i razvijala žarišta napada smrekovog potkornjaka dokumentirane su tijekom terestričkih obilazaka i delineirane na snimkama. Izračunate su površine delineiranih stratuma te je procijenjena prostorna i površinska točnost interpretacije kolorkompozita, odnosno pouzdanost prostorne predikcije pojave žarišta i širenja napada smrekovog pisara. Usporedba rezultata provedene interpretacije fiziološkog statusa smrekovih sastojina u godini pojave vremenske nepogode i prostorne pojave žarišta napada smrekovog pisara u prvoj i drugoj godini nakon nepogode, ukazala je na vrlo visok stupanj pouzdanosti ovog postupka.

Može se zaključiti da bi daljinska istraživanja mogla uvelike smanjiti terenski napor pri pronalasku oštećenih stabala i ubrzati pravovremene zahvate u preveniranju razvoja gradacije potkornjaka. Kartiranjem čitavog područja zahvaćenog vremenskom nepogodom, na temelju ovako provedene interpretacije kolorkompozita, delineirala bi se područja visokog rizika izbijanja gradacije. Ograničene materijalne i ljudske resurse šumarske operative time bi se

pravovremeno usmjerilo na površine gdje je provedba postupaka integrirane zaštite šuma doista i najpotrebnija.

Ključne riječi: smrekov pisar, GIS, daljinska istraživanja, ledolom, Gorski kotar.

## 10. Summary

Milan Čop, Marko Bačurin

### **Prediction of an outbreak and spread of attack of the European spruce bark beetle (*Ips typographus*) after the ice storm in Gorski kotar on WorldView 2 satellite imagery**

After the ice storm in February 2014, the area of Gorski kotar has been affected by the subsequent outbreak of spruce bark beetles dominated by the European spruce bark beetle (*Ips typographus*). The causal relationship with bark beetle outbreaks initiated by the weather extremes (wind and snow storms, forest fires, etc.) has been well documented through the scientific research. The sudden accumulation of breeding substrate suitable for their development, enable the exponential population growth of bark beetle populations resulting in vast calamities. European spruce bark beetle in that respect is the dominant species which usually enters a multiyear outbreaks during which the damage from its attack commonly equals or exceeds those initially caused by the weather extremes.

Visual interpretation of the WorldView 2 satellite imagery has been performed in order to test the prediction capability of bark beetle outbreak foci and their spatial spread. During the prepared color composite (8, 5, 3) interpretation, an area of physiologically stressed spruce stands was delineated. These trees, group of trees or whole stands present a primary sources for the initiation of the bark beetle outbreaks. Alongside, an interpretation of digital **satellite imagery** has been performed on imagery from two consecutive years, namely 2015 and 2016. On the satellite imagery delineated areas of bark beetle attack were checked and confirmed during the field observation in 2016. Delineated areas from all three consecutive years were calculated and compared for differences. Comparison of the three, revealed a high degree of congruence, confirming the starting hypothesis of prediction capability based on the infra red colorcomposite interpretation in the year of the triggering weather event, the ice storm in the case of this research.

It can be concluded that the remote sensing approach can significantly reduce the field efforts in the early detection of outbreak foci and their timely sanitation. GIS interpretation of an area affected by extreme weather disturbance, followed by the spatial isolation of the stratum defining the physiologically stressed trees could optimize the early designation of attacked trees and the implementation of all the good practices within the scope of integrated forest

protection. It would also help the foresters to optimize the limited human and technical resources which is always the hindering factor in such events.

Key words: European spruce bark beetle, GIS, remote sensing, ice storm, Gorski kotar