

Visinska rasprostranjenost borovog četnjaka gnjezdara *Thaumatopoea pityocampa* na području nacionalnog parka Paklenica 2024. godine

Bogojević, Lara

Master's thesis / Diplomski 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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:504035>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE**

**ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
TEHNIKA, TEHNOLOGIJA I MANAGMENT U ŠUMARSTVU**

LARA BOGOJEVIĆ

**VISINSKA RASPROSTRANJENOST BOROVOG ČETNJAKA
GNJEZDARA *Thaumatopoea pityocampa* NA PODRUČJU
NACIONALNOG PARKA PAKLENICA 2024. GODINE**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK

**VISINSKA RASPROSTRANJENOST BOROVOG ČETNJAKA
GNJEZDARA *Thaumatopoea pityocampa* NA PODRUČJU
NACIONALNOG PARKA PAKLENICA 2024. GODINE**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Tehnika, tehnologija i management u šumarstvu

Predmet: Integrirana zaštita šuma

Ispitno povjerenstvo:

1. Izv. prof. dr. sc. Milivoj Franjević
2. Doc. dr. sc. Jelena Kranjec Orlović
3. Izv. prof. dr. sc. Marko Vucelja

Student: Lara Bogojević

JMBAG: 0068231429

Broj indeksa: -

Datum odobrenja teme: 26.04.2024.

Datum predaje rada: 20.09.2024.

Datum obrane rada: 25.09.2024.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Visinska rasprostranjenost borovog četnjaka gnjezdara <i>Thaumatopoea pityocampa</i> na području Nacionalnog parka Paklenica 2024. godine
Title	Altitude range of pine processionary moth <i>Thaumatopoea pityocampa</i> in the Paklenica national park area in year 2024.
Autor	Lara Bogojević
Adresa autora	Trg kralja Krešimira 4, 48 000 Koprivnica
Mjesto izrade	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	izv.prof.dr.sc. Milivoj Franjević
Izradu rada pomogao	-
Godina objave	2024.
Obujam	Stranica: 33 Slika: 24 Tablica: 3 Grafikona: 10 Navoda korištene literature: 16
Ključne riječi	<i>Thaumatopoea pityocampa</i> , Nacionalni park Paklenica, <i>Pinus</i> , klimatske promjene
Key words	<i>Thaumatopoea pityocampa</i> , National park Paklenica, <i>Pinus</i> , climate changes
Sažetak	Borov četnjak gnjezdara, kao i mnoge druge vrste, pod velikim je utjecajem klimatskih promjena, koje značajno utječu na njegovu ekologiju i rasprostranjenost. Promjene u globalnim temperaturama i količinama padalina mogu utjecati na fenologiju, reprodukciju i distribuciju ove vrste (Netherer & Schopf, 2010.). Cilj ovog rada je utvrditi visinsku rasprostranjenost vrste na području NP Paklenica u kulturama alepskog i crnog bora. Uslijed klimatskih promjena postoji mogućnost prelaska štetnika na novog domaćina vrstu <i>Pinus mugo</i> u vršnoj zoni parka. Tijekom perioda rojenja provodila su se istraživanja na odabranim pokusnim površinama pomoću naletno barijernih klopki i atraktanata.

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	OB FŠDT 05 07
		Revizija: 2
		Datum: 29.04.2021.

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

U Zagrebu, 25.09.2024. godine

vlastoručni potpis

Lara Bogojević

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Borov četnjak gnjezdar	3
1.2. Borovi domaćini	7
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	8
3. MATERIJALI I METODE	9
3.1. Mjesto istraživanja	9
3.2. Feromonske klopke	10
3.3. Terensko sakupljanje	12
4. REZULTATI	15
5. RASPRAVA	20
5.1. Analiza klime	20
5.2. Analiza dobivenih rezultata	28
6. ZAKLJUČAK	31
7. LITERATURA	32

POPIS SLIKA:

Slika 1: Stadij gusjenice.....	3
Slika 2: Jajno leglo.....	3
Slika 3: Mužjak i ženka.....	4
Slika 4: Žderanje gusjenice	5
Slika 5: Zapredak	5
Slika 6: Područje NP Paklenica.....	9
Slika 7: Feromonsko sredstvo	10
Slika 8: WitaTrap klopka sa prozirnrom posudom	19
Slika 9: WitaTrap klopka sa neprozirnim spremnikom.....	11
Slika 10: Econex G Trap klopka	11
Slika 11: Lokacije postavljenih klopki.....	12
Slika 12: Posudica s uzorkom	14
Slika 13: Prebrojavanje uzoraka	14
Slika 14: Srednja temperatura zraka za lipanj 2024. u RH	20
Slika 15: Srednja količina oborine za lipanj 2024. u RH.....	21
Slika 16: Srednja temperatura zraka za srpanj 2024. u RH.....	22
Slika 17: Srednja količina oborine za srpanj 2024. u RH	23
Slika 18: Srednja temperatura zraka za kolovoz 2024. u RH	24
Slika 19: Srednja količina oborine za kolovoz 2024. u RH	25
Slika 20: Srednja temperatura zraka za ljeto 2024. u RH	26
Slika 21: Srednja količina oborina za ljeto 2024. u RH.....	27
Slika 22: Slika 33: Broj osa u jednom od ulova	38
Slika 23: Pojedene jedinke brovog četnjaka gnjezdara.....	30
Slika 24: Prebrojavanje ulova	30

POPIS TABLICA:

Tablica 1: Razvojni ciklus borovog četnjaka	6
Tablica 2: Podatci o odabranim plohama.....	13
Tablica 3: Ulovi borovog četnjaka gnjezdara po lokacijama i datumima.....	15

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Jaz Škiljića.....	16
Grafikon 2: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Velika Paklenica.....	16
Grafikon 3: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Mala Paklenica.....	17
Grafikon 4: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Pjeskovita kosica	17
Grafikon 5: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Ramići.....	18
Grafikon 6: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Veliko Rujno	18
Grafikon 7: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Zubkov dočić	19
Grafikon 8: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Struge.....	19
Grafikon 9: Prikaz fenologije borovog četnjaka gnjezdara u periodu istraživanja	28
Grafikon 10: Prikaz ulova na svim lokacijama i datumima sakupljanja.....	29

1. UVOD

Thaumatopeoa pityocampa (Denis et Schiffermüller), obično poznat kao borov četnjak gnjezdar, vrsta je leptira koja se nalazi diljem Sredozemnog bazena. Ova vrsta ima značajnu ulogu u šumskim ekosustavima, posebno u borovim šumama, gdje njezine gusjenice doprinose defolijaciji i smanjenom vitalitetu drveća (Huchon i Démolin, 1971.). Konzumirajući borove iglice, ove gusjenice mogu imati ozbiljne ekološke i ekonomske učinke, kao što je zaostatak u rastu drveća, povećana osjetljivost na bolesti i štetnike te smanjena vrijednost drva (Battisti i sur., 2005.).

Borov četnjak gnjezdar, kao i mnoge druge vrste, pod velikim je utjecajem klimatskih promjena, koje značajno utječu na njegovu ekologiju i rasprostranjenost. Promjene u globalnim temperaturama i količinama padalina mogu utjecati na fenologiju, reprodukciju i distribuciju ove vrste (Netherer & Schopf, 2010.). Promjenjivi temperaturni obrasci uzrokovani globalnim zagrijavanjem mogu promijeniti rasprostranjenost borovog četnjaka gnjezdara, pomičući je prema sjevernim regijama i višim nadmorskim visinama. Povećane stope preživljavanja jaja i ličinki tijekom toplijih zima doprinose rastu populacije, kao što je primijećeno u studijama koje su proveli Battisti i dr. 2006. godine.

Nadalje, na sinkronizaciju između borovog četnjaka gnjezdara i njegovih prirodnih neprijatelja mogu utjecati klimatske promjene. Promjene temperature mogu poremetiti vremenski raspored bioloških događaja, što dovodi do neusklađenosti između pojave gusjenica i prisutnosti njihovih predatora ili parazitoida (Van Asch i Visser, 2007.). Ova neusklađenost može dodatno pridonijeti širenju populacija borovog četnjaka gnjezdara.

Istraživanja su pokazala da se područje distribucije borovog četnjaka gnjezdara širi prema sjeveru i na veće nadmorske visine kao odgovor na klimatske promjene. U područjima gdje je ranije bila prisutna zima s niskim temperaturama, sada se bilježe sve blaže zime, omogućujući borovom četnjaku gnjezdaru da preživi i kolonizira nova staništa (Robinet i Roques, 2010). Ovaj proces je već dokumentiran u nekoliko europskih zemalja, uključujući Francusku, Italiju i Španjolsku, gdje su zabilježene promjene u distribuciji i intenzitetu zaraze borovim četnjakom gnjezdarom (Battisti i dr., 2005).

Nacionalni park Paklenica, smješten na južnim padinama Velebita, predstavlja iznimno važan prirodni rezervat s bogatom florom i faunom. Promjene u distribuciji vrsta kao što je borov četnjak gnjezdar mogu imati značajan utjecaj na ekosustave ovog područja. Stoga je cilj ovog istraživanja utvrditi visinsku rasprostranjenost borovog četnjaka gnjezdara u Nacionalnom parku Paklenica 2024. godine te analizirati moguće uzroke i posljedice ovih promjena.

1.1. Borov četnjak gnjezdar

Borov četnjak gnjezdar pripada porodici *Thaumtopoidae*, prelci četnjaci. Spominje se od davnina, ne kao šumski štetnik, već zbog otrovnih dlačica kojima je prekriveno tijelo gusjenica, koje izazivaju upalu sluznica i urtikariju na koži (Androić 1957). Ime su dobili po karakterističnom kretanju gusjenica (Slika 1) po tlu u jednorednoj koloni tražeći pogodno mjesto za kukuljenje (Hrašovec i dr. 2011).

Jaje borovog četnjaka je bijelo-biserna sjaja, a ženka ih polaže u jedan red oko para iglica bora u skupini od 150-300 (Hrašovec i dr. 2011). Jajna legla (Slika 2) su pokrivena sivocrvenkastim ljuskama, koje ženka nosi na abdominalnoj pločici (Androić 1957).

Gusjenica crne glave i crnog hrpta, a na trbuhu je blijedo zelena te doseže duljinu od oko četiri centimetra (Hrašovec i dr. 2011).



Slika 1: Stadij gusjenice (Autor: Milivoj Franjević)



Slika 2: Jajno leglo (izvor: Monaco Nature Encyclopedia

<https://www.monaconatureencyclopedia.com/thaumetopoea-pityocampa/?lang=en> Pristupljeno 01.08.2024.)

Prema Androiću 1957. kukuljice su smeđe boje, a kokoni nešto svijetlije boje.

Imaga borovog četnjaka gnjezdara (Slika 3) su prema Hrašovcu i dr. 2011. sive glave, prsišta i prednjih krila, a stražnja krila su bijela sa crnom pjegom na stražnjem kraju, zadak im je žuto – crno prstenovan i na kraju nosi ružičaste dlake. Raspon krila kod ženki iznosi 35 – 45 mm, a kod mužjaka 30 – 35 mm.



Thaumetopoea pityocampa

Slika 3: Mužjak i ženka (izvor: https://www.researchgate.net/figure/Sexual-dimorphism-in-moths-of-Thaumetopoea-pityocampa-and-Thaumetopoea-bonjeani-and_fig1_343525101 Pristupljeno 19.07.2024.)

Leptiri se pojavljuju u prvoj polovici srpnja do prve polovice kolovoza, ovisno o biotopu i klimatskim uvjetima, lete noću u prvoj polovici srpnja, varijacije u vremenskim uvjetima utječu na biološke datume (Androić 1957).

Ženke nakon kopulacije odlaze jaja najčešće na donjim granama bora i brzo ugibaju. Prema Androiću 1957. ekluzija gusjenica događa se obično mjesec dana nakon odlaganja jaja, no nepovoljni vremenski uvjeti mogu odgoditi ovaj proces. Gusjenice se obično izlegu u jednom danu, iako se može dogoditi da ovaj proces traje 2-3 dana; kada gusjenice izgrizu iglice (Slika 4) s jednog izbojka, prelaze na drugi i penju se prema vrhu krošnje (Hrašovec i dr. 2011). Traže

osunčane i višlje dijelove stabla na kojima će napraviti zimski zapredak (slika 5) u kojem prezimljuju.



Slika 4: Žderanje gusjenice (izvor: Faculty web, <https://facultyweb.cortland.edu/fitzgerald/PineProcessionary.html> Pristupljeno 01.08.2024.)



Slika 5: Zapredak (Izvor: Animal wisd, <https://www.animalwised.com/life-cycle-of-the-pine-processionary-caterpillars-4091.html> Pristupljeno 01.08.2024.)

U Hrvatskom Primorju i Dalmaciji, gusjenice obično prezimljuju u 4. ili 5. stadiju, ako zime nisu hladne i gusjenice se mogu kontinuirano hraniti, ne prelaze u stanje zimskog mirovanja ili anabioze (Androić 1957). Iz više jajnih legala često formiraju velike kolonije i zapredke, koji mogu sadržavati do 800 gusjenica.

Gusjenice se zakukuljuju u zemlji na dubini od 10 – 20 cm, obično na područjima bez travnoga pokrova ili na sunčanim mjestima, najčešće na rubovima sastojina ili pod krošnjama borova u rijetkim sastojinama, vrlo rijetko se kukuljica može naći unutar zapretka (Androić 1957). Nakon čega se polovicom ljeta pojavljuje imago te se ciklus razvoja (Tablica 1) ponavlja.

Kod borovog četnjaka gnjezdara susrećemo se sa dijapauzom u stadiju kukuljice koja može značajno varirati ovisno o nadmorskim visinama na kojima se nalazi i vremenskim uvjetima Salman i dr. 2019. (Prema: Demolin 1969). Varijabilan postotak kukuljica ulazi u produljenu dijapazu, tako da izlazak leptira bude odgođen na sljedeće godine Salman i dr. 2018 (Prema: Demolin 1990), s maksimalnim zapaženim trajanjem od 8 godina Salman i dr. 2019. (Prema: Salman i dr. 2016).

Godina	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1.	○	○	○ ●	●	●	●	● +	+ •	○	○	○	○
2.	○	○	○ ●	●	●	●	● +					

Tablica 1: Razvojni ciklus borovog četnjaka

Legenda

- -Jaje
- -Gusjenica
- -Kukuljica
- +

1.2. Borovi domaćini

Borov četnjak gnjezdar u prvom je redu štetnik borova ali ne napada sve vrste podjednako već se najradije hrani na crnom boru. Napada i alepski (*Pinus halepensis* Miller, 1768.), primorski (*Pinus pinaster* Aiton, 1789.) i brucijski bor (*Pinus brutia* Lamarck, 1802.), a može se hraniti i iglicama cedrova (*Cedrus sp.*), smreke (*Picea abies* (L.) Karsten, 1881.), jele (*Abies alba* Miller, 1768.), vajmutovca (*Pinus strobus* L., 1753.), duglazije (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, 1866.) te planinskog bora (*Pinus mugo* Turra, 1765.) na kojem se počeo pojavljivati uslijed vertikalnih migracija uzrokovanih utjecajima klimatskih promjena.

Prema Brousse i dr. (2013), borov četnjak gnjezdar će nastaviti širenje po Francuskoj, a potencijalno i u druge dijelove Europe, jer promjene temperature značajno utječu na njegovo širenje, pri čemu su u simulacijama koje su provedene s promjenama temperature zabilježeni veći porasti u zaraženom području i sjevernoj granici rasprostranjenosti.

Battisti i dr. (2006), ističe da su povišene zimske temperature doprinijele širenju borovog četnjaka gnjezdara u nove geografske predjele. Povećanjem zimskih temperatura omogućava se da preživi zimu i ubrza svoj razvojni ciklus, što za posljedicu ima veći broj generacija godišnje te mogućnost širenja vrste u sjevernije predjele i na višlje nadmorske visine na kojima do sada nije bilo pogodno za njegov opstanak.

Banjanac i dr. (2018), također potvrđuje da su blaže zime i promjene u temperaturnim uvjetima omogućile širenje borovog četnjaka gnjezdara u nova područja unutar Bosne i Hercegovine. Uvjeti u ovim novim područjima, koji nisu prethodno bili pogođeni ovim štetnikom, sada su postali pogodniji za njegov razvoj.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Borov četnjaka gnjezdar *Thaumatopoea pityocampa* (Denis et Schiffermüller) je u prvom redu štetnik borova, ali ne napada sve vrste podjednako već se najradije hrani na crnom boru (*Pinus nigra* Arnold). Cilj ovog rada je utvrditi visinsku rasprostranjenost vrste na području NP Paklenica u kulturama alepskog i crnog bora. Uslijed klimatskih promjena postoji mogućnost prelaska štetnika na novog domaćina vrstu *Pinus mugo* u vršnoj zoni parka. Tijekom perioda rojenja provoditi će se istraživanja na odabranim pokusnim površinama pomoću naletno barijernih klopki i atraktanata, što će omogućiti analizu distribucije i preferencija borovog četnjaka gnjezdara s obzirom na vrstu bora kojom se hrane na pojedinom mjestu istraživanja.

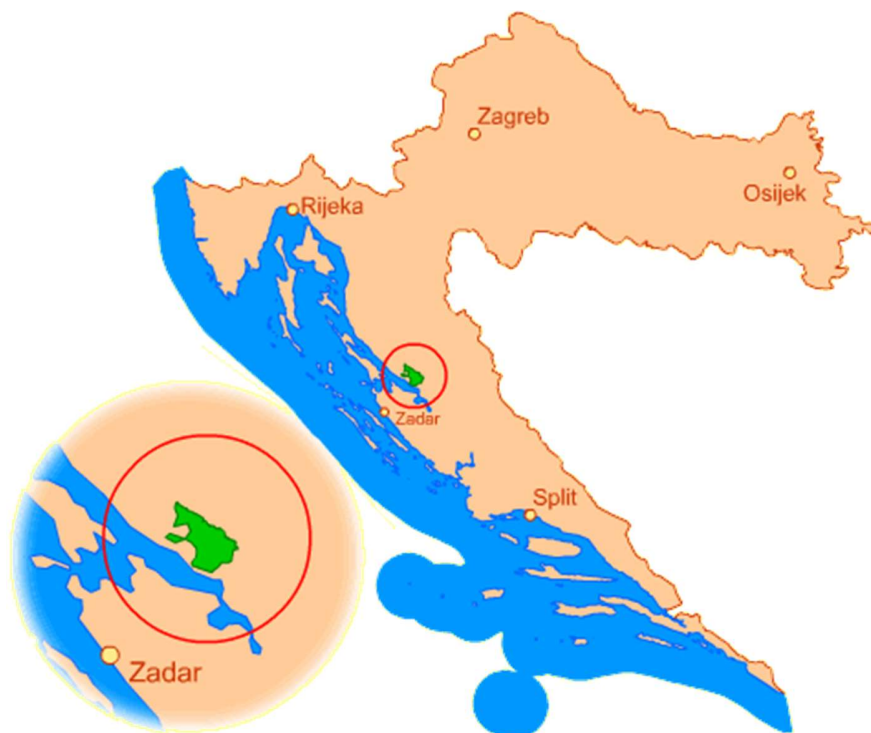
Nadalje, istraživanje nastoji utvrditi potencijalne promjene u dinamici populacije štetnika i predvidjeti buduće rizike za šumske ekosustave u ovom zaštićenom području. Omogućujući dublje razumijevanje utjecaja klimatskih promjena na šumske štetnike, rezultati ovog istraživanja mogu biti od pomoći u razvoju strategija upravljanja.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Mjesto istraživanja

Istraživanje se provodilo na području Nacionalnog parka Paklenica gdje je odabrano osam pokusnih ploha na kojima su postavljene feromonske klopke. Pokusne plohe nalaze se u kulturama crnog i alepskog bora te planinskog bora na najvišim visinama uz visinski gradijent od 5 m.n.v. do 1400 m.n.v.

Šuma Paklenica je 1949. godine s dijelovima kanjona Velike i Male Paklenice proglašena Nacionalnim parkom. Područje Nacionalnog parka Paklenica (Slika 6) prostire se na 95 km² na primorskoj padini južnog Velebita, na nadmorskoj visini u rasponu od 30 do 1757 m tj. do najvišeg velebitskog vrha, Vaganskog vrha. Ime Paklenica potječe od smole crnog bora, tzv. pakline, koja se vadila iz zasječenih stabala crnog bora i koristila se za luč, osvjetljavanje, potpalu, premazivanje brodova i zacjeljivanje rana.



Slika 6: Područje NP Paklenica (Izvor: Flora Fauna, <http://9aff.9a1wff.eu/opisi/paklenica.html>, Pristupljeno 19.08.2024.)

Stare šumske sastojine, kako stoji u planu upravljanja, prekrivaju više od polovice prostora Nacionalnog parka te su zastupljene kroz osam biljnih zajednica, a posebno se ističu stare bukove šume i autohtone šume crnoga bora. Šumama na području NP se ne gospodari osim u izvanrednim okolnostima kao što je požar, napadi štetne entomofaune i sl.

Šume alepskog bora, crnog bora i planinskog bora kao šume od posebnog značaja za ovo istraživanje pronalazimo na različitim visinama. Šume alepskog bora nalazimo na visinama od 0 do 200 metara, mješovite šume crnog bora i listača na srednjim visinama, a planinski bor čini gornju granicu šumske vegetacije u Nacionalnom parku.

3.2. Feromonske klopke

Feromonske klopke, zajedno sa feromonskim atraktantima korištene su, prilikom istraživanja, za monitoring populacije borovog četnjaka gnjezdara. Kao sredstvo primamljivanja korišteni su seksualni feromoni, sintetizirani kemijski spojevi koje luči ženka s ciljem privlačenja mužjaka.

Klopka WitaTrap je specijalizirana klopka za hvatanje živih kukaca, posebno kornjaša i leptira. Klopka je dizajnirana da bude ekološki prihvatljiva te da ne šteti drugim vrstama. Dolazi u dvije verzije: sa prozirnom (Slika 8) i neprozirnom (Slika 9) zelenom posudom za sakupljanje ulova. Dizajnirana je tako da je postavljanje i rukovanje jednostavno, a klopka se može koristiti u različitim uvjetima. Klopka se sastoji od posude, lijevka, spremnika za feromon, čepa te vezice pomoću koje se ovjesi da slobodno visi s grane. Feromonsko sredstvo (Slika 7) koje se koristilo je Econex Thaumetopoea pityocampa.



Slika 7: Feromonsko sredstvo-Econex Thaumetopoea pityocampa



Slika 8: WitaTrap klopka sa prozirnom posudom



Slika 9: WitaTrap klopka sa neprozirnim spremnikom

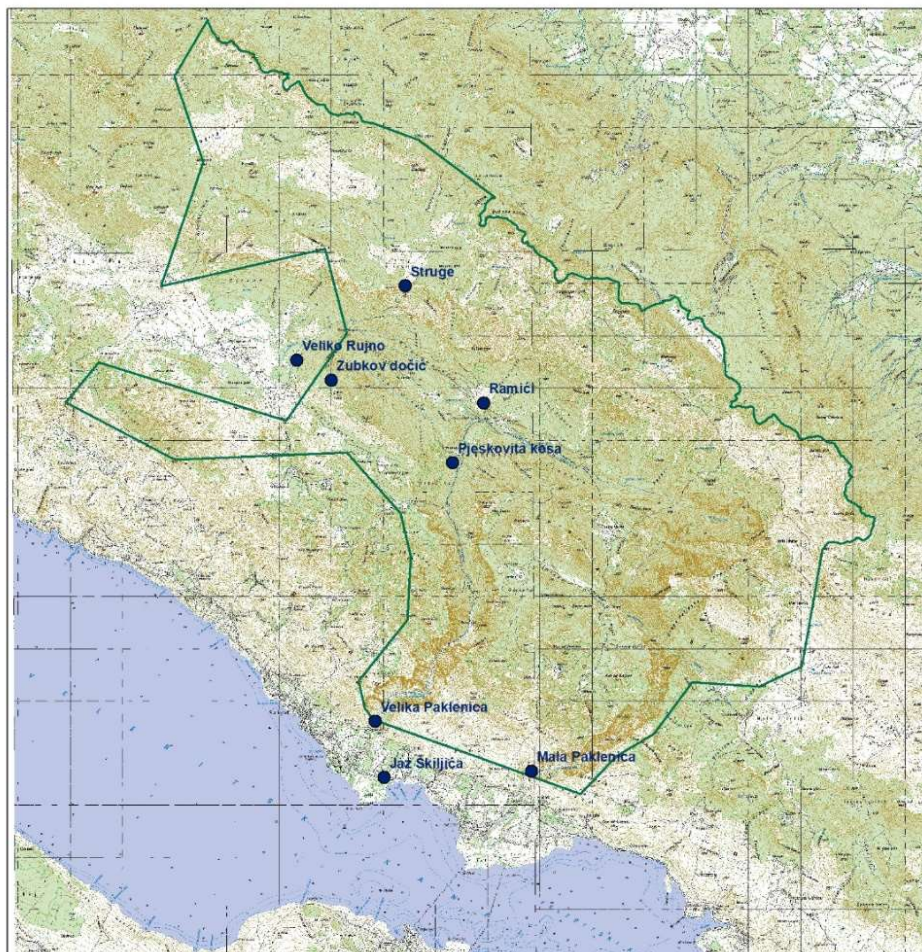
Druga vrsta klopki koja je korištena je klopka Econex G Trap (Slika 10), namjenjena za hvatanje mužjaka borovog četnjaka gnjezdara, no može uhvatiti i druge vrste leptira poput gubara. Sama klopka se sastoji od tamnosmeđe plastične kutije s grubom vanjskom i glatkom unutrašnjom teksturom. Na vrhu se nalazi čep za vješanje feromonskog atraktanta, dok se na donjoj strani postavlja vrećica za sakupljanje ulova. Pomoću metalnih kopči klopka se ovjesi o granu. Kada mužjaci budu privučeni feromonom, ulaze u klopku te padaju u vrećicu iz koje ne mogu pobjeći. Donji dio vrećice je crn i neproziran što sprječava vidljivost ulova pticama i eventualna oštećenja vrećice kada bi se ptice htjele hraniti. Feromonsko sredstvo (Slika 7) isto je kao i u prethodno opisanom tipu klopke, Econex Thaumetopoea pityocampa, koje ostaje učinkovito oko 200 dana.



Slika 10: Econex G Trap klopka (Izvor: e-econex, <https://www.e-econex.net/en/insect-traps/econex-g-trap-35.html>, Pristupljeno 28.08.2024.)

3.3. Terensko sakupljanje

Nakon odabira najpogodnijih ploha, unutar Nacionalnog parka Paklenica, na kojima će se provoditi istraživanje, postavljene su klopke 19.06.2024. na odabranim lokacijama (Slika 11). Klopke su postavljene na ukupno osam lokacija (Tablica 2), a terensko sakupljanje ulova je periodično, svaka dva tjedna.



Slika 11: Lokacije postavljenih klopki

Na odabranim lokacijama klopke su postavljene u krošnje borova, odignute od tla te pričvršćene žicom za deblje grane, čime je osigurana njihova stabilnost i funkcionalnost tijekom trajanja istraživanja. Pri izboru mjesta za postavljanje klopki vodili smo računa o tome da se one što bolje uklope u okoliš, kako ne bi privlačile neželjenu pažnju.

Lokacija	Nadmorska visina	Koordinate
Jaz Škiljića	5	X: 416912.894 Y: 4905461.494
Velika Paklenica	40	X: 416776.378 Y: 4906512.823
Mala Paklenica	70	X: 419727.251 Y: 4905480.042
Pjeskovita kosica	410	X: 418343.738 Y: 4911455.693
Ramići	610	X: 418950.383 Y: 4912575.198
Veliko Rujno	935	X: 415408.252 Y: 4913520.068
Zubkov dočić	1150	X: 416047.336 Y: 4913135.023
Struge	1400	X: 417497.203 Y: 4914827.528

Tablica 2: Nadmorske visine i koordinate klopki na pojedinim lokacijama

Najviši lokalitet na kojem je postavljena klopka je Struge na 1400 m.n.v. na rubu šumske vegetacije u kojoj prevladava planinski bor. Na lokaciji Zubkov dočić na 1150 m.n.v., u prirodnoj šumi crnog bora postavljena je i druga vrsta klopke, Econex G Trap, klopka je postavljena naknadno, kako bi se omogućilo bolje praćenje intenziteta nakon što je zabilježen prvi ulov na najvišoj lokaciji, Strugama. Veliko Rujno na 953 m.n.v., također u prirodnoj šumi crnog bora. Iznad zaseoka Ramići na 610 m.n.v., u prirodnoj šumi crnog bora s enklavama listača. Pjeskovita kosica na 410 m.n.v., u šumi crnog bora s enklavama listača: crnog graba, hrasta medunca i bukve. Mala i Velika paklenica kao dvije najniže nalaze se u kulturama alepskog bora.

Periodično sakupljanje uzoraka provodilo se tijekom srpnja, kolovoza i rujna, u dvotjednim intervalima. Prvo prikupljanje uzoraka započelo je 3. srpnja kada su i zabilježeni prvi ulovi, dok je posljednje prikupljanje, u svrhu ovog diplomskog rada, bilo provedeno 11. rujna. Uzorci koji su prikupljeni na terenu bili su pohranjeni u plastične posudice (Slika 12), koje su bile označene prema datumu i lokaciji prikupljanja.



Slika 12: Posudica s uzorkom

Prebrojavanje uzoraka (Slika 13) u Laboratoriju za patologiju drveća odvijalo se svaka dva tjedna, usporedno s prikupljanjem na terenu. Ova metoda omogućila je točan zbroj ulovljenih borovih četnjaka gnjezdara, s uzorcima organiziranim prema datumu i mjestu sakupljanja. Nakon procesa brojanja, podaci su analizirani pomoću programa Excel, što je omogućilo temeljito ispitivanje i usporedbu rezultata u različitim vremenskim razdobljima i na različitim lokacijama.



Slika 13: Prebrojavanje uzoraka

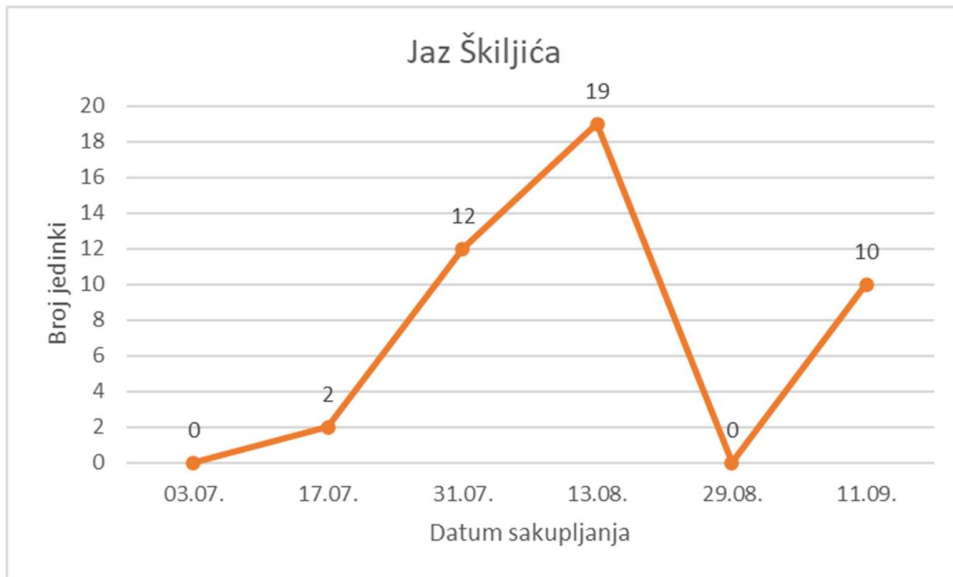
4. REZULTATI

U razdoblju sakupljanja uzoraka, od 03. srpnja do 11. rujna, kontinuirano su se pratili rezultati na odabranim lokalitetima unutar Nacionalnog parka Paklenica. U tablici 3 prikazani su rezultati iz kojih je vidljivo da je rojenje borovog četnjaka gnjezdara započelo 03. srpnja kada su zabilježeni prvi ulovi te da traje do polovice rujna, dok je kulminacija zabilježena između 13. i 29. kolovoza. Tijekom sezone rojenja u Nacionalnom parku Paklenica, ulovljeno je ukupno 1225 muških jedinki borovog četnjaka gnjezdara.

Lokacija	03.07.	17.07.	31.07.	13.08.	29.08.	11.09.	Ukupno
Jaz Škiljića	0	2	12	19	0	10	43
Velika Paklenica	0	9	7	65	134	19	234
Mala Paklenica	0	2	0	5	10	9	26
Pjeskovita kosica	25	10	8	4	15	0	62
Ramići	11	76	63	269	246	8	673
Veliko rujno	0	14	6	50	38	1	109
Zubkov dočić	0	0	8	26	24	0	58
Struge	0	1	0	9	10	0	20
Ukupno	36	114	104	447	477	47	1225

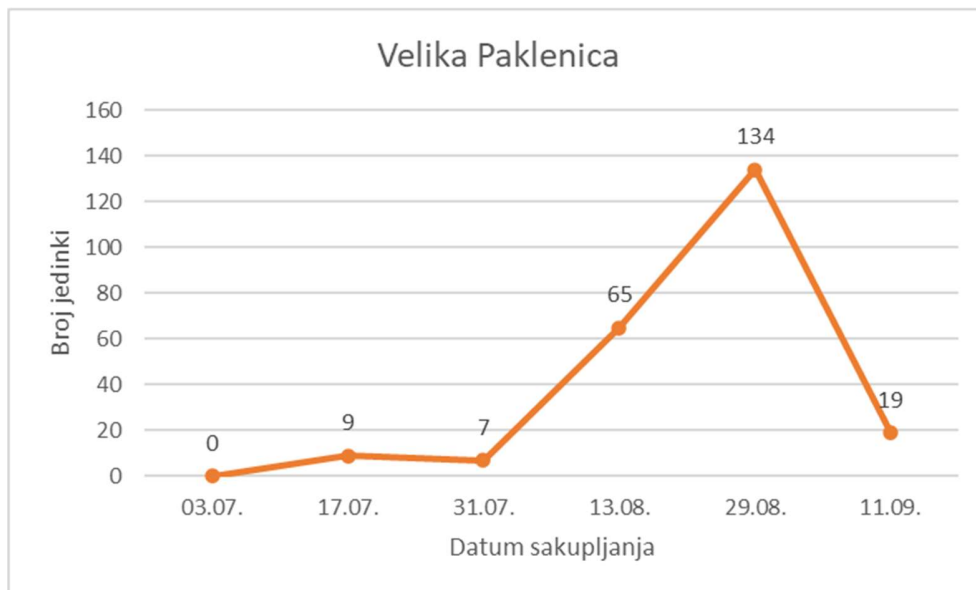
Tablica 3: Ulovi borovog četnjaka gnjezdara po lokacijama i datumima

Na grafikonu 1 prikazani su ulovi borovog četnjaka gnjezdara po datumima na lokaciji Jaz Škiljića. Kulminacija ulova na ovoj lokaciji dogodila se sredinom kolovoza nakon čega je zabilježen nagli pad te ponovni porast u rujnu. Najveći zabilježen ulov bio je 13. kolovoza kada je brojnost bila 19 komada.



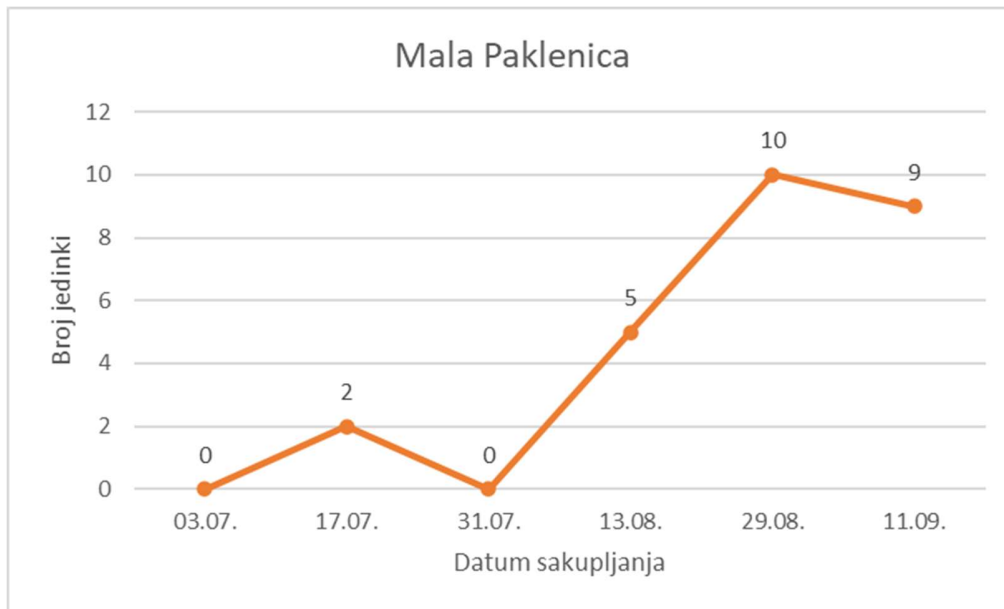
Grafikon 1: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Jaz Škiljića

Na grafikonu 2 prikazani su ulovi za kanjon Velike Paklenice gdje je kulminacija zabilježena 29. kolovoza kada je broj jedinki iznosio 134 te nakon toga bilježimo nagli pad.



Grafikon 2: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Velika Paklenica

U kanjonu Male Paklenice imamo gotovo kontinuirani rast broja ulovljenih jedinki. Kulminacija je dosegnuta 29. kolovoza, kada je u klopama zabilježeno ukupno 10 ulovljenih jedinki borovog četnjaka gnjezdara (Grafikon 3).



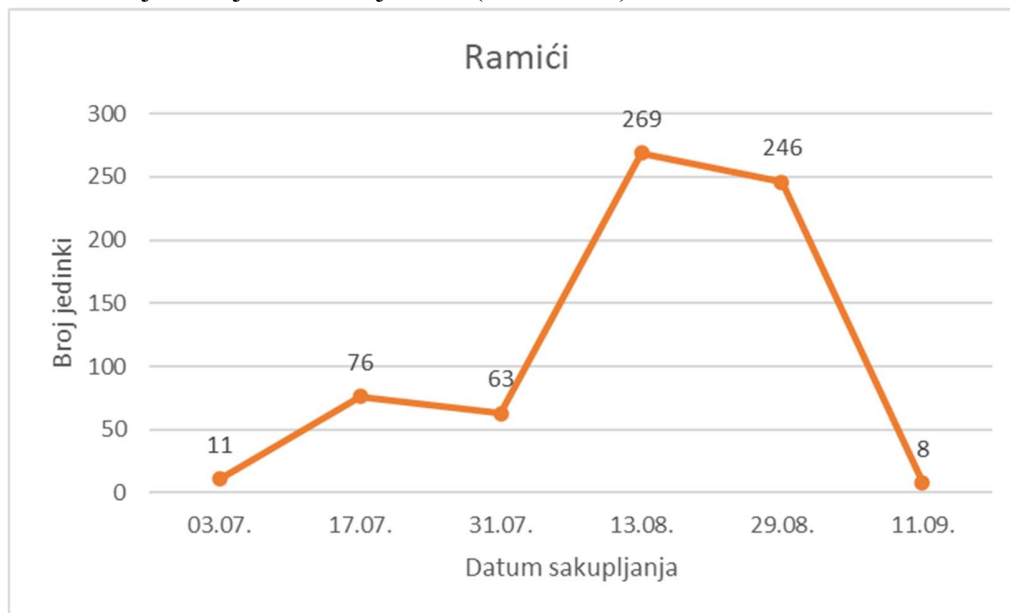
Grafikon 3: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Mala Paklenica

Grafikon 4 prikazuje ulove borovog četnjaka gnjezdara po datumima za lokaciju Pjeskovita kosica. Na ovoj lokaciji bilježimo kontinuirani pad ulova sa blagim porastom na kraju kolovoza nakon čega više nije bilo ulova. Kulminacija na ovoj lokaciji bila je 03. srpnja kada je zabilježeno ukupno 25 jedinki.



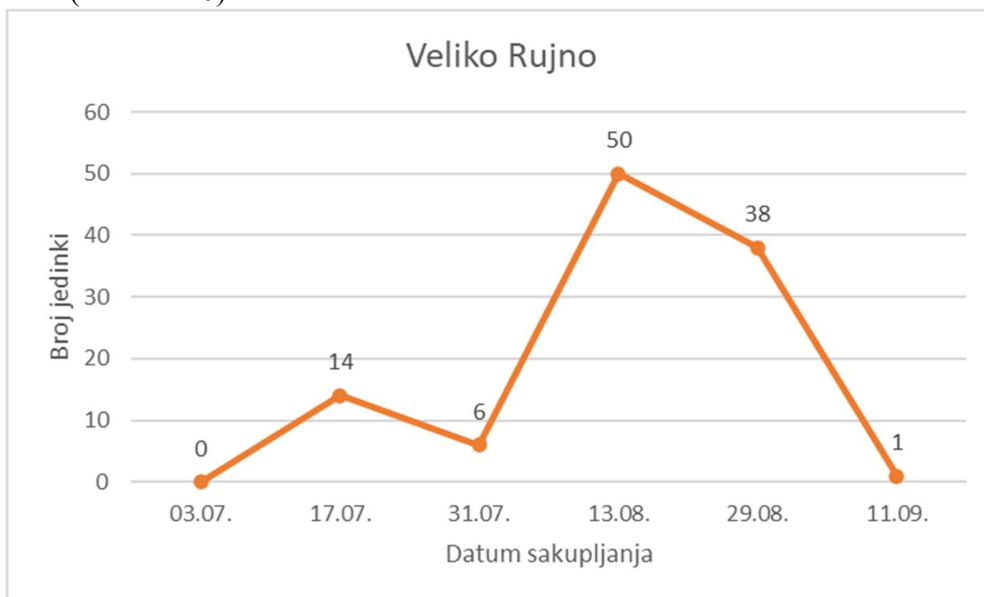
Grafikon 4: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Pjeskovita kosica

Iznad zaseoka Ramići također je praćena brojnost borovog ćetnjaka gnjezdara. Na ovoj lokaciji zabilježen je najveći broj ulovljenih jedinki kroz cijeli period istraživanja. Do kulminacije je došlo 13. kolovoza kada je zabilježeno 269 jedinki (Grafikon 5).



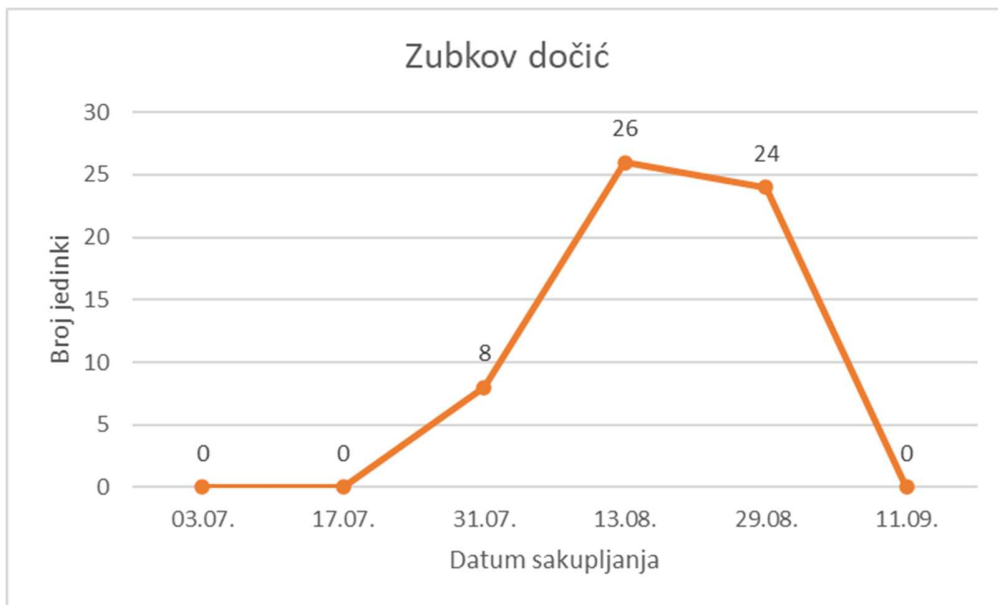
Grafikon 5: Prikaz ulova borovog ćetnjaka gnjezdara na lokaciji Ramići

Ulov na lokaciji Veliko Rujno prati trend Ramića, ali sa manjom brojnoću jedinki po datumu sakupljanja. Kulminacija je također zabilježena 13. kolovoza nakon ćega je uslijedio blagi pad prema kraju mjeseca, dok sredinom rujna brojimo tek pokoju jedinku. Najveći ulov na ovoj lokaciji je 50 komada (Grafikon 6).



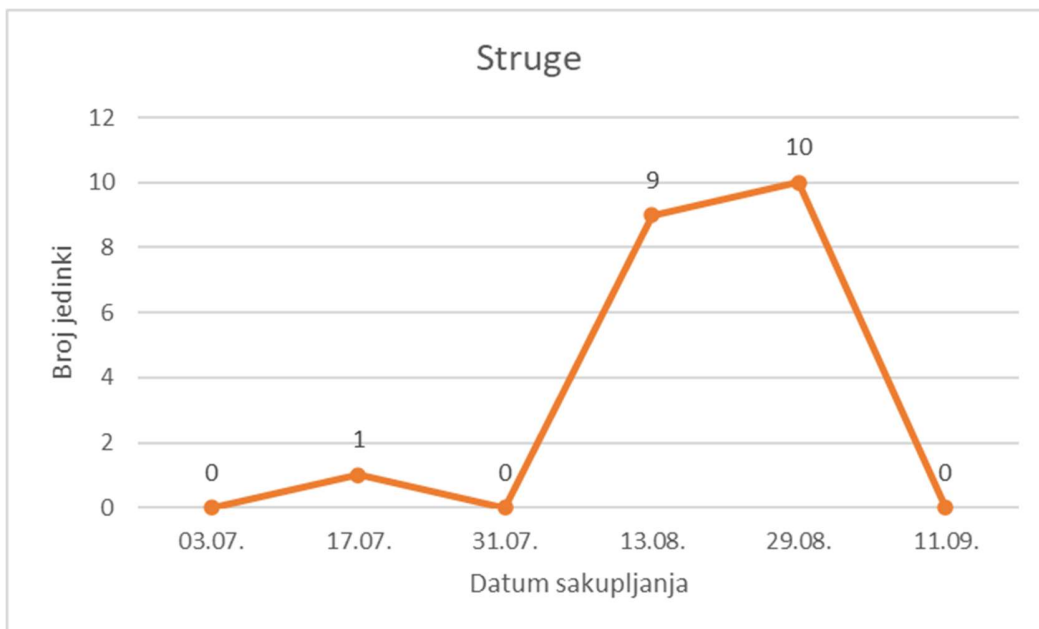
Grafikon 6: Prikaz ulova borovog ćetnjaka gnjezdara na lokaciji Veliko Rujno

Grafikon 7 prikazuje lokaciju Zubkov dočić na kojoj smo zabilježili prve ulove tek na kraju srpnja, a zadnje na kraju kolovoza, dok je kulminacija bila 13. kolovoza sa ulovljenih 26 jedinki.



Grafikon 7: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Zubkov dočić

Grafikon 8 prikazuje ulove na najvišljjoj lokaciji Strugama. Prvi ulov je zabilježen sredinom srpnja, a sljedeći tek mjesec dana kasnije. Kulminacija na ovoj lokaciji bila je 29. kolovoza kada je zabilježeno 10 ulovljenih jedinki.

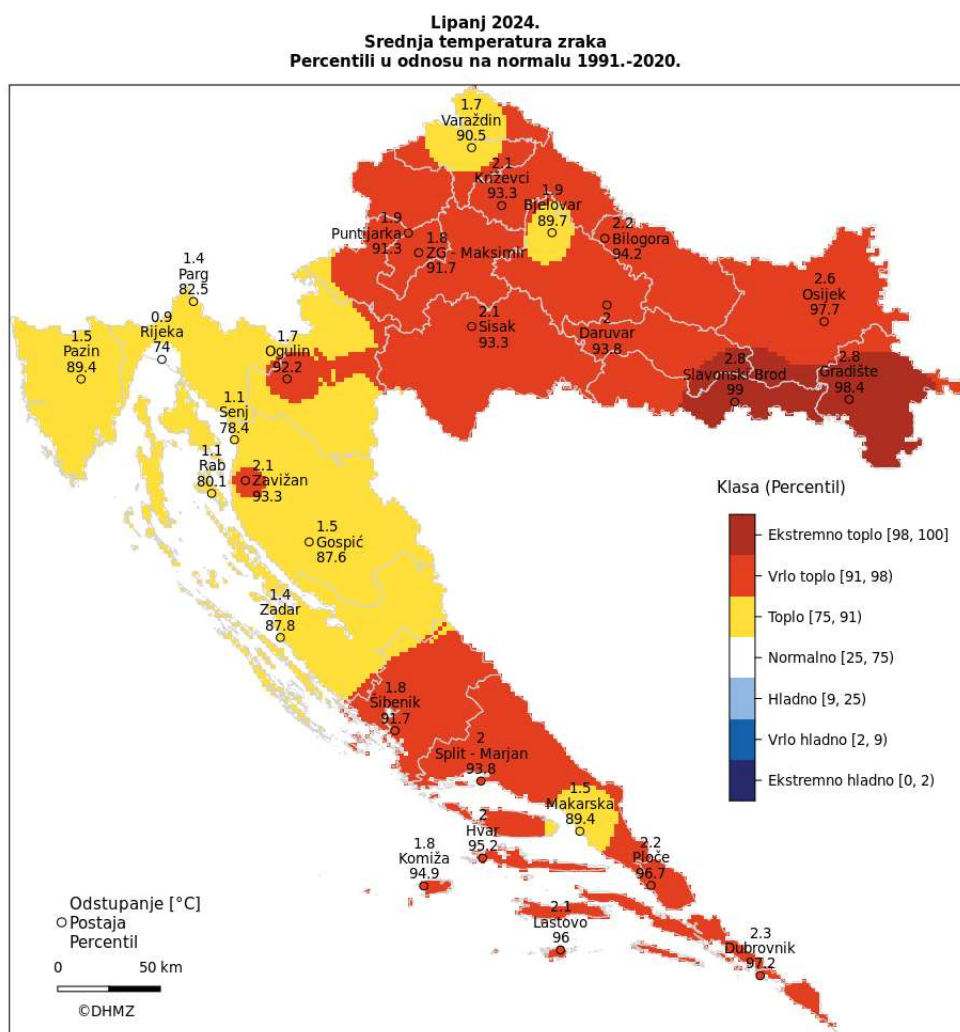


Grafikon 8: Prikaz ulova borovog četnjaka gnjezdara na lokaciji Struge

5. RASPRAVA

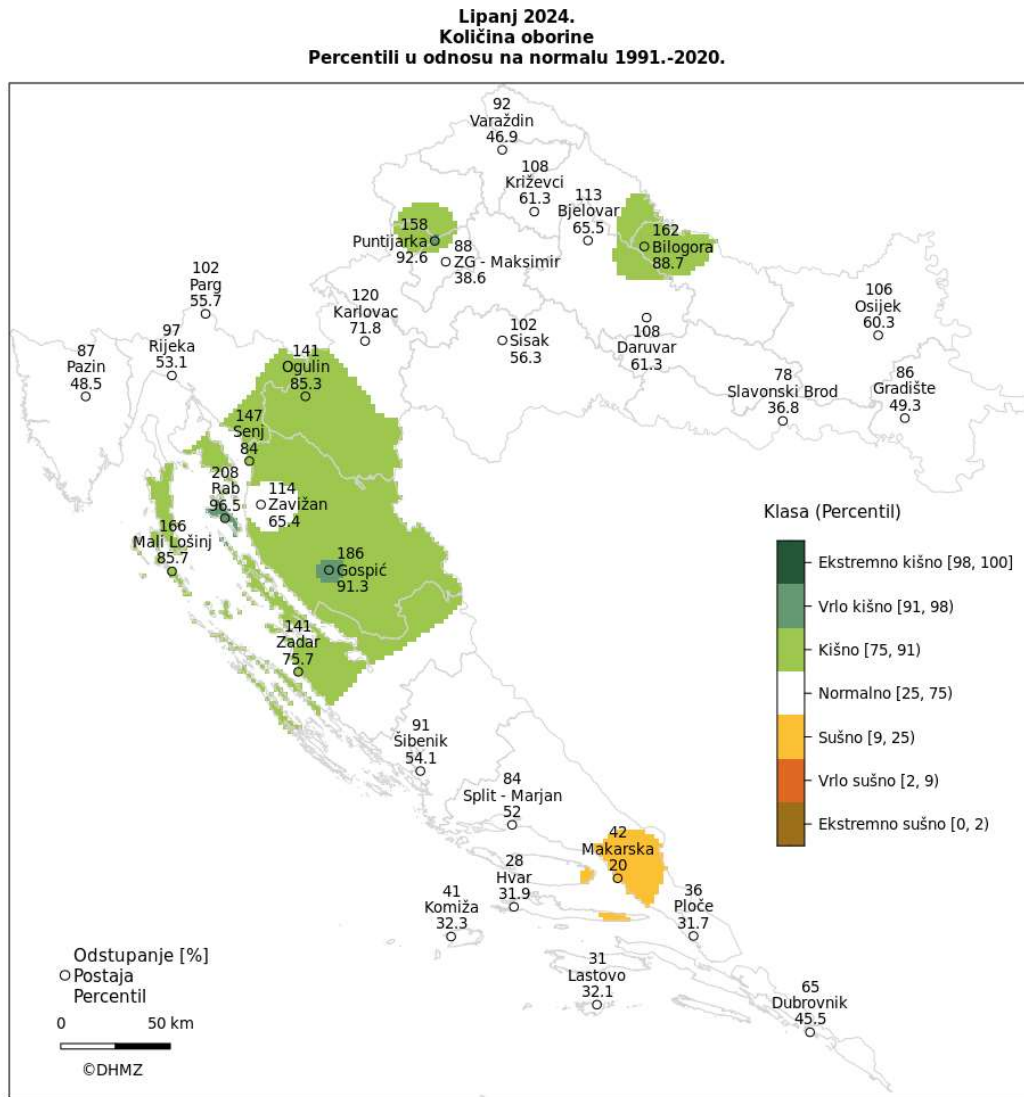
5.1. Analiza klime

Na stranicama Državnog hidrometeorološkog zavoda objavljena je analiza mjesečnih klimatskih prilika za 2024. godinu u kojoj su istaknute varijacije prosječne temperature zraka i količine oborina u odnosu na normalu od 1991. do 2020. Lipanj je u Nacionalnom parku Paklenica ocjenjen kao topao, uz odstupanje prosječnih temperatura zraka od 1,4 do 1,5 °C iznad normale.



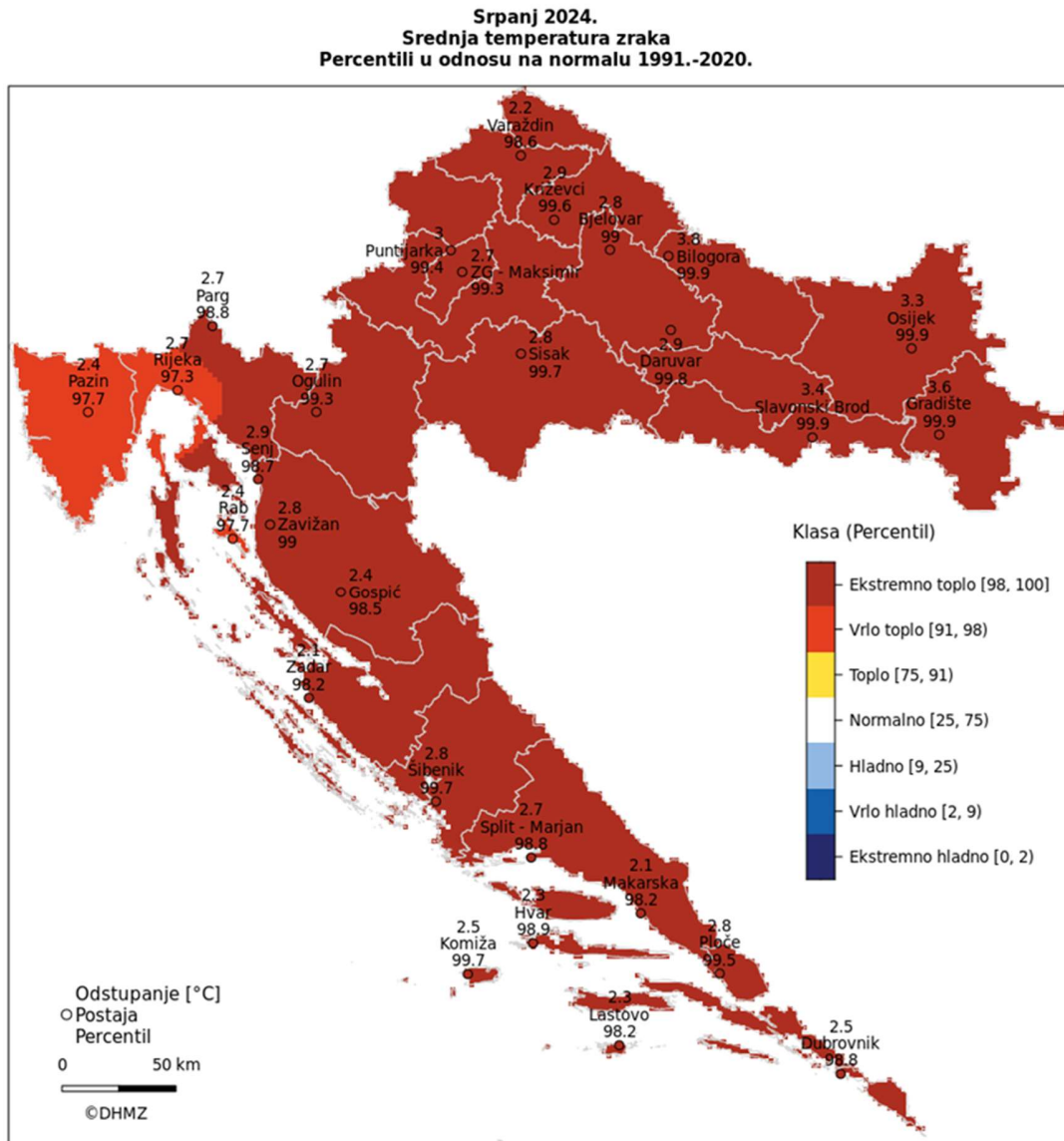
Slika 14: Srednja temperatura zraka za lipanj 2024. u RH (Izvor: DHMZ, https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje¶m=ocjena&el=msg_ocjena&MjesecSezona=6&Godina=2024, Pristupljeno 28.08.2024.)

Srednja količina padalina zabilježena u lipnju na području Nacionalnog parka Paklenica imala je odstupnja od normale za razdoblje 1991. – 2020., s povećanjem od 141% do 186%, čime je lipanj ocjenjen kao kišan do vrlo kišan.



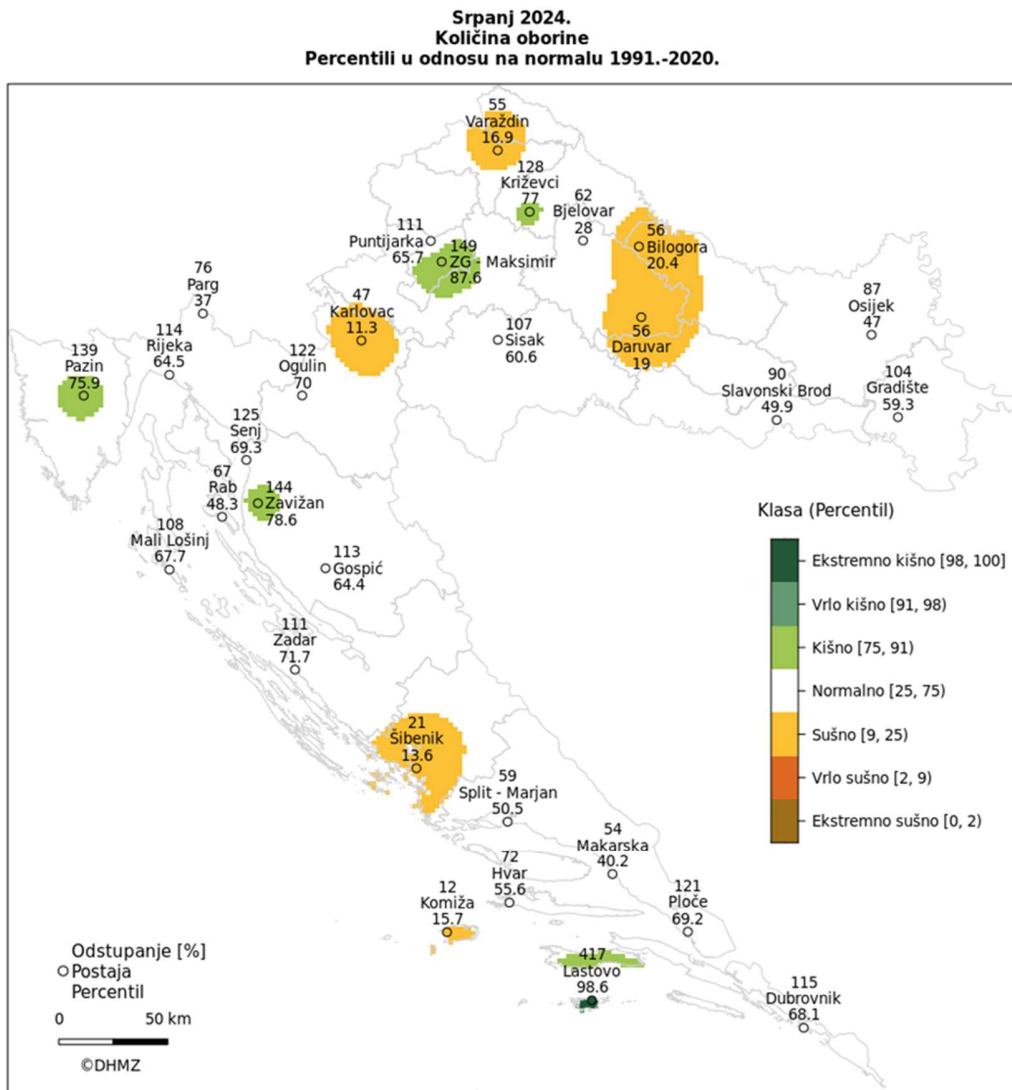
Slika 15: Srednja količina oborine za lipanj 2024. u RH (Izvor: DHMZ, https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje¶m=ocjena&el=msg_ocjena&MjesecSezona=6&Godina=2024, Pristupljeno 28.08.2024.)

Srpanj je u Nacionalnom parku Paklenica ocjenjen kao ekstremno topao, uz odstupanje prosječnih temperatura zraka od 2,1 do 2,4 °C iznad normale.



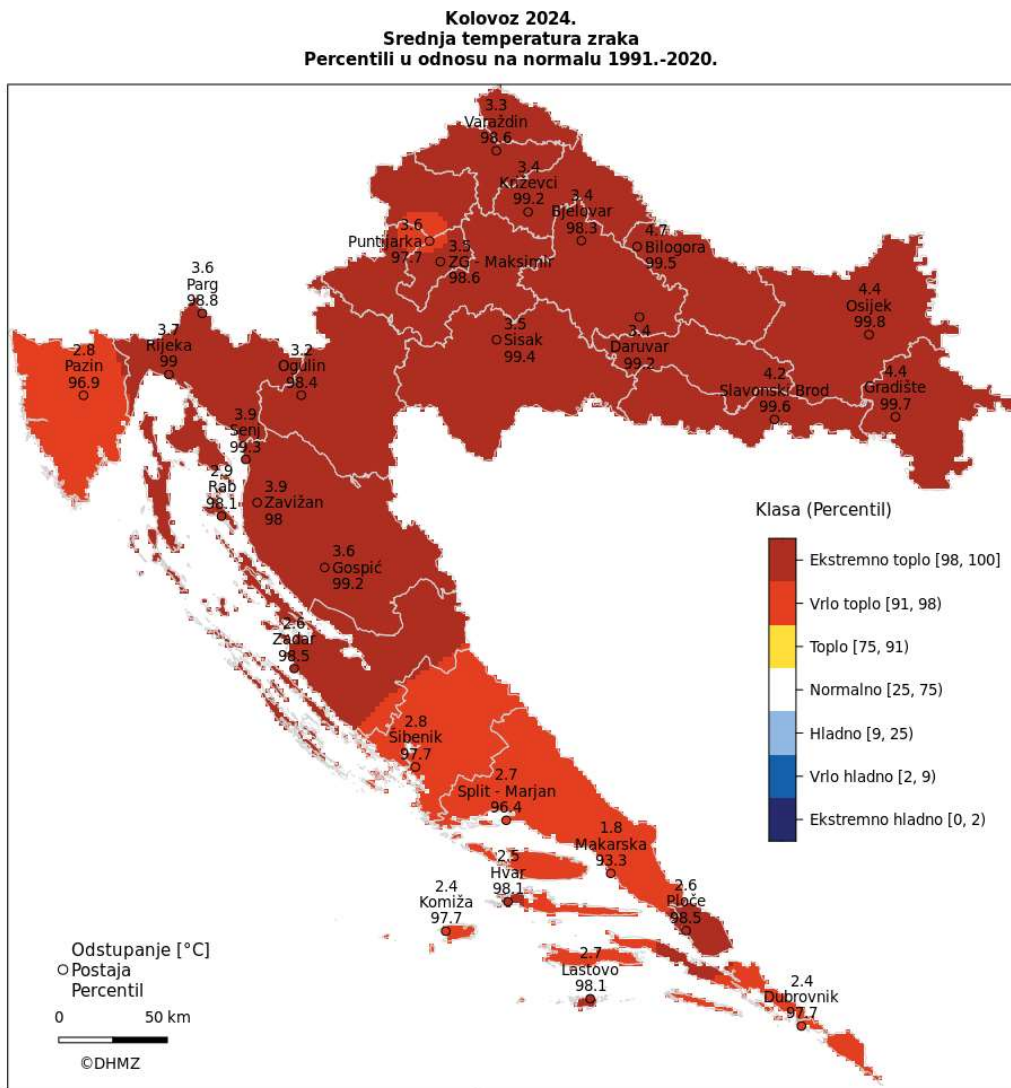
Slika 16: Srednja temperatura zraka za srpanj 2024. u RH (Izvor: DHMZ, https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje¶m=ocjena&el=msg_ocjena&MjesecSezona=7&Godina=2024, Pristupljeno 28.08.2024.)

Srednja količina padalina zabilježena u srpnju na području Nacionalnog parka Paklenica nije značajno odstupala od normale za razdoblje 1991. – 2020., s povećanjem od 111% do 113%, čime je količina oborina u srpnju bila normalna.



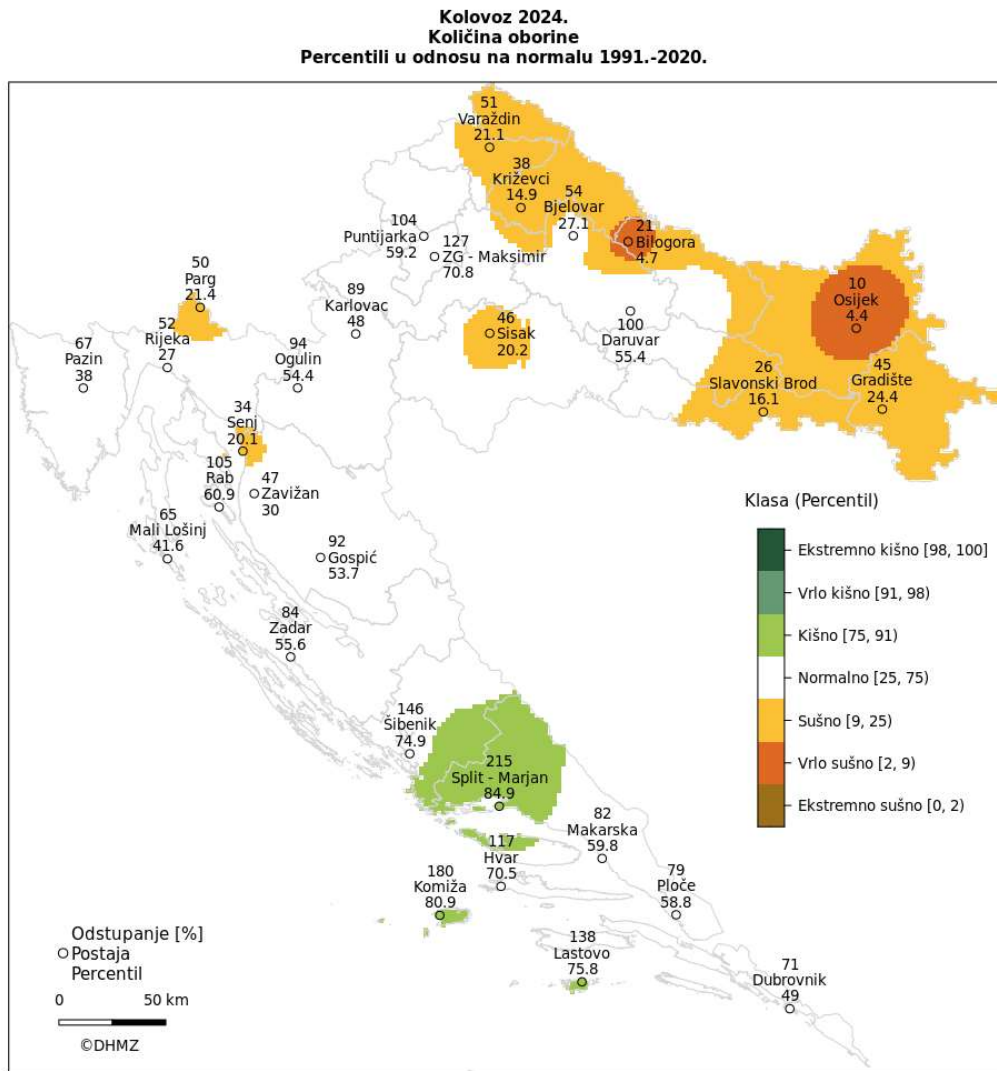
Slika 17: Srednja količina oborine za srpanj 2024. u RH (Izvor: DHMZ, https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje¶m=ocjena&el=msg_ocjena&MjesecSezona=7&Godina=2024, Pristupljeno 28.08.2024.)

Kolovoz je na većini postaja bio ne samo najtopliji kolovoz već i najtopliji mjesec od kad postoje mjerenja, u Nacionalnom parku ocijenjen kao ekstremno topao, uz odstupanje od 2,6 do 3,6 °C.



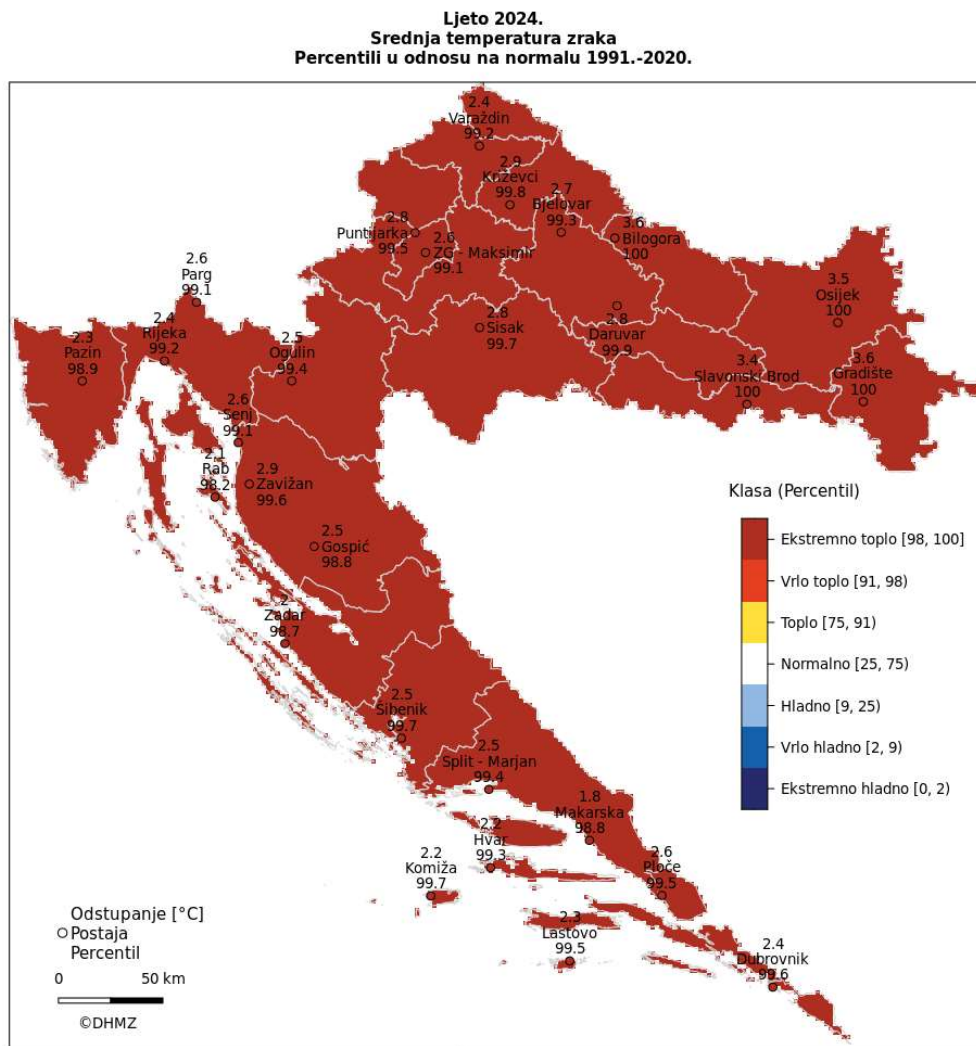
Slika 18: Srednja temperatura zraka za kolovoz 2024. u RH (Izvor: DHMZ, https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje¶m=ocjena&el=msg_ocjena&MjesecSezona=8&Godina=2024, Pristupljeno 05.09.2024.)

Srednja količina oborina u kolovozu na području Nacionalnog parka Paklenica nije imala značajnih odstupanja od normalne, s povećanjem od 84 do 92%, čime je količina oborina ocijenjena kao normalna.



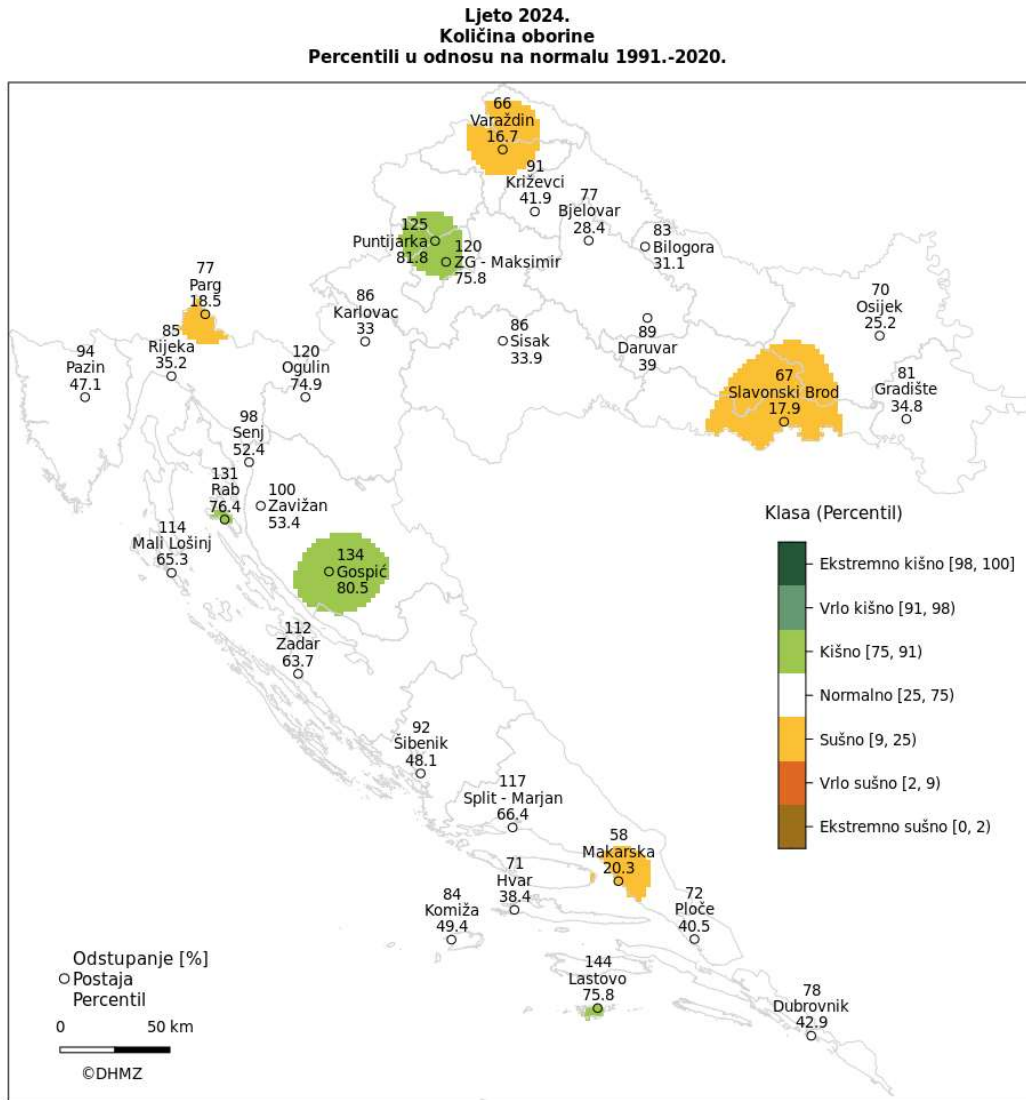
Slika 19: Srednja količina oborine za kolovoz 2024. u RH (Izvor: DHMZ, https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje¶m=ocjena&el=msg_ocjena&MjesecSezona=8&Godina=2024, Pristupljeno 05.09.2024.)

Na stranicama DHMZ-a objavljena je analiza ljeta za 2024. godinu, u odnosu na normalu 1991. – 2020. Odstupanje temperature zraka na području Nacionalnog parka Paklenica od 2 do 2,5 °C okarakteriziralo je ljeto kao ekstremno toplo. Na većini postaja ovo je najtoplije ljeto od kada postoje mjerenja.



Slika 20: Srednja temperatura zraka za ljeto 2024. u RH (Izvor: DHMZ, https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje¶m=ocjena&el=msg_ocjena&MjesecSezona=ljeto&Godina=2024, Pristupljeno 05.09.2024.)

Količina oborina za ljetu 2024. na području Nacionalnog parka Paklenica odsupala je od normale za 112 do 134%, čime je ocjenjeno kao normalno do kišno ljeto.

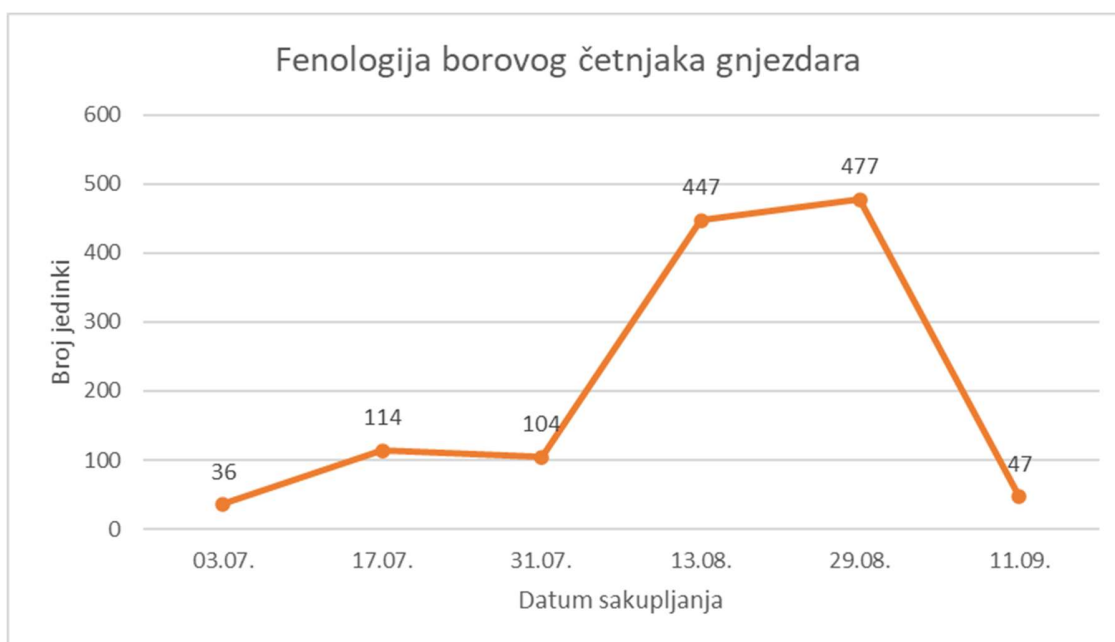


Slika 21: Srednja količina oborina za ljetu 2024. u RH (Izvor: DHMZ, https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje¶m=ocjena&el=msg_ocjena&MjesecSezona=ljeto&Godina=2024, Pristupljeno 05.09.2024.)

5.2. Analiza dobivenih rezultata

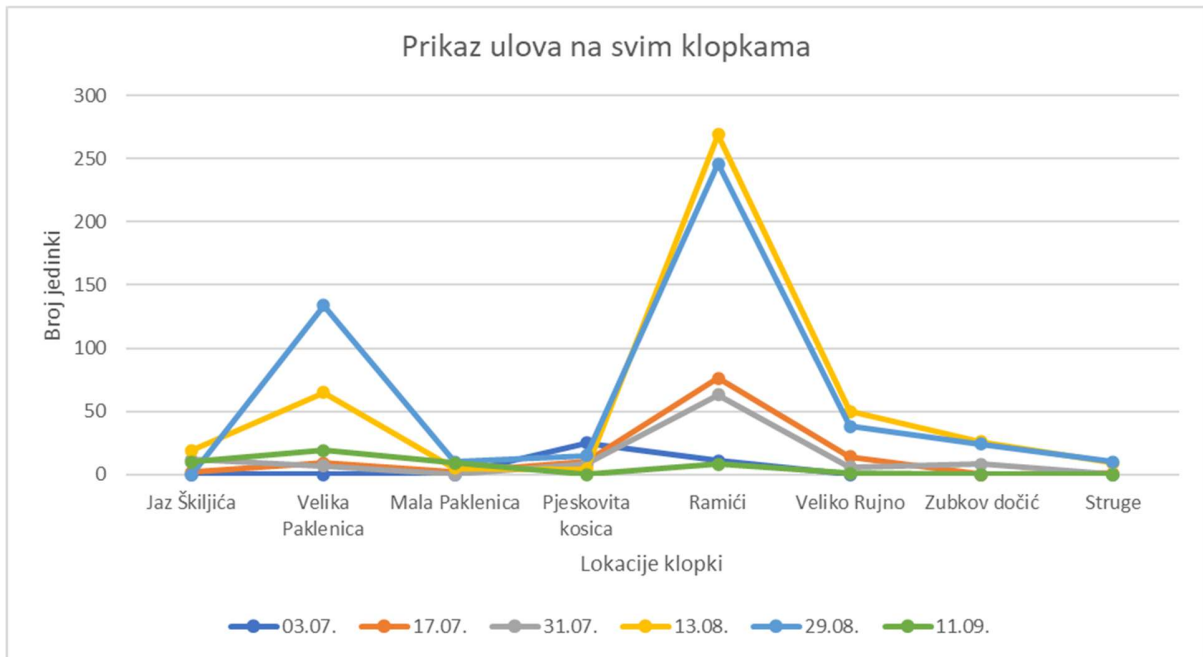
Ovo istraživanje predstavlja drugu godinu sustavnog monitoringa borovog četnjaka gnjezdara na području Nacionalnog parka Paklenica te se tek odnedavno prati njegova aktivnost i fenologija. Kako bi se mogao dobiti pouzdaniji uvid u trendove brojnosti i periode rojenja na različitim nadmorskim visinama, potrebno je provoditi duži monitoring. Važno je istaknuti da prikupljeni rezultati, posebice u pogledu početka i trajanja rojenja, pokazuju odstupanja u usporedbi sa postojećom literaturom, što ostavlja prostora za daljnja istraživanja ove vrste.

Na grafikonu 9 prikazana je fenologija borovog četnjaka gnjezdara na području Nacionalnog parka Paklenica u 2024. godini. Zabilježena brojnost borovog četnjaka gnjezdara imala je uzlazni trend do kraja kolovoza, unatoč manjem padu zabilježenom krajem srpnja. Najveći ulov bilo je 29. kolovoza, s 477 jedinki. Kako se ljeto bližilo kraju, primjetan je pad broja jedinki, što je označilo kraj sezone rojenja ove vrste.



Grafikon 9: Prikaz fenologije borovog četnjaka gnjezdara u periodu istraživanja

Brojnost jedinki na svim lokacijama i po svim datumima prikazana je na grafikonu 10. Pokusna ploha Ramići ističe se po broju uhvaćenih jedinki kroz cijeli period praćenja. Kanjon Velike Paklenice prati trend Ramića samo sa manjim brojem jedinki.

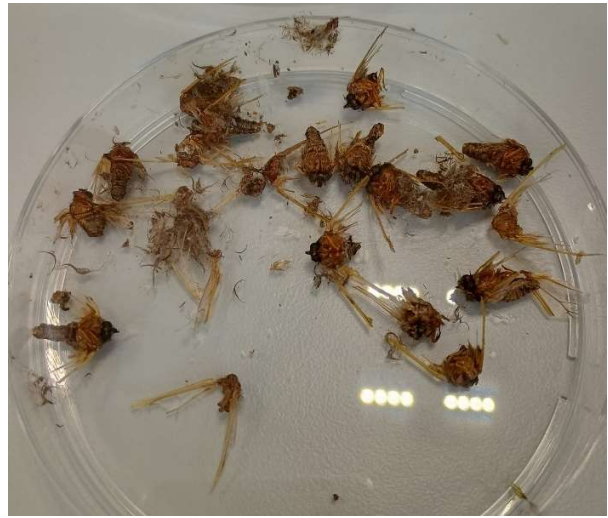


Grafikon 10: Prikaz ulova na svim lokacijama i datumima sakupljanja

Na učinkovitost klopki tijekom istraživanja utjecale su mnogobrojne ose (Slika 22), koje su konzumirale dijelove uhvaćenih borovih četnjaka gnjezdara. Često su ostavljene samo glave ili dijelovi tijela mnogih ulovljenih leptira (Slika 23), što je kompliciralo precizno brojanje (Slika 24) u laboratoriju. Iako je klopka uspjela uhvatiti značajan broj jedinki, šteta koju su nanijele ose nije utjecala na konačne podatke o brojnosti.



Slika 22: Slika 33: Broj osa u jednom od ulova



Slika 23: Pojedene jedinice brovog četnjaka gnjezdara



Slika 24: Prebrojavanje ulova

6. ZAKLJUČAK

Ovim istraživanjem praćena je fenologija i brojnost borovog četnjaka gnjezdara na području Nacionalnog parka Paklenica. Dobiveni rezultati daju nam uvid u dinamiku populacije ove vrste i njen potencijalan utjecaj na šumske ekosustave. Iako je istraživanje tek u početnoj fazi, prikupljeni podaci omogućuju bolje razumjevanje ovog štetnika te predstavljaju osnovu za daljnje praćenje. Na temelju dobivenih podataka dolazimo do sljedećih zaključaka:

- Borov četnjak gnjezdar ima sposobnost doleta u vršnu zonu i područje gdje mu vrsta *Pinus mugo* može postati potencijalni domaćin.
- Period rojenja ne počinje i ne završava u isto vrijeme na svim nadmorskim visinama, zbog vremenskih prilika u godini monitoringa kako je prikazano u raspravi.
- Period rojenja trajao je kroz srpanj, kolovoz i rujan, dok je najveća aktivnost zabilježena u kolovozu.
- Potrebno je dodatno istražiti utjecaj zračnih strujanja kroz kanjon Velike Paklenice na učinkovitost feromonskih klopki koji je vjerojatni uzrok najbrojnijih ulova na području Ramića.
- Najviša kloпка na kojoj je zabilježena prisutnost borovog četnjaka u svim razvojnim stadijima je Veliko Rujno na 935 m.n.v. (vidljivi prošlogodišnji zapredci na borovima).
- Na dvije najviše točke monitoringa Zubkov Dočić (1150 n.m.v.) i Struge (1400 n.m.v.) zabilježeni su ulovi, ali ne i prisutnost zapredaka borovog četnjaka. Na temelju ovog opažanja moguće je zaključiti da gusjenice nisu sposobne preživjeti zimske uvjete na ovim nadmorskim visinama i u trenutnim klimatskim prilikama.
- Monitoring borovog četnjaka na području NP Paklenica predstavlja dobar temelj za praćenje klimatskih promjena i utjecaj tih promjena na širenje areala pojedinih vrsta kukaca.

7. LITERATURA

1. Androić, M. (1957): Borov četnjak gnjezdar (*Cnethocampa pityocampa* Schiff.). Glasnik za šumske pokuse: *Annales pro experimentis foresticis*, 1957, 13, 351–459.
2. Banjanac, T., Miličić, D., & Dautbašić, M. (2018). Uloga borovog četnjaka (*Thaumetopea pityocampa* Schiff.) u šumama Bosne i Hercegovine. *Šumarski list*, 142(5-6), 233-245.
3. Battisti, A., Holm, G., Fagrell, B., & Larsson, S. (2006): Urticating hairs in arthropods: their nature and medical significance. *Annual Review of Entomology*, 51, 229-251.
4. Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A., & Larsson, S. (2005): Expansion of the pine processionary moth in Europe: a problem for forest management and human health. *Forest Ecology and Management*, 211(1-2), 243-252.
5. Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A., & Larsson, S. (2006). Expansion of the geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Journal of Applied Ecology*, 43(1), 1-9.
6. Hrašovec, B., & Franjević, M. (2011): Primijenjena entomologija, Posebni dio, Pregled najznačajnijih vrsta šumskih kukaca i njihova osnovna biološka obilježja.
7. Huchon, H., & Démolin, G. (1971): La bioécologie de la processionnaire du pin. *Bulletin Biologique de la France et de la Belgique*, 105(1), 1-68.
8. Internet stranica Hrvatskog hidrometeorološkog zavoda.
9. Netherer, S., & Schopf, A. (2010): Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests—general aspects and the pine processionary moth as specific example. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 831-838.
10. Plan upravljanja NP Paklenica, 2023. (<https://mingo.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA%20ZA%20ZA%20C5%A0TITU%20PRIRODE/NATURA%202000/PU%206032%20Paklenica.pdf>)
11. Robinet, C., & Roques, A. (2010): Direct impacts of recent climate warming on insect populations. *Integrative Zoology*, 5(2), 132-142.
12. Robinet, C., Rousselet, J., & Roques, A. (2014): Potential spread of the pine processionary moth in France: Preliminary results from a simulation model and future challenges. *Annals of Forest Science* 71(2):149-160.

13. Salman, M. H. R., Pitacco, A., Lehmann, P., & Battisti, A. (2019): Termination of pupal diapause in the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa*. *Physiological Entomology* (2019) 44, 53–59.
14. Van Asch, M., & Visser, M. E. (2007): Phenology of forest caterpillars and their host trees: the importance of synchrony. *Annual Review of Entomology*, 52, 37-55.
15. <https://www.e-econex.net/en/>
16. https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje¶m=ocjena