

Usporedba aktivnosti crvenokljune čigre (*Sterna hirundo*) tijekom gniježđenja na slatkovodnim i morskim staništima

Vodopija, Matija

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:230437>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-28**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Matija Vodopija

**Usporedba aktivnosti crvenokljune čigre
(*Sterna hirundo*) tijekom gniježđenja na
slatkovodnim i morskim staništima**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

Ovaj rad je izrađen u Zavodu za ornitologiju Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, pod mentorstvom dr. sc. Jelene Kralj, nasl. izv. prof. u sklopu projekta „Kopno ili more: Ekološki i genetički aspekti izbora staništa crvenokljune čigre“ (IP-2020-02-8793) financiranog od strane Hrvatske zaklade za znanost. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistar eksperimentalne biologije.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Usporedba aktivnosti crvenokljune čigre (*Sterna hirundo*) tijekom gniježđenja na slatkovodnim i morskim staništima

Matija Vodopija

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Crvenokljune čigre (*Sterna hirundo*) su morske ptice koje se kolonijalno gnijezde na morskim i slatkovodnim staništima. U inkubaciji i podizanju mladunaca sudjeluju oba roditelja. U svrhu istraživanja dinamike ponašanja na gnijezdima crvenokljunih čigri različitih staništa prikupljene su serije fotografija načinjene fotozamkama smještenim na tri kolonije: dvije slatkovodne i jednoj morskoj. Fotografije sa sedam gnijezda sortirane su temeljem stanja SJEDI, PORED i NEMA temeljenih na položaju ptice na gnijezdu. Izračunato je dnevno trajanje svakog stanja, trajanje stanja do promjene i ukupni broja promjena, a analiza je napravljena i za dijelove dana. Analiza je provedena u programskom jeziku R koristeći se neparametrijskim statističkim testovima. Utvrđena je značajnu razlika u vremenu provedenom na gnijezdu među gnijezdima unutar istog, ali i među različitim tipovima staništa. Ptice na gnijezdima slatkovodnih kolonija značajno su više vremena provodile inkubirajući, dok su ptice na morskim kolonijama značajno više vremena bile odsutne, što se povezuje s lakše dostupnim izvorima hrane na slatkovodnim staništima. Predacija, intraspecijsko antagonističko ponašanje, iskustvo jedinki u gniježđenju i meteorološki uvjeti mogući su dodatni utjecaji na vrijeme provedeno u inkubaciji.

Ključne riječi: Laridae, fotozamke, dnevna dinamika, inkubacija, hranjenje
(36 stranica, 11 slika, 5 tablica, 49 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)
Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: Nasl. izv. prof. dr. sc. Jelena Kralj

Ocjenitelji:

Nasl. izv. prof. dr. sc. Jelena Kralj

Prof. dr. sc. Ivana Maguire

Izv. prof. dr. sc. Duje Lisičić

Rad prihvaćen: 8. veljače 2024.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master thesis

Activity comparison of the common tern (*Sterna hirundo*) during nesting in freshwater and marine habitats

Matija Vodopija

Rooseveltovej trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The common tern (*Sterna hirundo*), nests colonially on both marine and freshwater habitats with incubation and chick rearing being shared parental responsibilities. In order to research the dynamics of incubation behaviour in this species, series of camera trap photographs taken between May 2021 and May 2023 were collected from three different colonies, one of which was from a marine and the two from freshwater habitats. Photographs of seven nests were sorted into three states (incubating, near nest and not present) for which the state duration per day, the state duration until change and the number of state changes were calculated. The same calculations were repeated for different times of day. Nonparametric statistical tests were conducted using the R programming language. Incubation times differed significantly among nests from the same and different habitats. Individuals on freshwater colonies spent a significantly longer time incubating, while birds from the marine habitat spent a longer time away from nest, both of which can be related to more predictable prey availability at freshwater sites. Predation, conspecific antagonistic behaviour, breeding experience and meteorological conditions are additional factors affecting incubation activity for this species.

Keywords: Laridae, camera traps, daily dynamic, incubation, feeding
(36 pages, 11 figures, 5 tables, 49 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: Adj. Assoc. Prof. Jelena Kralj, PhD

Reviewers:

Adj. Assoc. Prof. Jelena Kralj, PhD

Prof. Ivana Maguire, PhD

Assoc. Prof. Dujie Lisičić, PhD

Thesis accepted: 8th February 2024.

Zahvale

Velika hvala mojoj mentorici, Jeleni Kralj čije je čelično strpljenje prema brzini mog pisanja i broju nepoštovanih rokova pridonijelo ovom radu gotovo koliko i njena stručnost i znanje.

Hvala Željku Pavlincu na sastavljanju skripte u R-u i uvodu u taj programski jezik, ali posebno hvala na svim svjetlosno brzim rješavanjima grešaka i zavrzlama skripte.

Fola mojih roditelja, Almi i Siniši, i mojoj fameji, ca su mi pokazali da imo svita daje od škoja. Fola svin storin prijateljima koji su oti škoj dilili samennon. Hvala svim novim prijateljima koji su me dočekali na nekim drugim obalama. Sretan sam što vas ima toliko da ne stanete poimence u ovaj tekst. Hvala mojoj najboljoj prijateljici, Elizi Pipinić, na muffinima i ljubavi.

Posebno se zahvaljujem Karolini. Bez nje moja ljubav prema biologiji ostala bi u nekom zakutku mašte. Od prve Noći biologije do obrane naših diplomskih radova nisi posustala u svojoj ljubavi, podršci i vjeri u mene. Ne preostaje mi ništa doli diplomirati što prije ne bi li vidio što nam budućnost nosi i nadati se da ćeš me se sjetiti pri primitku Nobelove nagrade. A si i-Dhúath ú-orthor, Arwen.

Ovaj rad posvećujem svim pripadnicima kraljevstva Animalia koji život na ovom planetu čine jedinstvenim, a naročito trima psima, jednom bijelom koji čeka da ga izvedem u šetnju i dvama crnima koji me čekaju s druge strane duginog mosta.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Porodica Laridae	1
1.2. Biologija crvenokljune čigre.....	1
1.3. Dnevna dinamika tijekom gniježđenja.....	3
1.3.1. Dinamika inkubacije.....	3
1.3.2. Dinamika hranjenja.....	4
1.4. Drugi čimbenici dnevne dinamike	4
1.4.1. Visoka temperatura.....	4
1.4.2. Predacija	4
1.5. Utjecaj okoliša na dnevnu dinamiku.....	5
2. Cilj istraživanja	7
3. Materijal i metode	8
3.1. Područje istraživanja.....	8
3.2. Prikupljanje podataka.....	10
3.3. Priprema podataka za statističku analizu	11
3.4. Statistička obrada podataka.....	15
4. Rezultati	17
4.1. Deskriptivna statistika.....	17
4.2. Razlike u dnevnoj dinamici među gnijezdima istog tipa staništa	21
4.3. Razlike u dnevnoj dinamici između gnijezda različitih staništa	24
5. Rasprava.....	25
5.1. Usporedba gnijezda na slatkovodnim staništima.....	25
5.2. Usporedba gnijezda na morskim staništima	27
5.3. Usporedba gniježđenja crvenokljune čigre na morskim i slatkovodnim staništima.....	28
6. Zaključak.....	31
7. Literatura.....	32

Kratice

Prema redoslijedu pojavljivanja u radu;

PUH – Sustav pohrane i upravljanja podacima Sveučilišta u Zagrebu

SIR1 – Prvo gnijezdo promatrano na jezeru Siromaja

SIR2 – Drugo gnijezdo promatrano na jezeru Siromaja

R1 – Prvo gnijezdo promatrano na jezeru Rakitje

R2 – Prvo gnijezdo promatrano na jezeru Rakitje

2022SKO1 – Prvo gnijezdo promatrano na otoku Školjić tijekom sezone gniježđenja u godini 2022.

2022SKO2 - Drugo gnijezdo promatrano na otoku Školjić tijekom sezone gniježđenja u godini 2022.

2023SKO - Gnijezdo promatrano na otoku Školjić tijekom sezone gniježđenja u godini 2023.

UBP – „Ukupni broj promjena“. Parametar ukupnog broja promjena jednog od tri promatranja stanja ptice na gnijezdu.

DTS – „Dnevno trajanje stanja“. Parametar dnevnog trajanja jednog od tri promatrana stanja ptice na gnijezdu.

TSDP – „Trajanje stanja do promjene“. Parametar trajanja jednog od tri promatrana stanja do iduće promjene stanja ptice na gnijezdu.

SL – Slatkovodno stanište, zbirni naziv za sva gnijezda sa slatkovodnih staništa promatrana u ovom radu

MO – Morsko stanište, zbirni naziv za sva gnijezda sa morskih staništa promatrana u ovom radu

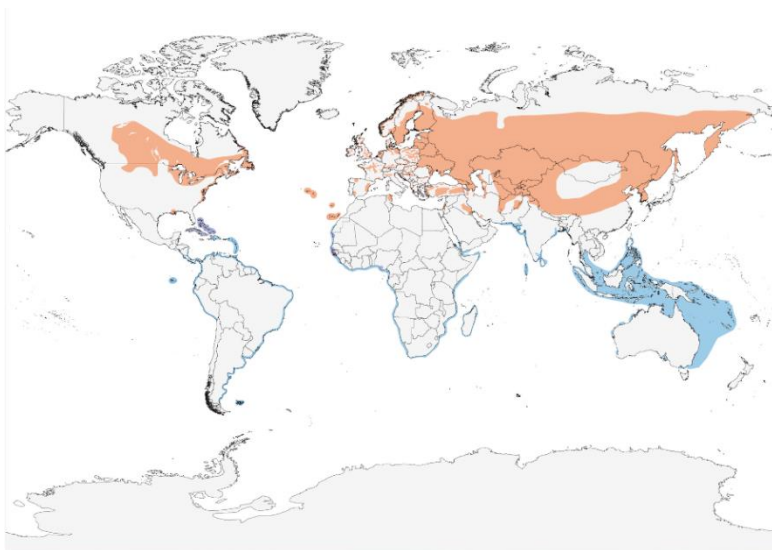
1. Uvod

1.1. Porodica Laridae

Porodica Laridae uključuje galebove, čigre i vodosijeke. Iako su generalno slične građe, članove ovih podskupina karakteriziraju različita morfološka obilježja. Galebovi imaju dulje noge, zakrivljeniji kljun i zaobljeno tijelo, vodosijeci imaju lateralno spljoštene kljunove kojima taktilno hvataju ribu na površini vode, a čigre imaju nešto izduženija tijela, kratke noge i ravne kljunove (Burger i Gochfeld 2018). Za većinu vrsta mnogi stadiji životnog ciklusa odvijaju se u kolonijama ili jatima (Burger i Gochfeld 2018). Sa stotinjak vrsta, od kojih neke postižu gotovo holarktičku rasprostranjenost, ovo je vrlo raširena skupina ptica (Burger i Gochfeld 2018). Nastanjuju raznolika staništa te su usko vezani za vodene površine koje su svim pripadnicima neophodne za gniježđenje i, uz iznimku galebova, hranjenje (Burger i Gochfeld 2018).

1.2. Biologija crvenokljune čigre

Crvenokljuna čigra (*Sterna hirundo* Linnaeus, 1758) je morska ptica iz porodice Laridae. Ovisno o sezoni, crvenokljune čigre obitavaju s obje strane ekvatora, no većina populacija gnijezdi se isključivo na sjevernoj polutci (Slika 1), od perifernog dijela Arktika do tropskog pojasa (Becker i Ludwigs 2004).



Slika 1. Globalna rasprostranjenost crvenokljune čigre. Narančasto – područja gniježđenja, Plavo – područja selidbe i zimovanja. Ljubičasto – područja stalnog obitavanja. Izvor: Arnold i sur. 2020.

Crvenokljune čigre predstavljaju politipnu vrstu, s nominalnom podvrstom u zapadnom holarktiku (Becker i Ludwigs 2004). Zbog lakoće praćenja, rada i hvatanja ove vrste te zbog njene široke rasprostranjenosti koja omogućava usporedivost različitih podataka, poneki autori smatraju čigru dobrom indikatorskom vrstom (Arnold i sur. 2020). Zbog bolje usporedivosti dosadašnjih saznanja i rezultata dobivenih u ovom radu, izneseni literaturni podaci odnose se uglavnom na europske populacije crvenokljune čigre.

Iako postoje populacije stanarica na Karibima, migracija crvenokljune čigre obično počinje u kolovozu, a traje do listopada, u rjeđim slučajevima i do studenog (Becker i Ludwigs 2004). Crvenokljune čigre europskog dijela palearktika uglavnom zimuju na istočnoj obali Atlantika, duž zapadne i južne Afrike, a mnogo rjeđe i na samom zapadu Europe (Becker i Ludwigs 2004; Kralj i sur. 2013). Generalno gledano, postoje dva migracijska puta prema Africi i tri područja zimovanja. Populacije crvenokljune čigre zapadne i sjeverne Europe koriste zapadni migracijski put do zapadne ili južne obale Afrike (Becker i Ludwigs 2004). Hrvatske kontinentalne populacije ove vrste spadaju u treću migracijsku skupinu koja se proteže između južne Finske, istočne Njemačke i Crnog Mora, a koja za zimovanje koristi istočnu i jugoistočnu obalu Afrike (Kralj i sur. 2020, Piro i Ornes 2022).

Brojnost crvenokljune čigre na zapadnom palearktiku iznosi 265.000 – 600.000 gnijezdećih parova (Becker i Ludwigs 2004), dok je u Hrvatskoj procijenjena populacija 400 – 700 parova (Kralj i sur. 2013).

Crvenokljune čigre su monogamne ptice s visokom vjernošću partneru (Nisbet 2002) koje se većinu godine zadržavaju u jatima (Becker i Ludwigs 2004), a gnijezde se kolonijalno od svibnja do kolovoza (Kralj i sur. 2013). Iako se smatra morskom pticom, crvenokljuna čigra se gnijezdi na vrlo različitim staništima u unutrašnjosti kontinenata, kao i na obali, uvijek u neposrednoj blizini vode. Kontinentalne kolonije gradi na pješčanim i šljunkovitim obalama rijeka, otocima na kojima se stoka vodi na ispašu ili na umjetnim staništima poput platformi, manjih betonskih struktura okruženih jezerima i napuštenih šljunčara (Becker i Ludwigs 2004). Zbog sveobuhvatnih hidroloških zahvata u Europi, gniježđenje na antropogenim staništima postalo je vrlo često (Becker i Ludwigs 2004). Morske kolonije gradi na plažama, kamenitom tlu i površinama prekrivenim zeljastom vegetacijom te umjetnim staništima (Becker i Ludwigs 2004). Crvenokljune čigre generalno izbjegavaju područja velike nadmorske visine, niske temperature okolne vode i velike

količine padalina u sezoni gniježđenja (Becker i Ludwigs 2004). U Hrvatskoj se ova vrsta gnijezdi na šljunčanim sprudovima i otocima Drave i Save, te na manjim otocima na Jadranu (Kralj i sur. 2013). Gnijezdo je obično plitka udubina s ili bez obruba izgrađenog od naplavina, vegetacije ili sličnog materijala, a u njemu se obično može pronaći dva do tri jaja (Becker i Ludwigs 2004) sivkasto-bijele boje sa značajnim varijacijama u prisustvu uzoraka i nijansi boje (Harrison i Castell 2002). Inkubacija traje, u prosjeku, između 21 i 23 dana nakon kojih se izliježu semi-prekocijalni i semi-nidifugni pilići (Becker i Ludwigs 2004). Pilići postaju homoiotermni nakon trećeg dana života (Becker i Ludwigs 2004). Disperzija mladih ptica odvija se od srpnja (Kralj i sur. 2013).

Crvenokljune čigre su generalisti i oportunisti (Becker i Ludwigs 2004). Zbog prilagodljivosti ove ptice različitim uvjetima, postoje znatne varijacije u prehrani i strategiji hvatanja plijena između i unutar kolonija (Becker i Ludwigs 2004). Glavni plijen varira ovisno o okolišu gniježđenja, od slatkovodnih i morskih riba manje veličine (do 15 centimetara) do različitih rakova i kukaca na nekim kolonijama (Becker i Ludwigs 2004). Najčešća strategija hranjenja je vertikalno obrušavanje kroz površinu vode pri čemu ptica kratkotrajno zaranja čitavim tijelom (Becker i Ludwigs 2004).

1.3. Dnevna dinamika tijekom gniježđenja

1.3.1. Dinamika inkubacije

Kao monogamne vrste sa dijeljenom skrbi za mladunce, crvenokljune čigre inkubiraju sa složenom raspodjelom uloga među spolovima. Ovakve uloge podliježu nizu prilagodbi i promjena ovisno o dobu dana i stadiju inkubacije te nizu vanjskih čimbenika. Tijekom dana inkubiraju oba spola, dok tijekom noći inkubiraju gotovo isključivo ženke (Arnold i sur. 2020). Aktivnost jedinki na gnijezdu ovisi o tijeku inkubacije. Za vrijeme inicijalnog polaganja jaja boravljenje jedinke na gnijezdu iznosi između 70 i 90%, a u danima nakon polaganja svih jaja takva aktivnost je gotovo konstantna (Arnold i sur. 2020). Periodi inkubacije variraju u trajanju od nekoliko minuta do nekoliko sati (Arnold i sur. 2020). Unutar same sezone gniježđenja polaganje jaja nije istodobno za sve jedinke na koloniji. Uočeno je kako starije jedinke liježu jaja prije mlađih te kako mladunci izleženi ranije u sezoni imaju veću stopu preživljavanja od onih izlegnutih kasnije (Nisbet i Welton 1984). Napuštanje gnijezda dovodi do produljenja trajanja inkubacije, kao na primjer za vrijeme noćne predacije na koloniji (Arnold i sur. 2020), što kasnije može utjecati i na brzinu rasta ptica (Martin 1992). U slučaju neuspjelog gniježđenja može doći do ponovnog polaganja jaja kasnije u sezoni,

na što također utječe starost jedinki koje se gnijezde. Starije ptice češće ponovno liježu jaja, a između dva gniježđenja najčešće ne dolazi do mijenjanja partnera ni teritorija položaja gnijezda (Wendeln i sur. 2000).

1.3.2. Dinamika hranjenja

Hranjenje crvenokljunih čigri najčešće se odvija po danu, s maksimumom aktivnosti ujutro i mogućim ponovnim povećanjem tijekom predvečerja (Frank i Becker 1992). U rijetkim slučajevima kada povoljni uvjeti okoliša osiguravaju veću količinu hrane, hrane se i noću (Becker i sur. 1997). Tijekom inkubacije hranjenje predstavlja jednu od najvažnijih dnevnih aktivnosti za gnijezdeće parove. Frank i Becker (1992) pretpostavljaju kako su crvenokljune čigre izuzetno osjetljive na promjene u režimu hranjenja zbog njihove male energetske rezerve te kompleksne, dugotrajne i energetski zahtjevne strategije hranjenja. Uz to, nakon izlijevanja, ptići vrlo brzo gube na masi tijekom slabije dostupnosti hrane (Becker i Finck 1985; Mlody i Becker 1991). Energetski zahtjevi pronalaska i hvatanja plijena, ali i lijevanja i inkubacije jaja, iziskuju napore oba roditelja.

1.4. Drugi čimbenici dnevne dinamike

1.4.1. Visoka temperatura

Visoke temperature predstavljaju opasnost za jaja u gnijezdu tijekom inkubacije. Za vrijeme temperature između 30 i 35 °C jedinke koje inkubiraju zabilježene su kako odlaze do najbliže vodene površine na kojoj vlaže ventralnu stranu tijela te se vraćaju na gnijezdo (Arnold i sur. 2020). Odlazak s gnijezda povećava opasnost od pregrijavanja jaja. Temperature zraka iznad 32 °C mogu dovesti do pojave letalne temperature kod embrija unutar jaja (Amat i sur. 2017). Jednom kada je gnijezdo nakratko ostavljeno, temperatura ima vrlo važan učinak na povratak čigre inkubaciji (Amat i sur. 2017).

1.4.2. Predacija

Utjecaj predacije na dinamiku ponašanja čigri tijekom gniježđenja raznolik je i dalekosežan, a očituje se u dvama antipredatorskim odgovorima kojima se služe pripadnici ove vrste. Aktivni odgovor događa se za vrijeme danjeg svjetla i sastoji se od leta u gustim jatima čije jedinke naglo prelijeću nad glavama potencijalnih predatora (Becker i Ludwigs 2004). Tijekom noći jedinke ove vrste odabiru pasivni odgovor predaciji te napuštaju gnijezda koja inkubiraju (Becker i Ludwigs 2004). Tijekom napuštanja gnijezda jedinke donose odluke na temelju isplativosti za vlastiti fitnes (Amat i sur. 2017) pa ovakvo ponašanje može dovesti do potpunog prestanka inkubacije i

neuspjeha gniježđenja (Byerly i sur. 2021). Štoviše, napuštanje gnijezda zbog predatora i budnost koju uzrokuje rizik od predacije dovode do manjka dubokog sna koji može uzrokovati dugoročne fiziološke posljedice (Diehl i sur. 2020). Osim za odrasle jedinke, napuštanje gnijezda noću izlaže jaja i mlade predaciji, ali i nizu drugih ugroza poput smrzavanja, slamanja jaja naglim polijetanjem i oportunističkim napadima mrava (Nisbet i Welton 1984). Usprkos navedenom, većina pilića se uspješno izlegne i nakon prolongiranog napuštanja (Arnold i sur. 2020). Česti noćni predatori gnijezda su ptice poput američke ušare *Bubo virginianus* (Gmelin, 1788) i sisavci poput smeđeg štakora *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769) (Nisbet i Welton 1984; Becker i Ludwigs 2004).

1.5. Utjecaj okoliša na dnevnu dinamiku

Kao vrste široke rasprostranjenosti, crvenokljune čigre gnijezde se na vrlo različitim staništima. Različita morska i slatkovodna staništa ove vrste mogu predstavljati bitan čimbenik u uspješnosti gniježđenja, ali i aktivnosti na gnijezdima specifičnog staništa. Budući da uspješnost hranjenja adultnih jedinki utječe na uspjeh pri gniježđenju, nameće se pitanje uspjeha kolonija na različitim staništima. Zabilježene su jasne razlike u gustoći i veličini kolonija (Cramp i sur. 1974; Neubauer 1998), uspjehu parenja (Becker i Ludwigs 2004), dobitku na masi tijekom hranjenja, trajanju hranjenja te ukupnoj hranidbenoj aktivnosti (Becker i sur. 1997) između slatkovodnih i morskih kolonija pojedinih područja.

Navedene su razlike vrlo vjerojatno produkt niza čimbenika koji variraju među različitim kolonijama, no dosadašnja istraživanja izdvajaju dostupnost i predvidivost dostupnosti plijena kao ključnu razliku između morskih i slatkovodnih staništa. Morska staništa, sudeći po do sada objavljenim podacima, imaju manje predvidivu dostupnost plijena od slatkovodnih. Ova činjenica poduprta je i hranjenjem ptica morskih staništa nad slatkom vodom tijekom lošijih uvjeta na moru (Frank i Becker 1992). Odabir predvidivih, lako dostupnih staništa s visokom gustoćom plijena dodatno je potvrđen podacima o hranjenju čigri na ribnjacima nedaleko od kontinentalnog područja gniježđenja (Becker i sur. 1997).

S druge strane, morska staništa pružaju potrebnu predvidivost u specifičnim uvjetima kao što je pokazano kod izmjene plime i oseke na Vadenskom moru (Frank i Becker 1992). Upravo je na podacima s morske kolonije ove vrste Erwin (1977) konstatirao kako se čigre hrane onom ribom koja je sezonski brojna. Nadalje, plitka topografija kombinirana sa brzim tokom vode poput onog za vrijeme izmjene plime i oseke može igrati ključnu ulogu u stvaranju pogodnih područja

hranjenja ove vrste (Schwemmer i sur. 2009; Urmy i Warren 2018). Ovakve specifične karakteristike morskog okoliša povezane su s povećanim hranjenjem i nad dubinama od 15-20 metara (Schwemmer i sur. 2009), dok je za pojedina slatkovodna staništa utvrđena tendencija hranjenja nad dubinama manjima od metra (Martinović i sur. 2023). Ovi podaci ukazuju na potencijalnu prednost morskog okoliša u hranjenju nad različitim dubinama, što može dovesti do eksploatacije veće vodene površine tijekom hranjenja.

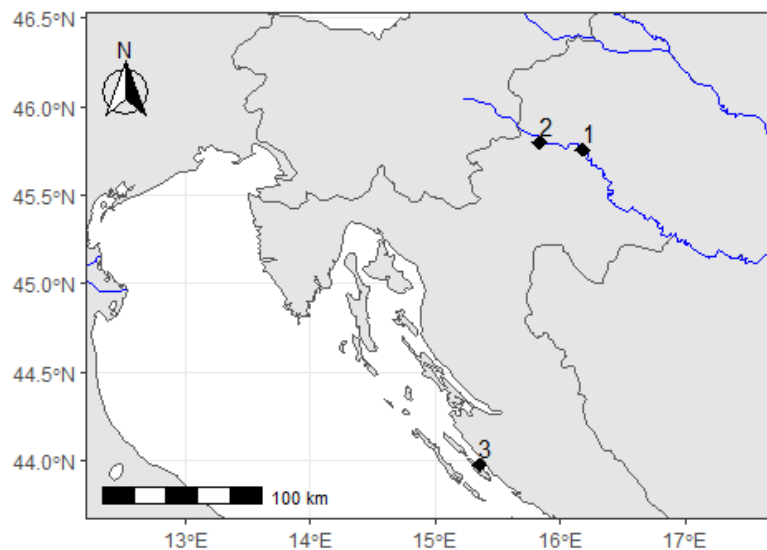
2. Cilj istraživanja

Cilj ovog rada je utvrditi razliku u dnevnoj dinamici i vremenu koje crvenokljune čigre sa slatkovodnih i morskih kolonija posvećuju inkubaciji i brizi za gnijezdo. Kategoriziranjem i analizom snimki prikupljenih fotozamkama tijekom razdoblja inkubacije jaja, testirat ću pretpostavku da se čigre s morskih i slatkovodnih kolonija razlikuju u vremenu koje provode u brizi za gnijezdo, a koje je, prema literaturi, posljedica razlika u dostupnosti plijena i time kvalitete odabranog područja za gniježđenje.

3. Materijal i metode

3.1. Područje istraživanja

Podaci analizirani u ovom radu prikupljeni su u sklopu projekta „Kopno ili more: Ekološki i genetički aspekti izbora staništa crvenokljune čigre“. Podaci su prikupljeni u četiri navrata, na tri različite lokacije: otoku Školjiću kod Neviđana ($43,98^{\circ}$ N $15,36^{\circ}$ E) od 14. do 26. svibnja 2022. te od 10. do 25. svibnja 2023., jezerima Rakitje ($45,80^{\circ}$ N $15,84^{\circ}$ E) od 18. svibnja do 4. lipnja 2021. i jezerima Siromaja ($45,76^{\circ}$ N $16,19^{\circ}$ E) od 19. do 25. svibnja 2022. (Slika 2).



Slika 2. Karta dijela Hrvatske i okolice s lokacijama istraživanih kolonija crvenokljune čigre.

Kolonije: 1-Siromaja, 2-Rakitje, 3-Školjić.

Otok Školjić nalazi se na nekoliko stotina metara od obale otoka Pašmana, kod naselja Neviđane. Otok je prekriven niskom vegetacijom među kojom crvenokljune čigre grade gnijezda, a jedini izmijenjeni prostor otoka je svjetionik koji se ondje nalazi (Slika 3). U godinama kada je kolonija snimana fotozatkama, broj gnijezdećih parova na otoku Školjiću iznosio je 23, odnosno 32.



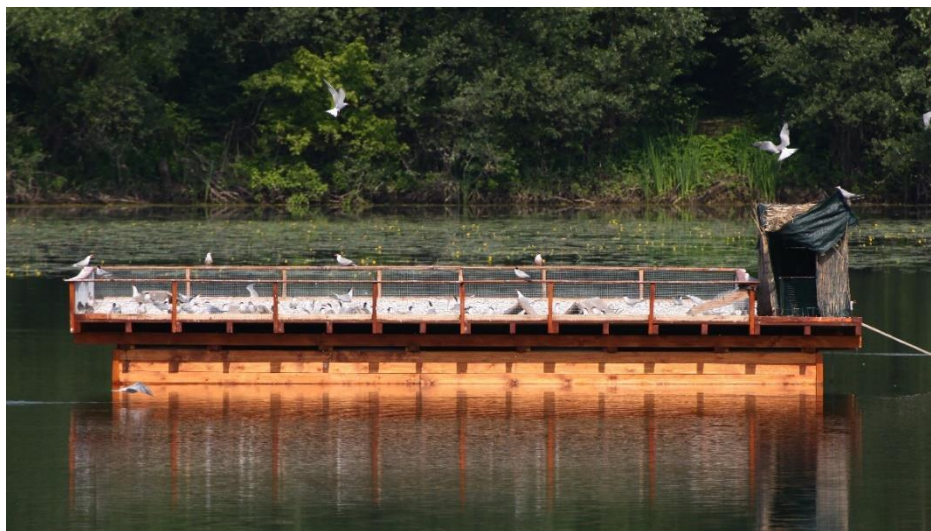
Slika 3. Otok Školjić sa svjetionikom. (Foto: Maja Bjelić Laušić)

Jezera Rakitje sastoje se od četiri umjetna jezera: Votok, Nadolez, Juš i Finzula, ukupne površine od otprilike 220 hektara. Jezera se nalaze u neposrednoj blizini naselja Rakitje i redovno se koriste za sportski ribolov. Crvenokljune čigre ovdje se gnijezde na šljunčanom otoku na jezeru Finzula (Slika 4), a u godini tijekom koje je provođeno ovo istraživanje ondje je obitavalo 115 gnijezdećih parova.



Slika 4. Populacija crvenokljunih čigri na jezeru Rakitje. (Foto: Maciej Szymański)

Jezera Siromaja su skupina od tri umjetna jezera; Siromaja 1, Siromaja 2 i Siromaja ekonomski bajer. Nalaze se u općini Rugvica, u neposrednoj blizini naselja Novaki Nartski. Na ovom jezeru izgrađena je platforma (Slika 5) na kojoj se za vrijeme rada fotozamki gnijezdilo 65 parova crvenokljunih čigri. Platforma je usidrena pri sredini jezera Siromaja 2 i imitira prirodno stanište za gniježđenje čigri (Zeleni prsten 2023).



Slika 5. Platforma na jezeru Siromaja sagrađena za gniježđenje crvenokljune čigre. (Foto: Tomica Rubinić)

3.2. Prikupljanje podataka

Fotografije čigri analizirane u ovom radu prikupljane su fotozamikama Spy-point Force-dark postavljenima na visini od pola metra, nekoliko metara od najbližeg gnijezda kolonije čigri (Slika 6). Na Rakitju su bile pričvršćene za stablo, na otoku Školjiću na metalno postolje zabijeno u zemlju, a na Siromaji su bile pričvršćene za stup ograde. Kamere su postavljane i kontrolirane

tijekom organiziranih terenskih izlazaka na kolonije u što kraćem roku kako bi se odrasle jedinke mogle vratiti na gnijezdo i osigurati jajima i/ili pticima potrebnu skrb, inkubaciju i termoregulaciju.



Slika 6. Fiksirana fotozamka na jezeru Rakitje. (Foto: Jelena Kralj)

Fotozamke su omogućavale bilježenje fotografija nakon detekcije pokreta u kadru kamere na udaljenosti od maksimalno 34 metra (SPYPOINT 2023). Fotografije su u elektroničkom obliku zapisane na eksternoj memoriji SD kartice. Spy-point Force-dark kamere bilježile su fotografije dvadeset i četiri sata dnevno, uključujući i noćne sate kada su bilježene infracrvenim zračenjem. Fotozamke postavljene su na način rada „multi-photo“ koji je u trenutku bilježenja pokreta snimao tri uzastopne fotografije.

Fotozamke su fotografije pohranile u numerirane mape od maksimalno petsto fotografija koje su naknadno učitane u sustav Pohrane i upravljanja podacima (PUH) Sveučilišnog računalnog centra Sveučilišta u Zagrebu. Na svakoj fotografiji zabilježeno je točno vrijeme snimanja.

3.3. Priprema podataka za statističku analizu

Tijekom obrade podataka preuzimao sam fotografije s pojedinih kamera sa sustava PUH i učitavao ih u računalni program Photo Mechanic verzije 6.0.0.6552. Prije same analize u navedenom programu, odabrao sam specifična gnijezda na koja sam se fokusirao tijekom obrade fotografija. Gnijezda sam odabrao po kriteriju blizine kameri kako bi pokreti i prisutnost ptice na i u neposrednoj blizini gnijezda bili jasno razlučivi te po kriteriju izostanka stranih predmeta poput vegetacije i kamenja na putanji između kamere i gnijezda. U slučaju fotografija s otoka Školjića

snimljenih 2023. na kojima niti jedno čitavo gnijezdo nije bilo u potpunosti vidljivo, za analizu je odabrano ono gnijezdo koje je svojim relativnim položajem pred kamerom omogućavalo jasno praćenje dolaska, odlaska i boravka ptica na gnijezdu te čiji je položaj u kadar stavljao barem dio tijela čigre koja se nalazi u njegovoj okolini tijekom čitavog trajanja interakcije ptice sa gnijezdom. Kada su položaj kamere i prisutnost gnijezda to dozvoljavali, jedan kadar kamere korišten je za analizu više od jednog gnijezda. Tijekom ovog rada obrađene su fotografije sa sedam različitih gnijezda, dva sa jezera Siromaja („SIR1“ i „SIR2“) dva sa jezera Rakitje („R1“ i „R2“) te tri sa otoka Školjića („2022SKO1“, „2022SKO2“, „2023SKO“). Programom Photo Mechanic obradio sam ukupno 117.477 fotografija sa gnijezda na Rakitju i gnijezda „2023SKO“, dok su fotografije preostalih gnijezda obrađene od strane nositelja projekta prije početka mog diplomskog rada. Fotografije sa svih sedam gnijezda, njih 170.883, objedinio sam i koristio u daljnjoj statističkoj analizi ovog rada.

Program Photo Mechanic koristio sam u svrhu lakšeg pregledavanja i sortiranja fotografija. Pri učitavanju fotografija u program, svakoj fotografiji je automatski dodana karakteristika „color class“ (u daljnjem tekstu – boja). Boja fotografije se, u kontekstu ovog rada, odnosi isključivo na spomenutu funkciju programa koja je pri inicijalnom učitavanju fotografija automatski podešena na vrijednost „none“, a kasnije sam ju mijenjao u jednu od četiri unaprijed određenih vrijednosti koje su odgovarale četirima različitim tipovima fotografija. Jednom kada je zadana vrijednost boje fotografije, ona se u programu prikazuje kao tanka linija boje koja odgovara jednoj od osam boja koje Photo Mechanic nudi. Tri boje (crvena, plava i žuta) odnosile su se na specifična stanja interakcije ptice sa gnijezdom koja sam analizirao, a četvrta (crna) odnosila se na fotografije koje su isključene iz daljnje analize. Čimbenici koji su uzrokovali isključenje fotografija najčešće su se temeljili na događajima u okolini kolonije ptica, kao što je slaba vidljivost zbog maglovitosti i prisustva precipitacije na leći kamere ili na kvaru elektronskog zapisa fotografija zbog kojeg su postale u potpunosti nepregledne. Iz pregleda su također isključene fotografije snimljene na dan dolaska terenskih istraživača na kolonije kako bi se umanjio antropogeni utjecaj na ponašanje čigri. Iako su kamere vraćane u upotrebu vrlo brzo nakon njihovog odlaska, sve fotografije do početka idućeg dana (u ponoć) izostavljene su iz obrade.

Tri stanja označena crvenom, plavom i žutom bojom nazvao sam prema trima odnosima ptice i gnijezda analiziranim na fotografijama. Crvenom bojom označio sam stanje „NEMA“, plavom stanje „PORED“, a žutom „SJEDI“.

Stanjem „SJEDI“ označio sam sve one fotografije na kojima ptica čitavom ventralnom stranom tijela prekriva gornju površinu gnijezda te na kojima nema nikakve indikacije da promatrana ptica stoji, uzdiže se ili je samo u prolazu (Slika 7). Slike na kojima su ptice sjedile na gnijezdu, ali mijenjale položaj, bilo da su se blago istežale ili rotirale označavao sam kategorijom „SJEDI“. Ukoliko sa fotografije nije u potpunosti bilo moguće odrediti sjedi li ptica na gnijezdu ili mu je samo vrlo blizu, usporedio sam ih s okolnim fotografijama. U slučaju da se sporna fotografija nalazila usred neprekinutog niza sjedenja na gnijezdu, računao sam je kao prikaz komešanja za vrijeme inkubacije, naročito ako je bila snimljena u roku od nekoliko sekundi kao i fotografije snimljene neposredno prije i nakon. Ukoliko je takva fotografija bila izolirani slučaj, u vremenskoj seriji okružena fotografijama s drugim stanjima, ili stanjima u nagloj promjeni, pripisao sam je onom stanju koje je imalo najveću pojavnost neposredno prije ili poslije ne bi li na taj način simulirao nagle promjene stanja koje se ponekad događaju na kolonijama čigri (na primjer za vrijeme masovne uzbune i kratkotrajnog odlaska sa kolonije).



Slika 7. Isječak fotografije kolonije crvenokljunih čigri na jezeru Rakitje. Gnijezdo najbliže kameri jedno je od promatranih gnijezda ovoga rada, a jedinka na njemu je u stanju SJEDI.

Plavu boju, odnosno stanje „PORED“, pridodao sam fotografijama kod kojih se ptica čitavim tijelom nalazila iznad ravnine gnijezda (Slika 8). Primjeri ovog stanja vrlo su raznoliki, a najčešće su se događali kada je ptica tijelom na gnijezdu, ali ne u njemu (kod stajanja na nekom dijelu gnijezda), kada je ptica u vertikalnom stupcu iznad gnijezda (pri letu) i kada se ptica nalazi negdje u kadru kamere, ali ne na gnijezdu (na primjer tijekom ophodnje teritorija i antagonističkog

ponašanja sa drugim jedinkama na koloniji). Potonji slučaj bio je najčešći i stanje „PORED“ pripisivao sam samo onda kada sam sa sigurnošću mogao utvrditi pripadnost ptice paru koji inkubira na promatranom gnijezdu, što je uključivalo uspoređivanje navedene slike sa prethodnim fotografijama ne bi li rekonstruirao putanju koju je ptica prešla dolazeći ili odlazeći sa gnijezda.



Slika 8. Isječak fotografije kolonije crvenokljunih čigri na jezeru Rakitje. Gnijezdo najbliže kameri jedno je od promatranih gnijezda ovoga rada, a jedinke na njemu su u stanju PORED.

One fotografije koje nisu zadovoljavale gornje kriterije, ali su zadovoljavale kriterije jasne vidljivosti i razlučivosti kadra kamere, kao i one fotografije za koje nisam sa sigurnošću mogao odrediti pripadnost ptica gnijezdu, označavao sam crvenom bojom i pripisivao ih stanju „NEMA“ (Slika 9).



Slika 9. Isječak fotografije kolonije crvenokljunih čigri na jezeru Rakitje. Gnijezdo najbliže kameri jedno je od promatranih gnijezda ovoga rada, a manjak jedinki obilježava stanje NEMA.

Osim označavanja fotografija, „color class“ vrijednost koristio sam i u svrhu sortiranja na temelju boje, koristeći funkciju „Select color class“ koja omogućava odabir neograničenog broja fotografija na temelju korisnički zadane boje. Tako odabrane fotografije sam preimenovala

koristeći program Photo Mechanic, gdje je stanje poprimalo jednu od vrijednosti „SJEDI“, „PORED“ ili „NEMA“. Fotografije su tako poprimale ujednačeni naziv sačinjen od četrnaest znamenaka (godine, mjeseca, dana, sata, minute i sekunde u kojima je fotografija snimljena) i imena stanja. Isti postupak ponovljen je za svako od tri stanja. Ukoliko je, zbog mogućnosti kamere da snima više fotografija u istoj sekundi, nekoliko fotografija s istim stanjima imalo identičnih četrnaest znamenaka vremena i datuma, program Photo Mechanic je automatski dodavao slova abecede redom kao dodatak nazivu stanja. Preimenovane fotografije izdvojio sam u zasebnu mapu bez fotografija koje su izbačene iz daljnje analize. Uz pomoć Microsoft Office Excela, kopirao sam imena svih fotografija izdvojenih u novu mapu te sam taj dokument spremio pod nazivom gnijezda koje je fotografirano s ekstenzijom .csv. Postupak označavanja, sortiranja i kopiranja imena fotografija ponovio sam za sva tri gnijezda analizirana na taj način.

3.4. Statistička obrada podataka

Statističku obradu podataka proveo sam u programskom jeziku R verzije 4.3.1. (R Core Team 2023). Skripta korištena u obradi podataka dostupna je kao Prilog 1. Pomoću skripte izračunao sam vrijednosti za tri parametra na kojima se temelji statistička analiza podataka prikupljenih fotozamkama: dnevno trajanje stanja (DTS), trajanje stanja do promjene (TSDP) i ukupni broj promjena (UBP).

Dnevno trajanje stanja (DTS), je parametar nastao zbrajanjem trajanja svakog jedinstvenog stanja unutar perioda od dvadeset i četiri sata. Ovo su manji setovi podataka čija veličina ovisi o broju dana snimanja fotozamke na pojedinim gnijezdima, a čije podatke sam prvotno izračunao kao trajanje stanja u sekundama. Duljinu trajanja stanja po danu sam naknadno izrazio u postotcima dobivenima dijeleći trajanja stanja tijekom dana (u sekundama) s ukupnim brojem sekundi u dvadeset i četiri satnom periodu (86400). Na ovaj način izbjegao sam neujednačena trajanja stanja onda kada kamere nisu zabilježile čitav dan na nekom od gnijezda, kao na primjer u danima kada je kamera prestala raditi ili je uklonjena tijekom poslijepodnevni sati. One dane za koje je ukupno trajanje svih stanja iznosilo manje od šest sati (21600 sekundi) izbacio sam iz naredne analize.

TSDP predstavlja trajanje stanja ptice sve do prve iduće promjene stanja te ptice i izraženo je u sekundama. Podaci ovog parametra za svako gnijezdo sastoje se od više stotina redaka, budući da su promjene stanja na svim gnijezdima bile mnogobrojne.

Parametar UBP predstavlja ukupan zbroj promjena stanja koje su se na gnijezdu dogodile tijekom jednog dana. Kao i parametar prije njega, određen je brojem dana zabilježenih za pojedino gnijezdo, ali za razliku od ostalih parametara ne diferencira između pojedinih stanja, već prikazuje samo sveukupan broj promjena.

Osim za čitav dan, navedene parametre izračunao sam i za specifične dijelove dana. Dan je podijeljen u tri intervala nejednakog trajanja; „jutro“, „noć“ i „poslijepodne“. Trajanje svakog od intervala odredio sam koristeći podatke sa internetske stranice timeanddate (Time and Date AS 2024), na kojoj je moguće dobiti podatke o zalasku i izlasku Sunca za odabrane lokacije na Zemljinoj površini. Za gnijezda čiju točnu lokaciju nisam mogao odabrati na stranici koristio sam najbližu lokaciju koja im pobliže odgovara geografskom širinom. Za otok Školjić to je naselje Mali Iz (44,03° N 15,14° E), gnijezda na jezerima Siromaja predstavljena su podacima naselja Novaki Nartski (45,76° N 16,18° E), a naselje Rakitje (45,79° N 15,82° E) predstavljalo je gnijezda s istoimenih jezera. Na ovaj način sam podijelio podatke sa svakog gnijezda i za svaki pojedinačno izračunao UBP, DTS i TSDP, osim za noćni period gnijezda 2023SKO zbog manjka podataka uzrokovanog neučestalim fotografiranjem fotozamke na tom gnijezdu. Pri računanju postotaka parametra DTS kod intervala dana korišteno je trajanje svakog od intervala, umjesto trajanja čitavog dana.

Računalni kod skripte za ovaj postupak također je uključen u Prilog 1. Navedeni parametri prikazani su na isti način kao i oni za trajanje čitavog dana, s jednom iznimkom. Zbog kraćeg trajanja perioda dana, noći i poslijepodneva, oni periodi koji su za parametar DTS ukupno imali trajanje kraće od šest sati nisu izbačeni iz daljnje analize. Ovu odluku donio sam kako bih sačuvao što veći broj podataka svakog od dijelova dana i povećao statističku značajnost kasnije provedenih testova.

Koristeći se osnovnim statističkim paketom programskog jezika R proveo sam Shapiro-Wilk test normalnosti za sve parametre svih tipova podataka. Budući da je testom utvrđeno da distribucija nije normalna, koristio sam neparametrijske testove za usporedbu vrijednosti TSDP, DTS i UBP između gnijezda te između kolonija. Usporedbe podataka između slatkovodnih i morskih kolonija proveo sam Mann-Whitney U testom, a usporedbe podataka između gnijezda unutar istog tipa staništa Kruskal-Wallis testom. Ona gnijezda koja brojem podataka nisu zadovoljavala minimum za izračun Kruskal-Wallis testa isključio sam iz analize. Ovi slučajevi prisutni su isključivo

tijekom noćnog intervala promatranja. Mann-Whitney U test i Kruskal-Wallis test također sam računao uz pomoć osnovnog statističkog paketa R-a (R Core Team 2023).

4. Rezultati

4.1. Deskriptivna statistika

Na svih sedam gnijezda na kojima je praćena aktivnost crvenokljunih čigri tijekom inkubacije, stanje s najduljim trajanjem (Tablica 1) bilo je sama inkubacija (SJEDI), koja je za slatkovodne kolonije iznosila 95,2%, a za morske 55,9% vremena. Čigre sa slatkovodnih kolonija bile su znatno kraće odsutne s gnijezda (1,4% vremena) nego one s morskih (26,7%). Ukupne vrijednosti SJEDI i PORED ukazuju na vrijeme koje ptice posvećuju brzi o gnijezdu, a ono je veće na slatkovodnim kolonijama (Slika 10).

Trajanje stanja inkubacije bilo je nešto dulje na slatkovodnim kolonijama (medijan: 1172 sekundi, odnosno 19,5 minuta) nego na morskim (medijan 1016 sekundi, odnosno 17 minuta). Naprotiv, razdoblje odsutnosti ptice s gnijezda bilo je dulje na morskim kolonijama (Tablica 2).

Iako su trajanja pojedinih stanja bila dulja, broj promjena stanja u danu bio je veći na slatkovodnim nego na morskim kolonijama (Tablica 3).

Tablica 1. Dnevno trajanje stanja tijekom inkubacije crvenokljune čigre prikazano kao postotak trajanja razdoblja. Prikazani su medijani te prvi i reći kvartili. R1, R2 – gnijezda kolonije na jezeru Rakitje. SIR1, SIR2 – gnijezda kolonije na jezeru Siromaja. SL – gnijezda slatkovodnih kolonija. 2022SKO1, 2022SKO2 – gnijezda na otoku Školjiću promatrana 2022. 2023SKO – gnijezdo na otoku Školjiću promatrano 2023. MO – gnijezda morskih kolonija.

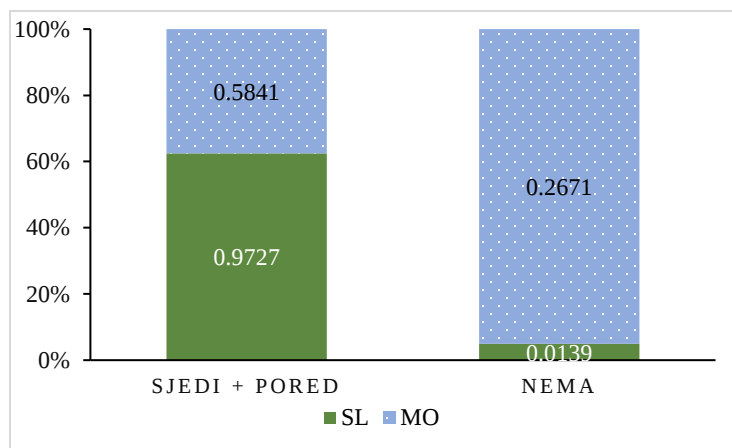
	DNEVNO TRAJANJE STANJA											
	CIJELI DAN			JUTRO			POSRIJEPODNE			NOĆ		
	SJEDI	PORED	NEMA	SJEDI	PORED	NEMA	SJEDI	PORED	NEMA	SJEDI	PORED	NEMA
R1	0,9491 (0,9177 - 0,9538)	0,0219 (0,0169 - 0,0365)	0,0211 (0,0169 - 0,0365)	0,9488 (0,9281 - 0,9629)	0,0245 (0,0141 - 0,0354)	0,0214 (0,0143 - 0,0407)	0,9299 (0,9138 - 0,9558)	0,0401 (0,0220 - 0,0630)	0,0234 (0,0079 - 0,0643)	0,9810 (0,9698 - 0,9900)	0,0058 (0,0028 - 0,0127)	0,0043 (0,0008 - 0,0152)
R2	0,9862 (0,9456 - 0,9811)	0,0142 (0,0111 - 0,0200)	0,0093 (0,0034 - 0,0144)	0,9831 (0,9787 - 0,9924)	0,0078 (0,0061 - 0,0172)	0,0055 (0,0027 - 0,0086)	0,9631 (0,9369 - 0,9773)	0,0318 (0,0142 - 0,0397)	0,0105 (0,0033 - 0,0306)	0,9908 (0,9559 - 0,9952)	0,0033 (0,0017 - 0,0077)	0,0043 (0,0011 - 0,0151)
SIR1	0,9378 (0,8058 - 0,9533)	0,0348 (0,0315 - 0,0473)	0,0031 (0,0017 - 0,0094)	0,9397 (0,8715 - 0,9773)	0,0456 (0,0238 - 0,0802)	0,0052 (0,0048 - 0,0120)	0,9805 (0,9669 - 0,9879)	0,0216 (0,0172 - 0,0369)	0,0022 (0,0020 - 0,0031)	0,9594 (0,7520 - 1,0000)	0,0404 (0,0283 - 0,0579)	0,0007 (0,0004 - 0,0011)
SIR2	0,9112 (0,8890 - 0,9505)	0,0230 (0,0140 - 0,0414)	0,0256 (0,0134 - 0,0393)	0,8586 (0,7925 - 0,9628)	0,1038 (0,0498 - 0,1552)	0,0453 (0,0143 - 0,3182)	0,9797 (0,9771 - 0,9917)	0,0154 (0,0047 - 0,0198)	0,0040 (0,0038 - 0,0119)	0,9853 (0,9475 - 0,9927)	0,0114 (0,0081 - 0,0202)	0,0547 (0,0257 - 0,0870)
SL	0,9525 (0,9030 - 0,9686)	0,0202 (0,0127 - 0,0348)	0,0139 (0,0047 - 0,0310)	0,9626 (0,9281 - 0,9861)	0,0197 (0,0074 - 0,0377)	0,0120 (0,0050 - 0,0276)	0,9645 (0,9293 - 0,9806)	0,0269 (0,0152 - 0,0413)	0,0105 (0,0038 - 0,0349)	0,9853 (0,9475 - 0,9927)	0,0058 (0,0023 - 0,0127)	0,0046 (0,0008 - 0,0210)
2023SKO	0,9255 (0,6167 - 0,9727)	0,0429 (0,0236 - 0,0935)	0,0078 (0,0041 - 0,0228)	0,9223 (0,8713 - 0,9934)	0,0477 (0,0142 - 0,1381)	0,0389 (0,0249 - 0,0529)	0,9287 (0,7558 - 0,9527)	0,0457 (0,0055 - 0,2425)	0,0052 (0,0017 - 0,0222)	/	/	/
2022SKO1	0,5429 (0,5192 - 0,5945)	0,0116 (0,0085 - 0,0261)	0,4362 (0,3845 - 0,4567)	0,8587 (0,8288 - 0,9102)	0,0178 (0,0136 - 0,0282)	0,1280 (0,0771 - 0,1599)	0,6378 (0,6091 - 0,6914)	0,0236 (0,0104 - 0,0441)	0,3437 (0,2962 - 0,3835)	0,1019 (0,0894 - 0,1746)	0,0172 (0,0024 - 0,0324)	0,8719 (0,4806 - 0,9031)
2022SKO2	0,4601 (0,4499 - 0,4860)	0,0586 (0,0507 - 0,0817)	0,4572 (0,2331 - 0,4892)	0,8326 (0,7329 - 0,8380)	0,0691 (0,0645 - 0,0707)	0,1447 (0,0864 - 0,1975)	0,6597 (0,6317 - 0,7322)	0,1017 (0,0913 - 0,1126)	0,2433 (0,1693 - 0,2899)	0,0338 (0,0160 - 0,0374)	0,0139 (0,0139 - 0,0139)	0,9626 (0,3972 - 0,9662)
MO	0,5590 (0,4871 - 0,9098)	0,0251 (0,0128 - 0,0566)	0,2671 (0,0157 - 0,4476)	0,8682 (0,8135 - 0,9428)	0,0256 (0,0147 - 0,0685)	0,0821 (0,0365 - 0,1438)	0,7357 (0,6315 - 0,9036)	0,0585 (0,0178 - 0,1090)	0,1812 (0,0209 - 0,3233)	0,0969 (0,0338 - 0,1435)	0,0228 (0,0054 - 0,0337)	0,8836 (0,4745 - 0,9528)

Tablica 2. Trajanje stanja do pojave novog stanja tijekom inkubacije crvenokljune čigre prikazano u sekundama. Prikazani su medijani te prvi i treći kvartili. R1, R2 – gnijezda kolonije na jezeru Rakitje. SIR1, SIR2 – gnijezda kolonije na jezeru Siromaja. SL – gnijezda slatkovodnih kolonija. 2022SKO1, 2022SKO2 – gnijezda na otoku Školjiću promatrana 2022. 2023SKO – gnijezdo na otoku Školjiću promatrano 2023. MO – gnijezda morskih kolonija.

	TRAJANJE STANJA DO PROMJENE											
	CIJELI DAN			JUTRO			POSLIJEPODNE			NOĆ		
GNIJEZDO	SJEDI	PORED	NEMA	SJEDI	PORED	NEMA	SJEDI	PORED	NEMA	SJEDI	PORED	NEMA
R1	991,0 (323,8 - 2369,0)	10,0 (5,0 - 46,0)	20,0 (10,0 - 85,0)	987,0 (354,0 - 2228,)	7,0 (4,0 - 41,0)	17,0 (10,0 - 41,5)	743,5 (221,3 - 1786,5)	12,0 (5,0 - 62,0)	21,0 (9,0 - 90,0)	3064,0 (1461,8 - 8190,3)	17,5 (5,0 - 33,3)	28,0 (10,0 - 128,0)
R2	1207,0 (448,3 - 2719,0)	9,0 (5,0 - 20,0)	16,5 (8,0 - 31,0)	1041,0 (454,0 - 2715,0)	8,0 (4,0 - 15,8)	15,0 (8,0 - 29,0)	988,0 (373,0 - 1978,0)	9,0 (5,0 - 24,0)	17,0 (7,8 - 32,8)	4868,0 (1918,3 - 8764,3)	10,0 (5,0 - 21,8)	27,0 (16,8 - 232,5)
SIR1	2086,0 (859,0 - 5995,0)	53,0 (5,0 - 298,0)	32,0 (17,0 - 81,0)	1166,0 (623,0 - 3871,0)	94,0 (17,0 - 393,0)	81,0 (42,0 - 208,0)	3338,0 (1123,0 - 6022,0)	35,0 (5,0 - 105,5)	34,0 (11,8 - 42,8)	8184,0 (1510,0 - 40526,5)	506,5 (128,5 - 1091,5)	20,0 (13,8 - 24,3)
SIR2	2998,5 (1280,0 - 9669,3)	68,0 (11,5 - 341,0)	134,0 (27,0 - 681,0)	2966,0 (1280,0 - 4243,0)	100,0 (25,0 - 363,0)	431,5 (148,8 - 673,5)	4223,0 (1500,0 - 6829,0)	38,0 (9,5 - 193,0)	36,0 (12,0 - 119,0)	22160,0 (772,0 - 26486,0)	68,0 (4,5 - 362,0)	702,0 (398,8 - 1546,0)
SL	1172,0 (424,0 - 2767,0)	10,0 (5,0 - 40,3)	19,0 (9,0 - 67,0)	1091,0 (424,0 - 2621,0)	9,0 (4,0 - 37,0)	18,0 (10,0 - 53,0)	944,0 (296,5 - 2097,0)	10,0 (5,0 - 47,0)	18,0 (9,0 - 56,3)	2697,5 (1486,0 - 8862,75)	12,0 (5,0 - 32,0)	31,0 (16,0 - 243,0)
2023SKO	1242,5 (414,8 - 3131,0)	20,0 (5,0 - 132,3)	74,0 (23,0 - 281,0)	1406,0 (490,0 - 3812,0)	16,0 (5,0 - 112,0)	51,5 (21,8 - 259,3)	1292,5 (399,0 - 2565,8)	30,0 (5,0 - 209,0)	93,0 (30,0 - 282,0)	/	/	/
2022SKO1	117,0 (407,0 - 2412,0)	22,0 (5,0 - 69,8)	39,0 (18,0 - 274,0)	1248,0 (338,0 - 2424,0)	20,0 (5,0 - 60,0)	42,0 (20,0 - 181,3)	1026,0 (396,5 - 1944,0)	20,0 (7,0 - 72,5)	34,0 (15,0 - 549,0)	3167,0 (1231,0 - 3601,0)	137,0 (86,0 - 900,0)	26068,5 (1476,8 - 29210,3)
2022SKO2	764,5 (230,5 - 1432,3)	14,5 (5,0 - 60,3)	29,0 (6,0 - 124,0)	673,0 (142,0 - 1448,0)	13,0 (5,0 - 41,5)	41,0 (21,0 - 131,0)	755,0 (260,5 - 1281,5)	18,0 (6,0 - 75,3)	22,0 (14,0 - 130,5)	1163,5 (668,5 - 2965,0)	1461,5 (957,8 - 1965,3)	31478,0 (12990,0 - 31595,0)
MO	1016,0 (349,0 - 2229,0)	18,0 (5,0 - 78,8)	36,0 (17,0 - 210,3)	1019,0 (285,0 - 2290,5)	15,0 (5,0 - 60,0)	42,0 (20,0 - 180,5)	989,0 (338,5 - 2092,5)	21,0 (5,0 - 105,8)	31,0 (15,0 - 288,0)	2503,0 (1105,0 - 3573,5)	454,0 (111,5 - 1012,5)	27009,0 (4534,5 - 29701,0)

Tablica 3. Ukupni broj promjena stanja tijekom inkubacije na gnijezdima crvenokljune čigre. Prikazani su medijani te prvi i treći kvartili. R1, R2 – gnijezda kolonije na jezeru Rakitje. SIR1, SIR2 – gnijezda kolonije na jezeru Siromaja. SL – gnijezda slatkovodnih kolonija. 2022SKO1, 2022SKO2 – gnijezda na otoku Školjiću promatrana 2022. 2023SKO – gnijezdo na otoku Školjiću promatrano 2023. MO – gnijezda morskih kolonija.

	Ukupni broj promjena stanja			
	CIJELI DAN	JUTRO	POSLIJEPODNE	NOĆ
R1	106,0 (92,8 - 139,5)	43,0 (31,5 - 46,0)	51,5 (39,8 - 76,0)	14,0 (10,5 - 16,8)
R2	82,0 (76,0 - 102,0)	31,0 (24,0 - 33,0)	46,0 (29,0 - 60,0)	9,0 (8,0 - 12,0)
SIR1	19,0 (18,0 - 25,0)	10,0 (8,0 - 11,0)	10,0 (8,0 - 10,0)	0,0 (0,0 - 3,0)
SIR2	17,0 (12,0 - 24,0)	11,0 (2,0 - 14,0)	5,0 (4,0 - 10,0)	2,0 (2,0 - 4,0)
SL	81,0 (40,0 - 105,0)	30,0 (18,0 - 39,0)	35,0 (17,0 - 60,0)	9,0 (5,0 - 14,0)
2022SKO1	38,5 (26,0 - 49,0)	30,0 (21,0 - 40,5)	37,0 (30,0 - 41,0)	2,0 (2,0 - 5,0)
2022SKO2	67,0 (50,0 - 81,0)	43,0 (36,0 - 44,0)	61,0 (55,0 - 71,5)	2,0 (2,0 - 2,0)
2023SKO	91,0 (90,5 - 108,0)	14,0 (9,8 - 23,0)	22,0 (15,8 - 33,5)	/
MO	51,0 (39,3 - 75,5)	24,0 (13,0 - 31,8)	33,5 (19,5 - 40,5)	2,0 (2,0 - 4,3)



Slika 10. Medijan dnevnog trajanja stanja crvenokljunih čigri tijekom inkubacije prikazan kao postotak ukupnog trajanja pojedinog stanja. Brojevi unutar kolumni odnose se na pojedinačne medijane stanja za stanište. SL – gnijezda slatkovodnih kolonija. MO – gnijezda morskih kolonija.

4.2. Razlike u dnevnoj dinamici među gnijezdima istog tipa staništa

Kruskal-Wallis test ukazuje na značajne razlike među gnijezdima istog staništa u 59% slučajeva (33 od 56 testova, Tablica 4). Najviše značajnih razlika može se uočiti za cjelodnevne podatke, dok podaci jutra, poslijepodneva i noći slijede po broju tim redoslijedom. Podaci parametra UBP značajni su u najvećem, a parametra TSDP u najmanjem broju slučajeva (83% naspram 50%). Parametar DTS značajan je u 58% slučajeva. Gnijezda sa slatkovodnih staništa češće pokazuju značajnu razliku od onih na morskim staništima (68% naspram 50%).

Cjelodnevno trajanje stanja SJEDI, tj. same inkubacije, ne razlikuje se među gnijezdima na slatkovodnim kolonijama, a značajna razlika postoji tijekom jutra. Podaci za dnevno trajanje stanja na gnijezdu (Tablica 1) ukazuju na sličnu dnevnu raspodjelu stanja među gnijezdima s izuzetkom gnijezda s otoka Školjića promatranih tijekom 2022. godine (2022SKO1 i 2022SKO2). NEMA je kod ostalih gnijezda najrjeđe bilježeno stanje, dok je stanje SJEDI uvijek zastupljeno u više od 90% slučajeva (Tablica 1). Kod gnijezda sa Školjića 2022. godine zabilježena je znatno veća zastupljenost stanja NEMA nego igdje drugdje. Gnijezdo promatrano na istoj koloniji 2023. godine (2023SKO) raspodjelom stanja nalikuje gnijezdima slatkovodnih staništa. Razlike među morskim gnijezdima značajne su u 71% u cjelodnevnom intervalu (Tablica 4).

Tablica 4. Usporedba trajanja stanja tijekom inkubacije među gnijezdima crvenokljune čigre na istom staništu. Prikazani su stupnjevi slobode (df), hi kvadrat (H) i p vrijednost Kruskal-Wallis testa. DTS - Dnevno trajanje stanja. TSDP – Trajanje stanja do promjene.

UBP – Ukupni broj promjena. MO – gnijezda morskog staništa. SL – gnijezda slatkovodnog staništa.

Varijabla	Stanje	Stanište	KRUSKAL-WALLIS TEST											
			CIJELI DAN			JUTRO			POSLIJEPODNE			NOĆ		
			df	H	p	df	H	p	df	H	p	df	H	p
DTS	SJEDI	MO	2	8,02	<0,05	2	1,88	0,17	2	0,40	0,53	1	2,85	0,09
		SL	3	5,57	0,13	3	13,15	<0,005	3	11,61	<0,01	3	0,93	0,82
DTS	PORED	MO	2	9,31	<0,01	2	6,94	<0,01	2	4,90	<0,05	1	0,86	0,35
		SL	3	7,87	<0,05	3	9,46	<0,05	3	7,00	0,07	3	9,90	<0,05
DTS	NEMA	MO	2	21,40	<0,001	1	0,02	0,88	2	4,92	<0,05	1	0,09	0,77
		SL	3	7,95	<0,05	3	13,09	<0,005	3	7,74	0,05	3	12,22	<0,01
TSDP	SJEDI	MO	2	23,23	<0,001	2	21,65	<0,001	2	13,30	<0,005	1	1,26	0,26
		SL	3	49,78	<0,001	3	14,23	<0,005	3	6,78	0,08	3	4,88	0,18
TSDP	PORED	MO	2	0,93	0,63	2	2,10	0,35	2	8,48	<0,05	1	1,35	0,25
		SL	3	71,52	<0,001	3	54,97	<0,001	3	7,10	0,07	3	6,46	0,09
TSDP	NEMA	MO	2	4,76	0,09	2	0,06	0,97	2	6,84	<0,05	1	2,11	0,15
		SL	3	29,91	<0,001	3	27,58	<0,001	3	5,17	0,16	3	10,62	<0,05
UBP	/	MO	2	16,69	<0,001	2	12,38	<0,005	2	13,10	<0,005	1	0,17	0,68
		SL	3	23,28	<0,001	3	22,06	<0,001	3	21,38	<0,001	3	24,03	<0,001

Tablica 5. Usporedba trajanja stanja tijekom inkubacije među gnijezdima crvenokljune čigre među staništima. Prikazani su N (broj uzoraka), p i W vrijednost Mann-Whitney U testa. DTS - Dnevno trajanje stanja. TSDP – Trajanje stanja do promjene. UBP – Ukupni broj promjena. SL – gnijezda slatkovodnih staništa. MO – gnijezda morskog staništa.

		MANN-WHITNEY U TEST											
		CIJELI DAN			JUTRO			POSLIJEPODNE			NOĆ		
Varijabla	Stanje	N (SL; MO)	W	p	N (SL; MO)	W	p	N (SL; MO)	W	p	N (SL; MO)	W	p
DTS	SJEDI	42; 31	1017,5	<0,001	44; 31	979,5	<0,005	44; 31	1183,5	<0,001	44; 17	740,0	<0,001
DTS	PORED	42; 30	486,5	0,10	39; 30	475,0	0,19	41; 30	409,0	<0,05	37; 6	74,5	0,24
DTS	NEMA	42; 30	311,0	<0,001	40; 14	221,5	<0,001	37; 31	277,0	<0,001	31; 18	3,0	<0,001
TSDP	SJEDI	1243; 713	472839,5	<0,05	451; 331	79738,0	0,10	635; 383	121228,5	0,93	170; 23	2401,5	0,08
TSDP	PORED	1364; 646	372831,0	<0,001	496; 286	60517,5	<0,001	698; 346	98165,0	<0,001	173; 7	91,5	<0,001
TSDP	NEMA	561; 460	92292,0	<0,001	229; 207	14732,5	<0,001	280; 264	27202,0	<0,001	55; 23	80,5	<0,001
UBP	/	37; 28	679,0	<0,05	45; 32	772,5	0,59	45; 32	765,0	0,65	45; 18	620,5	<0,001

4.3. Razlike u dnevnoj dinamici između gnijezda različitih staništa

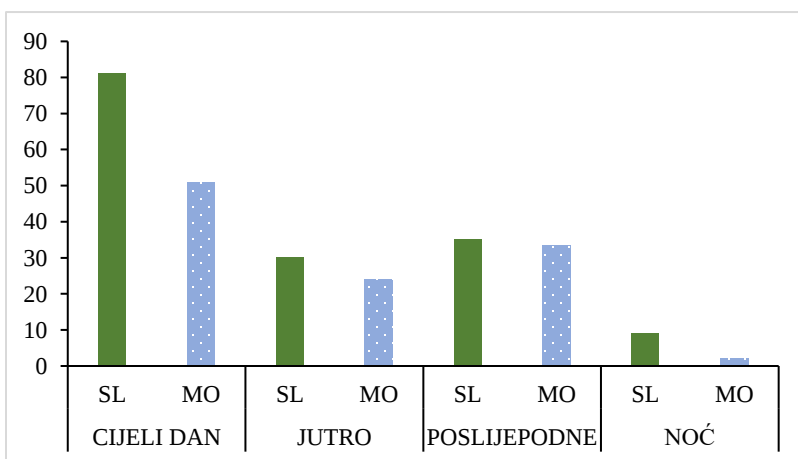
Mann-Whitney U test ukazuje na značajne razlike među gnijezdima različitih staništa u 20 od 28 slučajeva (71%, Tablica 5). Dnevno trajanje stanja pokazuje značajnu razliku u stanjima SJEDI i NEMA, tj. u trajanju inkubacije i odsutnosti s kolonije, kako za cijeli dan tako i u svim razdobljima dana.

Najviše značajnih razlika zabilježeno je kod parametra TSDP (9 od 12 slučajeva). Iako je trajanje stanja inkubacije do promjene bilo značajno različito za cijeli dan, razlike među dobima dana nisu bile značajne.

Ukupni broj promjena značajan je kada se promatra čitav dan i razdoblje noći.

Rezultati deskriptivne statistike dnevnog trajanja stanja ukazuju na vrlo različite duljine aktivnosti na pojedinim gnijezdima (Tablica 1). Usprkos ranije spomenutoj sličnosti trajanja aktivnosti na gnijezdu 2023SKO s onim gnijezda slatkovodnih staništa, morske čigre u usporedbi sa slatkovodnima dnevno provode mnogo manje vremena sjedeći na gnijezdu (Slika 10).

Broj promjena stanja pokazuje varijaciju između različitih intervala promatranja (Tablica 1). Iako se parametar UBP značajno razlikuje među staništima u intervalu noći i cjelodnevnom intervalu (Tablica 5), sa Slike 11 vidljivo je kako postoji jasan uzorak češće promjene stanja na slatkovodnom staništu bez obzira na doba dana.



Slika 11. Broj promjena stanja tijekom inkubacije crvenokljunih čigri po staništu tijekom različitih vremenskih intervala. SL – gnijezda slatkovodnih kolonija. MO – gnijezda morskih kolonija.

5. Rasprava

Ovim istraživanjem utvrđena je razlika u dnevnoj dinamici crvenokljunih čigri na morskim i slatkovodnim staništima u Hrvatskoj tijekom inkubacije. Čigre sa slatkovodnih kolonija provodile su više vremena inkubirajući, dok su čigre s morskog staništa bile dulje odsutne s kolonije.

5.1. Usporedba gnijezda na slatkovodnim staništima

Gnijezda s jezera Rakitje imaju daleko više promjena stanja od onih s jezera Siromaja, a razlika je statistički značajna za svaki od testiranih vremenskih intervala. Gnijezda na Siromaji pokazuju dulje trajanje sjedenja na gnijezdu do promjene stanja. Kako bi se uzroci ovakvog ponašanja pravilno razjasnili potrebno je sagledati više čimbenika, pri čemu pomažu ostali parametri mjereni za gnijezda.

Lakša dostupnost hrane na jednom od staništa mogla bi imati najveći utjecaj na razlike slatkovodnih gnijezda promatranih tijekom ovog istraživanja. Staništa s lakše dostupnom hranom omogućuju dulji boravak na gnijezdu i manji broj odlazaka s gnijezda u potrazi za hranom (Becker i sur. 1997). Duže neprekinuto sjedenje na gnijezdu za koloniju na Siromaji i manji broj promjena stanja ondje mogli bi biti indikatori bližih izvora hrane, ili izvora hrane koja je lakše dostupna od one koju koriste ptice s kolonije na Rakitju. Kolonija na Siromaji smještena je bliže povoljnim hranilištima na rijeci Savi, zbog čega ptice sa Siromaje prevaljuju manje udaljenosti u potrazi za hranom, hranjenje im traje kraće, a prisutnost na koloniji je veća nego kod ptica s Rakitja (Martinović i sur. 2023). Usprkos tome što je zračna udaljenost između ove dvije kolonije samo 28 km, ova razlika može utjecati i na ranije zabilježeni veći reproduktivni uspjeh na koloniji Siromaja (Martinović i sur. 2019)

Iskustvo gnijezdećih parova igra znatnu ulogu u uspješnosti gniježđenja. Iskusniji parovi pokazuju dulji boravak ženki na gnijezdu tijekom inkubacije i dulji boravak mužjaka na gnijezdu noću (Reichert i Becker 2017). Također, Limmer i Becker (2009) su pokazali kako iskusni parovi hrane svoje mlade dvostruko češće od neiskusnih pa se može pretpostaviti da iskusni parovi uspješnije hvataju plijen i zato se tijekom inkubacije mogu brže nahraniti. Kako ptice u sklopu ovog istraživanja nisu prstenovane, njihova dob i spol ostali su nepoznati, što onemogućava daljnju usporedbu na temelju iskustva parenja. No neke od individualnih razlika u aktivnosti parova na

ovim gnijezdima, poput dužeg izbivanja s gnijezda SIR2 noću (Tablica 3), mogu biti posljedica razlike u iskustvu tih ptica.

Još jedno od mogućih objašnjenja česte promjene stanja je antagonističko ponašanje prema pripadnicima vlastite vrste ili prema predatorima. Kolonija na Rakitju gotovo je dvostruko veća od one na Siromaji (115 naspram 65 parova za godine u kojima su vršena mjerenja), međutim crvenokljune čigre, čak i u doba inkubacije, pokazuju niske stope antagonističkog ponašanja prema pripadnicima iste vrste (Fasola i Saino 1995).

Kolonija na Rakitju znatno je izloženija predaciji od one na Siromaji, koja je izgrađena na platformi usidrenoj pri sredini jezera. Budući da predacija izaziva nužnu promjenu stanja ptice u odnosu na gnijezdo (Becker i Ludwigs 2004), mogla bi biti dobro objašnjenje za češće mijenjanje stanja na gnijezdima na jezeru Rakitje. Podaci trajanja stanja do promjene (TSDP, Tablica 2), koji bilježe dvostruko duže trajanje stanja SJEDI na gnijezdima Siromaja, donekle podržavaju ovu tezu. Međutim, predaciju kao važan čimbenik ovih promjena pobija duljina trajanja stanja (DTS, Tablica 2), koja pokazuje češću pojavu stanja SJEDI za gnijezda na koloniji jezera Rakitje. Dugoročna napuštanja gnijezda tijekom noćne predacije događaju se tijekom nekoliko uzastopnih dana (Arnold i sur. 2006), a promatranje ovih gnijezda noću ukazuje na kratkotrajno trajanje stanja NEMA za sva gnijezda osim gnijezda SIR2. Prijašnja istraživanja potvrdila su izolirani položaj kolonije na Siromaji kao čimbenik koji pozitivno utječe na veću uspješnost razmnožavanja (Martinović i sur. 2019). Oba jezera koriste se za sportski ribolov, što eliminira mogućnost ljudskog utjecaja na različita ponašanja. Sve navedeno pokazuje kako razlika među ovim gnijezdima vrlo vjerojatno nije uzrokovana ugrozama ptica na kolonijama.

Povijest nastanka ovih kolonija predstavlja još jednu zanimljivu varijablu njihove usporedbe. Originalno područje gniježđenja ove vrste uz rijeku Savu na ovim prostorima bili su riječni otoci blizu Hrušćice (45,78° N 16,14° E) koji su u potpunosti napušteni 2016. zbog poplave područja gniježđenja uzrokovane mijenjanjem vodostaja od strane uzvodnih hidroelektrana (Martinović i sur. 2023). U periodu između 2003. i 2006. poplave na koloniji kod Hrušćice u potpunosti su onemogućile gniježđenje (Kralj i sur. 2019). Jezero Rakitje postalo je stanište crvenokljunim čigrama 2004., iako je prostor današnjeg gniježđenja uspostavljen tek 2009. (Kralj i sur. 2019). Prostori jezera Siromaja postaju stanište kolonije odmah nakon izgradnje prve platforme, 2018. (Martinović i sur. 2019). Usporedbom s postojećim podacima za ovu vrstu (Tims i sur. 2004) može

se pretpostaviti kako su prostore Siromaje naselile mlađe ptice neke od obližnjih kolonija. Veći reproduktivni uspjeh na gnijezdima jezera Siromaja u skladu je s podacima koje su Tims i sur. (2004) zabilježili za tek uspostavljene kolonije u Sjevernoj Americi.

5.2. Usporedba gnijezda na morskim staništima

Gnijezda morskog staništa uključena u ovu raspravu istraživana su na jednoj lokaciji pa je njihova usporedba drugačija utoliko što ne uspoređuje različite prostore, već sezone gniježđenja. Na gnijezdu promatranom 2023. primijećen je trend raspodjele ponašanja kakav mnogo više nalikuje gnijezdima s bilo koje od slatkovodnih kolonija nego gnijezdima s iste kolonije promatrane godinu dana ranije. Gnijezdo 2023SKO razlikuje se od gnijezda s iste kolonije u 2022. godini po rjeđim promjenama stanja i znatno duljem vremenu provedenom u inkubaciji tijekom bilo kojeg od promatranih perioda. Duljina trajanja stanja (DTS) značajno se razlikuje među gnijezdima morske kolonije za svako od stanja tijekom cjelodnevnog i poslijepodnevnog intervala.

Diurnalne razlike među ovim gnijezdima mogle bi se pripisati individualnim razlikama među gnijezdecim parovima, primarno njihovom iskustvu gniježđenja. Kao i kod usporedbe ptica sa slatkovodnih gnijezda, nije moguće donijeti utemeljenu pretpostavku o uzroku iskustva ovih jedinki zbog manjka informacija o njihovoj dobi i spolu (Limmer i Becker 2009). Duže izbivanje sa gnijezda na otoku Školjicu tijekom 2022. godine može biti indikator manje dostupnosti visokokvalitetnog plijena (Becker i sur. 1997; Danhardt i sur. 2011). Razlika u duljini vremena provedena na gnijezdu tijekom dana implicira lošiju uspješnost hranjenja. Istraživanja područja hranjenja ptica s morskih kolonija u Jadranu pokazala su da one imaju znatno dulje putove od ptica sa slatkovodnih kolonija (Kralj i sur. in press).

Gnijezda 2022SKO1 i 2022SKO2 posebna su i po izbivanju jedinki s gnijezda tijekom noći. Jedno od objašnjenja ovakvog ponašanja je tehničke prirode, i odnosi se na fotozamke korištene u istraživanju. Zbog opstrukcije u kadru kamere moglo je doći do slabijeg bilježenja kretanja na gnijezdu, a samim time i do rjeđeg bilježenja prisustva čigri na njemu. Računalna skripta korištena u ovom radu pripisala bi cijelo vrijeme proteklo između prve fotografije stanja NEMA i iduće fotografije drugog stanja trajanju stanja NEMA, kumulirajući njegovo trajanje. Ovaj utjecaj mogao bi biti prenaplašen tijekom noćnog intervala promatranja, kada je broj fotografija još manji, a vrijeme među različitim stanjima duže. Mali broj promjena stanja tijekom noći (Tablica 3) za ova gnijezda te podaci o dugom trajanju stanja NEMA tijekom noći (Tablica 2) možda se mogu

pripisati načinu na koji je promatranje i računalna obrada podataka provedena. Međutim, znatne opstrukcije nisu primijećene tijekom promatranja drugih gnijezda istim tipom fotozamke pa nije vjerojatno kako je upravo to uzrok manjeg broja fotografija u ovim periodima.

Manji broj podataka mogao bi biti uzrokovan i izbjivanjem jedinki sa gnijezda tijekom noći. Hranjenje tijekom noći je rijetko, ali je dokumentirano na morskim staništima onda kada su uvjeti hranjenja noću opravdavali taj napor (Becker i sur. 1997). Izmjene plime i oseke (Urmy i Warren 2018) i prisustvo vjetra (Dunn 1973) mogu značajno utjecati na uspješnost hranjenja na morskim kolonijama. Predacija bi mogla pružiti objašnjenje dugoročnog noćnog izbjivanja (Arnold i sur. 2006), međutim Školjić je otok male površine i prisustvo predatora crvenokljunih čigri ondje nije zabilježeno na kamerama. Kombinacija lošije sezone hranjenja i meteoroloških uvjeta mogla je dovesti do dugotrajnog hranjenja tijekom dana, ali i tijekom noći. Istraživanje područja i vremena hranjenja jedinki s otoka Školjića, upareno s meteorološkim podacima dovelo bi do boljeg razumijevanja dinamike hranjenja na ovoj koloniji, ali i vanjskih čimbenika koji utječu na hranjenje.

5.3. Usporedba gniježđenja crvenokljune čigre na morskim i slatkovodnim staništima

Značajna razlika u aktivnosti čigri na gnijezdima morskih i slatkovodnih staništa zabilježena je, ovisno o vremenskom periodu, za svaki promatrani parametar.

Razlike u promatranim parametrima mogu biti uzrokovane različitim čimbenicima na istraživanim staništima, poput dostupnosti plijena, režima hranjenja jedinki, predacije, antagonističkog ponašanja, meteoroloških uvjeta i topografije terena na kojima jedinke obitavaju.

Tims i sur. (2004) pretpostavljaju kako je demografija morskih ptica ovisna o raspodjelu jedinki među kolonijama, koja je sama ovisna o čimbenicima okoliša poput dostupnosti hrane. Vrlo je vjerojatno da su uočene razlike bile posljedica dostupnosti hrane. U prosjeku, ptice slatkovodnih staništa provodile su gotovo 40% vremena više sjedeći na gnijezdu od ptica morskog staništa. Duži boravak na gnijezdu može se povezati s manjom količinom vremena provedenom u potrazi za hranom. Važno je naglasiti kako je za donošenje konkretnih zaključaka o hranjenju jako korisno pratiti oba spola tijekom inkubacije zbog podjele uloga gnijezdećeg para (Bluso-Demers i sur. 2010, Reichert i Becker 2017). Iako ovaj rad nije obuhvaćao promatranje jedinki znanog spola, činjenica da stanje NEMA označava potpuno prazno gnijezdo ukazuje na potrebu za napuštanjem

gnijezda od strane oba roditelja. Budući da ženke češće inkubiraju, prazno gnijezdo implicira prijeku potrebu obje roditeljske jedinke za obavljanjem druge funkcije. Značajno duže izbjivanje sa morskih gnijezda u periodima jutra i poslijepodneva podudara se sa činjenicom da je za pojedina morska staništa utvrđen manji broj hranjenja, duže trajanje potrage za hranom te kasnije završavanje hranjenja u usporedbi sa slatkovodnim staništima (Becker i sur. 1997, Kralj i sur. in press).

Zbog manje veličine svih promatranih kolonija, može se zanemariti utjecaj Ashmoleovog „halo“ efekta, prema kojem veličina kolonije može uzrokovati iscrpljivanje plijena i posljedično potrebu za hranjenjem na većim udaljenostima na svim promatranim staništima (Jovani i sur. 2016). Dok više radova definira plimu i oseku kao ključni faktor trajanja i uspjeha hranjenja na morskim kolonijama (Frank i Becker 1992; Becker i sur. 1997), manja varijacija razine mora tijekom plime i oseke u Jadranskom moru vjerojatno je slabijeg utjecaja na hranjenje ove vrste na promatranom morskom staništu (Kralj i sur. in press). Slične promjene u hranidbenoj mreži Jadranskog mora mogle bi dodatno otežati hranjenje ove vrste na morskim kolonijama.

Prisutnost predatora može imati znatan učinak upravo zbog toga što crvenokljune čigre napuštaju gnijezdo danih nakon pojave predatora (Nisbet 1975, Nisbet i Welton 1984; Holt 1994, Wendeln i Becker 1999). Trajanje napuštanja gnijezda može doseći i šest sati (Arnold i sur. 2006), no važno je naglasiti kako se ono češće događa noću. Morsko stanište možda je svjedočilo predaciji tijekom 2022. godine, što je uzrokovalo veliku količinu vremena provedenog dalje od gnijezda. Usprkos tome, prisutnost predatora na tom gnijezdu nije potvrđena, a nije razjašnjena ni činjenica intenzivnog događanja predacije samo u jednoj sezoni gniježđenja. Uzimajući u obzir značajnu razliku među dnevnim trajanjem i trajanjem do promjene za stanje NEMA (Tablica 4) između morskih i slatkovodnih staništa, može se pretpostaviti kako se ovdje radi o većem uzorku ponašanja koja znatno mijenjaju dnevnu dinamiku među staništima. Malo je vjerojatno da su predatori na jednom od staništa prisutni u tolikoj mjeri da vrše pritisak na gnijezda tijekom čitavog dana. Uz to, dnevna predacija ne uzrokuje napuštanje gnijezda (Becker i Ludwigs 2004).

Mala tendencija antagonizma među jedinkama ove vrste može biti povećana u specifičnim uvjetima, poput interakcije tijekom visoke gustoće jedinki na istom izvoru hrane ili obrane teritorija hranjenja tik uz obalu (Nisbet 1983; Duffy 1986; Ainley i sur. 2003). Podaci ukupnog broja promjena pokazuju veći medijan za slatkovodna gnijezda (Tablica 3), no ista gnijezda bilježe

duže dnevno trajanje stanja SJEDI (Tablica 1) koje se značajno razlikuje od onog zabilježenog na morskom staništu u svakom intervalu dana. Antagonističko ponašanje je vrlo vjerojatno rijetka pojava na oba staništa i ne pridonosi znatno njihovoj razlici.

Meteorološki uvjeti, poput vjetra i temperature, imaju raznolik utjecaj na uspješnost hranjenja i boravak na gnijezdu crvenokljune čigre (Dunn 1973; Amat i sur. 2017). Razlike u aktivnosti na promatranim staništima možda se mogu pripisati ovim čimbenicima, ali tek uz dodatne podatke istraživanja fokusiranih na takve utjecaje.

Predvidljivost dostupnosti hrane zabilježena je kao važan čimbenik ponašanja pri hranjenju ove vrste kod hranjenja sezonski lako dostupnom ribom (Erwin 1977), hranjenja na područjima s predvidivom dostupnošću hrane poput ribnjaka (Becker i sur. 1997) te plitkih područja preko kojih struji voda (Urmy i Warren 2018). Uloga predvidivih izvora hrane poduprta je hranjenjem ptica morskih staništa nad slatkom vodom tijekom lošijih uvjeta na moru (Frank i Becker 1992). Smatram kako je upravo razlika u predvidivim i lako dostupnim izvorima energetske hrane ključni uzrok razlikovanja ponašanja crvenokljune čigre na slatkovodnim i morskim staništima promatranim u ovom radu. Stanište u blizini predvidivog i dobro poznatog izvora hrane, jezero Siromaja, bilježi veći reproduktivni uspjeh od susjednog slatkovodnog staništa, Rakitja (Martinović i sur. 2019). Može se pretpostaviti kako lako dostupna hrana pozitivno utječe na reproduktivni uspjeh i stopu preživljavanja pilića. Veća tjelesna masa povezana je s dugoročnim reproduktivnim uspjehom ptica, a kod ove vrste primijećen je njen porast do pete ili šeste godine starosti (Limmer i Becker 2007). Manjak kvalitetnih izvora hrane dovodi do rjeđeg povratka na gnijezdo (Danhardt i sur. 2011) i hranjenja mladih hranom neadekvatnog oblika i energetske vrijednosti (Limmer i Becker 2009).

Klimatske promjene, koje se smatraju jednim od najvećih ugroza crvenokljunih čigri (Palestis 2014; Bracey i sur. 2018) mogu imati ozbiljan utjecaj na kompleksnu interakciju čimbenika koji utječu na uspješno gniježđenje ove vrste. Bolje razumijevanje dinamike različitih životnih stadija ove vrste, kao i bolja zaštita područja njenog gniježđenja i zimovanja, ključna su u njenoj konzervaciji.

6. Zaključak

U sklopu ovog rada kategorizirane su i statistički analizirane 170.883 fotografije crvenokljunih čigri sa četiri gnijezda slatkovodnih staništa i tri gnijezda morskog staništa u svrhu determiniranja razlike u dnevnoj dinamici ptica pojedinih gnijezda tijekom inkubacije.

Podjela ponašanja crvenokljunih čigri tijekom inkubacije na tri različita stanja (SJEDI, PORED i NEMA) omogućila je kvantitativnu analizu aktivnosti tijekom inkubacije. Duljine trajanja i promjene stanja analizirane su kroz tri parametra; dnevno trajanje stanja (DTS), trajanje stanja do promjene (TSDP) i ukupni broj promjena (UBP). Promatrani vremenski interval podijeljen je na cijeli dan, jutro, poslijepodne i noć.

Statistička analiza potvrdila je značajnu razliku aktivnosti ptica na gnijezdima istog tipa staništa. Ptice slatkovodnih staništa, ovisno o promatranom intervalu, razlikovale su se u svim promatranim parametrima. Glavni uzrok ove razlike identificiran je u različitoj dostupnosti i kvaliteti hrane među slatkovodnim staništima. Gnijezda na morskoj koloniji ponajviše su se razlikovala u noćnoj aktivnosti ptica, pri čemu su ptice promatrane 2022. bilježile izuzetno duge periode izbivanja s gnijezda, pripisane mogućoj predaciji i potrebom za hranjenjem noću.

Tijekom istraživanja dokazana je i značajna razlika u trajanju inkubiranja na morskim i slatkovodnim staništima u Hrvatskoj. Ptice koje su se gnijezdile na slatkovodnim staništima provodile su gotovo 40% više vremena sjedeći na gnijezdu od ptica morskih staništa. Duži boravak na gnijezdu, u skladu s literaturnim podacima, povezan je s manjom količinom vremena provedenom pri hranjenju, odnosno s lakše dostupnom hranom. Dodatna istraživanja na ovim staništima, potkrijepljena prstenovanjem i praćenjem ponašanja tijekom hranjenja, ključna su za bolje razumijevanje utjecaja i pritisaka na gniježđenje crvenokljune čigre.

7. Literatura

Ainley, D. G., Ford, R. G., Brown, E. D., Suryan, R. M., Irons, D. (2003): Prey resources, competition, and geographic structure of kittiwake colonies in Prince William Sound. *Ecology* 84: 709-723.

Amat, J. A., Gómez, Liñán-Cembrano, G., Rendón, M. A., Ramo, C. (2017): Incubating terns modify risk-taking according to diurnal variations in egg camouflage and ambient temperature. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 71.

Arnold, J. M., Sabom, D., Nisbet, I. C. T., Hatch, J. J. (2006): Use of temperature sensors to monitor patterns of nocturnal desertion by incubating Common Terns. *Journal of Field Ornithology* 77(4): 384-391.

Arnold, J. M., Oswald, S. A., Nisbet, I. C. T., Pyle, P., Patten, M., A. (2020) *Common Tern*. <https://birdsoftheworld.org/bow/species/comter/cur/introduction#REF32907> (pristupljeno 24. 1. 2024.)

Bracey, A., Lisovski, S., Moore, D., McKellar, A., Craig, E., Matteson, S., Strand, F., Costa, J., Pekarik, C., Curtis, P., Niemi, G., Cuthbert, F. (2018): Migratory routes and wintering locations of declining inland North American Common Terns. *The Auk Ornithological Advances* 135(3): 385-399.

Becker, P. H., Finck, P. (1985): Witterung und Ernährungssituation als entscheidende Faktoren des Bruterfolgs der Flußseeschwalbe (*Sterna hirundo*). *Journal für Ornithologie* 126: 393-404.

Becker, P. H., Ludwigs, J. D. (2004): *Sterna hirundo* Common Tern. *BWP Update* 6 (1/2): 91-137.

Becker, P. H., Frank, D., Wagener, M. (1997): Luxury in freshwater and stress at sea? The foraging of the Common Tern *Sterna hirundo*. *Ibis* 139(2): 264-269.

Bluso-Demers, J. D., Ackerman, J. T., Takekawa, J. Y. (2010): Colony attendance patterns by mated Forster's Terns *Sterna forsteri* using an automated data-logging receiver system. *Ardea* 98(1): 59-65.

- Burger, J., Gochfeld, M. (2019): Laridae, Sternidae, Rynchopidae. U: Cochran, J. K., Bokuniewicz H. J., Yager, P. L. (ur.) Encyclopedia of Ocean Sciences. Treće izdanje. Cambridge, Academic Press, str. 18-30.
- Byerly, P. A., Zaluski, S., Nellis, D., Leberg, P. L. (2021): Colony characteristics influence nest survival of Caribbean Roseate Terns. *Ornithological Applications* 123(1): 1-15.
- Cramp, S., Bourne, W. R. P., Saunders, D. (1974) The Seabirds of Britain and Ireland. Prvo izdanje. Collins, London.
- Danhardt, A., Freseman, T., Becker, P. H. (2011): To eat or to feed? Prey utilization of Common Terns *Sterna hirundo* in the Wadden Sea. *Journal of Ornithology* 152: 347-357.
- Diehl, J., Korpi, Z. O., Oswald, S. A., Curtis, P. D., Arnold, J. M. (2020): Nocturnal Sleep Behavior and Vigilance of Incubating Common Terns (*Sterna hirundo*) at Two Inland Breeding Colonies. *Waterbirds* 43(1): 28-35.
- Duffy, D. C. (1986): Foraging at patches: interactions between Common and Roseate Terns. *Ornis Scandinavica* 17: 47-52.
- Dunn, E. K. (1973): Changes in Fishing Ability of Terns associated with Windspeed and Sea Surface Conditions. *Nature* 244: 520-521.
- Erwin, R. M. (1977): Foraging and Breeding Adaptations to Different Food Regimes in Three Seabirds: The Common Tern, *Sterna hirundo*, Royal Tern, *Sterna maxima*, and Black Skimmer, *Rynchops niger*. *Ecology* 58(2): 389-397.
- Fasola, M., Saino, N. (1995): Sex-biased parental-care allocation in three tern species (Laridae, Aves). *Canadian Journal of Zoology* 73(8): 1461-1467.
- Frank, D., Becker, P. H. (1992): Body mass and nest reliefs in Common Terns *Sterna hirundo* exposed to different feeding conditions. *Ardea* 80(1): 57-69.
- Harrison, C., Castell, P. (2002): Bird Nets, Eggs and Nestling of Britain and Europe. Drugo izdanje. Collins, London.
- Holt, D. W. (1994): Effects of Short-eared Owls on Common Tern colony desertion, reproduction and mortality. *Colonial Waterbirds* 17: 1-6.

- Jovani, R., Lascelles, B., Zsolt Garamszegi, L., Mavor, R., Thaxter, C. B., Oro, D. (2016): Colony size and foraging range in seabirds. *Oikos* 125(7): 968-974.
- Kralj, J., Barišić, S., Tutiš, V., Ćiković D. (ur.) (2013): Atlas selidbe ptica Hrvatske. Prvo izdanje. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb.
- Kralj, J., Martinović, M., Rubinić, T., Krnjeta, D., Jurinović, L. (2019): Dynamics of Common *Sterna hirundo* and Little tern *Sternula albifrons* populations along the Sava river in north-western Croatia between 2002 and 2019. *Acrocephalus* 40(180./181): 49-54.
- Kralj, J., Martinović, M., Jurinović, L., Szinai, P., Sütő, S., Preiszner, B. (2020): Geolocator study reveals east African migration route of Central European Common Terns. *Avian Research* 11.
- Kralj, J., Pavlinec, Ž., Jurinović, L., Martinović, M., Meštrović, L., Bjelić Laušić, M., Ćiković, D., Tutiš, V., Lončar, V., Galov, A. (in press): River and sea: foraging range of freshwater and marine Common Terns. *Journal of Ornithology*. U procesu objave.
- Limmer, B., Becker, P. H. (2007): The relative role of age and experience in determining variation in body mass during the early breeding career of the Common Tern (*Sterna hirundo*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61: 1885-1896.
- Limmer, B., Becker, P. H. (2009): Improvement in chick provisioning with parental experience in a seabird. *Animal Behaviour* 77(5): 1095-1101.
- Martin, T. E. (1992): Interaction of Nest Predation and Food Limitation in Reproductive Strategies. U: Power, D. M. (ur.) *Current Ornithology*. New York, Springer, str. 163-197.
- Martinović, M., Kralj, J., Rubinić, T., Jurinović, L., Petrović, A., Svetličić, I. (2019): First data on breeding success on Croatian inland colonies of Common Tern *Sterna hirundo*. *Acrocephalus* 40(180./181): 97-103.
- Martinović, M., Plantak, M., Jurinović, L., Kralj, J. (2023): Importance of shallow river topography for inland breeding Common Terns. *Journal of Ornithology* 164. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10336-023-02060-0>

- Mlody, B., Becker, P. H. (1991): Körpermasse-Entwicklung und Mortalität von Ktiken der Flußseeschwalbe (*Sterna hirundo*) unter ungünstigen Umweltbedingungen. Vogelwarte 36: 110-131.
- Neubauer, W. (1998): Habitatwahl der Flußseeschwalbe *Sterna hirundo* in Ostdeutschland. Vogelwelt 119: 169-180.
- Nisbet, I. C. T. (1975): Selective effects of predation in a tern colony. Condor 77: 221-226.
- Nisbet, I. C. T. (1983): Territorial feeding by Common Terns. Colonial Waterbirds 6: 64-70.
- Nisbet, I. C. T. (2002): Common Tern, *Sterna hirundo* – The Birds of North America. U: Poole, A. i Gill, F. (ur.) The Birds of North America & A.O.U. Philadelphia: Smith-Edwards-Dunlap Company.
- Nisbet, I. C. T., Welton, M. J. (1984): Seasonal variations in breeding success of Common Terns: consequences of predation. Condor 86: 53-60.
- Palestis, B. G. (2014): The role of behavior in tern conservation. Current Zoology 60(4): 500-514.
- Piro, S., Ornes, A. S. (2022): Revealing different migration strategies in a Baltic Common Tern (*Sterna hirundo*) population with light-level geolocators. Journal of Ornithology 163: 803-815.
- R Core Team (2023): R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Reichert, J., Becker, P. H. (2017): What makes a good parent? Sex-specific relationships between nest attendance, hormone levels, and breeding success in a long-lived seabird. The Auk: Ornithological Advances 134: 644-658.
- Schwemmer, P., Adler, S., Guse, N., Markones, N., Garthe, S. (2009): Influence of water flow velocity, water depth and colony distance on distribution and foraging patterns of terns in the Wadden Sea. Fisheries Oceanography 18(3): 161-172.
- SPYPOINT (2023) *Force-Dark Ultra Compact Trail Camera*. <https://sypoint.info/en/products/trail-cameras-devices/force-dark/> (pristupljeno: 23. 12. 2023.)

Time and Date AS (2024) *Sunrise and Sunset Calculator – City Lookup*.

<https://www.timeanddate.com/sun/> (pristupljeno: 15. 12. 2023.)

Tims, J., Nisbet, I. C. T., Friar, M. S., Mostello C., Hatch, J. J. (2004): Characteristics and Performance of Common Terns in Old and Newly-established Colonies. *Waterbirds* 27(3): 321-332.

Urmy, S. S., Warren J. D., (2018): Foraging hotspots of common and roseate terns: the influence of tidal currents, bathymetry, and prey density. *Marine Ecology Progress Series* 590: 227-245.

Wendeln, H., Becker, P. H. (1999): Does disturbance by nocturnal predators affect body mass of adult Common Terns. *Waterbirds* 22: 401-410.

Wendeln, H., Becker, P. H., González-Solís, J. (2000): Parental care of replacement clutches in common terns (*Sterna hirundo*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 47: 382-392.

Zeleni prsten (2023) *Očuvanje populacija čigri u porječju Save i Drave*. <https://zeleni-prsten.hr/portal/ocuvanje-populacija-cigri-u-porjecju-save-i-drave/> (pristupljeno 23. 12. 2023)

Životopis

Matija Vodopija rođen je u Splitu, 30. rujna 1999. Osnovnoškolsko i srednjoškolsko gimnazijsko obrazovanje stječe u gradu Visu. Tijekom akademske godine 2018./2019. upisuje preddiplomski studij Znanosti o okolišu na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom preddiplomskog studija volontira u struci tijekom Noći biologije (2019.) i Noći muzeja (2020.). Tijekom akademske godine 2020./2021. aktivni je član Studentskog predstavništva u Vijeću Biološkog odsjeka. Pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Tatjane Bakran-Petricioli pri Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu tijekom akademske godine 2020./2021. izrađuje završni rad na temu „Mnogočetinaš *Hermodice carunculata* (Pallas, 1776) u Jadranu“. Tijekom akademske godine 2021./2022. upisuje diplomski studij Eksperimentalne biologije, modul Zoologija, a tijekom trećeg semestra diplomskog studija stručnu praksu obavlja u Zoološkom vrtu grada Zagreba fokusirajući se na ponašanje, parenje i održavanje jedinki dinarskog voluhara u zatočeništvu. Na 5. Hrvatskom simpoziju o invazivnim vrstama održanom u Zagrebu 2023. sudjeluje kao član tehničkog osoblja. Akademske godine 2022./2023. pod mentorstvom nasl. izv. prof. dr. sc. Jelene Kralj započinje izradu diplomskog rada na temu „Usporedba aktivnosti crvenokljune čigre (*Sterna hirundo*) tijekom gniježđenja na slatkovodnim i morskim staništima“.

Prilog: Skripta računalnog jezika R za izračun parametara stanja gnijezda

```
library(dplyr)

library(data.table)

library(lubridate)

dat <- dat %>% mutate(State = ifelse(State %in% c("NEMAA", "NEMAB", "NEMAC"),
"NEMA", State))

dat <- dat %>% mutate(State = ifelse(State %in% c("SJEDIA", "SJEDIB", "SJEDIC"), "SJEDI",
State))

dat <- dat %>% mutate(State = ifelse(State %in% c("POREDA", "POREDB", "POREDC"),
"PORED", State))

unique_states <- unique(dat$State)

print(unique_states)

dat$Time <- as.character(dat$Time)

dat$Time <- as.POSIXct(dat$Time, format="%Y%m%d%H%M%S", tz="UTC")

dat$Time

new_rows <- dat %>%

  group_by(Date = as.Date(Time)) %>%

  summarise(State = last(State)) %>%

  mutate(Time = as.POSIXct(paste(Date, "00:00:00"), tz="UTC")) %>%

  select(Time, State) %>%

  arrange(Time)

new_rows <- tail(new_rows, -1)

dat2 <- dat
```

```

dat2 <- bind_rows(dat2, new_rows)

new_rows <- dat %>%

  group_by(Date = as.Date(Time)) %>%

  summarise(State = last(State)) %>%

  mutate(Time = as.POSIXct(paste(Date,"05:16:30"), tz="UTC")) %>%

  select(Time, State) %>%

  arrange(Time)

dat2 <- bind_rows(dat2, new_rows)

new_rows <- dat %>%

  group_by(Date = as.Date(Time)) %>%

  summarise(State = last(State)) %>%

  mutate(Time = as.POSIXct(paste(Date,"12:00:00"), tz="UTC")) %>%

  select(Time, State) %>%

  arrange(Time)

dat2 <- bind_rows(dat2, new_rows)

new_rows <- dat %>%

  group_by(Date = as.Date(Time)) %>%

  summarise(State = last(State)) %>%

  mutate(Time = as.POSIXct(paste(Date,"20:27:00"), tz="UTC")) %>%

  select(Time, State) %>%

  arrange(Time)

dat2 <- bind_rows(dat2, new_rows)

```

```

dat2$hour <- format(as.POSIXct(dat2$Time, format = "%d.%m.%Y %H:%M:%S"),format =
"%H:%M:%S")

jutro <- dat2[dat2$hour >= "06:00:00" & dat2$hour <= "12:00:00",]

poslijepodne <- dat2[dat2$hour >= "12:00:00" & dat2$hour <= "20:00:00",]

noc1 <- dat2[dat2$hour >= "20:00:00",]

noc2 <- dat2[dat2$hour <= "06:00:00",]

noc <- rbind(noc1, noc2)

setDT(jutro)

jutro[, Time := as.POSIXct(Time, format="%Y%m%d%H%M%S")][, Day := as.Date(Time)]

setorder(jutro, Time)

jutro[, diff := c(as.numeric(diff(Time), units = "secs"), NA)]

#izbacimo red sa vremenom 12:00:00

# jer on racuna trajanje od kraja jutra do pocetka sljedeceg jutra

jutro <- jutro[!(jutro$hour %in% "12:00:00"),]

jutro_duration_per_day <- jutro[, sum(diff, na.rm = TRUE), by = .(Day)]

jutro_duration_per_day #pregledaj da li svaki red osim prvog i zadnjeg u stupcu V1 ima 21600

jutro_state_durations <- jutro[, sum(diff, na.rm = TRUE), by = .(State)]

jutro_state_durations_per_day <- jutro[, sum(diff, na.rm = TRUE), by = .(State, Day)]

jutro_state_durations_until_change <- jutro[, sum(diff, na.rm = TRUE), by = .(rleid(State),
State)]

jutro_number_of_state_changes <- jutro[, sum(State[-1] != State[-.N]), by = Day]

write.csv(jutro)

write.csv(jutro_state_durations)

```

```

write.csv(jutro_state_durations_per_day)

write.csv(jutro_state_durations_until_change)

write.csv(jutro_number_of_state_changes)

setDT(poslijepodne)

poslijepodne[, Time := as.POSIXct(Time, format="%Y%m%d%H%M%S")][, Day :=
as.Date(Time)]

setorder(poslijepodne, Time)

poslijepodne[, diff := c(as.numeric(diff(Time), units = "secs"), NA)]

#izbacimo red sa vremenom 20:00:00

poslijepodne <- poslijepodne[!(poslijepodne$hour %in% "20:00:00"),]

poslijepodne_duration_per_day <- poslijepodne[, sum(diff, na.rm = TRUE), by = .(Day)]

poslijepodne_duration_per_day #pregledaj da li svaki red osim prvog i zadnjeg u stupcu V1 ima
25200

poslijepodne_state_durations <- poslijepodne[, sum(diff, na.rm = TRUE), by = .(State)]

poslijepodne_state_durations_per_day <- poslijepodne[, sum(diff, na.rm = TRUE), by = .(State,
Day)]

poslijepodne_state_durations_until_change <- poslijepodne[, sum(diff, na.rm = TRUE), by =
.(rleid(State), State)]

poslijepodne_number_of_state_changes <- poslijepodne[, sum(State[-1] != State[-.N]), by =
Day]

write.csv(poslijepodne)

write.csv(poslijepodne_state_durations)

write.csv(poslijepodne_state_durations_per_day)

write.csv(poslijepodne_state_durations_until_change)

```

```

write.csv(poslijepodne_number_of_state_changes)

setDT(noc)

noc[, Time := as.POSIXct(Time, format="%Y%m%d%H%M%S")][, Day := as.Date(Time)]

setorder(noc, Time)

noc[, diff := c(as.numeric(diff(Time), units = "secs"), NA)]

noc <- noc[!(noc$hour %in% "06:00:00"),]

noc_duration_per_day <- noc[, sum(diff, na.rm = TRUE), by = .(Day)]

noc_duration_per_day #pregledaj da li svaki red osim prvog i zadnjeg u stupcu V1 ima 39600

noc_state_durations <- noc[, sum(diff, na.rm = TRUE), by = .(State)]

noc_state_durations_per_day <- noc[, sum(diff, na.rm = TRUE), by = .(State, Day)]

noc_state_durations_until_change <- noc[, sum(diff, na.rm = TRUE), by = .(rleid(State), State)]

noc_number_of_state_changes <- noc[, sum(State[-1] != State[-N]), by = Day]

write.csv(noc)

write.csv(noc_state_durations)

write.csv(noc_state_durations_per_day)

write.csv(noc_state_durations_until_change)

write.csv(noc_number_of_state_changes)

```