

RASPROSTRANJENOST VELIKOUHOGA ŠIŠMIŠA (*Myotis bechsteinii*) U KONTINENTALNOJ BIOGEOGRAFSKOJ REGIJI REPUBLIKE HRVATSKE - INDIKATORSKA VRSTA ZA UPRAVLJANJE ŠUMSKIM STANIŠTIMA

Mazija, Mirna

Doctoral thesis / Doktorski 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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:392170>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Mirna Mazija

**RASPROSTRANJENOST
VELIKOUHOGA ŠIŠMIŠA (*Myotis
bechsteini*) U KONTINENTALNOJ
BIOGEOGRAFSKOJ REGIJI
REPUBLIKE HRVATSKE
- INDIKATORSKA VRSTA ZA
UPRAVLJANJE ŠUMSKIM STANIŠTIMA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF SCIENCE
DEPARTMENT OF BIOLOGY

Mirna Mazija

**DISTRIBUTION OF BECHSTEIN'S BAT
(*Myotis bechsteinii*) IN THE
CONTINENTAL BIOGEOGRAPHICAL
REGION OF THE REPUBLIC OF
CROATIA - INDICATOR SPECIES FOR
FOREST HABITAT MANAGEMENT**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2024.

Ovaj je doktorski rad izrađen u Udruzi za zaštitu šišmiša *Tragus*, pod vodstvom prof. dr. sc. Svena Jelaske i izv. prof. dr. sc. Duška Ćirovića, u sklopu Sveučilišnog poslijediplomskog dokorskog studija Biologije pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

ŽIVOTOPISI MENTORA

Sven Jelaska rođen je 31.10.1970. u Zagrebu, gdje je završio osnovnu i srednju školu. Na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu diplomirao je 1995., magistrirao 1999. te doktorirao 2006. godine, u području prirodnih znanosti, polje biologija, grana ekologija. U dva navrata (2002. i 2008.) proveo je kraće vrijeme na usavršavanju pri University of South Bohemia, Češka. Od rujna 1995. do srpnja 2001. godine zaposlen je u svojstvu znanstvenog novaka pri Botaničkom zavodu PMF-a u Zagrebu, nakon čega prelazi u OIKON d.o.o. kao voditelj laboratorija za biogeografiju gdje radi do kolovoza 2006. godine. Od studenog 2006. godine zaposlen je na Biološkom odsjeku, PMF-a u Zagrebu. Obnašao je dužnost pomoćnika pročelnika za znanost Biološkog odsjeka u dva mandata, te prodekana za investicije i razvoj. Oženjen, roditelj dva djeteta. Branitelj iz Domovinskog rata.

Područje njegovog djelovanja u znanosti je ekologija kopnenih ekosustava u kojem se razlikuje nekoliko potpodručja sa sljedećim istraživačkim cjelinama: Rasprostranjenost i dinamika kopnenih staništa; Ekološka uvjetovanost rasprostranjenosti biljnih vrsta i vegetacijskih tipova; Ovisnost rasprostranjenosti faune o okolišnim čimbenicima; Biološka raznolikost kopnenih ekosustava; Invazivne biljne vrste. Do sada je objavio preko 60 recenziranih znanstvenih i stručnih priloga iz područja ekologije kopnenih ekosustava. Od 2011. godine član je uredništva časopisa *Acta Botanica Croatica*, od 2014 do 2021. godine jedan od glavnih urednika časopisa *Periodicum Biologorum*, od 2020. godine pridruženi urednik u časopisu *Neobiota*. Sudjelovao je u recenzentskim postupcima za za velik broj znanstvenih časopisa, uključujući i one vodeće za granu ekologije (*Biological Conservation*, *Journal of Ecology*, *Ecological Modelling*, *Ecological Indicators*, *Biodiversity and Conservation*, *Environmental Conservation*, *Landscape and Urban Planning*). Vodio je Projekt 119-0000000-3169 „Analiza biološke raznolikost okolišnim čimbenicima i daljinskim promatranjem“. Sudjelovao je u radu nekoliko panela Hrvatske zaklade za znanost od 2016 do 2019. godine. Recenzirao je znanstvene projekte za poljski „National Science Center (NCN Panel NZ8)“, mađarski National Research, Development and Innovation Office (Panel Ecology and Evolution) i Biodiversa program. Urednik osam zbornika sažetaka. Predsjedavao je sekcijama na većem broju znanstvenih kongresa (60th Symposium of IAVS; 17th European Carabidologists Meeting; NEOBIOTA2020; ESENIAS 2018; Croatian Symposium on invasive species with international participation; Hrvatski biološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem; Hrvatski botanički simpozij), te je bio član znanstvenih odbora (ESENIAS and DIAS Conference 2018;

NEOBIOOTA 2020; 6th Balkan Botanical Congress; 1-5 Croatian Symposium on invasive species). Predsjednik Hrvatskog ekološkog društva u dva mandata od 2014 do 2022. godine.

Nositelj i sunositelj je većeg broja kolegija na diplomskim studijima (Ekologija bilja; Ugroženost i zaštita kopnenih staništa u Hrvatskoj; Primjena GIS-a u biologiji; Terenska nastava; Terenska nastava iz Botanike), te kolegija Invazivne biljke i Biostatistika na doktorskom studiju Biološkog odsjeka PMF-a. Predaje na engleskom nastavu za Erasmus studente iz kolegija Plant Ecology i Application of GIS in Biology, te na diplomskom studiju BioMedMat na kolegijima Biology 1 i Biology 2. Njegov nastavni rad je studentskim anketama ocijenjen visokim ocjenama u rasponu od 4.5 do 5.0. Od 2007. do 2012. sudjelovao je kao predavač u radu „International School of Conservation Biology“. Pod njegovim voditeljstvom je obranjeno šest doktorskih disertacija, tri magistarska rada i 32 diplomska rada. U zvanje Redovitog profesora u trajnom izboru izabran je 4.12.2023. godine.

Duško Ćirović rođen je 16.2.1968. u Zemunu, Srbija. Studirao je i diplomirao 1995. godine studij biologije na Biološkom fakultetu Sveučilišta u Beogradu, gdje brani magistarski rad 2000. godine, a doktorski rad 2010. godine. Od 1996. radi na Biološkom fakultetu Sveučilišta u Beogradu kao naučni asistent, od 2000. kao asistent te 2010. stječe zvanje izvanrednog profesora na istom fakultetu.

Član je nekoliko nacionalnih i međunarodnih društava uključujući German Mammal Society, Srpsko ekološko društvo, Balkansko društvo za divlje životinje, Srpsko biološko društvo i International Association for Bear Research and Management.

Istraživačke aktivnosti usmjerene su mu na očuvanje ekologije ugroženih vrsta kao što su europski dabar, smeđi medvjed i tekunica te oporavak lokalnih populacija i zaštitu i obnovu njihovih staništa. U sklopu ostalih istraživanja usmjeren je na istraživanja u svrhu poboljšanja upravljanja predatorima i divljači, posebice vukom i čagljem koji se tradicionalno smatraju štetočinama.

Na regionalnoj razini projektne aktivnosti usmjerene su mu na praćenje velikih i srednjih sisavaca (npr. europskog dabra i medvjeda) te poboljšanje suradnje u prekograničnom upravljanju i istraživanju. Istraživanja su također usmjerena na invazivne strane vrste i njihov sve veći areal na Balkanu (osobito mali indijski mungos). Tijekom posljednjih 10 godina bio je voditelj nekoliko nacionalnih i međunarodnih projekata kao što su Reintrodukcija europskog dabra u Srbiji, Monitoring europskog dabra u Posavini na Balkanu, Gustoća populacije i prehrambene navike zlatnog šakala u Panonskoj ekoregiji i Monitoring populacije smeđeg

medvjeda u Nacionalnom parku Tara (Srbija) i Nacionalnom parku Biogradska gora (Crna Gora).

Održao je više od 20 predavanja o ekologiji, očuvanju i upravljanju vrstama, posebice kanida, a tijekom proteklih 10 godina na sveučilištima te konferencijama u istočnoj Europi (Bosna i Hercegovina, Hrvatska, Crna Gora, Mađarska, Rumunjska).

Nastava na Biološkom fakultetu vezana je uz 8 predmeta: Čovjek i okoliš, Zaštita okoliša, Urbana ekologija, Terenski praktikum I (prvostupnik), Primijenjena ekologija i Terenski praktikum II (magistar), Konzervacijska biologija i Primijenjena ekologija životinja (razina doktorata). Osim na Biološkom fakultetu, držao je pojedinačna predavanja na Zavodu za biologiju i ekologiju PMF-a Sveučilišta u Novom Sadu, na edukativnim seminarima za srednjoškolce i studente. Osim predavanja bio je mentor 8 diplomskih i magistarskih radova te 4 doktorska rada te je trenutno mentor 5 doktorskih disertacija koje su u tijeku na Biološkom fakultetu Sveučilišta u Beogradu i Odsjeku za biologiju i ekologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Novom Sadu. Kao dio Znanstvenog i/ili Organizacijskog odbora bio je uključen u organizaciju pet međunarodnih znanstvenih skupova: 1. Međunarodni simpozij o lovstvu i divljači (2012.), 2. Međunarodni simpozij o lovstvu i divljači (2013.), 3. Međunarodni simpozij o lovstvu i divljači. (2014.), Prvi međunarodni simpozij o šakalima (2014.) i 6. europski susret o tekunicama (2016.).

ZAHVALE

Od ideje do cilja protekao je put obilježen onima koji su me poticali, pratili me i pomagali, ali i onima koji su mi pokušali stajati na putu. Svi su oni na svoj način za mene bili poticaj. Ovdje želim zahvaliti samo onima dobrih namjera.

Prije svega zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Svenu Jelaski koji je pomogao svojom prisutnošću i razmišljanjima kada je to mogao.

Drugom mentoru prof. dr. sc. Dušku Ćiroviću posebno zahvaljujem na dostupnosti kada god je to bilo potrebno, razmišljanjima i smjernicama za rad, velikom poticaju i trudu koji je uložio baš na svakom koraku, kao kolega i kao prijatelj.

Uvijek, a osobito kada je bilo najteže, podršku mi je pružio dr.sc. Vladimir Kušan te uz puno strpljenja mi pomogao da razumijem područje šumarstva, važnog segmenta ove disertacije.

Cijelim putem, od upisa do završetka doktorskog studija, pratio me Dalibor Hatić, mijenjao uloge, ali nikada nije izostavio pružiti mi podršku.

Zahvaljujem dr. sc. Marinu Grgurevu i izv. prof. dr. sc. Stjepanu Mikcu na pomoći oko pripreme podataka i promišljanju o mogućnostima dostupnih podloga.

Kako ispravno preklopiti biološka znanja i šumarske prakse pomogla mi je Ramona Topić, koja je svojim velikim iskustvom upravo u tom području bila najbolja moguća pomoć.

Od samog početka rada sa šišmišima tijekom studiranja, sudjelovanju u brojnim i ponekad vrlo zahtjevnim terenskim istraživanjima dugi niz godina, poticaju na svakom koraku i podršci da ustrajem u svojim ciljevima ...Zrinka Domazetović, zahvaljujem ti na svemu ikad.

Roditelji su me podržavali tijekom svih ovih godina rada sa šišmišima, životnoj temi i poslu kojeg nije baš bilo lako prihvatiti. Mami zahvaljujem na smirenosti i velikoj pažnji, a tati na tvrdoglavosti, upornosti i davanju osobnog značaja ovom procesu te čitanju disertacije.

Svim terenskim suradnicima, a posebno Stjepanu Renje i Mariu Strelaru, kolegama i prijateljima koji su pratili moj napredak, zahvaljujem jer bez njih bi sve ovo bilo puno teže, ma i nemoguće.

Mirna Mazija

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagreb
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Doktorski rad

RASPROSTRANJENOST VELIKOUHOGA ŠIŠMIŠA (*Myotis bechsteinii*) U KONTINENTALNOJ BIOGEOGRAFSKOJ REGIJI REPUBLIKE HRVATSKE - INDIKATORSKA VRSTA ZA UPRAVLJANJE ŠUMSKIM STANIŠTIMA

MIRNA MAZIJA

Prirodoslovno-matematički fakultet

Sažetak

U istraživanjima je analizirana rasprostranjenost velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteinii*), rijetke i važne indikatorske vrste za očuvanost šumskih staništa, na području kontinentalne biogeografske regije u Hrvatskoj. Intenzivnim terenskim istraživanjima zabilježeno je 12 novih lokaliteta, čime je značajno povećano poznavanje areala rasprostranjenosti vrste. Analiza aktivnosti vrste pokazala je da koristi mozaičnu strukturu staništa, ali s dominantnim udjelom listopadnih šumskih staništa, unutar kojih dominiraju sastojine starih stabala bukve (63 %) i hrasta (32 %). *MaxEnt* model povoljnosti staništa identificirao je temperaturne bioklimatske varijable kao značajnije od oborinskih, uz značajan doprinos i blizine vodenih staništa. Podudaranje nezavisnih podataka o prisutnosti vrste s višim kategorijama modelirane povoljnosti bilo je dobro, potvrđujući upotrebljivost modela. Ustanovljena je i podudarnost viših kategorija povoljnosti modela s terenski istraženim lokalitetima prisutnosti vrste u najvećem udjelu bukovih i hrastovih šuma. Predložene su mjere gospodarenja šumama s ciljem očuvanja populacija šišmiša vezanih uz šumska staništa.

(83 stranice, 36 slika, 6 tablica, 115 literaturnih navoda, jezik izvornika hrvatski)

Ključne riječi: Chiroptera, *MaxEnt*, rasprostranjenost, *Myotis bechsteinii*, mjere očuvanja, upravljanje šumskim staništima

Mentori: 1. Sven Jelaska, prof.dr.sc.
2. Duško Ćirović, izv. prof. dr.sc.

Ocjenjivači: 1. Vladimir Kušan, viši znan. sur.
2. Duje Lisičić, izv. prof. dr. sc.
3. Zoran Marčić, izv. prof. dr. sc.
4. Martina Temunović izv. prof. dr. sc.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Division of Biology

Doctoral thesis

DISTRIBUTION OF BECHSTEIN'S BAT (*Myotis bechsteinii*) IN THE CONTINENTAL BIOGEOGRAPHICAL REGION OF CROATIA - INDICATOR SPECIES FOR FOREST HABITAT MANAGEMENT

MIRNA MAZIJA

Faculty of Science

Summary

This thesis is a result of research and analysis of the distribution of the Bechstein's bat (*Myotis bechsteinii*), a rare and important indicator species for the conservation of forest habitats, in the continental biogeographic region in Croatia. Altogether 12 new localities were recorded through intensive field research, which significantly increased the knowledge of the distribution of the species. The analysis of the species activity showed that it uses a mosaic habitat structure, but with a dominant share of deciduous forest habitats, within which stands of old beech (63%) and oak trees (32%) dominate. The *MaxEnt* habitat suitability model identified temperature bioclimatic variables as more significant than precipitation, with a significant contribution of the proximity to water habitats. Matching the independent species presence data to higher categories of modelled suitability was good, confirming the replicability of the model. Higher suitability values of the model also matched with the researched localities for the presence of the species, mainly in the beech and oak forests. Forest management measures were proposed to achieve conservation of the bat populations connected to forest habitats.

(83 pages, 36 figures, 6 tables, 115 references, original in croatian)

Keywords: Chiroptera, *MaxEnt*, distribution, *Myotis bechsteinii*, conservation measures, forest habitat management

Supervisors: 1. Prof. Sven Jelaska, PhD
2. Assoc. Prof. Duško Ćirović, PhD

Reviewers: 1. Senior scientific co. Vladimir Kušan, PhD
2. Assoc. Prof. Duje Lisičić, PhD
3. Assoc. Prof. Zoran Marčić, PhD
4. Assoc. Prof. Martina Temunović, PhD

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. LITERATURNI PREGLED	4
2.1. Indikatorske vrste	4
2.2. Gospodarenje šumama u Hrvatskoj	5
2.3. Šišmiši i šumska staništa	7
2.4. Velikouhi šišmiš (<i>Myotis bechsteinii</i> , Kuhl 1817)	9
2.5. Ekološka niša	17
2.5.1 Koncepti ekološke niše	17
2.5.2 Ekološka niša i rasprostranjenost vrste	19
2.6. Metoda maksimalne entropije (MaxEnt)	20
3. CILJEVI I HIPOTEZA	22
4. MATERIJALI I METODE	23
4.1. Definiranje područja terenskih istraživanja	23
4.2. Terenska istraživanja	23
4.3. Definiranje ekološke niše velikouhog šišmiša	29
4.4. Predviđanje rasprostranjenosti vrsta	30
4.4.1 Priprema prostornih podloga odabranih ekoloških čimbenika	31
Podatak o prisutnosti vrste na lokalitetu	31
Šumska staništa	33
Vodena staništa	34
Bioklimatološke varijable	35
4.4.2 Terenska provjera rezultata modeliranja rasprostranjenosti	36
4.4.3 Analiza načina gospodarenja šumskim staništem	36
4.4.4 Valorizacija statusa uhvaćenih jedinki	37
5. REZULTATI	38
5.1. Rasprostranjenost velikouhog šišmiša (<i>Myotis bechsteinii</i>) u kontinentalnoj biogeografskoj regiji Hrvatske	38
5.2. Stanišni tipovi na lokalitetima prisutnosti velikouhog šišmiša	42
5.3. Modeliranje rasprostranjenosti metodom maksimalne entropije (<i>MaxEnt</i>)	43
5.3.1 Izrada modela	43
5.3.2 Provjera prediktivne izvedbe modela	44
5.3.3 Analiza doprinosa ekoloških varijabli	45
5.3.4 Jackknife test značaja varijabli	46
5.4. Terenska provjera rezultata modela rasprostranjenosti	47
5.5. Način gospodarenja šumskim staništem	53

5.5.1 Uzgojni oblik	53
5.5.2 Stanišni tipovi (fitocenoze)	53
5.5.3 Oblik sklopa	56
5.6. Analiza sastava uhvaćenih jedinki	57
6. RASPRAVA	59
7. ZAKLJUČAK	71
8. POPIS CITIRANE LITERATURE	72
9. PRILOZI	83
10. ŽIVOTOPIS AUTORA	87

1. UVOD

Ljudi su svojim aktivnostima promijenili globalne ekosustave i pokrenuli razdoblje nove geološke epohe koja se naziva antropocen. Neki se organizmi uspijevaju nositi s posljedicama ljudskih aktivnosti i promjenama koje one donose, pa čak i uspješno napredovati u antropogenim staništima, dok velika većina organizama doživljava dramatičan pad populacija, vodeći tako naš planet u šesto masovno izumiranje (Voigt i Kingston 2016).

Na globalnoj razini prepoznato je pet glavnih izravnih uzroka gubitka bioraznolikosti - promjene u korištenju zemljišta i mora, prekomjerno iskorištavanje resursa, klimatske promjene, onečišćenje i invazivne strane vrste koje dovode do narušavanja prirodnih uvjeta i ravnoteže. Te promjene vidimo svuda oko nas, na zelenim površinama uzdižu se betonski blokovi, divljina nestaje, a pred izumiranjem je više vrsta nego ikada prije u povijesti čovječanstva. Samo u zadnjih 40 godina broj jedinki populacija divljih vrsta u svijetu se zbog ljudskih se aktivnosti smanjila za čak 60 %, a gotovo tri četvrtine Zemljine površine promijenjeno je pa za prirodu ima sve manje i manje mjesta na Planetu (Strategija EU-a za bioraznolikost do 2030., 2020).

Prema Strategiji EU-a za bioraznolikost do 2030. godine trebalo bi zaštititi barem 30 % kopnenih i 30 % morskih područja. To je najmanje 19 % više mora i 4 % više površine kopna nego li je danas pod nekim oblikom zaštite. Unutar tog okvira posebnu pozornost treba posvetiti područjima s vrlo velikom bioraznolikošću ili potencijalom za bioraznolikost. Ta su područja, naime, najosjetljivija na klimatske promjene i trebalo bi ih posebno strogo zaštititi. Pri proglašenju zaštite bit će najvažnije definirati, kartirati, pratiti i strogo zaštititi sve preostale prašume i stare šume EU-a. Bit će važno zalagati se za to i na globalnoj razini i pobrinuti se da mjere EU-a ne dovode do krčenja šuma u drugim dijelovima svijeta. Prašume i stare šume najbogatiji su šumski ekosustavi koji vežu ugljik iz atmosfere i u kojima se nalaze deponirane njegove znatne zalihe. Trebalo bi strogo zaštititi i velike površine drugih ekosustava bogatih ugljikom, poput cretova, travnjaka, močvara, mangrova i morskih livada, uzimajući pritom u obzir predviđene promjene u vegetacijskim zonama. Proglašena dodatna zaštićena i strogo zaštićena područja trebala bi se uključiti u ekološku mrežu Natura 2000 ili obuhvatiti nacionalnim programima zaštite. Za sva zaštićena područja morat će se jasno definirati ciljevi i mjere očuvanja (Strategija EU-a za bioraznolikost do 2030., 2020).

Uništavanje prirode povećava i rizik od pojave i širenja zaraznih bolesti. Zbog nedavnog izbijanja pandemije bolesti COVID-19 uzrokovane virusom SARS-CoV-2, potreba za zaštitom i obnovom prirode postala je još važnija i hitnija te još jasnije ukazuje koliko je naše zdravlje povezano sa zdravljem ekosustava. Povezivanje pojave pandemije s populacijama šišmiša dodatno je ozbiljno ugrozilo njihove populacije u divljini i dovelo do negativnog stava ljudi. Prema svim trenutnim znanstvenim istraživanjima, povezivanje pojave bolesti COVID-19 sa šišmišima neutemeljeno je jer nije dokazana direktna povezanost populacija šišmiša s prenošenjem ovog virusa na ljude već postoji velika genetska sličnost koronavirusa SARS-CoV-2 s onim od prije poznatim SARS-CoV koji je mogućim prenošenjem sa šišmiša uzrokovao bolest poznatu kao SARS. Stručnjaci vjeruju da se radi o mogućim drugim vektorima (vrstama) kojima je došlo do prelaska virusa SARS-CoV-2 na ljude, vjerojatno preko cibetki (Zhou i sur. 2020).

Šišmiši su posebno osjetljivi na antropogene promjene zbog njihove niske reproduktivne stope, dugovječnosti i izuzetno brzog metabolizma. Čak 15 % vrsta šišmiša navedeno je kao ugroženo od strane Međunarodne udruge za očuvanje prirode i prirodnih bogatstava (*International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources - IUCN*) smatra ih se kritično ugroženim, ugroženim ili ranjivim. Za oko 18 % vrsta nedostaju podaci, ističući nedostatak ekoloških istraživanja koje mogu podržati procjene stanja ugroženosti (Voigt i Kingston 2016).

Sve vrste šišmiša na neki su način povezane sa šumskim staništima. Neke o njima u potpunosti ovise, dok su drugima samo dio stanišnih obilježja koja koriste (Hayes 2003). Vrsta rani večernjak (*Nyctalus noctula*) koristi šumu kao sklonište i područje preleta, a plijen hvata na otvorenim staništima (Mackie i Racey 2008). Patuljasti šišmiš (*Pipistrellus pipistrellus*) samo ponekad hvatati plijen uz rub šume ili duž drvoreda te vrlo rijetko, ovisno o vremenskim uvjetima, ulazi u šumski sklop unutar staništa. Unatoč činjenici da gotovo sve europske vrste šišmiša koriste šumsko stanište kako bi zadovoljile neke ili sve životne potrebe (Dietz 2007), vrlo je slabo poznato kakva je uloga šišmiša u funkcionalnosti tih ekosustava. Može se pretpostaviti da šišmiši, kao primarni predatori letećim noćnim kukcima, imaju značajnu ulogu u hranidbenom lancu unutar šumskih staništa (Lacki i sur. 2007), osobito laktirajuće i trudne ženke koje mogu u jednoj noći pojesti i više od dvije trećine svoje tjelesne mase člankonožaca (Encarnação i Dietz 2006). Osim za prelet i hranjenje, šišmiši šumsko stanište koriste kao mjesta gdje formiraju kolonije (hibernacijske i porodiljne), a šupljine u stablima nastanjuju

kako bi odgajali mlade, za parenje ili samo kao povremena skloništa tijekom noćne aktivnosti ili tijekom migracije (Boye i Dietz 2005, Ormsbee i sur. 2007).

Velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*) pripadnik je skupine tipičnih „šumskih specijalista“ jer je usko vezan uz šumsko stanište, kroz sve aspekte životnog ciklusa. Stare šumske sastojine, primarno hrastove šume, koristi za hranjenje, parenje, hibernaciju, odgoj mladih i kao sklonište (Dietz i Pir 2009). Često nastanjuje duplje djetlića, na područjima s malo oborina tijekom ljeta i u krajevima koji su na godišnjoj razini relativno topli. Plijen hvata u šumama zatvorenog sklopa krošanja. Područje koje koristi je relativno maleno u odnosu na neke druge vrste pa se tako ova vrsta neće udaljavati više od 3 km od skloništa, odnosno koristit će područje od 20 do 40 ha. Dodatno smanjenje područja koje koristi, događa se u vrijeme kada su ženke gravidne ili imaju mlade. Tada će ženke vrlo rijetko prelaziti udaljenost veću od 1 km od skloništa (Napal i sur. 2013).

Rasprostranjenost velikouhog šišmiša je fragmentirana te je snažno utjecana deforestacijom (Bauer 1987, Blant i sur. 2010, Napal i sur. 2013) i načinom gospodarenja šumskim staništem (Dietz i sur. 2013). Iako velikouhi šišmiš obitava u većini regija Hrvatske, ova karakteristična šumska vrsta vrlo je rijetka i malen je broj podataka o njejoj prisutnosti. Istraživanjima do kraja 2009. godine, kada je započela izrada ovog rada, zabilježeni su tek pojedini primjerci tijekom hibernacije u podzemnim staništima (špilje, rudnici, podrumi) u kontinentalnoj Hrvatskoj. Također, do kraja 2009. godine nije zabilježena niti jedna porodiljna (majčinska) kolonija ove vrste, a tek jedna trudna ženka uhvaćena na ulazu u Barićevu pećinu potvrđuje moguću lokalnu prisutnost ženki s mladima (Pavlinić i sur. 2010). Osim nalaza iz gvalice sove (Lipej i Gjerkeš 1992) i pronalaska uginule jedinke u okolici Baških Oštarija, ostali podaci su prikupljeni hvatanjem mrežama u blizini ili unutar različitih tipova šumskih staništa. Podaci iz okolice Boljuna, rijeke Čikole, Laudonovog gaja i Biokova su iz submediteranske šume hrasta medunca, duž doline rijeke Mirne iz poplavnih šuma hrasta lužnjaka, u blizini Zagreba i Barićeve špilje iz šume hrasta lužnjaka, dok su podaci o prisutnosti vrste s Velebita, Plješivice, Medvednice i Papuka iz bukovih šuma.

2. LITERATURNI PREGLED

2.1. Indikatorske vrste

Povećana zabrinutost zbog štetnih antropogenih utjecaja na stanje i funkcioniranje ekosustava dovela je do razvoja niza ekoloških pokazatelja (indikatora) koji obuhvaćaju ključne elemente okoliša i velikog broja čimbenika (National Research Council, 2000). Ti pokazatelji koriste se za procjenu trenutnog stanja, uspostavljanje temeljnih vrijednosti okoliša i praćenje njegovih promjena u odnosu na početno, kako bi se identificirali uzroci, predvidjele buduće promjene u okolišu i pronašle odgovarajuće mjere za ublažavanje utjecaja (Dale i Beyeler 2001). Kako bi obuhvatili složenost ekosustava u jednostavnom i lako razumljivom okviru, definiraju se odgovarajući pokazatelji. Ugrađeni su u upravljanje okolišem, održivi razvoj i politiku očuvanja biološke raznolikosti, gdje djeluju kao metrike temeljem kojih se može mjeriti napredak prema nacionalnim, regionalnim i globalnim ciljevima (Niemeijer i de Groot 2008). Kao rezultat toga, većina ekoloških indikatora temelji se na razini vrste, čime se daje na značaju očuvanje ugroženih vrsta i rješavanju potrebe za njihov opstanak (Fleishman i sur. 2001). Indikatorske su vrste tako živi organizmi koji se lako prate i čiji status odražava ili predviđa stanje(a) okoliša u kojem obitavaju. Strategija korištenja indikatora proizlazi iz hipoteze da su kumulativni učinci promjena u okolišu integrirani ili se odražavaju na trenutni status ili trendove (kratkoročne ili dugoročne obrasce promjene) raznolikosti, brojnosti, reproduktivnog uspjeh ili stope rasta jedne ili više vrsta koje žive u tom okolišu.

Neki od jednostavnijih indikatora koriste dinamiku populacije pojedinih vrsta kao ekvivalent za definiranje statusa većih funkcionalnih skupina i ekosustava. One se često kategoriziraju kao „*keystone*“, „*umbrella*“ ili „*link*“ vrste, čije povoljno stanje i prisutnost u staništu osigurava zdrav ekosustav, a njihov status i potrebe staništa važne su za povoljno stanje i zahtjeve staništa mnogo šireg spektra vrsta. Mogu biti kategorizirane i kao „*flagship*“ vrste koje i drugim vrstama osiguravaju povoljnost ekosustava u kojem obitavaju (Butler i sur. 2012).

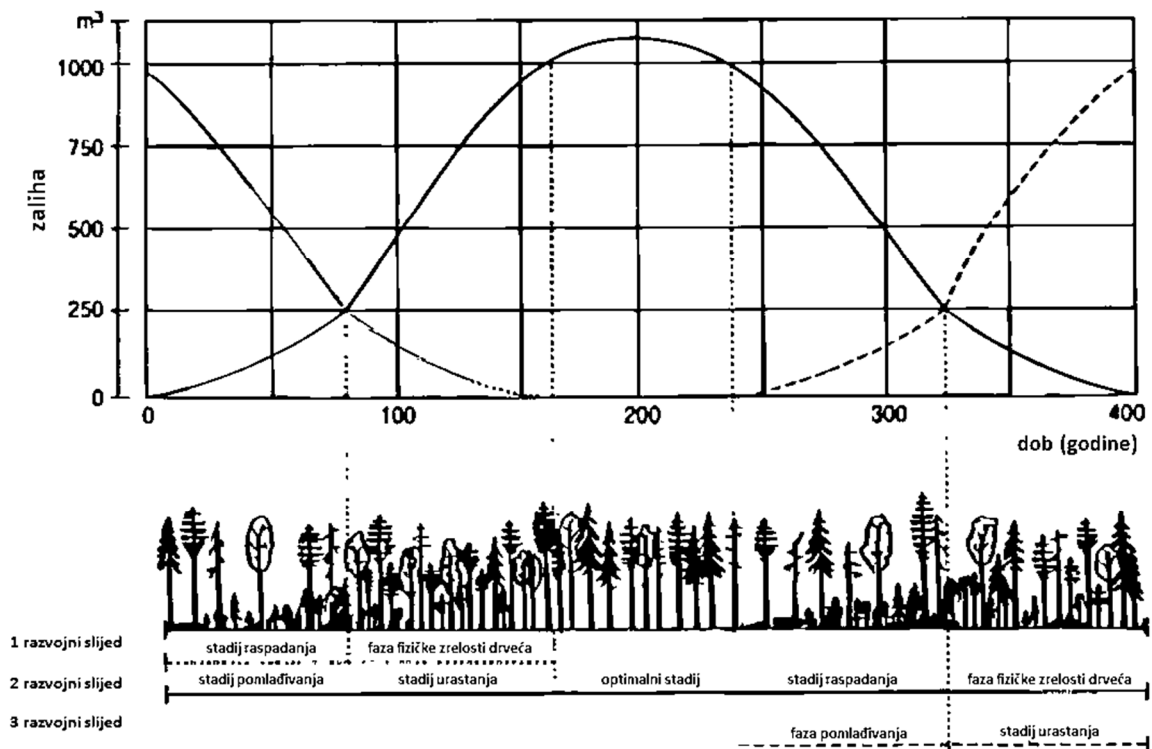
Definiranje indikatora često ovisi o dostupnosti podataka o pojedinim vrstama, taksonomskim, stanišnim ili regionalnim osobitostima. Indikatorske vrste trebaju biti (a) reprezentativne i ponašati se kao izravni pokazatelji zdravlja ekosustava i odražavati status cjelokupne biološke raznolikosti, (b) reaktivne te biti sustav ranog upozorenja na negativne promjene u okolišnim uvjetima, (c) reagirati na promjene na predvidiv način, (d) jednostavne za analizu i interpretaciju od strane nadležnih tijela, ali i javnosti (Gregory i sur. 2005).

Međutim, indikatori koji se temelje na jednoj vrsti često nisu prihvaćeni iz razloga što su previše pojednostavljeni i ne predstavljaju pravo stanje mnogih ekosustava. Iz tog razloga, posljednjih godina došlo je do razvoja indeksa temeljenih na više vrsta i pokazatelja koji bolje opisuju složenost ekosustava (Lambeck 1997, Hansson 2001).

2.2. Gospodarenje šumama u Hrvatskoj

Prema podacima iz Šumsko-gospodarske osnove područja za razdoblje 2016.-2025., gotovo 50 % kopnenog teritorija Republike Hrvatske pokriveno je šumom i šumskim zemljištem, od čega je 90 % obraslo šumsko zemljište („prava šuma“), dok je ostatak neobraslo proizvodno, neobraslo neproizvodno ili neplodno šumsko zemljište. Od toga su tri četvrtine u državnom, dok je četvrtina u privatnom vlasništvu. Osim po vlasništvu, šume se razvrstavaju i prema njihovoj namjeni, a ona može biti gospodarska, zaštitna i s posebnom namjenom. Gospodarske šume se primarno koriste za proizvodnju drvnih i nedrvnih šumskih proizvoda. Uz to, gospodarske šume imaju ulogu u očuvanju i unapređenju općekorisnih funkcija šuma. Zaštitne šume u prvom redu služe za zaštitu zemljišta, voda, naselja, objekata i druge imovine. Šume s posebnom namjenom zaštićeni su dijelovi prirode (strogi rezervati, nacionalni parkovi, posebni rezervati, spomenici prirode, značajni krajobrazi, park-šume), a služe za proizvodnju šumskog sjemena (sjemenske sastojine), znanstvena istraživanja, potrebe obrane RH, kao urbane šume i šume za potrebe utvrđene posebnim propisima.

Šumama u Republici Hrvatskoj gospodari se sukladno odredbama Zakona o šumama (NN 68/18, 115/18, 98/19, 32/20, 145/20, 101/23, 36/24) temeljem kojeg gospodarenje šumama obuhvaća uzgoj, zaštitu i korištenje šuma i šumskog zemljišta, te izgradnju i održavanje šumske infrastrukture s ciljem ispunjenja sveeuropskih kriterija za održivo gospodarenje šumama. Održivo gospodarenje podrazumijeva korištenje šuma i šumskih zemljišta na način i u takvoj mjeri da se održi njihova biološka raznolikost, produktivnost, sposobnost obnavljanja, vitalnost i potencijal, te da ispune, sada i u budućnosti, bitne gospodarske, ekološke i društvene funkcije na lokalnoj i globalnoj razini, a da to ne šteti drugim ekosustavima. Iz tog razloga su sve šume u Hrvatskoj podijeljene u gospodarske jedinice, a one u odjele i odsjeke. Svaka gospodarska jedinica ima svoj šumskogospodarski plan koji se izrađuje za razdoblje od 10 godina.



Slika 1. Prikaz ciklusa bukovo-jelove prašume (prilagođeno prema Korpelu 1996. iz Anić, 2007)

Prema Pravilniku o uređivanju šuma (NN 97/2018, 101/2018, 31/2020 i 99/2021), u Republici Hrvatskoj propisana su tri načina gospodarenja šumskim sastojinama: jednodobno (regularno), preborno i raznodobno. Navedeni načini gospodarenja ponajviše se razlikuju s obzirom na prostornu i vremensku provedbu šumskouzgojnih postupaka njege i obnove, horizontalni i vertikalni raspored stabala te ekološku konstituciju vrsta drveća. Načini gospodarenja proizašli su iz proučavanja zakonitosti razvoja prašuma, tako da pojedini način gospodarenja predstavlja samo određene faze razvoja prašume koje imaju optimalne vrijednosti s ekološkog, gospodarskog i društvenog stajališta. S obzirom na značajke razvojnih stadija prašume (Slika 1), jednodobno se gospodarenje provodi tako da se pojedina sastojina održava u stanju koje odgovara optimalnom stanju određenog razvojnog stadija prašume, a glavne vrste drveća u sastojini podjednake su starosti. Preborne šume održavaju se prebornim gospodarenjem u stanju koje odgovara stadiju urastanja (preborna faza) te se primarno odnose na sastojine jele s ostalim vrstama drveća. U raznodobnim sastojinama raspoređene su skupine stabala različitih dobi i razvojnih stadija, gdje su stabla unutar pojedine skupine podjednake dobi i razvojnog stadija, a gospodarenje je skupinasto. Raznodobni tip gospodarenja primjenjuje se u šumama na kršu, šumama šumoposjednika, šumama posebne namjene, zaštitnim šumama i u šumama koje imaju važnu zaštitnu funkciju.

2.3. Šišmiši i šumska staništa

Šišmiši (red Chiroptera) su jedan od najstarijih redova sisavaca kojem fiziološki sustav i prilagodbe ponašanja, omogućavaju uspješno naseljavanje različitih ekosustava pa su jedna od vrstama najbrojnijih skupina sisavaca u svijetu. Nastanjuju sve kontinente osim Antartike te su u mnogim dijelovima svijeta, osobito u tropskim područjima, najbrojnija skupina (Kingston 2010). Brojem vrsta su drugi najveći red sisavaca s više od 1300 vrsta diljem svijeta, što je oko četvrtina svih vrsta sisavaca (Voigt i Kingston 2016). U Europi je zabilježeno ukupno 45 vrsta (Barova i Streit 2018), a u Hrvatskoj je trenutno potvrđena prisutnost 34 vrste šišmiša (Pravilnik 2016 (Leg-6), Josić i sur. 2024).

Populacije šišmiša se smanjuju na cijelom području rasprostranjenosti (O'Shea i sur. 2016), primarno zbog antropogenih utjecaja povezanih s povećanjem zauzeća prostora i uništavanja prirodnih staništa zbog potrebe za proizvodnjom hrane (Mickleburg i sur. 2002). Globalno, najveća prijetnja šišmišima su aktivnosti koje dovode do promjena korištenja staništa, urbanizacija, ubijanje i aktivnosti koje dovode do njihova istjerivanja iz staništa. Općenito su osjetljivi na sve oblike uznemiravanja u staništu koje izazivaju ljudi. Na te promijene su osobito osjetljive šumske vrste šišmiša (Voigt i Kingston, 2016).

Šume obiluju raznolikošću živog svijeta i važan su prostor u kojem obitavaju mnoge vrste, uključujući šišmiše. Šume šišmišima pružaju mnoge važne resurse za preživljavanje, kao što je prisutnost plijena, prostor u kojem mogu formirati kolonije i imati skloništa i zaštitu od predatora (Lacki i sur. 2007). Šumska područja i rub šume te linearni elementi staništa, poput živica i drvoreda, mogu biti važni za sigurno kretanje do i od skloništa i područja hranjenja, uz to da mogu biti područja hranjenja sami po sebi. Postoji i sezonalnost u korištenju šumskih staništa pa su tako neke vrste šišmiša tijekom zime vezane uz podzemna staništa, ali u toplijem dijelu godine borave u dupljama i pukotinama u stablima ili ispod kore, a u šumskom staništu love plijen i hrane se. Druge vrste su za šumska staništa vezane i tijekom zime - hiberniraju u šupljinama u stablima, u pukotinama nastalim odlamanjem grana ili u dupljama koje su napravile ptice (Zeale i sur. 2012).

Gotovo svi tipovi šumskih staništa na neki način podržavaju populacije šišmiša. Neke vrste ih koriste samo u dijelu svojih aktivnosti, no postoje i one vrste koje su cijeli životni ciklus vezane uz šumu (Lacki i sur. 2007). Tako primjerice rani večernjak (*Nyctalus noctula* Schreber, 1774)

nalazi sklonište u visokim stablima, ali hvata plijen na otvorenim područjima (Mackie i Racey 2008). Pojedine druge vrste nazivaju se generalisti. Primjerice patuljasti šišmiš (*Pipistrellus pipistrellus* Schreber, 1774), koji ovisno o vremenskim prilikama hvata plijen uz rub šume, duž šumskih linijskih elemenata (putovi, prosjeke i sl.) ili unutar šume, ali u šumskim staništima nema sklonište, već ga najčešće nalazi u okolnim antropogenim objektima (Fuentes-Montemayor i sur. 2013).

Nasuprot brojnim vrstama šišmiša koje povremeno koriste šumu, postoje vrste koje nazivamo „šumski specijalisti“ ili „specijalisti šumskog sklopa“ jer su ovisne o šumama tijekom gotovo svih dnevno-noćnih, sezonalnih i životnih aktivnosti, kao što su formiranje skloništa, prostor hranjenja, parenja, hibernacije i podizanja mladih (Lacki i sur. 2007). Takav primjer je vrsta smeđi dugoušan (*Plecotus auritus* Linnaeus, 1758), koji je na kretanje kroz gust sklop krošnja prilagođen brzim zamasima krila i okretnim letom, velikim ušima i specijaliziranim načinom hvatanja kukaca koristeći se pasivnim osluškivanjem plijena (Murphy i sur. 2012). Zato se šišmiši smatraju ključnim vrstama u mnogim ekosustavima, pružajući usluge ekosustava i imajući ulogu bioindikatora. To ih izdvaja kao dobre pokazatelje kvalitete i stanja staništa koja nastanjuju.

Unatoč činjenici da sve europske vrste koriste šume kako bi osigurali neke od svojih životnih potreba, do sada je vrlo malo poznato o ulozi šišmiša unutar tog ekosustava. Može se pretpostaviti da uloga predacije noćnih kukaca trofički određuje poziciju šišmiša na vrhu hranidbenih lanaca u šumskim ekosustavima. To je osobito izraženo u razdoblju kada gravidne i laktirajuće ženke mogu pojesti više od dvije trećine svoje mase (Lacki i sur. 2007). Kvaliteta staništa i dostupnost hrane utječu na distribuciju spolova, reprodukcijski status te brojnost, veličinu i rasprostranjenost porodiljnih kolonija šišmiša (Speakman i sur. 1991). Razumijevanje na koji način koriste šumska staništa od iznimnog je značaja za njihovo očuvanje, a tako i drugih vrsta koje o šumama ovise (Jones i sur. 2009).

2.4. Velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*, Kuhl 1817)

Velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*) pripada porodici Vespertilionidae (Slike 2a i 2b) i srednje je velika vrsta (podlaktica dužine 38 - 47 mm, masa 7 – 10 g). Karakteriziraju ga velike uši (dužine 21 - 26 mm) koje koristi za „pasivno slušanje“ i njima locira plijen (Schofield i Greenaway 2008). Krila su mu prosječne veličine, stoga je relativno spora, no vrlo okretna vrsta. U letu sporo maše krilima. Plijen lovi lebdenjem i osluškivanjem te hvatanjem i podizanjem kukaca s površine lišća i grana, visoko u krošnjama, ali i sa šumskog tla (Plank i sur. 2012, Siemers i Swift 2006). Prehrana mu je uglavnom usmjerena na vrste iz redova Lepidoptera, Coleoptera i Dermaptera, ali i jedinke iz razreda Arachnida koje može sakupiti s površine lista, čine važan dio njegove prehrane (Siemers i Swift 2006).



Slike 2a i 2b. Velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*); Fotografija: Mirna Mazija (2a), Rollin Verlinde (2b)

Eholokacijsko glasanje relativno je malog intenziteta, a signal je najveće snage na 35 kHz. Zbog relativno tihog glasanja, moguće ih je snimiti samo kada je glasanje usmjereno direktno prema mikrofONU i kada je jedinka relativno blizu uređaja. Zbog sličnosti glasanja s drugim vrstama iz roda *Myotis* (Kaup, 1829) ovu je vrstu teško potvrditi analizom sonograma (moguće je samo u idealnim uvjetima). Stoga je hvatanje jedinki i stručna determinacija iz ruke neophodna za sigurnu potvrdu prisutnosti ove vrste u šumskom staništu (Walters i sur. 2012).

Velikouhi šišmiš pojavljuje se na području srednje i južne Europe te umjerenog područja jugozapadne Azije (područje Kavkaza i Male Azije), na otocima Bornholm, Korzika, Elba, Kapri, Sicilija (Baagøe, 2001, Salvo i sur. 2012) te moguće u Crnoj Gori (Theou i Đurović, 2015) (Slika 3). Međutim, stvarna rasprostranjenost velikouhog šišmiša fragmentirana je te snažno utjecana deforestacijom (Napal i sur. 2013) i načinom gospodarenja šumskim staništem (Dietz i sur. 2013).



Slika 3. Rasprostranjenost velikouhog šišmiša (izvor IUCN, Verzija 2024-1)

Rasprostranjenost velikouhog šišmiša u Europi fragmentirana je na manja područja unutar areala, a čimbenici koji utječu na gustoću populacije i odabir staništa nedovoljno su poznati jer vrsta nije dovoljno istražena.

Nastanjuje duplje u drveću i uglavnom je ograničen na život u starim listopadnim šumama diljem Europe (Mitchell-Jones i sur. 1999). Najčešće koristi duplje djetlića ili prirodno nastale šupljine u drveću te često nastanjuje kućice za šišmiše kao alternativno sklonište na područjima gdje je šuma značajno degradirana. Preferira područja male nadmorske visine s malo oborina tijekom ljetnih mjeseci u relativno toplim područjima (Napal i sur. 2010, Dietz i Pir 2009). Plijen uglavnom hvata u šumskom staništu zatvorenog sklopa krošanja (Slika 4). Loveći kukce često se vraća uz ista pojedinačna stabla ili grupu stabala kako bi tamo hvatao plijen (Schofield i Greenaway 2008). Iz skloništa jedinke obično izlaze oko 20 do 30 minuta nakon zalaska Sunca.

Ženke u dupljama stabala tijekom ljeta formiraju porodiljne (majčinske) kolonije, kako bi tamo podizale mlade (Kerth i sur. 2001). Mužjaci često samostalno borave u suboptimalnim staništima, a za hibernaciju tijekom zime koriste i podzemna staništa. Obzirom na učestala istraživanja podzemnih staništa, podatak o prisutnosti ove vrste često je vezan uz špilje i jame, dok se ženke koje obitavaju u dupljama vrlo rijetko bilježe te se tako često dobiva iskrivljena

slika o primarno povoljnom staništu za podržavanje populacija (Greenaway i Hill 2005). Ženke različite starosti i genetske povezanosti formiraju porodiljne kolonije koje mogu brojati od 20 do 130 jedinki. One borave u istom skloništu kako bi podigle mlade koji se uobičajeno kote sredinom lipnja do sredine srpnja. Jedinke uglavnom hiberniraju duboko u dupljama stabala, a manji broj pojedinačnih jedinki zimu provodi u antropogenim podzemnim objektima i špiljama (Schofield i Greenaway 2008).



Slika 4. Velikouhi šišmiš u letu prilikom hvatanja plijena u krošnjama (Foto: batslife.eu)

Osobito ženkama velikouhoga šišmiša, šumska staništa su neophodna. Pružaju im prostor za hvatanje plijena, formiranje porodiljnih kolonija i sklonište. Veliki i povezani šumski kompleksi omogućuju veći broj prostorno odvojenih porodiljnih kolonija nego manje fragmentirane, strukturno raznolike šume. Neka područja povezanih šumskih kompleksa mogu podržavati samo populacije mužjaka, a isto tako mužjaci i kolonije bez mladih mogu obitavati na područjima koja su premalena za porodiljne kolonije (Schofield i Greenaway 2008). Lokalno, prisutnost može izostati zbog nedostatka kukaca i nepostojanja starih duplji djetlovki kao mjesta koja u velikoj mjeri uvjetuju prisutnost porodiljnih kolonija velikouhoga šišmiša.

Manji potoci okruženi šumom, posebice oni koji i tijekom ljeta zadržavaju vodu, često su značajan element staništa koji podržava prisutnost porodiljnih kolonija (Slika 5). Mnoge vrste šišmiša, pa tako i velikouhi šišmiš, preferiraju blizinu vode i vodene vegetacije jer je gustoća populacija kukaca na takvim staništima u pravilu velika (Hagen i Sabo 2011).



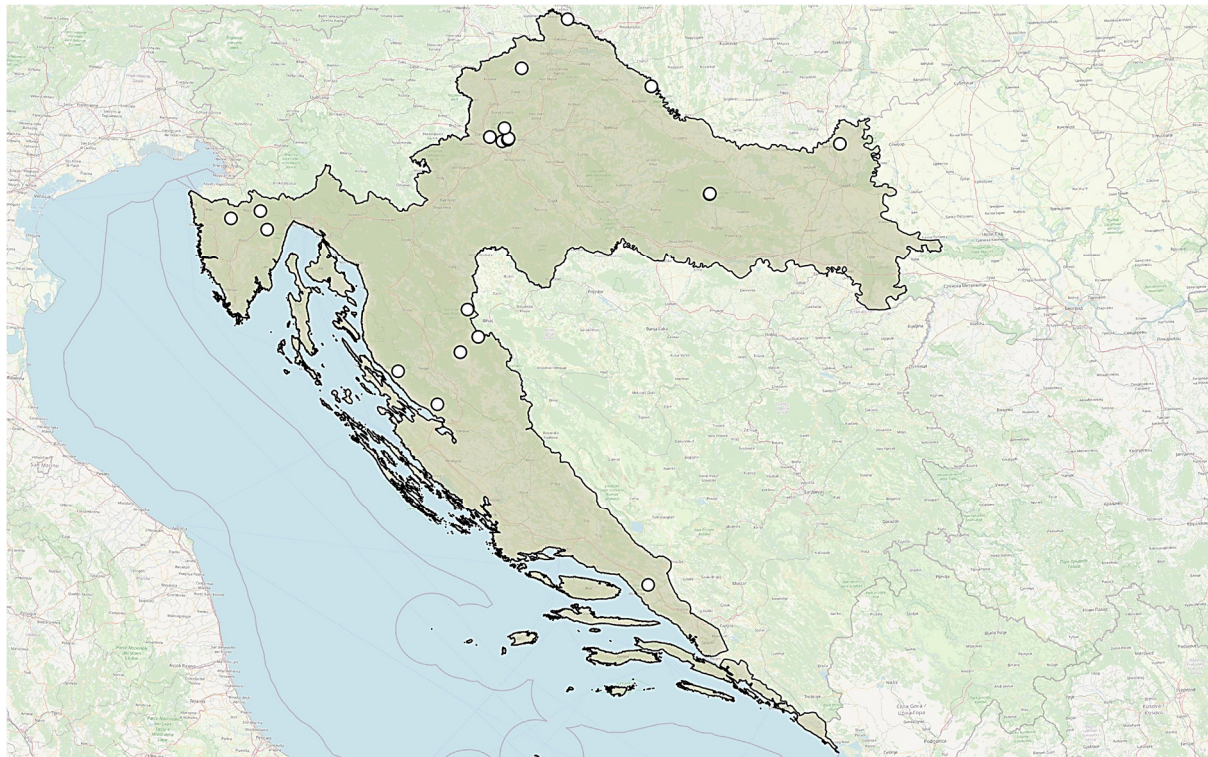
Slika 5. Karakteristično vodeno stanište unutar šume koje velikouhi šišmiš koristi (lokalitet Lobor)

Živice koje povezuju manje šumske površine mogu osigurati da šumska područja, povezana na taj način u jedinstven teritorij, osiguravaju prostor na kojem ženke formiraju porodiljne kolonije (Greenaway i Hill 2005).

Velikouhi šišmiš vrlo je teritorijalna vrsta. Primjerice u razdoblju intenzivnog razdoblja hranjenja tijekom ljeta zauzimaju područje od 20 do 40 ha, s maksimalnom zabilježenom udaljenošću 3 km od skloništa (Palmer i sur. 2013, Napal i sur. 2013). Istraživanja jedinki metodom telemetrije u Njemačkoj i Velikoj Britaniji pokazuju da reproduktivne ženke vrlo rijetko odlaze dalje od 1 km od skloništa kako bi se hranile. Stoga je hvatanje i bilježenje gravidne ili laktirajuće jedinke u šumi podatak koji jasno ukazuje da je porodiljna kolonija u neposrednoj blizini (Dietz i Krannich 2019, Hill i Greenaway 2006).

U Hrvatskoj je velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*) slabo istražena, rijetko bilježena vrsta i malo je podataka o njenoj prisutnosti i stvarnoj rasprostranjenosti. Dostupni podaci odnose se na tek nekolicinu nalaza na području Hrvatske. Podaci o prisutnosti do kraja 2009. godine, sumarno su prikazani u Atlasu šišmiša Hrvatske (Pavlinić i sur. 2010) kao jedinom znanstveno objavljenom radu koji između ostaloga opisuje rasprostranjenost (lokalitete nalaza) velikouhog šišmiša u Hrvatskoj. Dio tih podataka za isto razdoblje dostavljeni su 2019. godine i od tijela

nadležnog za pitanja zaštite prirode u kojem se arhiviraju svi podaci o nalazima strogo zaštićenih vrsta (u to vrijeme Hrvatska agencija za okoliš i prirodu – u daljnjem tekstu HAOP 2019). Analiza navedenog rada rezultirala je podatkom da je ova vrsta zabilježena na samo 17 lokaliteta u Hrvatskoj, od kojih je na 4 lokaliteta zabilježena samo po jedna hibernirajuća jedinka. U kontinentalnoj biogeografskoj regiji utvrđena je prisutnost na 7 lokaliteta, samo u podzemnim skloništim - speleološkim objektima (špilja Veternica i ponor Uviraljka), podzemnim antropogenim objektima (bunker Markuševac na obroncima Medvednice, rudnik Banovo brdo u Baranji, rudnik Kraševski Zviri u Ivancu, crkvi u Boljunu, planinarskom domu Korita, Borisovom domu na Paklenici) i podrumima (Demetrova 1 u Zagrebu, Hrašćica u Varaždinu), koje ova vrsta uglavnom koristi samo povremeno. U ostalim regijama zabilježen je jedan podatak o nalazu kostura u gvalici sove (Sv. Mihel Brdo u dolini rijeke Mirne) te jedna uginula jedinka (Baške Oštarije), a ostali podaci su rezultat hvatanja mrežama unutar različitih tipova šumskih staništa - Laudonov gaj, Poljana na Plješivici, Turija na Biokovu. Na području Hrvatske do 2010. godine nije zabilježena niti jedna porodiljna kolonija, postoji samo podatak o hvatanju gravidne ženke na ulazu u Barićevu špilju kod Ličkog Petrovog sela (Pavlinić i sur. 2010, HAOP 2019).



Slika 6. Područja na kojima je istraživanjima hvatanjem mrežom potvrđena prisutnost velikouhog šišmiša u Hrvatskoj do početka terenskih istraživanja u svrhu izrade ove disertacije (Izvori: Mazija i Jagarinec 2004, Pavlinić i sur. 2010, Kovač i Ratko 2010, Ratko i Zrnčić 2011 i Kipson 2012)

Osim navedenog rada, podatak o prisutnosti velikouhog šišmiša zabilježen hvatanjem mrežama na području Parka prirode Papuk naveden je u izvješću terenskog istraživanja (Mazija i Jagarinec 2004), a podatak nije naveden u Atlasu šišmiša Hrvatske (Pavlinić i sur. 2010).

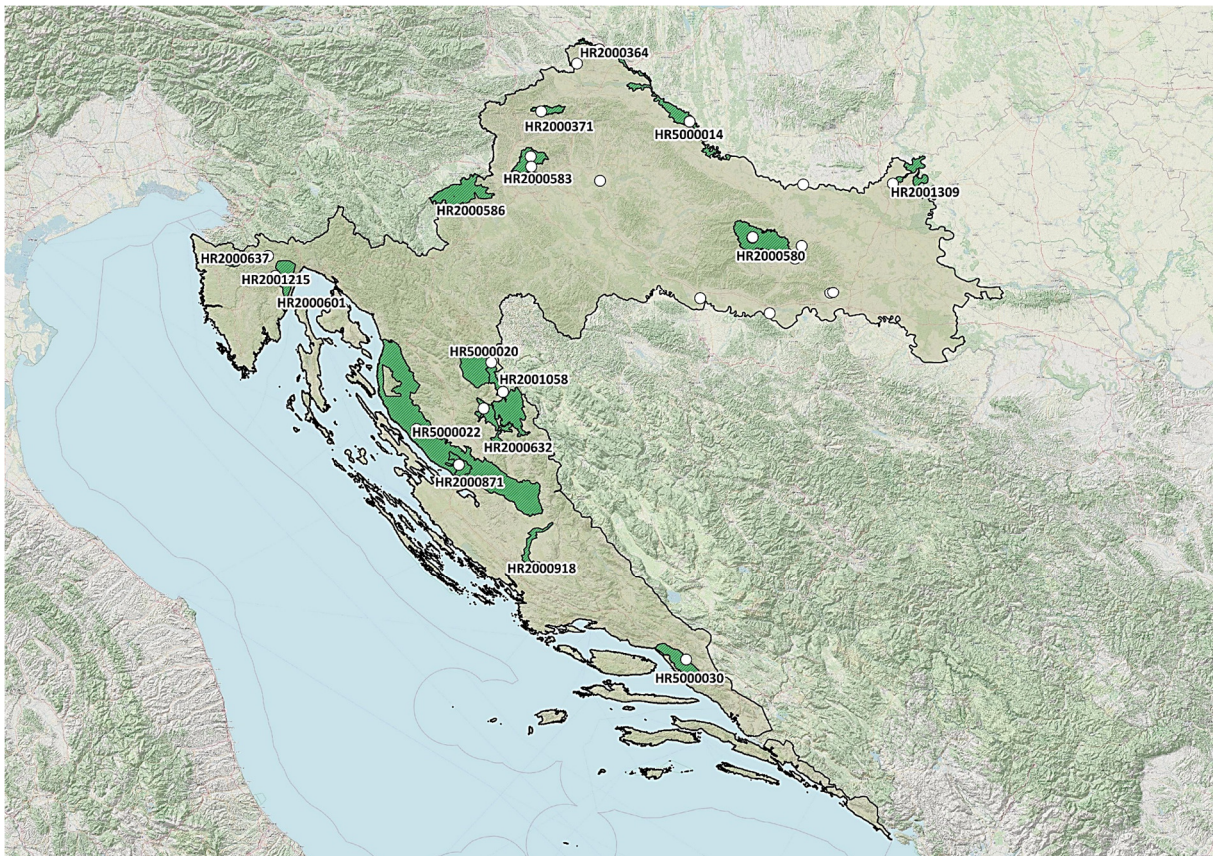
Analiza izvješća istraživačkih projekata, u sklopu kojih su metodom hvatanja mrežom prikupljeni i podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša na području kontinentalne biogeografske regije, ukazuje na prisutnost vrste u Parku Maksimir odnosno na III. i V. jezeru (Kovač i Ratko 2010, Ratko i Zrnčić 2011) te na lokalitetima Čambina (Repaš) i Križovec (uz rijeku Muru) zabilježena u sklopu istraživanja područja Regionalnog parka Mura - Drava (Kipson 2012).

Tablica 1. Nalazi velikouhog šišmiša metodom hvatanja mrežom u Hrvatskoj do početka terenskih istraživanja u svrhu izrade ove disertacije

Naziv lokaliteta	Koordinate		Izvor podatka	Podatak prikupili
	x	y		
blizina Ponora Uviraljka	587412,9733	5042742,476	Mazija i Jagarinec 2004	Mazija i Jagarinec
Baške Oštarije	394530,893	4932682,799	Pavlinić i sur. 2010	Tvrtković
Uviraljka	587577,1424	5043074,319	Pavlinić i sur. 2010	Tvrtković Pavlinić
Veternica	451359,1981	5043074,3192	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i sur.
rudnik Banovo brdo	668099,5276	5073865,8912	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i sur.
bunker Markuševac	460409,28169	5083556,065	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i sur.
podrum u Zagrebu	459041,325	5075403,326	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i sur.
Sv. Mihel Brdo	291039,432	5027788,432	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i sur.
ulazu u Baričevu špilju	437480,6999	4970804,2077	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i sur.
Laudonov gaj	433085,8449	4944459,529	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i sur.
Poljana na Plješivici	444160,2323	4953930,0904	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i sur.
Turija na Biokovu	549377,2807	4800122,5510	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i sur.
crkva u Boljuni,	313440,07299	5020850,0498	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i sur.
planinarski dom Korita	309252,6190	5032309,2835	Pavlinić i sur. 2010	Nije poznato
rudnik Kraševski Zviri	471058,543	5120546,432	Pavlinić i sur. 2010	Nije poznato
Borisov dom na Paklenici	418870,4956	4912252,9391	Kovač i Fressel 2010	Kovač i Fressel
blizina špilje Veternice	451359,1982	5078085,57	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i Đaković
Maksimir (III. jezero)	462563,259	5076419,202	Kovač i Ratko, 2010	Kovač i Ratko
Maksimir (V. jezero)	462948,66	5077220,08	Ratko i Zrnčić, 2011	Ratko i Zrnčić
			Kovač i Ratko, 2010	Kovač i Ratko
Čambina, Repaš	551353,896	5109408,667	Kipson, 2012	Kipson
Križovec, uz rijeku Muru	499503,4916	5150889,024	Kipson, 2012	Kipson

Trenutno su populacije velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteinii*) u trendu opadanja na cijelom području rasprostranjenosti. Vrsta se nalazi na Crvenoj listi ugroženih vrsta prema IUCN-u u kategoriji NT (*near threatened* - skoro ugrožena). Navedena je u Prilogu II Direktive o staništima kao vrsta za koju se izdvajaju Natura 2000 područja te u Prilogu IV kao strogo zaštićena vrsta, a u istoj kategoriji je i na nacionalnoj razini prema Zakonu o zaštiti prirode (Narodne novine NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19, 155/23). Prema kriterijima IUCN, vrsta je ugrožena uslijed neprikladnog upravljanja šumskim staništima, intenzivne poljoprivrede (npr. korištenje pesticida na poljoprivrednim površinama u blizini šuma koje naseljava ova vrsta), ometanja skloništa, a kao posebna ugroza istaknut je gubitak starih stabala s dupljama.

Za velikouhog šišmiša su na području Hrvatske izdvojena područja europske ekološke mreže Natura 2000, s ciljem očuvanja populacije ove vrste te očuvanja skloništa i pogodnih staništa (šumska staništa, posebice šumska staništa u kojima je visoka strukturiranost i zastupljenost starijih dobnih razreda drveća te drveća s dupljama, rubovi šuma i šumske čistine).



Slika 7. Područja ekološke mreže Natura 2000 (poligoni označeni zelenom bojom) u kojima je velikouhi šišmiš izdvojen kao ciljna vrsta s označenim lokalitetima nalaza (bijełe točke). (Izvor: Biportal, preuzeto 15. lipnja 2024.)

Analizom baze podataka dostupnih na Bioportalu (Web-1), a vezanih uz europsku ekološku mrežu Natura 2000, velikouhi šišmiš je ciljna vrsta na 17 područja ekološke mreže Natura 2000: HR2000364 Mura, HR2000583 Medvednica, HR2000632 Krbavsko polje, HR2000918 Šire područje NP Krka, HR2001058 Lička Plješivica, HR2001309 Dunav S od Kopačkog rita, HR5000014 Gornji tok Drave, HR2000371 Vršni dio Ivančice, HR2000580 Papuk, HR2000586 Žumberak Samoborsko gorje, HR2000601 Park prirode Učka, HR2000637 Motovunska šuma, HR2000871 Nacionalni park Paklenica, HR2001215 Boljunsko polje, HR5000020 Nacionalni park Plitvička jezera, HR5000022 Park prirode Velebit i HR5000030 Biokovo (Slika 7).

Biogeografske regije predstavljaju podjelu zemalja članica Europske unije te zemalja unutar Smaragdne mreže (zemlje potpisnice Bernske konvencije) kao temelj za uspostavu Direktive o staništima (92/43/EEC) te Smaragdne mreže (*Emerald Network*). Područje Republike Hrvatske obuhvaća tri biogeografske regije - alpinska, mediteranska i kontinentalna (Slika 8).



Slika 8. Biogeografske regije na teritoriju Republike Hrvatske

Kontinentalna biogeografska regija obuhvaća četvrtinu površine Europske Unije (14 zemalja) te se proteže i izvan njenih granica, kroz ukupno 24 države, sve do Urala na granici s Azijom (ETC/BD 2013). Karakteriziraju je temperaturni sezonalni kontrasti - topla ljeta i hladne zime, što je i klimatski karakteristično za kontinentalno klimatsko područje. Kiše su obilnije tijekom ljeta, a padaline općenito uglavnom variraju ovisno o nadmorskoj visini i ekspoziciji. Prema zapadu, ove značajke postaju sve manje i manje izražene zbog utjecaja oceana. Kontinentalna regija klimatski je stoga općenito pogodna za rast vegetacije, što je ujedno povezano s povećanom poljoprivrednom proizvodnjom koja je često povezana s deforestacijom i pretvaranjem šumskog zemljišta u poljoprivredno (EEA 2003). Unatoč tome, u regiji je vidljivo i povećanje površina pod šumom koja je dominantno bjelogorična, a u nekim državama dominira crnogorični tip šume. Malobrojne su prirodne šume starih sastojina, tek pojedinačna područja u istočnom dijelu regije. Gotovo sve velike rijeke prolaze ovom regijom, ali su uglavnom regulirane. Iako su u istočnom i središnjem dijelu biogeografske regije velika močvarna područja još uvijek prisutna, u ostalim dijelovima u velikoj su mjeri isušena, a vlažna područja reducirana. Broj autohtonih vrsta je u pravilu velik, s relativno velikim brojem endemskih vrste te šumskim i travnjačkim staništima s visokim stupnjem bioraznolikosti (ETC/BD 2013). Zbog prisutnosti šumskih staništa te klimatskih obilježja, na području Hrvatske, kontinentalna biogeografska regija primarno je područje povoljnih ekoloških čimbenika za velikouhog šišmiša.

2.5. Ekološka niša

2.5.1 Koncepti ekološke niše

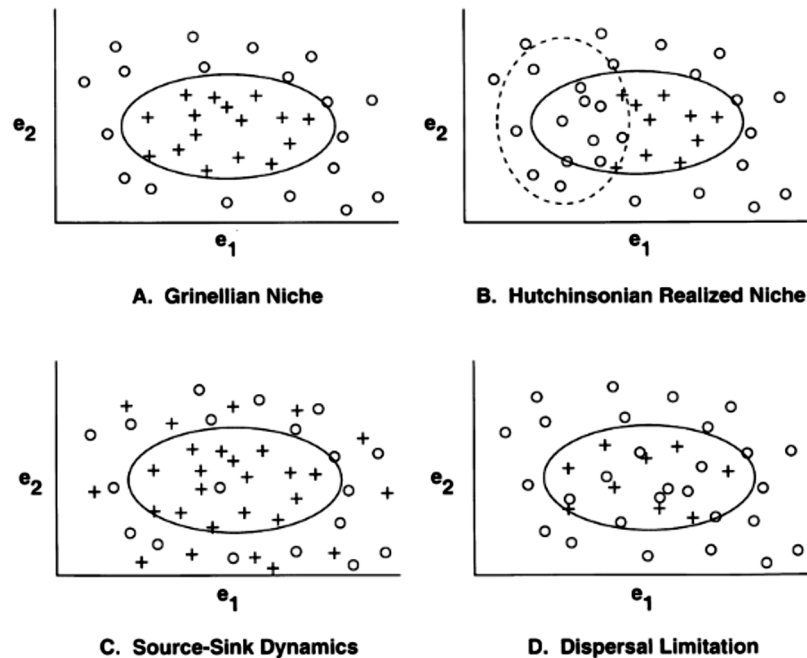
Ekološka niša opisuje položaj neke vrste unutar ekosustava, opisujući pritom raspon ekoloških čimbenika koji utječu na opstanak vrste i njenu ulogu u ekosustavu (Pulliam 2000), a podrazumijeva sve interakcije vrsta te svih čimbenika okoliša (biotičkih i abiotičkih), stoga predstavlja jedan od temeljnih ekoloških koncepata.

Navedena definicija pokazuje da ovaj pojam ima dva elementa koja nisu sasvim usko povezana - jedan se odnosi na utjecaj okoliša na vrstu, a drugi na učinke koje vrsta ima na okoliš. Međutim, ovi elementi se direktno ili indirektno preklapaju, a razlog je taj što se ekologija odnosi i na interakcije među organizmima te je postojanost jedne vrste određena prisutnošću drugih vrsta i njihovih interakcija (u odnosu na izvore hrane, kompeticiju, predaciju, itd.).

Ako oba ova aspekta ekološke niše želimo sagledati unutar istog okvira, može ju se definirati kao dio ekološkog prostora (definiran svim kombinacijama biotičkih i abiotičkih uvjeta okoliša) gdje populacija vrsta može obitavati i koristiti njegove resurse, ali i utjecati na njega. Korisno je, međutim, razlikovati tri glavna pristupa niši. Prvi naglašava okolišne uvjete potrebne za prisustvo vrsta i održavanje njihovih populacija. Drugi pristup naglašava funkcionalnu ulogu vrsta u ekosustavima, a treći dinamičan položaj vrsta u lokalnoj populaciji, oblikovan biotičkim i abiotičkim zahtjevima vrste i suživotom s drugim vrstama.

Pojam ekološke niše prvi puta spominje Grinnell (1917) koji je definira kao raspon ekoloških uvjeta u kojima se može održati populacija neke vrste. Pojam je popularizirao Hutchinson (1957), koji je nastojao shvatiti zašto u jednom staništu obitava velik broj organizama. Tako Hutchinson uvodi dva nova termina kojima je pokušao pobliže definirati ekološke niše. Fundamentalna (temeljna) niša (eng. *n-dimensional hypervolume*) pojam je kojim je definirao cjelovit raspon okolišnih uvjeta u kojima bi neka populacija mogla biti prisutna, odnosno stanje okoliša u kojem bi neka populacija mogla opstati neograničeno dugo vremena. Kao rezultat pritisaka i interakcija s drugim vrstama (npr. kompeticija) neka je vrsta primorana zauzeti manji dio fundamentalne niše kojoj je izuzetno dobro prilagođena. Takva se stvarna niša, koju vrsta zapravo zauzima, naziva realiziranom nišom. Shematski prikaz na Slika 9 (A i B) pokazuje primjer Grinnellovog i Hutchinsonovog koncepta odnosa fundamentalne i realizirane niše. Najjednostavnija interpretacija takvog pogleda na ekološku nišu objašnjava da je vrsta prisutna svugdje gdje su uvjeti povoljni („+“), a nikad nije prisutna tamo gdje su uvjeti nepovoljni („o“) (Slika 9A). James i sur. (1984) je nazivaju Grinnellova niša te objašnjavaju da se pod normalnim okolnostima reprodukcije i rasprostranjenosti očekuje da vrsta zauzme geografsko područje koje se direktno podudara s distribucijom njene niše. Međutim, Hutchinson kaže da vrsta neće iskoristiti cijelu svoju potencijalnu nišu, nego će realizirana ili stvarno zauzeta niša biti manja, sastojat će se samo od onih dijelova potencijalne niše gdje je vrsta kompetitivno dominantna (Slika 9B). Time na rasprostranjenost vrsta ne utječu samo čimbenici okoliša, nego i utjecaj drugih vrsta, te se ekološka niša odnosi na vrstu, a ne na okoliš. Tako postavljen koncept ekološke niše ne objašnjava slučaj u kojem je neka vrsta rasprostranjena i prisutna na području koje joj zbog nepovoljnih ekoloških čimbenika ne odgovara u potpunosti. Prema teoriji „*source-sink*“ dinamike (Pulliam 1988), vrste se mogu naći i na nepovoljnim staništima (*sink*) dolazeći iz povoljnih staništa (*source*) pa tada realizirana niša može biti veća od fundamentalne (Slika 9C). Teorija metapopulacijske dinamike objašnjava ograničenja u rasprostranjenosti, pretpostavljajući da vrsta ponekad nije prisutna unutar ekološke niše u kojoj

su ekološki čimbenici u potpunosti povoljni iz razloga što joj takva staništa zbog različitih okolnosti nisu dostupna, moguće zbog lokalne izumrlosti i vremena potrebnog za ponovno naseljavanje (Slika 9D).



Slika 9. Četiri pogleda na odnos ekološke niše i rasprostranjenosti vrste. Znak „+“ označava prisutnost, a „o“ označava odsutnost vrste na nekom prostoru. Elipse punih crta označavaju fundamentalnu nišu odnosno kombinaciju ekoloških čimbenika (e_1 i e_2) koji opisuju zahtjeve vrste i definiraju raspon u kojem ona može preživjeti i razmnožavati se dalje te ima konačnu mjeru rasta (λ) veću ili jednaku 1.

A) Grinnell-ov koncept ekološke niše - vrsta je prisutna svugdje gdje su uvjeti povoljni i nigdje drugdje, B) Hutchinsonov koncept realizirane niše - vrsta će biti odsutna iz dijelova ekološke niše koje koristi dominantni kompetitor, C) Source-sink dinamika - vrsta se često pojavljuje u području u kojem joj ekološki čimbenici ne odgovaraju i D) metapopulacijska dinamika i ograničenja rasprostranjenosti - vrsta često nije prisutna u povoljnom staništu ukoliko ono iz nekog razloga nije prisutno, a zbog čestog lokalnog izumiranja i vremena potrebnog za ponovno naseljavanje (Preuzeto iz Pulliam, 2000).

Iako je koncept ekološke niše teško prikazati brojkama, on nam pomaže kad želimo shvatiti strukturu neke životne zajednice. Neke biljke ili životinje specijaliziranije su od drugih i mjera širine niše nam to brojčano predočava. Brojni su načini mjerenja širine niše, npr. Levinsova mjera (Levins 1968) i Shannon-Wienerova mjera (Colwel i Futuyama 1971). Preklapanje, dakle međusobna kompeticija dvije vrste, može se mjeriti primjerice pomoću MacArthur-Levinsove mjere (1967) i Piankine mjere (1974).

2.5.2 Ekološka niša i rasprostranjenost vrste

U predviđanju rasprostranjenosti vrsta ekološka niša je važan pojam, no postavlja se pitanje koji tip niše se modelira različitim modelima rasprostranjenosti - fundamentalna niša,

realizirana niša ili neki drugi koncept kao što je primjerice predviđanje vjerojatnosti korištenja staništa. Realizirana niša je osnovni cilj izrade prediktivnih modela rasprostranjenosti (Guisan i Thuiller 2005) jer se podaci koji ulaze u model odnose na informaciju o stvarnoj, realiziranoj rasprostranjenosti, odnosno podacima o prisutnosti ili brojnosti vrsta. Tek kada se ta realizirana niša smjesti u geografski prostor može se govoriti o potencijalnoj rasprostranjenosti, odnosno povoljnom staništu vrste. Nadalje, važno je temeljiti izradu modela rasprostranjenosti na ispravno povezivanom nizu elemenata - odabiru ključnih ekoloških čimbenika, odabiru mogućih interakcija između prediktora s jasnim ekološkim značenjem, predviđanju odgovora vrste na ekološke čimbenike i drugo. Prema Peterson i sur. (2011) dodatno je važno daljnje razumijevanje dva ključna aspekta odnosa niše i rasprostranjenosti. Prvi se odnosi na prostornu interpolaciju povezanu uz predviđanje rasprostranjenosti vrste na područjima koja nisu nezavisna od nalaza na kojima se temelji neka pretpostavka. Drugi je pojam prostorne prenosivosti koji opisuje predviđanje rasprostranjenosti na novim prostorima, odnosno predviđanje rasprostranjenosti vrste na područjima koja su statistički neovisna (geografski udaljena). Razlikovanje ova dva čimbenika važno je za pravilno postavljanje ekoloških pretpostavki, pravilno korištenje statističkih metoda i odabir reprezentativnog uzorka prilikom izrade prediktivnih modela rasprostranjenosti. Pravilno uspostavljen odnos između ekološke niše i geografske rasprostranjenosti ključan je korak u izradi modela koji se definira u ekološkom prostoru i kasnije prikazuje u geografskom prostoru (Pearson 2007).

2.6. Metoda maksimalne entropije (MaxEnt)

Metoda maksimalne entropije (*MaxEnt*) procjenjuje rasprostranjenost neke vrste kao multivarijantni odgovor povoljnih ekoloških čimbenika, temeljem podataka o prisutnosti vrste u nekom okolišu. Pripada grupi tzv. metoda strojnog učenja na principima informacijske teorije. Uz poznata ograničenja ona govori o tome da je vjerojatnost distribucije s maksimalnom entropijom najbolja aproksimacija neke nepoznate distribucije jer je usklađena s poznatim varijablama (Phillips i sur. 2006). Poznato ograničenje distribucije pojedinih ekogeografskih čimbenika određuje se pomoću podataka gdje je vrsta zabilježena. Za izradu modela rasprostranjenosti potrebno je prikupiti podatke o prisutnosti vrste i definirati područja s kojih će se prikupiti podaci o ekogeografskim čimbenicima koji predstavljaju njihovu distribuciju na istraživanom području. Tako je za izradu modela pomoću softverskog rješenja pod nazivom *MaxEnt* potrebno prikupiti podatke o ekološkim čimbenicima koji predstavljaju distribuciju ekoloških čimbenika na području istraživanja.

MaxEnt model daje predviđanja u obliku opsega vjerojatnosti između 0 i 1, predstavljajući kumulativnu vjerojatnost pojavljivanja određene vrste u nekom okolišu (Phillips i sur. 2006). *MaxEnt* može kombinirati prediktore kako bi upravljao prepodešavanjem regulirajućih čimbenika (Phillips i sur. 2006). Kad *MaxEnt* radi distribuciju vjerojatnosti, on započinje pri uniformnoj distribuciji i radi ponavljanja kako bi prilagodio vrijednost značajke i povećao vjerojatnost prisutnosti na uzorkovanim lokacijama, što se naziva trening vrijednost (Phillips i sur. 2006).

Zbog svog generativnog pristupa izradi modela koji neposredno procjenjuje vjerojatnost pojavljivanja vrste, *MaxEnt* je dobar izbor za one slučajeve gdje je ulazni uzorak relativno malen (Pearson i sur. 2006).

3. CILJEVI I HIPOTEZA

Ciljevi istraživanja:

1. Analiza dosad utvrđene rasprostranjenosti velikouhog šišmiša u Hrvatskoj
2. Predviđanje rasprostranjenosti velikouhog šišmiša u šumama kontinentalne biogeografske regije Hrvatske temeljem stručne procjene
3. Terenska istraživanja u svrhu potvrđivanja prisutnosti i sastava populacije velikouhog šišmiša u šumama s povoljnim ekološkim značajkama
4. Modeliranje rasprostranjenosti velikouhog šišmiša u šumama kontinentalne biogeografske regije Hrvatske upotrebom prediktivnih modela
5. Prijedlog optimalnog načina gospodarenja šumskim staništem kojim se podržava opstanak populacija velikouhog šišmiša i ostalih šumskih vrsta šišmiša
6. Prijedlog mjera zaštite populacija velikouhog šišmiša u područjima Natura 2000 gdje je ova vrsta ciljna

Hipoteza:

Rasprostranjenost populacija velikouhog šišmiša u kontinentalnoj biogeografskoj regije Hrvatske uvjetovana je strukturalnim značajkama šumskih staništa.

4. MATERIJALI I METODE

4.1. Definiranje područja terenskih istraživanja

Kao posljedica bolje istraženosti podzemnih staništa stvoren je najveći dio podataka o prisutnosti velikouhog šišmiša u Hrvatskoj. Time je zapravo neadekvatno opisana rasprostranjenost vrste u primarnom staništu - šumi. Analize postojećih podataka o prisutnosti velikouhog šišmiša u kontinentalnoj biogeografskoj regiji bile su ključne u definiranju područja na kojima ova vrsta može obitavati, odnosno područja moguće rasprostranjenosti kao područjima na kojima je potrebno provesti terenska istraživanja. Stoga je prikupljanje novih podataka provedbom dodatnih terenskih istraživanja o rasprostranjenosti usmjereno upravo na šumska staništa u kontinentalnoj biogeografskoj regiji, kao području s brojnim optimalnim staništima kojima se ujedno i gospodari.

Odabir lokaliteta za ciljana terenska istraživanja usmjerena na potvrdu prisutnosti velikouhog šišmiša na novim područjima, odabrana su temeljem stručne procjene, prethodnih terenskih istraživanja, iskustva vezanog uz ekologiju ove vrste, ali i terenskog iskustva hvatanja šišmiša mrežama.

4.2. Terenska istraživanja

Zbog sličnosti glasanja s drugim vrstama iz roda *Myotis* (Kaup 1829) velikouhog šišmiša je teško potvrditi analizom sonograma (moguće samo u idealnim uvjetima), pa metoda snimanja glasanja nije preporučena kao osnovna za istraživanje ove vrste (Battersby (comp.) 2010). Snimanje glasanja se može koristiti istodobno s drugim metodama (hvatanje mrežama i pregled objekata) kao dopunska, a kako bi se moguće prikupili podaci o prisutnosti vrsta koje nisu zabilježene osnovnom metodom i detekciji načina korištenja staništa te se u budućnosti snimke mogu koristiti za dodatne analize. U ovom radu metoda snimanja glasanja nije korištena kao primarna metoda u svrhu utvrđivanja prisutnosti jer je samo u rijetkim slučajevima iz analize glasanja moguće potvrditi da se radi o velikouhom šišmišu, već je korištena kao dodatna metoda, uz osnovnu metodu hvatanjem mrežama.

Hvatanje jedinki mrežama i stručna determinacija iz ruke neophodna je za sigurnu potvrdu prisutnosti ove vrste unutar otvorenog šumskog staništa (Walters i sur. 2012) te je ova metoda u terenskim istraživanjima u svrhu izrade ove disertacije odabrana kao relevantna i na nju je

stavljen prioritet tijekom procjene kvalitete ulaznih podataka i kod planiranja prikupljanja novih podataka o prisutnosti vrste kako bi se neupitno uzeli u obzir samo podaci koji pripadaju predmetnoj vrsti.

Hvatanje mrežama često je vrlo zahtjevno jer na terenu potreban veći broj ljudi iskusnih u radu s mrežama, osobito s vađenjem jedinki iz mreže te rukovanjem u svrhu determinacije. Dodatno, istraživanjem u šumama je vrlo teško uhvatiti u mreže pojedine šumske vrste pa tako i velikouhog šišmiša koji je specijalist za kretanje unutar šume i sklopa krošanja pa lakše uočava mrežu. Samo odabir mikrolokacije pa i način postavljanja mreža također zahtijevaju posebne tehnike. Općenito, hvatanje mrežama je financijski zahtjevna metoda i istraživanja su često dugotrajna, zato stručnjaci često odabiru druge metode u svrhu prikupljanja podataka, no rezultat takvog pristupa ne daje uvijek dovoljno pouzdane podatke koji mogu služiti u svrhu znanstveno opravdanih zaključaka.

Ponavljanje hvatanja na istom lokalitetu kroz dulje vrijeme može dovesti do toga da životinje nauče izbjegavati mrežu pa se tako dobivaju lažni podaci o odsutnosti neke vrste. Iz tog razloga istraživanja na pojedinim lokalitetima nisu ponavljana više noći uzastopno.

Tijekom sumraka i noći šišmiši su hvatani monofilamentnim mrežama (*Ecotone Mist Net*) različitih dužina (3 m do 15 m) postavljenim na teleskopske štapove visine 6 metra (Slika 10). Mreže su postavljane uz vodene površine ili u odnosu na šumske puteve i prosjeke, kao prostor koji šišmiši intenzivnije koriste. Hvatanje mrežama na pojedinom lokalitetu provodilo se tijekom jedne noći i uvijek je započinjalo oko pola sata prije zalaska Sunca te su mreže bile postavljene u trajanju od četiri sata. Hvatanje mrežama provodilo se u prvom djelu noći jer je tada najveća aktivnost šišmiša unutar njihova dnevnog ciklusa. Specifično za velikouhog šišmiša je da izlazi iz skloništa 20 do 30 minuta nakon zalaska Sunca. Povoljni vremenski uvjeti za hvatanje šišmiša u pravilu su mogući od početka travnja do kraja listopada s vršnom aktivnosti u lipnju, srpnju i kolovozu. No moguće je dulje razdoblje povoljnih vremenskih prilika obzirom na sve toplije zime zbog kojih šišmiši sve kraće hiberniraju. Navedeni lovni napor ujednačen je u istraživanjima koja su uzeta u obzir prilikom odabira ulaznih podataka o prisutnosti velikohog šišmiša. To se odnosi na terenska istraživanja provedena u svrhu izrade ove disertacije, u sklopu drugih istraživanja usmjerenih na fanu šišmiša općenito, ali i na istraživanja drugih timova zbog ustaljene prakse svih istraživača koji provode hvatanje

mrežama. Zato je u provedenim dodatnim istraživanjima lovni napor također bio ujednačen, u smislu korištene metode, trajanja istraživanja tijekom jedne noći i korištenom opremom.

Malen broj poznatih nalaza velikouhog šišmiša determinacijom iz ruke te osobito u šumskim staništima, ukazao je tako na potrebu pripreme i provedbe istraživanja usmjerenih na prikupljanje upravo takvih podataka. To je ostvareno kroz brojne projekte na području kontinentalne biogeografske regije.



Slika 10. Monofilamentne mreže za hvatanje šišmiša postavljene na teleskopske štapove

Terenska istraživanja u svrhu prikupljanja dodatnih podataka za izradu ove disertacije započela su 2010. godine, a nakon uvida u malobrojne literaturne podatke o prisutnosti velikouhog šišmiša te dostupne informacije iz projektnih izvještaja, te su trajala sve do kraja 2019. godine. Veći dio tih terenskih istraživanja bila su usmjerena isključivo na šumske vrste šišmiša i s ciljem bilježenja velikouhog šišmiša (Mazija i sur. 2011, Mazija 2015, Mazija 2015a, Mazija 2016, Mazija 2018, Mazija 2019) te na dostizanje ciljeva ove disertacije. Neka su istraživanja bila provedena u svrhu prikupljanja novih podataka na području kontinentalne biogeografske regije te su bila usmjerena općenito na faunu šišmiša (Mazija i sur. 2016). Osim navedenih istraživanja, usporedno je praćen rad drugih istraživačkih timova u području kontinentalne biogeografske regije koji su u svojim nasumičnim istraživanjima metodom hvatanja šišmiša mrežom, ujedno prikupili podatke o prisutnosti velikouhog šišmiša. Prikaz svih podataka, literaturnih poveznica i lokaliteta na kojima je zabilježen velikouhi šišmiš, prikazan je u Tablici 2.

Uhvaćene jedinke odmah su izvađene iz mreže te stavljanje svaka u zasebnu platnenu vrećicu do daljnjeg mjerenja i obrade. Svaka jedinka je određena do razine vrste, te im je utvrđena je dob i određen spol. Elektroničkom digitalnom pomičnom mjerkom (Slika 11) izmjerene su osnovne morfološke mjere i mjere bitne za identificiranje vrste (dimenzije podlaktice, uha, palca i dr.), a masa opružnim vagama za mjerenje mase do 20 g i 50 g (Slika 12). Nakon obrade, u najkraćem mogućem vremenskom roku, svi šišmiši su neozlijeđeni pušteni na mjestu hvatanja.



Slika 11. Mjerenje podlaktice pomičnom mjerkom



Slika 12. Mjerenje mase opružnom vagom

Za sva istraživanja, što se prvenstveno odnosi na ulazak u podzemne i nadzemne objekte gdje borave kolonije te za hvatanje mrežama, obzirom da se radi o zabranjenim radnjama sa strogo zaštićenim vrstama pa je za njihovo iznimno provođenje potrebna dozvola, bilo je potrebno ishoditi dopuštenja državnog tijela nadležnog za zaštitu prirode. U nastavku su navedene klase i urudžbeni brojevi dopuštenja autorici temeljem kojih su provedeni terenska istraživanja: KLASA: UP/I 612-07/10-33/0739, URBROJ: 532-08-01-01/3-10-02 KLASA: UP/I 612-07/11-33/0970, URBROJ: 532-08-01-01/1-11-02; KLASA: UP/I-612-07/14-48/35, URBROJ: 517-07-1-1-1-14-4; KLASA: UP/I-612-07/14-48/103, URBROJ: 517-07-1-1-1-14-3; KLASA: UP/I-612-07/16-48/93, URBROJ: 517-07-1-1-1-16-4; KLASA: UP/I-612-07/16-48/130, URBROJ: 517-07-1-1-1-16-4; KLASA: UP/I-612-07/18-48/101, URBROJ: 517-07-1-1-1-18-4; KLASA: UP/I-612-07/18-48/158, URBROJ: 517-05-1-1-19-10; KLASA: UP/I-612-07/21-48/40, URBROJ: 517-10-1-21-4; KLASA: UP/I-352-04/22-08/83, URBROJ:517-10-1-1-22-4.

Obzirom da se u ovoj disertaciji koriste povijesni (literaturni) podaci i podaci drugih istraživačkih timova, dopuštenja temeljem kojih su oni prikupljeni mogu se dobiti na uvid kod državnog tijela nadležnog za zaštitu prirode.

Mikroklimatski parametri (temperatura, relativna vlažnost i strujanje zraka) tijekom provođenja terenskih istraživanja mjereni su mjernim uređajem *Kestrel 4000 pocket weather tracker* (Slika 13). Mjerenja se provode kako bi se utvrdili optimalni vremenski uvjeti za aktivnost šišmiša - temperatura iznad 10°C, bez ili s vrlo malo oborina i bez vjetra (do najviše 3 m/s).



Slika 13. Mjerenje mikroklimatskih parametara uređajem *Kestrel 4000 pocket weather tracker*



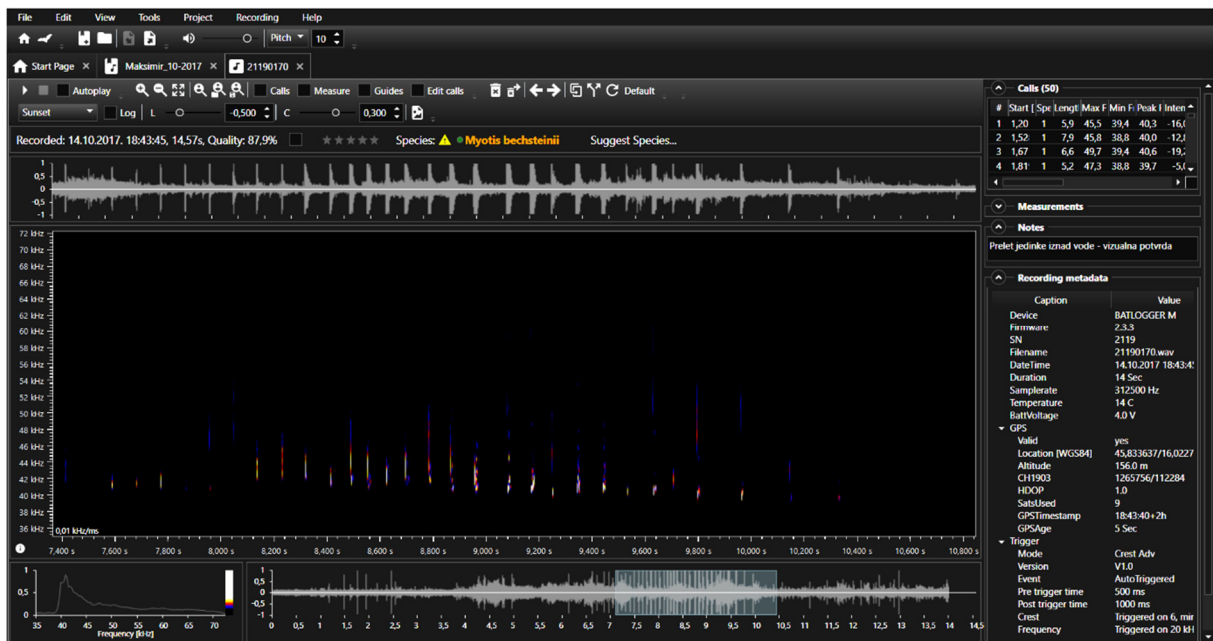
Slika 14. Ultrazvučni detektor (bat detektor) *Elekon BATLOGGER M*

Na svim istraženim lokalitetima GPS uređajem zabilježena je geografska koordinata. Da bi svi podaci prikupljeni terenskim istraživanjima, kao i oni iz obrađene dokumentacije bili iskoristivi na najbolji mogući način, odnosno da bi udovoljili današnjim standardima prikaza i upravljanja prirodnim sustavima, njihov prikaz je organiziran u formi geografskog informacijskog sustava (GIS) kao točkasti vektorski sloj. Obzirom na ekološke značajke velikouhog šišmiša, prvenstveno područja aktivnosti oko skloništa, te relevantnih literaturnih podataka, izrađen je poligonski sloj koji je korišten u daljnjoj obradi.

Tablični prikazi izrađeni su u programu *Microsoft Excel 2010*. Tekst je obrađen u programu *Microsoft Word 2010*. Preliminarne analize postojećih podataka analizirane su u programu *Quantum GIS (QGIS)* koji je korišten tijekom cijelog razdoblja istraživanja i obrade podataka, a većina je provedena u verziji *QGIS 3.34.2-Prizren*.

Eholokacija šišmiša i njihovo socijalno glasanje uglavnom su nečujni za ljude jer su u ultrazvučnom spektru, a kako bi se omogućilo njihovo bilježenje i analiza, potrebna je specijalizirana oprema. Akustično praćenje šišmiša uključuje upotrebu ultrazvučnog detektora koji omogućuju otkrivanje, snimanje i analizu ultrazvuka (ovisno o vrsti korištenog detektora). Za točnu identifikaciju i istraživanje glasanja šišmiša, koriste se detektori s metodom izravnog snimanja ili vremenskog produljivanja signala (*time expansion*), pomoću kojih se mogu analizirati spektrogrami u specijaliziranim programima (Walters i sur. 2012). Snimanje glasanja važno je kako bi se omogućila potvrda vrste što je ključan podatak o načinu na koji šišmiši koriste prostor. Međutim često je nemoguće koristiti ovu metodu, osobito u istraživanjima vrsta unutar šumskog staništa. Razlog tome je često slaba detektabilnost vrsta te njihova kriptičnost. Posljedica toga je da istraživački napor bude često usmjeren na objekte (podzemne i antropogene) gdje je šišmiše lakše zabilježiti, pratiti i pouzdano identificirati.

Ultrazvučnim detektorima (bat detektorima) *Elekon BATLOGGER M* (Slika 14) bilježeno je glasanje šišmiša stacionarno u neposrednoj blizini lokaliteta hvatanja mrežama u trajanju od oko 120 minuta. Snimljena aktivnost šišmiša analizirana je u programima *BatSound Pro 4* i *BatExplorer 2.1.10.1* (Slika 15), spektralnom analizom eholokacijskih signala - mjerenjem maksimalne (F_{max}) i minimalne (F_{min}) frekvencije u spektrogramu te frekvencije s maksimalnom energijom (F_{maxE}) u spektru snage u kilohercima (kHz). Trajanje signala (DUR) i interval između signala (IPI) mjereni su u oscilogramu u milisekundama (ms). Podaci dobiveni ovom metodom služili su kao dodatna potvrda prisutnosti vrste te kao informacija o načinu na koji šišmiši koriste prostor (hranjenje, prelet i sl.) na kojem je provedeno istraživanje.



Slika 15. Sučelje programa *BatExplorer* 2.1.10.1 sa sonogramom vrste velikouhi šišmiš

4.3. Definiranje ekološke niše velikouhog šišmiša

Temeljem podataka o prostoru gdje je potvrđena prisutnost velikouhog šišmiša te literaturnih podataka o značajkama staništa koje osiguravaju povoljne uvjete za opstanak ove vrste definirani su ključni elementi koji opisuju njenu ekološku nišu. Izbor okolišnih prediktora temeljen je na dostupnosti podataka i ekološkim procesima koji utječu na prisutnost vrste u nekom prostoru.

Povoljnost staništa odnosno ekološka niša definirana je temeljem dostupnih podataka o prisutnosti vrste u cijelom području njene rasprostranjenosti, prvenstveno u kontinentalnoj biogeografskoj regiji, a uzimajući u obzir i ostale regije. Pri tome su analizirani podaci o ključnim elementima prostora dok osnovu čine značajke stanišnih tipova, klimatski uvjeti - prosječne godišnje temperature, oborine te ostala obilježja prostora ključna za šišmiše.

Stanišni tipovi prisutni na području istraživanja analizirani su preklapanjem područja tri kilometra oko lokaliteta nalaza (*bufferi zone*) s kartom staništa označenom prema klasifikaciji NKS na drugoj razini (Web-1). Dobivene preklapljenе podloge zatim su analizirane jednostavnim matematičkim postupkom izračuna udjela površine svakog pojedinog stanišnog tipa te su time dobiveni podaci o površinama koje zauzimaju. Povoljnost staništa za šišmiše ogleda se prvenstveno u tipologiji staništa, tako su ona opisana pojednostavljenim načinom kojim se iskazuje tipologija značajna za šišmiše. Primjerice u šumama s dominantnim vrstama

(bukva, hrast i dr.) nije uziman u obzir stanišni sastav prizemnog sloja već je stanište tipološki opisano samo kao stanište dominante vrste drveća.

Nalazi u Boljunu, Laudonovom gaju, pored rijeke Čikole i na Biokovu nalaze se u submediteranskim šumama hrasta medunca, nalazi u dolini rijeke Mirne u poplavnim šumama hrasta lužnjaka, nalazi pored Zagreba i u blizini Baračevih špilja u kontinentalnoj šumi hrasta lužnjaka dok se nalazi na Velebitu, Ličkoj Plješivici, Medvednici i Papuku nalaze u bukovim šumama (Pavlinić i sur. 2010).

4.4. Predviđanje rasprostranjenosti vrsta

Predviđanje rasprostranjenosti vrste uvelike ovisi o detaljnom poznavanju njene ekološke niše i raspoloživih resursa. Prediktivni modeli svakako su dobar izbor, no stručna procjena temeljena na poznavanju ekologije vrste te lokalnim značajkama staništa koje preferira svakako su nužan preduvjet za ispravna predviđanja.

Kako bi se odredili prioriteti za poduzimanje mjera zaštite, ključno je određivanje statusa vrsta, ali je često teško prikupiti odgovarajuće podatke (Sattler i sur. 2007). Poznavanje točne rasprostranjenosti pojedine vrste od iznimne je važnosti za njeno upravljanje i zaštitu (Rebelo i Jones 2010). Metode za prikupljanje osnovnih informacija o vrstama često su vrlo zahtjevne te iziskuju značajnija novčana sredstva, a postojeći podaci su ograničenog opsega ili nepotpuni što ograničava mogućnosti obrade i donošenja zaključaka i smjernica (Elith i Leathwick 2007). Stoga su postali popularni modeli prostorne rasprostranjenosti. Tijekom posljednjih tridesetak godina razvile su se multivarijatne tehnike za predviđanje rasprostranjenosti vrsta (npr. Hirzel i sur. 2002, Phillips i sur. 2006). Podaci o vrstama u ovim metodama obično su prikazani kao prisutnost ili odsutnost u skupu istraženih lokaliteta. U klasičnim metodama (npr. metoda logističke regresije, diskriminantna analiza, generalizirani linearni modeli itd.) potrebni su podaci kako o prisutnosti tako i odsutnosti vrste na istraživanom prostoru (Hirzel i Le Lay 2008).

Kako bi dobili uvid u moguću rasprostranjenost povoljnih staništa u geografskom prostoru, te utvrdili i kvantificirali odnose između vrsta i okoliša, neophodno je proizvesti karte pogodnosti staništa i sukladno njima, predvidjeti njihovu distribuciju. Upravo se zato, modeliranje i predviđanje rasprostranjenosti pogodnih staništa smatra korisnim pristupom za monitoring i zaštitu, posebice endemičnih i ugroženih vrsta. Koriste se različiti termini kao što su prediktivni

modeli, modeli distribucije staništa, modeli distribucije vrsta, modeli pogodnosti staništa, modeli ekoloških niša i krajobrazni modeli kako bi opisali grupu modela vjerojatnosti koji koriste varijable okoliša, predviđaju distribuciju vrste ili zajednice (Jepsen 2004). Korištenje prediktivnih stanišnih modela u zaštiti, predviđa prisutnosti vrste odnosno njezine brojnosti temeljeno na pregledu određene regije.

Izrada prediktivnih modela rasprostranjenosti može se temeljiti na različitim tipovima informacija vezanih uz vrstu i njenu ekološku nišu. Faunistička istraživanja, a osobito ona koja se odnose na migratorne životinje, podrazumijevaju da prikupljanje podataka o prisutnosti vrste u nekom staništu ili na nekom području može rezultirati bez potvrde njene prisutnosti, no to ne znači da vrsta tamo ne obitava već moguće samo nije detektirana. To se naziva tzv. lažna odsutnost te može imati utjecaj na predviđanje modela. Ovo je posebno važno za šišmiše jer je za njih teško provesti intenzivna ekološka istraživanja populacija (Rebelo i Jones 2010). Iz tog razloga se za predviđanje rasprostranjenosti velikouhog šišmiša u ovoj disertaciji korišteni su samo podaci o prisutnosti vrste na području koje je istraživano. U ovom radu je za izradu modela rasprostranjenosti korištena verzija *MaxEnt* 3.4.4. softverskog rješenja.

4.4.1 Priprema prostornih podloga odabranih ekoloških čimbenika

U svrhu izrade modela rasprostranjenosti pripremljene su prostorne podloge (nezavisne/prediktorske varijable) kojima se opisuju okolišni uvjeti na lokaciji gdje su zabilježene jedinke velikouhog šišmiša te onih kojima se modelom predviđa njena prisutnost. Odabir ekoloških čimbenika koji su dalje pripremani za izradu prostornih modela odnose se na varijable vezane uz šumska staništa, vodena staništa i bioklimatološke značajke područja, a opisani su dalje u tekstu. Korištene podloge su dostupne u različitim prostornim rezolucijama te su za potrebe prediktivnog modeliranja ujednačene na prostornu rezoluciju 100 x 100 metara. Sve podloge izrađene su u projekcijskom sustavu okolišne agencije EEA (ETRS - LAEA 89; EPSG:3035) te su naknadno transformirane u projekcijski sustav Republike Hrvatske (HTRS EPSG:3765) u svrhu daljnjih analiza.

Podatak o prisutnosti vrste na lokalitetu

Podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša korišteni u izradi modela dolaze iz više različitih izvora prikupljene do kraja 2019. godine i odnose se isključivo na podatke prikupljene hvatanje

mrežama. Osnovni set podataka o prisutnosti su podaci o bilježenju velikouhog šišmiša u šumskom staništu zabilježeni hvatanjem mrežama (Mazija i Jagarinec 2004, Pavlinić i sur. 2010). Tim podacima su pridruženi rezultati istraživanja provedeni u sklopu različitih projekata. Dio njih odnosi se na prikupljanje novih podataka o prisutnosti vrste isključivo u svrhu izrade ove disertacije (Mazija i sur. 2011, Mazija, 2015, Mazija 2015a, Mazija, 2016, Mazija 2018, Mazija, 2019). Ostali pridruženi podaci odnose se na druga istraživanja koja su za svrhu imala prikupljanje podataka o cjelokupnoj fauni šišmiša na nekom području, a u sklopu kojih su prikupljeni i podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša u kontinentalnoj biogeografskoj regiji (Kovač i Ratko 2010, Ratko i Zrnčić 2011, Kipson 2012 i Mazija i sur. 2016).

Svi navedeni podaci, ukupno 17 točaka na području kontinentalne biogeografske regije, pridruženi su u jedinstveni set podataka te su kao podatak o stvarnim lokalitetima nalaza ušli u daljnju pripremu podataka potencijalne rasprostranjenosti (Tablica 2).

Tablica 2. Lokalizirani nalazi velikouhog šišmiša korišteni u modelu potencijalne rasprostranjenosti

Naziv lokaliteta	Koordinate		Izvor podatka	Podatak prikupili	
	x	y			
1	blizina Ponora Uviraljka	587412,9733	5042742,476	Mazija i Jagarinec 2004	Mazija i Jagarinec
2	blizina špilje Veternice	451359,1982	5078085,57	Pavlinić i sur. 2010	Pavlinić i Đaković
3	Maksimir (III jezero)	462563,259	5076419,202	Kovač i Ratko, 2010	Kovač i Ratko
	Maksimir (III jezero)			Ratko i Zrnčić, 2011	Ratko i Zrnčić
	Maksimir (III jezero)			Mazija, 2019	Mazija i Domazetović
4	Maksimir (V jezero)	462948,66	5077220,08	Kovač i Ratko, 2010	Kovač i Ratko
	Maksimir (V jezero)			Ratko i Zrnčić, 2011	Ratko i Zrnčić
	Maksimir (V jezero)			Mazija, 2019	Mazija i Domazetović
5	Čambina, Repaš	551353,896	5109408,667	Kipson, 2012	Kipson
6	Križovec, uz rijeku Muru	499503,4916	5150889,024	Kipson, 2012	Kipson
7	Lobor	466100,266	5115258,4	Mazija, 2015	Mazija i Domazetović
8	Šumarev grob - Tigrovo oko	458628,44	5082368,226	Mazija, 2015a	Mazija i Domazetović
9	Kraljičin zdenac	456609,788	5082368,226	Mazija, 2015a	Mazija i Domazetović
10	prašuma Prašnik	557455,5689	5007515,986	Mazija, 2016	Mazija, Renje i Domazetović
11	Jelas polje - Slavonski Kobaš	597332,1776	4998890,462	Mazija, 2016	Mazija, Renje i Domazetović
12	Lokva u šumi kod sv. Gospe, Klokočevik, Đakovo	632144,1827	5010680,928	Mazija i sur. 2016	Kovač i Rnjak
13	Hajdučki do, Lapovci, Trnava, Đakovo	633783,6294	5011060,678	Mazija i sur. 2016	Kovač i Rnjak
14	Bektež	611963,5354	5030773,175	Mazija i sur. 2016	Mazija i Strelar
15	Ribnjaci, Gornja Motičina	615728,2838	5038075,395	Mazija i sur. 2016	Mazija, Renje i Domazetović
16	Zvekovac	499931,9279	5075448,481	Mazija i sur. 2016	Mazija i Domazetović
17	Moslavina Podravska - Urija	616613,3987	5073307,269	Mazija i sur. 2016	Mazija i Renje

Podatak o broju uhvaćenih jedinki na pojedinom lokalitetu nije uziman u obzir prilikom izrade modela već je ta informacija uzeta u obzir tijekom dodatne valorizacije rezultata modela.

U pojedinim slučajevima nalaza na lokalitetu radilo se o lokvi na udaljenosti svega 500 metara od šumskog staništa kao primarnog skloništa u kojem ova vrsta obitava (primjer je lokalitet Zvekovac u blizini Varoškog luga). Kako se uzorak ne bi subjektivno pridružio nekom tipu staništa, generirana su po četiri slučajna lokaliteta unutar buffer zona od tri kilometra, s minimalnom međusobnom udaljenosti od 750 metara. Udaljenost od tri kilometra uzeta je prema literaturnim podacima kao maksimalna do sad zabilježena udaljenost od skloništa na koju velikouhi šišmiš odlazi u svrhu hvatanja plijena ili vodnog tijela (Palmer i sur. 2013, Napal i sur. 2013). Tako dobiveni lokaliteti pridruženi su podatku o stvarnim lokalitetima nalaza te su tako zajedno predstavljali varijablu prisutnosti vrste u modelu.

Šumska staništa

Detaljnim pregledom dostupnih podloga dostavljenih nakon traženja pristupa informacijama iz baze podataka Hrvatskih šuma d.o.o. iz 2020. godine, koje opisuju šumska staništa. Utvrđena je nejednolikost podataka dostupnih za šume i šumsko zemljište koja su u državnom vlasništvu u odnosu na ono koje su u privatnom vlasništvu. To se prvenstveno odnosi na podatak o starosti sastojina koja za privatne šume nije iskazana te povezano s tim i način gospodarenja šumskim sastojinama. Naime podaci za privatne šume uglavnom ne postoje ili nisu opisani u bazi podataka dostavljenoj u svrhu izrade ove disertacije. Važno je napomenuti da za šume i šumska staništa kojima upravljaju općine ili gradovi poput gradskih parkova nisu javno dostupni niti su u bazi središnjeg tijela nadležnog za vođenje podataka o gospodarenju šumama i šumskim zemljištem (Hrvatske šume d.o.o.).

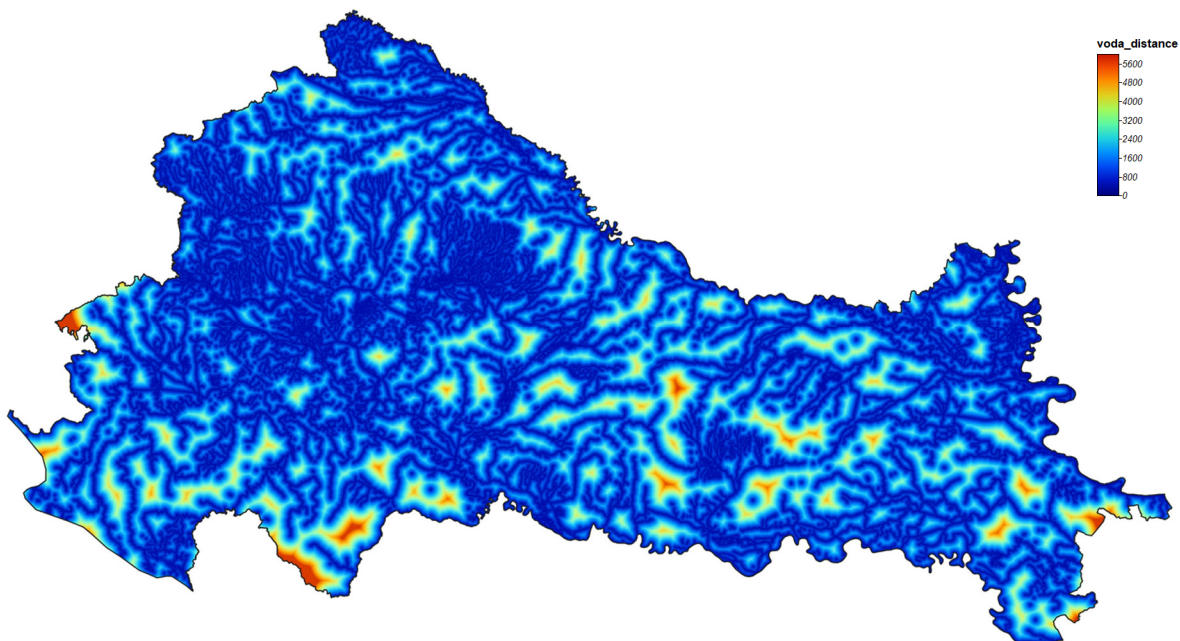
U sklopu izrade modela moguće rasprostranjenosti djetlovki (Kapelj i sur. 2023) pripremljene su prostorne podloge vezane uz šumska staništa bazirane na potpunim podacima iz baze podataka Hrvatskih šuma d.o.o., koji od nadležnog tijela nisu bili ustupljeni za izradu ove disertacije. Navedene podloge opisuju starost šumskog staništa uzimajući u obzir varijablu volumena drvne mase po hektaru površine izražene kao temeljnica u odnosu na broj stabala (masa/ha). Taj podatak iskazan je kao prostorni podatak (.shp) na dva načina koja ih najbolje

opisuju, a to je srednjak vrijednosti („06_volha_srednjak“) i kao postotni prikaz („07_volha_posto“).

Tip šumskog staništa analiziran je u GIS sučelju na način da su poligoni koji opisuju šume preklopljeni podatkom o stanišnom tipu prema Nacionalnoj klasifikaciji stanišnih tipova (NKS). Time je dobiven uvid u način gospodarenja šumom u pojedinim stanišnim tipovima.

Vodena staništa

Prisutnost vodenog staništa u blizini skloništa velikouhog šišmiša, posebice unutar samog šumskog staništa u neposrednoj blizini, jedan je od ključnih elemenata staništa kako za ovu tako i za sve ostale vrste šišmiša. Podaci o vodenim staništima preuzeti su iz baze web servisa otvorenih standarda *OpenStreetMap* za područje Hrvatske (Web-3) obzirom da je ova baza redovno ažurirana. U analizu su uzeti u obzir prostorni podaci „gis_osm_water_a_free_1“ i „gis_osm_waterways_free_1“ koji su spojeni u jednu prostornu podlogu kako bi se dobila jedinstvena varijabla. Obzirom da je značaj blizine vodenog staništa skloništu jedan od ključnih čimbenika prostora, pripremljen je raster (*water-distance*) kojem je svakom pikselu pridodana udaljenost od najbližeg vodnog tijela (Slika 16).



Slika 16. Grafički prikaz rezultata analize udaljenosti od najbližeg vodnog tijela (*water-distance*)

Bioklimatološke varijable

Bioklimatološke varijable preuzete su iz baze *ClimateEU* (Web-2) putem web servisa otvorenih standarda, u formatu mreže (*grid*) različitih rezolucija, kako prostornim tako i vremenskim, a izvedene su iz mjesečnih vrijednosti temperature i oborina kako bi se generirale biološki značajnije varijable. Interpretacija prostornog rasprostranjenja vrste, apsolutne mjerene vrijednosti parametara klime/vremena, nisu biološke informacije koje određuju mogućnost da neke vrste nasele neki prostor već biološki značaj niše. Primjerice, nije značajna apsolutna minimalna temperatura u siječnju na nekom području već minimalna temperatura najhladnijeg dijela godine. Na taj način se podatak o temperaturi koristi kao ekološki relevantna informaciju koja omogućava modeliranje areala vrste na većem geografskom području. Rasprostranjenost i gustoće bioloških populacija, posebno vegetacije i vrsta vezanih uz nju, izrazito su povezani s bioklimatološkim varijablama. Određuje li neka bioklimatološka varijabla prostornu rasprostranjenost pojedine vrste dio je svrhe izrade prostornih modela. U obzir su uzete 32 bioklimatološke varijable, prikazane i opisane u Prilog 1, koje su testirane na međusobnu koreliranosti. Faktor koreliranosti varijance (eng. *Variance Inflation Factor* - VIF) mjera je stupnja multikolinearnosti u regresijskoj analizi. Multikolinearnost postoji ako postoji korelacija između više nezavisnih varijabli u višestrukome regresijskom modelu, a što može nepovoljno utjecati na rezultate regresije. Dakle, faktor koreliranosti varijance može procijeniti koliko je varijanca regresijskog koeficijenta uvećana zbog multikolinearnosti. Nakon provedenih analiza i pripreme ujednačenih varijabli, u model je uključeno ukupno 10 varijabli (Tablica 3). Sve varijable koje su ušle u analizu te njihov opis, navedene su u Prilog 3.

Tablica 3. Varijable korištene u modeliranju

Naziv varijable	Opis varijable
DD<0	broj dana ispod 0 °C ili dana smrzavanja <i>degree-days below 0 °C or chilling degree-days</i>
Eref	Hargreaves referentna evaporacija <i>Hargreave's reference evaporation</i>
PAS	oborina kao snijeg (mm) između kolovoza prethodne godine i srpnja tekuće godine <i>precipitation as snow between August of the previous year and July of the current year</i>
PPT_sm	srednja količina oborina ljeti <i>Mean summer precipitation (Average of daily mean precipitation for Jun-Aug)</i>
PPT_wt	srednja količina oborina zimi <i>Mean winter precipitation (Average of daily mean precipitation for Dec of previous year to Feb)</i>
TD	kontinentalnost – razlika u temperaturi <i>temperature difference TD = MWMT-MCMT</i>
Tmin_at	prosječna minimalna temperatura zraka u jesen (rujan do listopad) <i>minimum temperature autumn</i>
water-distance	udaljenost od najbližeg vodnog tijela
volha_posto	volumen drvene mase po hektaru površine prikazan u postotnoj vrijednosti
volha_srednjak	volumen drvene mase po hektaru površine prikazan kao srednjak vrijednosti

4.4.2 Terenska provjera rezultata modeliranja rasprostranjenosti

Podaci o mogućoj rasprostranjenosti velikouhog šišmiša dobivene prediktivnom metodom maksimalne entropije (*MaxEnt*), provjereni su ciljanim terenskim istraživanjem na tri odabrana lokaliteta s velikom vjerojatnosti prisutnosti vrste, a na kojima do sada nije bilo istraživanja. Odabrano je područje Značajni krajobraz Kalnik, Park prirode Žumberak - Samoborsko gorje i područje HR2001355 Psunj kao dio ekološke mreže Natura 2000. Terenska istraživanja su obuhvaćala vizualni pregled odnosno rekognosciranje terena tijekom dana, kako bi se utvrdilo stanje staništa, procijenila njegova povoljnost za velikouhog šišmiša te odabrao mikrolokalitet na kojem je moguće provesti metodu hvatanja mrežom. Zatim je od sumraka i tijekom noći provedeno hvatanje mrežama istovjetnom metodologijom kao i onom u kojoj su prikupljeni osnovni podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša na ostalim područjima, kao ulaznim podacima o rasprostranjenosti.

4.4.3 Analiza načina gospodarenja šumskim staništem

Objedinjavanjem svih podataka o rasprostranjenosti dobivene prediktivne metode i terenskim istraživanjima te provjerom, preklapljene su s postojećim podacima o načinu gospodarenja šumskim staništem gdje je to bilo dostupno. Podaci o načinu gospodarenja šumama dobiveni su od Hrvatskih šuma d.o.o. te obuhvaćaju podatke o gospodarskom obliku, starosti (samo za državne šume), uzgojnom obliku, ophodnji (godine), tipu fitocenoze, obliku sklopa (potpun, nepotpun), namjeni i vlasništvu (privatno, državno). Podaci koji su korišteni u analizi odabrani su na način da doprinose ključnim značajkama povoljnosti staništa velikouhog šišmiša pa je tako odabrana fitocenoza iskazana kao stanišni tip prema Nacionalnoj klasifikaciji stanišnih tipova (NKS) te uzgojni oblik sastojine i oblik sklopa. Prema Pravilniku o uređivanju šuma (NN 97/2018, 101/2018, 31/2020 i 99/2021) iskazani su parametri koji opisuju uzgojni oblik i oblik sklopa, a u nastavku slijedi pojašnjenje tipova uzgojnih oblika te oblika sklopa.

Uzgojni oblik sastojine dijeli se na:

1. visoki uzgojni oblik (sjemenjače) – nastale od stabala iz sjemena ili sadnica
2. niski uzgojni oblik (panjače) – nastale od stabala iz panja i korjenovih žila
3. degradirane sastojine:
 - a. šikare – degradacijski oblici sastojina u kojima, osim drveća, u istom sloju sudjeluje i grmlje
 - b. šibljaci – degradacijski oblici sastojina koje čini grmlje uglavnom šibljasta oblika

- c. makije – degradacijski oblici crnikovih šuma u kojima osim drveća u istom sloju sudjeluje i grmlje
- d. garizi – degradacijski oblici sastojina koje čine otporne grmolike zimzelene vrste
- 4. šumske kulture – umjetno podignute sastojine bez primjene agrotehničkih mjera
- 5. šumske plantaže – umjetno podignute sastojine uz primjenu agrotehničkih mjera.

Oblik sklopa sastojine je stupanj zastiranja tla krošnjama, a u jednodobnim i raznodobnim sastojinama visokog i niskog uzgojnog oblika se iskazuje u slijedećim kategorijama:

1. potpun sklop – kad su krošnje pravilno raspoređene i međusobno se dodiruju
2. nepotpun sklop – kad postoje takvi razmaci između krošanja pojedinih stabala da u njihove prostore ne može stati krošnja normalno razvijenog stabla
3. rijedak sklop – kad je sklop prekinut, a krošnje pojedinih susjednih stabala su tako razmaknute da između njih može stati krošnja normalno razvijenog stabla
4. progaljen sklop – kad je otvor u sastojini nastao prekidom sklopa i ne može se više zatvoriti krošnjama susjednih stabala.

Za preborne sastojine sklop se ne iskazuje.

4.4.4 Valorizacija statusa uhvaćenih jedinki

Povoljnost pojedinog načina gospodarenja određena je prisutnošću vrste te dodatno valorizirana analizom statusa uhvaćenih jedinki (prisutnost ženki, juvenilnih jedinki, gravidnih i laktirajućih ženki, mužjaka), gdje su staništa rangirana prema značaju za pojedine ključne dijelove životnog ciklusa šišmiša. Tako je prisutnost juvenilnih jedinki, gravidnih i laktirajućih ženki ocijenjena kao najviša razina značaja staništa, prisutnost ženki ocijenjena je kao visokog značaja dok je prisutnost mužjaka ocijenjena kao srednja. Time je stvoren temelj za prijedlog načina upravljanja šumskim staništem i definiranje mjera za održavanje populacija velikouhog šišmiša, ali i ostalih karakterističnih šumskih vrsta (primjerice *Barbastella barbastellus* Schreber, 1774, *Pipistrellus nathusii* Keyserling i Blasius, 1839, *Nyctalus noctula* i dr.) u kontinentalnoj biogeografskoj regiji Hrvatske.

5. REZULTATI

5.1. Rasprostranjenost velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteini*) u kontinentalnoj biogeografskoj regiji Hrvatske

U nekim od ciljanih terenskih istraživanja šišmiša u sklopu više projekata (Mazija 2015, Mazija 2015a, Mazija 2016, Mazija 2018 i Mazija 2019), utvrđeni su novi podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša, na više lokaliteta na području kontinentalne biogeografske regije. Navedeni podaci odnose se isključivo na rezultate prikupljene hvatanjem šišmiša mrežama te determinaciju jedinki iz ruke, čime je dobiven siguran podatak prisutnosti na pojedinom lokalitetu.

Istraživanjima uz potok u području HR2000371 Vršni dio Ivančice, kao djela Natura 2000 ekološke mreže na području Krapinsko-zagorske županije, uhvaćen je odrasli mužjak velikouhog šišmiša u šumi Lobor (Mazija 2015).

Ciljanim istraživanjima na odabranim lokalitetima unutar područja Parka prirode Medvednica, velikouhi šišmiš je zabilježen na dva slična lokaliteta, lokvama okruženim starom bukovom šumom, a to su Šumarev grob - Tigrovo oko i Kraljičin zdenac. Na oba lokaliteta uhvaćena je po jedna jedinka odraslog mužjaka velikouhog šišmiša (Mazija 2015a).

Vrsta je potvrđena i na dva lokaliteta koja se nalaze u Brodsko-posavskoj županiji - prašumi Prašnik pored mjesta Novi Varoš gdje je uhvaćena juvenilna jedinka i Jelas Polju u šumi pored mjesta Slavonski Kobaš gdje su uhvaćene tri odrasle ženke (Mazija 2016).

Na lokalitetima uz III. I V. jezero su u svrhu potvrde ranijih rezultata (Kovač i Ratko 2010, Ratko i Zrnčić 2011) provedena dodatna terenska istraživanja kojima je utvrđena prisutnost velikouhog šišmiša, na nešto izmijenjenim mikrolokacijama ali također uz sama jezera. Radi se nalazima odrasle ženke i dva odrasla mužjaka. Analizom snimljenog glasanja koje je provedeno u blizini mreža, potvrđena je prisutnost velikouhog šišmiša te je zabilježeno da se ovdje hrane (Mazija 2018 i Mazija 2019) te su i dalje prisutne ženke (Mazija 2019).

Iako dio istraživanja provedenih u razdoblju prikupljanja novih podataka nisu imala za cilj prikupljanje podataka u svrhu ove disertacije, a dio podataka je i od drugih timova, ipak su kroz

njih prikupljeni vrijedni podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša na području od interesa. Radi jasnijeg pregleda i sveukupnosti podataka, svi podaci su navedeni i ovdje.

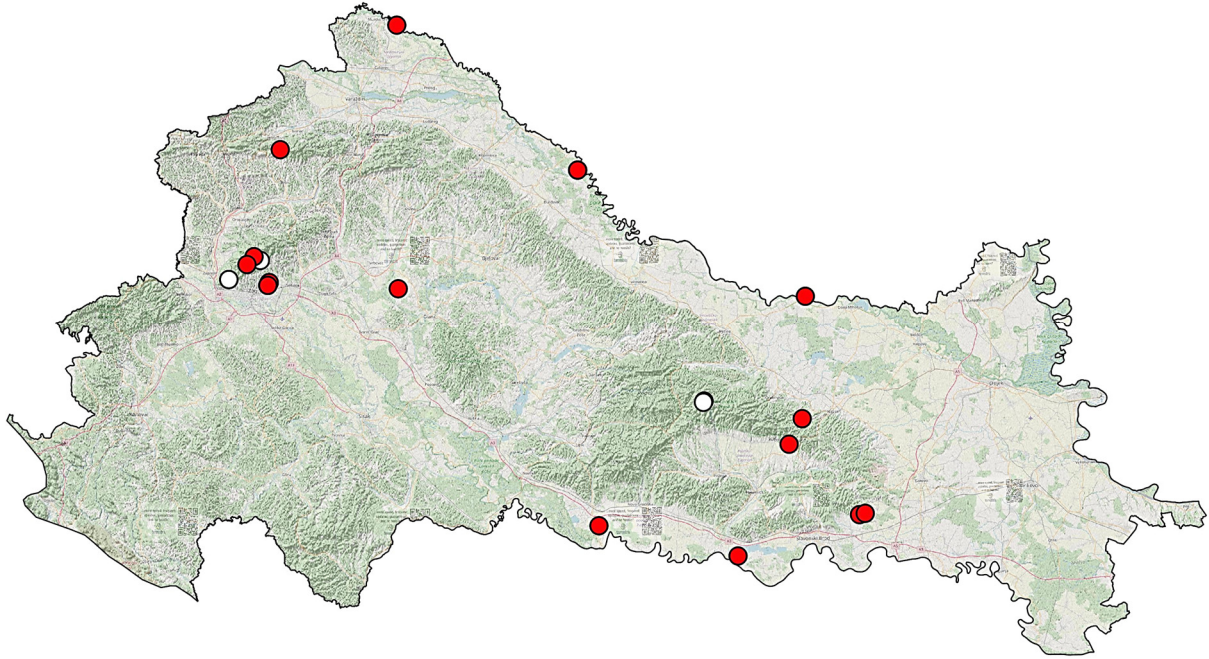
U pregledu rezultata istraživanja drugih timova koji su ranije provodili istraživanja u Parku Maksimir, tijekom 2010. godine mrežom je uhvaćeno više jedinki uz II., III. i V. maksimirsko jezero (Kovač i Ratko 2010), a podaci su potvrđeni istraživanjima na istim lokalitetima tijekom 2011. godine (Ratko i Zrnčić 2011). Tim istraživanjima utvrđena je prisutnost gravidnih i laktirajućih ženki.

Tijekom istraživanja koja su provedena na području uz rijeku Muru i Dravu, na lokalitetu Čambina gdje su uhvaćene tri ženke i lokalitetu Križovec gdje je uhvaćena jedna ženka dodatno je potvrđena prisutnost ove vrste i na tim prostorima (Kipson 2012).

Tijekom 2014. i 2015. godine u sklopu projekta integracije EU Natura 2000 (NIP) provedena su opsežna istraživanja cjelokupne faune šišmiša u različitim staništima i u svim tipovima objekata (podzemni, nadzemni, antropogeni, rudnici i sl.) na području kontinentalne Hrvatske (Mazija i sur. 2016). Istraživanja su rezultirala prikupljanjem s gotovo 5300 novih podataka, od čega je njih samo 6 rezultiralo utvrđivanjem velikouhog šišmiša. Novi nalazi su na lokalitetima Bektež (Mazija i Strelar u Mazija i sur. 2016), Moslavina Podravska – Urija (Mazija, Strelar i Brnin u Mazija i sur. 2016), Gornja Motičina (Mazija, Strelar i Domazetović u Mazija i sur. 2016), Zvekovac (Mazija i Domazetović u Mazija i sur. 2016), Gornji Mihaljevec, Hajdučki do (Kovač i Rnjak u Mazija i sur. 2016) i Klokočevik (Kovač i Rnjak u Mazija i sur. 2016).

Svih 15 navedenih podataka o prisutnosti velikouhog šišmiša korišteni su kao jedinstven set podataka u izradi modela, a njima su pridodani nalazi hvatanja mrežom u blizini ponora Uviraljka na Papuku (Mazija 2004a) i blizu špilje Veternice na Medvednici (Pavlinić), što ukupno čini 17 točaka prisutnosti velikouhog šišmiša na području kontinentalne biogeografske regije.

Sumarni prikaz i pojedinosti svih novih podataka o prisutnosti velikouhog šišmiša u kontinentalnoj biogeografskoj regiji prikazan je kronološkim redom na Slici 17 i u Tablici 4.



Slika 17. Područja na kojima je dosadašnjim relevantnim istraživanjima u kontinentalnoj biogeografskoj regiji utvrđena prisutnost velikouhog šišmiša u Hrvatskoj (označeno bijelo) te novim podacima (označeno crveno)

Snimanjem glasanja šišmiša usporedno s hvatanjem mrežama, rezultiralo je sigurnom potvrdom vrste samo na dva lokaliteta gdje je sonogram nedvojbeno pripadao velikouhom šišmišu - šuma Maksimir i lokva pored šume Varoški lug (Zvekovac). Na oba lokaliteta je ujedno zabilježeno i glasanje kojim se dokazuje kako jedinke u tom prostoru hvataju plijen (eng. *feeding buzz*).

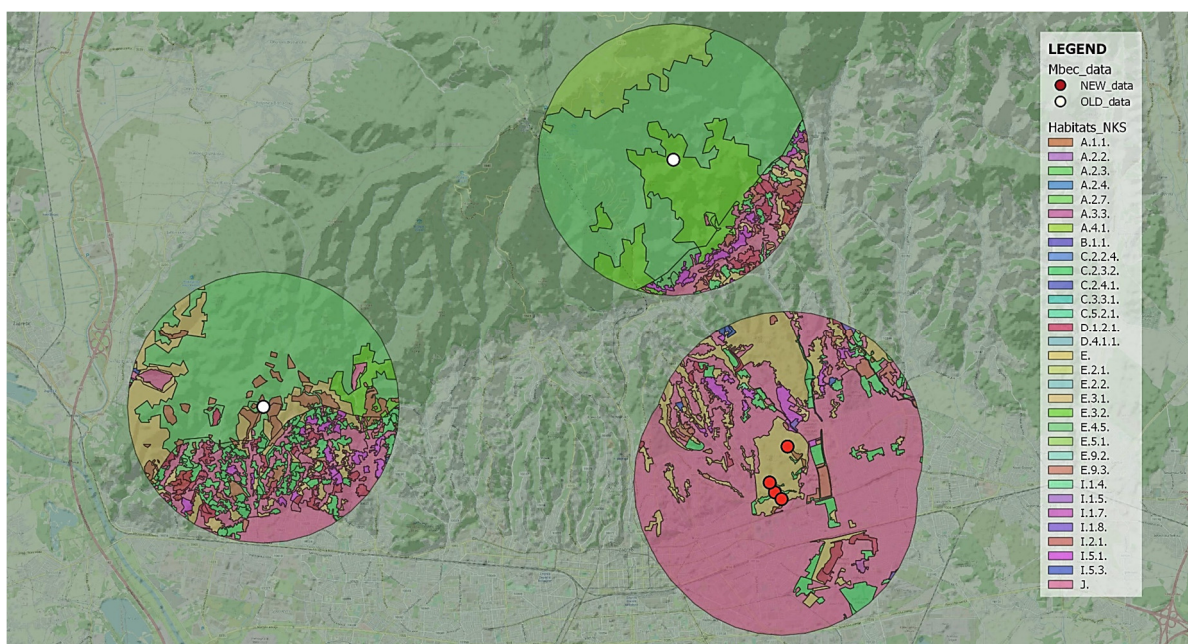
Tablica 4. Kronološki prikaz podataka terenskih istraživanja u kojima je zabilježena/uhvaćena jedinka velikouhog šišmiša (zelenom bojom su označeni podaci prikupljeni u svrhu izrade ove disertacije, a plavom bojom podaci drugih timova)

Izvor podatka	Oznaka reference prema HAOP 2019	Naziv lokaliteta (preuzeto iz literature)	Stanište	Opaženo*	Broj jedinki	Način opažanja	Vrijeme opažanja		
							Datum	Mjesec	Godina
Kovač i Ratko, 2010	Kovac 2010	Maksimir (III jezero)	šuma	jedinka	3	Mreža		5	2010
Kovač i Ratko, 2010	Kovac 2010	Maksimir (V jezero)	šuma	jedinka	15	Mreža		6	2010
Ratko i Zrnčić, 2011	Ratko 2011	Maksimir (III jezero)	šuma	jedinka (gravidna i laktirajuća ženka)	2	Mreža			2011
Ratko i Zrnčić, 2011	Ratko 2011	Maksimir (V jezero)	šuma	jedinka (gravidna i laktirajuća ženka)	5	Mreža	28	6	2011
Ratko i Zrnčić, 2011	Ratko 2011	Maksimir (V jezero)	šuma	jedinka (gravidna i laktirajuća ženka)	1	Mreža			2011
Kipson, 2012	Kipson 2012	Čambina, Repaš	šuma	ženka	1	Mreža	24	8	2011
Kipson, 2012	Kipson 2012	Čambina, Repaš	šuma	ženka	1	Mreža	30	6	2012
Kipson, 2012	Kipson 2012	Čambina, Repaš	šuma	ženka	1	Mreža	21	8	2012
Kipson, 2012	Kipson 2012	Križovec, uz rijeku Muru	šuma	ženka	1	Mreža	26	6	2012
Mazija, 2015	Mazija 2015	Lobor	šuma	odrasli mužjak	1	Mreža	2	8	2015
Mazija, 2015a	-	Šumarev grob - Tigrovo oko	šuma	odrasli mužjak	1	Mreža	1	8	2015
Mazija, 2015a	-	Kraljičin zdenac	šuma	odrasli mužjak	1	Mreža	5	8	2015
Mazija, 2016	Mazija 2016	prašuma Prašnik	šuma	odrasla ženka	1	Mreža	31	7	2016
Mazija, 2016	Mazija 2017	Jelas polje - Slavonski Kobaš	šuma	odrasla ženka	3	Mreža	28	5	2016
Kovač i Rnjak u Mazija i sur. 2016	Mazija 2017	Lokva u šumi kod sv. Gospe, Klokočevik, Đakovo	šuma	odrasla ženka	2	Mreža	10	6	2015
Kovač i Rnjak u Mazija i sur. 2016	Mazija 2017	Hajdučki do, Lapovci, Trnava, Đakovo	šuma	odrasla ženka (gravidna ženka)	1	Mreža	12	6	2015
Mazija i sur. 2016	Mazija2017	Bektež	šuma	odrasli mužjak	1	Mreža	30	4	2015
Mazija i sur. 2016	Mazija 2017	Ribnjaci, Gornja Motičina	šuma	juvenilna ženka	1	Mreža	12	7	2015
Mazija i sur. 2016	Mazija 2017	Zvekovac	šuma	juvenilni mužjak	1	Mreža	24	7	2015
Mazija i sur. 2016	Mazija 2017	Moslavina Podravska - Urija	šuma	odrasli mužjak	1	Mreža	4	8	2016
Mazija, 2019	-	Maksimir (III. jezero)	šuma	odrasla ženka	1	Mreža	17	7	2019
Mazija, 2019	-	Maksimir (III. jezero)	šuma	odrasli mužjak	1	Mreža	17	7	2019
Mazija, 2019	-	Maksimir (V. jezero)	šuma	odrasli mužjak	1	Mreža	3	8	2019

* u zagradi su navedeni dodatni podaci dobiveni od koautora izvještaja

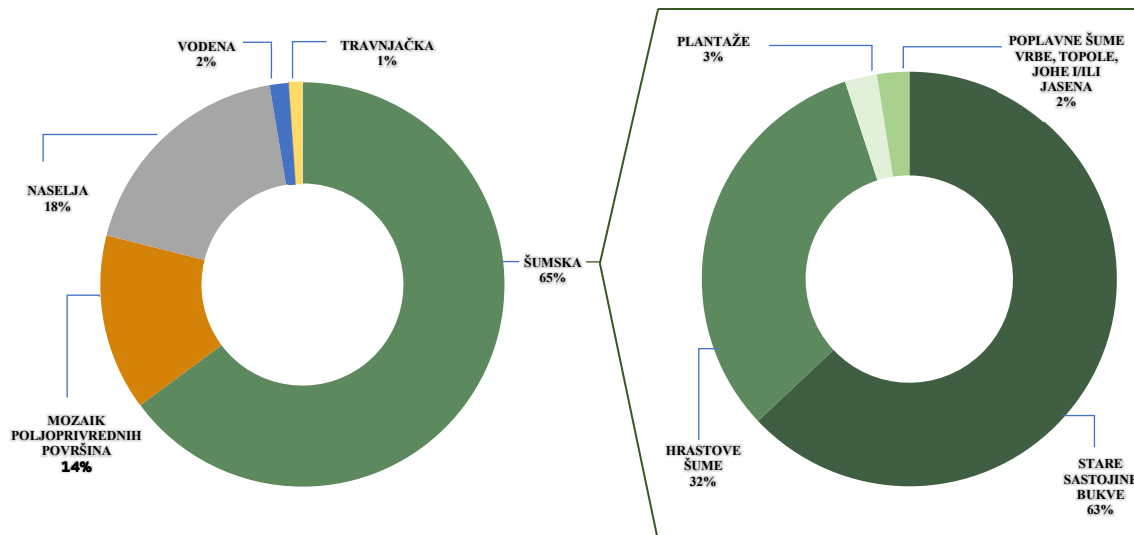
5.2. Stanišni tipovi na lokalitetima prisutnosti velikouhog šišmiša

Staništa u području tri kilometra (u literaturi zabilježeno kao maksimalna udaljenost od skloništa) od svih lokaliteta gdje je utvrđena prisutnost velikouhog šišmiša hvatanjem mrežama na području kontinentalne biogeografske regije klasificirana su NKS šifrom (Mazija i sur. 2021) i prepoznati su različiti stanišni tipovi (Slika 18). Povoljnost staništa za šišmiše ogleđa se prvenstveno u tipologiji staništa, tako su ona opisana pojednostavljenim načinom kojim se iskazuje tipologija.



Slika 18. Detalj područja na kojima je istraživanjima u kontinentalnoj biogeografskoj regiji utvrđena prisutnost velikouhog šišmiša te su u području tri kilometra analizirani stanišni tipovi prema NKS (na prikazu je vidljivo područje Medvednice i Parka Maksimir)

Analiza tipologije staništa koja su prisutna na području od tri kilometra od lokaliteta pozitivne prisutnosti velikouhog šišmiša pokazuje: područja su prekrivena šumskim staništem (64,81 %), mozaikom poljoprivrednih površina (14,12 %), uz naselja (18,47 %), vodene površine (1,51 %) i travnjačkim staništima (1,09 %) (Slika 19). Dodatno, detaljnom analizom područja prekrivenog šumskim staništem (navedenih 64,81 %), kao dominantnog skloništa za vrstu velikouhi šišmiš, pokazalo se da su to šume starih stabala bukve (63 %) i hrastova (32 %), poplavnih šuma vrbe, topole, johe i/ili jasena (2,5 %) te nasadima (2,5 %) (Slika 20), (Mazija i sur. 2021).



Slika 19. Stanišni tipovi u području tri kilometra od nalaza velikouhog šišmiša

Slika 20. Tipovi šumskih staništa u području od tri kilometra od nalaza velikouhog šišmiša

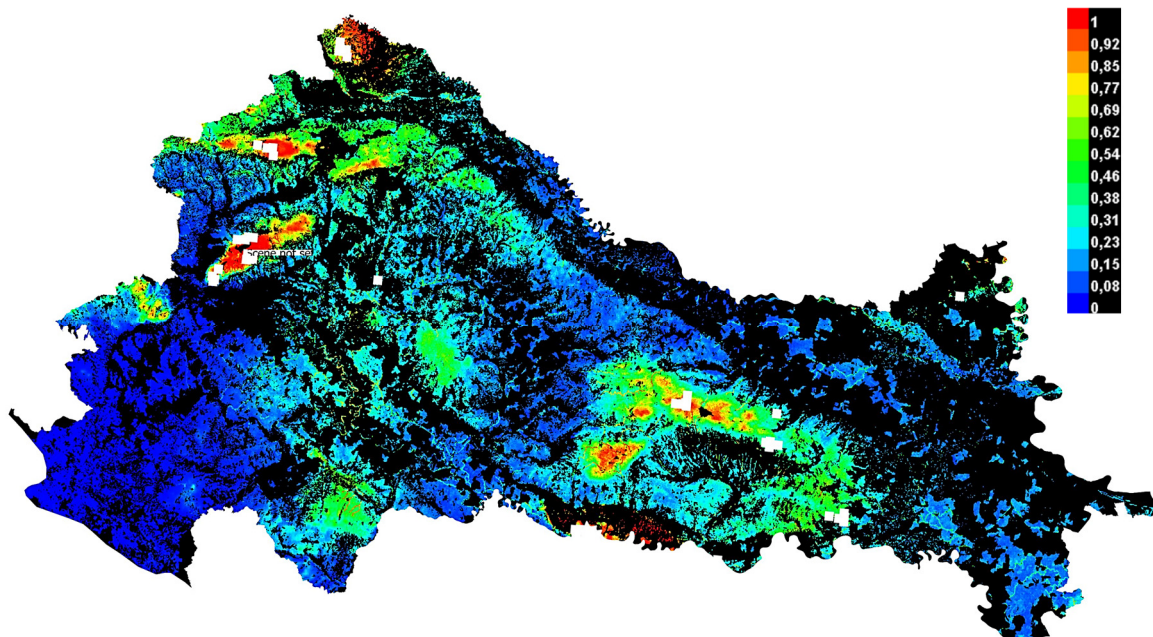
5.3. Modeliranje rasprostranjenosti metodom maksimalne entropije (*MaxEnt*)

5.3.1 Izrada modela

Uzimajući u obzir 10 varijabli koje opisuju ekološku nišu vrste *Myotis bechsteinii* model rasprostranjenosti predvidio je prisutnost povoljnih staništa s visokom vjerojatnosti na području Pšunja, Papuka i Krndije, na Zrinskoj gori, Moslavačkoj gori, Medvednici, Samoborskom gorju, Kalničkom gorju te mozaično raspoređeno na području Dilja, poplavnih šuma uz rijeku Savu (Posavina), sjeverozapadne Hrvatske i dio Spačve.

Slika 21 prikazuje kartu povoljnih staništa u rasponu od nula do jedan, gdje nula predstavlja najmanje povoljno stanište, a jedan najpovoljnije stanište za ovu vrstu.

Kako bi se klasificirala povoljnost staništa, nakon analize modela područja su podijeljena u četiri klase – niska povoljnost: vrijednosti 0 – 0,25 kojima je pridodana oznaka „1“ i plava boja; umjerena povoljnost: vrijednosti 0,25 – 0,50 kojima je pridodana oznaka „2“ i zelena boja; visoka povoljnost: vrijednosti 0,50 – 0,75 kojima je pridodana oznaka „3“ i narančasta boja te vrlo visoka povoljnost: vrijednosti 0,75 – 1,00 kojima je pridodana oznaka „4“ i crvena boja. U daljnjem prikazu rezultata i analizi podataka korištene su navedene klase.



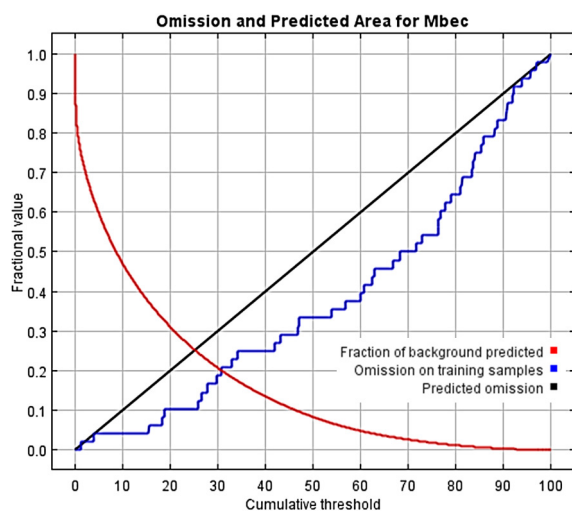
Slika 21. Karta povoljnih staništa vrste velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*) u kontinentalnoj biogeografskoj regiji Hrvatske na temelju predviđanja *MaxEnt* modela.

Prema izračunu modela *MaxEnt*, površine staništa niske povoljnosti za velikouhog šišmiša (klasa 1) zauzimaju 63,5 % teritorija, površine staništa umjerene povoljnosti (klasa 2) zauzimaju 23,6 %, visoke povoljnosti (klasa 3) zauzima 7,5 % dok je vrlo visoka povoljnost staništa (klasa 4) prisutna na svega 5,4 % površine kontinentalne biogeografske regije Hrvatske.

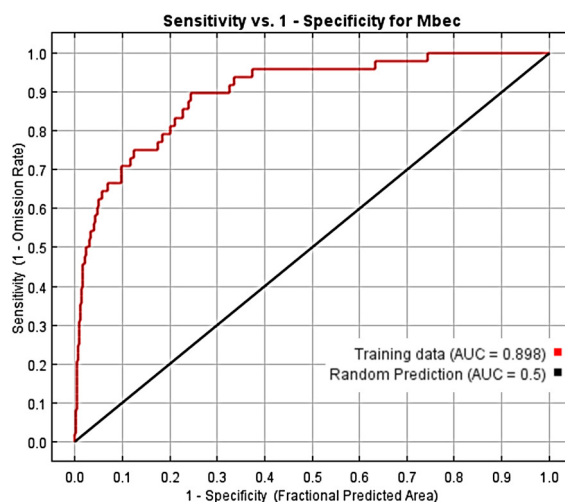
5.3.2 Provjera prediktivne izvedbe modela

Model je ocijenjen na temelju područja pod krivuljom (eng. *Area Under the Curve*, AUC) radne karakteristike (eng. *Receiver Operating Characteristics*, ROC), koja vrednuje vjerojatnost modela u pravilnom razlikovanju prisutnosti od slučajnih lokacija (Phillips i sur. 2006). Vrijednost AUC kreće se od 0,50 (nasumično predviđanje) do 1,00 (idealno predviđanje), a dobrom izvedbom modela smatra se ona kad su vrijednosti AUC vrijednosti više od 0,75, što upućuje na dobru do visoku razinu sposobnosti diskriminacije modela (Pearce i Ferrier 2000, Elith i sur. 2006).

Provedbom *MaxEnt* modela u ovom radu dobivena vrijednost ROC krivulje prikazuje pravu pozitivnu stopu naspram lažno pozitivne stope (Slika 22) te visoku prediktivnu točnost s AUC vrijednosti 0,898, što upućuje na pouzdanost modela za predviđanje rasprostranjenosti vrste (Slika 23).



Slika 22. Radne karakteristike modela (ROC)



Slika 23. Područja pod krivuljom (AUC)

5.3.3 Analiza doprinosa ekoloških varijabli

U Tablici 5 prikazan je udio doprinosa pojedine varijable u izradi modela rasprostranjenosti vrste *Myotis bechsteinii* za svih 10 ekoloških čimbenika uključenih u izradu modela. Varijabla koja najviše doprinosi izvedbi modela je T_{min_at} - prosječna minimalna temperatura zraka u jesen (rujan do listopad), a zatim slijede PAS - oborina kao snijeg (mm) između kolovoza prethodne godine i srpnja tekuće godine, TD - razlika srednje temperature najhladnijeg i najtoplijeg mjeseca, DDbelow0 - broj dana s temperaturama ispod 0°C s podjednakim vrijednostima doprinosa modelu. Vidljiv je i značaj varijable *water-distance* - udaljenosti od vodnog tijela s nešto nižom vrijednosti.

Tablica 5. Procjena relativnih doprinosa ekoloških varijabli za izradu *MaxEnt* modela

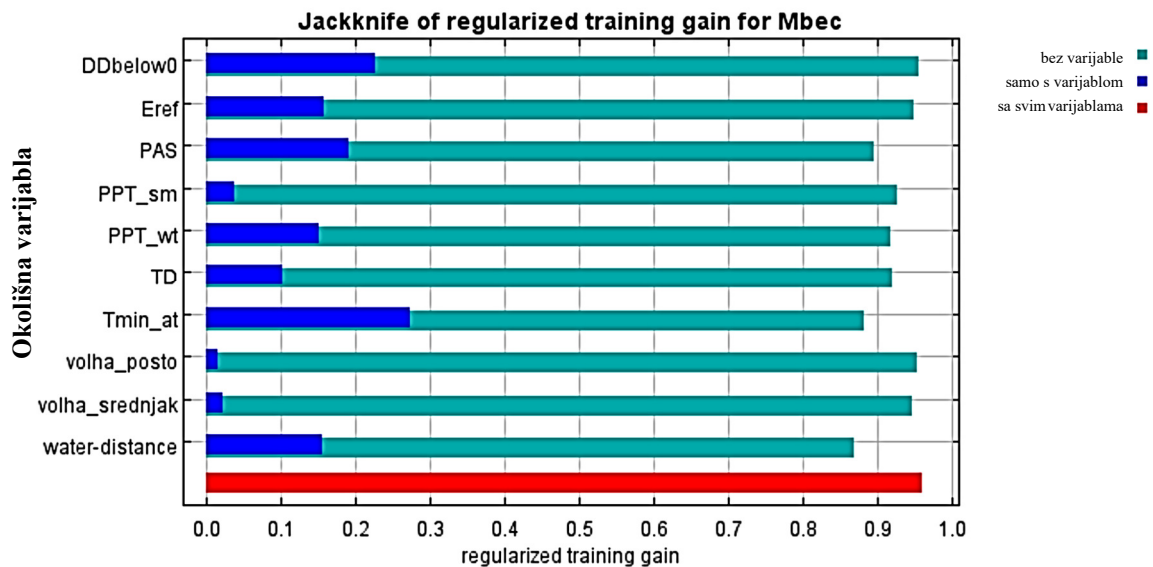
Varijabla	Udio doprinosa (%)	Značaj permutacije
T_{min_at}	28,5	36,1
PAS	16,0	18,9
TD	15,0	11,7
DDbelow0	14,4	0,0
water-distance	11,6	13,2
PPT_wt	8,4	4,5
PPT_sm	2,7	7,7
Eref	2,4	6,9
volha_posto	0,6	1,0
volha_srednjak	0,3	0,0

Varijable koje prikazuju količine oborina PPT_sm (ljeti) i PPT_wt (zimi) pokazuju manji značaj te varijabla - Eref (Hargreaves referentna evaporacija) pokazuju najmanji značaj bioklimatoloških značajki područja. Starost šume iskazana kao temeljnica u odnosu na broj stabala - srednjak vrijednosti („06_volha_srednjak“) i postotni prikaz („07_volha_posto“) pokazuju vrlo malen doprinos izvedbi modela.

Krivulje koje pokazuju kako se predviđena vjerojatnost prisutnosti sukladno mijenja varijable okoliša, zadržavajući sve ostale varijable okoliša na prosječnoj vrijednosti uzorka, opisuje Prilog 2.

5.3.4 Jackknife test značaja varijabli

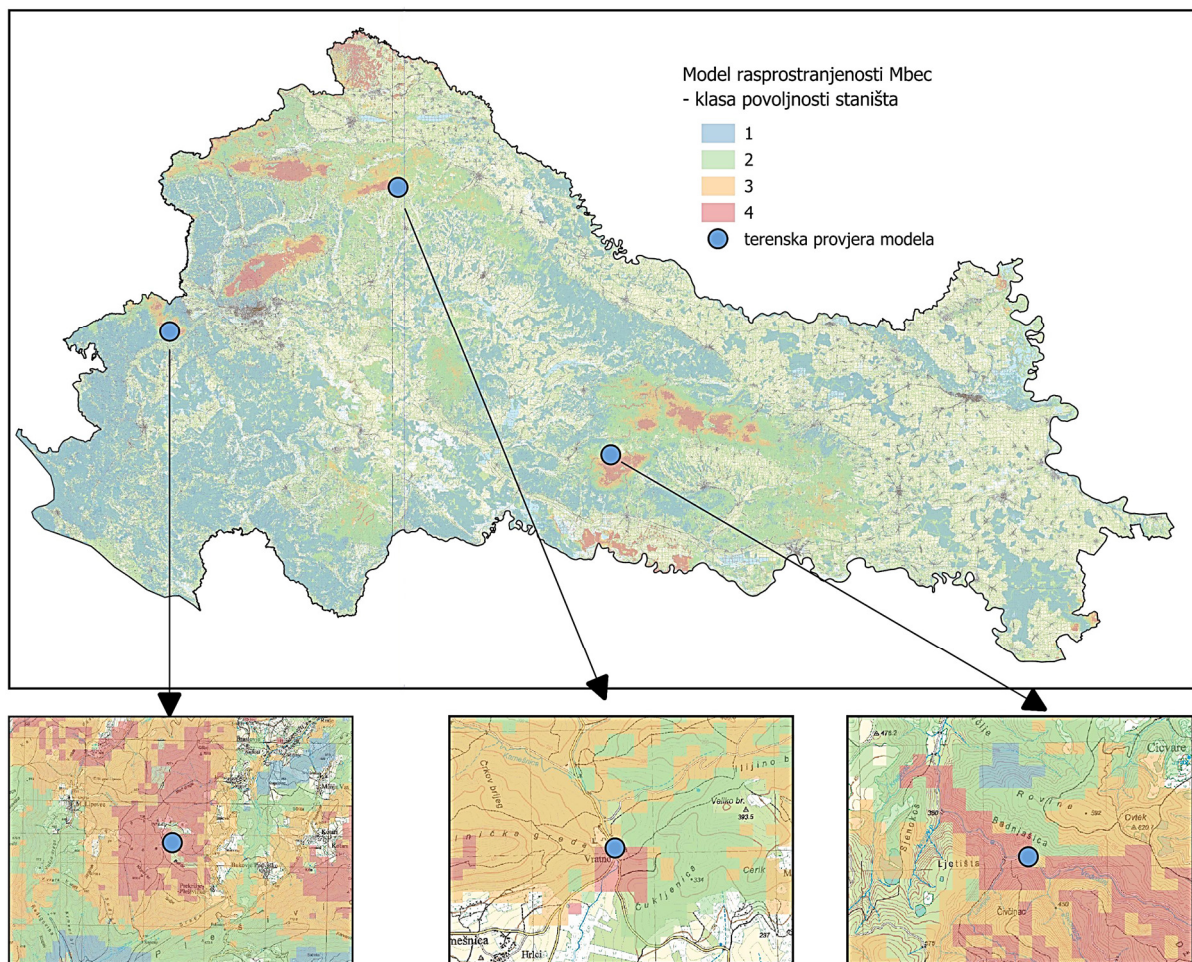
Slika 24 prikazuje rezultate Jackknife testa značaja varijabli, kao pokazatelja značaja korištenih okolišnih varijabli u predviđanju prisutnosti velikouhog šišmiša (Slika 24). Okolišna varijabla s najvećim značajem kada se koristi zasebno je prosječna minimalna temperatura zraka u jesen (Tmin_at), koja očito sama po sebi opisuje najvažnije značajke okoliša. Najveći utjecaj na model ima izostavljanje varijable udaljenost od vode (water-distance), koja opisuje najvažnije značajke okoliša koje nisu prisutne u drugim varijablama.



Slika 24. Rezultati Jackknife testa značaja pojedinih varijabli

5.4. Terenska provjera rezultata modela rasprostranjenosti

Nakon analize povoljnosti staništa prediktivnom metodom maksimalne entropije (*MaxEnt*) te provjere prediktivne izvedbe modela, izdvojena su dodatna područja moguće prisutnosti povoljnog staništa za vrstu velikouhi šišmiš na kojima do sada nisu provedena istraživanja šumskih vrsta. Odabrana su tri lokaliteta (Park prirode Žumberak – Samoborsko gorje, Značajni krajobraz Kalnik i područje HR2001355 Psunj kao dio ekološke mreže Natura 2000), područja s velikom vjerojatnosti prisutnosti vrste, na kojima do tada nikada ranije nisu provedena terenska istraživanja. Lokaliteti su odabrani u svrhu provjere moguće prisutnosti velikouhog šišmiša, ciljanim terenskim istraživanjima usmjerenim na šumske vrste (Slika 25).

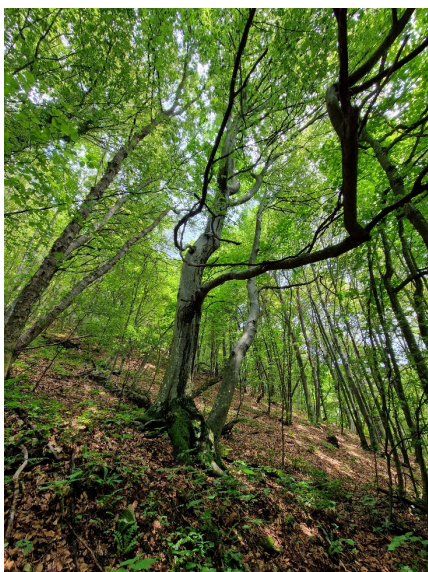


Slika 25. Prikaz lokaliteta na kojima su provedena terenska istraživanja prisutnosti vrste velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*) u odnosu na rezultate predviđanja *MaxEnt* modela (plavom točkom označeni su lokaliteti istraženi kao provjera rezultata modela)

Pregled navedenih staništa je proveden vizualno tijekom dana, kako bi se utvrdile osnovne karakteristike šumskog staništa značajne za šišmiše te utvrdila prisutnost mogućih povoljnih mikrolokacija za hvatanje mrežama. Temeljem stanišnim karakteristikama (prisutnost vodenog

staništa s usporenim tokom okruženim šumom), odabrani su povoljni lokaliteti za hvatanje mrežama, koje je provedeno istovjetnom metodologijom (vrijeme postavljanja mreže u sumrak, hvatanje u trajanju od četiri sata i istovjetna korištena oprema) kao i ona u kojoj su prikupljeni osnovni podaci o prisutnosti vrste na ostalim područjima (ulaznim podacima za modeliranje o rasprostranjenosti). Ujednačenost korištenih metoda uspostavljena je kako bi lovni napor, a time i rezultati istraživanja bili neposredno usporedivi.

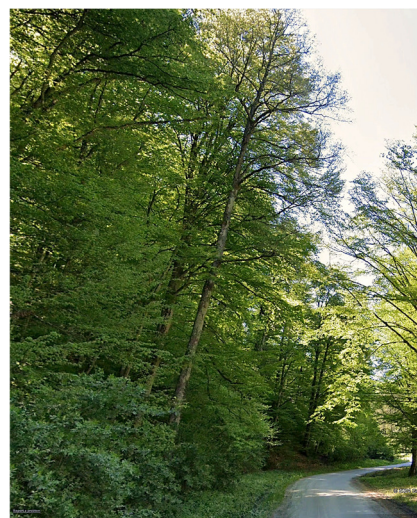
Dodatna provjera modela rasprostranjenosti hvatanje mrežama na povoljnim lokalitetima unutar značajnog krajobraza Kalnik i na području Psunja (HR2001355 Psunj) nisu rezultirala hvatanjem jedinki velikouhog šišmiša i potvrdi prisutnosti ove vrste, ali je utvrđena prisutnost drugih karakterističnih šumskih vrsta koji dijele vrlo sličnu ekološku nišu. Tako je primjerice na oba područja uhvaćena vrsta širokouhi mračnjak (*Barbastella barbastellus*) čime je potvrđena prisutnost povoljnog staništa za karakteristične šumske vrste. Dodatno, na području Kalnika je uhvaćena vrsta mali večernjak (*Nyctalus leisleri* Kuhl, 1817) koja u velikoj mjeri boravi u šumskim staništima te isto tako potvrđuje moguću prisutnost povoljnih šumskih staništa. Ostale vrste uhvaćene na području Kalnika su kasni noćnjak (*Eptesicus serotinus* Schreber, 1774), bjeloruski šišmiš (*Pipistrellus kuhlii* Kuhl, 1817), močvarni patuljasti šišmiš (*Pipistrellus pygmaeus* Leach, 1825), riječni šišmiš (*Myotis daubentonii* Kuhl, 1817), veliki šišmiš (*Myotis myotis* Borkhausen, 1797) i resasti šišmiš (*Myotis nattereri* Kuhl, 1817). Na području Psunja (HR2001355 Psunj) uhvaćene su još vrste patuljasti šišmiš (*Pipistrellus pipistrellus*), *Pipistrellus pygmaeus*, *Myotis daubentonii* i posebno je značajan nalaz vrlo rijetko hvatane vrste dvobojni šišmiš (*Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758), što je ujedno i najsjeverniji nalaz žive jedinke ove vrste u Hrvatskoj.



Slika 26. Područje velike povoljnosti staništa za velikouhog šišmiša unutar Parka prirode Žumberak – Samoborsko gorje; prisutnost starih stabala u staništu (lijevo) i područje na kojem je posječena šuma unutar najviše klase povoljnosti staništa (desno)



Slika 27. Stanište na području Značajnog krajobrazu Kalnik (lijevo) i mjesto hvatanja mrežama (desno)



Slika 28. Stanište na području HR2001355 Psunj (desno) i mjesto hvatanja mrežama (lijevo)

Na području Parka prirode Žumberak – Samoborsko gorje odabran je lokalitet modelirane vrlo velike povoljnosti staništa (klasa 4) na kojem je na brežuljkastom terenu prisutna šuma sa starim stablima. U podnožju brežuljaka nalazi se potok koji je mjestimice razliven i zasjenjen vegetacijom, što ovo vodeno stanište čini vrlo povoljnim za šišmiše. Pregledom šireg područja unutar klase 4, zabilježeno je područje unutar šume na kojem je provedena sječa tako da su moguća skloništa velikouhog šišmiša, ali i drugih šumskih vrsta uništena (Slika 26).

Istraživanja provedena na području Značajnog krajobraza Kalnik obuhvaćala su vizualni pregled staništa i hvatanje mrežama. Terenskim uvidom potvrđena je prisutnost izuzetno povoljnih elemenata staništa kao što su brojna stara stabla i razgranati potok s mirnim dijelovima toka povoljnim za šišmiše koji hvataju plijen iznad vode (Slika 27). Hvatanjem mrežama potvrđena je prisutnost 8 vrsta šišmiša među kojima se ističu karakteristične šumske vrste mali večernjak (*Nyctalus leisleri*) (Slika 29), širokouhi mračnjak (*Barbastella barbastellus*) (Slika 30) i kasni noćnjak (*Eptesicus serotinus*).



Slika 29. Mali večernjak (*Nyctalus leisleri*)



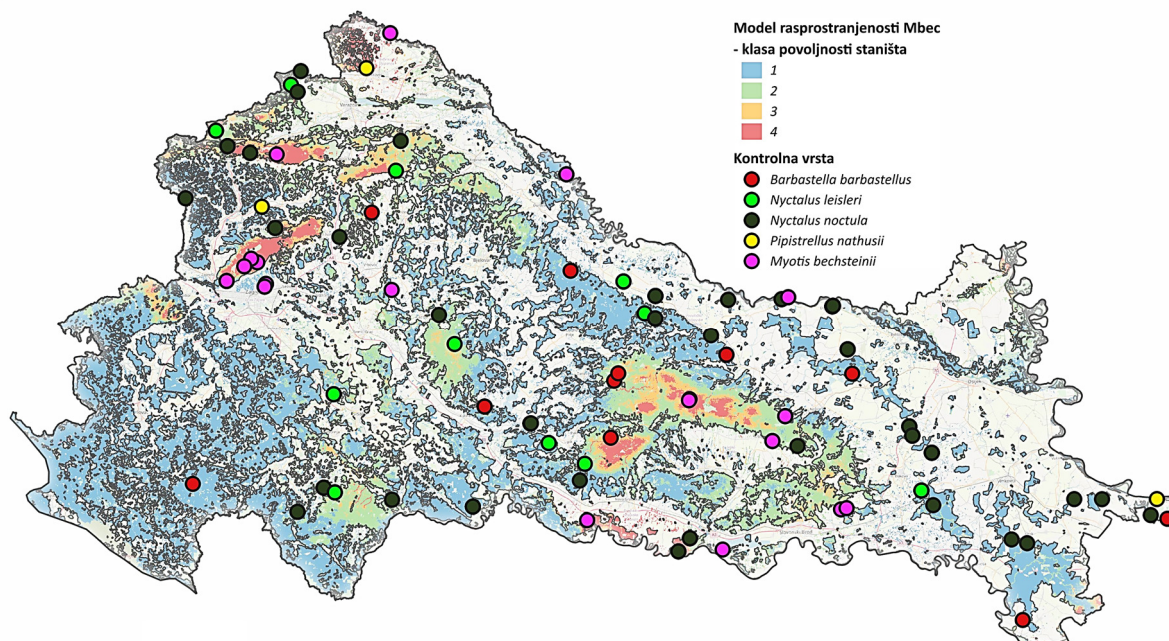
Slika 30. Širokouhi mračnjak (*Barbastella barbastellus*)

Istraživanja provedena na području ekološke mreže HR2001355 Psunj obuhvaćala su vizualni pregled staništa i hvatanje mrežama. Terenskim uvidom potvrđena je prisutnost povoljnih elemenata staništa kao što su stara stabla i potok s mirnim dijelovima toka povoljnim za šišmiše (Slika 28). Hvatanjem mrežama potvrđena je prisutnost pet vrsta šišmiša među kojima se ističu karakteristična šumska vrsta širokouhi mračnjak (*Barbastella barbastellus*).

Uzimajući u obzir sva dosadašnja istraživanja potvrđena je prisutnosti velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteinii*) u pojedinim područjima ekološke mreže Natura 2000 na kojima do sada nije bila zabilježena pa tako nije niti ciljna vrsta. To su područja HR5000015 Srednji tok Drave (Kipson 2012) koje je ujedno dio regionalnog Parka Mura - Drava, HR2000623 Šume na Dilj gori (Mazija i sur. 2016) te Značajni krajobraz Jelas polje (Mazija 2016).

Novi podaci o prisutnosti vrste prikupljeni na području kontinentalne biogeografske regije znatno su doprinijeli poznavanju rasprostranjenosti vrste velikouhi šišmiš te je dodatno poboljšana kvaliteta opisa staništa koje vrsta koristi. Kao ciljna vrsta europske ekološke mreže Natura 2000 velikouhi šišmiš važna je indikatorska vrsta za šumske stanišne tipove te se za nju izdvajaju područja važna za očuvanje populacija. Kako bi se dostigli zadani standardi očuvanja ove Natura vrste, potrebno je prvenstveno utvrditi područja njezine prisutnosti odnosno rasprostranjenost.

S ciljem dodatne provjere, rezultati modela povoljnosti staništa za velikouhog šišmiša, uspoređeni su s rezultatima prisutnosti kontrolnih šumskih vrsta šišmiša. Zbog vrlo slične ekološke niše koju vrsta *Myotis bechsteinii* dijeli prvenstveno sa širokouhim mračnjakom (*Barbastella barbastellus*) i malim šumskim šišmišem (*Pipistrellus nathusii*), ali i s ranim večernjakom (*Nyctalus noctula*) te malim večernjakom (*Nyctalus leisleri*), rezultati modela uspoređeni su i dodatno provjereni s rezultatima terenskih istraživanja koja su provedena kroz Projekt integracije EU Natura 2000 u sklopu sveobuhvatnih inventarizacijskih istraživanja šišmiša u kontinentalnom području Hrvatske (Mazija i sur. 2016) te podacima prikupljenim tijekom istraživanja u svrhu izrade ove disertacije (Slika 31). U obzir su uzeti samo podaci o jedinkama zabilježeni hvatanjem mrežama kao siguran podatak o prisutnosti vrste u staništu te su podaci kategorizirani kao kontrolni.



Slika 31. Lokaliteta na kojima su uhvaćene kontrolne šumske vrste šišmiša koje dijele vrlo sličnu ekološku nišu s vrstom velikouhi šišmiš u odnosu na klase povoljnosti staništa.

Prisutnost kontrolnih podataka o šumskim vrstama šišmiša i ukupan broj lokaliteta na kojima su zabilježene u svakoj modeliranoj klasi povoljnosti staništa za velikouhog šišmiša (Tablica 6) vidljiva su u područjima većih šumskih kompleksa i u njihovoj neposrednoj blizini (čistine unutar šuma, mozaik staništa i sl.), ali vidljiva je i podudarnost na manjim površinama šumskog staništa i rubovima šuma. Ono što je zajedničko svim lokalitetima na kojima je zabilježena jedna od navedenih šumskih vrsta šišmiša je prisutnost vodenog staništa (primarno stajačice) unutar šume ili u njevoj neposrednoj blizini.

Tablica 6. Prikaz broja lokaliteta nalaza kontrolnih vrsta šišmiša u odnosu na područja modelirane vrijednosti klase povoljnosti staništa za velikouhog šišmiša

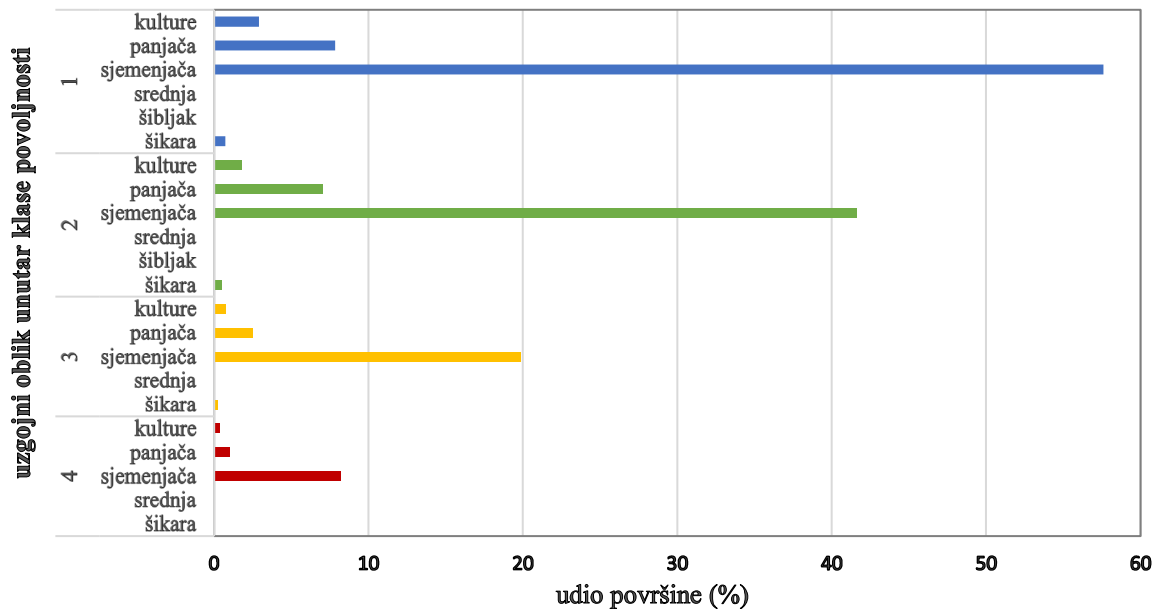
NAZIV VRSTE ↓ KLASA ⇌ POVOLJNOSTI	1 (NISKA)	2 (UMJERENA)	3 (VISOKA)	4 (VRLO VISOKA)
širokouhi mračnjak (<i>Barbastella barbastellus</i>)	12	3	-	-
mali šumski šišmiš (<i>Pipistrellus nathusii</i>)	-	-	-	1
rani večernjak (<i>Nyctalus noctula</i>)	15	12	6	7
mali večernjak (<i>Nyctalus leisleri</i>)	-	7	4	7

5.5. Način gospodarenja šumskim staništem

Rezultatima modela *MaxEnt* pridruženi su podaci o šumama (Hrvatske šume d.o.o.) te uspoređeni s rezultati modela povoljnosti staništa (klase povoljnosti) za velikouhog šišmiša u šumskim staništima za koje su dostupni podaci. Kao ključni elementi koji uvjetuju povoljnost šumskog staništa izdvojena je fitocenoza (prema NKS sustavu), uzgojni oblik i oblik sklopa.

5.5.1 Uzgojni oblik

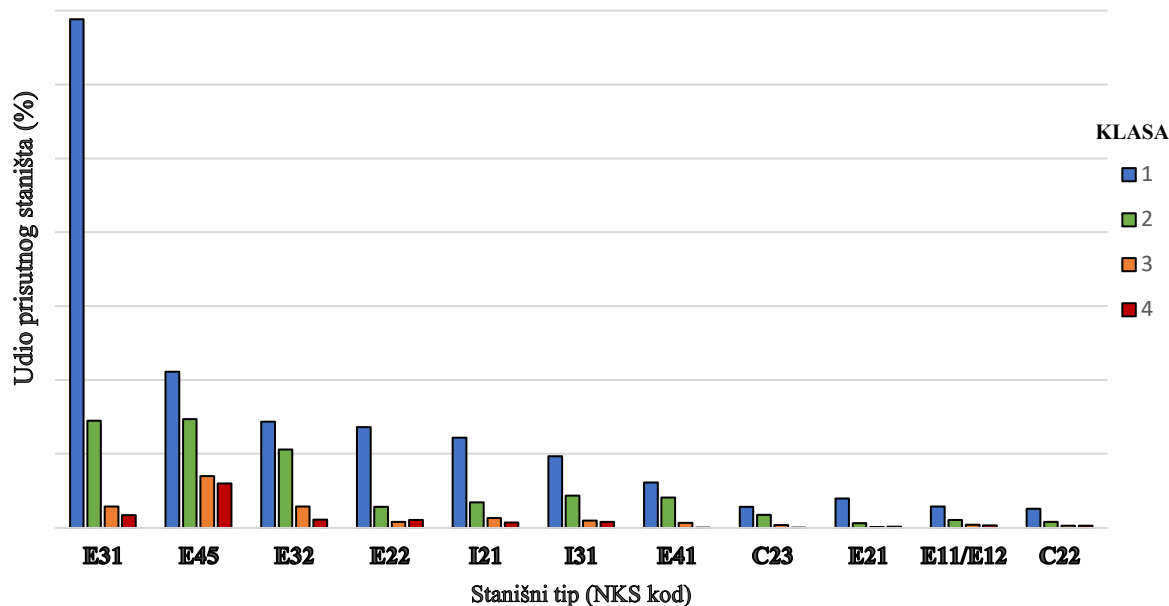
Analiza pojedinih uzgojnih oblika šuma prema prostornoj raspodjeli unutar pojedinih klasa povoljnosti pokazala je kako sjemenjače dominiraju unutar svih klasa, a slijede panjače i šumske kulture dok su u vrlo malom udjelu prisutne šikare i šibljaci. Prikaz odnosa klasa povoljnosti staništa za velikouhog šišmiša u odnosu na uzgojni oblik šuma prikazan je u odnosu na udio ukupne površine na području kontinentalne biogeografske regije (Slika 32).



Slika 32. Odnos uzgojnog oblika šuma unutar pojedine klase povoljnosti staništa u odnosu na ukupnu površinu

5.5.2 Stanišni tipovi (fitocenoze)

Uzimajući u obzir modeliranu povoljnost područja za velikouhog šišmiša, svakoj od klasa pridružen je podatak o tipu staništa te je tako dobivena distribucija stanišnih tipova povoljnih za podržavanje populacija velikouhog šišmiša (Slika 33). U tekstu koji slijedi ispod slike opisan je NKS kod, odnosno pojedini stanišni tip kojeg taj kod označava.



Slika 33. Dominantni stanišni tipovi (zastupljenost veća od 2 %) i udjeli u pojedinoj klasi povoljnosti

Dominantni tipovi šumskih staništa u svim klasama povoljnosti su:

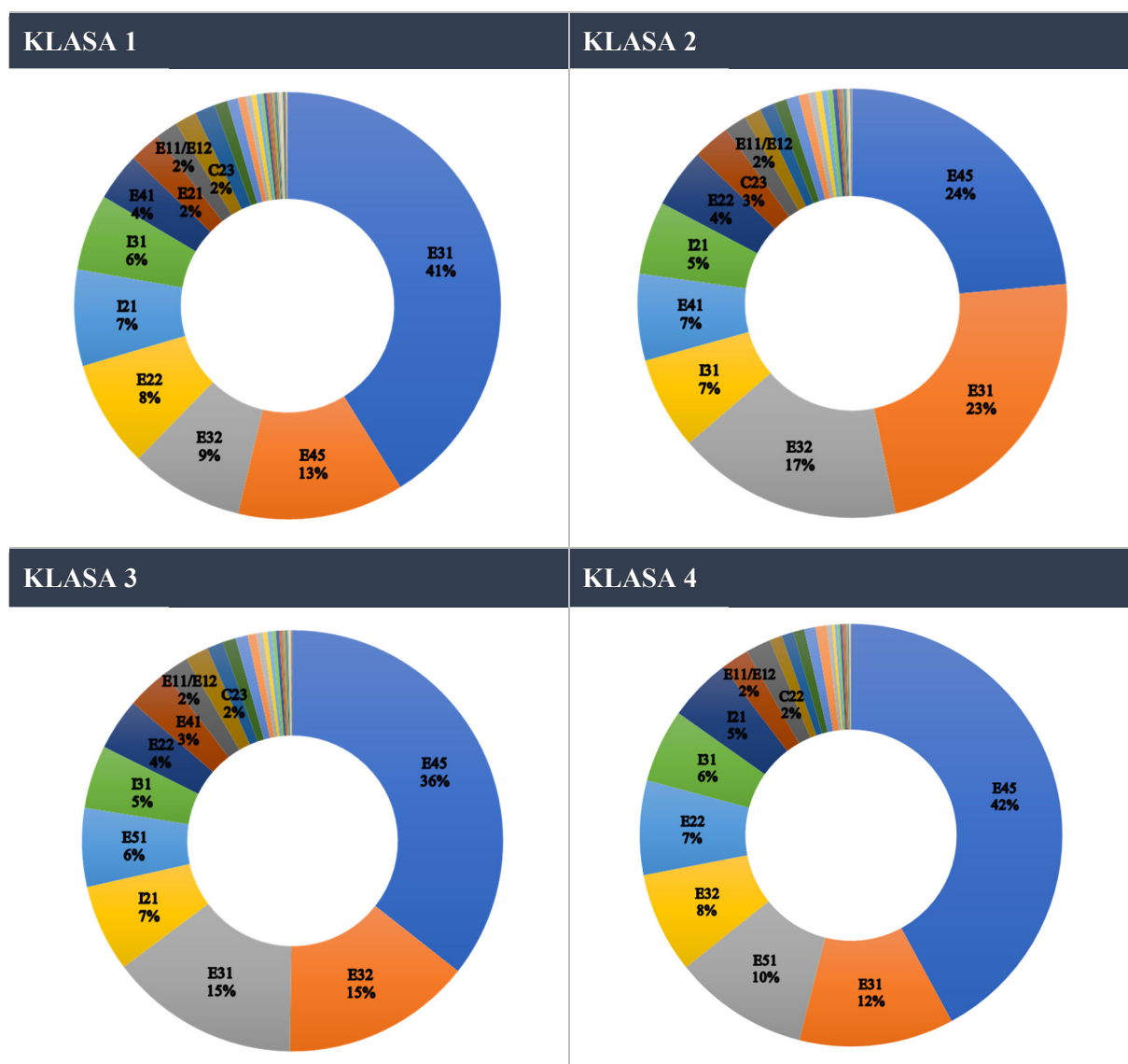
- E31 (E.3.1. Mješovite hrastovo-grabove i čiste grabove šume) - mezofilne i neutrofilne šume planarnog i brežuljkastog (kolinog) područja, redovno izvan dohvata poplavnih voda, u kojima u gornjoj šumskoj etaži dominiraju lužnjak ili kitnjak, a u podstojnoj etaži obični grab (koji u degradacijskim stadijima može biti i dominantna vrsta drveća). Ove šume čine visinski prijelaz između nizinskih poplavnih šuma i brdskih bukovih šuma.
- E45 (E.4.5. Mezofilne i neutrofilne čiste bukove šume) - šume kontinentalnog brdskog, visokogorskog i pretplaninskog, te mediteranskog brdskog područja u kojima dominira obična bukva (*Fagus sylvatica*).
- E32 (E.3.2. Srednjoeuropske acidofilne šume hrasta kitnjaka te obične breze) – šume unutar Sveze *Quercion robori-petraeae* Br.-Bl. 1932. Šume hrasta kitnjaka, a ponekad i hrasta lužnjaka, i jedne ili obje vrste hrasta s bukvom, u kojima dolazi velik broj subatlantskih i submeridionalnih acidofilnih vrsta. Razvijene su u središnjem i južnosredišnjem dijelu Europe izvan glavnog areala sveze *Quercion* koji je pod atlantskim utjecajem. S njima su udružene i hrastove acidofilne šume zapadnohercenijskog lanca i njegovog ruba, razvijene pod utjecajem atlantske klime kao supstitucijske šume za svezu *Luzulo-Fagion* zbog zajedničkih vrsta i sličnosti u izgledu.

- E22 (E.2.2. Poplavne šume hrasta lužnjaka) - mješovite poplavne šume panonskog i submediteranskog dijela jugoistočne Europe s dominacijom vrsta *Quercus robur*, *Fraxinus angustifolia*, *Ulmus minor*, *Ulmus laevis*, *Alnus glutinosa*, *Acer campestre*, *Carpinus betulus*. Razvijaju se na pseudogleju, a plavljene su razmjerno kratko vrijeme.
- E41 (E.4.1. Srednjoeuropske neutrofilne do slaboacidofilne, mezofilne bukove šume) - srednjoeuropske neutrofilne do slabo acidofilne, mezofilne bukove šume
- E21 (E.2.1. Poplavne šume crne johe i poljskog jasena) - poplavne šume srednjoeuropskih i sjevernopirinejskih vodenih tokova nižih položaja, na tlima koja su periodično plavljena tijekom godišnjeg visokog vodostaja rijeka, ali su inače dobro ocijeđena i prozirna u vrijeme niskog vodostaja.
- E11/E12 (E.1.1. Poplavne šume vrba/ E.1.2. Poplavne šume topola) - grmolike sastojine rakite i bademaste vrbe te šumske sastojine koje grade bijela vrba, crna i bijela topola te niske otvorene šume vrba i topola koje se razvijaju na nizinama ili podplaninskim riječnim dolinama umjerene klimatske zone te na višim nadmorskim visinama u mediteranskoj regiji.

Osim šumskih staništa, vidljiva je prisutnost kultiviranih nešumskih površina i staništa s korovnom i ruderalnom vegetacijom te livadnih staništa:

- I21 (I.2.1. Mozaici kultiviranih površina) - mozaici različitih kultura na malim parcelama, u prostornoj izmjeni s elementima seoskih naselja odnosno prirodne i poluprirodne vegetacije.
- I31 (I.3.1. Intenzivno obrađivane oranice na komasiranim površinama) - okrupnjene homogene parcele većih površina s intenzivnom obradom (višestruka obrada tla, gnojidba, biocidi, i dr.) s ciljem masovne proizvodnje ratarskih jednogodišnjih i dvogodišnjih kultura.
- C22 (C.2.2. Vlažne livade Srednje Europe) - higrofilne livade Srednje Europe koje su rasprostranjene od nizinskog do brdskog vegetacijskog pojasa
- C23 (C.2.3. Mezofilne livade Srednje Europe) - predstavljaju najkvalitetnije livade košanice razvijene na površinama koje su često gnojene i kose se dva do tri puta godišnje. Ograničene su na razmjerno humidna područja od nizinskog do gorskog vegetacijskog pojasa.

Analiza udjela pojedinih dominantnih stanišnih tipova unutar svake pojedine klase povoljnosti prikazana je na Slika 34.

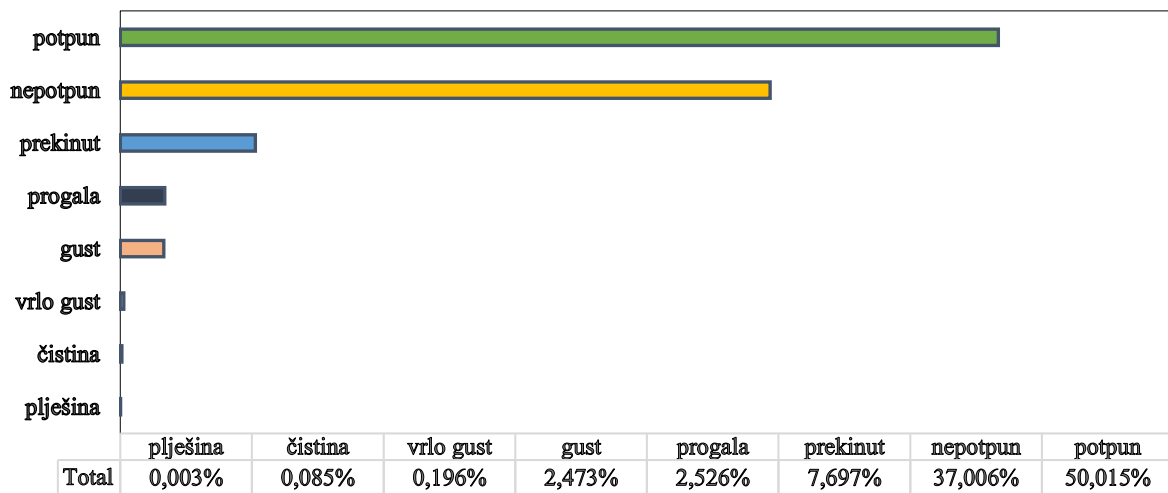


Slika 34. Udio pojedinog stanišnog tipa unutar svake od klasa povoljnosti staništa za velikouhog šišmiša

5.5.3 Oblik sklopa

Velikouhi šišmiš hvata plijen u šumskom staništu zatvorenog sklopa krošanja, a loveći kukce često se vraća uz ista pojedinačna stabla ili grupu stabala kako bi tamo hvatao plijen (Schofield i Greenaway 2008). Iz tog razloga je oblik sklopa krošanja važan element staništa u kojem će ova vrsta birati ono stanište gdje je sklop potpun, iako će biti prisutna i u staništima djelomično potpunog ili nepotpunog sklopa prvenstveno tijekom preleta ili hvatanja plijena. Analiza područja šuma povoljnih za podržavanje populacija velikouhog šišmiša tako su u većoj mjeri potpunog sklopa (50 %) dok je nepotpun (rijedak) sklop krošanja prisutan u 37 % šumskih

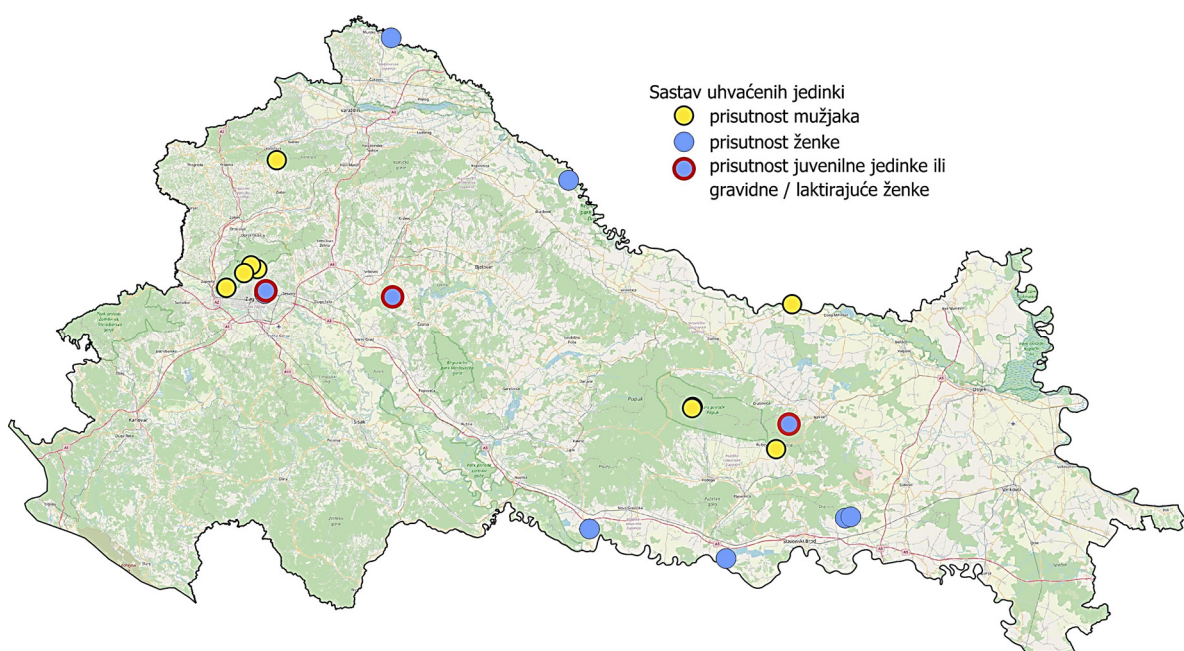
sastojina. Znatno manje su prisutne šume prekinutog i gustog sklopa te je vrlo malo onih s vrlo gustim sklopom, čistina ili plješina (prekid u sloju krošanja nadstojne i podstojne etaže) (Slika 35).



Slika 35. Sklop krošanja u područjima povoljnosti šumskog staništa

5.6. Analiza sastava uhvaćenih jedinki

Uzimajući u obzir sve dosadašnje podatke o prisutnosti velikouhog šišmiša na području kontinentalne Hrvatske, temeljenim na metodi hvatanja mrežom, izdvojena su područja ovisno o zabilježenoj prisutnosti ženki, juvenilnih jedinki, gravidnih i laktirajućih ženki te mužjaka (Slika 36).



Slika 36. Sastav uhvaćenih jedinki u odnosu na lokalitet gdje su uhvaćene

Staništa su dodatno valorizirana i rangirana prema značaju za pojedine ključne dijelove životnog ciklusa šišmiša. Lokva u mjestu Gornji Zvekovac, ribnjaci uz Gornju Motičinu i Park Maksimir tako su kao ključni izdvojeni za opstanak vrste obzirom da su na tim lokalitetima zabilježene juvenilne jedinke odnosno gravidne i laktirajuće ženke. Lokalitet u mjestu Gornji Zvekovac nalazi se neposredno uz šumu Varoški lug (udaljenost od oko 500 metara) stoga je vrlo vjerojatno da jedinka uhvaćena na lokvi pripada populaciji koja obitava u tom šumskom kompleksu.

Lokalitet Gornja Motičina nalazi se na manjoj čistini unutar velikog šumskog kompleksa Krndije i Papuka te potvrđuje izuzetno velik značaj tog područja za očuvanje ove vrste. Dodatno tome u prilog ide i potvrda prisutnosti velikouhog šišmiša na još dva lokaliteta koji pripadaju istom šumskom kompleksu.

Iako mužjaci u vrijeme odgajanja mladih nisu uz ženke, dijele ista staništa. Stoga i nalaz mužjaka može ukazati na veliku vjerojatnost prisutnosti i ženki u blizini tog područja.

6. RASPRAVA

Rezultati provedeni u sklopu ove disertacije u velikoj mjeri korespondiraju s prethodnim istraživanjima velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteinii*). Slična istraživanja, kao što su ona Arlettaza i sur. (1997) i Baagøea (2001) te sumarni podaci za ovu vrstu kako to navodi Dietz (2009), naglašavaju preferenciju starije šume i specifične strukturne značajke unutar tih staništa. Rezultati ove disertacije potvrđuju ta istraživanja, naglašavajući važnost zrelih (starijih) šuma s dovoljno mogućih skloništa za vrstu velikouhi šišmiš, poput stabala s dupljama i gustog podrasta. Međutim, zabilježene su i neke razlike. Primjerice, dok su Arlettaz i sur. (1997) naglašavali utjecaj klimatskih čimbenika poput vlažnosti i temperature na pogodnost staništa, ova disertacija je pokazala da su struktura šume, mozaik otvorenog i šumskog staništa te dostupnost skloništa važniji elementi ekološke niše koju velikouhi šišmiš preferira. Ova razlika može biti posljedica regionalnih ekoloških razlika ili razlika u metodološkim pristupima, poput odabira ekoloških varijabli i rezolucije podataka korištenih u modelima.

Populacije velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteinii*) u trendu su opadanja na cijelom području njene rasprostranjenosti. Vrsta je na nacionalnoj razini prema Zakonu o zaštiti prirode (Narodne novine 80/13, 15/18, 14/19, 127/19, 155/23) strogo zaštićena te se ujedno nalazi na listi vrsta iz Priloga II i Priloga IV Direktive o staništima (*European Council Directive 92/43/EEC*). Za velikouhog šišmiša stoga se izdvajaju područja europske ekološke mreže Natura 2000, s ciljem očuvanja populacije ove vrste te očuvanja skloništa i pogodnih staništa (šumska staništa, posebice šumska staništa u kojima je visoka strukturiranost i zastupljenost starijih dobnih razreda drveća te drveća s dupljama, rubovi šuma i šumske čistine). U Hrvatskoj je prema podacima dostupnim na Bioportal-u velikouhi šišmiš ciljna vrsta za 17 područja ekološke mreže Natura 2000 - HR2000364 Mura, HR2000583 Medvednica, HR2000632 Krbavsko polje, HR2000918 Šire područje NP Krka, HR2001058 Lička Plješivica, HR2001309 Dunav S od Kopačkog rita, HR5000014 Gornji tok Drave, HR2000371 Vršni dio Ivančice, HR2000580 Papuk, HR2000586 Žumberak Samoborsko gorje, HR2000601 Park prirode Učka, HR2000637 Motovunska šuma, HR2000871 Nacionalni park Paklenica, HR2001215 Boljunsko polje, HR5000020 Nacionalni park Plitvička jezera, HR5000022 Park prirode Velebit i HR5000030 Biokovo.

Eholokacijsko glasanje velikouhog šišmiša najveće je snage na 35 kHz te je relativno malog intenziteta. Taj mali intenzitet govori o tome da je glasanje vrlo tiho i zato ga je moguće snimiti

samo kada je glasanje direktno usmjereno prema mikrofону i kada je jedinka relativno blizu. Jedinke ove vrste su izvrsni letači te vješto izbjegavaju prepreke u letu kao što su grane ili lišće koje se pomiče na vjetru, a uz to hvataju plijen koji se nalazi u krošnjama. Općenito, vrste iz roda *Myotis* i na snimkama glasanja vrlo dobre kvalitete, međusobno se slično glasaju i često je teško ili nemoguće utvrditi o kojoj vrsti se radi pa tako i odrediti velikouhog šišmiša analizom sonograma (moguće je samo u idealnim uvjetima). Zato je hvatanje jedinki i stručna determinacija iz ruke neophodna za sigurnu potvrdu prisutnosti ove vrste u šumskom staništu (Walters i sur. 2012). Imajući u vidu ove činjenice, metodološki pristup hvatanja mrežama u svrhu utvrđivanja prisutnosti velikouhog šišmiša najsigurniji je izvor potvrde podataka o njegovoj prisutnosti na nekom području, ali to svakako znatno otežava njihovo prikupljanje i metoda zahtjevna, kako stručno tako i financijski. Povijesni podaci i noviji izvori podataka dokazuju kako se kroz brojna i dugogodišnja istraživanja provedena na području kontinentalne biogeografske regije vrlo rijetko bilježi velikouhi šišmiš, osobito metodom hvatanja mrežama. Tome u prilog ide podatak kako je kroz projekt integracije EU Natura 2000 (NIP) (Mazija i sur. 2016) koji je trajao dvije godine, provedeno istraživanje hvatanjem mrežom na gotovo 150 lokaliteta u kontinentalnoj biogeografskoj regiji i prikupljeno je gotovo 700 novih unosa o prisutnosti vrsta, dok je za velikouhog šišmiša prikupljeno tek 6 novih nalaza i uhvaćeno je ukupno 7 jedinki. Upravo to je razlog slabe istraženosti i najvećeg broja podataka o prisutnosti velikouhog šišmiša u suboptimalnim skloništima (špilje i antropogeni objekti) te nepoznavanja stvarne rasprostranjenosti ove vrste. Odabir metodološkog pristupa hvatanja mrežama u ovoj disertaciji rezultirao je malim brojem novih podataka o prisutnosti, što je otežalo njihovu interpretaciju i modeliranje, ali su podaci od iznimnog doprinosa sveobuhvatnom prikazu poznavanja rasprostranjenosti velikouhog šišmiša i šumskih staništa koja nastanjuje. Navedeni podaci za svoju svrhu imaju zaštitu povoljnih šumskih staništa pa tako i populacije šumskih vrsta šišmiša što je moguće samo kroz povoljno gospodarenje tim staništima.

Model povoljnosti staništa za vrstu *Myotis bechsteinii* pokazao je prisutnost povoljnih staništa i na područjima Parka prirode Žumberak - Samoborsko gorje (ujedno i područje HR2000586 Žumberak Samoborsko gorje), HR2001355 Psunj kao dio ekološke mreže Natura 2000 te dodatno na području značajnog krajobraza Kalnik (ujedno i područje HR1000008 Bilogora i Kalničko gorje), HR2001356 Zrinska gora, regionalni park Moslavačka gora. Terenskim istraživanjima koja su u sklopu izrade ove disertacije provedena u svrhu provjere modela, nisu uhvaćene jedinke velikouhog šišmiša, no potvrđena su povoljna staništa koja u potpunosti udovoljavaju njegovoj ekološkoj niši. Izuzetno mala vjerojatnost mogućeg hvatanja velikouhog

šišmiša bila je uzeta u obzir te je iz tog razloga uloženi dodatni napor u pregledu (rekognosciranju) lokaliteta u svrhu utvrđivanja povoljnosti staništa. Davanje prioriteta načinu postavljanja mreža na način da povećava vjerojatnost hvatanja šumskih vrsta bio je ključan. Tome u prilog ide i činjenica kako su na području Psunja i Kalnika uhvaćene druge karakteristične šumske vrste šišmiša. Zbog izuzetno dobre detekcije i velike preciznosti u letu velikouhog šišmiša koji se vješto kreće u krošnjama, vrlo ga se teško i rijetko hvata mrežama. To dovodi do malobrojnih podataka o prisutnosti ove vrste u pojedinim staništima, do nedovoljno poznatog statusa vrste, a time i smanjenim naporima za očuvanje staništa u kojima obitava. Uzimajući ove činjenice u obzir, na područjima velike vjerojatnosti rasprostranjenosti velikouhog šišmiša (Psunj, Papuk Dilj i Krndija, Zrinska gora, Moslavačka gora, Kalničko gorje, poplavne šume uz rijeku Savu (Posavina), sjeverozapadni dio Hrvatske i Spačva) potrebno je očuvati staništa povoljna za vrstu, mjere ugraditi u planove gospodarenje šumama te provoditi mjere zaštite ključnih sastavnica okoliša koje podržavaju populacije šišmiša (lokve na udaljenosti od tri kilometra od šume). Kao izuzetak mogu se izdvojiti područja primarnih prašuma kao što su primjerice prašuma Muški bunar i prašuma Prašnik gdje se šumskim staništem ne gospodari i uvjeti za šumske vrste šišmiša su na najvišoj razini kvalitete staništa. Ta područja izuzetno je važno očuvati u takvom statusu i prepustiti ih prirodnim procesima te na taj način osigurati ključne točke (*hot spots*) očuvanja vrste *Myotis bechsteinii*, ali i drugih vrsta šišmiša te drugih skupina poput kornjaša i ptica, koja opstaju zbog uvjeta koje im takve nedirnute prirodne sastojine pružaju.

Na području Hrvatske rađene su slične analize povoljnosti staništa za četiri vrste šišmiša iz roda *Plecotus*, temeljeno na modeliranju korištenjem metode maksimalne entropije (*MaxEnt*) (Đaković 2017). Vrsta smeđi dugoušan (*Plecotus auritus*) vrsta je koja preferira šumska staništa te se tipom svoje ekološke niše znatno preklapa s onom koju koristi velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*). Rezultati *MaxEnt* modela predviđjeli su da je vrsta *P. auritus* u kontinentalnom dijelu rascjepkano rasprostranjeno na Psunju, Papuku, Medvednici i Žumberku. To pokazuje vrlo slične rezultate onima koji su dobiveni analizom povoljnosti staništa za velikouhog šišmiša. Obzirom na znatno preklapanje ekoloških niša ove dvije vrste šišmiša, prisustvo smeđeg dugoušana na ovim prostorima mogla biti dobra indikacija prisustva i velikouhog šišmiša. To bi svakako moralo biti potvrđeno dodatnim terenskim istraživanjima ovih područja.

Dodatne metode poput analize eholokacijskih signala glasanja velikouhog šišmiša samo u idealnim slučajevima mogu potvrditi prisutnost ove vrste u staništu. Iz tog razloga je

pouzdanost podatka o prisutnosti temeljem glasanja znatno niže rangirana kao potvrda prisutnosti vrste na nekom lokalitetu. Identificiranjem skloništa (duplji u kojima velikouhi šišmiš obitava) te snimanjem glasanja ili vizualnim bilježenjem stvorila bi se dodatna vrijednost podataka o preferencijama stanišnih tipova. No, ono što svakako treba uslijediti kao znatno realniji prikaz načina korištenja staništa i prostora unutar areala, su telemetrijska istraživanja vrste jer se tom metodom može potvrditi više informacija nužnih za očuvanje vrste, kako u smislu pojedinih skloništa i staništa koje koriste tako i područja koje koriste tijekom svih faza životnog ciklusa. To je prvenstveno značajno u cilju pronalaska lokaliteta na kojima formiraju porodiljne (majčinske) kolonije i gdje hiberniraju, kao ključnim fazama životnog ciklusa kada su najosjetljiviji. Kako su ta istraživanja financijski i stručno puno zahtjevnija, u Hrvatskoj su vrlo rijetko korištena.

Pravilno upravljanje staništima u svrhu očuvanja velikouhog šišmiša prepoznato je i prema kriterijima IUCN-a, koji naglašava ključne razloge pada populacije koji se događaju uslijed neprikladnog upravljanja šumskim staništima, intenzivne poljoprivrede (npr. korištenje pesticida na poljoprivrednim površinama u blizini šuma koje naseljava ova vrsta) i ometanja u skloništu. Kao posebna ugroza istaknut je gubitak starih stabala s dupljama. Upravo su to smjernice za predlaganje mjera očuvanja kojima bi se zaustavio daljnji pad populacija velikouhog šišmiša u Hrvatskoj.

Modeliranje potencijalne distribucije pomoću *MaxEnt* metode pokazalo je da su ključna područja za vrstu *Myotis bechsteinii* primarno u starijim, dobro očuvanim šumama kontinentalne Hrvatske. Rezultati dobiveni u sklopu istraživanja od strane Rnjak i sur. (2023) ukazuju na značaj područja u Gorskom kotaru, Lici i sjeverozapadnoj Hrvatskoj gdje su prisutna brojna povoljna staništa. Ovi rezultati pružaju važan okvir za daljnja istraživanja očuvanje ove vrste, te ukazuju na potrebu za dodatnim mjerama zaštite staništa u tim područjima.

Korištenje *MaxEnt* modela pokazalo se kao vrlo dobar pokazatelj i koristan alat za predviđanje moguće distribucije velikouhog šišmiša u kontinentalnoj biogeografskoj regiji Hrvatske. Korištenje više bioklimatskih varijabli i integracija podataka o korištenju prostora omogućili su sveobuhvatnu analizu povoljnosti staništa za ovu vrstu šišmiša. Međutim, točnost modela i njegova rezolucija, odnosno preciznost, ovise u dobroj mjeri o kvaliteti ulaznih podataka koji se koriste u analizama. Neujednačeni pristupi, poput lovnog napora u prikupljanju podataka o prisutnosti pojedinih vrsta između različitih istraživača ili područja, mogu utjecati na

pouzdanost i preciznost modela predviđanja. Dodatno, varijable ekoloških čimbenika korišteni u ovoj disertaciji, mogu sadržavati netočnosti koje uvode nesigurnosti u rezultate samoga modela. Tome su dobar primjer ulazni podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša u Parku Maksimir (Kovač i Ratko, 2010, Ratko i Zrnčić, 2011, Mazija 2019). Iako je vrsta na ovom lokalitetu zabilježena i utvrđen je velik značaj tog šumskog kompleksa jer su zabilježene gravidne i laktirajuće ženke, rezultati modela ovo područje nisu izdvojili kao šumsko stanište koje je moguće povoljno za ovu vrstu šumskog šišmiša. Razlog tome su nedostaci u dostupnim prostornim podacima koji opisuju šumska staništa na cijelom području prisutnosti šuma, obzirom na činjenicu da se ovdje radi o gradskom parku i posebnom režimu upravljanja. Iz tog razloga u dostupnim prostornim podlogama u kojima je bila izražena mjera koja govori o starosti šume, Park Maksimir kao šumsko nije opisan odnosno za to područje uopće ne postoje podaci. Time se dodatno ukazuje na spomenutu nedostupnost sveobuhvatnih prostornih podataka o šumskim sastojinama kojima bi sva područja šuma, bez obzira na vlasništvo, namjenu ili način upravljanja, bila prikazana i jasno opisana. Razvojem tehnologija i dostupnosti preciznijih podataka o svim šumskim sastojinama korištenjem daljinskih metoda, poput preciznih LIDAR snimki kako Rauchenstein i sur. (2022) navode, model bi mogao uzeti u obzir stvarnu strukturu svih šuma i time prepoznati sve, pa i one manje šumske površine povoljnih ekoloških čimbenika za podržavanje populacija velikouhog šišmiša.

U izradu modela rasprostranjenosti uključeni su i podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša koji su uhvaćeni izvan šumskih staništa, kao što su npr. lokve koje se nalaze okružene kultiviranim površinama i intenzivno obrađenim oranicama. Takav primjer je lokva u mjestu Gornji Zvekovec koja se nalazi u neposrednoj blizini velikog šumskog kompleksa Varoški lug, no ovaj podatak nije pridružen šumskom staništu, a kako se uzorak ne bi subjektivno pridružio nekom tipu staništa. Iz tog razloga su generirana po četiri slučajna lokaliteta unutar buffer zona od tri kilometra, s minimalnom međusobnom udaljenosti od 750 metara. Udaljenost od tri kilometra uzeta je prema literaturnim podacima kao maksimalna do sad zabilježena udaljenost koju velikouhi šišmiš odlazi od skloništa u svrhu hvatanja plijena ili vodnog tijela (Palmer i sur. 2013; Napal i sur. 2013). Tako su rezultati modela rasprostranjenosti pokazala i povoljnost mozaika različitih kultura na malim parcelama, u prostornoj izmjeni s elementima seoskih naselja odnosno prirodne i poluprirodne vegetacije (NKS: I21) te intenzivno obrađivanih oranica na komasiranim površinama (NKS: I32). To ukazuje na potrebu da je osim gospodarenja samim šumskim staništima potrebno kontrolirati i uvjete u okolnom području jer ga jedinke velikouhog šišmiša koriste u određenoj mjeri. Kontrola se prvenstveno treba odnositi

na korištenje kemikalija, posebice insekticida, koje podzemnim vodama mogu dospjeti u vodena staništa koje šišmiši redovito koriste, ali i nekih faktora antropogenog uznemiravanja.

Također, pretpostavka da je trenutna distribucija velikouhog šišmiša u ravnoteži s okolišem možda nije uvijek točna. Promjene u korištenju staništa (prvenstveno šumskih), korištenju prirodnih resursa ili klime mogle bi rezultirati promjenama u povoljnim staništima koje model možda ne može pouzdano predvidjeti. Već sami podaci o prisutnosti vrste u području Gorskog kotara i Like (Rnjak i sur. 2023) ukazuju na moguće promijene klimatskih uvjeta na tom području, a imajući u vidu rezultate ove disertacije koji ukazuju na značaj prosječne minimalne temperature zraka u jesen (rujan do listopad) kao jedne od ključnih varijabli. Klimatski uvjeti na području Gorskog kotara i Like umnogome odstupaju od minimalne temperature zraka koja prema sadašnjim spoznajama odgovara vrsti. Buduće studije trebale bi razmotriti integraciju dinamičkih ekoloških promjena kako bi se poboljšala točnost predikcija primijenjenih distribucijskih modela.

Analiza utjecaja gospodarenja šumama na staništa vrste *Myotis bechsteinii* ukazala je na nekoliko ključnih čimbenika. Praksa sječe zrelih stabala, uklanjanja mrtvog drva i homogenizacija šumskih sastojina može smanjiti dostupnost povoljnih skloništa i negativno utjecati na populacije šišmiša. To se prvenstveno odnosi na karakteristične šumske vrste, ali obzirom da gotovo sve vrste šišmiša na neki način koriste šumsko staništa, ovi utjecaji mogu biti povezani sa svim populacijama šišmiša. S druge strane, održavanje strukturne raznolikosti šuma, očuvanje starijih stabala i ograničavanje uporabe kemijskih sredstava može pozitivno utjecati na očuvanje vrste. Ovi rezultati su u skladu s prethodnim istraživanjima (Đaković 2017, Dietz 2015) koja su također naglasila važnost održavanja heterogenosti šumskih ekosustava za očuvanje bioraznolikosti vrsta koje u njima obitavaju. Preklapanjem utvrđene prisutnosti velikouhog šišmiša, rezultata modela rasprostranjenosti te načina gospodarenja i sastava vegetacije na području kontinentalne biogeografske regije Hrvatske, vidljiva je podudarnost.

Dodatno, naglašena je važnost šumarskih praksi koje podržavaju ekološke potrebe velikouhog šišmiša. Primjerice, održavanje mješovitih dobnih skupina unutar šuma, očuvanje dijelova netaknutih područja tijekom sječe te ograničavanje uporabe pesticida i gnojiva može pomoći u održavanju održivih populacija šišmiša. Ove preporuke u skladu su s mjerama zaštite koje su predložili Napal (2013) i Greenaway (2005) za populacije šumskih vrsta šišmiša, ali i Rukavina (2018) u svrhu očuvanja saproksilnih kornjaša, gdje se naglašava potreba za integriranim

upravljačkim praksama koje usklađuju šumarske aktivnosti s očuvanjem bioraznolikosti u njima.

Iako se ova disertacija odnosi na Hrvatsku, nalazi imaju šire implikacije za zaštitu vrste *Myotis bechsteinii* diljem njezina rasprostranjenja. Stanišne preferencije identificirane u ovom istraživanju, poput oslanjanja na starije šume i strukturnu raznolikost, primjenjive su i u drugim regijama sa sličnim ekološkim uvjetima unutar cjelokupnog areala rasprostranjenosti vrste. Međutim, regionalne varijacije u klimi, sastavu šuma i praksi korištenja zemljišta zahtijevaju specifične strategije zaštite.

Oslanjanje na podatke o prisutnosti za treniranje modela može značiti da su područja s manje istraživačkog napora možda nedovoljno zastupljena u predviđanjima. Također, statička priroda ekoloških podataka ne uzima u obzir vremenske promjene u pogodnosti staništa uzrokovane klimatskim promjenama. Dugoročno praćenje i uključivanje vremenskih dinamika u buduće modele mogli bi riješiti ova ograničenja.

Također, *MaxEnt* model temelji se na podacima o prisutnosti te ne uzima u obzir odsutnost vrste, što bi moglo pružiti dodatne uvide u stanišne preferencije. Uključivanje podataka o odsutnosti ili prisutnosti drugih vrsta šišmiša s podudarnom ekološkom nišom, moglo bi poboljšati točnost i pouzdanost modela. Dodatno, potrebno je uzeti u obzir i druge skupine koje preferiraju stare šume sličnog sastava, kao što su kornjaši kako predlaže Rukavina (2018). Singer (2021) tako naglašava kako velikouhi šišmiš vrlo često obitava u dupljama u stablu koja su izradili djetlići. Pregledom dostupnih podataka o prisutnosti djetlovki na pojedinim područjima (Web-1, Dumbović 2007, Ćiković i sur. 2007, Božić 2019, Kirin 2009) potvrđeno je da djetlovke obitavaju u šumama na područjima koja se podudaraju s rezultatom modela potencijalne rasprostranjenosti velikouhog šišmiša. Tako je npr. za područje Kalnika potvrđena prisutnost vrste *Dendrocopos syriacus* Hemprich i Ehrenberg, 1833 i *Dryocopus martius* (Linnaeus, 1758), za područje Papuka vrste *Dendrocopos minor* (Linnaeus, 1758), *Dendrocopos leucotos* (Bechstein, 1803), *Dendrocopos major* (Linnaeus, 1758), *Dryocopus martius* i *Picus canus* Gmelin, 1788 te za područje Medvednice *Dendrocopos major*, *Dendrocopos medius* Linnaeus, 1758, *Dendrocopos minor* i *Dryocopus martius* što se podudara s visokom ocjenom povoljnosti staništa i za velikouhog šišmiša. Obzirom da su šumska staništa različitih dobnih razreda i strukture te otvorena staništa, parkovi ili voćnjaci, povoljni kao stanište različitim vrstama djetlovki, nije dovoljno uzeti u obzir cijeli red djetlovki (Piciformes).

U svrhu poboljšanja kvalitete rezultata modela rasprostranjenosti bi se trebale uzeti samo one vrste iz reda djetlovki koje se ekološkom nišom preklapaju s velikouhim šišmišem, primarno u preferenciji starih šuma. Uzimajući rezultate ovih analiza tako je primjerice potrebno uzeti podatke primjerice o rasprostranjenosti vrsta *Picus canus*, *Dryocopus martius* ili *Leiopicus medius* (Linnaeus, 1758) koji bi dodatno mogli doprinijeti kvaliteti rezultata povoljnosti staništa i potencijalnom rasprostranjenju velikouhog šišmiša (Slatki 2021).

Zbog razvoja sve većeg broja projekata izgradnje postrojenja korištenja obnovljivih izvora energije, prvenstveno solarnih elektrana i vjetroelektrana, došlo je do približavanja pa čak i do ulaska u područja pod šumom ili šumskim zemljištem. Praćenjem stradavanja šišmiša na već izgrađenim vjetroelektranama, u Hrvatskoj do sada nije zabilježena stradala jedinka velikouhog šišmiša dok je u Europi poznat samo jedan slučaj iz Francuske (EUROBATS 2023). Prema tim podacima moglo bi se zaključiti kako rad vjetroagregata nema negativan utjecaj na populacije velikouhog šišmiša. No, izuzetno je važno uzeti u obzir da pripremne radnje za izgradnju postrojenja korištenja obnovljivih izvora energije uključuju čišćenje i ravnanje površine te krčenje vegetacije. Tako mogu biti utjecana staništa koja šišmiši koriste, poput špilja gdje imaju mlade ili hiberniraju, otvorenih livada/pašnjaka iznad kojih hvataju plijen, stalna vodena staništa na kojima piju vodu ili šumska staništa koja pružaju sklonište i lovno stanište brojnim vrstama šišmiša. Nakon promjena koje nastaju radovima u staništu i samom prisutnosti vjetroagregata u prostoru, šišmiši izbjegavaju i napuštaju stanište (Barré 2019). Također, Barré (2019) je analizirao aktivnost šišmiša u pojasu 1000 m od vjetroturbina te je utvrdio kako je ona smanjena od 19,6 % do 53,8 %. Standardnim metodama istraživanja (snimanjem ultrazvučnim detektorom i hvatanjem mrežama) vrlo je teško potvrditi šumske vrste šišmiša, jer su im ehološki glasjanja vrlo tiha a let precizan, pa se često ne bilježi njihova prisutnost u istraživanjima u svrhu procjene utjecaja prije izgradnje (eng. *preconstruction survey*). Barré (2019) također ističe da europske preporuke ograničavanja izgradnje vjetroelektrana najmanje 200 m od šumskog ruba vjerojatno jako podcjenjuju gubitak područja aktivnosti šišmiša. Iz svih navedenih razloga razvoj projekata korištenja obnovljivih izvora energije unutar šumskih staništa pa do udaljenosti od minimalno 200 metara od njihova ruba, u fazi pripreme postrojenja zasigurno ima najviše negativnih utjecaja i posljedica na lokalne populacije šumskih vrsta šišmiša pa tako i velikouhog šišmiša zato se takva područja treba izbjegavati u budućim planovima za njihov razvoj.

Buduća istraživanja trebala bi nastojati replicirati ova istraživanja i analize u različitim geografskim područjima, uzimajući u obzir prvenstveno vegetacijske razlike među biogeografskim regijama, kako bi se potvrdili nalazi i unaprijedili modeli pogodnosti staništa. Usporedna istraživanja u različitim regijama mogu pomoći u prepoznavanju zajedničkih i različitih stanišnih preferencija, pružajući sveobuhvatnije razumijevanje ekoloških zahtjeva ove vrste koji bi se u buduće mogli koristiti u svrhu njena očuvanja.

Analiza dostupnih dokumenata kojima se propisuju mjere očuvanja i održavanja populacija velikouhog šišmiša pokazuje neka preklapanja, ali i različitosti u pristupu načinu upravljanja šumskim staništima. Tako se u Šumskogospodarskoj osnovi za razdoblje 2016. – 2025. predlažu slijedeće osnovne mjere očuvanja za velikouhog šišmiša:

1. Jednodobne sastojine

- u bukovim šumama očuvati povoljni udio sastojina starijih od 60 godina
- u hrastovim šumama očuvati povoljni udio sastojina starijih od 80 godina
- prilikom dovršnog sijeka šumskih površina većih od 100 ha, u središnjem dijelu ostaviti oko 5 ha neposječene površine

2. Preborne i raznodobne sastojine

- osigurati strukturu šumskih sastojina s najmanje 30 % udjela stabala prsnog promjera iznad 30 cm, osobito stabala s dupljama i pukotinama u kori
- prilikom doznake ostaviti stabla s dupljama za koje je utvrđeno da se u njima nalaze kolonije vrste
- očuvati čistine unutar šume (livade, pašnjake i dr.) i njihove grmolike rubne površine.

Analiza planova upravljanja i mjera koje doprinose očuvanju populacija velikouhog šišmiša unutar područja ekološke mreže Natura 2000 s druge strane predlaže slijedeće:

- očuvati povoljno stanje pogodnih staništa (šumska staništa, posebice šumska staništa u kojima je visoka strukturiranost i zastupljenost starijih dobnih razreda drveća te drveća s pukotinama i dupljama, rubovi šuma i šumske čistine i lokve unutar šuma)
- očuvati prirodni sastav vrsta i struktura prizemnog sloja i sloja grmlja

- u šumama u kojima se jednodobno gospodari očuvano je najmanje 40 % bukovih sastojina starijih od 60 godina i najmanje 50 % hrastovih sastojina starijih od 60 godina
- u šumama u kojima se raznodobno gospodari očuvati povoljne stanišne uvjete za očuvanje vrste očuvanjem strukturne raznolikosti šuma s povoljnim udjelom stabala prsnog promjera iznad 30 cm
- ograničiti korištenje sredstava za zaštitu bilja i mineralnih gnojiva na pogodnim staništima za vrstu i njihovoj neposrednoj blizini
- održavati postojeće lokve te po potrebi obnoviti zarasle i presušene lokve
- osigurati dobrovoljne mjere (koje doprinose okolišu) za korisnike zemljišta, sufinancirane sredstvima Europske unije
- u slučaju sječe (sanacija, održavanje šumskih površina uz staze, puteve, vidikovce i objekte), prilikom doznake ostaviti stabla s dupljama za koja je utvrđeno da se u njima nalaze kolonije vrste
- nakon sječe/rušenja zrelih stabala ostaviti stabla s dupljama 24 sata na mjestu prije uklanjanja
- održavati čistine unutar šume (livade, pašnjake i dr.) i njihove grmolike rubne površine te stajaće vode
- na području nacionalnog parka prepustiti šume prirodnom razvoju izuzev radova održavanja uz posjetiteljsku infrastrukturu

Kao jedan od osnovnih ciljeva ove disertacije prijedlog je integriranog pristupa i analiza svih rezultata te temeljem tih spoznaja prijedlog jedinstvenih mjera i način gospodarenja šumskim staništima u svrhu održavanja populacija i očuvanja velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteinii*) na području kontinentalne biogeografske regije.

Sagledavanjem problematike gospodarenja šumama s organizacijskog gledišta na razini države, može se primijetiti kako je način gospodarenja šumama na samo jednom šumskogospodarskom području koje pokriva cijelu Hrvatsku neusklađen sa specifičnostima pojedinih područja i potrebom za drugačijim pristupima gospodarenja. U svrhu boljeg, s prirodnim uvjetima povezanog upravljanja, predlaže se podjela na četiri šumskogospodarska područja – nizinsko, brdsko, gorsko te submediteransko i mediteransko. Također, upravljanje ne bi trebalo biti regulirano na razini gospodarske jedinice već na razini uprava šuma, kako bi se detaljnijim

uvidom u posebnosti područja i regionalnim podjelama doprinijelo mogućnostima uključivanja usmjerenih mjera očuvanja staništa i vrsta.

Ulaženjem u detaljnu problematiku načina upravljanja, svakako je u svrhu podržavanja populacija velikouhog šišmiša poželjan raznodoban način gospodarenja šumskim sastojinama jer se time postiže povoljna prostorna i vremenska provedba šumskouzgojnih postupaka njege i obnove, horizontalni i vertikalni raspored stabala te ekološka konstitucija vrsta drveća. U raznodobnim sastojinama raspoređene su skupine stabala različitih dobi i razvojnih stadija gdje su stabla unutar pojedine skupine podjednake dobi i razvojnog stadija, a gospodarenje je skupinasto. Skupinasto gospodarenje bi tako u raznodobnim šumama podrazumijevalo raspored stabala iste vrste drveća na površini većoj od 0,2 ha do 2,0 ha. Povoljnim se ocjenjuje i gospodarenje na način da se ostavlja grupimičan raspored stabala, što znači da stabla podjednakih prsnih promjera i podjednakih visina u prebornim, odnosno iste vrste drveća u jednodobnim sastojinama na površini manjoj od 0,2 ha. Također, povoljno je osigurati strukturu drveća koja podrazumijeva visoki šumski sklop (75% i više) te zadržati stojeća i polegnuta mrtva i umiruća stabla u dovoljnom volumenu (25m³/ha).

Standardne prakse upravljanja šumskim staništima uključuju redovno korištenje pesticida, posebice insekticida i rodenticida te glifosata. Ovi spojevi mogu biti izuzetno štetni za populacije šišmiša, jer se sve hrvatske vrste hrane kukcima, te kroz razdoblje aktivnosti i intenzivnog hranjenja u organizam šišmiša mogu doći znatne količine ovih štetnih tvari. Dugotrajno nakupljanje otrova u organizmu šišmiša tako može dovesti do preuranjene smrti i narušavanja opstanka populacija šišmiša u šumama. Stoga preporuke za podržavanje populacija velikouhog šišmiša, ali i drugih skupina poput kornjaša i ptica, koje intenzivno koriste šumska staništa, svakako idu u smjeru prekida korištenja ovih tvari ili smanjenja na minimalnu razinu. Ova preporuka odnosi se na korištenje unutar samog šumskog staništa, ali i na područje udaljeno najmanje 200 metara od ruba šuma te osobito oko vodnih tijela koja se nalaze unutar šume ili u njejoj neposrednoj blizini.

Park (2015) naglašava kako je 16 % vrsta u opasnosti od izumiranja zbog gubitka lovnih staništa i skloništa, primarno zbog intenzifikacije poljoprivrednih aktivnosti i urbanizacije. U isto vrijeme sve je više jasan izuzetno velik gospodarski i ekološki značaj šišmiša u poljoprivrednoj proizvodnji. Prvenstveno se to odnosi na činjenicu da kontroliraju populacije kukaca, od kojih su brojni štetnici na kulturama, kako poljoprivrednim tako i u šumskim ekosustavima.

Uzimajući u obzir navedeno, održavanje populacija šišmiša može uvelike doprinijeti smanjenju potreba za korištenjem kemijskih tvari pa tako i nastalih troškova, te ujedno podiči ekološku, s prirodnim procesima usklađenu proizvodnju, na mnogo višu razinu. Uvrštavanje ovakvih praksi u agroekološke mjere koje se propisuju i odnose na šumska staništa, ali i na poljoprivredne, nužna su za opstanak brojnih vrsta pa tako i velikouhog šišmiša.

7. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata ovog istraživanja, može se zaključno predložiti nekoliko konkretnih zaključaka:

- Pregledom svih dostupnih podataka o prisutnosti velikouhog šišmiša utvrđeno je kako je vrsta na području Hrvatske malo istražena te je rasprostranjenost slabo poznata
- Istraživanjem je ustanovljena veća rasprostranjenost velikouhog šišmiša u kontinentalnoj biogeografskoj regiji Hrvatske, kao i njena vezanost uz pojedina šumska staništa, za razliku od prethodnih istraživanja koja su bila vezana najvećim dijelom za podzemna staništa.
- Zbog vrlo tihog glasanja i često nemogućnosti razdvajanja sonograma velikouhog šišmiša od drugih vrsta iz roda *Myotis*, metoda praćenja snimanjem glasanja ultrazvučnim detektorom nije dovoljno pouzdana. Za ovu vrstu je neophodno hvatanje mrežama u šumskim staništima i uz vodena tijela u njihovoj neposrednoj blizini ili zamkama na mjestima rojenja (eng. *swarming sites*).
- Zbog malenog uzorka je korištenje prediktivnih modela izuzetno suženo te je moguće korištenje isključivo onih koji omogućuju rad na malom uzorku i na podacima prisutnosti ne uzimajući u obzir odsutnost
- Optimalni način gospodarenja šumskim staništem je prvenstveno puštanje prirodnim procesima uz što manje uplitanja putem gospodarenja
- U svrhu osiguranja povoljnih uvjeta za velikouhog šišmiša nužno je očuvanje starijih šumskih sastojina - održavanje i zaštita starih šuma s visokim udjelom stabala s dupljama i pukotinama.
- Za očuvanje velikouhog šišmiša nužno je održavanje strukturne raznolikosti šumskih sastojina te očuvanje gustih podrasta i različitih dobnih skupina stabala.
- Ograničavanje sječe i gospodarskih intervencija - smanjenje intenziteta sječe zrelih stabala i uklanjanja mrtvog drva, te primjena selektivnih metoda gospodarenja koje podržavaju očuvanje bioraznolikosti.
- Nužno je smanjenje uporabe kemijskih sredstava - ograničavanje upotrebe pesticida i mineralnih gnojiva kako bi se smanjio negativan utjecaj na ekosustave i mikroklimatske uvjete staništa unutar, ali izvan šumskih staništa u pojasu najmanje 200 metara.

8. POPIS CITIRANE LITERATURE

Anić, I. (2007) Utjecaj strukture i pomlađivanja na potrajnost šuma bukve i jele te šuma bukve Nacionalnog parka Plitvička jezera, Završno izvješće, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Arlettaz R., Perrin N. i Hausser J. (1997) Trophic resource partitioning and competition between the two sibling bat species *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. *Journal of Animal Ecology*, 66, 897-911.

Baagøe, H. (2001) *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1818) - Bechsteinfledermaus. In: F. Krapp (ed.), *Handbuch der Säugetiere Europas, Band 4: Fledertiere, Teil I: Chiroptera 1: Rhinolophidae, Vespertilionidae I*, pp. 443-471. AULA-Verlag, Wiebelsheim, Germany.

Barova, S. i Streit, A. (2018) Action Plan for the Conservation of Bat Species in the European Union 2018–2024, European Commission and UNEP/EUROBATS document. 1-84. ([LINK](#))

Barré, K., Le Viol, I., Bas, Y., Julliard, R., Kerbiriou, C. (2019) Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: Implications for European siting guidance. *Biological Conservation*, Volume 226, October 2018, 205-214.

Battersby, J. (comp.) (2010) Guidelines for Surveillance and Monitoring of European Bats. EUROBATS Publication Series No. 5. UNEP / EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 95 pp.

Blant, M., Moretti, M. i Tinner, W. (2010) Effect of climatic and palaeoenvironmental changes on the occurrence of Holocene bats in the Swiss Alps. *The holocene* 20(5): 7011 – 721.

Božić, B. (2019) Istraživanje zajednice ptica u Parku prirode Medvednica i području ekološke mreže POVS HR2000583 Medvednica. JU PP Medvednica, Zagreb.

Butler, S.J., Freckleton, R.P., Renwick, A.R. i Norris, K. (2012) An objective, niche-based approach to indicator species selection. *Methods in Ecology and Evolution* 2012, 3, 317–326.

Colwell R.K. i Futuyma D.J. (1971) On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology* 52:567-576.

Ćiković, D., Tutiš, V., Kralj, J., Barišić, S., Kirin, T. (2007) Zajednice ptica, danje i noćne grabljivice šumskih ekosustava Parka prirode Medvednica s preporukama za gospodarenje šumama. Zavod za ornitologiju HAZU, Zagreb.

Dale, V.H. i Beyeler, S.C. (2001) Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1, 3–10.

Dietz C., O. von Helversen, D. Nill (2009) *Bats of Britain, Europe and Northwest Africa*. A i C Black Publishers Ltd., London, Great Britain, 400 pp.

Dietz, M., Bögelsack, K., Dawo, B. i Krannich, A. (2013) Habitatbindung und räumliche Organisation der Bechsteinfledermaus. U: Dietz, M. (2013) *Populationsökologie und Habitatansprüche der Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii**. Beiträge zur Fachtagung in der Trinkkuranlage Bad Nauheim: 85-104.

Dietz, M., Dawo, B., Krannich, A. i Pir, J.B. (2015) Identifying key habitats in different scales provides a reliable basis for the conservation of forest dwelling Bechstein's bat. Conference paper.

Dietz, M. i Krannich, A. (2019) Die Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* – Eine Leitart für den Waldnaturschutz. Handbuch für die Praxis. Hrsg. Naturpark Rhein-Taunus.

Dumbović, V. (2007) *Struktura zajednica ptica gnjezdarica u šumama Parka prirode Papuk*. Magistraski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.

Đaković, M. (2017) *Modeli rasprostranjenosti i ekološke značajke dugoušana (rod *Plecotus*; Chiroptera, Mammalia) u Hrvatskoj*, Doktorska disertacija.

European Topic Centre on Biological Diversity (ETC/BD) (2013) *Continental, Pannonian, Steppic and Black Sea Region pre-scoping document*. ([LINK](#))

European Environment Agency (EEA) (2003) *Europe's biodiversity - biogeographical regions and seas; Biogeographical regions in Europe The Continental biogeographical region - agriculture, fragmentation and big rivers* ([LINK](#))

Elith J., Graham C. H., Anderson R. P., Dudík M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R. J., Huettmann F., Leathwick J. R., Lehmann A., Li J., Lohmann L. G., Loiselle B. A., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., McC. M. Overton J., Townsend Peterson A., Phillips S. J., Richardson K., Scachetti-Pereira R., Schapire R. E., Soberón J., Williams S., Wisz M. S. i Zimmermann N. E. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29, 129-151.

Elith J. i Leathwick J. (2007) Predicting species distributions from museum and herbarium records using multiresponse models fitted with multivariate adaptive regression splines. *Diversity and Distributions*, 13, 265-275.

EUROBATS (2023) Report of the Intersessional Working Group on Wind Turbines and Bat Populations. Doc.EUROBATS.AC27.6.Rev.1 (posted 28 March 2023). 27th Meeting of the Advisory Committee. Sarajevo. BiH. ([LINK](#))

Fleishman, E., Blair, R.B. i Murphy, D.D. (2001) Empirical validation of a method for umbrella species selection. *Ecological Applications*, 11, 1489-1501.

Fuentes-Montemayor, E., Goulson, D., Cavin, L., Wallace, J. M., i Park, K. J. (2013) Fragmented woodlands in agricultural landscapes: the influence of woodland character and landscape context on bats and their insect prey. *Agriculture, Ecosystems i Environment*, 172, 6-15.

Greenaway, F i Hill, D. (2005) Woodland management advice for Bechstein's bat and barbastelle bat (ENRR658), English Nature Research Reports (Natural England), 1- 30.

Grinnell, J. (1917) The Niche-Relationship of the California Thrasher. *The AUK*, 34 (4). 427-433.

Gregory, R.D., van Strien, A., Vorisek, P., Gmelig Meyling, A.W., Noble, D.G., Foppen, R.P.B. i Gibbons, D.W. (2005) Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 360, 269–288.

Guisan, A. i Thullier, W. (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models, *Ecology Letters*, 8(9), 993-1009.

Hagen E.M. i Sabo J.L. (2011) A landscape perspective on bat foraging ecology along rivers: Does channel confinement and insect availability influence the response of bats to aquatic resources in riverine landscapes? *Oecologia*. 2011;166:751-760
<http://dx.doi.org/10.1007/s00442-011-1913-4>

HAOP (2019) Podaci o rasprostranjenosti vrste velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*) iz baze podataka nadležnog tijela za stručne poslove zaštite prirode – Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP)

Hayes J.P. (2003) Habitat ecology and conservation of bats in western coniferous forests, U: Zabel CJ, Anthony RG (Eds.) *Mammal community dynamics: management and conservation*

in the coniferous forests of western North America, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 81-119.

Hill, D. A. i Greenaway, F. (2006) Putting Bechstein's bat on the map. Final Report to Mammals Trust UK, London.

Hirzel A. H., Hausser J., Chessel D. i Perrin N. (2002) Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology*, 83, 2027-2036.

Hirzel A. H. i Le Lay G. (2008) Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*, 45, 1372-1381.

Hutchinson, G.E. (1957) Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. 193-213.

Jepsen J. (2004) Spatially explicit models in landscape and species management. PhD. National Environmental Research Institute. Ministry of the Environment. Denmark

James F. C., Johnston R. F., Warner N. O., Niemi G. i Boecklen W. (1984) The Grinnellian niche of the Wood Thrush. *The American Naturalist*, 124, 17-47.

Jones, G., Jacobs, D. S., Kunz, T. H., Willig, M. R., i Racey, P. A. (2009) Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research*, 8, 93-115.

Josić D., Çoraman E., Waurick I., Franzenburg S., Ancillotto L., Bajić B., Budinski I., Dietz C., Görföl T., Hayden Bofill S. I., Presetnik P., Russo D., Spada M., Zrnčić V., Blom M.P.K., Mayer F. (2024) Cryptic hybridization between the ancient lineages of Natterer's bat (*Myotis nattereri*). *Molecular Ecology*. Volume33, Issue13, <https://doi.org/10.1111/mec.17411>

Lacki M.J., Hayes J.P., Kurta A. (Eds.) (2007) *Bats in forests: conservation and management*, John Hopkins University Press, Baltimore, USA.

Lambeck R.J. (1997) Focal Species: A Multi-Species Umbrella for Nature Conservation. *Conservation Biology*, Volume11, Issue4, 849-856.

Levins R. (1968) *Evolution in changing environments: Some theoretical explorations*. Princeton University Press, Princeton, N.Y.

Kapelj, S., Radović A., Zec, M., Mihelič, T., Mikac, S., Maslač Mikulec, M., Patčev, E., Dender, D., Taylor, L., Mikuška, T., Budinski, I. (2023) Završno izvješće Usluge definiranja SMART ciljeva očuvanja i osnovnih mjera očuvanja ciljnih vrsta i stanišnih tipova - Grupa 5:

- Definiranje ciljeva i mjera očuvanja za nedovoljno poznate vrste ptica, Udruga BIOM, Geonatura, DOPPS, Zagreb. 36 str.
- Kerth G., Wagner M. i König B. (2001) Roosting together, foraging apart: information transfer about food is unlikely to explain sociality in female Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 50:283–291.
- Kipson, M. (2012) Fauna šišmiša (Chiroptera) na odabranim područjima Regionalnog parka Mura - Drava.
- Kirin, T. (2009) Obilježja zajednica ptica Medvednice i Žumberačkog gorja. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.
- Kovač, D. i Fressel, N. (2010) Istraživanje faune šišmiša u NP Paklenica s posebnim naglaskom na visinsku raspodjelu, u Lejla Čolić i Sven Kapelj, ed., Zbornik istraživačkih radova Udruge studenata biologije - "BIUS" u Nacionalnom parku Paklenica.
- Kovač, D. i Ratko, M. (2010) Istraživanje faune šišmiša parka Maksimir, Udruga studenata biologije "BIUS".
- MacArthur, R.H. i Levins, R. (1967) The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *Am Nat* 101:377-385.
- Mackie, I. J. i Racey, P.A. (2008) Noctule *Nyctalus noctula*. In: Harris, S. i Yalden, D. W. (Eds). *Mammals of the British Isles*. 4th ed. The Mammal Society, Southampton, UK. pp 338-342.
- Marchi, M., Castellanos-Acuña, D., Hamann, A. (2020) ClimateEU, scale-free climate normals, historical time series, and future projections for Europe. *Sci Data* 7, 428 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00763-0>
- Mazija, M. i Jagarinec, A. (2004) Projekt Papuk 2004. Izvještaj sekcije za šišmiše, Udruga studenata biologije - BIUS.
- Mazija, M. Domazetović, Z., Kovač D., Fressel N., Pleše, B., Benčina, B., Brnin, K., Štefan, A., Zrnčić, V. i Malić, S. (2011) Završni izvještaj o provedbi projekta „Istraživanje šumskih vrsta šišmiša u Parku prirode Medvednica“, Udruga za zaštitu šišmiša Tragus.
- Mazija, M. (2015) Fauna šišmiša u Krapinsko-zagorskoj županiji, Završni izvještaj o provedbi projekta, 21 pp.

Mazija M. (2015a): Monitoring šumskih šišmiša na odabranim lokalitetima Parka prirode Medvednica, Završni izvještaj o provedbi projekta, 22 pp.

Mazija, M. (2016) Istraživanje šišmiša u četiri zaštićena područja u Brodsko-posavskoj županiji, Završni izvještaj o provedbi projekta, 15 pp.

Mazija, M., Zrnčić, V., Rnjak, D., Kipson, M., Žvorc, P., Josić, D. i Renje, S. (2016) Završno izvješće za skupinu Chiroptera. U: Mrakovčić, M., Mustafić, P., Jelić D., Mikulić, K., Mazija, M., Maguire, I., Šašić Kljajo, M., Kotarac, M., Popijač, A., Kučinić, M. i Mesić, Z. - Projekt integracije EU Natura 2000 - Terensko istraživanje i laboratorijska analiza novoprikupljenih inventarizacijskih podataka za taksonomske skupine: Actinopterygii i Cephalaspidomorpha, Amphibia i Reptilia, Aves, Chiroptera, Decapoda, Lepidoptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera. Oikon-HID-HYLA-NATURA-BIOM-CKFF-GEONATURA-HPM-TRAGUS, Zagreb.

Mazija, M. (2018) Praćenje stanja šumskih vrsta šišmiša, s naglaskom na vrstu velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteini*) unutar granica zaštićenog područja spomenika parkovne arhitekture parka Maksimir - početno istraživanje, Završni izvještaj o provedbi projekta, 9 pp.

Mazija, M. (2019) Praćenje stanja šumskih vrsta šišmiša s naglaskom na vrstu velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteini*) unutar granica zaštićenog područja spomenika parkovne arhitekture parka Maksimir, Završni izvještaj o provedbi projekta, 14 pp.

Mazija, M., Ćirović, D. i Kušan, V. (2021) Distribution and habitat selection of Bechstein's Bat (*Myotis bechsteini*) in Continental biogeographical region in Croatia. Book of abstracts (poster presentation) 15th European Bat Research Symposium, 4 – 7 May 2021, Turku, Finland.

Mickleburg, S. P., Hutson, A. M. i Racey, P. A. (2002) A review of the global conservation status of bats. *Oryx*, 38, 18-34.

Mitchell-Jones, T., Amori G., Bogdanowicz W., Kryštufek B., Reijnders P.J.H., Spitzenberger F., Stubbe M., Thissen J.B.M., Vohralík V. i Zima J. (1999) The atlas of European mammals. Academic Press, London.

Murphy, S. E., Greenaway, F., i Hill, D. A. (2012): Patterns of habitat use by female brown long-eared bats presage negative impacts of woodland conservation management. *Journal of Zoology*, 288, 177-183.

- Napal, M., Garin, I., Goiti, U., Salsamendi, E. i Aihartza, J. (2010) Habitat selection by *Myotis bechsteinii* in the southwestern Iberian Peninsula. *Annales Zoologici Fennici*, 47, 239-250.
- Napal, M., Garin, I., Goiti, U., Salsamendi, E. i Aihartza, J. (2013) Past deforestation of Mediterranean Europe explains the present distribution of the strict forest dweller *Myotis bechsteinii*. *Forest Ecology and Management*, 293, 161-170.
- National Research Council (2000) *Ecological Indicators for the Nation*. National Academy Press, Washington, DC.
- Niemeijer, D. i de Groot, R.S. (2008) A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecological Indicators*, 8, 14–25.
- O'Shea T. J., Cryan P. M., Hayman D. T. S., Plowright R. K. i Streicker D. G. (2016) Multiple mortality events in bats: a global review. *Mammal Review*, 46, 3, 175-190.
- Palmer, E., Pimley, E., Sutton, G. i Birks, J. (2013) A study on the population size, foraging range and roosting ecology of Bechstein's bats at Grafton wood SSSI, Worcestershire. A report to The People's Trust for Endangered Species i Worcester Wildlife Trust. Report. Link Ecology and Swift Ecology, Worcestershire, England.
- Park, K.J. (2015) Mitigating the impacts of agriculture on biodiversity: bats and their potential role as bioindicators. *Mammalian Biology*, Vol. 80, Issue 3, 91-204.
- Patterson, B.D., Willig, M.R. i Stevens, R.D. (2003) Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. U: Kunz, T.H. i Fenton, M.B (eds.), *Bat ecology*. The University of Chicago Press: 536–579.
- Pavlinić, I. i Đaković, M. (2009) Znanstvena analiza dvanaest vrsta šišmiša s dodatka II Direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore za potrebe prijedloga potencijalnih Natura 2000 područja za šišmiše. Završni izvještaj projekta, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb.
- Pavlinić, I., Đaković, M. i Tvrčković, N. (2010) Atlas šišmiša Hrvatske, I dio. *Nat. Croat.*, Vol. 19, No. 2., 295–337, Zagreb.
- Pearce, J. i Ferrier, S. (2000) Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecological Modelling*, 133, 225-245.

- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M. i Peterson, A. T. (2006) Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34, 102-117.
- Pearson, R.G. (2007) Species distribution modelling for conservation educators and practioners, *Native Plants*, 98210, 1-50.
- Peterson, T.A., Soberón, J., Pearson, R.G., Anderson, R.P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. i Araújo, M.B. (2011) *Ecological Niches in Geographic Distributions*. Monographs, Princeton University Press, 328.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. i Schapire, R. E. (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 3-4, 231-259.
- Pianka, E.R. (1974) Niche overlap and diffuse competition. *Proc Nat Acad Sci. USA*. 71:2141-2145.
- Plank, M., Fiedler, K. i Reiter, G. (2012) Use of forest strata by bats in temperate forests. *Journal of Zoology*, 286, 154-162.
- Pulliam, R. H. (1988) Sources, Sinks, and Population Regulation. *The American Naturalist*, 132, 5, 652-661.
- Pulliam, R.H. (2000) On the relationship between niche and distribution. *Ecology letters*, 3 (4), str. 349-361.
- Ratko, M. i Zrnčić, V. (2011) Monitoring faune šišmiša Parka Maksimir, Završno izvješće, Udruga studenata biologije "BIUS".
- Rauchenstein, K., Ecker, K., Bader, E., Ginzler, C., Düggelin, C., Bontadina, F. i Obrist, M.K. (2022) LiDAR metrics predict suitable forest foraging areas of endangered Mouse-eared bats (*Myotis myotis*), *Forest Ecology and Management*, Volume 515, 1 July 2022, 120210, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120210>
- Rebelo, H. i Jones, G. (2010) Ground validation of presence-only modelling with rare species: a case study on barbastelles *Barbastella barbastellus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Journal of Applied Ecology*, 47, 410-420.
- Rnjak D., P. Presetnik, G. Rnjak, S. Maleš, M. Janeš, D. Grozić, V. Zrnčić, N. Hanžek, H. Hodak, L. Lučev, D. Kovačić i E. Kovač (2023) Izvješće o provedenim terenskim

istraživanjima za dodatno prikupljanje podataka (RP1) – GRUPA 4: „Izrada i razvoj programa praćenja za šišmiše s jačanjem kapaciteta dionika sustava praćenja i izvješćivanja“. (Hamidović, D., ur.). Geonatura d.o.o., Zagreb. Preuzeto sa stranice Zavoda za zaštitu okoliša i prirode Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (2024):

<https://hrpres.mzoe.hr/s/CDMA3TTpCRCcsno>, Pristupljeno: 24. siječnja 2024.

Rukavina, I., Kostanjšek, F., Jelaska, S.D., Pirnat, A. i Šerić Jelaska, L. (2018) Distribution and habitat suitability of two rare saproxylic beetles in Croatia – a piece of puzzle missing for South-Eastern Europe. *iForest* 11: 765-774. – doi: 10.3832/ifor2753-011 [online 2018-11-28]

Salvo, I.D., Fulco, A., Sarà, M. i Russo, D. (2012) Occurrence of Bechstein's bat *Myotis bechsteinii* (Chiroptera: Vespertilionidae) in Sicily, *NATURA RERUM* - 1 (2012): 75-78.

Sattler, T., Bontadina, F., Hirzel, A. H. i Arlettaz, R. (2007) Ecological niche modelling of two cryptic bat species calls for a reassessment of their conservation status. *Journal of Applied Ecology*, 44, 1188-1199.

Schofield, H. W. i Greenaway, F. (2008) Bechstein's Bat *Myotis bechsteinii*. U: Harris, S., i Yalden, D. W. (Eds). *Mammals of the British Isles*. 4th ed. The Mammal Society, Southampton, UK. pp 328-331.

Siemers, B. M. i Swift, S. M. (2006) Differences in sensory ecology contribute to resource partitioning in the bats *Myotis bechsteinii* and *Myotis nattereri* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59, 373-380.

Singer, D., Hondong, H. i Dietz, M. (2021) Habitat use of Bechstein's Bat (*Myotis bechsteinii*) and woodpeckers reveals the importance of old-growth features in European beech forests, *Forest Ecology and Management* Volume 498, 15 October 2021, 119547, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119547>

Slatki, M. (2021): Izbior staništa primarnih i sekundarnih ptica dupljašica u poplavnim šumama uz rijeku Dravu, Hrvatska. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno -matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.

Soberon, J.M. i Peterson, A.T. (2005) Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2 (1): 10

Speakman, J.R., Racey, P.A., Catto, C.M.C., Webb, P.I., Swift, S.M. i Burnett, A.M. (1991) Minimum summer populations and densities of bats in N.E. Scotland, near the northern borders of their distribution. *J. Zool.* 225: 32–345.

Theou, P. i Đurović, M. (2015) Bechstein's bat *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817) in Southwestern Balkans: First record for Montenegro and additional data for Albania. *Ecol. Mont.* 2(3): 187-190.

Tvrtković, N., Pavlinić, I., Holcer, D. i Vuković, M. (2006) „Praćenje useljavanja šišmiša u ponoru Uviraljka i stanje faune sitnih sisavaca u raznim šumskim ekosustavima“, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb

Tvrtković, N. (2007) Skloništa šišmiša s dodatka II Direktive o staništima u Hrvatskoj poznata u razdoblju od 1956. do 2006. godine

Voigt, C.C. i Kingston, T. (2016) Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World, Springer International Publishing, Springer Open, eBook.

Zeale, M. R., Davidson-Watts, I. i Jones, G. (2012) Home range use and habitat selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*): implications for conservation. *Journal of Mammalogy*, 93, 1110-1118.

Zehetmaira, T., Müller J., Runkeld V., Stahlschmidte P., Winterf S., Zharovg A. i Gruppea A. (2014) Poor effectiveness of Natura 2000 beech forests in protecting forest-dwelling bats, *Journal for Nature Conservation* 25367 (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2014.07.003>

Zhou, P., Yang, X.-L., Wang, X.-G., Hu, B., Zhang, L., Zhang, W., Si, H.-R., Zhu, Y., Li, B., Huang, C.-L., Chen, H.-D., Chen, J., Luo, Y., Guo, H., Jiang, R.-D., Liu, M.-Q., Chen, Y., Shen, X.-R., Wang, X., Zheng, X.-S., Zhao, K., Chen, Q.-J., Deng, F., Liu, L.-L., Yan, B., Zhan, F.-X., Wang, Y.-Y., Xiao, G.-F. i Shia, Z.-L. (2020) Pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin, *Nature* Vol. 579, pages270–273(2020).

Walters, C. L., Freeman, R., Collen, A., Dietz, C., Brock Fenton, M., Jones, G., Obrist, M. K., Puechmaille, S. J., Sattler, T., Siemers, B. M., Parsons, S. i Jones, K. E. (2012) A continental-scale tool for acoustic identification of European bats. *Journal of Applied Ecology*, 49, 1064-1074.

Web izvori:

Web-1 Biportal <https://biportal.hr/gis/>

Web-2 ClimateEU <https://sites.ualberta.ca/~ahamann/data/climateeu.html>

Web-3 OpenStreetMap <https://download.geofabrik.de/europe/croatia.html>

Legislativa:

Leg-1 Strategija EU-a za bioraznolikost do 2030., Komunikacija Komisije europskom Parlamentu, Vijeću, Europskom gospodarskom socijalnom odboru i odboru regija, COM(2020) 380, Bruxelles, 2020

Leg-2 Šumskogospodarska osnova 2016. - 2025. (<https://poljoprivreda.gov.hr/istaknute teme/sume-112/sumarstvo/sumskogospodarska-osnova-2016-2025/250>)

Leg-3 Direktiva o staništima (1992) Direktiva Vijeća 92/43/EEZ (*European Council Directive 92/43/EEC*) o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore.

Leg-4 Pravilnik o uređivanju šuma (N 97/2018, 101/2018, 31/2020 i 99/2021)

Leg-5 Pravilnik o popisu stanišnih tipova i karti staništa (NN 27/21)

Leg-6 Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/13, 73/16)

Leg-7 Zakon o šumama (NN 68/18, 115/18, 98/19, 32/20, 145/20, 101/23, 36/24)

Leg-8 Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19, 155/23)

9. PRILOZI

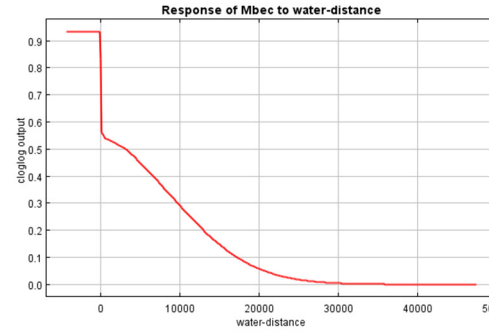
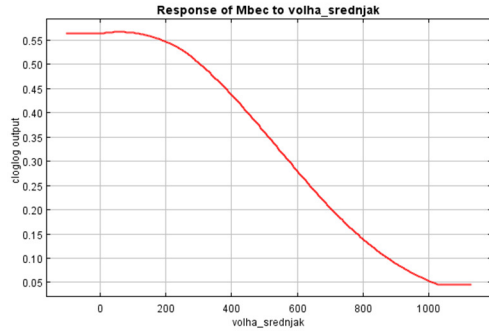
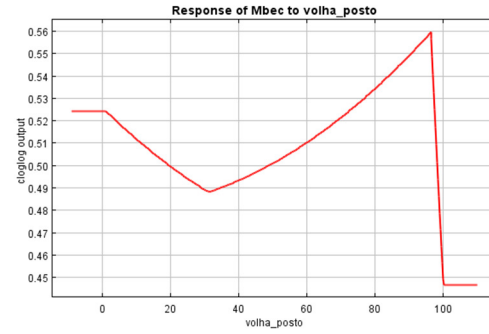
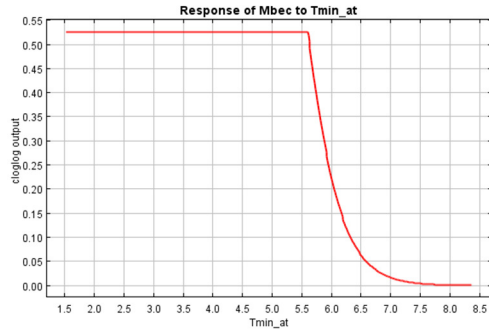
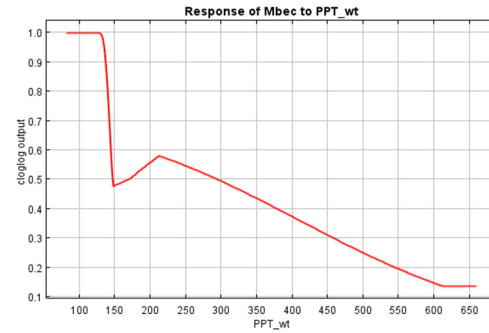
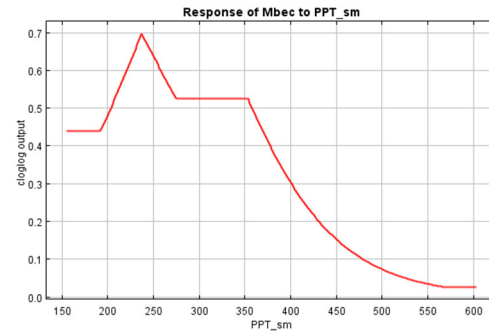
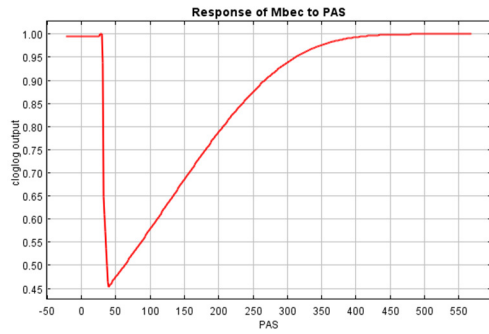
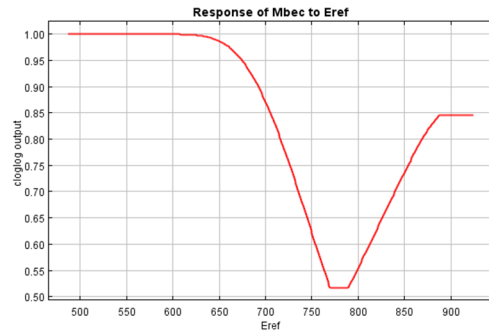
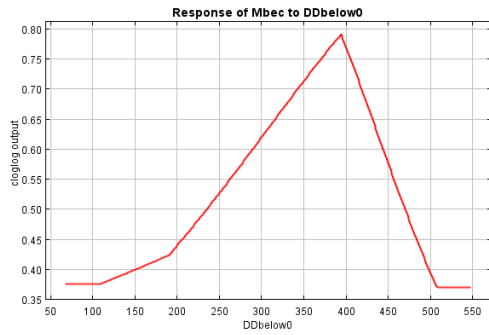
Prilog 1. Analizirane bioklimatološke varijable

Naziv varijable	Opis varijable	Jedinica mjere
AHM	godišnji indeks topline:vlaga <i>annual heat:moisture index</i> $AHM = (MAT + 10)/(MAP/ 1000)$	°C/mm
CMD	Hargreaves klimatski deficit vlage <i>Hargreave's climatic moisture deficit</i>	
DD>5	broj dana iznad 5 °C <i>degree-days above 5 °C or growing degree-days</i>	°C
DD>18	broj dana iznad 18 °C <i>degree-days above 18 °C or cooling degree-days</i>	°C
DD<0	broj dana ispod 0 °C <i>degree-days below 0 °C or chilling degree-days</i>	°C
DD<18	broj dana ispod 18 °C <i>degree-days below 18 °C or heating degree-days</i>	°C
EMT	ekstremna minimalna temperatura posljednjih 30 godina <i>extreme minimum temperature over 30 years</i>	°C
Eref	Hargreaves referentna evaporacija <i>Hargreave's reference evaporation</i>	
FFP	razdoblja bez mraza <i>frost-free period</i>	dan
eFFP	Julijanski datum na koji završava FFP <i>End of frost-free period / Julian date on which FFP ends</i>	dan
bFFP	Julijanski datum na koji počinje FFP <i>Begining of frost-free period / Julian date on which FFP begins</i>	dan
MAP	ukupna godišnja količina oborina <i>mean annual precipitation</i>	mm
MAT	prosječna godišnja temperatura zraka <i>mean annual temperature</i>	°C
MSP	oborine od Svibnja do Rujna <i>mean summer precipitation</i>	mm
MCMT	prosječna temperatura najhladnijeg mjeseca <i>mean coldest month temperature</i> $MCMT = \min(T_{mon.mean})$	°C
MWMT	prosječna temperatura najtoplijeg mjeseca <i>mean warmest month temperature</i> $MWMT = \max(T_{mon.mean})$	°C
NFFD	broj dana bez mraza <i>the number of frost-free days</i>	dan
PAS	oborina kao snijeg (mm) između kolovoza prethodne godine i srpnja tekuće godine <i>precipitation as snow between August of the previous year and July of the current year</i>	mm
PPT_at	količina oborina u jesen <i>Mean autumn precipitation (Average of daily mean precipitation for Sep-Nov)</i>	mm
PPT_sm	količina oborina u ljeto <i>Mean summer precipitation (Average of daily mean precipitation for Jun-Aug)</i>	mm
PPT_sp	količina oborina u proljeće <i>Mean spring precipitation (Average of daily mean precipitation for March-May)</i>	mm
PPT_wt	količina oborina zimi <i>Mean winter precipitation (Average of daily mean precipitation for Dec of previous year to Feb)</i>	mm
SHM	ljetne vrućine:indeks vlage <i>summer heat moisture index (mean growing season (May to September) precipitation (MST))</i> $(SHM = (MWMT)/(MSP/1000))$	°C/mm
TD	kontinentalnost <i>temperature difference</i> $TD = MWMT - MCMT$	°C
Tmax_at	prosječna maksimalna temperatura zraka u jesen (rujan do listopad) <i>maximum temperature autumn</i>	°C
Tmax_sm	prosječna maksimalna temperatura zraka u ljeto (lipanj do kolovoz)	°C

	<i>maximum temperature summer</i>	
Tmax_wt	prosječna maksimalna temperatura zraka u zimu (prosinac prethodne do veljača tekuće godine) <i>maximum temperature winter</i>	°C
Tmax_sp	prosječna maksimalna temperatura zraka u proljeće (ožujak do svibanj) <i>maximum temperature spring</i>	°C
Tmin_at	prosječna minimalna temperatura zraka u jesen (rujan do listopad) <i>minimum temperature autumn</i>	°C
Tmin_sm	prosječna minimalna temperatura zraka u ljeto (lipanj do kolovoz) <i>minimum temperature summer</i>	°C
Tmin_sp	prosječna minimalna temperatura zraka u proljeće (ožujak do svibanj) <i>minimum temperature spring</i>	°C
Tmin_wt	prosječna minimalna temperatura zraka u zimu (prosinac prethodne do veljača tekuće godine) <i>minimum temperature winter</i>	°C

*zelenom bojom i masno otisnutim slovima su označene varijable koje su analizom VIF izdvojene kao značajne i uključene su izradu modela

Prilog 2. Krivulje odziva modela koje prikazuju kako svaka varijabla okoliša utječe na *MaxEnt* predviđanje



Prilog 3. VIF vrijednosti bioklimatskih varijabli

VIF	Tmax_sp	Tmax_sp_1	AHM	bFFP	CMD	DDabove5	DDabove16	DDbelow0	DDbelow16	eFFP	EMT	Eref	FFP	MAP	MAT	MCMT	MWMT	NFFD	PAS	PPT_at	PPT_sm	PPT_sp	PPT_wt	SHM	TD	Tmax_at	Tmax_sm	Tmax_wt	Tmin_at	Tmin_sm	Tmin_sp	Tmin_wt
Tmax_sp	#DIV/0!	#DIV/0!	2,68	3,09	3,10	12,75	8,25	1,78	6,38	1,80	1,62	8,84	2,37	2,03	7,38	1,66	7,25	2,58	5,38	1,73	2,92	1,85	1,41	3,25	1,20	15,50	26,07	2,13	2,12	3,26	8,23	1,83
Tmax_sp	#DIV/0!	#DIV/0!	2,68	3,09	3,10	12,75	8,25	1,78	6,38	1,80	1,62	8,84	2,37	2,03	7,38	1,66	7,25	2,58	5,38	1,73	2,92	1,85	1,41	3,25	1,20	15,50	26,07	2,13	2,12	3,26	8,23	1,83
AHM	2,68	2,68	#DIV/0!	1,27	16,59	1,87	1,95	1,03	1,44	1,06	1,04	1,88	1,15	12,42	1,52	1,02	1,60	1,15	1,82	8,23	6,34	8,62	3,11	24,05	1,62	2,14	2,09	1,06	1,11	1,37	1,70	1,06
bFFP	3,09	3,09	1,27	#DIV/0!	1,38	7,86	5,53	4,14	11,94	8,03	4,67	2,89	33,57	1,10	11,99	3,84	5,80	15,22	2,91	1,04	1,39	1,08	1,01	1,42	1,00	4,84	4,06	4,34	11,45	5,47	13,04	5,56
CMD	3,10	3,10	16,59	1,38	#DIV/0!	2,11	2,20	1,06	1,58	1,09	1,09	2,47	1,21	5,23	1,68	1,07	1,68	1,22	1,74	4,30	7,80	4,03	1,93	41,85	1,38	2,70	2,51	1,11	1,14	1,36	1,89	1,11
DDabove5	12,75	12,75	1,87	7,86	2,11	#DIV/0!	34,93	2,45	18,33	3,18	2,46	6,08	5,15	1,45	37,68	2,35	21,32	5,30	4,75	1,29	1,97	1,39	1,17	2,22	1,10	18,29	24,39	3,07	4,28	6,71	42,89	2,90
DDabove1	8,25	8,25	1,95	5,53	2,20	34,93	#DIV/0!	2,01	7,56	2,73	2,19	4,85	4,02	1,46	11,98	2,00	15,10	3,68	3,39	1,30	1,91	1,43	1,18	2,33	1,14	9,68	16,45	2,39	3,59	6,46	13,07	2,36
DDbelow0	1,78	1,78	1,03	4,14	1,06	2,45	2,01	#DIV/0!	4,72	5,92	7,24	2,09	5,53	1,00	3,72	12,10	2,42	7,58	2,40	1,00	1,07	1,00	1,01	1,07	1,07	2,27	2,10	10,51	4,28	2,25	2,90	8,37
DDbelow1	6,38	6,38	1,44	11,94	1,58	18,33	7,56	4,72	#DIV/0!	4,81	3,65	5,39	8,60	1,23	100,13	3,87	10,96	12,65	5,72	1,14	1,59	1,19	1,07	1,62	1,02	10,64	9,21	6,07	6,14	5,49	27,29	4,96
eFFP	1,80	1,80	1,06	8,03	1,09	3,18	2,73	5,92	4,81	#DIV/0!	9,91	1,77	28,88	1,01	4,54	6,32	3,17	15,15	2,13	1,00	1,09	1,01	1,00	1,11	1,02	2,30	2,16	4,67	16,16	3,89	3,94	12,82
EMT	1,62	1,62	1,04	4,67	1,09	2,46	2,19	7,24	3,65	9,91	#DIV/0!	1,93	7,53	1,00	3,39	20,07	2,19	8,43	1,74	1,00	1,06	1,00	1,02	1,08	1,12	2,23	1,96	5,60	4,45	2,08	2,86	24,59
Eref	8,84	8,84	1,88	2,89	2,47	6,08	4,85	2,09	5,39	1,77	1,93	#DIV/0!	2,28	1,51	5,61	2,10	3,75	2,60	3,20	1,39	2,20	1,41	1,15	2,28	1,03	14,66	11,87	2,76	1,89	2,05	4,87	2,02
FFP	2,37	2,37	1,15	33,57	1,21	5,15	4,02	5,53	8,60	28,88	7,53	2,28	#DIV/0!	1,04	8,17	5,37	4,59	28,69	2,59	1,01	1,21	1,04	1,00	1,24	1,00	3,35	3,00	5,08	22,51	5,18	7,33	9,73
MAP	2,03	2,03	12,42	1,10	5,23	1,45	1,46	1,00	1,23	1,01	1,00	1,51	1,04	#DIV/0!	1,26	1,00	1,34	1,05	1,67	33,57	5,24	36,65	6,41	6,14	1,78	1,58	1,61	1,02	1,03	1,20	1,35	1,01
MAT	7,38	7,38	1,52	11,99	1,68	37,68	11,98	3,72	100,13	4,54	3,39	5,61	8,17	1,26	#DIV/0!	3,39	15,80	10,32	5,11	1,16	1,65	1,22	1,09	1,74	1,03	12,58	12,37	4,96	6,12	6,42	40,06	4,39
MCMT	1,66	1,66	1,02	3,84	1,07	2,35	2,00	12,10	3,87	6,32	20,07	2,10	5,37	1,00	3,39	#DIV/0!	2,13	7,48	1,87	1,00	1,06	1,00	1,02	1,06	1,16	2,24	1,98	13,99	3,74	1,91	2,65	15,25
MWMT	7,25	7,25	1,60	5,80	1,68	21,32	15,10	2,42	10,96	3,17	2,19	3,75	4,59	1,34	15,80	2,13	#DIV/0!	4,68	4,70	1,20	1,67	1,31	1,16	1,81	1,16	6,01	12,14	2,89	5,05	13,56	12,08	2,60
NFFD	2,58	2,58	1,15	15,22	1,22	5,30	3,68	7,58	12,65	15,15	8,43	2,60	28,69	1,05	10,32	7,48	4,68	#DIV/0!	2,91	1,02	1,23	1,04	1,00	1,25	1,00	3,78	3,28	8,21	14,22	4,31	7,38	18,50
PAS	5,38	5,38	1,82	2,91	1,74	4,75	3,39	2,40	5,72	2,13	1,74	3,20	2,59	1,67	5,11	1,87	4,70	2,91	#DIV/0!	1,43	1,91	1,64	1,44	1,85	1,08	4,25	4,60	2,49	2,43	3,40	4,81	2,09
PPT_at	1,73	1,73	8,23	1,04	4,30	1,29	1,30	1,00	1,14	1,00	1,00	1,39	1,01	33,57	1,16	1,00	1,20	1,02	1,43	#DIV/0!	3,65	14,74	5,66	4,54	1,65	1,42	1,43	1,00	1,00	1,10	1,22	1,00
PPT_sm	2,92	2,92	6,34	1,39	7,80	1,97	1,91	1,07	1,59	1,09	1,06	2,20	1,21	5,24	1,65	1,06	1,67	1,23	1,91	3,65	#DIV/0!	3,46	1,85	11,13	1,41	2,41	2,27	1,13	1,15	1,38	1,85	1,10
PPT_sp	1,85	1,85	8,62	1,08	4,03	1,39	1,43	1,00	1,19	1,01	1,00	1,41	1,04	36,65	1,22	1,00	1,31	1,04	1,64	14,74	3,46	#DIV/0!	9,00	4,39	1,84	1,46	1,53	1,01	1,02	1,20	1,30	1,00
PPT_wt	1,41	1,41	3,11	1,01	1,93	1,17	1,18	1,01	1,07	1,00	1,02	1,15	1,00	6,41	1,09	1,02	1,16	1,00	1,44	5,66	1,85	9,00	#DIV/0!	2,08	1,97	1,17	1,23	1,00	1,00	1,11	1,12	1,01
SHM	3,25	3,25	24,05	1,42	41,85	2,22	2,33	1,07	1,62	1,11	1,08	2,28	1,24	6,14	1,74	1,06	1,81	1,25	1,85	4,54	11,13	4,39	2,08	#DIV/0!	1,53	2,69	2,57	1,11	1,18	1,47	1,99	1,12
TD	1,20	1,20	1,62	1,00	1,38	1,10	1,14	1,07	1,02	1,02	1,12	1,03	1,00	1,78	1,03	1,16	1,16	1,00	1,08	1,65	1,41	1,84	1,97	1,53	#DIV/0!	1,06	1,13	1,05	1,00	1,16	1,05	1,07
Tmax_at	15,50	15,50	2,14	4,84	2,70	18,29	9,68	2,27	10,64	2,30	2,23	14,66	3,35	1,58	12,58	2,24	6,01	3,78	4,25	1,42	2,41	1,46	1,17	2,69	1,06	#DIV/0!	20,31	2,86	2,60	3,02	13,52	2,52
Tmax_sm	26,07	26,07	2,09	4,06	2,51	24,39	16,45	2,10	9,21	2,16	1,96	11,87	3,00	1,61	12,37	1,98	12,14	3,28	4,60	1,43	2,27	1,53	1,23	2,57	1,13	20,31	#DIV/0!	2,65	2,64	3,88	10,64	2,17
Tmax_wt	2,13	2,13	1,06	4,34	1,11	3,07	2,39	10,51	6,07	4,67	5,60	2,76	5,08	1,02	4,96	13,99	2,89	8,21	2,49	1,00	1,13	1,01	1,00	1,11	1,05	2,86	2,65	#DIV/0!	4,22	2,33	3,34	6,99
Tmin_at	2,12	2,12	1,11	11,45	1,14	4,28	3,59	4,28	6,14	16,16	4,45	1,89	22,51	1,03	6,12	3,74	5,05	14,22	2,43	1,00	1,15	1,02	1,00	1,18	1,00	2,60	2,64	4,22	#DIV/0!	7,89	5,23	5,94
Tmin_sm	3,26	3,26	1,37	5,47	1,36	6,71	6,46	2,25	5,49	3,89	2,08	2,05	5,18	1,20	6,42	1,91	13,56	4,31	3,40	1,10	1,38	1,20	1,11	1,47	1,16	3,02	3,88	2,33	7,89	#DIV/0!	6,51	2,49
Tmin_sp	8,23	8,23	1,70	13,04	1,89	42,89	13,07	2,90	27,29	3,94	2,86	4,87	7,33	1,35	40,06	2,65	12,08	7,38	4,81	1,22	1,85	1,30	1,12	1,99	1,05	13,52	10,64	3,34	5,23	6,51	#DIV/0!	3,54
Tmin_wt	1,83	1,83	1,06	5,56	1,11	2,90	2,36	8,37	4,96	12,82	24,59	2,02	9,73	1,01	4,39	15,25	2,60	18,50	2,09	1,00	1,10	1,00	1,01	1,12	1,07	2,52	2,17	6,99	5,94	2,49	3,54	#DIV/0!

10. ŽIVOTOPIS AUTORA

Mirna Mazija rođena je 25. lipnja 1980. godine u Zagrebu, gdje pohađa osnovnu školu i prirodoslovno-matematički smjer u III gimnaziji. Godine 1998. upisuje studij biologije, smjer ekologija, na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (dipl. ing. biologije - ekologija), a diplomski rad s temom „Ekološka i faunistička obilježja vodenih staništa dabra (*Castor fiber* L.) u šumi Žutici kod Ivanić Grada“ (mentor: prof. dr. sc. Mladen Kerovec) brani u svibnju 2006. godine. Doktorski studij biologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu upisuje 2009. godine.

Od veljače 2007. godine do travnja 2012. na poslovima istraživanja i monitoringa faune i zaštićenih prirodnih vrijednosti te procjene utjecaja na okoliš i ocjena prihvatljivosti za ekološku mrežu radi u tvrtki OIKON d.o.o. – Institut za primijenjenu ekologiju, kao suradnik u Zavodu za prirodne resurse, Odjel za zaštitu prirode, a od svibnja 2012. je na pola radnog vremena u tvrtki OIKON d.o.o. i kao suradnik u tvrtki Geonatura d.o.o. za poslove zaštite prirode na istim poslovima. Kao Voditelj odjela za očuvanje prirode u tvrtki Ekoinvest d.o.o. radi od listopada 2015. godine do siječnja 2017. godine. U svibnju 2013. osniva Samostalnu djelatnost - Savjetovanje u području prirode i okoliša gdje radi sve do prosinca 2022. godine. Godine 2017. završava usavršavanje u tvrtki Algebra d.o.o. za obrazovanje odraslih i usluge za poslove Voditelja izrade i provedbe projekata financiranih iz EU fondova. Od siječnja 2023. godine, kao vlasnica i direktorica, sve do danas radi u tvrtki Supernatural d.o.o. gdje se bavi razvojem projekata obnovljivih izvora energije, istraživanjem i praćenjem stanja, planiranjem upravljanja područjima Natura 2000, procjenom utjecaja, strateškim planiranjem, stručnim savjetovanjem pri izradi projekata iz područja prirode i okoliša te međunarodnom evaluacijom projekata. Na projektima financiranim od Svjetske banke, EBRD, IFC radi kao stručnjak za pitanja zaštite okoliša.

Jedna je od osnivača i predsjednica Udruge za zaštitu šišmiša Tragus od 2007. godine. Od 2010. godine aktivno prati rad te je član i koordinator pojedinih radnih skupina stručnog tijela (*Advisory Committee*) u sklopu Sporazuma o zaštiti šišmiša u Europi (UNEP/EUROBATS). Član je radne skupine za zaštitu okoliša i prirode gospodarsko-interesnog udruženja Obnovljivi izvori energije Hrvatske (OIEH). Stalni je suradnik (vanjski predavač) na Veterinarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u sklopu kolegija Zaštita i upravljanje ugroženim vrstama, u nastavi na hrvatskom i engleskom jeziku. Povremeni je suradnik (vanjski predavač) na Biološkom odsjeku prirodnjačkog fakulteta u Beogradu, na Biološkom odsjeku PMF-a u Zagrebu i na Veleučilištu u Karlovcu.

Znanstveni radovi

- P.G.R. Wright, J. Newton, P. Agnelli, I. Budinski, I. Di Salvo, C. Flaquer, A. Fulco, P. Georgiakakis, A. Martinoli, M. Mas, M. Mazija, M. Mucedda, E. Papadatou, B. Petrov, L. Rodrigues, F. Mathews i Da. Russo (2020) Hydrogen isotopes reveal evidence of migration of *Miniopterus schreibersii* in Europe, BMC Ecol, (2020) 20:52
- Pleše B., Pojskić N., Ozimec R., Mazija M., Četković H., Lukić-Bilela L. (2016) Molecular Characterization of Aquatic Bacterial Communities in Dinaric Range Caves, Water Environment Research, Volume 88.

Stručno-znanstveni radovi u časopisima

- Rnjak G., Kovač D., Mazija M. (2013) Speleološka istraživanja na jugozapadnim padinama Kamešnice, u okolici Sinjskog polja. Subterranea Croatica (15).
- Mazija M., Rnjak D. (2016) Rezultati istraživanja šišmiša u odabranim skloništim na djelu Popovog polja u općini Ravno (Bosna i Hercegovina), Hypsugo - Glasnik za istraživanje šišmiša Balkana (1), pp 20-29.

Odabrani znanstveni skupovi i radionice

- S. Renje, M. Renje, M. Mazija (2023) Micro-siting of mitigation measures at three wind farms in southern Croatia help reduce bat mortality and minimise energy losses (usmeno priopćenje), 7th Conference on Wind energy and Wildlife impacts, Šibenik, 18-22 rujna 2023. (Hrvatska)
- M. Mazija (2023) EUROBATS Intersessional Working Group on Wind Turbines and Bat Populations (usmeno priopćenje), 7th Conference on Wind energy and Wildlife impacts, Šibenik, 18-22 rujna 2023. (Hrvatska)
- A. Anić Vučinić, M. Mazija, L. Krišto, I. Presečki (2023): Procjena utjecaja eksploatacije mineralnih sirovina na šišmiše – analiza slučaja Gradusa (usmeno priopćenje), 1. Europska GREEN konferencija, Osijek, 23.-26. svibnja 2023. (Hrvatska)
- M. Mazija (2022) High resolution 3D radar in bat monitoring and mitigation schemes: implications for windfarms, Zbornik sažetaka (postersko priopćenje), 6th Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 4 - 8 April 2022, Egmond aan Zee, Netherlands
- M. Mazija (2021): Značaj urbane bioraznolikosti parka Maksimir za šumske vrste šišmiša, Zbornik sažetaka (postersko priopćenje), Gradski prozori u prirodu, Zagreb, 9. rujna 2021. (Hrvatska)
- Mazija M., Ćirović D., Kušan V. (2021) Distribution and habitat selection of Bechstein's Bat (*Myotis bechsteini*) in Continental biogeographical region in Croatia. Book of abstracts (poster presentation) 15th European Bat Research Symposium, 4 – 7 May 2021, Turku, Finland.
- M. Mazija, A. Pleić (2019) Stradavanje šišmiša na vjetroelektranama - pregled dosadašnjih podataka za Hrvatsku, Zbornik sažetaka (usmeno priopćenje), 4. Regionalna konferencija o procjeni utjecaja na okoliš, Vodice (Hrvatska).
- M. Mazija, M. Mikulčić, S. Renje, Z. Mesić (2019) Metodologija istraživanja šišmiša u svrhu procjene utjecaja izgradnje cestovne infrastrukture, Zbornik sažetaka (postersko priopćenje), 4. Regionalna konferencija o procjeni utjecaja na okoliš, Vodice (Hrvatska).
- M. Mazija, Z. Domazetović, S. Renje (2018) Posjećivanje špilja unutar ekološke mreže Natura 2000 - primjer špilje Vrlovke, Zbornik sažetaka (usmeno priopćenje), 13. Biološki kongres, Poreč (Hrvatska).
- M. Sindičić, M. Mazija, Z. Domazetović, T. Gomerčić (2018) Prvi podaci o raznolikosti mitohondrijske DNK velikog večernjaka (*Nyctalus lasiopterus*) uzorkovanog u Hrvatskoj, Zbornik sažetaka (postersko priopćenje), 13. Biološki kongres, Poreč (Hrvatska).
- Mazija M., Domazetović Z., Benčina B., Drdar Ž. (2015) Šišmiši na Brijunima – rezidencijalna elita ili masovni turizam? Zbornik sažetaka (postersko priopćenje), 12. Biološki kongres, Sveti Martin na Muri (Hrvatska).
- Škunca M., Đanić A., Mazija M., Peternel H., Kovač D., Patčev E., Kapelj S., Antonić O. (2013) Kartiranje fizionomskih tipova vegetacije u određivanju stupnja korištenja prostora faune ptica i šišmiša pri procjeni utjecaja vjetroelektrana. Zbornik sažetaka. 4. Hrvatski Botanički Simpozij s međunarodnim sudjelovanjem, Split (Hrvatska).

- D. Kovač, M. Mazija, G. Rnjak, V. Zrnčić (2013) The importance of biospeleological component in bat fauna monitoring during pre-construction of wind farms, Prva regionalna konferencija o procjeni utjecaja na okoliš, 18.-21. rujna 2013., Zadar - postersko priopćenje
- M. Mazija, H. Peternel, D. Kovač, A. Pasarić, M. Magajne, E. Patčev, S. Kapelj, O. Antičić (2012) Stupanj korištenja prostora u procjeni utjecaja vjetroelektrana na ptice i šišmiše, 11. Hrvatski biološki kongres, 16. - 21. rujna 2012., Šibenik – usmeno priopćenje
- M. Mazija, Z. Domazetović, D. Kovač (2012) Šišmiši šumskih staništa Parka prirode Medvednica, 11. Hrvatski biološki kongres, 16. - 21. rujna 2012., Šibenik – postersko priopćenje
- O. Antičić, V. Kušan, G. Gužvica, Z. Mesić i M. Mazija (2011) Teledetekcija i geoinformatika u inventarizaciji biodiverziteta, Međunarodni naučni skup „Zaštita prirode u 21. vijeku, Žabljak, Crna Gora, 20. - 23. rujna 2011., Zbornik referata, rezimea referata i poster prezentacija (Knjiga br. 1) – usmeno priopćenje
- D. Kovač, M. Mazija i D. Hamidović (2011) Analiza ehlokacije šišmiša (Chiroptera, Mammalia) u funkciji praćenja populacija i determinacije vrsta, Međunarodni naučni skup „Zaštita prirode u 21. vijeku, Žabljak, Crna Gora, 20. - 23. rujna 2011., Zbornik referata, rezimea referata i poster prezentacija (Knjiga br. 1) – usmeno priopćenje
- M. Mazija i D. Kovač (2011) Procjena utjecaja vjetroelektrana na populacije ptica i šišmiša - poster prezentacija; Međunarodni naučni skup „Zaštita prirode u 21. vijeku, Žabljak, Crna Gora, 20. - 23. rujna 2011., Zbornik referata, rezimea referata i poster prezentacija (Knjiga br. 1) – postersko priopćenje
- Martinić I., Herceg N., Šaravanja K., Lukić T., Mazija, M., Dalmatin, M. (2010) Razvoj modernog parkovnog sustava u BiH – iskustva projekta zaštite špilje „Vjetrenica“, Zbornik sažetaka, Međunarodni kolokvij 2010. godina bioraznolikosti, Livno, 13.-15. prosinca 2010.– usmeno priopćenje
- Mazija, M., Domazetović, Z., Štefan, A. (2010) Fauna šišmiša u NP Mljet, Zbornik radova simpozija Dani Branimira Gušića – Mljet 2010., 165.-180.–usmeno priopćenje