



Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Mirna Mazija

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

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF SCIENCE
DIVISION 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. Duška Ćirovića, u sklopu Sveučilišnog poslijediplomskog doktorskog 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 2014-2021. 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 2016-2019. godine. Recenzirao je znanstvene projekte za Poljski „National Science Center (NCN Panel NZ8)“, Mađarski National Research, Development and Innovation Office (Panel Ecology & 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 & DIAS Conference 2018; NEOBIOTA

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

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

Tekst sažetka

U radu je istraživana i 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 temperaturene 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 prikupljenim lokalitetima prisutnosti vrste u najvećem udjelu bukovih i hrastovih šuma. Predložene su mjere gospodarenja šumama koje za cilj imaju očuvanje populacije šišmiša vezanih uz šumska staništa.

(71 stranica, 36 slika, 4 tablice, 108 literaturnih navoda, jezik izvornika hrvatski)

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

Mentori: 1. Sven Jelaska, prof.dr.sc., Prirodoslovno-matematički fakultet,
Sveučilište u Zagrebu
2. Duško Ćirović, izv.prof., Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Ocjenjivači: 1. Vladimir Kušan, viši znan. sur.
2. Zoran Marčić, izv.prof.
3. Duje Lisičić, doc. dr. sc.
4. Martina Temunović doc. 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 resulted with research and analysis of the distribution of the Beschstein'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 trees (63%) and oak (32%) dominate. The MaxEnt habitat suitability model identified temperature bioclimatic variables as more significant than precipitation, with a significant contribution from the proximity of 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 showed matching 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.

(71 pages, 36 figures, 4 tables, 108 references, original in croatian)

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

Supervisors: 1. Sven Jelaska, prof.dr.sc., Faculty of Science, University of Zagreb
2. Duško Ćirović, izv.prof., Faculty of Biology, University of Belgrade

Reviewers: 1. Vladimir Kušan, senior scientific co.
2. Zoran Marčić, izv.prof.
3. Duje Lisičić, doc. dr. sc.
4. Martina Temunović doc. dr. sc.

SADRŽAJ

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

1. UVOD	1
1.1. Indikatorske vrste	2
1.2. Gospodarenje šumama u Hrvatskoj	3
1.3. Šišmiši i šumska staništa	5
1.4. Velikouhi šišmiš (<i>Myotis bechsteinii</i> Kuhl, 1817)	7
1.5. Ekološka niša	13
1.5.1 Koncepti ekološke niše	13
1.5.2 Ekološka niša i rasprostranjenost vrste	16
2. CILJEVI I HIPOTEZA	17
3. MATERIJALI I METODE	18
3.1. Područje istraživanja	18
3.2. Terenska istraživanja	20
3.3. Definiranje ekološke niše velikouhog šišmiša	24
3.4. Predviđanje rasprostranjenosti vrsta	25
3.4.1 Metoda maksimalne entropije (MaxEnt)	26
3.4.2 Priprema prostornih podloga odabranih ekoloških čimbenika	27
Podatak o prisutnosti vrste na lokalitetu	27
Šumska staništa	27
Vodena staništa	28
Bioklimatološke varijable	28
3.4.3 Terenska provjera rezultata modeliranja rasprostranjenosti	29
3.4.4 Analiza načina gospodarenja šumskim staništem	30
3.4.5 Analiza sastava populacije uhvaćenih jedinki	31

4. REZULTATI	32
4.1. Rasprostranjenost velikouhog šišmiša (<i>Myotis bechsteinii</i>) u kontinentalnoj biogeograskoj regiji Hrvatske.....	32
4.2. Modeliranje rasprostranjenosti metodom maksimalne entropije (MaxEnt)	35
4.2.1 Izrada modela.....	35
4.2.2 Provjera prediktivne izvedbe modela.....	36
4.2.3 Analiza doprinosa ekoloških varijabli	37
4.2.4 Jackknife test značaja varijabli	38
4.3. Terenska provjera rezultata modela rasprostranjenosti	38
4.4. Način gospodarenja šumskim staništem.....	44
4.4.1 Uzgojni oblik	44
4.4.2 Stanišni tipovi (fitocenoze)	45
4.4.3 Oblik sklopa	47
4.5. Analiza sastava populacije uhvaćenih jedinki	48
5. RASPRAVA.....	50
6. ZAKLJUČAK	60
7. POPIS CITIRANE LITERATURE.....	61
8. PRILOZI.....	71
9. ŽIVOTOPIS AUTORA	75

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 pred našim očima, a pred izumiranjem je više vrsta nego ikada prije u povijesti čovječanstva. Samo u zadnjih 40 godina svjetska populacija divljih vrsta 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 barem 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. U okviru zaštite biti 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 znatne zalihe ugljika. 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 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 njima. Prema svim trenutnim znanstvenim istraživanjima povezivanje pojave bolesti COVID-19 sa šišmišima neutemeljena jer nije dokazana direktna povezanost populacija šišmiša s prenošenjem ovog virusa na ljude već o velikoj genetskoj sličnosti korona virusa SARS-CoV-2 s onim od prije poznatim SARS-CoV koji je mogućim prenošenjem s 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 ugrožene od strane IUCN-a, tj. smatra ih se kritično ugroženim, ugroženim ili ranjivim. Za oko 18 % vrsta nedostaju podaci, ističući nedostatak ekoloških studija koje mogu podržati procjene stanja ugroženosti (Voigt i Kingston 2016).

1.1. 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 promjena stanja u odnosu na početno stanje, 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 na temelju 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, reproduktivnom uspjehu ili stopi 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) reaktivni te biti sustav ranog upozorenja negativnih promjena u okolišnim uvjetima, (c) reagirati na promjene na predvidiv način, (d) jednostavni za analizu i interpretaciju od strane nadležnih tijela ali i javnosti (Gregory i sur. 2005).

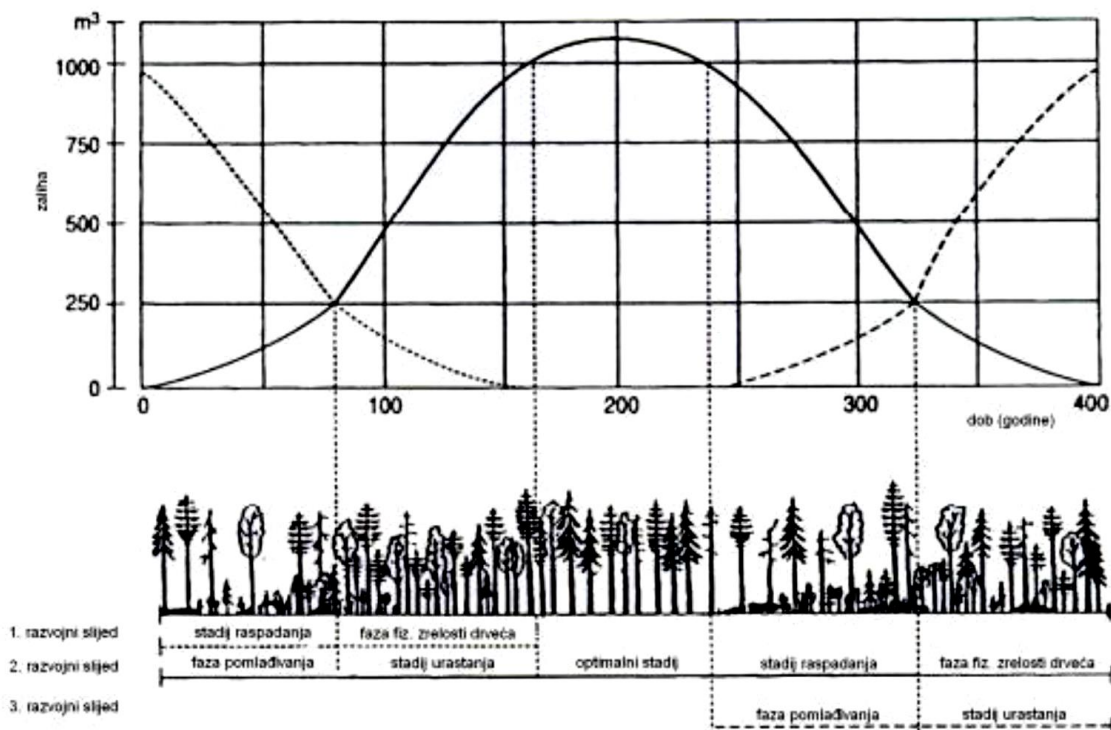
Međutim, indikatori koji se temelje na jednoj vrsti često nisu prihvaćeni iz razloga što su previše pojednostavljeni i ne predstavljaju pravo stanje mnogih ekosustava. Iz tog razloga, posljednjih godina došlo je do razvoja indeksa baziranih na više vrsta i pokazatelja koji bolje opisuju složenost ekosustava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

1.2. 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 vlasništvu dok je četvrtina u privatnom vlasništvu. Osim po vlasništvu, šume se razvrstavaju i prema njihovoj namjeni, a ona može biti gospodarska, zaštitna i šuma s posebnom namjenom. Gospodarske šume se primarno koriste za proizvodnju drvnih i nedrvnih šumskih proizvoda, odnosno koriste se za proizvodnju različitih šumskih proizvoda. Uz to, gospodarske šume imaju

ulogu u očuvanju i unapređenju općekorisnih funkcija. 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, urbane šume i šume za potrebe utvrđene posebnim propisima.

Šumama u Republici Hrvatskoj se gospodari 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 su propisana 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 na temelju 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), proizlazi da se jednodobno 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.

1.3. Šišmiši i šumska staništa

Šišmiši (red Chiroptera) su jedan od najstarijih redova sisavaca kojem njihov fiziološki sustav i prilagodbe ponašanja, omogućavaju uspješno naseljavanje različitih ekosustava, 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 33 vrste šišmiša (Domazetović 2015, Tvrtković 2016).

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 istjerivanje 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 sklonište te im pruža zaštitu od predatora (Lacki i sur. 2007). Šumska područja i rub šume te linearni elementi staništa, poput živica i drvoreda, također mogu biti važni za sigurno kretanje do i od skloništa i područja hranjenja, kao i 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). Neke druge vrste koje se nazivaju 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 koji povremeno koriste šumu, postoje vrste koje nazivamo „šumski specijalisti“ ili „specijalisti šumskog sklopa“ koje 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 krošanja 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 koje 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 (Speakman i sur. 1991). Razumijevanje na koji način šišmiši koriste šumska staništa od iznimnog je značaja za njihovo očuvanje, a tako i drugih vrsta koje o njima mogu ovisiti (Jones i sur., 2009).

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

Velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*) pripada porodici Vespertilionidae (Slika 2a i 2b), srednje je velika vrsta (podlaktica 38-47 mm, težina 7-14 g). Karakteriziraju ga velike uši (21 - 26 mm) koje koristi za „pasivno slušanje“ i njima locira plijen (Schofield i Greenaway, 2008). Krila su im prosječne veličine stoga je to relativno spora no vrlo okretna vrsta. U letu sporo mašu krilima. Plijen love lebdjenjem 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 im je uglavnom usmjerena na vrste iz redova Lepidoptera, Coleoptera i Dermaptera, ali i jedinke iz razreda Arachnida čine važan dio njihove prehrane koju mogu sakupiti s površine lista (Siemers i Swift, 2006).



Slika 2a i 2b. Velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*); Fotografija: Mirna Mazija (1a), Rollin Verlinde (1b)

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. Zbog sličnosti glasanja s drugim vrstama iz roda *Myotis* Kaup, 1829 teško je potvrditi ovu vrstu analizom sonograma (moguće je u idealnim uvjetima). Stoga je hvatanje jedinki i determinacija iz ruke od strane stručnjaka nužna za sigurnu potvrdu prisutnosti ove vrste u šumskom staništu (Walters i sur., 2012).

Ova vrsta pojavljuje se na području srednje i južne Europe te umjerenog područja jugozapadne Azije (područje Kavkaza i Mala Azija), na otocima Bornholm, Korzika, Elba, Kapri, Sicilija (Baagoe, 2001, Salvo i sur. 2012) te moguće u Crnoj Gori (Theou i Đurović, 2015) (Slika 3). Međutim, stvarna rasprostranjenost velikouhog šišmiša je fragmentirana te je snažno utjecana deforestacijom (Napal i sur. 2013) i načinom gospodarenja šumskim staništem (Dietz i sur., 2013). Rasprostranjenost velikouhog šišmiša u Europi je fragmentirana na manja područja unutar areala, a čimbenici koji utječu na gustoću populacije i odabir staništa nedovoljno su poznati.



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

Nastanjuje duplje u drveću i uglavnom je ograničena na život u starim listopadnim šumama diljem Europe (Mitchell-Jones i sur., 1999). Najčešće koriste duplje djetlića ili prirodno nastale šupljine u drveću te često nastanjuju kućice za šišmiše. Preferiraju 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 hvatala plijen (Schofield i Greenaway, 2008). Iz skloništa jedinke obično izlaze oko 20 do 30 minuta nakon zalaska Sunca.

Ženke u dupljama stabala formiraju porodiljne (majčinske) kolonije tijekom ljeta kako bi tamo podizale mlade (Kerth i sur., 2001). Mužjaci često samostalno borave u suboptimalnim staništima te tijekom zime koriste i podzemna staništa za hibernaciju. 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 time 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 pojedinih 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)

Ženkama velikouhog šišmiša šumska staništa su esencijalna. Pružaju im prostor za hvatanje plijena, formiranje porodiljnih kolonija i sklonište. Veliki i povezani šumski kompleksi omogućuju manji broj i više 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. Lokalno, prisutnost može izostati zbog nedostatka kukaca i/ili nepostojanja starih duplji djetlovki kao mjesta koja u velikoj mjeri uvjetuju prisutnost porodiljnih kolonija velikouhog šišmiša.

Manji potoci 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/ili vodene vegetacije jer je gustoća kukaca na takvim staništima u pravilu velika (Hagen i Sabo, 2011). Živice koje povezuju manje šumske površine mogu osigurati da takva šumska područja, na taj način povezana u jedinstven teritorij, osiguravaju jedinstven teritorij na kojem ženke formiraju porodiljne kolonije (Greenaway i Hill, 2005).



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

Velikouhi šišmiš vrlo je teritorijalna vrsta. Primjerice u razdoblju intenzivnog razdoblja hranjenja tijekom ljeta zauzimaju područje od 20-40 ha, s maksimalnom udaljenošću od 3 km od skloništa (Palmer i sur., 2013; Napal i sur., 2013). Istraživanja jedinki metodom telemetrije u Njemačkoj i Velikoj Britaniji pokazuju kako 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 govori da je porodiljna kolonija u neposrednoj blizini (Dietz i Krannich, 2019, Hill i Greenaway, 2006).

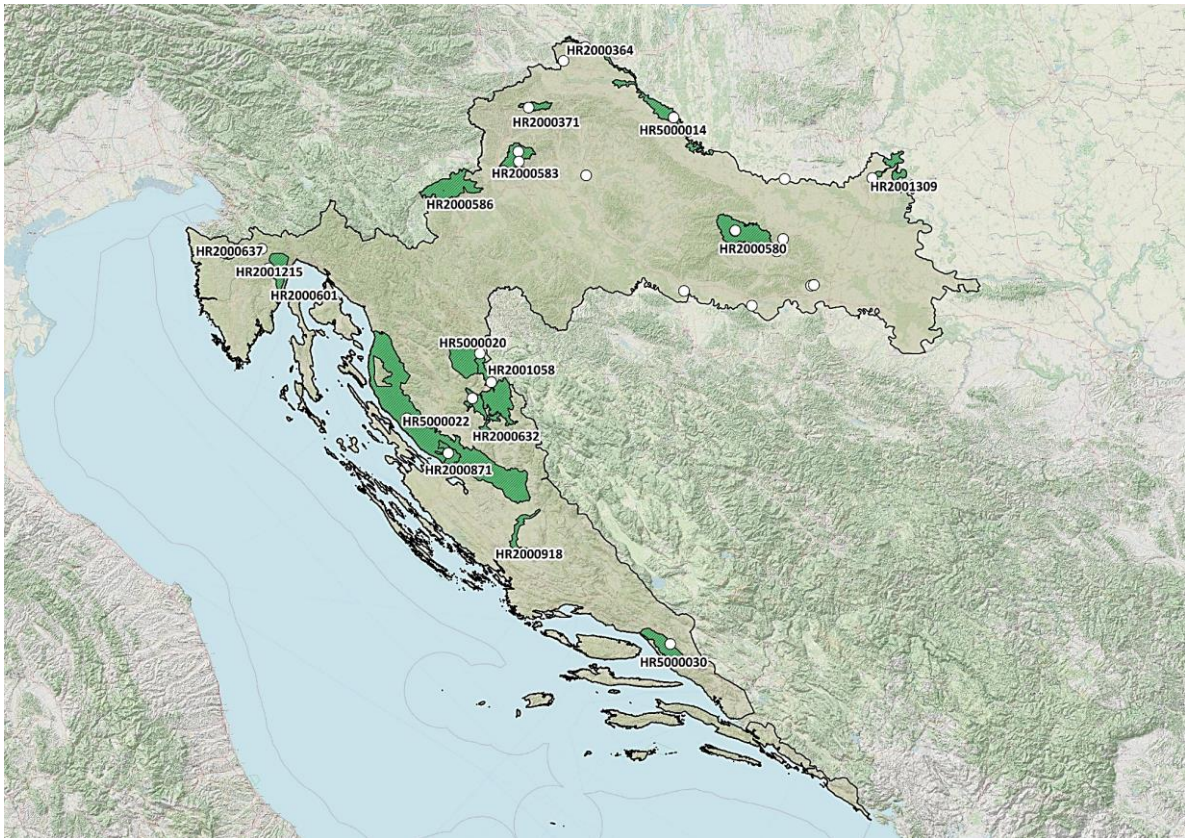
U Hrvatskoj je velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*) rijetka vrsta i malo je podataka o njenoj prisutnosti. Analiza javno dostupnih literaturnih i terenskih podataka o prisutnosti ove vrste (Pavlinić i sur., 2010, HAOP, 2009) rezultirala je podatkom da je zabilježena na samo 17 lokaliteta u Hrvatskoj (Slika 6) od kojih je na samo 4 lokaliteta zabilježena po jedna hibernirajuća jedinka. U kontinentalnoj regiji utvrđeno je da su podaci o prisutnosti na 7 lokaliteta i vezani samo uz podzemna skloništa - speleološke objekte (špilja Veternica, ponor Uviraljka), podzemne antropogene objekte (bunker Markuševac, rudnik Banovo brdo, rudnik Kraševski Zviri u Ivancu) i podrume (Demetrova 1 u Zagrebu, Hrašćica u Varaždinu), koje ova vrsta uglavnom koristi samo povremeno. U ostalim regijama zabilježen je jedan podatak o kosturu iz gvalice sove (Sv. Mihel Brdo) te jedne uginule jedinke (Baške Oštarije), a ostali podaci su rezultat hvatanja mrežama, uglavnom ispred speleoloških objekata unutar različitih tipova šumskih staništa. Na području Hrvatske nije zabilježena niti jedna porodiljna kolonija, postoji samo podatak o hvatanju gravidne ženke na ulazu u Barićevu špilju (Pavlinić i sur., 2010, HAOP, 2009).



Slika 6. Prikaz područja na kojima je istraživanjima provedenim do kraja 2009. godine potvrđena prisutnost velikouhog šišmiša u Hrvatskoj (Izvori podataka: Pavlinić i sur., 2010; HAOP, 2009)

Trenutno su populacije velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteinii*) u trendu opadanja na cijelom području njene rasprostranjenosti. Vrsta se nalazi na Crvenoj listi ugroženih vrsta prema IUCN kategoriji NT (*near threatened* - skoro ugrožena) te se nalazi na listi vrsta iz Priloga II i Priloga IV Direktive o staništima kao strogo zaštićena vrsta, a u istoj kategoriji je i na nacionalnoj razini prema Zakonu o zaštiti prirode (Narodne novine 80/13, 15/18, 14/19, 127/19). 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 izdvajaju se 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). Analizom baze podataka dostupnih na Bioportalu, 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).



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

1.5. Ekološka niša

1.5.1 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 između vrste te svih čimbenika okoliša (biotičkih i abiotičkih), stoga predstavlja jedan od temeljnih ekoloških koncepata.

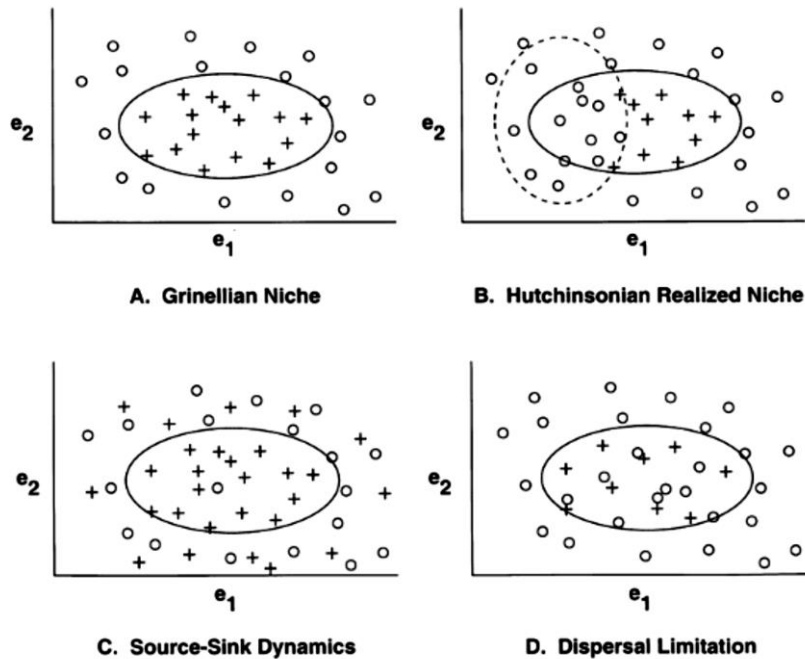
Navedena definicija pokazuje da ovaj pojam ima dva elementa koja nisu sasvim usko povezana - jedan se odnosi na utjecaj okoliša na vrstu, a drugi na učinke koje vrsta ima na okoliš.

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, kompeticija, predacija, itd.).

Ako oba ova aspekta ekološke niše želimo sagledati unutar istog okvira, možemo je 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 pristup naglašava okolišne uvjete potrebne za prisustvo vrsta i održavanje njegove populacije. 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 ekološku nišu definira kao raspon ekoloških uvjeta u kojima se može održati populacija neke vrste. Pojam je popularizirao Hutchinson (1957), čija je namjera bila 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 realizirana niša. Shematski prikaz na Slika 8 (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 8A) te je James i sur. (1984) 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 8B). 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 niše (Slika 8C). Teorija metapopulacijske dinamike objašnjava ograničenja u rasprostranjenosti, pretpostavljajući da vrsta ne treba biti 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 8D).



Slika 8. Četiri pogleda na odnos ekološke niše i rasprostranjenosti vrste. Znak „+“ označava prisutnost a znak „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, sink-source dinamika 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 nego druge 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 Futuyma 1971). Preklapanje, dakle međusobna kompeticija dvije vrste, može se mjeriti primjerice pomoću MacArthur-Levinsove mjere (1967) i Piankinje mjere (1974).

1.5.2 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. U daljnjim koracima, važno je temeljiti izradu modela rasprostranjenosti ispravnim povezivanjem niza elemenata - odabirom ključnih ekoloških čimbenika, odabirom mogućih interakcija između prediktora s jasnim ekološkim značenjem, predviđanje odgovora vrste na ekološke čimbenike i dr. Prema Peterson i sur. (2011) dodatno je važno daljnje shvaćanje 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 na 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. 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.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Područje istraživanja

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 9).



Slika 9. Prikaz biogeografskih regija u odnosu na teritorij 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 karakteristike 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 ona su u velikoj mjeri isušena, a vlažna područja reducirana. Broj autohtonih vrsta je u pravilu velik, s relativno velikim brojem endemskih vrste, a 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. Postojeći podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša u kontinentalnoj biogeografskoj regiji dobiveni su iz baze podataka Državnog zavoda za zaštitu prirode odnosno Zavoda za zaštitu okoliša i prirode pri Ministarstvu nadležnom za pitanja zaštite prirode (dalje u tekstu ZZOP), a temeljem traženja putem zahtjeva za pristup informacijama iz 2009. i 2020. godine. Svi podaci između ostalog uključuju prostornu definiciju (koordinate), datum bilježenja podatka, način bilježenja (metoda istraživanja) te spol odnosno reproduktivni status jedinke i brojnost. Dodatno, dio podataka je iz osobne baze rezultata istraživanja koja do obrade nije bila unesena u bazu informacija ZZOP. Svi dobiveni podaci (tablični i tekstualni) pretvoreni su u prostorno definirane podatke koji se mogu koristiti unutar GIS sučelja (.shp format).

Analize postojećih podataka o prisutnosti velikouhog šišmiša u kontinentalnoj biogeografskoj regiji bile su ključne u definiranju područja na kojima ova vrsta može obitavati. Međutim, vrlo je malo ciljanih istraživanja šišmiša u šumskim staništima na promatranom području, osobito velikouhog šišmiša, već su podaci o njegovoj prisutnosti uglavnom vezani uz speleološke objekte. U najvećoj mjeri se radi o podacima o prisutnosti pojedinačnih mužjaka, koji podzemna staništa koriste kao suboptimalna, tek povremeno i na kraće razdoblje. Tako je kao posljedica bolje istraženosti podzemnih staništa stvoren najveći dio podataka o prisutnosti ove vrste u Hrvatskoj, čime je zapravo neadekvatno opisana rasprostranjenost vrste u primarnom staništu - šumi. 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.

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

3.2. Terenska istraživanja

Kako bi se prikupili novi terenski podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša, provedena su hvatanja mrežama kao najsigurniji način potvrde prisutnosti vrste u staništu. Hvatanje mrežama često je vrlo zahtjevno, a osobito se to odnosi na velikouhog šišmiša koji je specijalist za kretanje unutar šume i sklopa krošanja. Ponavljanje hvatanja na istom lokalitetu kroz dulje vrijeme može dovesti do toga da životinje nauče izbjegavati mrežu i time se dobivaju lažni podaci o odsutnosti neke vrste. Dio novijih podataka prikupljen je kroz Projekt integracije EU Natura 2000 u sklopu sveobuhvatnih inventarizacijskih istraživanja šišmiša u kontinentalnom području Hrvatske (Mazija i sur., 2016), dok je ostatak podataka rezultat ciljanih istraživanja koja su obuhvaćala staništa povoljna za velikouhog šišmiša (Mazija, 2015; Mazija, 2016) ili ciljanih istraživanja usmjerenih specifično za ovu vrstu (Mazija, 2019).

Tijekom sumraka i noći šišmiši su hvatani monofilamentnim mrežama postavljenim na teleskopske štapove (*Slika 10*) 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 4 sata. Hvatanje mrežama provodi se u prvom djelu noći jer je tada najveća aktivnost šišmiša unutar njihova dnevnog ciklusa. Lovni napor u provedenim istraživanjima pa i na svim lokalitetima gdje su provedena dodatna istraživanja tako je bio ujednačen, obzirom da su svi istraživački timovi koristili istu metodologiju.



Slika 10. Mreže za hvatanje šišmiša postavljene na štapove

Uhvaćene jedinke odmah su izvađene iz mreže te stavljane su svaka u zasebnu platnenu vrećicu do daljnjeg mjerenja i obrade. Svakoj jedinki utvrđena je dob i 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 (**Slika 12**). Nakon obrade, u najkraćem mogućem vremenskom roku, 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 autorice temeljem kojih su provedeni istraživački radovi: 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 podaci i podaci drugih istraživačkih timova, dopuštenja temeljem kojih su oni prikupljeni podaci 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 potvrdili 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

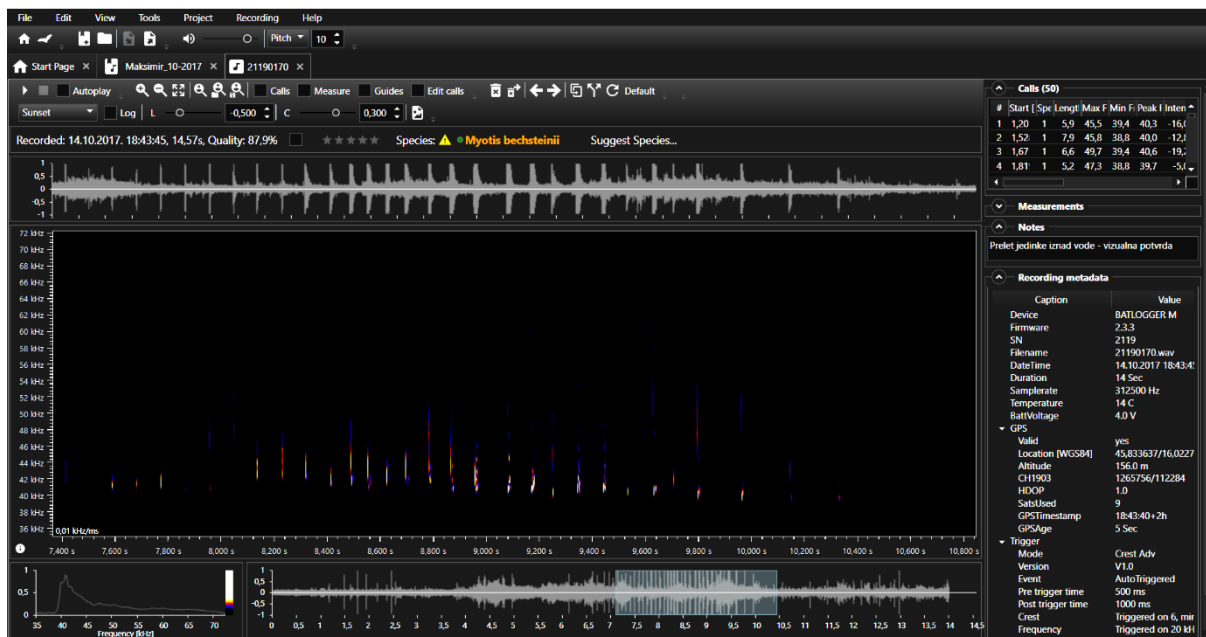
Na svim istraženim lokalitetima GPS uređajem zabilježena je geografska koordinata. Da bi svi podaci prikupljeni na terenskim istraživanjima, kao i oni iz obrađene dokumentacije bili iskoristivi na najbolji mogući način, odnosno da bi udovoljili današnjim standardima

prezentacije 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 literaturnih podataka, izrađen je poligonski sloj koji je korišten u daljnjoj obradi i analizi.

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 kroz cijelo razdoblje istraživanja i obrade podataka, a većina obrada provedena je 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 specijalna 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 zvukova 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 detektibilnost vrsta te njihova kriptičnost. Posljedica toga je da istraživački napor 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. Prikaz sučelja programa BatExplorer 2.1.10.1 sa sonogramom vrste velikouhi šišmiš

3.3. 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 baziran je na dostupnosti podataka i ekološkim procesima koji utječu na prisutnost vrste na 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.

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).

3.4. Predviđanje rasprostranjenosti vrsta

Predviđanje rasprostranjenosti vrste uvelike ovisi o detaljnom poznavanju njene ekološke niše i raspoloživih resursa. Prediktivni modeli svakako su dobar izbor u predviđanju, no stručna procjena bazirana 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 financijska sredstva, a postojeći podaci su ograničenog opsega ili nepotpuni što limitira 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 i 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 o odsutnosti vrste na istraživanom prostoru (Hirzel i Le Lay 2008).

Kako bi dobili uvid u potencijalne distribucije 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 i/ili 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 da nije detektirana. To se naziva tzv. lažna odsutnost te ona može imati utjecaj na predviđanje modela. Ovo je posebno važno za šišmiše zato što 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 koriste samo podaci o prisutnosti vrste na području koje je istraživano.

3.4.1 Metoda maksimalne entropije (MaxEnt)

Metoda maksimalne entropije (MaxEnt) procjenjuje rasprostranjenost neke vrste kao multivarijantni odgovor povoljnih ekoloških čimbenika, na osnovi podataka o prisutnosti vrste u nekom okolišu. Pripada grupi tzv. metoda strojnog učenja koja se temelji 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 na temelju 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 distribuciju ekogeografskih čimbenika 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 100, predstavljajući kumulativnu vjerojatnost pojavljivanja određene vrste u nekom okolišu (Phillips i dr. 2004, 2006). MaxEnt može kombinirati prediktore kako bi upravljao prepodešavanjem regulirajućih čimbenika (Phillips i dr. 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 dr. 2004). U ovom radu korištena je verzija MaxEnt 3.4.4. softverskog rješenja.

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).

3.4.2 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 na kojoj su zabilježene jedinice 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 x100 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

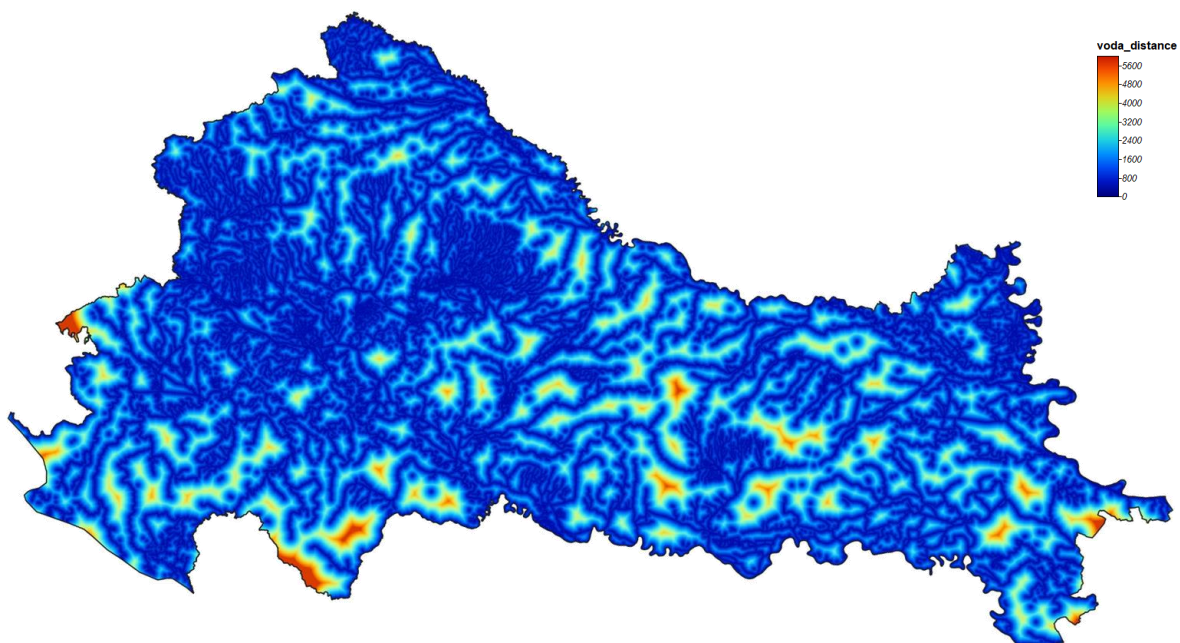
Podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša izvan speleoloških objekata, vezani su uz lokalitet povoljan za hvatanje šišmiša mrežama. U pojedinim slučajevima radilo se o lokvi na udaljenosti svega 500 metara od šumskog staništa kao primarnog skloništa u kojem ova vrsta obitava. Kako se uzorak ne bi subjektivno pridružio nekom tipu staništa, generirana su po 4 slučajna lokaliteta unutar buffer zona od 3 kilometra, s minimalnom međusobnom udaljenosti od 750 metara. Udaljenost od 3 kilometra uzeta je prema literaturnim podacima kao maksimalna do sad zabilježena udaljenost na koju velikouhi šišmiš odlazi od skloništa 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 zajedno predstavljali varijablu prisutnosti vrste u modelu.

Šumska staništa

Detaljnim pregledom svih dostupnih podloga 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 starost sastojina te povezano s tim i na način gospodarenja šumskim sastojinama jer podaci za privatne šume uglavnom nisu opisani. Kako bi se najbolje opisala starost šumskog staništa tako je u obzir uzeta varijabla volumena drvene mase po hektaru površine izražena kao temeljnica u odnosu na broj stabala (masa/ha). Taj podatak iskazan je na dva načina koja ih najbolje opisuju, a to je srednjak vrijednosti i kao postotni prikaz („06_volha_srednjak“ i „07_volha_posto“).

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. 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

Bioklimatološke varijable

Bioklimatološke varijable preuzete su iz baze Worldclim (web-1) putem web servisa otvorenih standarda, u formatu grida 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 biološka informacija koja određuje mogućnost neke vrste da naseli 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 kada postoji korelacija između više nezavisnih varijabli u višestrukom 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 1, Prilog 3).

Tablica 1. Varijable korištene u modeliranju

Naziv varijable	Opis varijable
DD<0	broj dana ispod 0 °C <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	količina oborina u ljeto <i>Mean summer precipitation (Average of daily mean precipitation for Jun-Aug)</i>
PPT_wt	količina oborina zimi <i>Mean winter precipitation (Average of daily mean precipitation for Dec of previous year to Feb)</i>
TD	kontinentalnost <i>temperature difference</i> TD = MWMT-MCMT
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

3.4.3 Terenska provjera rezultata modeliranja rasprostranjenosti

Podaci o mogućoj rasprostranjenosti velikouhog šišmiša dobivene prediktivnom metodom maksimalne entropije (MaxEnt), provjereni su ciljanim terenskim istraživanjem na 3 odabrana lokaliteta s velikom vjerojatnosti prisutnosti vrste. Odabrano je područje Značajni krajobraz Kalnik, Park prirode Žumberak - Samoborsko gorje i područje HR2001355 Psunj kao dio ekološke mreže Natura 2000. Terenska istraživanja su provedena vizualnim pregledom lokaliteta te gdje je bilo moguće hvatanjem mrežama istovjetnom metodologijom kao i onom u kojoj su prikupljeni osnovni podaci o prisutnosti velikouhog šišmiša na ostalim područjima,

kao ulaznim podacima o rasprostranjenosti. Model je testiran i javno dostupnim podacima prikupljenim terenskim istraživanjima koja su provedena u sklopu projekta „Izrada i razvoj programa praćenja za šišmiše s jačanjem kapaciteta dionika sustava praćenja i izvješćivanja“ (Kovač, 2023).

3.4.4 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. šibljac – degradacijski oblici sastojina koje čini grmlje uglavnom šibljava 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 on 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. progaljjen 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.

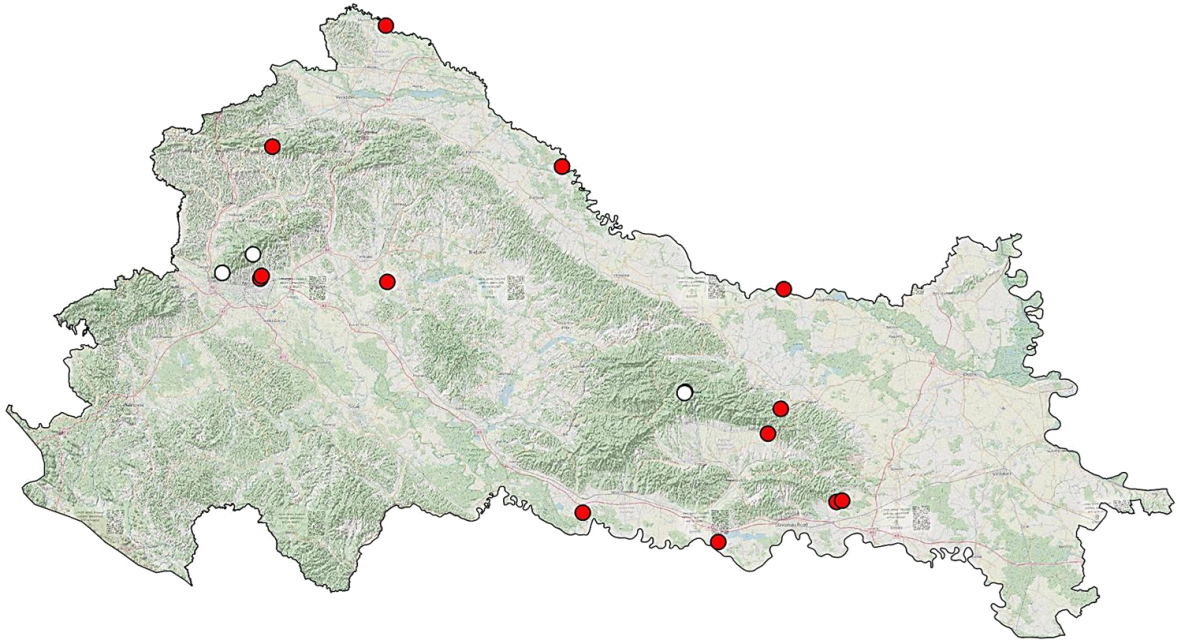
3.4.5 Analiza sastava populacije uhvaćenih jedinki

Povoljnost pojedinog načina gospodarenja određena je prisutnošću vrste te dodatno valorizirana analizom sastava populacije 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 & Blasius, 1839, *Nyctalus noctula* i dr.) u kontinentalnoj biogeografskoj regiji Hrvatske.

4. REZULTATI

4.1. Rasprostranjenost velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteinii*) u kontinentalnoj biogeografskoj regiji Hrvatske

Od 2009. godine su na području kontinentalne biogeografske regije provedena brojna terenska istraživanja šišmiša, u sklopu više projekata te su tako prikupljeni novi podaci o prisutnosti ove vrste (Slika 17, Tablica 2).



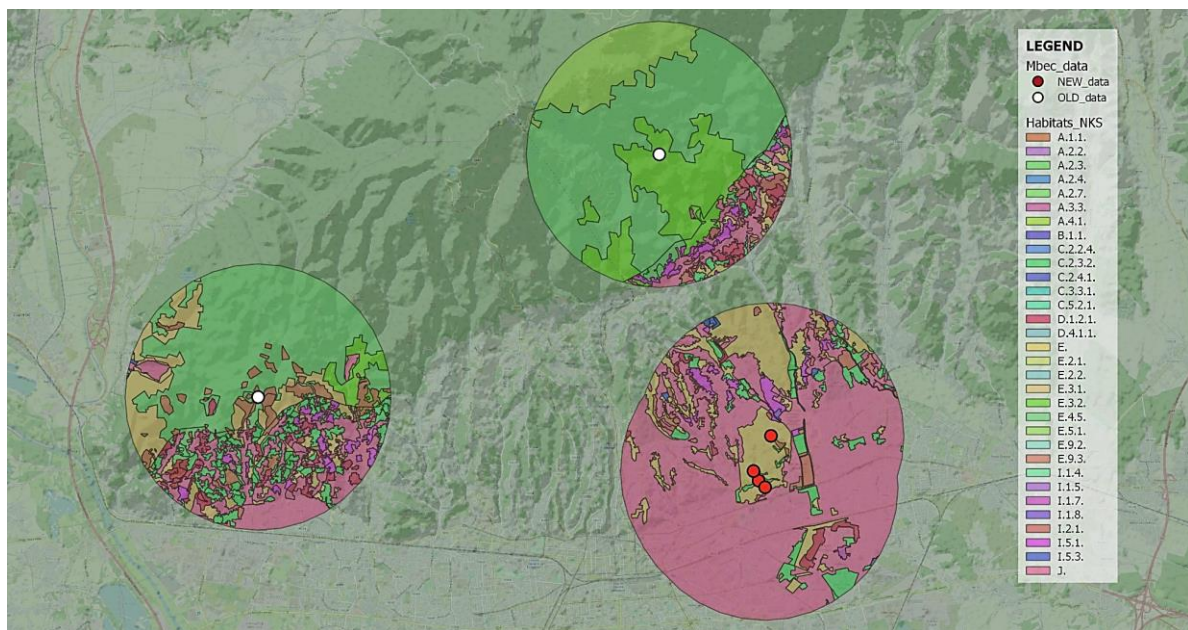
Slika 17. Prikaz područja na kojima je dosadašnjim istraživanjima u kontinentalnoj biogeografskoj regiji utvrđena prisutnost velikouhog šišmiša u Hrvatskoj (označeno bijelo) te novim podacima (označeno crveno)

Terenskim istraživanjima 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). Tijekom istraživanja koja su provedena na području uz rijeku Muru i Dravu, na lokalitetima Čambina i Križovec dodatno je potvrđena prisutnost ove vrste i na tim prostorima (Kipson, 2012). Tijekom 2014. i 2015. godine provedena su istraživanja u sklopu projekta integracije EU Natura 2000 (NIP) što je rezultiralo novim nalazima na lokalitetima Bektež, Gornji Mihaljevec, Hajdučki do, Klokočevik, Moslavina Podravska - Urija, Gornja Motičina te Zvekovac (Mazija i sur., 2015). Dodatno, istraživanjima na područjima Natura 2000 mreže vrsta je potvrđena u šumi Lobar (Mazija, 2015) te u prašumi Prašnik i Jelas Polju u okolici Slavenskog Kobaša (Mazija, 2016). Navedeni podaci odnose se na rezultate hvatanja šišmiša mrežama te determinaciju jedinki iz ruke, čime je dobiven podatak sigurne prisutnosti na pojedinom lokalitetu.

Tablica 2. Prikaz rezultata terenskih istraživanja u kojima je zabilježena/uhvaćena jedinka velikouhog šišmiša

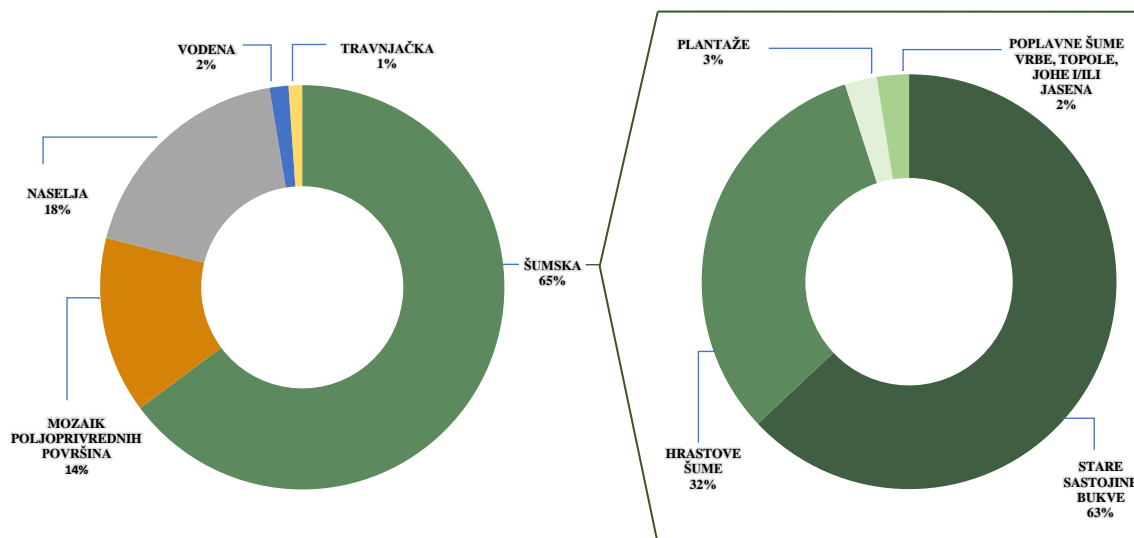
Oznaka reference	Naziv lokaliteta	Stanište	Koordinata		Opaženo	Broj jedinki	Način opažanja	Vrijeme opažanja		
			X	Y				Datum	Mjesec	Godina
Kovac 2010	Maksimir (III jezero)	šuma	462534,318	5076418,389	jedinka	3	Mreža		5	2010
Kovac 2010	Maksimir (V jezero)	šuma	462929,185	5077211,425	jedinka	15	Mreža		6	2010
Ratko 2011	Maksimir (III jezero)	šuma	462534,318	5076418,389	jedinka	2	Mreža			2011
Ratko 2011	Maksimir (V jezero)	šuma	462929,185	5077211,425	jedinka	5	Mreža	28	6	2011
Ratko 2011	Maksimir (V jezero)	šuma	462929,185	5077211,425	jedinka	1	Mreža			2011
Kipson 2012	Čambina, Repaš	šuma	551353,896	5109408,667	ženka	1	Mreža	24	8	2011
Kipson 2012	Čambina, Repaš	šuma	551353,896	5109408,667	ženka	1	Mreža	30	6	2012
Kipson 2012	Čambina, Repaš	šuma	551353,896	5109408,667	ženka	1	Mreža	21	8	2012
Kipson 2012	Križovec, uz rijeku Muru	šuma	499503,491	5150889,024	ženka	1	Mreža	26	6	2012
Mazija 2017	Lokva u šumi kod sv. Gospe, Klokočevik, Đakovo	šuma	632144,182	5010680,928	odrasla ženka	2	Mreža	10	6	2015
Mazija 2017	Hajdučki do, Lapovci, Trnava, Đakovo	šuma	633783,629	5011060,678	odrasla ženka	1	Mreža	12	6	2015
Mazija2017	Bektež	šuma	611963,535	5030773,175	odrasli mužjak	1	Mreža	30	4	2015
Mazija 2017	Ribnjaci, Gornja Motičina	šuma	615728,283	5038075,395	juvenilna ženka	1	Mreža	12	7	2015
Mazija 2017	Zvekovac	šuma	499931,927	5075448,481	juvenilni mužjak	1	Mreža	24	7	2015
Mazija 2015	Lobor	šuma	466100,266	5115258,400	odrasli mužjak	1	Mreža	2	8	2015
Mazija 2016	prašuma Prašnik	šuma	557455,568	5007515,986	odrasla ženka	1	Mreža	31	7	2016
Mazija 2017	Moslavina Podravska - Urija	šuma	616613,398	5073307,269	odrasli mužjak	1	Mreža	4	8	2016
Mazija 2017	Jelas polje - Slavonski Kobaš	šuma	597332,177	4998890,462	odrasla ženka	3	Mreža	28	5	2016

Analizom staništa u području 3 kilometra (u literaturi zabilježeno kao maksimalna udaljenost od skloništa) od mjesta gdje je utvrđena prisutnost velikouhog šišmiša na području kontinentalne biogeografske regije, prepoznati su različiti stanišni tipovi te su klasificirani NKS šifrom (Slika 18). Povoljnost staništa za šišmiše ogleda se prvenstveno u tipologiji staništa, tako su staništa opisana pojednostavljenim načinom kojim se iskazuje tipologija.



Slika 18. Prikaz detalja područja na kojima je istraživanjem u kontinentalnoj biogeografskoj regiji utvrđena prisutnost velikouhog šišmiša te su u području 3 kilometra analizirani tipovi staništa prema NKS

Analiza tipologije staništa koja su prisutna na području od 3 km 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). Dodatnim analizama tipa šumskih staništa 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 3 kilometra od nalaza velikouhog šišmiša

Slika 20. Tipovi šumskih staništa u području od 3 kilometra od nalaza velikouhog šišmiša

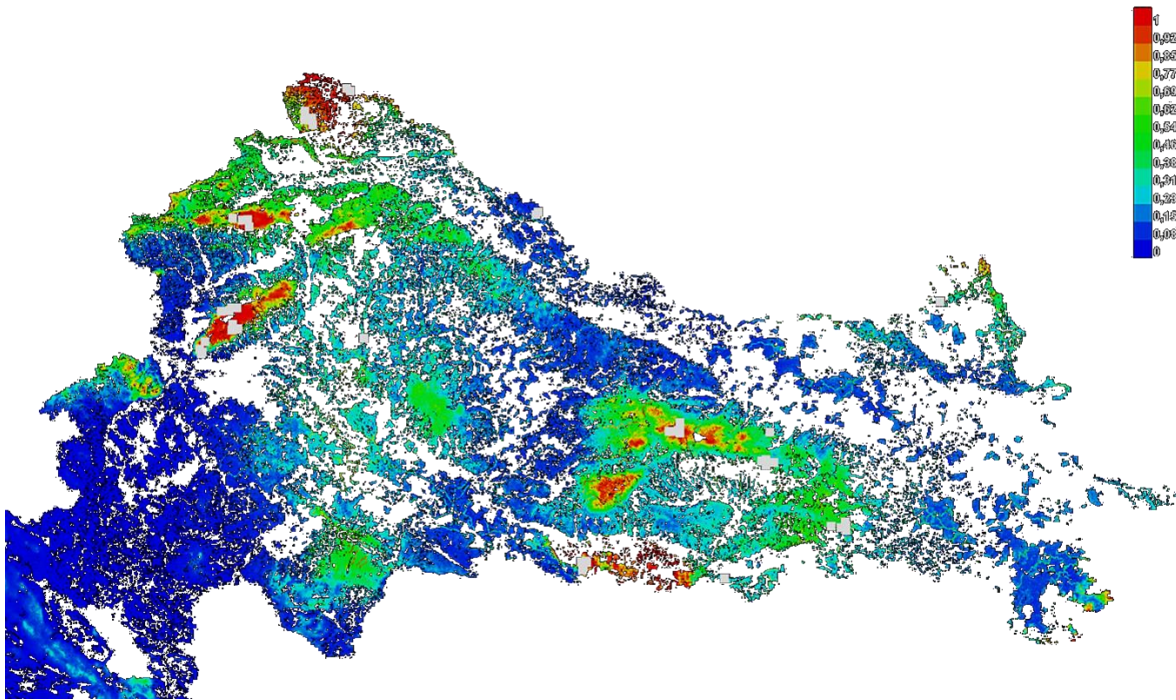
4.2. Modeliranje rasprostranjenosti metodom maksimalne entropije (MaxEnt)

4.2.1 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.



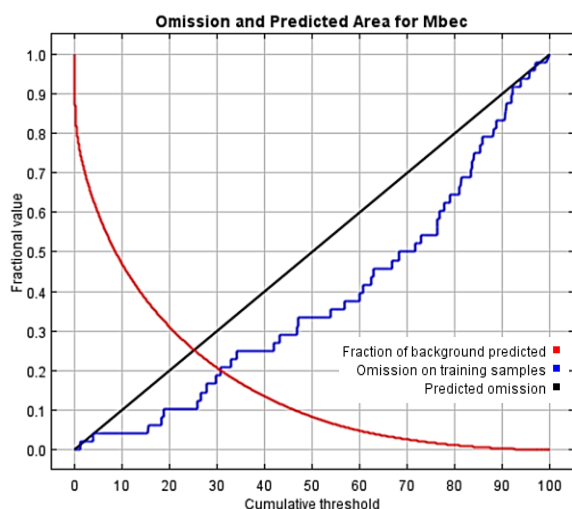
Slika 21. Karta povoljnih staništa vrste velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*) u kontinentalnoj biogeografskoj regiji Hrvatske na temelju predviđanja MaxEnt modela.

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

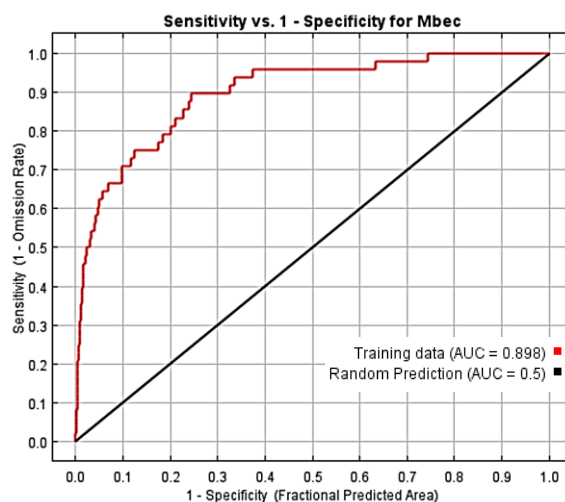
4.2.2 Provjera prediktivne izvedbe modela

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 0,5 (nasumično predviđanje) do 1 (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 sugerira da je model pouzdan za predviđanje rasprostranjenosti vrste (Slika 23).



Slika 22. Radne karakteristike modela (ROC)



Slika 23. Područja pod krivuljom (AUC)

4.2.3 Analiza doprinosa ekoloških varijabli

U Tablica 3 prikazan je udio doprinosa u izradi modela rasprostranjenosti vrste *Myotis bechsteinii* za svih 10 ekoloških čimbenika uključenih u izradu modela. Varijabla koja najviše doprinosi je Tmin_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 3. Procjena relativnih doprinosa ekoloških varijabli za izradu Maxent modela

Varijabla	Udio doprinosa (%)	Značaj permutacije
Tmin_at	28.5	36.1
PAS	16	18.9
TD	15	11.7
DDbelow0	14.4	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
volha_srednjak	0.3	0

Krivulje koje pokazuju kako se predviđena vjerojatnost prisutnosti mijenja kako se svaka varijabla okoliša mijenja, zadržavajući sve ostale varijable okoliša na prosječnoj vrijednosti uzorka nalaze se kao Prilog 2.

4.2.4 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. Varijabla okoliša koja najviše smanjuje značaj kada je izostavljena je udaljenost od vode (water-distance), koja opisuje najvažnije značajke okoliša koje nisu prisutne u drugim varijablama.

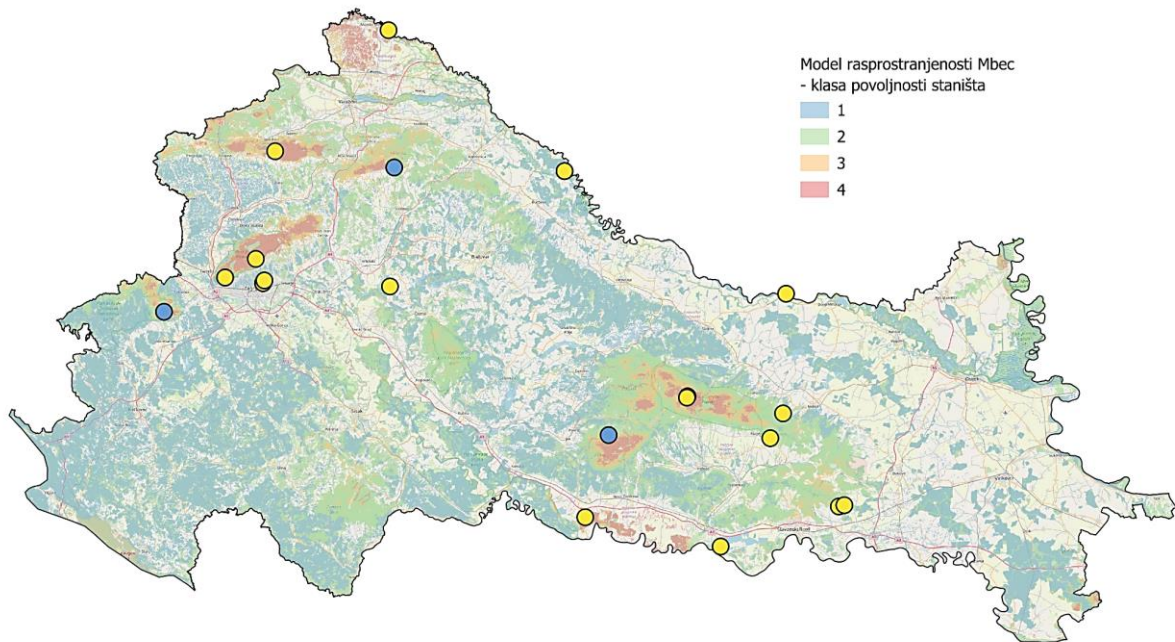


Slika 24. Prikaz rezultata Jackknife testa značaja pojedinih varijabli

4.3. Terenska provjera rezultata modela rasprostranjenosti

Nakon analize povoljnosti staništa prediktivnom metodom maksimalne entropije (MaxEnt) te provjere prediktivne izvedbe modela, izdvojena su područja moguće prisutnosti povoljnog staništa za vrstu velikouhi šišmiš. Na 3 odabrana lokaliteta (Park prirode Žumberak – Samoborsko gorje, Značajni krajobraz Kalnik i područje HR2001355 Psunj kao dio ekološke mreže Natura 2000), kao područja s velikom vjerojatnosti prisutnosti vrste, provedene su terenske provjere ciljanim terenskim istraživanjima (Slika 25). Istraživanja su provedena

vizualnim pregledom staništa tijekom dana i prema mogućnostima na terenu su šišmiši hvatani mrežama istovjetnom metodologijom kao i onom 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 direktno usporedivi.



Slika 25. Prikaz lokaliteta na kojima su provedena terenska istraživanja prisutnosti vrste velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteini*) u odnosu na rezultate predviđanja MaxEnt modela (žutom točkom označeni su lokaliteti iz Kovač 2023, plavom točkom označeni lokaliteti istraženi kao dio izrade ove disertacije)

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), bjelorusi 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 jedinice ove vrste.

Terenska istraživanja koja su provedena u sklopu projekta „Izrada i razvoj programa praćenja za šišmiše s jačanjem kapaciteta dionika sustava praćenja i izvješćivanja“ (Rnjak i sur. 2023) dodatno su provjerila prediktivnu izvedbu modela. Preklapanjem modela rasprostranjenosti vrste s nasumičnim terenskim istraživanjima dobivena je potvrda visoke pouzdanosti modela.



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 krajobraza 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 prisutan je potok koji je na mjestima 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 potencijalna 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*)

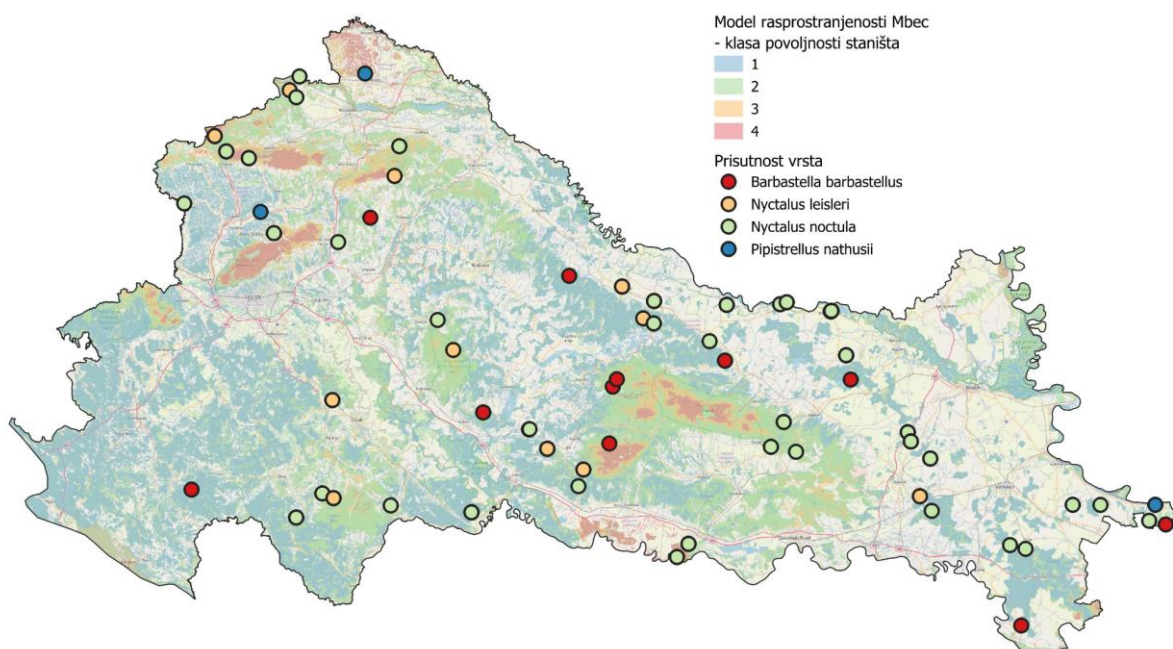
Istraživanja provedena na području ekološke mreže HR2001355 Psunj obuhvaćala su vizualni pregled staništa i hvatanje mrežama. Terenskim uvidom potvrđena je prisutnost povoljnih elemenata staništa kao što su stara stabla i potok s mirnim dijelovima toka povoljnim za šišmiše (Slika 28). Hvatanjem mrežama potvrđena je prisutnost 5 vrsta šišmiša među kojima se ističu karakteristična šumska vrsta širokouhi mračnjak (*Barbastella barbastellus*).

Istraživanjima je potvrđena prisutnosti velikouhoga šišmiša (*Myotis bechsteinii*) u 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 koje je ujedno dio regionalnog Parka Mura - Drava, HR2000623 Šume na Dilj gori te Značajni krajobraz Jelas polje.

Novi podaci o prisutnosti vrste 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.

U cilju dodatne provjere, rezultati modela povoljnosti staništa za velikouhoga šišmiša, uspoređeni su s rezultatima prisutnosti kontrolnih šumskih vrsta šišmiša. Zbog vrlo slične ekološke niše koju vrsta *Myotis bechsteinii* dijeli prvenstveno s širokouhim mračnjakom (*Barbastella barbastellus*) i malim šumskim šišmišem (*Pipistrellus nathusii*), ali i s ranim večernjakom (*Nyctalus noctula*) i 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 u sklopu istraživanja u svrhu izrade ove disertacije (Slika 31). U obzir su uzeti samo podaci o jedinkama zabilježenim hvatanjem mrežama kao siguran podatak o prisutnosti vrste u staništu te su podaci kategorizirani kao kontrolni.



Slika 31. Prikaz 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 4) vidljiva su u područjima šumskih kompleksa i u njihovoj neposrednoj blizini (čistine unutar šuma, mozaik staništa i sl.), prvenstveno onih većih, ali vidljiva je i podudarnost na manjim površinama šumskog staništa. 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 njenoj neposrednoj blizini.

Tablica 4. Prikaz broja lokaliteta nalaza kontrolnih vrsta šišmiša u odnosu na područja modelirane vrijednosti klase povoljnosti staništa za velikouhog šišmiša

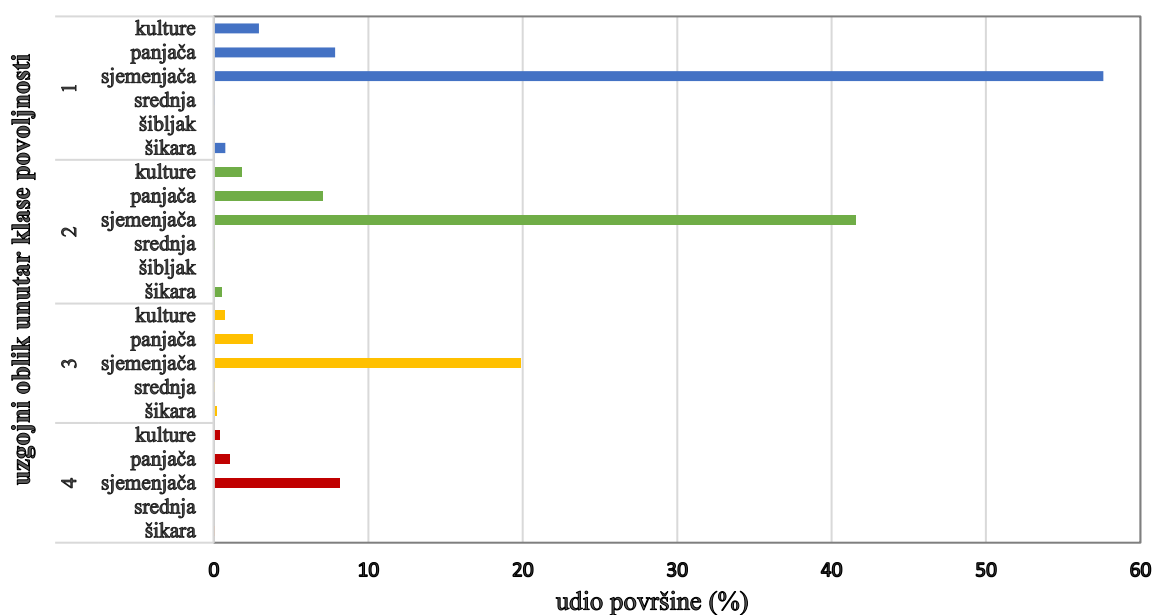
NAZIV VRSTE ↓ <i>KLASA ⇌ POVOLJNOSTI</i>	1 (NISKA)	2 (UMJERENA)	3 (VISOKA)	4 (VRLO VISOKA)
širokouhi mračnjak (<i>Barbastella barbastellus</i>)	12	3	-	-
mali šumski šišmiš (<i>Pipistrellus nathusii</i>)	-	-	-	1
rani večernjak (<i>Nyctalus noctula</i>)	15	12	6	7
mali večernjak (<i>Nyctalus leisleri</i>)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

4.4. Način gospodarenja šumskim staništem

Rezultatima modela MaxEnt pridruženi su podaci o šumama (Hrvatske šume d.o.o.) te su uspoređeni 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.

4.4.1 Uzgojni oblik

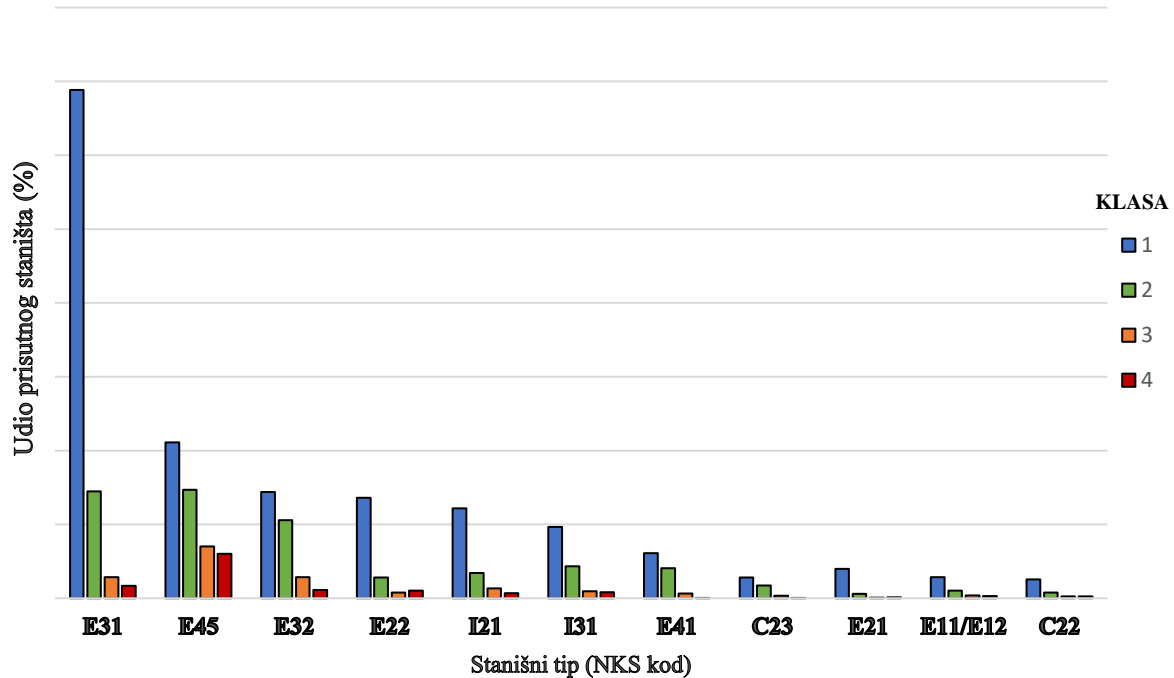
Analiza pojedinih uzgojnih oblika šuma prema prostornoj raspodjeli unutar pojedinih klasa povoljnosti pokazala je kako sjemenjače dominiraju unutar svih klasa, a slijede panjače i šumske kulture dok su u vrlo malom udjelu prisutne šikare i šibljaci. Prikaz odnosa klasa povoljnosti staništa za velikouhog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



Slika 32. Prikaz odnosa uzgojnog oblika šuma unutar pojedine klase povoljnosti staništa u odnosu na površinu

4.4.2 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 rada koji slijedi ispod slike opisan je NKS kod, odnosno pojedini stanišni tip kojeg taj kod označava.



Slika 33. Prikaz dominantnih stanišnih tipova (zastupljenost veća od 2 %) i udjela 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 bežuljkastog (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) - srednjoeuropske acidofilne šume hrasta kitnjaka te obične breze (Sveze *Quercion robori-petraeae* Br.-Bl. 1932). Šume hrasta kitnjaka, a ponekad i hrasta lužnjaka, i jedne

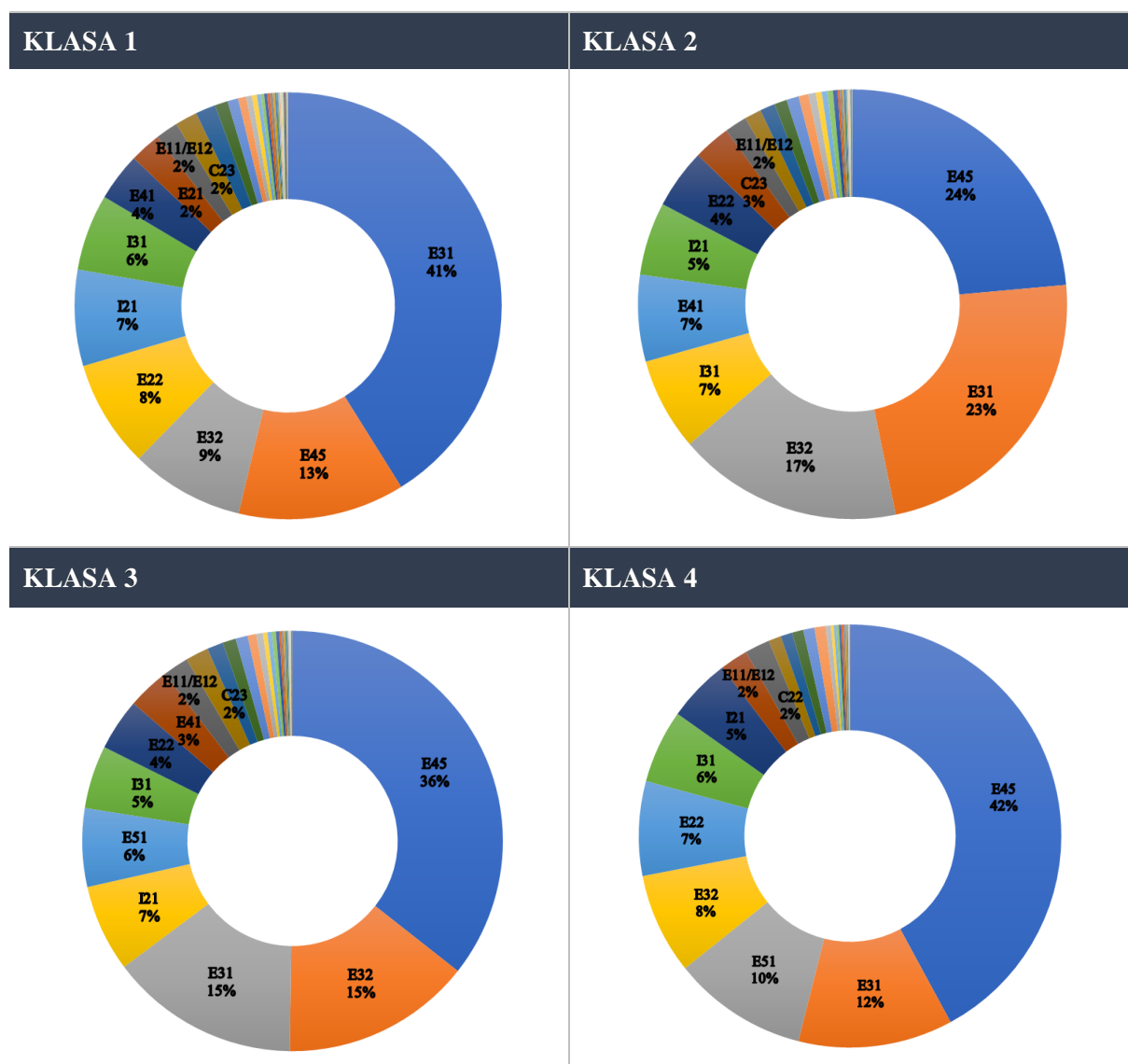
ili obje vrste hrasta s bukvom, u kojima dolazi velik broj subatlantskih i submeridionalnih acidofilnih vrsta. Razvijene su u središnjem i južnosredišnjem dijelu Europe izvan glavnog areala sveze *Quercion* koji je pod atlantskim utjecajem. S njima su udružene i hrastove acidofilne šume zapadnohercenijskog 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 ocijedena i prozračna 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:

- I21 (I.2.1. Mozaici kultiviranih površina) - mozaici različitih kultura na malim parcelama, u prostornoj izmjeni s elementima seoskih naselja i/ili 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.

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

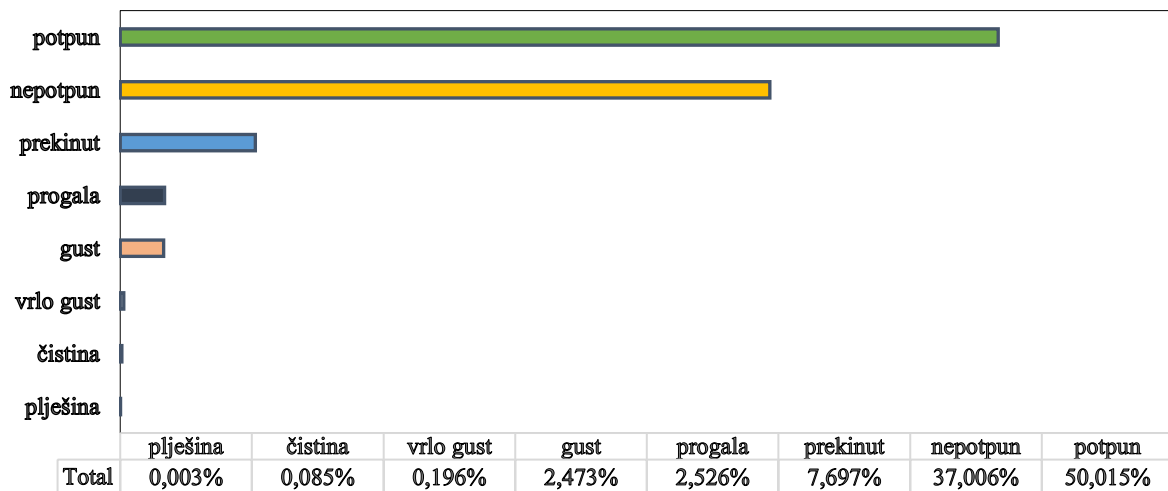


Slika 34. Prikaz udjela pojedinog stanišnog tipa unutar svake od klasa povoljnosti staništa za velikouhog šišmiša

4.4.3 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

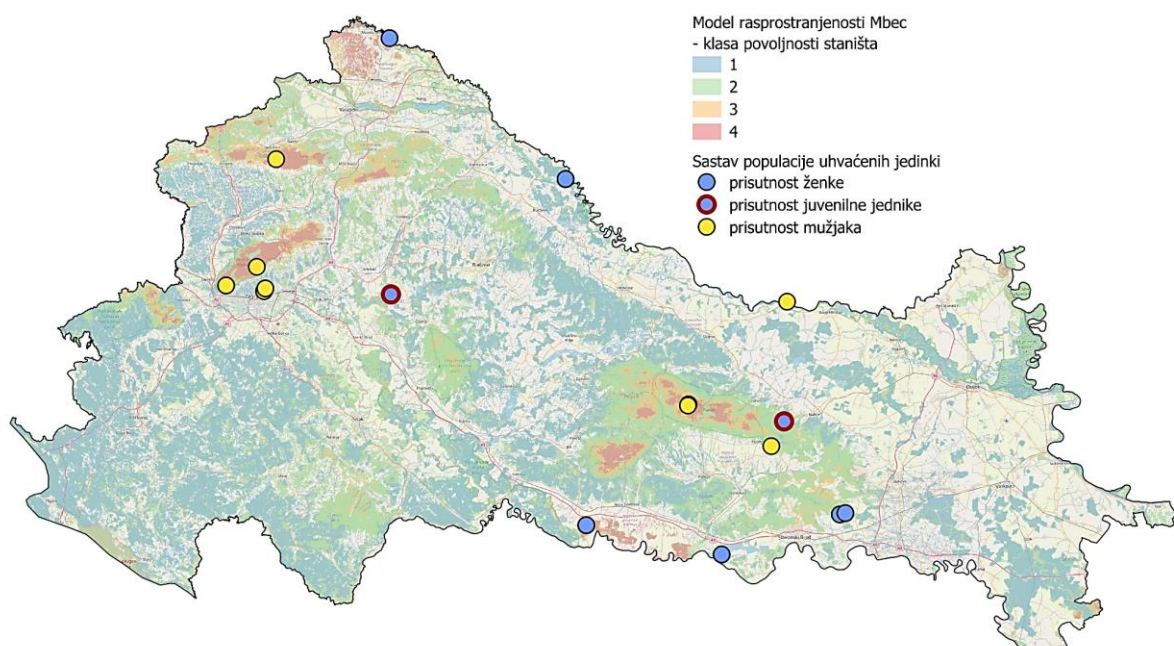
sastojina. Znatno manje su prisutne šume prekinutog i gustog sklopa te je vrlo malo onih s vrlo gustim sklopom, čistina ili plješina (prekid u sloju krošanja nadstojne i podstojne etaže) (Slika 35).



Slika 35. Prikaz sklopa krošanja u područjima povoljnosti šumskog staništa

4.5. Analiza sastava populacije uhvaćenih jedinki

Izdvojena su područja ovisno o prisutnosti ženki, juvenilnih jedinki, gravidnih i laktirajućih ženki te mužjaka (Slika 36).



Slika 36. Prikaz sastava uhvaćenih jedinki u odnosu na lokalitet na kojima su jedinke uhvaćene

Staništa su tako dodatno valorizirana i rangirana prema značaju za pojedine ključne dijelove životnog ciklusa šišmiša. Lokva u mjestu Gornji Zvekovac te ribnjaci uz Gornju Motičinu tako su izdvojeni kao ključni za opstanak vrste obzirom da su na tim lokalitetima zabilježene juvenilne jedinke. 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, oni dijele ista staništa. Stoga potvrda mužjaka ukazuje na veliku vjerojatnost prisutnosti i ženki na tom području.

5. 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 se navodi u Dietz (2009), naglašavaju preferenciju starije šume i specifične strukturne karakteristike unutar tih staništa. Rezultati ove disertacije potvrđuju ta istraživanja, naglašavajući važnost zrelih (starijih) šuma s dovoljno potencijalnih 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.

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 rasprostranjena 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.

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.

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 u sklopu izrade ove disertacije nisu uhvaćene jedinke velikouhog šišmiša, no potvrđena su povoljna staništa koja u potpunosti udovoljavaju njegovoj ekološkoj niši. 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 3 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.

Dodatne metode poput analize eholozijskih 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.

Pravilno upravljanje staništima u svrhu očuvanja velikouhog šišmiša prepoznato je i prema kriterijima IUCN-a, koji naglašava ključne razloga 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), ometanja skloništa, a 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 (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 se pokazao se kao vrlo dobar pokazatelj i koristan alat za predviđanje potencijalne 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. Potencijalni neujednačeni pristupi, poput lovnog napora

u prikupljanju podataka o prisutnosti između različitih istraživača ili područja, mogu utjecati na pouzdanost i preciznost predviđanja modela. 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, rezultati modela ovo područje nisu izdvojili kao šumsko stanište koje je potencijalno povoljno za ovu vrstu šumskog šišmiša. Razlog tome su vjerojatno 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. Razvojem tehnologija i dostupnosti preciznijih podataka o svim šumskim sastojinama, poput preciznih LIDAR snimki kako Rauchenstein i sur. (2022) navode i u svom radu, model bi mogao uzeti u obzir stvarnu strukturu šuma i time prepoznati sve, pa i one manje šumske površine povoljnih ekoloških čimbenika za održavanje populacija velikouhog šišmiša.

U izradu modela rasprostranjenosti uzeti 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 4 slučajna lokaliteta unutar buffer zona od 3 kilometra, s minimalnom međusobnom udaljenosti od 750 metara. Udaljenost od 3 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 i/ili 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 koje se nalazi u blizini šuma 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 klimi 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 2023) ukazuju na moguće promijene klimatskih uvjeta na tom području, a imajući u vidu rezultate ove disertacije koje 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 balansiraju šumarske aktivnosti s očuvanjem bioraznolikosti u njima.

Iako je ova disertacija usmjerena na Hrvatsku, nalazi imaju šire implikacije za zaštitu vrste *Myotis bechsteinii* diljem njezina rasprostranjenja. Stanišne preferencije identificirane u ovoj studiji, 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 praksama 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 bazira 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, 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 (Bioportal 2024, 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 & 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 cijel 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 utvrđeno kako je ona smanjena za 19,6 % do 53,8 %. Standardnim metodama istraživanja (snimanjem ultrazvučnim detektorom i hvatanjem mrežama) vrlo je teško potvrditi šumske vrste šišmiša, jer su im ehokacijska glasanja 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 od 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 te se takva područja trebaju 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. Komparativne studije u različitim regijama mogu pomoći u identifikaciji zajedničkih i različitih

stanišnih preferencija, pružajući sveobuhvatnije razumijevanje ekoloških zahtjeva ove vrste koji bi se u buduću 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 načina 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 podržavanja populacija i očuvanja velikouhog šišmiša (*Myotis bechsteinii*) na području kontinentalne biogeografske regije.

Promatranjem problematike gospodarenja šumama s organizacijskog gledišta na razini države, može se primijetiti kako je sam 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 4 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.

Ulazeći u detaljnu problematiku samog 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.

Standardne prakse upravljanja šumskim staništima uključuju redovno korištenje pesticida, posebice insekticida i rodenticida kao što primjerice glifosati. 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 održavanje 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 20 metara od ruba šuma te osobito oko vodnih tijela koja se nalaze unutar šume ili u njenoj 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 ekonomski 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 pa tako i troškovima nastalih zbog korištenja kemijskih tvari, te ujedno podiči ekološku, s prirodnim procesima usklađenu proizvodnju, na mnogo višu razinu. Uvrštavanje ovakvih mjera 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.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata ovog istraživanja, može se predložiti nekoliko konkretnih mjera za očuvanje vrste velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteinii*):

- Očuvanje starijih šumskih sastojina - održavanje i zaštita starih šuma s visokim udjelom stabala s dupljama i pukotinama.
- Održavanje strukturne raznolikosti - promicanje raznolike strukture šuma kroz 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.
- 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 minimalno 200 metara.

7. 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., 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.

Blant, M.; Moretti, M. ii 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. ii Norris, K. (2012) An objective, niche-based approach to indicator species selection. *Methods in Ecology and Evolution* 2012, 3, 317–326.

Colwell RK, Futuyma DJ (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 & 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.

Domazetović, Z. (2015) EUROBATS National Implementation Report - Republic of Croatia ([LINK](#))

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 EM i Sabo JL. (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 (2009) Podaci o rasprostranjenosti vrste velikouhi šišmiš (*Myotis bechsteini*) iz baze podataka nadležnog tijela za stručne poslove zaštite prirode – Hrvatska agencija za okoliš i prirodu.

Hayes JP (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.

Lacki MJ, Hayes JP, Kurta A (Eds.) (2007) Bats in forests: conservation and management, John Hopkins University Press, Baltimore, USA.

Lambeck RJ (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.

Kalka M. i Kalko E.K.V. (2006) Gleaning bats as underestimated predators of herbivorous insects: dietary composition of *Micronycteris microtis* (Phyllostomidae) in Panamá. *J. Trop. Ecol.* 22: 1–10.

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.

- Kingston T. (2010) Research priorities for bat conservation in Southeast Asia: a consensus-approach. *Biodiversity Conservation*. 19:471–484.
- 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 Ćolić & Sven Kapelj, ed., Zbornik istraživačkih radova Udruga studenata biologije - "BIUS" u Nacionalnom parku Paklenica.
- Kovač, D. i Ratko, M. (2010) Istraživanje faune šišmiša parka Maksimir, Udruga studenata biologije "BIUS".
- MacArthur RH, 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.
- Mazija, M. i Jagarinec, A. (2004) Projekt Papuk 2004. Izvještaj sekcije za šišmiše, Udruga studenata biologije - BIUS.
- Mazija M. (2015) Fauna šišmiša u Krapinsko-zagorskoj županiji, Završni izvještaj o provedbi projekta, 21 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., 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., Mesić Z, Projekt integracije EU Natura 2000 - Terensko istraživanje i laboratorijska analiza novoprikupljenih inventarizacijskih podataka za taksonomske skupine: Actinopterygii i Cephalaspidomorphi, Amphibia i Reptilia, Aves, Chiroptera, Decapoda, Lepidoptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera. Oikon-HID-HYLA-NATURA-BIOM-CKFF-GEONATURA-HPM-TRAGUS, Zagreb: 80-87.

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

Mazija M., Čirović D., Kušan V. (2021) Distribution and habitat selection of Bechstein's Bat (*Myotis bechsteinii*) 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*, Volume 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., Đaković, M. i Tvrtković, N. (2010) Atlas šišmiša Hrvatske, I dio. *Nat. Croat.*, Vol. 19, No. 2., 295–337, Zagreb.
- Pearce J., 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 ER (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. & Zrnčić, V. (2011) Monitoring faune šišmiša Parka Maksimir, Technical report, Udruga studenata biologije "BIUS".

Rauchenstein K., Ecker K., Bader E., Ginzler C., Düggelin C., Bontadina F., 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, 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.

Rukavina I, Kostanjšek F, Jelaska SD, Pirnat A, 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., 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): Izbor 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 JM, Peterson AT (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. and 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.

Tvrčković, N. (2016) The findings of Mehely's horseshoe bat (Chiroptera) in Croatia in the last century were mistakes in identification, *Natura Croatica : Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici*, Vol. 25 No. 1, 165-172.

Voigt CC, 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., 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>

Peng Zhou, Xing-Lou Yang, Xian-Guang Wang, Ben Hu, Lei Zhang, Wei Zhang, Hao-Rui Si, Yan Zhu, Bei Li, Chao-Lin Huang, Hui-Dong Chen, Jing Chen, Yun Luo, Hua Guo, Ren-Di Jiang, Mei-Qin Liu, Ying Chen, Xu-Rui Shen, Xi Wang, Xiao-Shuang Zheng, Kai Zhao, Quan-Jiao Chen, Fei Deng, Lin-Lin Liu, Bing Yan, Fa-Xian Zhan, Yan-Yi Wang, Geng-Fu Xiao & Zheng-Li Shi (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.

Bioportal <https://bioportal.hr/gis/>

Web-1 <https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>

OpenStreetMap za područje Hrvatske (<https://download.geofabrik.de/europe/croatia.html>).

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

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

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

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

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

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

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

8. PRILOZI

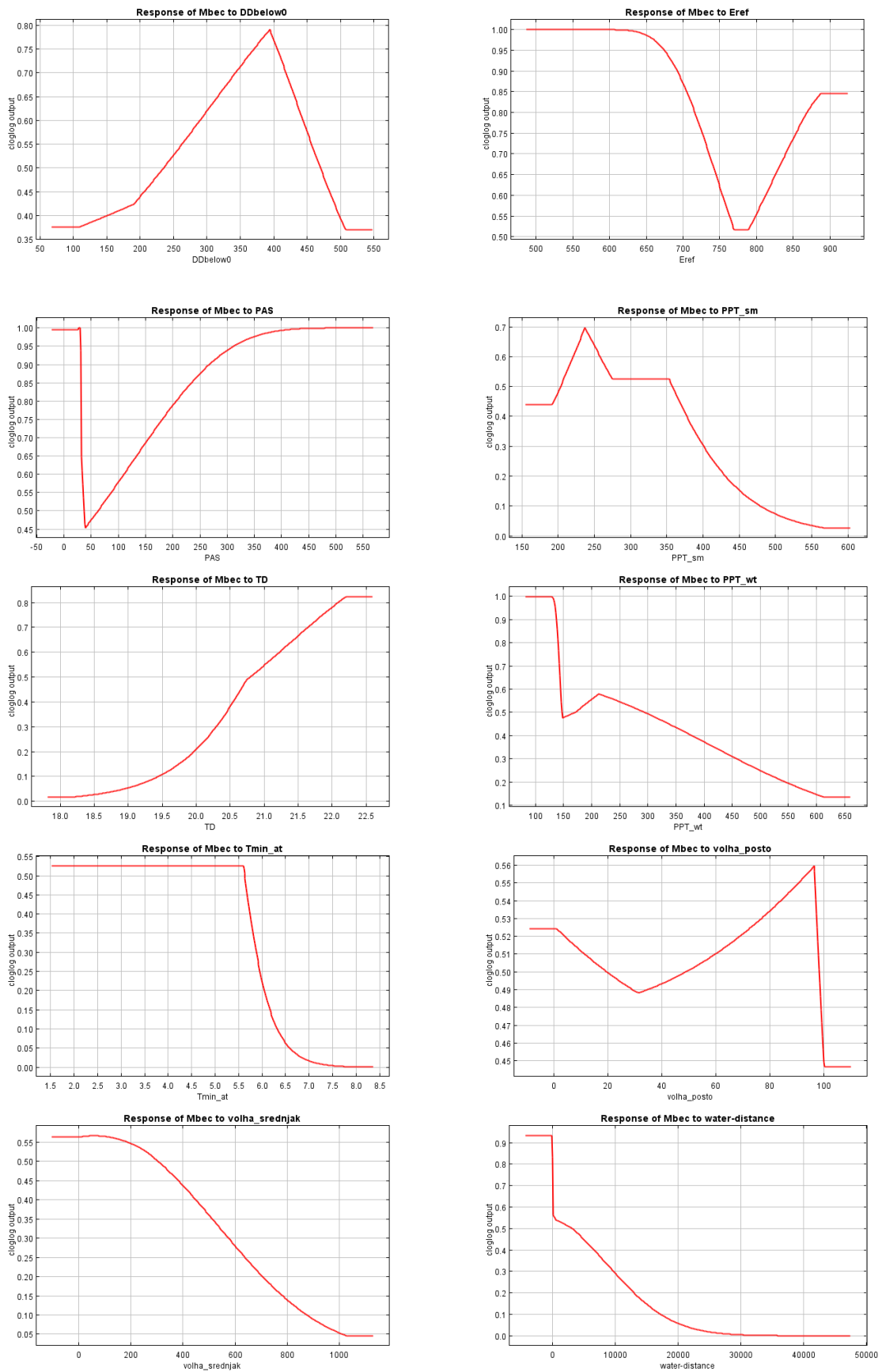
Prilog 1. Analizirane bioklimatološke varijable

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	DDabove18	DDbelow0	DDbelow18	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_1	#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!

9. 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.

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 skloništima na djelu Popovog polja u općini Ravno (Bosna i Hercegovina), *Hypsugo - Glasnik za istraživanje šišmiša Balkana* (1), pp 20-29.

Znanstveni skupovi i radionice

- **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
- **Mazija M.**, Ćirović D., Kušan V. (2021) Distribution and habitat selection of Bechstein's Bat (*Myotis bechsteinii*) 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. Antonić (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. Antonić, 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