



Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Krešimir Mikulić

**UTJECAJ NAPUŠTANJA ZEMLJIŠTA NA
ZAJEDNICE PTICA U
POLJOPRIVREDNIM SUSTAVIMA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2018.



University of Zagreb

FACULTY OF SCIENCE
DEPARTMENT OF BIOLOGY

Krešimir Mikulić

**EFFECTS OF LAND ABANDONMENT ON
BIRD COMMUNITIES IN
AGRICULTURAL SYSTEMS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2018

Ovaj je doktorski rad izrađen u Botaničkom zavodu Biološkog odsjeka PMF-a pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Svena Jelaske te uz sumentorstvo dr. sc. Andreje Radović u sklopu Sveučilišnog poslijediplomskog doktorskog studija Biologije pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvala

Veliku zahvalnost dugujem sumentorici Andreji Radović koja me potaknula na to da se bavim problematikom napuštanja zemljišta u odnosu na ptice i koja mi je omogućila znanstveno djelovanje na tom području. Nadalje, velika hvala mom mentoru profesoru Svenu Jelaski na podršci, strpljenju i povjerenju koje je imao u mene prilikom izrade ove disertacije.

Zahvaljujem se članovima komisije, profesoru Perici Mustafiću, profesoru Zlatku Mihaljeviću i docentu Hrvoju Kutnjaku na uloženom trudu i konstruktivnim kritikama koje su unaprijedile ovaj doktorat.

Duboko sam zahvalan na pomoći koji su mi pružali brojni prijatelji i kolege prilikom prikupljanja i obrade podataka, a to su Ivan Budinski, Luka Basrek, Luka Šupraha, Vedran Lucić, Ivan Katanović, Ivana Selanec, Mate Zec i Duje Lisičić.

Zahvaljujem se svim kolegama iz Bioma koji su mi pružali posrednu i neposrednu potporu tijekom mog doktorskog studija i prilikom pisanje disertacije.

Hvala svim prijateljima i dragim osobama koje su jednostavno bili uz mene, koje su me inspirirale i koje su poticali moju kreativnost.

Od srca zahvaljujem svojim roditeljima koji su me cijeli život bezrezervno podržavali, koji su mi dopustili da biram svoj put, koji su mi usadili želju za znanjem i koji su mi omogućili moje dugo školovanje. Zahvaljujem i svojim sestrama koje su uvijek bile uz mene.

Ovaj doktorski rad posvećujem svom sinu Patriku. Tek mu je tri godine, ali me nevjerojatno puno naučio o svijetu i o sebi dok sam promatrao njegovo odrastanje.

Na kraju, neizmjereno hvala mojoj Martini – riječi ne mogu opisati put koji smo prošli i koji je još pred nama. Bezbroj strastvenih, stručnih i konstruktivnih rasprava konstantno su me inspirirale i razvijale u potpuniju osobu. Ali povrh svega zahvaljujem joj na bezuvjetnoj podršci, na iskazanom strpljenju, na razumijevanju i na ljubavi.

Krešimir

UTJECAJ NAPUŠTANJA ZEMLJIŠTA NA ZAJEDNICE PTICA U POLJOPRIVREDNIM SUSTAVIMA

Krešimir Mikulić

Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Ptice poljoprivrednih staništa čine jednu od najugroženijih skupina ptica u Europi. Intenzivna poljoprivreda poticana Zajedničkom poljoprivrednom politikom Europske unije (EU) s jedne strane te napuštanje zemljišta zbog depopulacije ruralnih krajeva s druge strane vode do homogenizacije staništa, što se negativno odražava na brojnost i raznolikost ptica poljoprivrednih staništa. Napuštanje zemljišta vodi do sukcesije vegetacije. Takva u ekološkoj ravnoteži narušena staništa podložna su širenju invazivnih biljnih vrsta poput čivitnjače *Amorpha fruticosa* (L.) koja u kratkom razdoblju mijenja vegetacijsku strukturu u aluvijalnim nizinama Hrvatske. Utjecaj napuštanja zemljišta na zajednice ptica istražen je u dvije studije slučaja: „Lonjsko polje“ i „Agrale“. U Lonjskom polju istražen je utjecaj napuštanja zemljišta na pašnjacima i na oranicama na kojima se djelomično proširila čivitnjača. U studiji slučaja Agrale zajednice ptica istražene su na gradijentu sukcesijskih staništa podijeljenim u četiri klase na području središnje Hrvatske i Like. Ptice su uzorkovane metodom prebrojavanja u točki koje su bile raspoređene na ukupno 29 ploha istraživanja dimenzija 1 x 1 km. Rezultati upućuju na to da se konzervacijska vrijednost sukcesijskih staništa razlikuje duž gradijenta zaraštenosti. Broj vrsta ptica poljoprivrednih staništa opada, dok broj vrsta ptica šumskih staništa raste. Najbrojnije i najraširenije su nespecializirane vrste.

(90 stranica, 3 priloga, 17 slika, 15 tablica, 150 literaturnih navoda, jezik izvornika hrvatski)

Ključne riječi: zajednice ptice poljoprivrednih staništa, napuštanje zemljišta, gradijent vegetacijske sukcesije, invazivna biljka, raznolikost vrsta, konzervacijska vrijednost

Mentori: izv. prof. dr. sc. Sven Jelaska, dr. sc. Andreja Radović

Ocjenjivači: Izv. prof. dr. sc. Perica Mustafić

Prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević

Doc. dr. sc. Hrvoje Kutnjak

**EFFECTS OF LAND ABANDONMENT ON BIRD COMMUNITIES IN
AGRICULTURAL SYSTEMS**

Krešimir Mikulić

Department of Biology, Faculty of Science University of Zagreb

Farmland birds are one of the most threatened bird guilds in Europe. Intense agricultural practices subsidised through the Common Agricultural Policy of the European Union (EU) on the one hand, and land abandonment caused by depopulation of rural areas on the other hand lead to vegetation homogenisation that negatively affects the abundance and diversity of farmland birds. Land abandonment leads to vegetation succession and such disturbed habitats are prone to invasion of alien plant species. Due to low densities of livestock or insufficient mowing grassland encroachment takes place in lowland Croatia by the false indigo bush *Amorpha fruticosa* which rapidly alters the vegetation structure. The effects of land abandonment have been examined in two case studies: “Lonjsko polje“ and “Agrale“. In Lonjsko polje the effect of land abandonment has been examined on pastures and arable land that were in part overgrown by the false indigo bush. The case study Agrale examined bird communities along a succession gradient divided into four classes in Central Croatia and Lika area. Birds were sampled by point counts placed in grids in 29 quadrants of 1 x 1 km. Effect of land abandonment has been studied on the point, grid cell and landscape level. Results indicate that the conservation values of the succession classes are different along the abandonment gradient. The abundance of farmland birds decreases, whereas of the forest birds increased. The most abundant and widespread were unspecialized bird species.

(90 pages, 3 appendices, 29 figures, 15 tables, 150 references, original in Croatian)

Keywords: farmland bird communities, land abandonment, vegetation succession gradient, invasive plant species, species diversity, conservation value

Supervisors: Assoc. Prof. Sven Jelaska, PhD, Andreja Radović, PhD

Reviewers: Assoc. Prof. Perica Mustafić, PhD

Prof. Zlatko Mihaljević, PhD

Asst. Prof. Hrvoje Kutnjak, PhD

Sadržaj

1. Uvod.....	2
1.1. Uvod u problematiku.....	2
1.2. Ciljevi i hipoteza istraživanja.....	3
2. Literaturni pregled	5
2.1. Ptice poljoprivrednih staništa	5
2.1.1. Status ugroženosti ptica poljoprivrednih staništa	6
2.1.2. Ptice kao indikatori	8
2.1.3. Indeksi raznolikosti.....	9
2.2. Ekološke značajke sukcesijskih staništa	11
2.3. Napuštanje poljoprivrednog zemljišta u Europi i Hrvatskoj.....	13
2.3.1. Napuštanje poljoprivrednog zemljišta	13
2.3.2. Utjecaj napuštanja poljoprivrednih staništa na ptice	15
2.3.3. Invazivna biljna vrsta čivitnjača (<i>Amorpha fruticosa</i> L.).....	17
2.4. Studije slučaja	19
2.4.1. Studija slučaja „Lonjsko polje“	19
2.4.2. Studija slučaja „Agrale“	19
3. Materijal i metode	21
3.1. Područje istraživanja	21
3.1.1. Park prirode Lonjsko polje	22
3.1.2. Područje istraživanja obuhvaćeno studijom slučaja „Agrale“	23
3.1.3. Klimatski uvjeti tijekom istraživanja 2010-2012.	23
3.2. Prikupljanje podataka o pticama	24
3.2.1. Izbor istraživačkih ploha	24
3.2.2. Uzorkovanje ptica.....	31
3.3. Statistička analiza podataka	34
3.3.1. Statistička analiza podataka – studija slučaja Lonjsko polje.....	34
3.3.2. Statistička analiza podataka – studija slučaja Agrale	38
4. Rezultati	44
4.1. Rezultati istraživanja studije slučaja „Lonjsko polje“.....	44
4.1.1. Zajednice ptica na temelju preferencijalne analize.....	44
4.1.2. Zajednice ptica u odnosu na staništa s čivitnjačom	48

4.1.3. Zajednice ptica u odnosu na tip poljoprivrednog staništa i okolišne čimbenike	49
4.1.4. Konzervacijska vrijednost zajednica ptica u Lonjskom polju	50
4.2. Rezultati istraživanja studije slučaja „Agrale“	54
4.2.1. Zajednica ptica.....	54
4.2.2. Ekološki specijalizirane skupine ptica (bird guilds).....	57
4.2.3. Konzervacijska vrijednost krajobraza	60
4.2.4. Potencijalne indikatorske vrste	62
5. Rasprava.....	66
5.1. Studija slučaja Lonjsko polje	66
5.1.1. Zajednice ptica.....	66
5.1.2. Utjecaj čivitnjače	67
5.1.3. Upravljanje poljoprivrednim staništima u odnosu na ptice	69
5.2. Studija slučaja „Agrale“	70
5.2.1. Zajednice ptica.....	70
5.2.2. Konzervacijska vrijednost	72
5.2.3. Indikatorske vrste	73
5.3. Utjecaj napuštanja zemljišta na ptice	75
6. Zaključci	78
7. Literatura.....	80
8. Prilozi.....	ii
Prilog I.....	ii
Prilog II	v
Prilog III	viii
9. Životopis autora	xv

1. Uvod

1. Uvod

1.1. Uvod u problematiku

Ptice poljoprivrednih staništa čine jednu od najugroženijih skupina ptica u Hrvatskoj i u Europi (Hagemeijer i Blair 1997, Burfield i Van Bommel 2004, Tutiš i sur. 2013). Razlog tome je što poljoprivredne površine u Europi prostorno dominiraju pokrivajući približno polovicu kopnene površine (Stoate i sur. 2009), te je u sektoru poljoprivrede u drugoj polovici 20. stoljeća došlo do drastičnih promjena u načinu gospodarenja uzrokovanih Zajedničkom Poljoprivrednom Politikom (ZPP) Europske unije (Pain i Pienkowski 1997). ZPP je djelovala na poljoprivredne površine na dva načina: s jedne strane, intenzivirala se postojeća proizvodnja na jedinici površine poljoprivrednog zemljišta, a s druge se strane poticalo napuštanje poljoprivrede na područjima na kojima ista više nije isplativa, što se prije svega odvijalo u teže pristupačnim dijelovima poput gorskih krajeva (Ostermann 1998).

Napuštanjem poljoprivrednog zemljišta (eng. *land abandonment*) dolazi do sekundarne vegetacijske sukcesije. Proces intenzifikacije poljoprivrede i napuštanja poljoprivrednih zemljišta dovode do homogenizacije vegetacije i krajobraza (Robinson i Sutherland 2002, Lasanta-Martinez i sur. 2005). Posljedično, ovi procesi vode do gubitka stanišne raznolikosti koja se smatra ključnom za podržavanje raznolikosti vrsta i brojnosti ptica poljoprivrednih staništa (Benton i sur. 2003).

Utjecaj intenzivne poljoprivrede na ptice (Pärt i Söderström 1999, Donald i sur. 2001, 2002, 2006, Gregory i sur. 2004, 2005, Hole i sur., 2002, Verhulst i sur. 2004, Baldi i sur. 2005) je dosad opsežnije i obuhvatnije istraživano u odnosu na utjecaj napuštanja poljoprivredne proizvodnje (Preiss i sur. 1997, Suarez-Seoane i sur. 2002, Sirami i sur. 2007, Nikolov 2010, Zakkak i sur. 2015, Kmecl i Denac 2018). Nadalje, utjecaj napuštanja poljoprivrednog zemljišta na ptice većinom je istraživano u zapadnoj, srednjoj i sjevernoj Europi (e.g. Pavel 2004, Baldi i sur. 2005, Donald i sur. 2006, Reif i sur. 2008, Verhulst i sur. 2004), dok za područje jugoistočne Europe postoji samo mali broj takvih istraživanja (Nikolov 2010, Zakkak i sur. 2015, Kmecl i Denac 2018). Međutim, upravo u zemljama jugoistočne Europe obitavaju ugrožene vrste ptica od međunarodnog značaja, uključujući i ptice poljoprivrednih staništa (Hagemeijer i Blair 1997, BirdLife International 2004) koje su ugrožene zbog napuštanja zemljišta (Nagy 2002).

U Hrvatskoj se gospodari sa samo 56 % potencijalnog poljoprivrednog zemljišta što ostavlja skoro jedan milijun hektara napuštenog poljoprivrednog zemljišta (Tomić i sur. 2008) sklonog sekundarnim vegetacijskim sukcesijama (Jelaska i sur. 2005, Ljubičić i sur. 2008). Napuštena poljoprivredna zemljišta, u svojoj ekološkoj ravnoteži narušena staništa i akvatični ekosustavi najpodložniji su tipovi staništa u kojima se pojavljuju invazivne biljne vrste (Török i sur. 2003), pa tako i čivitnjača *Amorpha fruticosa* (Deák 2005). Čivitnjača se smatra izraženom prijjetnjom za biološku raznolikost u nizinskom dijelu kontinentalne Hrvatske (Boršić i sur. 2008, Hulina 2010). Utjecaj čivitnjače na zajednice ptica dosad nije bio istražen.

1.2. Ciljevi i hipoteza istraživanja

U Hrvatskoj dosad nisu provedena istraživanja koja su ciljano razmatrala utjecaj napuštanja poljoprivrednog zemljišta na zajednice ptica te u kakvoj su međusobnoj interakciji i odnosu zajednice ptica i krajobrazi u kojima je došlo do napuštanja poljoprivrednog zemljišta.

Osnovna hipoteza doktorata je da sukcesijske promjene, koje su uslijedile nakon napuštanja poljoprivrednih zemljišta, uzrokuju smanjenje udjela ugroženih vrapčarki u zajednicama ptica.

Ova je hipoteza testirana u dvije studije slučaja: 1) „Lonjsko polje“ i 2) „Agrale“ u kojima su se zajednice ptica uzorkovale na gradijentu napuštenih poljoprivrednih staništa. U Lonjskom polju dodatno se istražio i utjecaj invazivne vrste čivitnjača, dok se u studiji slučaja „Agrale“ istraživao utjecaj napuštanja poljoprivrede na razini krajobraza.

Ciljevi istraživanja bili su:

1. Utvrditi razlike u sastavu ptičjih zajednica vrapčarki na gradijentu sukcesijskih stadija vegetacije s obzirom na ekološki slične skupine ptica
2. Utvrditi razlike u sastavu ptičjih zajednica vrapčarki na poljoprivrednim staništima koja su pod utjecajem sukcesije i invazivne biljne vrste čivitnjače *Amorpha fruticosa*
3. Kvantificirati značaj pojedinih sukcesijskih stupnjeva s obzirom na udio ugroženih vrsta ptica vrapčarki
4. Identificirati indikatorske vrste ptica za određene stupnjeve sukcesije
5. Utvrditi specifične zahtjeve pojedinih vrsta ptica prema elementima staništa

2. Literaturni pregled

2. Literaturni pregled

2.1. Ptice poljoprivrednih staništa

Ptice poljoprivrednih staništa ne predstavljaju taksonomsku skupinu, već se radi o skupu vrsta koje su nekim dijelom svog životnog ciklusa vezane uz poljoprivredna staništa. Ptice poljoprivrednih staništa mogu se na poljoprivrednim površinama gnijezditi ili na njih odlaze zbog hranjenja. Kosac (*Crex crex*) je ugrožena vrsta koja se gnijezdi na vlažnijim livadama košanicama, dok se velika ševa (*Melanocorypha calandra*) gnijezdi na prostranim suhim travnjacima s niskom vegetacijom (Cramp 1994). Međutim, ako se neke vrste ptica samo hrane na poljoprivrednim površinama, tada se većinom gnijezde u njihovoj blizini. Primjerice lastavica (*Hirundo rustica*) se gnijezdi u selima, dok zbog hranjenja obilazi okolna poljoprivredna područja na kojima lovi kukce u zraku (Cramp 1994). Čvorak (*Sturnus vulgaris*) je dupljašica koja se gnijezdi u šumarcima, rubovima šume, voćnjacima i u krovovima kuća, ali zbog hranjenja obilazi poljoprivredne površine (Cramp 1994).

Ne postoji zakonodavna ili znanstvena definicija koje sve vrste ptica čine ptice poljoprivrednih staništa. To se očituje i u tome da svaka država članice Europske unije (EU) ima jedinstveni popis vrsta ptica koje se prate u sklopu praćenje stanja ptica poljoprivrednih staništa (eng. *Farmland Bird Monitoring*) (Eurostat 2018). Plastičnost pojedinim vrstama dozvoljava da na nekim geografskim širinama zauzimaju više šumska staništa, dok na drugim geografskim širinama zauzimaju otvorenija staništa nalik parkovima. Primjerice Gibbons i sur. (1993) definira 28 vrsta kao ptice poljoprivrednih staništa za Veliku Britaniju, među njima i goluba dupljaša (*Columba oenas*). Golub dupljaš u Hrvatskoj se danas ubraja u malobrojne gnjezdarice starih bukovih i hrastovih šuma dok se zimi može uočiti i na poljoprivrednim površinama (Tutiš i sur. 2013).

2.1.1. Status ugroženosti ptica poljoprivrednih staništa

U Europskoj uniji ptice poljoprivrednih staništa čine jednu od najugroženijih skupina ptica čija se brojnost, izražena pomoću zbirnog indeksa učestalosti (eng. *common bird index*), od 1990. do 2014. godine smanjila za 31,5 % (Slika 1) (Eurostat 2018).



Slika 1. Indeksi čestih vrsta ptica u EU izuzev Hrvatske i Malte (Eurostat 2018)

Prema Crvenoj knjizi ugroženih vrsta ptica (Tutiš i sur. 2013), jedna od glavnih prijetnji pticama jesu promjene u poljoprivrednoj praksi, odnosno intenzivirana poljoprivreda i u vegetacijskoj strukturi homogenizirani krajobrazi. Drugu izraženu prijetnju predstavlja napuštanje tradicionalnog načina stočarstva i postepeno zarašćivanje (sukcesija) staništa pašnjaka. Prema Crvenoj knjizi (Tutiš i sur. 2013), uzimajući u obzir kategorije Međunarodnog saveza za očuvanje prirode (International Union for Conservation of Nature - IUCN) „kritično ugrožena“ (CR), „ugrožena“ (EN) i „osjetljiva“ (VU) vrsta, ptice poljoprivrednih staništa priadaju među najugroženije vrste u Hrvatskoj: bjelonokta vjetruša (*Falco naumanni*), zlatovrana (*Coracias garrulus*), eja livadarka (*Circus pygargus*), ćukavica (*Burhinus oedicephalus*), kosac (*Crex crex*), velika ševa (*Melanocorypha calandra*) i

kratkoprsta ševa (*Calandrella brachydactyla*). Većina ovih vrsta nekoć je bila mnogo šire rasprostranjena, dok su danas lokalizirane na manjim područjima. Osim toga, nedostatak košnje i ispaše, odnosno prisustvo premalog broja grla stoke po površini pašnjaka, pospješuje ubrzano širenje invazivnih biljnih vrsta poput čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L., porodica Fabaceae) u aluvijalnim nizinama Hrvatske (Hulina 2010). Čivitnjača brzo mijenja strukturu vegetacije što negativno utječe na ptice koje ovise o livadama košanicama ili pašnjacima.

SPEC -status

Jedna od mjera ugroženosti vrsta ptica na međunarodnoj razini je popis vrsta „Species of European Concern“ (SPEC). Tim se popisom status ugroženosti vrsta ptica vrednuje na europskoj razini. SPEC status odredila je međunarodna mreža za zaštitu ptica *BirdLife International* (BirdLife 2017). SPEC status uvažava kategorije ugroženosti sukladno Crvenom popisu IUCN-a, ali dodaje još jednu „europsku“ dimenziju (vidi Tablica 1).

Tablica 1. Opis SPEC kategorija sukladno BirdLife (2017)

Kategorija	Opis
SPEC 1	Globalno ugrožene europske vrste kojima je pridodan jedan od sljedećih IUCN statusa s crvenog popisa: kritično ugrožena (CR), ugrožena (EN), osjetljiva (VU) ili gotovo ugrožena (NT) na globalnoj razini
SPEC 2	Vrste čija je globalna populacija koncentrirana u Europi i koje su svrstane kao regionalno izumrle (RE), kritično ugrožene (CR), ugrožene (EN), osjetljive (VU), gotovo ugrožene (NT), opadajuće (Declining), iscrpljene (Depleted) ili rijetke (Rare) na europskoj razini.
SPEC 3	Vrste čija globalna populacija nije koncentrirana u Europi, ali koje su svrstane kao regionalno izumrle (RE), kritično ugrožene (CR), ugrožene (EN), osjetljive (VU), gotovo ugrožene (NT), opadajuće (Declining), iscrpljene (Depleted) ili rijetke (Rare) na europskoj razini.
Non- SPEC ^E	Vrste čija je globalna populacija koncentrirana u Europi, ali čiji se status trenutno smatra sigurnim (Secure).
Non- SPEC	Vrste čija globalna populacija nije koncentrirana u Europi i čiji se status trenutno smatra sigurnim (Secure).

2.1.2. Ptice kao indikatori

Velika raznolikost ptica omogućava relativno jednostavno i ekonomski održivo praćenje stanja (monitoring) ptica kao jedan od glavnih bioindikatora u poljoprivredi (Eurostat 2018). Ptice su pogodna indikatorska skupina jer su sveprisutne i relativno ih je lako prepoznati. Na svakom stanišnom tipu obitavaju ptice i veliki broj vrsta traži specifične stanišne elemente za gniježđenje. Ptice se mogu prepoznati na daljinu (dalekozorom) ili preko glasanja, prije svega pomoću za svaku vrstu karakterističnog pjeva. Na ovaj način informacije o vrstama i brojnosti ptica prikupljaju se izravno na terenu i nije potrebna njihova naknadna determinacija, što je slučaj kod mnogih drugih taksona (Gregory i sur. 2003).

Ptice u prehrambenom lancu ili piramidi zauzimaju razne položaje: od konzumenata 1. reda (granivorne ptice), preko konzumenata 2. reda (insektivorne ptice), do konzumenata 3. reda i vršnih predatora (karnivori). Tako ptice odražavaju stanje na nižim trofičkim razinama i osjetljivo reagiraju kada dolazi do promjena u hranidbenom lancu ako npr. dolazi do onečišćenja okoliša zbog primjene pesticida (Gregory i sur. 2003). Ptice su mobilni organizmi, brzo mogu napustiti nepogodno stanište te s druge strane mogu i brzo zauzeti novonastalo pogodno stanište.

Ptice u legislativi EU-a zauzimaju posebni položaj što pokazuje Direktiva o očuvanju divljih ptica koja je na snazi od 1979. i povremeno se nadopunjuje (2009/147/EZ). Direktiva o pticama obvezuje države članice na učinkovitu zaštitu ptica s jedne strane, a s druge strane propisuje opsežno i kontinuirano praćenje stanja populacija pojedinih vrsta ptica. Shodno tome, generira se velika količina podatka kojima se utvrđuju trendovi populacija pojedinih vrsta na razini država članica i na razini EU-a. Nadalje, osim u sektoru zaštite okoliša i prirode, Direktiva o pticama horizontalno prodire i u druge sektore, tako da se mjere za zaštitu ptica ugrađuju u sektorske operativne planove u šumarstvu, ribarstvu i u poljoprivredi.

Zbog svega navedenog ptice su prepoznate kao pogodna, relevantna i ključna indikatorska skupina od strane donosioca odluka te se ptice kao jedan od glavnih indikatora u poljoprivredi prate u svim državama Europske unije, pa tako i u Hrvatskoj (Eurostat 2018).

U državama članicama Europske unije na godišnjoj se razini provodi praćenje stanja (monitoring) ptica poljoprivrednih staništa. Prikupljenim podacima izračunava se indeks čestih vrsta ptica na poljoprivrednim staništima (eng. *Farmland Bird Index*) preko kojeg se

prate promjene u zajednicama ptica te kako pojedine vrste iz indeksa reagiraju na promjene u poljoprivrednim staništima zbog primjene poljoprivrednih poticaja i politika koje se provode u EU (Eurostat 2018).

2.1.3. Indeksi raznolikosti

Indeksi raznolikosti koji kvantificiraju biološku raznolikost ključni su za razumijevanje odnosa između taksona, zajednica i ekosustava u kojem obitavaju (Mouchet i sur. 2010). Postoje različite mjere raznolikosti/sličnosti zajednica koje su razvijene zbog međusobnih usporedbi zajednica. Kada se istražuju zajednice ptica koriste se različite mjere raznolikosti vrsta u jednoj zajednici. Bogatstvo vrsta (eng. *species richness*) je jedna od najraširenijih i najjednostavnijih mjera za raznolikost vrsta (Stirling i Wilsey 2001) koja opisuje broj vrsta na određenom području ili u određenom uzorku. Prema nekim autorima (Spellberg i Fedor 2003) bogatstvo vrsta ne bi se smjelo smatrati mjerom za raznolikost, jer nedostaje proporcionalnost u funkciji koja izražava mjeru raznolikosti.

Shannon-Wienerov ('H') indeks

Shannon-Wienerov indeks (ili samo Shannonov indeks ili 'H' indeks) nastao je kao odgovor na pitanje iz područja komunikacije: kako predvidjeti sljedeće slovo u jednoj poruci (Spellberg i Fedor 2003). Mjera za nesigurnost je Shannonova funkcija 'H' i primjenjuje koncept entropije (Shannon i Weaver 1949). Ta je funkcija ujedno i mjera za raznolikost vrsta (Spellberg i Fedor 2003).

Za razliku od mjere „bogatstvo vrsta“ indeksi raznolikosti uzimaju u obzir i relativnu brojnost jedne vrste u jednoj zajednici kao dodatnog čimbenika koji utječe na mjeru raznolikosti (Whittaker 1965, Hurlbert 1971). Relativna brojnost mjeri se pomoću standardiziranog indeksa brojnosti vrsta (mjera ujednačenosti) koji se kreće između vrijednosti 0 i 1. Vrijednost 0 indicira nisku ujednačenost ili dominantnost jedne vrste (Routledge 1980, Alatalo 1981), dok vrijednost 1 indicira jednaku brojnost svih vrsta ili maksimalnu ujednačenost. Proporcionalni indeksi poput Shannon-Wienerovog zbrajaju ponderirane vrste

(eng. *weighted*) razmjerno njihovoj relativnoj brojnosti (Magurran 1988), tako da uzimaju u obzir i bogatstvo vrsta i ujednačenost u uzorku.

Značajke Shannon-Wienerovog indeksa jesu da više ' H ' vrijednosti predstavljaju veći „efektivni broj vrsta“ koji sažima veće bogatstvo vrsta u kombinaciji s ujednačenijom distribucijom relativne brojnosti u jednoj zajednici. Shannon-Wienerov indeks u manjoj mjeri ponderira rijetke vrste u odnosu na česte vrste te je kao logaritamska mjera raznolikosti osjetljiviji na razlike nižih relativnih brojnosti vrsta (Baumgärtner 2006).

Beta raznolikost

Beta raznolikost je varijacija u sastavu vrsta između prostorno ili vremenski odvojenih uzoraka (Baselga i Orme 2012). Dok alfa raznolikost opisuje raznolikost jednog uzorka, a gama raznolikost raznolikost vrsta svih uzoraka, beta raznolikost opisuje njihovu međusobnu povezanost. Beta raznolikost predstavlja promjenu u sastavu vrsta između uzorkovanih područja ili promjene u uzorku s istog područja iz različitih vremena (Gardener 2014, Keil i sur. 2012, Legendre 2014, Rodriguez-Artigas i sur. 2016). Do promjene u sastavu može doći zbog zamjene vrsta (eng. *species turnover*) ili zbog gubitka vrsta od jednog područja u odnosu na drugo područje odnosno zbog razlike u bogatstvu vrsta jednog područja (eng. *nestedness*).

Promjena u sastavu vrsta objašnjava se promjenom ekoloških čimbenika, dok se razlike u bogatstvu vrsta objašnjavaju činjenicom da se na nekim područjima podržava veći broj vrsta zbog okolišne raznolikosti i s time povezano broj dostupnih ekoloških niša (Baselga 2012, Legendre 2014).

2.2. Ekološke značajke sukcesijskih staništa

Poljoprivredna staništa koja su nastala kroz ljudsku djelatnost i uzgoj domaćih životinja predstavljaju perturbirana staništa koja se kroz vegetacijsku sukcesiju vraćaju u ravnotežno stanje. Ravnotežno stanje predstavljaju šumska staništa jer je njihov nastanak klimatogeno uvjetovan na području Hrvatske, izuzev na malom panonskom dijelu uz Mađarsku te u vršnoj zoni planina i na mrazištima (Alegro 2000).

Connell (1978) na primjeru ekosustava tropskih šuma i koraljnih grebena spominje dvije hipoteze koje objašnjavaju na koji način uzajamno djeluju perturbirana staništa i uravnotežena staništa (staništa u ekvilibriju) na zajednice organizama: 1) hipoteza neuravnoteženosti (eng. *nonequilibrium hypothesis*) i 2) hipoteza uravnoteženosti (eng. *equilibrium hypothesis*).

Hipoteza neuravnoteženosti (nonequilibrium hypothesis)

Ova hipoteza podrazumijeva da se najveće bogatstvo vrsta i raznolikost zajednica vrsta održava u neuravnoteženom stanju. Katastrofične pojave poput požara, oluja, vjetroizvale, najezde nametnika itd. narušavaju uravnoteženo stanište te se privremeno stvaraju nova staništa koja zauzimaju pionirske vrste i na kojima još ne djeluje kompetitivno istiskivanje vrsta (eng. *competitive exclusion*). Kada su takve pojave učestalije povećava se i raznolikost na tim perturbiranim staništima, jer se omogućuje i naseljavanje vrsta s nižim disperzijskim potencijalom. Međutim, frekvencija i intenzitet perturbacija moraju biti umjereni kako bi raznolikost bila veća. Ekstremno česte ili rijetke te ekstremno jake perturbacije smanjuju raznolikost vrsta. Connell (1978) se poziva na istraživanja šumskih sastojina u Ugandi (Eggeling 1947) koja u stadiju klimaksa imaju nižu raznolikost drvenaste vegetacije u odnosu na ranije faze razvoja šume (kolonizacija, tranzicija).

Hipoteza uravnoteženosti (equilibrium hypothesis)

Hipoteza uravnoteženosti (Connell 1978) smatra da u uravnoteženim ekosustavima dolazi do potpunosti ekoloških niša kroz specijalizirane vrste koje stvaraju veliku raznolikost

zajednica i doprinose bogatstvu vrsta. Vrste se mogu nalaziti u cirkularnom kompeticijskom odnosu (vrsta A kompetitivnija je od vrste B, vrsta B kompetitivnija je od vrste C, ali je vrsta C kompetitivnija od vrste A; $A > B > C > A$) te se tako održava raznolikost vrsta u uravnoteženom stanju. Zajednice vrsta u uravnoteženom stanju otporne su na vrste uljeze.

Connell (1978) zaključuje da se gore navedene hipoteze ne isključuju, ali da se na primjeru ekosustava tropskih šuma i koraljnih grebena češće može utvrditi princip neuravnoteženosti, jer se perturbacije u prirodi događaju često i konstantno. Nadalje, ekosustavi s visokom biološkom raznolikošću (tropske šume i koraljni grebeni) adaptirani su na pojavu prirodnih perturbacija ako se iste događaju na manjem prostoru.

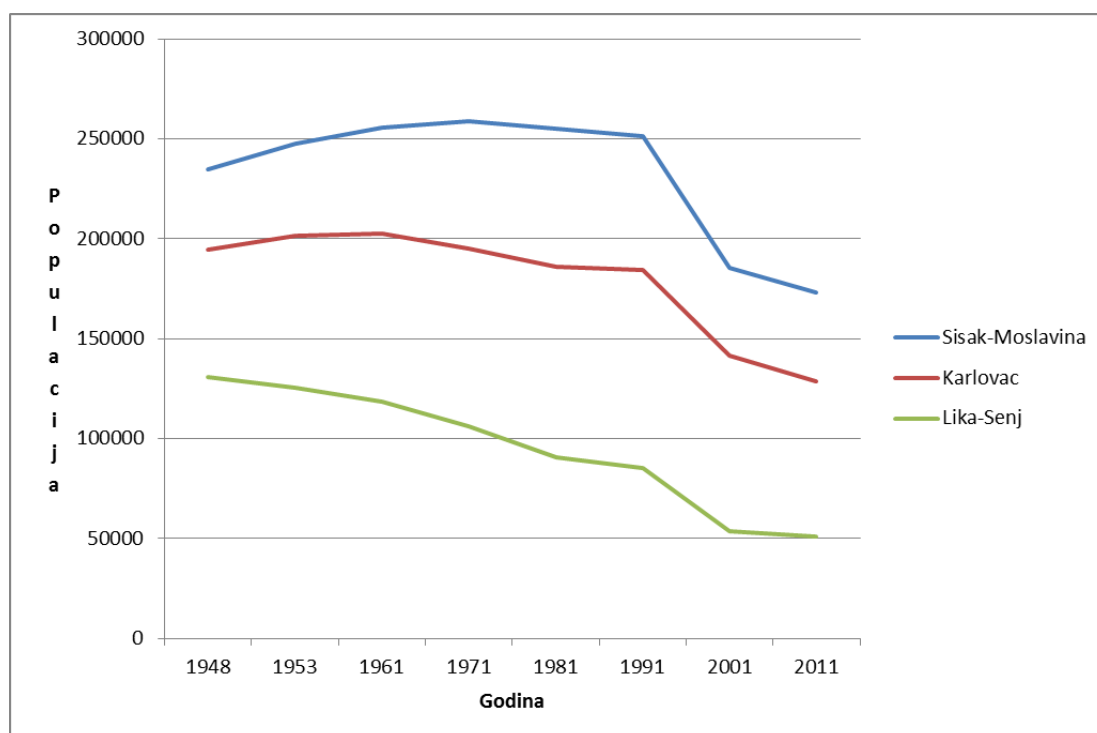
MacArthur (1957) utvrđuje da zabilježene brojnosti ptica i broj vrsta u zajednicama ptica u prirodi najbolje odgovara modelu „nepodudarajućih ekoloških niša“ (eng. *non-overlapping niches*). Brojnost pojedinih vrsta odgovara veličini njihove ekološke niše. Tako su generalisti češće zastupljeni u odnosu na vrste specijaliste.

2.3. Napuštanje poljoprivrednog zemljišta u Europi i Hrvatskoj

2.3.1. Napuštanje poljoprivrednog zemljišta

Glavni razlozi napuštanja poljoprivrednog zemljišta i time povezane izmjene krajobraza su socioekonomske naravi, kao što je depopulacija udaljenih i marginalnih sredina zbog nepovoljnih uvjeta života za čovjeka i ekonomski neodrživo gospodarenje poljoprivrednim zemljištima (Preiss i sur. 1997, Rey Benayas i sur. 2007).

U bivšim komunističkim državama istočne i jugoistočne Europe napuštanje zemljišta je dodatno je uzrokovala nagla promjena političkog i ekonomskog sustava početkom 90-ih godina 20. stoljeća (Baumann i sur. 2011). Republika Hrvatska kao država koja je proizašla iz bivše Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije obuhvaća razmjerno malen kopneni teritorij s 56 584 km². Odljev ruralnog stanovništva odvija se od 1948. godine u Ličko-senjskoj županiji, dok je depopulacija stanovništva u Karlovačkoj županiji započela 1960-ih, a u Sisačko-moslavačkoj županiji 1970-ih godina (Slika 2.).



Slika 2. Depopulacija ruralnih krajeva na području triju županija u kojima su se istraživale ptice, izvor: Zavod za statistiku (2013)

Odljev ruralnog stanovništva u Hrvatskoj je stalan od Drugog svjetskog rata (Stipetić 2005) s vrlo naglim padom broja stanovnika između 1991. i 1995. kada je jedna trećina teritorija Republike Hrvatska bila okupirana tijekom Domovinskog rata (Slika 2).

Nedostatak žitelja ima kao posljedicu da se samo s oko 56 % raspoloživog poljoprivrednog zemljišta gospodari, što odgovara 1,2 milijuna hektara ili 21 % teritorija Republike Hrvatske. Tako da se približno s jedan milijun hektara poljoprivrednog zemljišta ne gospodari (Tomić i sur. 2008). Na tim napuštenim poljoprivrednim zemljištima odvija se vegetacijska sukcesija, kao primjerice u Žumberačkom gorju (Jelaska i sur. 2005) i na otoku Pagu (Ljubičić i sur. 2008). Kako u mnogim ruralnim krajevima obitava staro stanovništvo (Nejašmić 2012), može se očekivati da će se problem napuštanja poljoprivredne proizvodnje u budućnosti dalje pojačati.

Za razliku od drugih bivših komunističkih država, u Jugoslaviji se odustalo od prisilne kolektivizacije poljoprivredne proizvodnje još 1953. godine. Posljedično su se mala poljoprivredna gospodarstva zadržala kao dominantan tip upravljanja poljoprivrednom zemljom (Stipetić 2005). Prosječno poljoprivredno gospodarstvo obuhvatilo je 2,8 ha zemljišta koje je bilo u prosjeku podijeljeno na sedam poljoprivrednih parcela (Župančić 1995) čemu je i značajno doprinio Zakon o nasljeđivanju.

Prema novijim podacima iz Programa ruralnog razvoja (PRZ) za Republiku Hrvatsku 2014.-2020. (Europska komisija, 2015) u Hrvatskoj postoje 233 280 registrirana gospodarstva koja upravljaju s 1.316.019 ha poljoprivrednog zemljišta. S udjelom od 97,4 % dominantan tip gospodarstva čine „obiteljsko-poljoprivredna gospodarstva“ (OPG). Ta gospodarstva upravljaju s prosječno 5,6 hektara poljoprivrednog zemljišta na prosječno 15 katastarskih čestica. Čak 52,5 % poljoprivrednih gospodarstava obrađuje površinu manju od 2 ha, a 89,4 % površinu manju od 10 ha. Ovi brojevi ukazuju na izrazitu parceliranost poljoprivrednih zemljišta. Prema podacima iz PRZ-a (Europska komisija, 2015) u 2012. godini su po kategorijama korištenog poljoprivrednog zemljišta najzastupljenije bile oranice i vrtovi s 903 508 ha (67,9 %), zatim trajni travnjaci s 345 561 ha (26,0 %), te trajni nasadi s 78 183 ha (5,9 %).

Visoki stupanj parceliranosti poljoprivrednih zemljišta u Hrvatskoj formiralo je stanišno heterogene krajobraze s različitim udjelima pašnjaka, oranica i šumskih staništa. Zbog različite brzine sukcesije na oranicama i pašnjacima (Gellrich i Zimmermann 2007) napušteni krajobrazi ostaju stanišno heterogeni u početku vegetacijske sukcesije.

2.3.2. Utjecaj napuštanja poljoprivrednih staništa na ptice

Utjecaj intenzivnog poljodjelstva na ptice opsežno je istraživano u Europi (Pärt i Söderström 1999, Donald i sur. 2001, 2002, 2006, Gregory i sur. 2004, 2005, Hole i sur. 2002, Verhulst i sur. 2004, Baldi i sur. 2005), dok je utjecaj napuštanja poljoprivrednog zemljišta slabije istražena problematika (Preiss i sur. 1997, Suarez-Seoane i sur. 2002, Sirami i sur. 2007, Nikolov 2010). Nadalje, većina istraživanja o utjecaju napuštanja zemljišta na ptice provedena je u zapadnoj, srednjoj i sjevernoj Europi (Pavel 2004, Baldi i sur. 2005, Donald i sur. 2006, Herrando i sur. 2016, Reif i sur. 2008, Verhulst i sur. 2004), dok je znatno manji broj istraživanja proveden na području jugoistočne Europe (Nikolov 2010, Dyulgerova i sur. 2015, Zakkak i sur. 2015, Kmecl i Denac 2018). Tako prostorno pristrana i neuravnotežena istraživanja mogu dovesti do krivih preporuka kada se rezultati istraživanja iz zapadne Europe preslikavaju na istočnu Europu bez da se uzimaju u obzir razlike u biogeografiji, socio-ekonomskoj pozadini ruralnog stanovništva i u načinu gospodarenja poljoprivrednim zemljištem (Kleijn i Baldi 2005, Whittingham i sur. 2007). Međutim, upravo poljoprivredna zemljišta u jugoistočnoj Europi predstavljaju kvalitetnija staništa za vrste ptica od međunarodnog značaja za zaštitu ptica (Hagemeijer i Blair 1997, BirdLife International 2004) koja su ugrožena napuštanjem zemljišta (Nagy 2002).

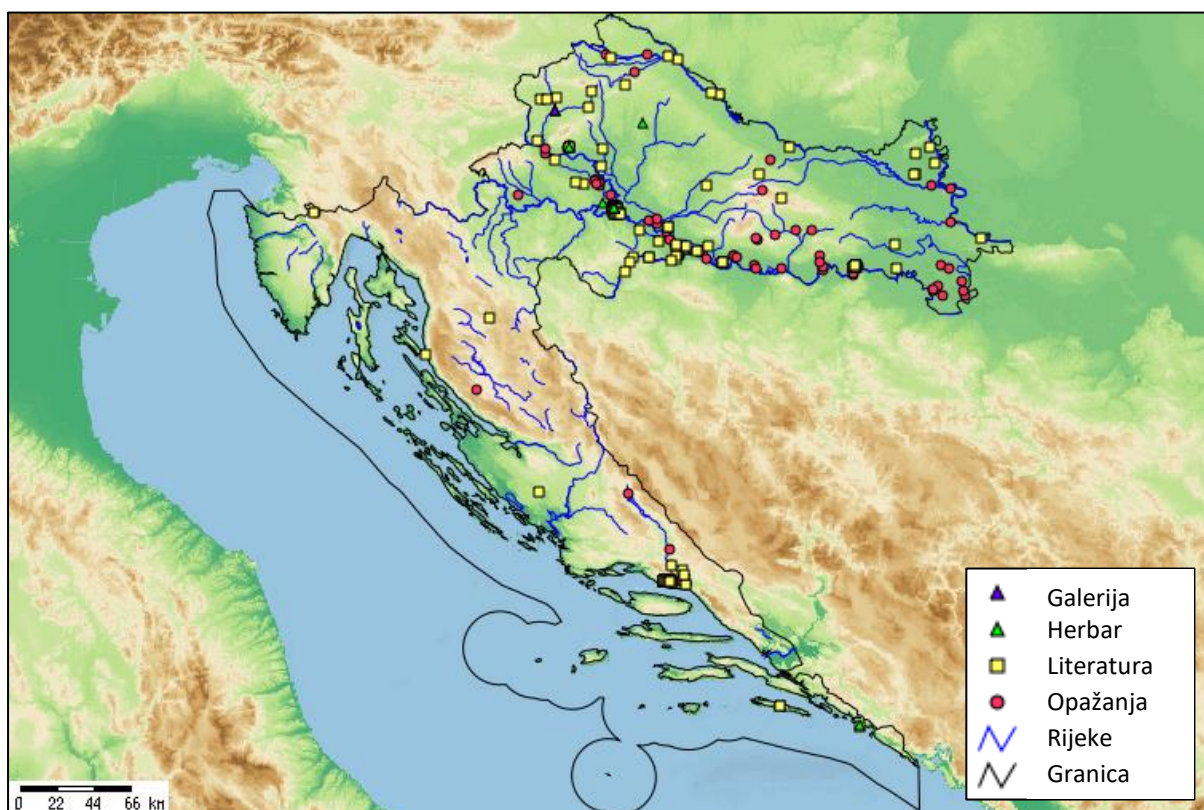
Utjecaj napuštanja zemljišta na ptice poljoprivrednih staništa ovisi o ekologiji pojedinih zahvaćenih vrsta, o tipu napuštenog poljoprivrednog staništa i o povijesti napuštanja. Primjerice, napuštanje travnjačkih staništa nalik stepi negativno utječe na vrste povezane s tim tipom staništa poput bjelonokte vjetruše (*Falco naumanni*), dok istovremeno pozitivno utječe na vrste koje ovise o travnjacima s niskim grmljem poput krivokljune ševe (*Chersophilus duponti*) (Laiolo i sur. 2006).

Gellrich i Zimmermann (2007) utvrdili su da napuštanje zemljišta u početku ima kratkoročne pozitivne utjecaje na biološku raznolikost zbog povećanja raznolikosti staništa, međutim, dugoročno se ustali niža biološka i krajobrazna raznolikost. Na tom su tragu Brambilla i sur. (2007) utvrdili da rusi svračak (*Lanius collurio*) jasno preferira napuštena poljoprivredna staništa u početnoj fazi, tj. favorizira travnjake s grmljem ili drvećem, dok su, nakon razdoblja od 30 godina napuštenosti, takvi krajobrazi postali u potpunosti nepovoljni za gniježđenje rusog svračka.

Većina istraživanja utjecaja napuštanja poljoprivrednog zemljišta na zajednice ptica vrapčarki provedena su na razini točke (točke prebrojavanja) duž gradijenta stanišnih tipova (Santos 2000) ili na razini stanišnog tipa (Verhulst i sur. 2004), ne uzimajući u obzir interakcije između raznolikih staništa jednog krajobraza. U Hrvatskoj, gdje dominiraju mala poljoprivredna gospodarstva, važno je istraživati ovaj utjecaj na ptice na razini krajobraza kako bi se bolje obuhvatila prisutna heterogenost staništa. Heterogeni krajobrazi sastoje se od povoljnih staništa koja su fragmentirana nepovoljnim staništima (Castellón i Sievieng 2006) u odnosu na potrebe različitih ekološki specijaliziranih skupina ptica. S druge strane, nespecijalizirane vrste (generalisti) mogu imati kompeticijsku prednost u nestabilnim ili u staništima koja su u svojoj ekološkoj ravnoteži narušena (Julliard i sur. 2006) kao što su napuštena poljoprivredna zemljišta.

2.3.3. Invazivna biljna vrsta čivitnjača (*Amorpha fruticosa* L.)

Čivitnjača (*Amorpha fruticosa* L.) je biljna vrsta iz porodice mahunarki (*Fabaceae*) koja potječe iz Sjeverne Amerike i unesena je u Europu zbog izvrsnih svojstava za mednu ispašu (Hulina 2010). Međutim, čivitnjača se nekontrolirano proširila južnom, srednjom i istočnom Europom uz riječne doline jer se njene lagane sjemenke rasprostranjuju vodom i poplavama. Tako se čivitnjača iznimno brzo širi aluvijalnim nizinama (Botta-Dukát 2008) i duž riječnih sustava (Pedashenko i sur. 2012). U Hrvatskoj je čivitnjača prije svega prisutna u riječnim nizinama kontinentalne Hrvatske (Slika 3.), pa tako i u Lonjskom polju. Nalazimo je na obalama nizinskih rijeka, uz rubove cesta i šuma, u poplavnim šumama te na drenažnim kanalima (Boršić i sur. 2008, Hulina 2010).



Slika 3. Nalazi čivitnjače u Hrvatskoj, izvor: Flora croatica database (<https://hirc.botanic.hr/fcd/>)

Napuštena poljoprivredna zemljišta, koja su u svojoj ekološkoj ravnoteži narušena staništa, podložna su invazivnim biljnim vrstama (Török i sur. 2003). Deák (2005) utvrđuje da je u zapadnoj Mađarskoj čivitnjača najzastupljenija invazivna biljka na napuštenim

poljoprivrednim zemljištima (oranice, voćnjaci) te na česticama sa smanjenim brojem stoke. Negativne utjecaje čivitnjače na izvornu travnjačku vegetaciju utvrdio je Sarateanu (2010) u panonskom dijelu Rumunjske, dok Zingstra (2009) utvrđuje da je redovita ispaša može suzbijati u savskoj nizini. Smanjeni intenzitet ispaše zbog malog broja stoke na pašnjacima pospješuje brzu izmjenu krajobraznih elemenata jer čivitnjača jako brzo izraste u grmlje i ne postoji jednostavan način njene kontrole. Pokušaji kontrole kroz sječu pokazali su slabe rezultate (Liović 2003).

Čivitnjača se iz navedenih razloga smatra prijetnjom za biološku raznolikost (Boršić i sur. 2008, Hulina 2010). Međutim, provedeno je samo nekoliko istraživanja na temu utjecaja invazivnih biljnih vrsta na zajednice ptica (Flanders i sur. 2006, Schneider i Geoghegan 2006, Skórka i sur. 2010), dok utjecaj čivitnjače na ptice u Hrvatskoj dosad nije bio istražen.

2.4. Studije slučaja

2.4.1. Studija slučaja „Lonjsko polje“

Studija slučaja „Lonjsko polje“ provedena je tijekom proljeća 2010. godine na području Parka prirode Lonjsko polje. Cilj je bio utvrditi stanje populacija ptica na poljoprivrednim površinama Parka prirode. 20 % površine Parka prirode Lonjsko polje čine poljoprivredna staništa (Ilijanić i sur. 2008) koja su pretežito travnjačka staništa (livade i košalice), a manjim dijelom stanište oranica. Zbog nestanka ruralnog stanovništva i dijelova poljoprivrednih površina pod minama izražen je i fenomen napuštanja zemljišta. Zbog prestanka gospodarenja poljoprivrednim površinama područje parka je pod izričitim je utjecajem invazivne biljke čivitnjače (Topić i sur. 2006).

Stoga se na području Parka prirode Lonjsko polje na ukupno devet pokusnih kvadrata dimenzije 1x1 km istražio sastav zajednica ptica u odnosu na tip gospodarenja i u odnosu na prisutnost čivitnjače. Istraživanje su financirali Park prirode Lonjsko polje te Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa (projekt broj 119-0000000-3169).

2.4.2. Studija slučaja „Agrale“

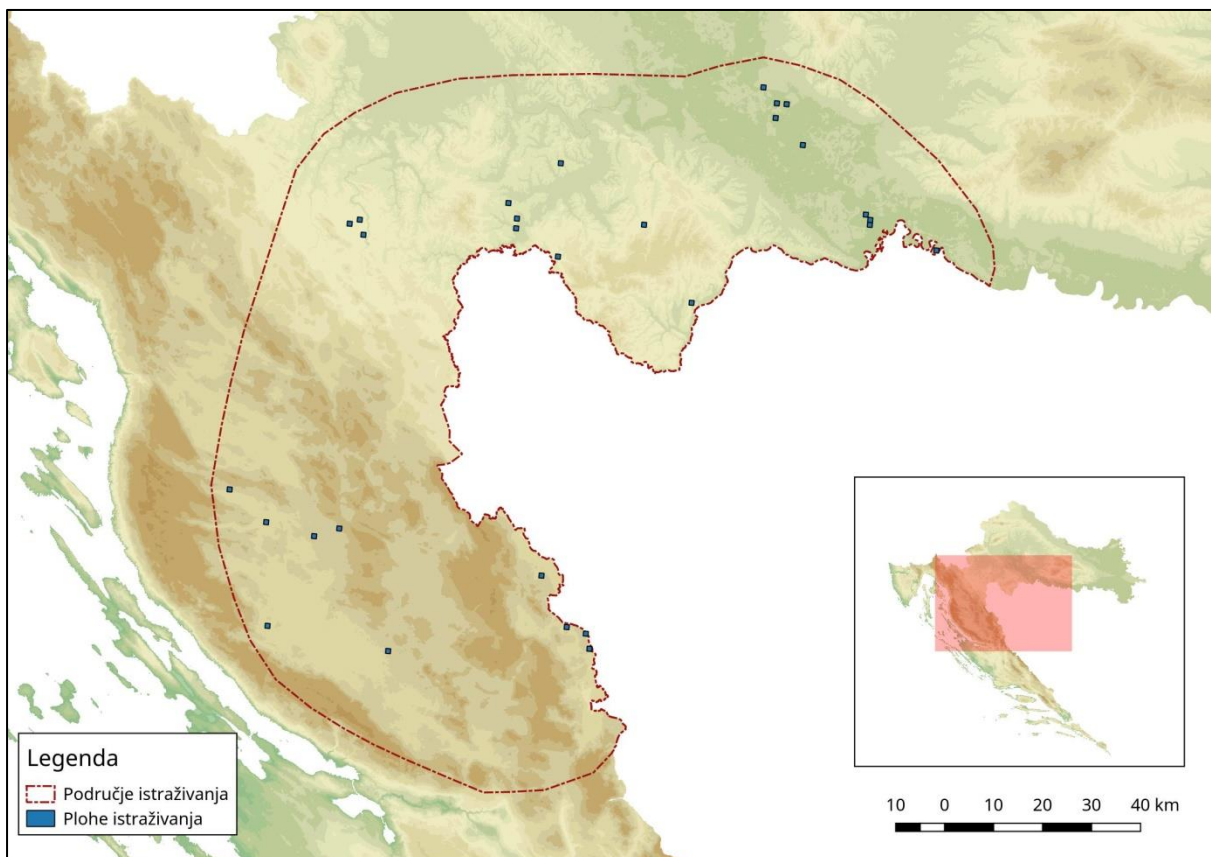
Studija slučaja „Agrale“ provedena je u sklopu međunarodnog znanstvenog projekta „Agrale“ (SEERAPLUS-164) koji je proveden na području Hrvatske, Bugarske, Albanije i Grčke. Cilj projekta bio je utvrditi zajednice ptica na gradijentu poljoprivrednih staništa koja su napuštena u različitim razdobljima u prošlosti na području jugoistočne Europe gdje je napuštanje poljoprivrednih zemljišta vrlo izražen fenomen. Utjecaj napuštanja zemljišta na zajednice ptice istražen je na ukupno 70 ploha dimenzija 1x1 km: 20 ploha u Grčkoj, 12 ploha u Albaniji, 18 u Bugarskoj i 20 ploha u Hrvatskoj (Zakkak i sur. 2015). U ovom doktorskom radu obrađeni su samo podatci s 20 ploha iz Hrvatske. Studiju je sufinanciralo Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa (projekt broj 119-0000000-3169).

3. Materijal i metode

3. Materijal i metode

3.1. Područje istraživanja

Nakon izbora istraživačkih ploha područje istraživanja obuhvaćalo je središnji dio Hrvatske i Liku (Slika 4.). Podatci o pticama prikupljeni su tijekom tri kalendarske godine 2010. - 2012. isključivo u proljeće u dvije odvojene studije slučaja. Jedna studija slučaja provedena je na 9 ploha u Parku prirode Lonjsko polje (Slika 5.), dok je druga studija slučaja provedena na 20 ploha u Sisačko-moslavačkoj, Karlovačkoj i Ličko-senjskoj županiji u sklopu znanstvenog projekta „Agrale“ (Slika 6.). Svako istraživanje u obje studije slučaja izvršeno je na kvadrantima dimenzija 1 x 1 km u kojima je bilo raspoređeno po devet točaka prebrojavanja u obliku mreže/rešetke (Slika 8.).



Slika 4. Područje istraživanja ptica u tri županije na području RH

3.1.1. Park prirode Lonjsko polje

Park prirode Lonjsko polje područje je visoke prirodne vrijednosti jer je jedno od najprostranijih i očuvanijih poplavnih područja u Hrvatskoj i u Europi. Lonjsko polje proteže se uz rijeku Savu i s površinom od 50.650 ha jedno je od najvećih aluvijalnih nizina dunavskog sliva. Poplave se pojavljuju u nepravilnim intervalima te trajati mogu više tjedana (Poschlod i sur. 2002).

Park prirode obuhvaća veće poplavne šume hrasta lužnjaka, poljskog jasena te topola. U parku također postoje prostrani pašnjaci, u manjem obimu livade košanice te male oranice. Oko 15 % površine čine travnjačka staništa, a oko 6 % čine oranice (Ilijanić i sur. 2008). Način upravljanja pašnjacima potječe još iz srednjeg vijeka i karakterizira ga zajednička ispaša više vrsta stoke (konji, krave, svinje) od više vlasnika (Gugić 2009). Livade košanice kose se samo jednom godišnje, intenzitet upravljanja poljoprivrednim zemljištem je niskog je intenziteta, a primjena gnojiva na oranicama vrlo je slaba (Brundić i sur. 2001).

Na području parka zabilježeno je 134 gnijezdećih vrsta ptica (Schneider-Jacoby 1995) što predstavlja približno 60 % gnijezdeće ornitofaune Hrvatske. Zbog svoje iznimne prirodne vrijednosti, Park prirode Lonjsko polje zaštićeno je Ramsarskom konvencijom te je područje parka ujedno i Područje očuvanja značajno za zaštitu ptica (POP) kao dio nacionalne ekološke mreže Natura 2000. Prema Crvenoj knjizi ugroženih ptica, Lonjsko polje, kao dio POP Donja Posavina, drugo je najznačajnije područje za zaštitu ptica u Hrvatskoj jer podržava 21 ugroženu vrstu iz viših kategorija ugroženosti (Tutiš i sur. 2013).

U Parku prirode Lonjsko polje izražena je problematika napuštanja zemljišta i posljedično vegetacijske sukcesije. Prosječna gustoća grla stoke vrlo niska je i iznosi 0,1 po hektaru (Schneider-Jacoby 1995). Zbog toga je veliki dio pašnjaka u Lonjskom polju napušten i time podložan sekundarnoj vegetacijskoj sukcesiji. Na području parka na napuštenim dijelovima dominira invazivni neofit čivitnjača koja zauzima više od 26 % površine napuštenih travnjaka (Topić i sur. 2006).

3.1.2. Područje istraživanja obuhvaćeno studijom slučaja „Agrale“

Nakon složenog odabira ploha s područja cijele Hrvatske istraživanje ptica u sklopu studije slučaja “Agrale” izvedeno je na području središnje Hrvatske i Like. Odabirom ploha za istraživanje njih 20 je u konačnici raspoređeno na području Sisačko-moslavačke, Karlovačke i Ličko-senjske županije. Sisačko-moslavačka i veći dio Karlovačke županije nalaze se u kontinentalnoj biogeografskoj regiji, dok se gorski dio Karlovačke županije i veći dio Ličko-senjske županije nalazi u alpskoj biogeografskoj regiji. Plohe su raspoređene u blizini nekadašnje granice razgraničenja u Domovinskom ratu (1991. - 1995.) na što upućuju i minska sumnjiva područja (Slika 6).

3.1.3. Klimatski uvjeti tijekom istraživanja 2010. – 2012.

Istraživane plohe smještene su na nadmorskoj visini u rasponu od 90 do 200 m u kontinentalnoj biogeografskoj regiji i na 450 do 700 m u alpskoj biogeografskoj regiji. Prosječna godišnja temperatura iznosi između 9,4 °C (alpska regija) i 11,2 °C (kontinentalna regija) s vrućim ljetima i hladnim zimama (Hrvatski zavod za statistiku, 2013). Prosječne godišnje padaline iznose između 1000 i 1500 mm (Filipčić i sur. 2012). Proljetno razdoblje u 2010. kao i cijela godina, pokazalo se kao iznimno kišnim razdobljem (Prilog III, Slika 1., Slika 2.) što je kao posljedicu imalo dugotrajno plavljenje Lonjskog polja u doba istraživanja. 2011. je bila ekstremno sušna godina (Prilog III, Slika 3., Slika 4.), dok je 2012. godina bila nešto suša u odnosu na tridesetogodišnji prosjek 1961. - 1990. (Prilog III, Slika 5., Slika 6.) s natprosječno visokim prosječnim temperaturama (Prilog III Slika 7., Slika 8., Slika 9., Slika 10.).

3.2. Prikupljanje podataka o pticama

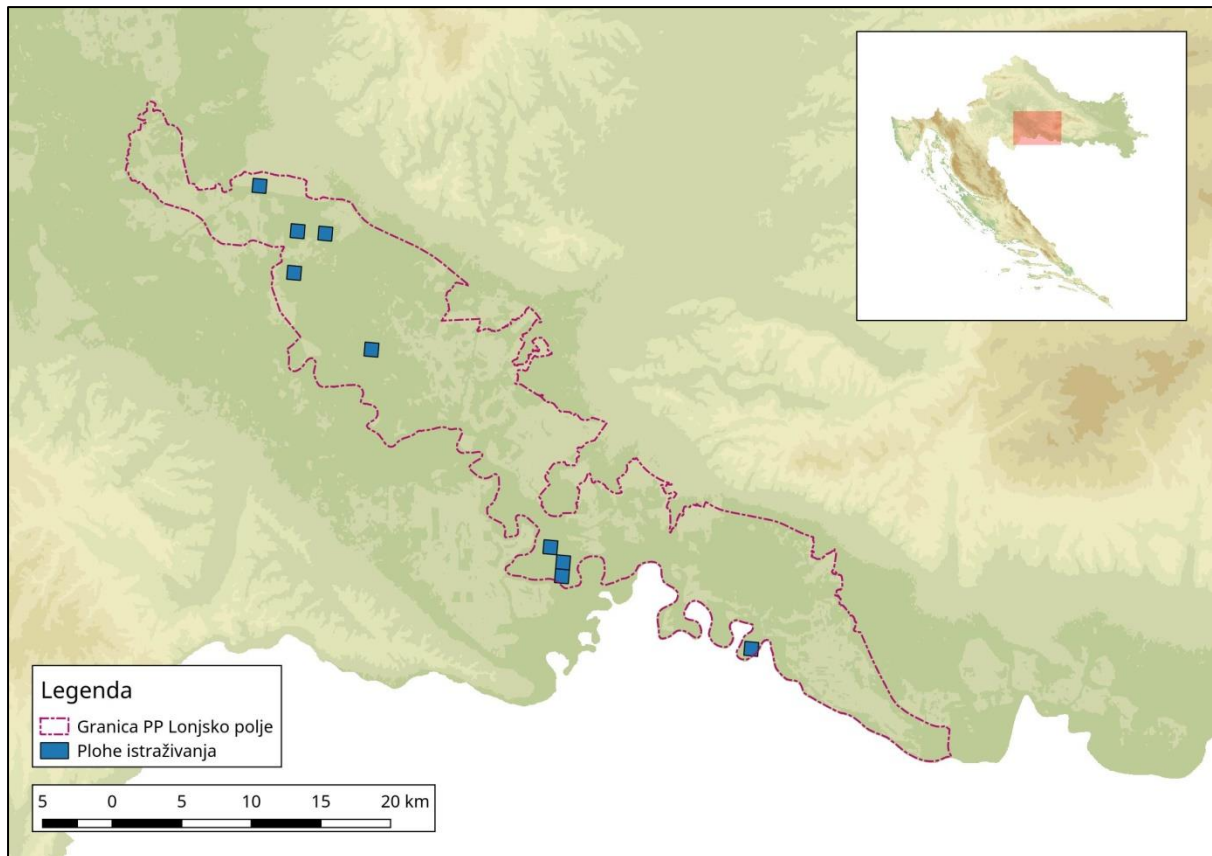
3.2.1. Izbor istraživačkih ploha

Podatci o pticama prikupljeni su u dvije studije slučaja: jedan set podataka prikupljen je u parku prirode Lonjsko polje („Lonjsko polje“) u kojem se istražio utjecaj čivitnjače na zajednice ptica, a drugi set podataka prikupljen je na gradijentu sukcesijskih staništa u sklopu znanstvenog projekta „Agrale“. Kako je područje istraživanja bilo pogođeno Domovinskim ratom, na širem području istraživanja postojala su minski sumnjiva područja, tako da potencijalne plohe istraživanja koje su se podudarale s minski sumnjivim područjima nisu uzete u obzir zbog sigurnosnih razloga.

3.2.1.1. Izbor ploha za studiju slučaja „Lonjsko polje“

Istraživačke plohe čine kvadranti dimenzija 1 x 1 km odabrani na dva poljoprivredna stanišna tipa: oranica i pašnjak. Ukupno je odabrano devet kvadranata za istraživanje koja su bila homogena s obzirom na stanišni tip (Slika 5); odabrani su kvadranti u kojima je većina površine bila pokrivena stanišnim tipom pašnjaka ili oranice. Klasifikacija staništa i homogenost staništa određena je na temelju karte staništa Parka prirode Lonjsko polje (Topić i sur. 2006). Dodatni kriterij za izbor kvadranata bio je taj da se plohe nalaze u raznim stupnjevima zarašćivanja sa čivitnjačom. Pokrivenost kvadranata čivitnjačom preuzeta je iz Topić i sur. (2006).

Istraživačke plohe na oba stanišna tipa (oranica i pašnjak) dodatno su podijeljene na dvije klase s obzirom na način gospodarenja. Klasu 1 predstavljale su plohe sa stalnim gospodarenjem, bez površinskog udjela čivitnjače, dok je klasa 2 označavala djelomično zapuštene plohe s površinskim udjelom čivitnjače (Tablica 2).



Slika 5. Položaj devet istraživanih ploha u parku prirode Lonjsko polje

Tablica 2. Plohe istraživanja u odnosu na tip staništa i način gospodarenja u parku prirode Lonjsko polje

Tip staništa / biljne zajednice	Broj točaka prebrojavanja	Način gospodarenja	Tip poljoprivrednog zemljišta
Mozaik poljoprivrednih površina	25	A_I1	oranica
Mozaik poljoprivrednih površina i prirodne vegetacije / <i>Amorpha fruticosa</i>	9	A_I2	djelomično napuštena oranica
<i>Rorippo-Agrostidetum stoloniferae</i>	7	P_I1	pašnjak
<i>Rorippo-Agrostidetum stoloniferae /Phragmiti-Typhetum minima</i>	5	P_I1	pašnjak
<i>Glycerietum maximae/Amorpha fruticosa</i>	2	P_I2	djelomično napušten pašnjak
<i>Rorippo-Agrostidetum stoloniferae /Amorpha fruticosa</i>	1	P_I2	djelomično napušten pašnjak
<i>Rorippo-Agrostidetum stoloniferae /Glycerietum maximae /Amorpha fruticosa</i>	2	P_I2	djelomično napušten pašnjak
<i>Rorippo-Agrostidetum stoloniferae /Phragmiti-Typhetum minima /Amorpha fruticosa</i>	5	P_I2	djelomično napušten pašnjak
<i>Trifolio-Agrostidetum stoloniferae/Amorpha fruticosa</i>	7	P_I2	djelomično napušten pašnjak

Opis: A_I1: oranica bez čivitnjače, A_I2: oranica sa čivitnjačom, P_I1: pašnjak bez čivitnjače, P_I2: pašnjak sa čivitnjačom

3.2.1.2. Izbor ploha za studiju slučaja „Agrale“

Kako bi se vjerodostojno obuhvatio uzorak zajednica ptica koje obitavaju duž gradijenta napuštenog poljoprivrednog zemljišta primijenjen je sljedeći postupak izbor ploha.

U prvom koraku identificirane su potencijalne pokusne plohe dimenzije 1 x 1 km koje su u prošlosti, tj. nakon Drugog svjetskog rata (1945.) sadržavale više od 50 % površine obrađenog poljoprivrednog zemljišta na području cijele Hrvatske. Kako za ova istraživanja nisu bile dostupne orto-foto snimke iz različitih razdoblja pomoću kojih bi se mogle pratiti promjene u korištenju zemljišta, utvrđene su promjene u korištenju poljoprivrednog zemljišta pomoću baze podataka *Corine Land Cover* (CLC). Corine je akronim za 'coordination of information on the environment' – program koji kontinuirano provodi Europska Unija. CLC je popis zemljišnih pokrova (eng. *land cover*) u Europi raspodijeljen na 44 klase staništa te je prikazan kao kartografski proizvod u mjerilu 1:100 000 (Europska okolišna agencija - European Environment Agency, 2018) kojim se omogućava praćenje staništa i promjene staništa u Europi od 1980. godine.

Kao referenta početna godina za istraživanje korištena je 1980. godina uz pretpostavke da nije došlo do značajnih promjena u načinu korištenju zemljišta od kasnih 1960-ih do 1980. Stoga su korištene informacije o staništima iz CLC baze za 1980. i 2006. godinu te informacije o utvrđenim promjenama pokrova zemljišta za razdoblje od 1980. – 2006.

Kako je teško mjeriti napuštanje zemljišta kao takvo, korišten je udio stanišnih tipova s drvenastom vegetacijom (grmlje i stabla) kao posredna mjera za napuštenost poljoprivrednog zemljišta, budući da u Hrvatskoj na napuštenim poljoprivrednim zemljištima postupno izraste šuma zbog sukcesijskih procesa i klimatskih uvjeta.

Kvadrantima s napuštanim poljoprivrednim zemljištem smatrani su oni kvadranti u kojima je došlo do promjene iz poljoprivrednih stanišnih tipova u stanišne tipove (CLC baze) koje sadrže grmoliku i/ili šumsku vegetaciju (Tablica 3).

Tablica 3. Prikaz stanišnih tipova sukladno bazi podataka CLC

Poljoprivredni stanišni tipovi		Tipovi grmovite ili šumske vegetacije	
Naziv	CLC – oznaka	Naziv	CLC – oznaka
nenavodnjavano obradivo zemljište	211	sukcesija šuma (zemljišta u zarastanju)	324
trajno navodnjavano zemljište	212	bjelogorična šuma	311
vinograd	221	crnogorična šuma	312
voćnjak i nasadi bobičastog voća	222	mješovita šuma	313
maslinik	223		
pašnjak	231		
mozaik poljoprivrednih površina	242		
pretežno poljoprivredno zemljište, sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova	243		

Na taj način identificirani su kvadranti u kojima je napuštanje poljoprivrednog zemljišta bilo najizraženije. Kod izbora ploha uzimalo se u obzir samo kvadrante u kojima je došlo do smanjenja poljoprivrednih površina za najmanje 30 %. Cilj je bio odabrati 20 kvadranta koji obuhvaćaju gradijent s različitim udjelima tipa staništa koja sadrže drvenastu vegetaciju. Tih 20 kvadranta raspoređeno je u četiri (4) klase napuštenog zemljišta (Tablica 4).

Tablica 4. Klase napuštenog poljoprivrednog zemljišta u odnosu na udio drvenaste vegetacije

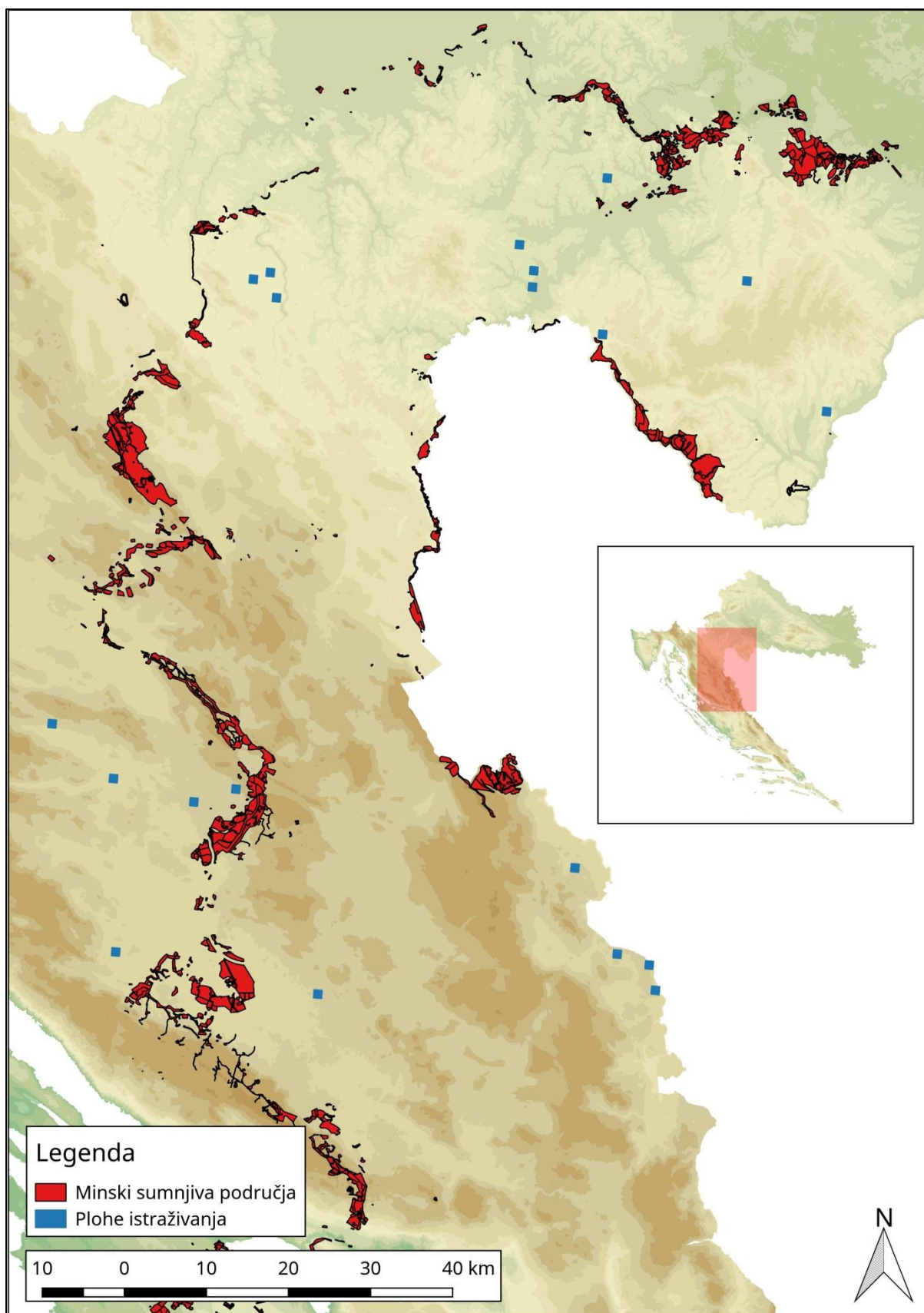
Klasa napuštenog poljoprivrednog zemljišta	Udio stanišnog tipa koji sadrži drvenastu vegetaciju u kvadrantu 1 x 1 km (u %)
Klasa 1	< 25 %
Klasa 2	25 – 50 %
Klasa 3	51 – 75 %
Klasa 4	> 75 %

Kako bi se isključio utjecaj smetnje i rubnih staništa (ekotona) na sastav zajednica ptica, nisu uzeti u obzir oni kvadranti koji su imali veći površinski udio od 15 % s vodenim tijelima i rijekama, cestama i naseljima. Utjecaj klimatskih čimbenika na sastav zajednica ptica smanjen je na način da su samo kvadranti ispod nadmorske visine od 1000 m uzeti u obzir. Kvadranti s minski sumnjivim područjima zbog sigurnosnih razloga za istraživače nisu uzeti u obzir.

Ovi su kriteriji primijenjeni na cijelo područje Hrvatske, ali je konačan skup potencijalnih ploha pokazalo ovakvu razinu napuštenosti samo na području Like, Banije i Korduna te se u konačnici područje istraživanja svelo na spomenute tri regije.

Iz dobivenog „poola“ s pogodnim plohami nasumce je odabrano pet (5) kvadranta po klasi, tako da je ukupno dobiveno 20 ploha za istraživanja ptica duž četiri (4) klase napuštenog poljoprivrednog zemljišta (Slika 6).

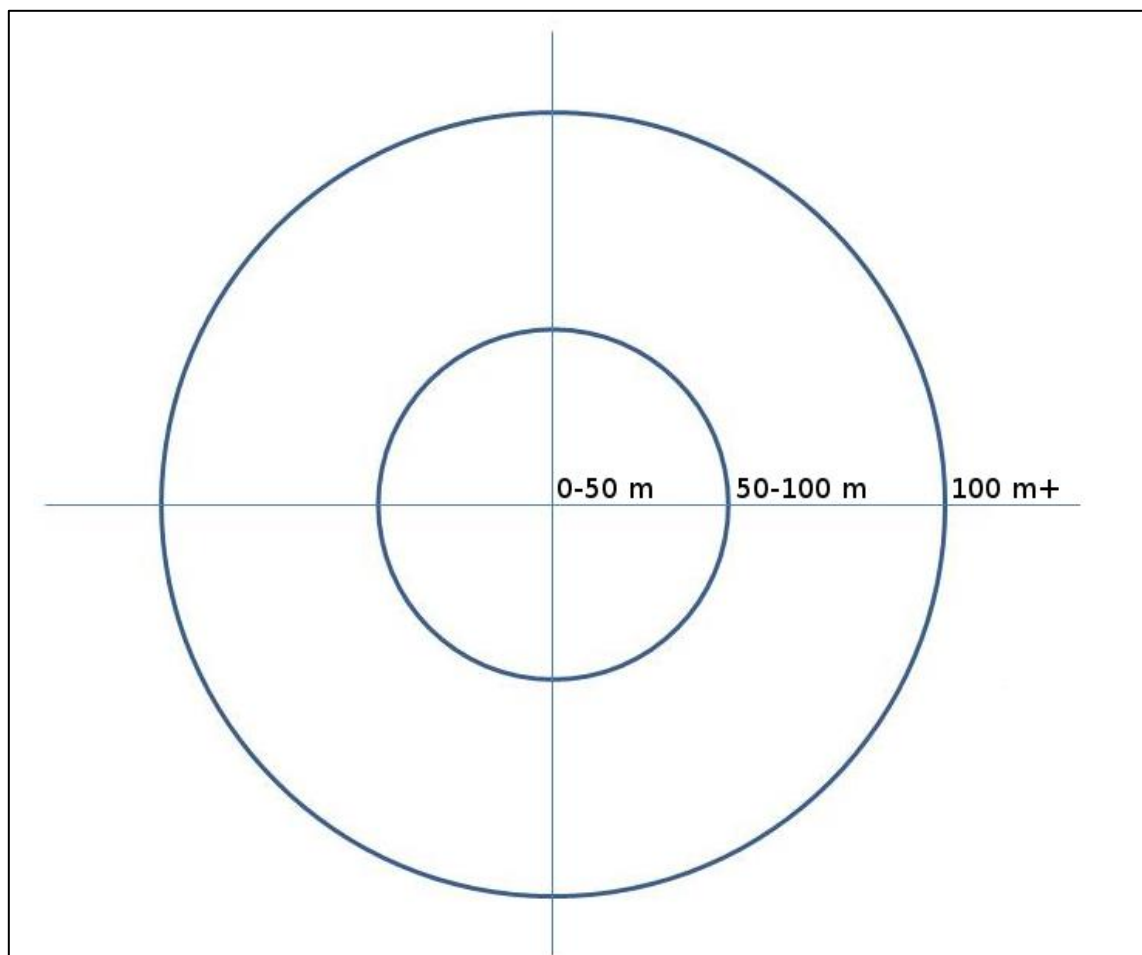
Cijeli postupak proveden je u programskom okruženju R (R Core Team 2012) upotrebom različitih paketa kao što su *stringr* (Wickham 2012), *rgdal* (Bivand et al. 2013), *maptools* (Bivand and Lewin-Koh 2013), *reshape* (Wickham 2007), *xlsx* (Dragulescu 2013), *stats* (R Core Team 2012), *raster* (Hijmans 2013), *RSAGA* (Brenning 2008), *car* (Fox i Weisberg 2011) te upotrebom programskog paketa za obradu geografski referenciranih podataka SAGA – System for Automated Geoscientific Analyses (Böhner i sur. 2006).



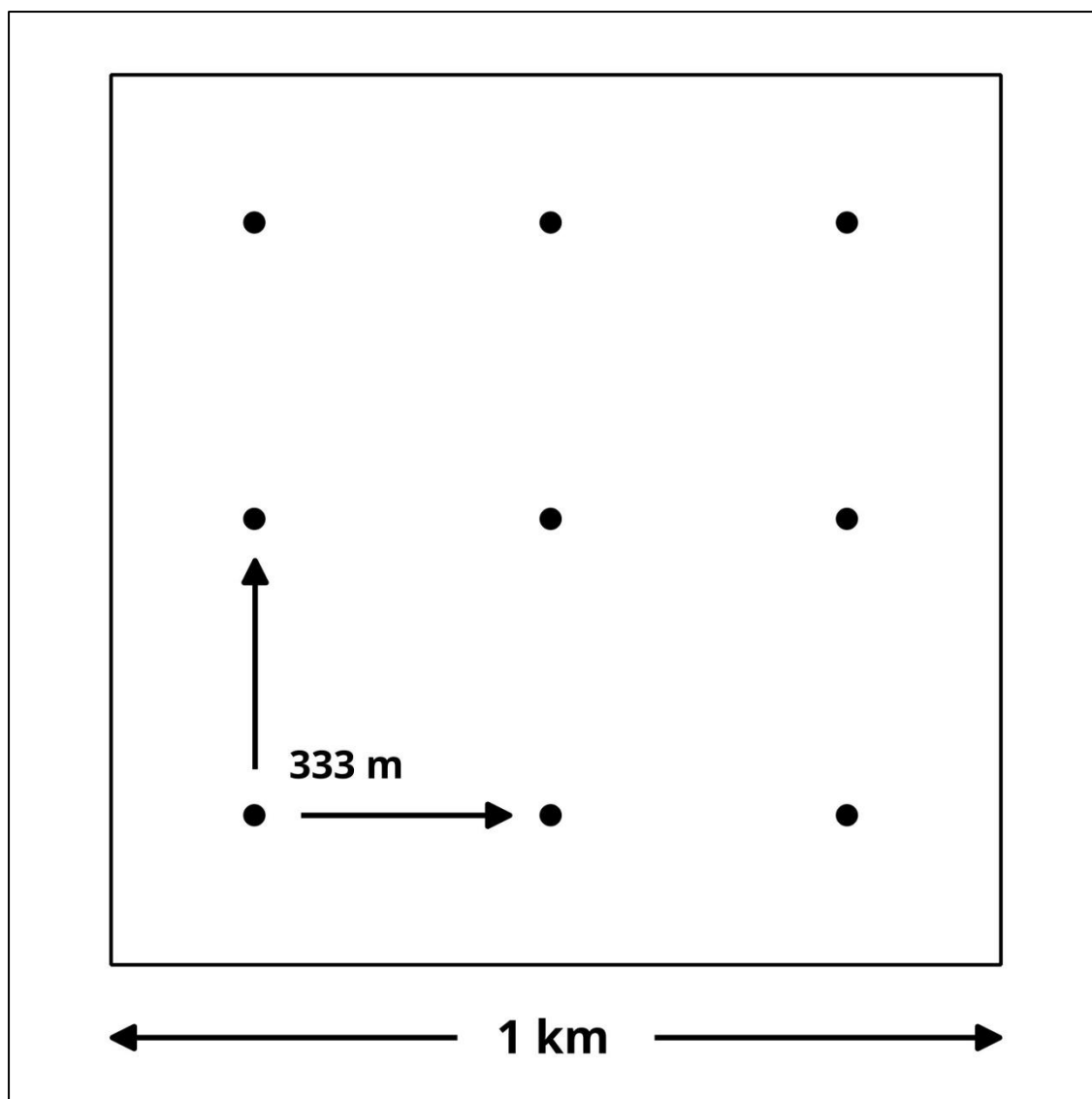
Slika 6. Položaj 20 odabranih kvadranta za istraživanje ptica – studija slučaja Agrale

3.2.2. Uzorkovanje ptica

Uzorkovanje ptica izvršeno je prebrojavanjem u točki (engl. *point count*) (Bibby i sur. 2000). Na svakoj točki su ptice bilježene audio-vizualno u tri pojasa udaljenosti u odnosu na istraživača (Slika 7). Prvi pojas obuhvatio je udaljenosti od 0 do 50 m, drugi od 50 do 100 m, dok je treći pojas obuhvaćao udaljenosti veće od 100 m. Bilježene su vrste, brojnost i status gniježđenja ptica. U svakom kvadrantu 1 x 1 km postavljeno je devet (9) točaka unutar mreže 3 x 3 – sistematski uzorak (Slika 8). Točke su unaprijed postavljene na razmak od najmanje 300 m u GIS softveru SAGA (Böhner i sur. 2006). Preporučuje se razmak od najmanje 300 m kako bi se izbjegavalo dvostruko brojanje istih jedinki s različitih točaka prebrojavanja. Vrijeme prebrojavanja bilo je različito postavljeno za uzorkovanje ptica u Lonjskom polju i za studiju slučaja „Agrale“.



Slika 7. Shema prebrojavanja ptica u točki prebrojavanja s prikazanim pojasevima udaljenosti (preuzeto i prilagođeno od Dumbović-Mazal, 2014)



Slika 8. Shema devet postavljenih točaka prebrojavanja u kvadrantu 1 x 1 km

(Autor: Ivan Katanović)

3.2.2.1. Prebrojavanje ptica u studiji slučaja „Lonjsko polje“

U Lonjskom polju su ptice su brojane na ukupno devet (9) kvadranta 1 x 1 km (Slika 5.). Iako je u svakom kvadrantu bilo raspoređeno devet (9) točaka za prebrojavanje ptica, zbog iznimno kišnog proljeća i poplavljenih dijelova Lonjskog polja, u četiri (4) kvadranta obišeno je samo pet od devet (5/9) točaka, u jednom kvadrantu sedam točaka, a u ostala četiri (4) kvadranta svih devet točaka. Prebrojavanje je izvedeno na ukupno 63 točke (Tablica 2.).

Ptice su u jutarnjim satima (cca. 6 – 9 h) prebrojene na točkama u trajanju od 10 minuta po točki te su bilježene u tri pojasa udaljenosti. Podatci su prikupljeni u razdoblju od 27. travnja

do 5. lipnja 2010. godine. Zbog iznimno kišne godine i nedostupnosti svih točaka prebrojavanja, tijekom razdoblja istraživanja analitički je obrađen samo po jedan uzorak ptica, tj. jedno brojanje po točki.

3.2.2.2. Prebrojavanje ptica u studiji slučaja „Agrale“

U sklopu studije slučaja „Agrale“ na 20 kvadranta dimenzije 1 x 1 km prikupljeni su podatci o pticama na devet ravnomjerno raspoređenih točaka u formi 3 x 3, s time da je u ovom slučaju razmak između točaka iznosio 300 m (Slika 8). Na svakoj točki su ptice brojane kroz pet (5) minuta s počekom od dvije (2) minute kako bi se ptice privikle na prisustvo istraživača.

Brojanje ptica napravljeno je ukupno u dva navrata, jednom tijekom proljeća 2011. i drugi put tijekom proljeća 2012. u razdoblju između travnja i lipnja. U svakom terenskom obilasku po godini ptice su prebrojane na ukupno 180 točaka u 20 kvadranta. Prvo brojanje izvedeno je u kasno proljeće (svibanj/lipanj) 2011., a drugo je brojanje izvedeno u rano proljeće (travanj/svibanj) 2012. kako bi se kumulativno obuhvatile rane i kasne gnjezdalice tijekom njihovih pikova aktivnosti pjevanja u sezoni gnježđenja. Primjerice, sjenice (Paridae) su najvokalnije tijekom ožujka i travnja. S druge strane neke ptice selice dolaze tijekom travnja i mogu se tek u svibnju primijetiti, npr. vuga i svračci. Ptice su uvijek brojane u jutarnjim satima (5 – 10 h), jer su tada ptice najaktivnije i najbolje se detektiraju.

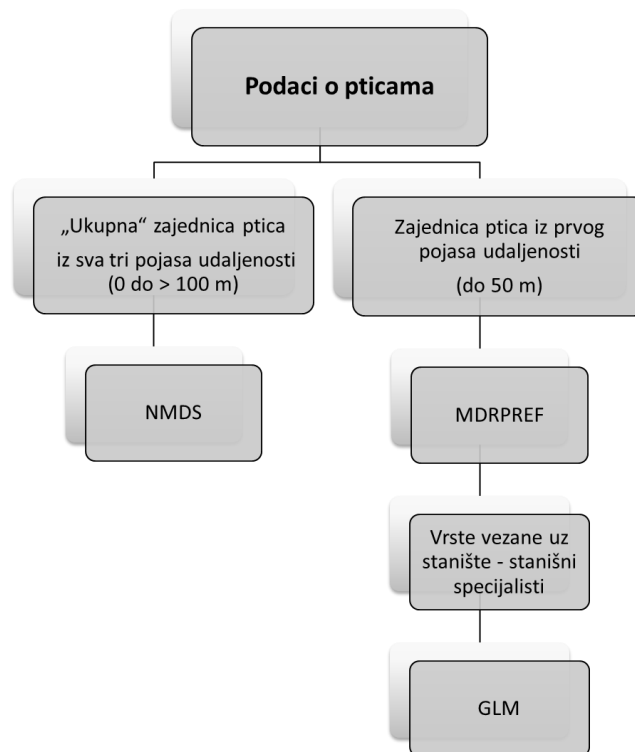
3.3. Statistička analiza podataka

3.3.1. Statistička analiza podataka – studija slučaja „Lonjsko polje“

Podatci dobiveni brojanjem ptica u Lonjskom polju podijeljeni su na dva skupa podataka: jedan skup podataka iz unutarnjeg pojasa prebrojavanja (0 – 50 m) i skup podataka svih pojaseva prebrojavanja (50 – 100 m i > 100 m). Ptice zabilježene u preletu nisu uzete u obzir.

„Jezgre“ zajednice ptica, tj. set podataka iz prvog pojasa udaljenosti (do 50 m) analizirane su se multivarijatnom preferencijalnom analizom (eng. *multivariate preferential analysis* – MDRPREF) upotrebom procedure PRINQUAL u SAS-u (Carroll 1972) za dobivanje biplota (Gabriel 1981). Grafički prikaz u obliku ordinacijskog dijagrama (biplot) dobiven je s Macro%PLOTIT koji prikazuju informacije o zajednicama ptica te informacije o načinu obrađivanja zemljišta za svaki istraženi lokalitet. U MDRPREF analizi, pozicija i dužina vektora određena je brojnošću pojedinih vrsta na točkama prebrojavanja.

„Ukupna“ zajednica ptica, tj. skupovi podataka iz sva tri pojasa udaljenosti (0 – 50 m, 50 – 100 m, > 100 m) analizirana je nemetričnim multidimenzionalnim skaliranjem (engl. *Non-metric Multi-dimensional Scaling* - NMDS) upotrebom *Mass package* pomoću matrice Bray-Curtis sličnosti kako bi se predočile sličnosti i razlike u strukturi zajednica ptica na koje su zatim projicirani vektori okolišnih parametara.



Slika 9. Shematski prikaz statističkih analiza za studiju slučaja „Lonjsko polje“

Dvofaktorska analiza varijance (two-way ANOVA) za neuravnotežene podatke napravljena je pomoću generaliziranih linearnih modela (GLM) (PROC GLM, SAS/STAT software, verz. 9.1.3.) na vrijednostima ranga (engl. *rank scores*), jer podatci nisu bili normalno distribuirani (Iman 1982). Transformacija rangova napravljena je RANK postupkom (PROC RANK) pomoću opcije „ties = mean“ prije same analize.

Na temelju rezultata MDRPREF analize i razmještaja vrsta u ordinacijskom dijagramu (biplot) izdvojene su one vrste koje su u prvom pojasa prebrojavanja (0 – 50 m) zabilježene isključivo na samo jednom poljoprivrednom stanišnom tipu: ili samo na oranici ili samo na pašnjaku. Vrste koje su bile prisutne na oba stanišna tipa i vrste čija je frekvencija detekcije tijekom istraživanja bila preniska nisu u daljnjim analizama bile razmatrane kao „uvjetni stanišni specijalisti“ na području istraživanja. Formirane su dvije skupine ptica: vrste vezane uz oranice i vrste vezane uz pašnjake (Tablica 5).

Treba naglasiti da su oba staništa, tj. oranice i pašnjaci, bila dva ishodišna staništa na kojem se odvija sekundarna vegetacijska sukcesija, tako da oba stanišna tipa mogu obuhvatiti i grmovitu vegetaciju ovisno o stupnju sukcesije. Nadalje, plohe istraživanja bile su uklopljene u krajobraz Lonjskog polja u kojem dominiraju poplavne šume i u kojem postoje brojna

naselja, tako da su zabilježene i ptice šumskih staništa i ptice vezane uz naselja na plohama istraživanja, jer su se ondje nalazile zbog hranjenja. Oranice i pašnjaci koji se ne nalaze u sukcesiji također mogu biti omeđene živicama što utječe na sastav ornitofaune. Zbog toga su vrste iz Tablice 5. uvjetni stanišni specijalisti.

Tablica 5. Vrste iz unutarnjeg pojasa (0 – 50m) prebrojavanja koje su isključivo zabilježene na oranicama ili na pašnjacima u tom pojasu („uvjetni stanišni specijalisti“)

Vrste vezane uz oranice	Vrste vezane uz pašnjake
Slavuj (<i>Erithacus megarhynchos</i>)	Trstenjak rogožar (<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>)
Vrabac (<i>Passer domesticus</i>)	Poljska ševa (<i>Alauda arvensis</i>)
Crnokapa grmuša (<i>Sylvia atricapilla</i>)	Cvrčić potočar (<i>Locustella fluviatilis</i>)
Grmuša pjenica (<i>Sylvia communis</i>)	Veliki cvrčić (<i>Locustella luscinioides</i>)
Drozd cikelj (<i>Turdus philomelos</i>)	Žuta pastirica (<i>Motacilla flava</i>)
	Smeđoglavi batić (<i>Saxicola rubetra</i>)
	Vivak (<i>Vanellus vanellus</i>)

Izračun konzervacijske vrijednosti zajednica ptica

Konzervacijska vrijednost izračunata je za dva seta podataka: za zajednice ptica iz svih pojaseva prebrojavanja te konzervacijska vrijednost zajednica ptica stanišnih specijalista.

Primijenjene su dvije različite mjere za izračun konzervacijske vrijednosti zajednica ptica. Prva mjera obuhvatila je jednostavan zbroj zabilježenih jedinki po točki prebrojavanja, svaka jedinka ima vrijednost 1 (SR – sum raw), a druga mjera obuhvatila je ponderiran zbroj zabilježenih jedinki po točki prebrojavanja (WS – weighted sum). Vrste su ponderirane sukladno stanju zaštite (conservation status) na europskoj razini primjenjujući sustav SPEC – Species of European Conservation Concern (Tablica 1, BirdLife 2017). U Prilogu I u Tablici 1 nalazi se popis vrsta iz studije slučaja Lonjsko polje s pripadajućim SPEC statusom i ponderiranim vrijednostima. Vrijednosti su ponderirane sukladno Pons i sur. 2003 (vidi Tablica 6). Zbroj ponderiranih vrijednosti korišten je kao mjera za konzervacijsku vrijednost zajednice.

Cijeli postupak rezultirao je sa šest GLM modela – dva modela za ukupne zajednice ptica, tj. za ukupan zbroj jedinki po točki prebrojavanja (SR i WS), dva modela za vrste ptica vezane uz oranice i dva modela za vrste vezane uz pašnjake. Svaki model testiran je na dva efekta (stanišni tip i način upravljanja) te na njihove međusobne interakcije.

Kao nul-hipoteza pretpostavljeno je da efekt ne postoji, tako da su jedino testirani statistički značajni efekti i interakcije. Obrada podataka te NMDS analiza napravljeni su u R programskom okruženju verzija 2.11.1 (R Core Team 2012). Generalizirani linearni model (GLM) te multivarijatna preferencijalna analiza (MDPREF) napravljene su u SAS softveru, Verzija 9.1.3 (SAS Institute Inc. 2002 – 2004).

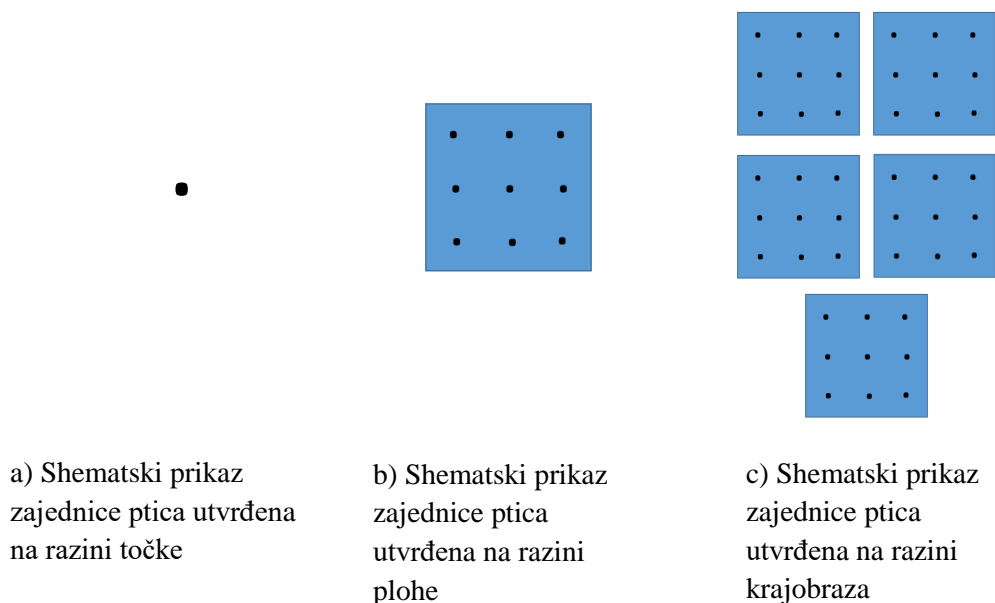
3.3.2. Statistička analiza podataka – studija slučaja Agrale

Zajednice ptica

Za obradu podataka uzete su obzir samo maksimalne brojnosti jedne vrste po točki prebrojavanja iz ukupno dva prebrojavanja. Ptice zabilježene samo u preletu tijekom prebrojavanja nisu uzete u obzir. Također, vrste s razmjerno velikim teritorijima poput grabljivica i vrste koje su daleko čujne t.j. koje se mogu lako čuti s dvije različite točke prebrojavanja nisu uzete u obzir za daljnju analizu.

Zabilježene vrste (Prilog II, Tablica 2) koje nisu uzete u obzir za analizu bile su škanjac (*Buteo buteo*), kukavica (*Cuculus canorus*), šumska sova (*Strix aluco*), škanjac osaš (*Pernis apivorus*) i divlja patka (*Anas platyrhynchos*). Metoda uzorkovanja s točaka prebrojavanja koje su raspoređene na razmak od 300 m nije adekvatna za ove vrste.

Podatci o pticama analizirani su na razini točke, na razini plohe i na razini krajobraza. Zajednicu ptica na razini točke čine nalazi ptica iz prva dva pojasa udaljenosti (0 – 100 m). Zajednicu ptica na razini plohe čini skup zajednica ptica na razini točke s ukupno devet točaka prebrojavanja jedne plohe. Zajednicu ptica krajobraza odnosno jedne klase napuštenog zemljišta čini skup zajednica ptica na razini plohe s ukupno pet (5) ploha jedne klase napuštenosti, tako da su ukupno bile četiri (4) zajednice ptica na razini krajobraza.



Slika 10. Shematski prikaz zajednica ptica na razini točke, plohe i krajobraza

Vrste ptica podijeljene su na tri ekološki specijalizirane skupine (eng. *guild*) sukladno klasifikaciji Pan-European Common Bird Monitoring Scheme (PECBMS) Europskog Vijeća za census ptica (European Bird Census Council – EBCC 2012). Vrste su tako podijeljene na vrste šumskih staništa (“šuma”), vrste poljoprivrednih staništa (“poljoprivreda”) i ostale vrste (“ostalo”) sukladno njihovom pretežitom korištenju staništa u Europi (vidi Prilog II).

Okolišne varijable

Kako bi analizirali utjecaj okoliša na zajednice poljoprivrednih ptica odabrali smo sljedeće okolišne varijable: Digitalni model reljefa (eng. *digital elevation model* – DEM) koji je preuzet s mrežnih stranica NASA-e, nagib terena, ekspozicija terena i indeks potencijalne vlažnosti koji su derivirani iz DEM-a pomoću SAGA softvera na razini točke i na razini plohe. Osim toga, koristili smo i varijablu „udaljenost do najbliže šume“ koja je izmjerena na temelju ortofotosnimki Hrvatske geodetske uprave (DGU); ova je varijabla korištena samo na razini točke. Na kvadrantima 1 x 1 km uprosječene vrijednosti pojedine varijable dobivene su s centroida plohe.

Analiza zajednica ptica na razini točke

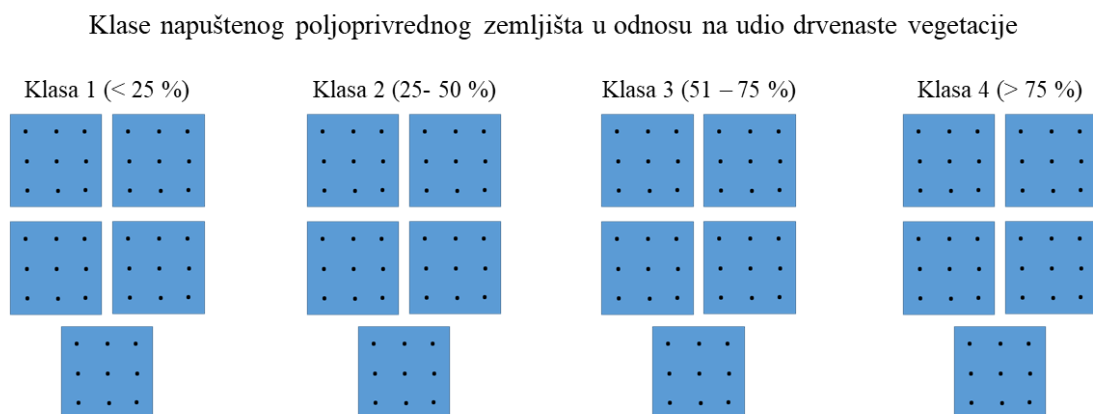
S ukupno 180 točaka prebrojavanja Mantel testom analiziran je odnos/veza između zajednica ptica (iz prva dva pojasa prebrojavanja – radijus do 100 m) na točki i odabranih okolišnih čimbenika: nadmorska visina, indeks potencijalne vlažnosti, nagib, ekspozicija i udaljenost do šume. U sljedećem koraku okolišne varijable testirane su na signifikantnost kanoničkom korespondencijskom analizom (Canonical Correspondence Analysis - CCA).

Analiza zajednica ptica na razini krajolika (landscape)

Zajednice ptica od po pet (5) kvadranta veličine 1 x 1 km po svakoj od četiri (4) klase napuštenog poljoprivrednog zemljišta (Tablica 4) udružene su čineći ukupno četiri (4) zajednice ptica krajolika (Slika 10, Slika 11).

Za svaku klasu napuštenog poljoprivrednog zemljišta izračunati su Shannon-Wienerov indeks ('H') raznolikosti ptica te sastav zajednica ptica u odnosu na ptice poljoprivrednih staništa, ptice šumskih staništa te na ostale ptice. Srednja vrijednost (brojnosti) jedinki ptica iz zajednica ptica na razini krajolika analizirana je pomoću *Multiple Response Permutation Procedure* (MRPP). Ova je procedura u suštini slična analizi varijance i uspoređuje

nesličnost (dissimilarity) unutar i između grupa. Euklidska udaljenost (metrika) korištena je kao mjera nejednakosti između pojedinih zajednica ptica. Beta-raznolikost, mjera zamjene (turnover) vrsta između zajednica ptica duž gradijenta staništa izračunata je pomoću 'vegan' paketa u R programskom okruženju (R Core Team 2012).



Slika 11. Shema zajednice ptica utvrđena na razini krajolika – objedinjeno po 5 kvadranta veličine 1 x 1 km iz iste klase napuštenog poljoprivrednog zemljišta

Vrednovanje napuštenih poljoprivrednih krajolika s obzirom na ugrožene vrste ptica

Izračunati su indeksi konzervacijskih vrijednosti za četiri (4) klase napuštenih krajolika. Svakoj zabilježenoj vrsti pridodana je određena “konzervacijska“ vrijednost na jednostavan (linearan) način i na ponderiran način sukladno metodologiji Pons i sur. (2003). Ponderiranim vrednovanjem bodovane su vrste u odnosu na SPEC status geometrijskom progresijom sa zajedničkim omjerom dva (Tablica 6).

Tablica 6. Vrednovanje konzervacijskog značaja zabilježenih vrsta ptica

Status zaštite na europskoj razini (SPEC status)	Jednostavno vrednovanje	Ponderirano vrednovanje
Non-Spec	1	1
Spec 4	2	2
Spec 3	3	4
Spec 2	4	8
Spec 1	5	16

Nadalje, izračunat je Shannon-Wienerov indeks s jednostavnim i ponderiranim vrijednostima za svaku od četiri (4) klase napuštenih krajolika. Testirana je njihova srednja vrijednost s analizom varijance uz pretpostavku nejednake varijance.

Na isti način testirane su zajednice ptica s četiri (4) klase napuštenosti krajobraza s obzirom na procjenu utjecaja pokrovnosti vegetacije na brojnost jedinki ptica.

Testirana je homogenost varijance konzervacijskih vrijednosti između četiri (4) različite zajednice ptica krajolika koristeći Leveneov test kojim su dobivene značajne razlike. Zbog toga je primijenjena analiza varijance ANOVA za linearni model tipa III u R paketu 'car' koja uzima u obzir da su raspršenosti greške različite po varijablama te ovisne o nezavisnim varijablama (heteroskedastičnost).

Svaki utjecaj koji je ispao značajan, ali bez međusobne interakcije između dva glavna utjecaja, bio je dalje testiran kako bi se identificirale zajednice ptica sa značajnim razlikama.

Na sličan način su testirane razlike između Shannon-Wienerovih indeksa i konzervacijskih vrijednosti duž četiri klase napuštenosti krajolika.

Indikatorske vrste vezane uz krajolike s napuštenim poljoprivrednim zemljištem

Kako bi se identificirao najmanji mogući broj vrsta iz čijih se prebrojavanja moglo dobiti dovoljno informacija o vegetacijskom pokrovu na razini krajolika, primijenjen je sljedeći postupak. Prvo su se izuzete rijetke vrste kojima ukupna brojnost iz svih prebrojavanja nije prelazila 10 prebrojanih jedinki. Zatim je provedena univarijatna analiza sredina za svaku vrstu u sve četiri klase napuštenosti krajobraza. Ta je analiza provedena pomoću GLM modela koristeći Poisson distribuciju (SAS GLIMMIX procedure). Dobivene p-vrijednosti korištene su za odabir podskupova vrsta koji su razdvajali istraživačke plohe na temelju udjela staništa s drvenastom vegetacijom koji se podudara s unaprijed definiranim klasama napuštenosti (Tablica 4). Nadalje, p-vrijednosti korištene su za identifikaciju indikatorskih vrsta na razini krajobraza. Zatim je za svaku vrstu prilagođen multinominalni model (*nnet package* (R), Ripley i Venables 2011). Prije prilagodbe, podatci o pticama podijeljeni su na dva dijela: jedna trećina podataka služila je za izgradnju modela, dok je s dvije trećine podataka model evaluiran.

S obzirom na to da je jedan od ciljeva bio testirati mogu li se podskupovi vrsta ptica koristiti za klasifikaciju različitih klasa napuštenosti zemljišta, napravljeni su, osim obuhvatnog

modela, i modeli s rezultatima prebrojavanja za samo dvije vrste, tri i četiri vrste koje su imale najniže p-vrijednosti u univarijatnom testu sredina. Performanca za svaki model testirana je matricom konfuzijskih grešaka (eng. *confusion matrix error*). Ova je procedura ponovljena na 10 nezavisnih stratificiranih uzoraka.

Vrste, za koje je, na temelju univarijatne usporedbe sredina prebrojavanja po klasi napuštenih zemljišta, ustanovljena barem jedna statistički značajna razlika između klasa napuštenih zemljišta, su dalje testirane na kontraste, odnosno za razlike sredina između parova klasa napuštenih krajolika. S tom procedurom se namjeravalo detektirati vrste kojima je brojnost duž sve četiri klase napuštenih krajolika bila značajno različita. Takve vrste bi se mogle smatrati potencijalnim indikatorskim vrstama za određenu klasu napuštenog zemljišta na području istraživanja.

4. Rezultati

4. Rezultati

4.1. Rezultati istraživanja studije slučaja „Lonjsko polje“

4.1.1. Zajednice ptica na temelju preferencijalne analize

U Lonjskom polju na ukupno 63 točke prebrojavanja raspoređene na 9 istraživačkih ploha veličine 1 x 1 km zabilježeno je ukupno 1447 jedinki ptica obuhvativši 70 vrsta (Popis svih zabilježenih vrsta ptica u Prilogu I). Tablica 7 prikazuje popis vrsta s dovoljnim uzorkom koje su detaljno analizirane s obzirom na izbor staništa.

Tablica 7. Popis vrsta ptica koje su detaljnije analizirane

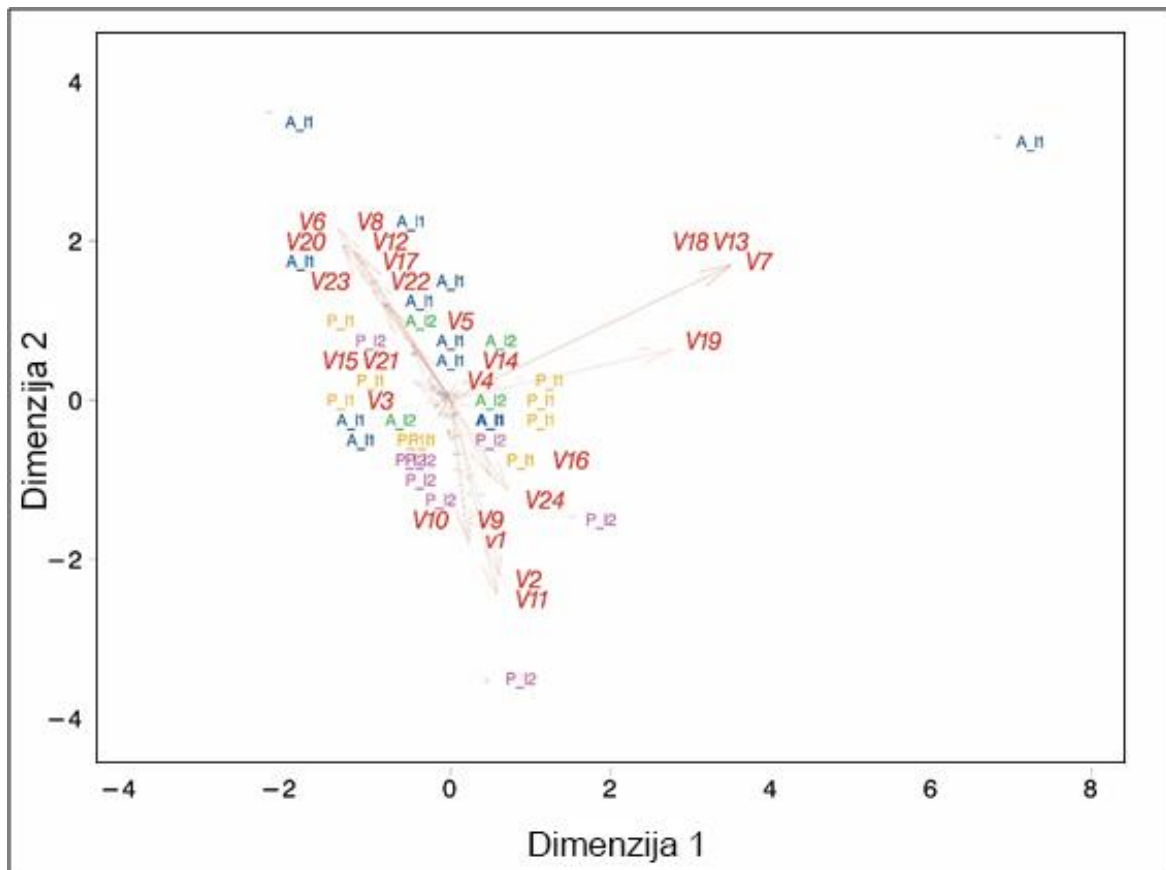
Znanstveni naziv	Hrvatski naziv	Vektor
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	trstenjak rogožar	V1
<i>Alauda arvensis</i>	poljska ševa	V2
<i>Anthus trivialis</i>	prugasta trepteljka	V3
<i>Carduelis carduelis</i>	češljugar	V4
<i>Emberiza citrinella</i>	žuta strnadica	V5
<i>Erithacus megarhynchos</i>	slavuj	V6
<i>Hirundo rustica</i>	lastavica	V7
<i>Lanius collurio</i>	rusi svračak	V8
<i>Locustella fluviatilis</i>	cvrčić potočar	V9
<i>Locustella luscionioides</i>	veliki cvrčić	V10
<i>Motacilla flava</i>	žuta pastirica	V11
<i>Parus major</i>	velika sjenica	V12
<i>Passer domesticus</i>	vrabac	V13
<i>Passer montanus</i>	poljski vrabac	V14
<i>Phasianus colchicus</i>	fazan	V15
<i>Saxicola rubetra</i>	smeđoglavi batić	V16
<i>Saxicola torquata</i>	crnoglavi batić	V17
<i>Streptopelia decaocto</i>	gugutka	V18
<i>Sturnus vulgaris</i>	čvorak	V19
<i>Sylvia atricapilla</i>	crnokapa grmuša	V20
<i>Sylvia communis</i>	grmuša pjenica	V21
<i>Turdus merula</i>	kos	V22
<i>Turdus philomelos</i>	drozd cikelj	V23
<i>Vanellus vanellus</i>	vivak	V24

Sukladno literaturi (Cramp 1994) vrstama iz tablice 7 mogu se pripisati sljedeće sklonosti (preferencija) prema staništu:

Tablica 8. Opis dominantnog staništa za pojedine vrste (prema Cramp 1994)

Znanstveni naziv	Hrvatski naziv	Okvirni tip staništa
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	trstenjak rogožar	vlažno – grmlje/trska
<i>Locustella fluviatilis</i>	cvrčić potočar	
<i>Locustella luscionioides</i>	veliki cvrčić	
<i>Motacilla flava</i>	žuta pastirica	vlažno – travnjak
<i>Vanellus vanellus</i>	vivak	
<i>Saxicola rubetra</i>	smeđoglavi batić	
<i>Saxicola torquata</i>	crnoglavi batić	suho – travnjak/oranica
<i>Phasianus colchicus</i>	fazan	
<i>Alauda arvensis</i>	poljska ševa	
<i>Lanius collurio</i>	rusi svračak	živica – otvoreni predjeli
<i>Emberiza citrinella</i>	žuta strnadica	
<i>Sylvia communis</i>	grmuša pjenica	
<i>Anthus trivialis</i>	prugasta trepteljka	živica/rub šume
<i>Erithacus megarhynchos</i>	slavuj	
<i>Sylvia atricapilla</i>	crnokapa grmuša	
<i>Turdus philomelos</i>	drozd cikelj	
<i>Turdus merula</i>	kos	
<i>Parus major</i>	velika sjenica	
<i>Hirundo rustica</i>	lastavica	selo/voćnjak
<i>Streptopelia decaocto</i>	gugutka	
<i>Passer montanus</i>	poljski vrabac	
<i>Passer domesticus</i>	vrabac	
<i>Carduelis carduelis</i>	češljugar	
<i>Sturnus vulgaris</i>	čvorak	

Vrste ptice iz studije slučaja Lonjsko polje su grupirane u četiri (4) zajednice u odnosu na okolišne i stanišne čimbenike. Prva zajednica obuhvaća sljedeće vrste: lastavica (*Hirundo rustica* V7), vrabac (*Passer domesticus* V13), gugutka (*Streptopelia decaocto* V18) i čvorak (*Sturnus vulgaris* V19). Vrste ove zajednice grupirane su u gornjem desnom kutu ordinacijskog dijagrama (eng. *biplot*) multivarijatne preferencijalne analize i predstavljaju vrste vezane uz stanište oranica u blizini ljudskih naselja (Slika 12). Nadalje, ovu zajednicu ptica nalazimo na staništu s najnižim indeksom potencijale vlage (Slika 13) (eng. *topographic wetness potential*).



Slika 12. Položaj vrsta ptica s obzirom na način gospodarenja u ordinacijskog dijagramu multivarijatne preferencijalne analize

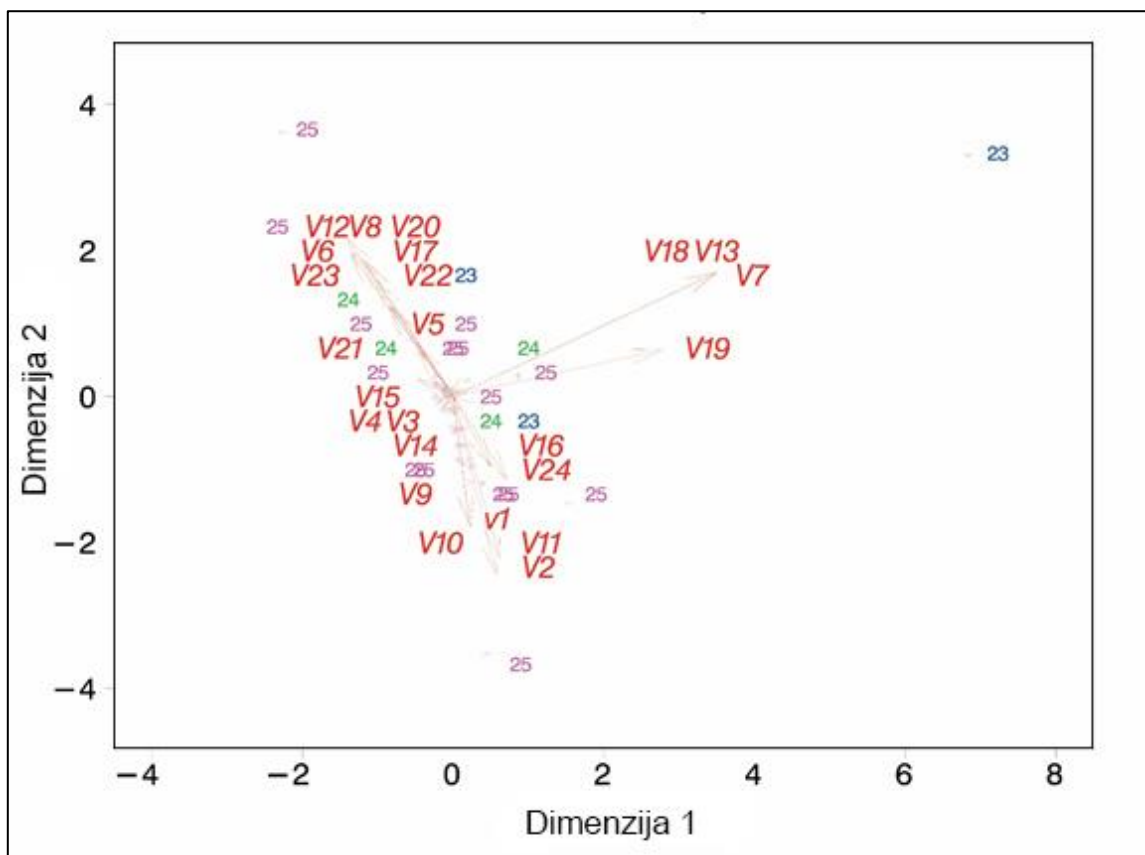
(Oznake: A_I1 – oranica bez čivitinjače, A_I2 –oranica s čivitinjačom P_I1 – pašnjak bez čivitinjače, P_I2 – pašnjak s čivitinjačom)

Druga zajednica ptica obuhvaća vrste: žuta strnadica (*Emberiza citrinella* V5), slavuj (*Erithacus megarrhynchos* V6), rusi svračak (*Lanius collurio* V8), velika sjenica (*Parus major* V12), crnoglavi batić (*Saxicola torquata* V17), crnokapa grmuša (*Sylvia atricapilla* V20), kos (*Turdus merula* V22) i drozd cikelj (*Turdus philomelos* V23). Ova je zajednica ptica smještena na gornjoj strani ordinacijskog dijagrama i povezana je sa staništem oranica. Ovo je razmjerno heterogena grupa koja se ne povezuje samo s oranicom kao staništem nego se ondje nalaze zbog hranjenja, a mogu se gnijezditi u obližnjim šumama ili drugim vegetacijskim strukturama poput živica.

Treća zajednica ptica povezana je s napuštenim poljoprivrednim zemljištem i s vlažnim pašnjacima te se nalazi na donjoj strani ordinacijskog dijagrama. Ova zajednica obuhvaća sljedeće vrste: trstenjak rogožar (*Acrocephalus schoenobaenus* V1), poljska ševa (*Alauda*

arvensis V2), cvrčič potočar (*Locustella fluviatilis* V9), veliki cvrčič (*Locustella luscinioides* V10), žuta pastirica (*Motacilla flava* V11), smeđoglavi batić (*Saxicola rubetra* V16) i vivak (*Vanellus vanellus* V24).

Četvrta zajednica ptica smještena je između ostalih zajednica na ordinacijskom dijagramu i sastoji se od sljedećih vrsta: prugasta trepteljka (*Anthus trivialis* V3), češljugar (*Carduelis carduelis* V4), poljski vrabac (*Passer montanus* V14), fazan (*Phasianus colchicus* V15) i grmuša pjenica (*Sylvia communis* V21). Ova je zajednica također heterogena i obuhvaća vrste živice (grmuša pjenica, prugasta trepteljka), oranice (fazan) i staništa vezana uz naselja (poljski vrabac, češljugar).



Slika 13. Položaj vrsta ptica s obzirom na okolišne varijable u ordinacijskog dijagramu multivarijantne preferencijalne analize

(oznake: 23 – niski potencijal vlažnosti, 24 – srednji potencijal vlažnosti, 25 –visoki potencijal vlažnosti terena).

Usporedba zajednica ptica na temelju literaturnih podataka (Cramp 1994) i na temelju istraživanja ukazuje na to da su se pojedine vrste grupirale u skladu s utvrđenim sklonostima (Cramp 1994) spram staništu.

Srednji i visoki potencijal vlažnosti (Slika 13) povezan je sa svim zajednicama ptica, osim onom zajednicom vezanom uz naselja. Sela su nastala na područjima koja su najmanje izložena poplavama i time pokazuju najniži potencijal vlažnosti terena. Potencijal vlažnosti je ključan okolišni čimbenik jer je područje Lonjskog polja vrlo ravno te male razlike u nadmorskoj visini (< 1 m) mogu biti odlučujuće o tome da li je neko područje poplavljeno ili suho. Te male razlike u nadmorskoj visini u Lonjskom polju čine velike razlike u vlažnosti određenog staništa. Kako je 2010. godina (godina istraživanja) bila izrazito kišno godina, dijelovi istraživačkih ploha bili su poplavljeni. Posljedično, tijekom 2010. godine zabilježene su vrste poput trstenjaka rogožara, cvrčića potočara i velikog cvrčića na poplavljenim poljoprivrednim staništima. Tijekom suših godina ove vrste vjerojatno ne bi ondje obitavale ili u manjem broju.

4.1.2. Zajednice ptica u odnosu na staništa s čivitnjačom

Zajednicu ptica koja je pokazala sklonost prema staništu s čivitnjačom, odnosno pašnjake s čivitnjačom (Slika 12, donji dio ordinacijskog dijagrama), čine vrste trstenjak rogožar (*Acrocephalus schoenobaenus* V1), poljska ševa (*Alauda arvensis* V2), cvrčić potočar (*Locustella fluviatilis* V9), veliki cvrčić (*Locustella luscinioides* V10), žuta pastirica (*Motacilla flava* V11), smeđoglavi batić (*Saxicola rubetra* V16) i vivak (*Vanellus vanellus* V24). Dok trstenjak rogožar, cvrčić potočar i veliki cvrčić mogu profitirati od zaraslih staništa, jer se isti gnijezde na vlažnim staništima obraslim grmljem, za ostale vrste iz te zajednice zarasla staništa nisu povoljna. Njihovu povezanost s pašnjacima s čivitnjačom možemo objasniti time da plohe istraživanja nisu bile sasvim homogene, odnosno da je čivitnjača raspoređena fragmentarno te da između pojedinih polja čivitnjače postoje dijelovi otvorenih travnjaka. Ključno je napomenuti da su te vrste ekološki povezane s vlažnim travnjacima, dakle isti stanišni tip koji je i za čivitnjaču povoljan za širenje.

Druge vrste koje su pokazale sklonosti prema oranicama obraslim s čivitnjačom (Slika 12, sredina ordinacijskog dijagrama) su prugasta trepteljka (*Anthus trivialis* V3), češljugar

(*Carduelis carduelis* V4), žuta strnadica (*Emberiza citrinella* V5) i poljski vrabac (*Passer montanus* V14). Ovim je vrstama zajedničko da se ili gnijezde u živicama ili koriste grmovitu vegetaciju kao mjesto za traženje hrane i zaklona. Prugasta trepteljka, žuta strnadica i češljugar koriste stabla ili visoka grmlja kao mjesto za pjevanje odnosno za označavanje svojih teritorija. Ključno je napomenuti da te vrste ne traže specifična vrsta stabla ili grmovite vegetacije, nego im je bitna vegetacijska struktura koju im može pružati i čivitnjača.

4.1.3. Zajednice ptica u odnosu na tip poljoprivrednog staništa i okolišne čimbenike

„Ukupna“ zajednica ptica, tj. skupovi podataka iz sva tri pojasa udaljenosti (0 do 50 m, 50 do 100 m, > 100 m), analizirana je nemetričnim multidimenzionalnim skaliranjem (engl. Non-metric Multi-dimensional Scaling - NMDS). Prema NMDS-u je tip poljoprivrednog staništa (oranica, pašnjak, sa čivitnjačom, bez čivitnjače) bio najutjecajni čimbenik na strukturu zajednica ptica na području istraživanja. Od ostalih okolišnih čimbenika je jedino potencijal vlažnosti bio statistički značajan, dok čimbenici „udaljenost od vodotoka“ te „udaljenost od šumskih staništa“ nisu bili statistički značajni.

Tablica 9. Rezultati funkcije NMDS u odnosu na okolišne varijable

okolišna varijabla	NMDS1	NMDS2	r^2	p
udaljenost od šume	-0,781112	-0,624391	0,1810	0,058941
topografski indeks vlažnosti	0,999472	0,032489	0,3387	0,003996 **
udaljenost od vode	-0,456765	0,889587	0,1288	0,132867
tip staništa (upravljanja)	0,887413	0,460976	0,6105	0,000999 ***

4.1.4. Konzervacijska vrijednost zajednica ptica u Lonjskom polju

Konzervacijska vrijednost zajednica ptica u Lonjskom polju

Izračunate su konzervacijske vrijednosti zajednice ptica sa svih pojaseva prebrojavanja (0 – 50 m, 50 – 100 m, > 100 m). Model jednostavnog zbrajanja konzervacijskih vrijednosti po točkama prebrojavanja (SR) i model ponderiranog zbrajanja konzervacijskih vrijednosti po točkama prebrojavanja (WS) pokazali su slične odgovore statističke značajnosti prilikom testiranja efekata i kontrasta. Oba modela su pokazala statistički značajni efekt utjecaja staništa te staništa i intenzitet gospodarenja na konzervacijsku vrijednost zajednica ptica; intenzitet gospodarenja opisuje da li je stanište obraslo s čivitnjačom ili nije (Tablica 10).

Nadalje, testiranje kontrasta ukazuje na to da je razlika srednjih konzervacijskih vrijednosti zajednica ptica za oba modela statistički značajna kada se međusobno uspoređuje stanište oranice s čivitnjačom i stanište pašnjaka s čivitnjačom (oranica vs. pašnjak - intenzitet 2) te stanište pašnjaka bez čivitnjače i stanište pašnjaka s čivitnjačom (intenzitet 1 vs. intenzitet 2 - pašnjaci). Tako je razlika konzervacijskih vrijednosti zajednica ptica na oranicama pozitivna u odnosu na zajednicu ptica na pašnjacima s čivitnjačom. Također je razlika konzervacijskih vrijednosti zajednica ptica na pašnjacima bez čivitnjače pozitivna u usporedbi sa zajednicama ptica na pašnjacima s čivitnjačom. Zajednica ptica na oranicama bez čivitnjače u odnosu na zajednicu ptica na pašnjacima bez čivitnjače ne pokazuje statistički značajnu razliku. Zanimljivo je da ne postoji statistički značajna razlika za zajednice ptica na oranicama bez čivitnjače i na oranicama s čivitnjačom.

Konzervacijska vrijednost zajednica ptica stanišnih specijalista u Lonjskom polju

Sva četiri (4) modela za vrste stanišnih specijalista povezane sa staništem bila su statistički značajna ($p < 0,0001$) odnosno efekt staništa se pokazao kao statistički značajnim (vidi Tablica 11). Međutim, samo modeli za vrste vezane uz pašnjake pokazali su statistički značajni efekt s obzirom na interakciju između staništa pašnjaka i intenzitet gospodarenjem pašnjakom (tj. pašnjaci s čivitnjačom i pašnjaci bez čivitnjače).

Testiranjem kontrasta (Tablica 11) konzervacijske vrijednosti zajednice ptica vezane uz staništa oranica u odnosu na konzervacijsku vrijednost zajednice ptica vezane uz pašnjake utvrđen je statistički značajan kontrast za stanište oranice bez čivitnjače u odnosu na stanište

pašnjaka bez čivitnjače. Tako je razlika srednjih konzervacijskih vrijednosti zajednica ptica vezanih uz oranice pozitivna na staništu oranica u odnosu na stanište pašnjaka. Isto vrijedi i kada se uspoređuje stanište oranice s čivitnjačom u odnosu na stanište pašnjaka sa čivitnjačom. Zanimljivo je da zajednica ptica vezana uz oranice, iako statistički neznajno, ima blago negativnu razliku srednjih konzervacijskih vrijednosti na oranicama bez čivitnjače u odnosu na stanište oranice s čivitnjačom. Vrlo mala, također statistički neznajna, razlika postoji za zajednicu ptica vezanu uz oranice kada se iste uspoređuju na pašnjacima s čivitnjačom i na pašnjacima bez čivitnjače. Razlike između konzervacijske vrijednosti zajednice ptica oranica, izračunate na jednostavan i ponderiran način, gotovo i ne postoje što ukazuje na to da zajednicu ptica zabilježenu na oranicama ne čine vrste s nižim SPEC statusom odnosno s višom konzervacijskom vrijednosti (slavuj – *Erithacus megarrhynchus*, vrabac *Passer domesticus*, crnokapa grmuša *Sylvia atricapilla*, grmuša pjenica *Sylvia communis*, drozd cikelj *Turdus philomelos*).

Zajednica ptica vezana uz pašnjake (trstenjak rogožar *Acrocephalus schoenobaenus*, poljska ševa *Alauda arvensis*, cvrčić potočar *Locustella fluviatilis*, veliki cvrčić *Locustella luscinioides*, žuta pastirica *Motacilla flava*, smeđoglavi batić *Saxicola rubetra*, vivak *Vanellus vanellus*) pokazuje statistički značajnu pozitivnu razliku srednjih konzervacijskih vrijednosti (jednostavno izračunato i ponderirano) na pašnjacima bez čivitnjače u odnosu na oranice bez čivitnjače te na pašnjacima s čivitnjačom u odnosu na oranice s čivitnjačom. Zanimljivo je da je razlika srednjih konzervacijskih vrijednosti (jednostavno izračunato i ponderirano) statistički značajno negativna za zajednice ptica pašnjaka kada se uspoređuju pašnjaci bez čivitnjače u odnosu na pašnjake s čivitnjačom. To ukazuje na to da na pašnjacima s čivitnjačom obitava veći broj vrsta odnosno vrste s većom brojnošću koje su ugroženije na razini Europe (imaju niži SPEC status). Tome zasigurno doprinosi što su kao stanišni specijalisti pašnjaka identificirani vrste roda *Locustella* i trstenjak rogožar. U godini s manje padalina i poplava ove vrste vjerojatno ne bi obitavale na zaraslim pašnjacima.

Tablica 10. Razlika između zbirnih srednjih vrijednosti za ukupan zbroj (SR) i ponderiran zbroj (WS) konzervacijske vrijednosti zajednica ptica. Rezultati testiranja efekata i kontrasta. Značajne *p*-vrijednosti su masno otisnute.

Efekti i kontrasti	F vrijednost	<i>p</i> -vrijednost (SR-model)	F vrijednost	<i>p</i> -vrijednost (WS-model)
Efekt				
Stanište	5,78	0,0194	11,82	0,0011
Intenzitet gospodarenja	0,76	0,3880	0,52	0,4755
Interakcija stanište i intenzitet gospodarenja	10,77	0,0017	6,61	0,0127
Kontrasti				
Oranica vs. pašnjak za intenzitet 1	0,69	0,4091 (4,2 ± 5,0)	1,5	0,2258
Oranica vs. pašnjak za intenzitet 2	11,20	0,0014 (-27,1 ± 8,1)	14,34	0,0004
Intenzitet 1 vs. intenzitet 2 za oranice	2,91	0,0933 (11,5 ± 6,7)	1,71	0,1957
Intenzitet 1 vs. intenzitet 2 za pašnjake	8,61	0,0048 (-19,8 ± 6,7)	5,41	0,0235

(Intenzitet 1 = poljoprivredno stanište bez čivitnjače, intenzitet 2 = poljoprivredno stanište s čivitnjačom)

Tablica 11. Kontrasti univarijantne analize za razlike između sredina (95 % interval pouzdanosti) za zbroj jedinki ptica povezane sa specifičnim staništem (0-50 m prebrojavanja, popis vrsta iz Tablice 5). Značajne *p*-vrijednosti su masno otisnute.

Efekte i kontrasti	Vrste vezane uz oranice <i>p</i> -vrijednosti	F vrijednost	Vrste vezane uz pašnjake <i>p</i> -vrijednosti	F vrijednost	Vrste vezane uz oranice (ponderirano) <i>p</i> -vrijednosti	F vrijednost	Vrste vezane uz pašnjake (ponderirano) <i>p</i> -vrijednosti	F vrijednost
Efekt								
Stanište	< 0,0001	20,72	< 0,0001	42,02	< 0,0001	24,95	< 0,0001	37,56
Intenzitet gospodarenja	0,8097	0,06	0,4313	0,44	0,8097	0,06	0,4741	0,12
Interakcija: stanište i intenzitet gospodarenja	0,8396	0,04	0,0052	8,42	0,8396	0,04	0,0127	5,81
Kontrasti								
Oranica vs. pašnjak za intenzitet 1	0,0001 (17,0 ± 4,1)	17,17	0,0003 (-14,6 ± 3,7)	15,19	0,0001	17,17	0,0003 (-15,3 ± 3,9)	15,16
Oranica vs. pašnjak za intenzitet 2	0,0062 (19,0 ± 6,7)	7,80	< 0,0001 (-35,4 ± 6,1)	33,75	0,0070	7,80	< 0,0001 (-33,4 ± 6,4)	27,37
Intenzitet 1 vs. intenzitet 2 za oranice	0,7533 (-2,2 ± 5,5)	0,1	0,1403 (7,5 ± 5,0)	2,23	0,7533	0,1	0,1514 (7,7 ± 5,3)	2,11
Intenzitet 1 vs. intenzitet 2 za pašnjake	0,9784 (-0,1 ± 5,6)	0,01	0,0116 (-0,2 ± 5,6)	6,79	0,9784	0,01	0,0554 (-10,4 ± 5,3)	3,82

(Intenzitet 1 = poljoprivredno stanište bez čivitnjače, intenzitet 2 = poljoprivredno stanište s čivitnjačom)

4.2. Rezultati istraživanja studije slučaja „Agrale“

4.2.1. Zajednica ptica

Na ukupno 360 točaka prebrojavanja unutar 20 istraživanih kvadranta ukupno je zabilježeno 70 vrsta ptica (Prilog II, Tablica 2) i 4263 jedinke, uključujući ptice u preletu. Zabilježeno je 19 vrsta ptica vezanih uz šumska staništa, 16 vrsta vezanih uz poljoprivredna staništa i 35 ostalih vrsta. Devet % od zabilježenih vrsta čine vrste od važnosti za zaštitu prirode na razini Europe (SPEC status 1 i 2). Bootstrap procedurom procijenjeno je bogatstvo vrsta na 82 vrste, tako da zabilježenih 70 vrsta odgovara 85% od ukupno procijenjenog broja vrsta koje možemo očekivati na istraživanom području.

4.2.1.1. Zajednica ptica na razini točke

Mantel testom utvrđena je značajna korelacija između zajednica ptica na razini točke i okolišnih čimbenika ($r = 0,187$; $P = 0,001$; $n_{\text{permut}} = 999$). Kanonička korespondencijska analiza (CCA) pokazala je da su zajednice ptica na razini točke najbolje objašnjene nadmorskom visinom te potencijalnom vlagom terena (eng. *potential wetness of the terrain*), dok nagib terena, ekspozicija i udaljenost prema šumskim staništima nisu značajno doprinjeli objašnjavaњу varijabilnost (Tablica 12).

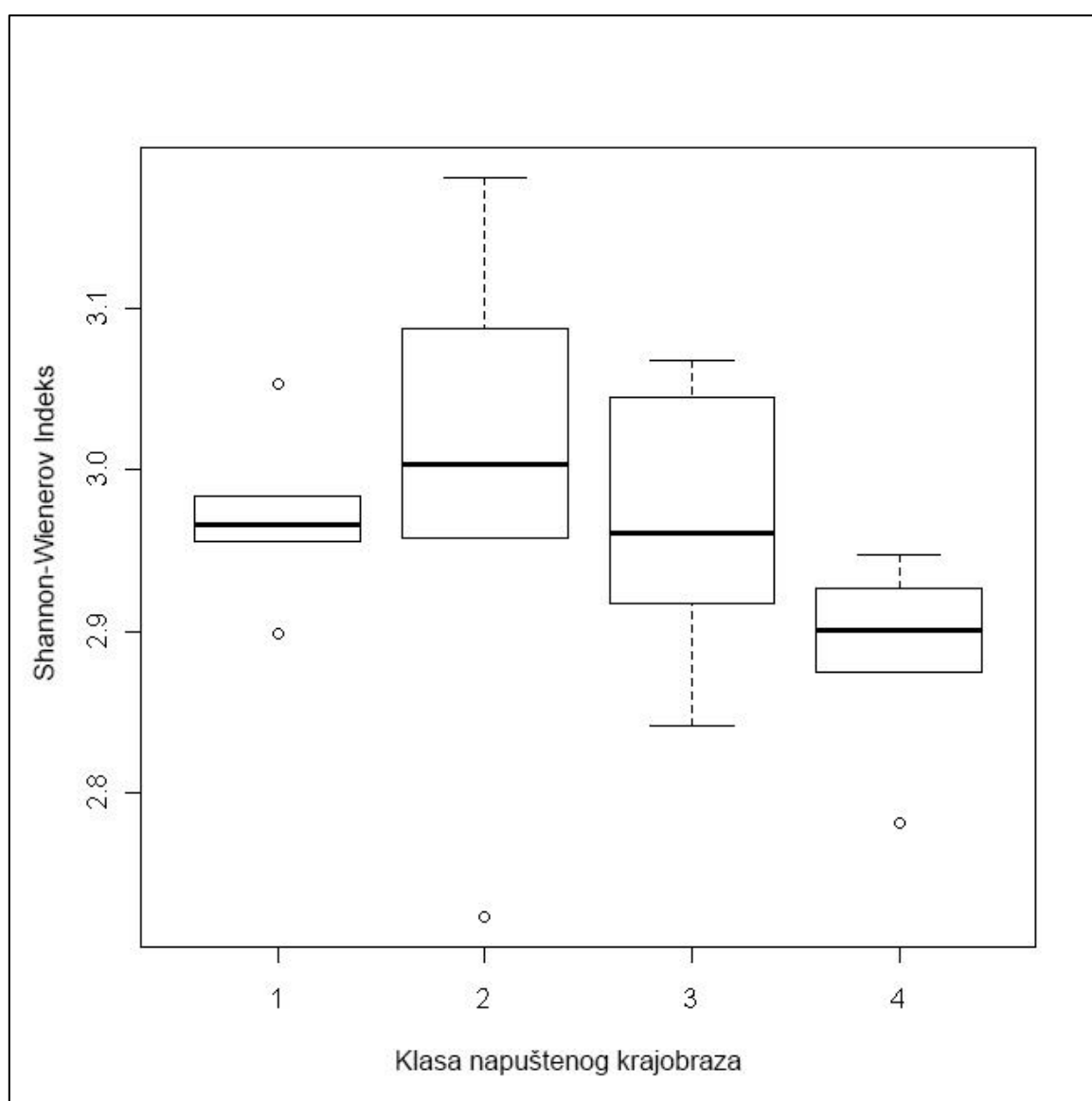
Tablica 12. Testirani okolišni čimbenici na razini točke prebrajanja ptica (CCA analiza).

Značajne p-vrijednosti su masno otisnute.

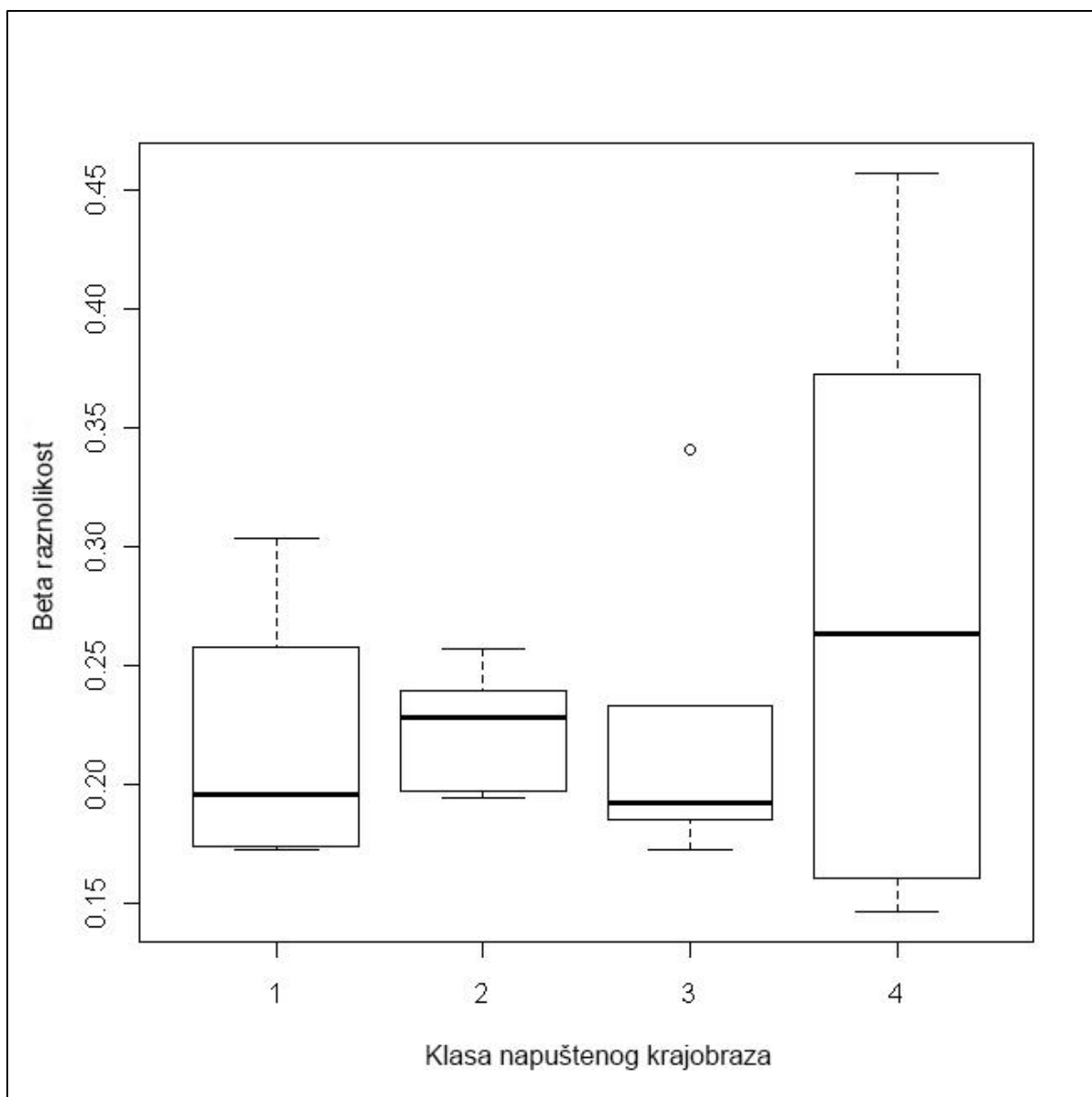
	Chisq	F	$p (>F)$
nadmorska visina	0,09	2,61	0,01
nagib	0,04	1,17	0,10
ekspozicija	0,03	1,02	0,09
potencijalna vlaga	0,06	1,88	0,01
udaljenost do šume	0,03	0,91	0,35

4.2.1.2. Zajednica ptica na razini krajobraza (landscape)

Nije utvrđena značajna razlika u vrijednostima Shannon-Wienerovog indeksa (H), ($F_{3,8,52} = 1,69$; $p = 0,241$) između četiri klase napuštenosti, odnosno na razini krajobraza. Za klasu četiri (4) utvrđen je najniži H indeks, dok je klasa 2 pokazala najviši H indeks (Slika 14). Također, nije bilo značajnih razlika u brojnostima ptica između četiri klase napuštenosti (MRPP; $n_{\text{permut}} = 1000$; $P = 0,759$). Analizirana beta raznolikost također nije pokazala značajne razlike u sastavu vrsta duž gradijenta napuštenosti, s niskim z vrijednostima ($z < 0,3$) ispod praga značajnosti određenim prema Oksanen (2012) (Slika 15).



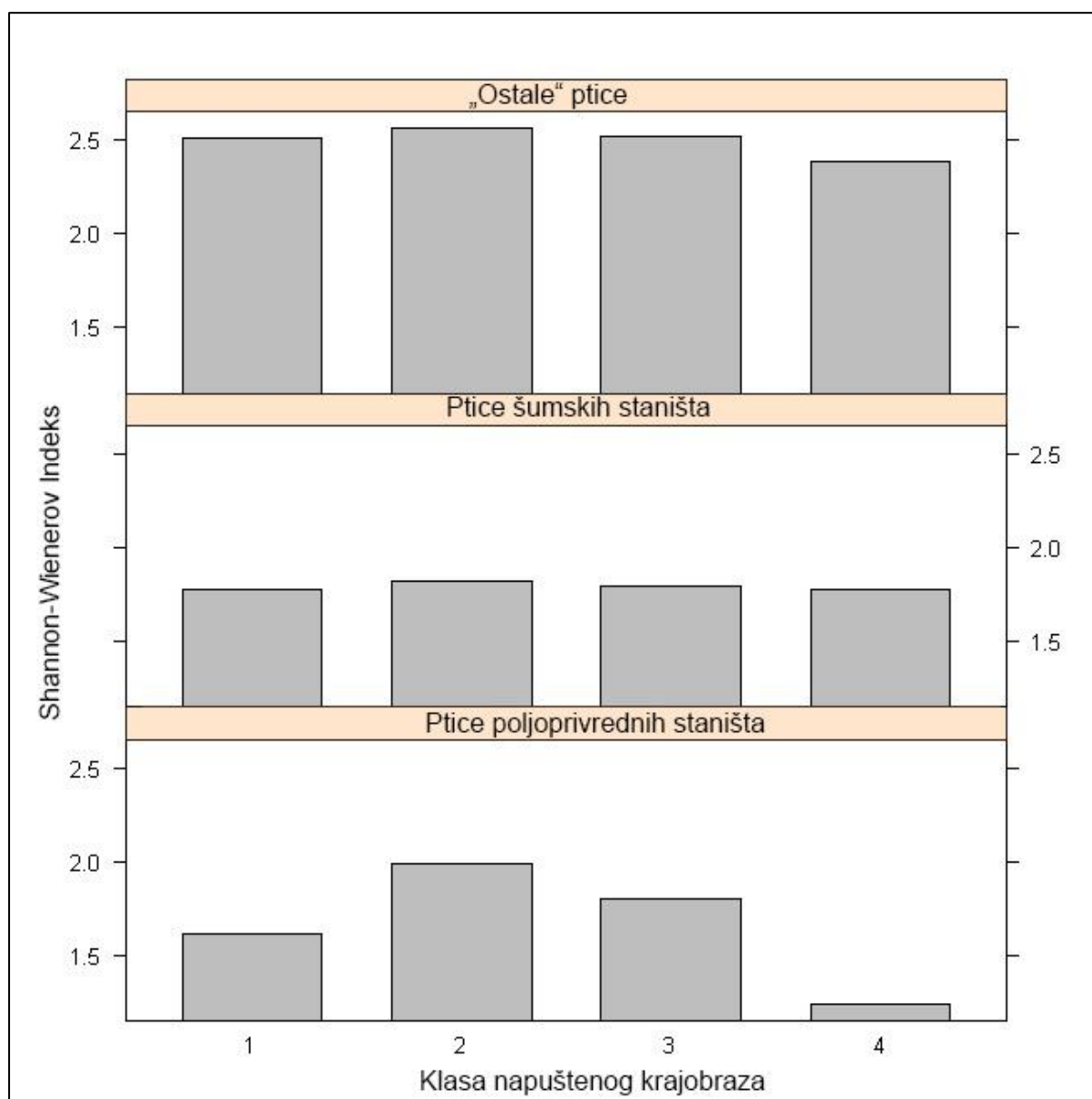
Slika 14. Vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa u odnosu na četiri klase napuštenih krajobraza



Slika 15. Vrijednosti beta raznolikosti duž četiri klase napuštenih krajobraza

4.2.2. Ekološki specijalizirane skupine ptica (bird guilds)

Shannon-Wienerov indeks (H') za pojedine ekološki specijalizirane skupine ptica pokazao je različite uzorke (eng. *pattern*) duž gradijenta napuštenih krajobraza (Slika 16.). „Ostale“ (nespecijalizirane) vrste ptica i šumske ptice bile su ravnomjerno raspoređene u sve četiri klase s najvišim H indeksom u klasi 2 (25 – 50% drvenaste vegetacije). Brojnost ptica poljoprivrednih staništa opadala je od klase 1 prema klasi 4 (Slika 17.), s time da je najviši H indeks bio u klasi 2, a vrlo nizak H indeks u klasi 4. Ptice poljoprivrednih staništa zadržale su visoku razinu raznolikosti vrsta do klase 3 unatoč opadajućim brojnostima.



Slika 16. Vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa u odnosu na ekološki specijalizirane skupine ptica

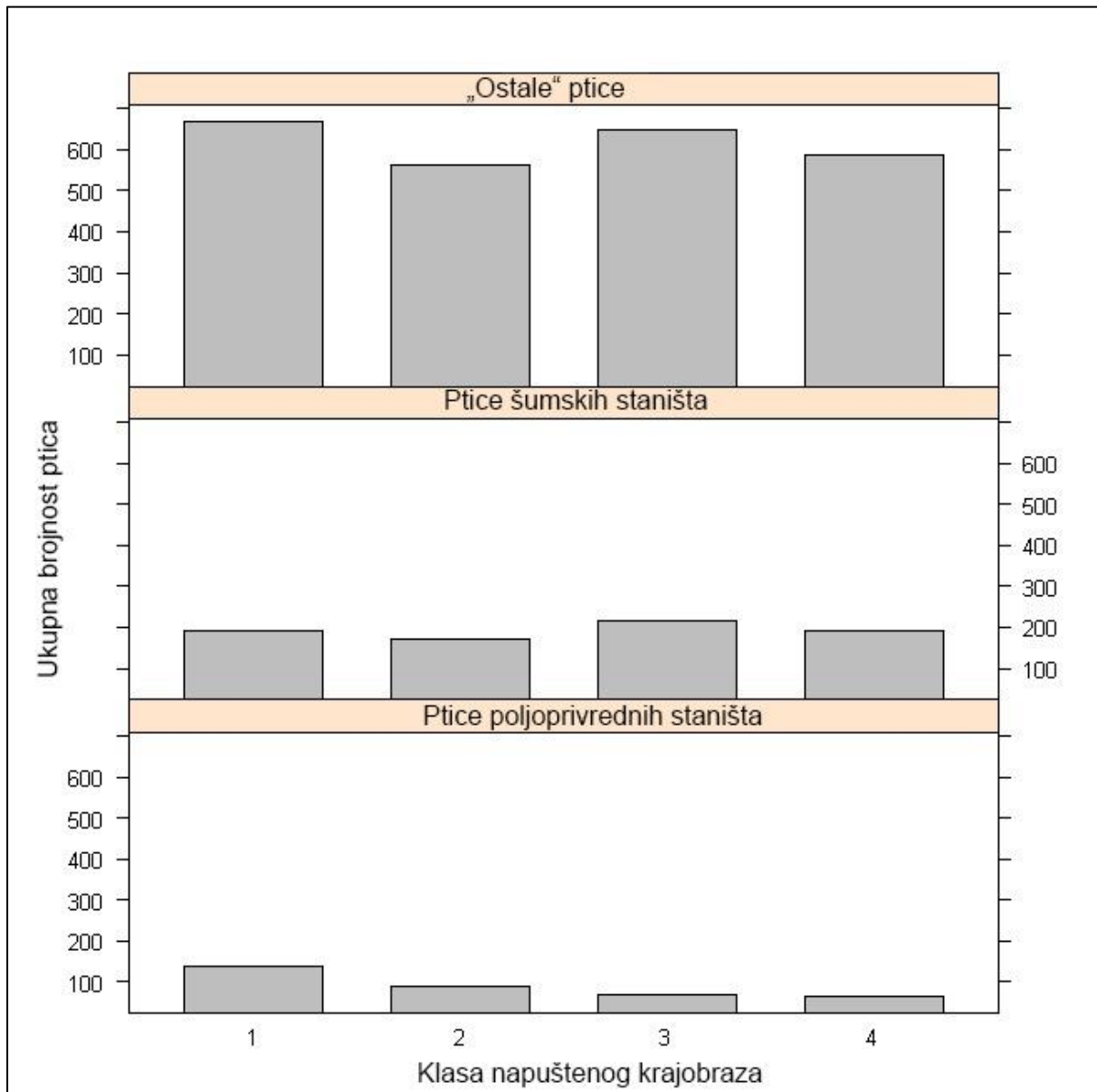
Vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa poljoprivrednih, šumskih i ostalih vrsta ptica statistički se značajno međusobno razlikovao duž 4 klase napuštenosti ($F_{2,475} = 490,59$; $P < 0,001$). Rezultati testiranja utjecaja u paru (eng. *pairwise testing of effects*) prikazani su u tablici 13. Međutim, utjecaj klase napuštenosti na H indeks nije bio značajan ($F_{2,475} = 2,02$; $P = 0,110$). Također, interakcija između ekološki specijaliziranih skupina ptica i klase napuštenosti zemljišta nije bila značajna ($F_{2,475} = 2,09$; $P = 0,053$).

Tablica 13. Rezultati post-hoc testiranja razlika: a) Shannon-Wienerov indeks; b) ukupan broj zabilježenih jedinki po ekološki specijaliziranim skupinama (glavni efekt: ekološki specijalizirana skupina ptica). Značajne p-vrijednosti su masno otisnute.

	ptice poljoprivrednih staništa		ptice šumskih staništa	
	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
<i>Shannon Wiener Indeks</i>				
šumske ptice	372 088	0,000		
ostale ptice	4 398 989	0,000	3 713 358	0,000
<i>Ukupan broj jedinki</i>				
šumske ptice	0,66	0,516		
ostale ptice	409 785	0,000	3 713 358	0,000

Ukupan broj prebrojanih jedinki po ekološki specijaliziranoj skupini bio je značajno različit između četiri klase napuštenosti zemljišta ($F_{3,351} = 12,54$; $P < 0,001$). Nadalje, post-hoc testiranjem parova (Tablica 13.) utvrđene su značajne razlike u broju zabilježenih jedinki između „ostalih“ ptica i ptica poljoprivrednih staništa, te između ostalih i šumskih vrsta ptica. Nije bilo značajne razlike u brojnosti jedinki između ptica poljoprivrednih staništa i ptica šumskih staništa. Postojale su značajne razlike u ukupnom broju svih skupina ptica duž

gradijenta napuštenih staništa (Tablica 14.). Klasa 2 pokazala je statistički značajnu razliku u ukupnom broju svih jedinki u odnosu na sve druge klase. Značajna razlika je također ustanovljena između klase 1 i klase 4.



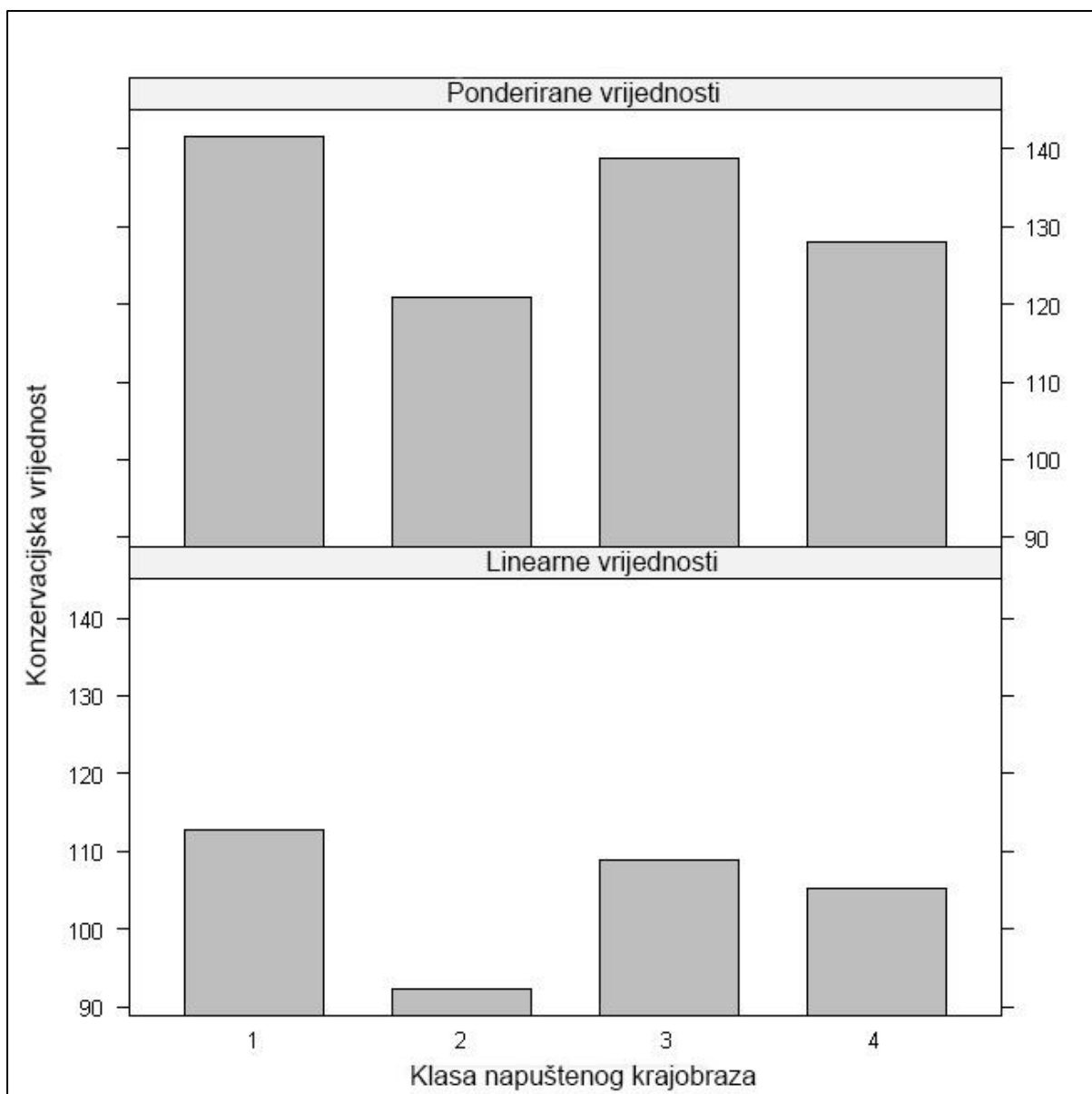
Slika 17. Ukupan broj jedinki ekološki specijaliziranih skupina ptica duž četiri klase napuštenih krajobraza

4.2.3. Konzervacijska vrijednost krajobraza

Konzervacijske vrijednosti pojedinih napuštenih krajobraza pokazale su značajan utjecaj duž četiri klase napuštenosti ($F_{3,351} = 4,33$; $P = 0,005$) i pokazale su značajne razlike računane ili linearno kao zbroj zabilježenih jedinki ili kada je primijenjeno težinsko bodovanje prema SPEC kategorijama ($F_{1,351} = 7,26$; $P < 0,001$) (Slika 18). Post-hoc testiranje značajnih razlika zajednica ptica po klasama napuštenosti ukazalo je da su značajne razlike između klase 1 i klase 2 te između klase 2 i klase 3 (Tablica 14.). Zajednica ptica klase 2 pokazala je najnižu konzervacijsku vrijednosti.

Tablica 14. Rezultati post-hoc testiranja razlike: a) broj jedinki po ekološki specijaliziranoj skupini; b) konzervacijska vrijednost zajednica ptica (glavni efekt: klasa napuštenog zemljišta). Značajne p -vrijednosti su masno otisnute.

	Klasa 1		Klasa 2		Klasa 3	
	F	p	F	p	F	p
<i>Brojnost jedinki po ek. skupinama ptica</i>						
Klasa 2	49 119	0,008				
Klasa 3	0,09	0,914	35 776	0,029		
Klasa 4	28 975	0,029	0,26	0,768	19 124	0,149
<i>Konzervacijska vrijednost</i>						
Klasa 2	56 369	0,004				
Klasa 3	0,26	0,772	34 966	0,031		
Klasa 4	16 595	0,192	11 860	0,307	0,61	0,544



Slika 18. Konzervacijska vrijednost (linearno i ponderirano) četiri klase napuštenih krajobraza

4.2.4. Potencijalne indikatorske vrste

Vrste čija je brojnost duž klase napuštenosti zemljišta bila značajno različita prikazane se u Tablici 15. Najniže p-vrijednosti izračunate su za žutu strnadicu (*Emberiza citrinella*), rusog svračka (*Lanius collurio*), drozda cikelja (*Turdus philomelos*) i za crvendaća (*Erithacus rubecula*).

Brojnost žute strnadice iz ploha klase 1 značajno se razlikovala od ostalih klasa (Tablica 15.). Zbog toga se ova vrsta može smatrati potencijalnom indikatorskom vrstom za klasu 1 napuštenog krajobraza. Analogno tome, rusi svračak je potencijalno indikatorska vrsta za klasu 2, a crvendać za klasu 4. Jedino drozd cikelj nije pokazao tako jasnu pripadnost klasi 3, jer brojnosti drozda cikelja iz 2. i 3. klase nisu pokazale međusobno značajnu razliku (Tablica 15).

Brojnosti četiri indikatorske vrste ptica korištene su za prilagodbu multinominalnog modela kako bi se zajednice ptica na razini plohe rasporedile u četiri klase napuštenih krajobraza. Rezultati iz tablice 16 ukazuju na to da puni model ne pokazuje bolju performancu od jednostavnijih modela. Najbolju performancu pokazao je model na temelju prve četiri najznačajnije vrste.

Tablica 15: Rezultati testiranja sredina prebrojavanja pomoću GLM modela (SAS GLIMMIX procedura (distribucija = Poisson) i testiranje kontrasta između klasa napuštenosti zemljišta (prikazane su samo vrste sa značajnim efektima). Značajne *p*-vrijednosti su masno otisnute.

Vrsta	Glavni efekt		Kontrasti						
	<i>p</i>	F	<u>1vs2</u>	<u>1vs3</u>	<u>1vs4</u>	<u>2vs3</u>	<u>2vs4</u>	<u>3vs4</u>	<u>Indikator</u>
Embcit	0,001	8,09	0,001	0,000	0,004	0,595	0,494	2,234	Klasa 1
Erirub	0,000	10,29	0,170	0,504	0,000	0,044	0,000	0,002	Klasa 4
Gargla	0,027	3,06	0,123	0,007	0,010	0,138	0,185	0,866	
Lancol	0,004	4,67	0,021	0,259	1,000	0,003	0,021	0,259	Klasa 2
Lusmeg	0,027	3,14	0,080	0,014	0,999	0,877	0,999	0,999	
Oriori	0,006	6,12	0,053	0,692	0,117	0,004	0,976	0,009	
Parmaj	0,015	3,60	0,002	0,163	0,554	0,070	0,010	0,417	
Strtur	0,017	3,48	0,033	0,515	0,2143	0,101	0,003	0,067	
Stuvul	0,012	4,39	0,070	0,042	0,008	0,7820	0,070	0,099	
Turmer	0,020	3,37	0,233	0,587	0,056	0,514	0,002	0,015	
Turphi	0,000	7,03	0,003	0,003	0,706	1,000	0,001	0,001	Klasa 3
Turvis	0,014	3,64	0,058	0,111	0,149	0,732	0,005	0,009	

Embcit: *Emberiza citrinella*; Erirub: *Erithacus rubecula*; Gargla: *Garrulus glandarius*; Lancol: *Lanius collurio*; Lusmeg: *Luscinina megarhynchos*; Oriori: *Oriolus oriolus*; Parmaj: *Parus major*; Strtur: *Streptopelia turtur*; Stuvul: *Sturnus vulgaris*; Turmer: *Turdus merula*; Turphi: *Turdus philomelos*; Turvis: *Turdus viscivorus*;

za hrvatske nazive vidi Tablica 2, Prilog II

Tablica 16: Rezultati testa multinominalnog modela na temelju različitih brojeva subsetova brojeva ptica za deset nezavisnih stratificiranih uzoraka

Subset	Puni model	2 vrste	3 vrste	4 vrste
1	0,33	0,58	0,50	0,25
2	0,58	0,42	0,50	0
3	0,50	0,25	0	0
4	0,33	0,42	0	0
5	0,58	0,17	0	0
6	0,50	0,58	0,50	0
7	0,50	0,42	0,50	0
8	0,66	0,42	0,17	0
9	0,25	0,17	0,17	0
10	0,42	0,25	0,17	0
Srednja vrijednost	0,47	0,37	0,25	0,025

5. Rasprava

5. Rasprava

5.1. Studija slučaja Lonjsko polje

5.1.1. Zajednice ptica

Rezultati istraživanja zajednica ptica na području Lonjskog polja na staništima s različitim intenzitetom upravljanja (tj. stanište s čivitnjačom ili bez čivitnjače) ukazuju na to da je struktura zajednica ptica na istom tipu staništa različita u odnosu na intenzitet gospodarenja. Struktura zajednica ptica je prvenstveno uvjetovana intenzitetom gospodarenja i stanišnim tipom (Tablica 10., Tablica 11.). Napuštanje poljoprivrednog zemljišta najviše utječe na specijalizirane vrste ptica koje su vezane uz pašnjake. Značajno veća brojnost takvih vrsta utvrđena je na napuštenim pašnjacima u odnosu na pašnjake pod ispašom (vidi Tablica 11.). Kao razlog tomu može se pretpostaviti da je godina istraživanja (2010.) bila izrazito kišovita te je Lonjsko polje bilo djelomično poplavljeno. Zbog toga su se na području poplavljenih i s čivitnjačom obraslih pašnjaka mogle gnijezditi vrste roda *Locustella* i *Acrocephalus*. Vrste ovih rodova doprinijele su većem broju jedinki na poplavljenim zaraslim plohama. Verhulst i sur. (2004) su za područje srednje Europe utvrdili da napušteni pašnjaci podržavaju veću raznolikost vrsta ptica i veće brojnosti u odnosu na pašnjake pod ispašom.

Jedno slično istraživanje u Bugarskoj također je utvrdilo da napuštanje pašnjaka utječe na strukturu zajednica ptica te da negativno utječe na bogatstvo vrsta i na raznolikost ptica, dok utjecaj na brojnost vrsta nije utvrđen (Nikolov 2010). Međutim, u tom istom istraživanju utvrđeno je da pašnjaci pod intenzivnom ispašom imaju manju raznolikost i gustoću populacije u odnosu na ekstenzivne pašnjake. Vrste ptica specijalizirane za travnjačka staništa u odnosu na vrste generaliste imaju kompetitivnu prednost na pašnjacima, jer su bolje prilagođene za gniježđenje i hranjenje na tlu (Batáry i sur. 2007a).

Poznato je da su posljedice napuštanja pašnjaka promjene u vegetacijskoj strukturi što se odražava na zajednice ptica u prvom redu zbog nestanka mikrostaništa za gniježđenje, zbog promjena izvora prehrane te zbog promjena u pritiscima predatora (Fuller i Gough 1999).

5.1.2. Utjecaj čivitnjače

Pašnjaci

U ovom istraživanju utvrđeno je da je konzervacijska vrijednost napuštenih pašnjaka značajno različita u odnosu na pašnjake pod ispašom. Suprotno rezultatima dobivenima u ovom istraživanju Nikolov (2010) u Bugarskoj utvrđuje da pašnjaci pod ispašom podržavaju više ugroženih vrsta nego napušteni pašnjaci. Nadalje, Batáry i sur. (2007b) u Mađarskoj utvrđuju da se konzervacijska vrijednost mijenja kako se mijenja intenzitet gospodarenja pašnjakom. Veća je konzervacijska vrijednost ekstenzivnih pašnjaka nego intenzivnih. Međutim, regionalne razlike utjecaja napuštanja zemljišta može se objasniti intenzitetom ispaše, trenutkom kada je došlo do napuštanja te krajobrazom u kojem se odvija napuštanje zemljišta. Naime, u Lonjskom polju invazivna biljka čivitnjača u kratkom roku mijenja strukturu vegetacije. Jedan mogući razlog zašto su u Lonjskom polju utvrđene značajne razlike u konzervacijskoj vrijednosti između pašnjaka pod ispašom i napuštenih pašnjaka je činjenica da je godina istraživanja (2010) bila iznimno kišovita. Napušteni poplavljeni pašnjaci s grmovitom čivitnjačom bili su stoga te godine pogodno stanište za vrste iz roda *Locustella* (cvrčiči) i *Acrocephalus* (trstenjaci) koje preferiraju vlažna staništa s grmovitom vegetacijom ili trskom. U godinama bez visokog vodostaja to vjerojatno ne bi bio slučaj. Nadalje, na napuštenim pašnjacima čivitnjača još nije uspjela zauzeti cijelu površinu ploha istraživanja. Pašnjaci s istim potencijalom vlažnosti, ali bez čivitnjače, predstavljaju povoljno stanište za gniježđenje žute pastirice (*Motacilla flava*) i vivka (*Vanellus vanellus*) koji iziskuju vlažne travnjake. Čini se stoga da čivitnjača u ranoj fazi zauzimanja staništa ima pozitivan utjecaj na trstenjake i cvrčiče, dok negativno utječe na žutu pastiricu, vivka i poljsku ševu. Promjene u strukturi travnjaka duž Savske nizine utvrđene su značajnim promjenama u vegetacijskom indeksu EVI (eng. *Enhanced Vegetation Index*) između 2000. i 2008. godine na 9 % svih pašnjaka (Radović i sur. 2012) što se objašnjava i širenjem čivitnjače. Širenje invazivnih biljaka je potpomognuto antropogenim staništima kao što su poljoprivredna staništa u širem smislu. Kada antropogena staništa budu napuštena, narušena je do tada uspostavljena ekološka ravnoteža što pospješuje širenje čivitnjače (Haider i sur. 2010, Parks i sur. 2005). U konačnici će napušteni pašnjaci na kojima se nalazi čivitnjača postati nepovoljni za gniježđenje trstenjaka i cvrčiča, jer će vegetacijski sklop biti pregust. Analogno tome su Brambilla i sur. (2010) utvrdili kako napuštena poljoprivredna staništa u

početku utječu pozitivno na rusog svračka, ali u konačnici trajno napuštena staništa postaju nepovoljna za tu vrstu, jer grmovito stanište prelazi u šumsko stanište.

Slično kao i sukcesija staništa na pašnjacima, sukcesija se odvija i na oranicama (Debussche i Lepart 1992). U Lonjskom polju su oranice s čivitnjačom u kasnom stadiju sukcesije pokazale najnižu brojnost vrsta ptica. Skorcka i sur. (2010) utvrdili su manje bogatstvo vrsta i broj gnijezdećih parova ptica na travnjacima s invazivnom biljkom roda *Solidago* (zlatnice) u odnosu na travnjake bez zlatnica. Ovim istraživanjem zbog premalog uzorka nisu uzete u obzir vrste ptica koje se hrane na poljoprivrednim površinama, a imaju važan SPEC status, poput rode (*Ciconia ciconia*) i primjerice vrste orao kliktaš (*Aquila pomarina*). Obje ove vrste ovise o livadama, pašnjacima i drugim otvorenim staništima u blizini svojih gnjezdilišta (Hagemeijer i Blair 1997).

Oranice

Rezultati za oranice bili su različiti od onih za pašnjake. Na oranicama niti ukupan broj jedinki ptica koje ovise o oranicama niti konzervacijska vrijednost napuštenih i nenapušenih oranica nisu bile značajno različiti. Razlike između oranica i pašnjaka glede utjecaja napuštanja mogu se objasniti većom brzinom sukcesije na pašnjacima, jer su pašnjaci pogodnije stanište za širenje čivitnjače (Hulina 2010). Također, Gellrich i Zimmermann (2007) utvrđuju veću brzinu sukcesije na pašnjacima, nego na oranicama. U ovom istraživanju su točke prebrojavanja na pašnjacima s niskim intenzitetom ispaše bile na staništima većeg potencijala vlažnosti terena što pogoduje širenju čivitnjače koja širi svoje sjemenke poplavama (Hulina 2010). Na području istraživanja pašnjaci su bili smješteni na nižim nadmorskim visinama s većim potencijalom vlažnosti na kojima je utjecaj plavljenja izraženiji u odnosu na oranice koje se nalaze na nešto višim nadmorskim visinama i uglavnom van dohvata poplavnih voda. U Lonjskom polju razlika od nekoliko metara nadmorske visine određuje dužinu plavljenja a time i izloženost terena širenju čivitnjače.

Istražene oranice omeđene su raznolikim krajobraznim elementima kao što su grmlje i živice. Na većem prostornom razlučenju se u njihovoj blizini uvijek nalazi šuma ili šumarak. Također, obrađene parcele su razmjerno malih površina. Oranice u Lonjskom polju imaju važnu ulogu za hranjenje, gniježđenje i odmaranje ptica. Primjerice, u rano proljeće u usjevima žita gnijezde se poljske ševe s obzirom na to da vegetacijska struktura mladih žita odgovara vegetacijskog strukturi niskih travnjaka koji su inače primarno stanište za gniježđenje ove vrste.

5.1.3. Upravljanje poljoprivrednim staništima u odnosu na ptice

Za zaštitu ptica i održavanje zadovoljavajuće brojnosti i raznolikosti vrsta ključno je primjereno upravljati poljoprivrednim staništima i krajobraznim elementima, s obzirom da na to poljoprivredna staništa pokrivaju približno 50 % površine u Europi (Stanners i Bordeaux 1995, Stoate i sur. 2009). Rezultati ovog istraživanja podudaraju se sa spoznajama drugih istraživanja ptica poljoprivrednih staništa u Europi u kojima je najveće bogatstvo vrsta utvrđeno u mozaičkim poljoprivrednim krajobrazima s visokim udjelom rubnog staništa šuma (Sanderson i sur. 2008). Stoga je zaštita postojećih raznolikih staništa koja se nalazi oko i u neposrednoj blizini oranica ključna te prepoznata kao glavna smjernica za upravljanje poljoprivrednim staništima. Tako poljoprivredna staništa postaju povoljnija staništa za ptice (Vanhinsbergh i sur. 2002, Kati i Sekercioglu 2006, Tsiakiris i sur. 2009).

Poznato je da su specijalizirane vrste poput ptica poljoprivrednih staništa generalno sklonije naglom padu populacija u odnosu na vrste koje su generalisti (Reif i sur. 2008). Takav je obrazac pada populacije zabilježen u različitim regijama Europe (Chamberlain i sur. 2000, Wretenberg i sur. 2007, Archaux 2007, Báldi i Faragó 2007), ali i na razini cijelog kontinenta (Donald i sur. 2001, 2006, Gregory i sur. 2005). Dok se u zapadnoj Europi negativan trend populacija objašnjava intenziviranom poljoprivrednom praksom (Donald i sur. 2001, 2006), pad populacija ptica u istočnoj Europi objašnjava se napuštanjem poljoprivrednih zemljišta kao jačem čimbeniku (Reif i sur. 2008). U Hrvatskoj je zasigurno utjecaj napuštanja poljoprivrednog zemljišta na zajednice ptica poljoprivrednih staništa rašireniji od procesa intenzifikacije poljoprivrede.

5.2. Studija slučaja „Agrale“

5.2.1. Zajednice ptica

Istraživanjem zajednica ptica na gradijentu zapuštenosti zemljišta podijeljenim u četiri klase za niti jednu klasu napuštenosti zemljišta nije utvrđena zajednica ptica koja bi se značajno razlikovala od zajednica ptica drugih klasa (vidi Slika 15). Beta raznolikost pojedinih klasa napuštenosti nije statistički značajno izražena. Sličnost između zajednica ptica duž gradijenta sukcesije može se objasniti stanišnom raznolikosti na razini krajobraza. Naime, na području istraživanja dominiraju mala poljoprivredna gospodarstva koja stvaraju stanišno heterogene krajobraze, uključujući i šumarke. Prostorno razlučenje na kojemu se odvija napuštanje zemljišta ključno je za povećanje ili smanjenje stanišne raznolikosti. Kada su prostrana područja napuštena homogenizacija staništa je vjerojatna što ima negativne posljedice na raznolikost ptica i na ugrožene vrste ptica (Nagy 2002).

Ovim je istraživanjem utvrđeno da su ekološki specijalizirane skupine ptica, tj. ptice poljoprivrednih staništa, ptice šumskih staništa te „ostale ptice“ prisutne u sve četiri klase napuštenosti zemljišta što upućuje na stanišnu heterogenost istraživanih krajobraza. U klasi 2 napuštenog zemljišta (25 – 50 % drvenaste vegetacije) utvrđene su najviše vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa (H indeks) za sve tri ekološke skupine, iako „ostale ptice“ i ptice šumskih staništa u ovoj klasi pokazuju najmanju brojnost. Međutim, preklapanja H indeksa u klasi 2 upućuju na mogući rubni efekt, tj. prisustvo više stanišnih tipova na manjem prostoru.

Reino i sur. (2009) su u Portugalu utvrdili pozitivan utjecaj šumskih plantaža na pet čestih i široko rasprostranjenih vrsta, ali negativne utjecaje na ptice koje ovise o staništima nalik stepi. Zbog toga je ključno razlikovati ptice poljoprivrednih staništa prema njihovim zahtjevima glede prostorne veličine određenog stanišnog tipa. Ptice travnjačkih staništa poput velike ševe (*Melanocorypha calandra*), kratkoprste ševe (*Calandrella brachydactyla*) (Reino 2009) i velike droplje (*Otis tarda*) (Báldi i Batary 2011) ovise o jednoličnim poljoprivrednim krajobrazima velikog prostornog razlučenja i na koje stanišna heterogenost negativno utječe zbog fragmentacije staništa. Sukladno Crvenoj knjizi ugroženih ptica (Tutiš i sur. 2013) upravo su velika ševa i kratkoprsta ševa vrlo ugrožene vrste ptica u priobalnoj Hrvatskoj, dok je velika droplja izumrla početkom 20. stoljeća kao gnjezdarica u panonskoj Hrvatskoj. Objema vrstama ševa smanjila se gnijezdeća populacija zbog nestanka adekvatnog staništa

što je uzrokovano napuštanjem ispaše u priobalju. Velika droplja je obitavala na području Baranje na stepskim staništima koja su se velikim dijelom prenamijenila u oranice i druge tipove poljoprivrednih staništa.

Međutim, brojni autori ističu važnost raznolikosti staništa za veliku raznolikost ptica u poljoprivrednim krajobrazima (Moreira i sur. 2001, Tworek 2002, Laiolo i sur. 2004). Štoviše, stanišna raznolikost je ključna za neke česte vrste poljoprivrednih staništa koje imaju opadajuće populacije kao što su žuta strnadica (*Emberiza citrinella*) (Bradbury i sur. 2000), grmuša pjenica (*Sylvia communis*) (Kati i Sekercioglu 2006, Tsiakiris i sur. 2009) i rusi svračak (Brambilla i sur. 2007, Tsiakiris i sur. 2009). Vegetacijske strukture poput živica i grmlja povećavaju brojnost navedenih vrsta na pašnjacima u Bugarskoj (Nikolov i sur. 2011). Mozaična staništa koja obuhvaćaju poljoprivredna zemljišta i šume povećavaju raznolikost ptica na oba tipa staništa (Farina 1997, Preiss i sur. 1997, Moreira i sur. 2001) ili predstavljaju povoljno stanište za vrste koje ovise o šumskim i poljoprivrednim staništima (Delgado i Moreira 2000).

Ovim istraživanjem utvrđeno je da su ptice poljoprivrednih staništa sa 16 vrsta, skupina koja je zastupljena s najmanjim brojem vrsta. Međutim, ptice poljoprivrednih staništa prisutne su u sve četiri klase napuštenosti, te čak u klasi 3 (50 – 75 % drvenasta vegetacija) pokazuju visoki H indeks održavajući raznolikost ptica unatoč malim brojnostima. Nadalje, na razini točke razlike u zajednicama ptica nisu prvenstveno objašnjene s varijablom „udaljenosti do šume“ nego s varijablama indeks vlažnosti terena i nadmorska visina (vidi Tablica 12.) Moguće objašnjene za to je da u svim istraženim plohama postoje manji šumarci, dok su reljef terena i nadmorska visina uvjetovale zajednice ptica koje su bile u sastavu vrsta različitije. Primjerice, na potopljenim poljoprivrednim i napuštenim staništima se tako mogu bilježiti vrste ptica iz rodova *Locustella* i *Acrocephalus*. Nadalje, indeks vlage je mogao imati značajan utjecaj na prethodno korištenje staništa. Niža vlažnija staništa koja su više bila izložena plavljenju su se prvenstveno koristila kao pašnjaci ili livade košanice, dok su se suša staništa koristila za oranice.

Ptice šumskih staništa utvrđene su u sve četiri klase s približno jednakim brojnostima i H indeksom. Iako se mogao očekivati veći broj ptica šumskih staništa u klasama napuštenosti 3 i 4 (udio drvenaste vegetacije 50 – 100 %), primijećeno je da se drvenasta vegetacija na područjima istraživanja sastoji od mlađih šumskih sastojina kao posljedica napuštanja zemljišta u posljednjih 20-30 godina. Mlade i srednjedobne šumske sastojine podržavaju niže brojnosti i manju raznolikost ptica u usporedbi sa starodobnim šumama (Díaz i sur. 2005).

“Ostale” ptice bile su dominantne glede brojnosti i raznolikosti u sve četiri klase s ukupnim brojem od 35 vrsta. Nespecijalizirane vrste zauzimaju nestabilna i u ekološkoj ravnoteži narušena staništa. Na degradiranim staništima generalisti su u odnosu na specijaliste u prednosti, jer su na narušenim staništima kompetitivniji (Julliard i sur. 2006). Le Viol i sur. (2012) uvode koncept biotičke homogenizacije u kojem se vrste „gubitnici“ zamjenjuju s vrstama „pobjednicima“. Na podacima praćenja ptica iz šest europskih zemalja (Švedska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Francuska, Nizozemska, Češka i Katalonija - Španjolska) utvrđeno je da su se diljem Europe u razdoblju od 1990. do 2008. ekološki specijalizirane vrste postepeno zamijenile generalistima. Kao glavni razlozi smatraju se antropogene aktivnosti, među kojima i poljoprivreda.

5.2.2. Konzervacijska vrijednost

Ovim istraživanjem je utvrđeno da se konzervacijska vrijednost nije značajno razlikovala između pojedinih klasa napuštenih krajobraza, izuzev klase napuštenosti 2 koja je pokazala najveću razliku između linearnih i ponderiranih vrijednosti, što podrazumijeva da su vrste s niskim brojnostima imale viši SPEC status. Konzervacijska vrijednost klase napuštenosti 3 bila je skoro jednaka klasi napuštenosti 1. Plohe s većim udjelom staništa s drvenastom vegetacijom postale su povoljno stanište za specijaliste šumskih staništa, a s druge strane još uvijek podržavaju ptice poljoprivrednih staništa.

Takvi rezultati nedvojbeno impliciraju da jasni ciljevi očuvanja s pripadajućim ciljnim vrstama moraju biti ugrađeni u konzervacijske strategije i planove upravljanja zaštićenih područja. Valorizacija nekog područja od interesa za zaštitu prirode samo na temelju konzervacijskih vrijednosti koja ne uzima u obzir željeni sastav vrsta mogla bih voditi do razvijanja krivih smjernica i mjera za upravljanje staništima. Europska ekološka mreža Natura 2000 je upravo mreža zaštićenih područja koja za svako pojedinačno područje ima jasno definirane ciljne vrste očuvanja i za svaku vrstu ima definirane mjerljive ciljeve očuvanja.

U Hrvatskoj se očekuje povećano napuštanje zemljišta i u budućnosti zbog stalnog odljeva stanovništva iz marginalnih područja i zbog ekonomski neisplativog upravljanja malim poljoprivrednim gospodarstvima. S druge strane se također očekuje i okrupnjavanje poljoprivrednih parcela i intenziviranje poljoprivrede. Oba trenda će imati negativne

posljedice za specijalizirane skupine ptica poput ptica poljoprivrednih staništa (Donald i sur. 2006, Nikolov 2010).

Utjecaj napuštanja zemljišta je donekle kontroverzan. Brojna istraživanja najčešće ističu negativan utjecaj napuštanja zemljišta na ptice poljoprivrednih staništa u odmaklim sukcesijskim stadijima (Nagy 2002, Brambilla i sur. 2007). Međutim, ističu se pozitivni utjecaji napuštanja zemljišta za velike zvižeri, ptice šumskih staništa i drugih taksona, jer se njima povećava površina povoljnog staništa kao i međusobna povezanost (Navarro i Pereira 2012). Nadalje, prenamjenom nešumskih staništa u šume (eng. *land use, land use change and forestry* - LULUCF) doprinosi se skladištenju ugljika kroz povećan broj ponora ugljika u obliku rastućih šuma (IPCC 2000). U slučaju Hrvatske, kada su prostrana područja pogođena napuštanjem zemljišta, nije moguće taj problem riješiti isključivo unutar sektora poljoprivrede pomoću poljoprivrednih poticaja. S druge strane se agro-okolišne mjere, tj. „zeleni“ poljoprivredni poticaji, u sklopu Zajedničke poljoprivredne politike trebaju oblikovati tako da održe stanišnu raznolikost te da se sačuvaju poljoprivredne površine visoke prirodne vrijednosti.

5.2.3. Indikatorske vrste

Identificirane indikatorske vrste za svaku od klasa napuštenosti su prikladne za procjenu stupnja vegetacijske sukcesije u kontinentalnoj i alpskoj Hrvatskoj. Četiri vrste: žuta strnadica, rusi svračak, drozd cikelj i crvendać pokazale su najveću vezu s određenom klasom napuštenosti (Tablica 14). Udio drvenaste vegetacije u pojedinim klasama napuštenosti odgovara opisu staništa indikatorskih vrsta (Cramp 1998). Tako je primjerice žuta strnadica ptica koja se najčešće gnijezdi u živicama ili malim šumarcima uz otvorena poljoprivredna staništa. Rusi svračak koristi poljoprivredna staništa s većim udjelom grmlja što odgovara već odmakloj sukcesijskoj fazi (Brambilla i sur. 2010). Drozd cikelj se često susreće na staništima nalik parkovima u kojima postoje šumarci i otvoreni dijelovi na kojima se hrani, dok je crvendać šumska vrsta. Herrando i sur. (2015) su u Kataloniji također utvrdili pozitivnu povezanost između šumskog staništa i drozda cikelja i crvendaća duž gradijent poljoprivrednih staništa i šuma.

U Grčkoj su Kati i sur. (2004) utvrdili značajan odnos između ptica i drvenaste vegetacije u obliku podudarajućih raznolikosti vrsta biljaka i ptica. Međutim, takav odnos bio je utvrđen

samo na nešumskim staništima. Suprotno tome, udjelom zeljaste vegetacije nije se mogla predvidjeti raznolikost vrsta ptica poljoprivrednih staništa u Švedskoj (Pärt i Söderström 1999, Vessby i sur. 2002). Prilikom uporabe indikatorskih vrsta uvijek se treba uzeti u obzir da su iste upotrebljive za točno određeno područje od interesa. Međutim, indikatorske vrste mogu pomoći donosiocima odluka u formulaciji politika zagovaranja, te i izradi smjernica i preporuka čiji se učinak može mjeriti pomoću indikatora (Gregory i sur. 2005).

Analitičkim pristupom mogu se identificirati indikatorske vrste ptica koje mogu pratiti lokalne grupe koje se bavi zaštitom prirode i praćenjem stanja okoliša i vrsta, pa tako i vrste karakteristične za pojedine stupnjeve napuštenih zemljišta. U ovom slučaju su indikatorske vrste česte i uočljive što olakšava njihovo praćenje.

Međutim, Herrando i sur. (2015) upozoravaju da indikatorske vrste ptica često samo opisuju odnos između vrsta i staništa (šuma, poljoprivredno stanište) te da rijetko kada odražavaju jačinu nekog utjecaja poput napuštanja zemljišta. Isto tako ističu da primjena indikatora koji obuhvaćaju više vrsta ili taksona ne mogu presuditi da li su utvrđeni obrasci loši ili dobri za biološku raznolikost. To se jedino može ocijeniti u odnosu na ciljeve očuvanja. Indikatori mogu upozoriti donosiocima odluka da je smjer trenda nepovoljan za određene vrste te da se onda trebaju zbog toga mijenjati javne politike u sektoru šumarstva i poljoprivrede.

5.3. Utjecaj napuštanja zemljišta na ptice

Ne može se utvrditi da li napuštanje poljoprivrednog zemljišta i time povezana vegetacijska sukcesija ima pozitivan ili negativan utjecaj u odnosu na zajednice ptica s obzirom na udio ugroženih vrsta vrapčarki.

Istraživanje iz Lonjskog polja (Radović i sur. 2013) ukazuje na to da, kada se gleda uži izbor vrsta, tj. one koje su definirane kao stanišni specijalisti za travnjake i sukcesijska staništa na travnjacima, je konzervacijska vrijednost na pašnjacima s čivitnjačom bila je veća u odnosu na pašnjake bez čivitnjače. Isti obrazac je ustanovljen i kada se gledala šire obuhvaćena zajednica ptica (ptice zabilježene u sva tri pojasa s točke prebrojavanja). Za oranice nisu ustanovljene značajne razlike u zajednicama ptica u odnosu na prisutnost ili odsutnost čivitnjače. Nadalje, istraživanje utjecaja napuštanja zemljišta na području središnje Hrvatske i Like (Mikulić i sur. 2014) nije pokazalo značajan negativan utjecaj na zajednice ptica.

Herrando i sur. (2014) za područje Katalonije (Španjolska) utvrđuje da napuštanje poljoprivrednog zemljišta prema jednom modelu značajno utječe na 63 vrste ptica, od kojih su 33 vrste pokazale pozitivan odgovor, a 30 vrsta negativan odgovor. Prema drugom modelu napuštanje poljoprivrednog zemljišta značajno utječe na 78 vrsta (39 vrsta pozitivno, 39 vrsta negativno). U odnosu na vegetacijsku sukcesiju jedan model utvrdio je značajan utjecaj na 52 vrste (24 vrste pozitivno, 28 vrsta negativno). Prema drugom modelu značajan utjecaj utvrđen je za 59 vrsta (33 vrsta pozitivno, 26 vrsta negativno).

Napuštena poljoprivredna staništa na kojima se odvija vegetacijska sukcesija su perturbirana staništa. Iako u svojoj ekološkoj ravnoteži narušena staništa mogu biti manje otporna na invazivne vrste (Török i sur. 2003), mogu podržavati visoku razinu raznolikosti vrsta, pa i veću u odnosu na vegetacijski klimaks (Connell 1978). Perturbirana staništa u većoj mjeri zbog kompetitivne prednosti podržavaju ptice generaliste nego specijaliste (Julliard 2006), ali se u brojnim studijama ističe važnost početnih sukcesijskih staništa za vrste koje ubrajamo u ptice poljoprivrednih staništa poput rusog svračka, grmuše pjenice, žute strnadice itd. (Bradbury i sur. 2000, Kati i Sekercioglu 2006, Brambilla i sur. 2007, Reino 2009, Tsiakiris i sur. 2009, Nikolov i sur. 2011). Međutim, napuštanje poljoprivrednih staništa negativno utječe na stanišne specijaliste, koji ovise o većim homogenim poljoprivrednim staništima, poput velike ševe, kratkoprste ševe, (Reino 2009) i droplje (Báldi i Batary 2011).

U širem ekološkom kontekstu napuštanje poljoprivrednog zemljišta može imati pozitivnu ulogu u sprečavanju erozije tla (Cerdà i sur. 2018) u sekvestraciji ugljika (IPCC 2000) te za biološku raznolikost općenito (Plieninger i sur. 2014). U odnosu na napuštanje zemljišta, intenzifikacija poljoprivredne djelatnosti izraženiji je problem koji ima obuhvatnije negativno djelovanje na ptice poljoprivrednih staništa (Gregory i sur. 2005) prije svega zbog uporabe pesticida (Hallmann i sur. 2014).

Kako ne postoje negativna i pozitivna biološka raznolikost potrebno je definirati jasne ciljeve očuvanja u području zaštite prirode (Herrando i sur 2015). Zajednice ptica, njihov sastav i njihova brojnost jedino mogu ukazati na trend određenih populacija. Stoga je ključno definirati nacionalne strategije zaštite ugroženih vrsta ptica poljoprivrednih staništa kojima će se kompenzirati i ublažiti negativni utjecaji napuštanja poljoprivrednih zemljišta.

Naposljetku se može zaključiti da se napuštanjem zemljišta, većina doprirodnih poljoprivrednih staništa vraćaju u prvobitno stanje, a to su šumska staništa. Šumska staništa su klimatogena staništa za najveći dio Hrvatske. Napuštanjem zemljišta ne dolazi do uništavanja prirodnih staništa, što se inače smatra glavnim uzrokom ugroženosti i nestanka biološke raznolikosti na svijetu, već do transformacije staništa. Brojnim vrstama ptica upravo prijelazno stanje, tj. faza sukcesije, odgovara kao staništa za gniježđenje, pa je nužno konzervacijskim strategijama obuhvatiti i zaštitu sukcesijskih staništa.

6. Zaključci

6. Zaključci

- napuštena su zemljišta dinamična, nestabilna staništa u kojima dolazi do promjene vegetacijske strukture kroz postupno povećanje drvenaste vegetacije
- za kišne godine zarasli pašnjaci u Lonjskom polju mogu podržavati ugrožene i specijalizirane vrste roda *Locustella* i *Acrocephalus*
- u svim klasama napuštenosti krajobraza dominiraju generalisti
- istražen gradijent napuštenih zemljišta srednje Hrvatske i Like nije pokazao značajno različite zajednice ptica u odnosu na sastav vrsta što se objašnjava visokim stupnjem parceliziranosti poljoprivrednih gospodarstva i prisustvom manjih šumaraka u ranijim fazama napuštenosti
- istražen gradijent napuštenosti zemljišta pokazao je značajne razlike u H indeksu pojedinih klasa te u konzervacijskoj vrijednosti
- na području srednje Hrvatske i Like nije utvrđen značajan negativan utjecaj napuštanja zemljišta na ptice vrapčarke s obzirom na njihov status ugroženosti što pokazuje da i napušteni krajobrazi predstavljaju povoljna staništa za ugrožene vrste ptica
- napušteni poljoprivredni krajobrazi u ranoj fazi sukcesije (do 50 % drvenaste vegetacije) imaju razmjerno visoku raznolikost ptica svih ekoloških skupina
- gradijent sukcesijskih staništa ključna su za održavanje bogatstva vrsta ptica i raznolikosti zajednica ptica
- pri zaštiti ptica ključno je imati jasno definirane ciljeve zaštite uključujući i definirane stanišne tipove kao i njihovo prostorno razlučenje
- osnovna hipoteza doktorata da sukcesijske promjene uslijed napuštanja poljoprivrednih zemljišta, negativno utječu na sastav ornitofaune vrapčarki s obzirom na udio ugroženih vrsta ptica ovim istraživanjem nije podržana i mora se odbaciti

7. Literatura

7. Literatura

- Alatalo RV (1981) Problems in the measurement of evenness in ecology. *Oikos* 1:199-204.
- Alegro A (2000) *Vegetacija Hrvatske*. Interna skripta Prirodoslovno-matematičkog fakulteta.
- Archaux F (2007) Are mountains refuges for farmland bird species? A case study in the northern French Alps. *Bird Study* 54: 73–79.
- Báldi A, Batáry P, Erdős S (2005) Effects of grazing intensity on bird assemblages and populations of Hungarian grasslands. *Agr. Ecosyst. Environ.* 108: 251–263.
- Báldi A, Faragó S (2007) Long-term changes of farmland game populations in a post-socialist country (Hungary). *Agri. Ecosyst. Environ.* 118: 307–311.
- Baselga A, Orme CDL (2012) betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 808-812
- Baselga A (2012) The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Global Ecology and Biogeography* 21: 1223–1232.
- Batáry P, Báldi A, Erdős S (2007a). Grassland versus non-grassland bird abundance and diversity in managed grasslands: local, landscape and regional scale effects. *Biodivers. Conserv.* 16: 871–881.
- Batáry P, Báldi A, Erdős S (2007b) The effects of using different species conservation priority lists on the evaluation of habitat importance within Hungarian grasslands. *Bird Conservation International* 17: 35–43.
- Baumann M, Kuemmerle T, Elbakidze M, Ozdogan M, Radeloff VC, Keuler NS, Prishchepov AV, Kruhlov I, Hostert P (2011) Patterns and drivers of post-socialist farmland abandonment in Western Ukraine. *Land Use Policy* 28: 552–562.
- Baumgärtner S (2006) Measuring the diversity of what? And for what purpose? A conceptual comparison of ecological and economic biodiversity indices.
- Benton TG, Vickery JA, Wilson JD (2003) Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends Ecol. Evol.* 18: 182–188.
- Bibby CJ, Burgess ND, Hill DA, Mustoe SH (2000) *Bird census techniques*, 2nd ed. Academic Press, London.
- BirdLife International (2004) *Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status*. BirdLife Conservation Series No. 12. Cambridge, UK: BirdLife International
- BirdLife International (2017) *European birds of conservation concern: populations, trends and national responsibilities* Cambridge, UK: BirdLife International.

- Bivand R, Lewin-Koh N (2013) maptools: Tools for reading and handling spatial objects. R package version 0.8-27. <http://CRAN.R-project.org/package=maptools>.
- Bivand R, Keitt T, Rowlingson B (2013) rgdal: Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library. R package version 0.8-13. <http://CRAN.R-project.org/package=rgdal>
- Böhner J, McCoy KR, Strobl J (2006) SAGA - Analysis and Modelling Applications. Göttinger Geographische Abhandlungen 115.
- Boršić I, Milović M, Dujmović I, Bogdanović S, Cigić P, Rešetnik I, Nikolić T, Mitić B (2008) Preliminary check-list of invasive alien plant species (IAS) in Croatia. *Nat. Croat.* 17 (2): 55–71.
- Botta-Dukát Z (2008) Invasion of alien species to Hungarian semi-natural habitats. *Acta Bot. Hung.* 50: 219–227
- Bradbury RB, Kyrkos A, Morris AJ, Clark SC, Perkins AJ, Wilson JD (2000) Habitat associations and breeding success of yellowhammers *Emberiza citrinella* on lowland farmland. *J. Appl. Ecol.* 37: 789–805.
- Brambilla M, Rubolini D, Guidali F (2007) Between land abandonment and agricultural intensification: Habitat preferences of Red-backed Shrikes *Lanius collurio* in low-intensity farming conditions. *Bird Study* 54(2): 160-167.
- Brambilla M, Casale F, Bergero V, Bogliani G, Crovetto GM, Falco R, Roati M, Negri I (2010) Glorious past, uncertain present, bad future? Assessing effects of land-use changes on habitat suitability for a threatened farmland bird species. *Biol. Conserv.* 143 (11): 2770-2778.
- Brenning A. (2008) Statistical geocomputing combining R and SAGA: The example of landslide susceptibility analysis with generalized additive models. U: Boehner J, Blaschke T, Montanarella L (eds.), SAGA-Seconds Out = Hamburger Beitrage zur Physischen Geographie und Landschaftsoekologie 19: 23-32
- Brundić D, Barbalić D, Omerbegović V, Schneider-Jacoby M, Tusić Z (2001) Alluvial wetlands preservation in Croatia; the experience of the Central Sava Basin flood control system. U: Nijland HJ, Cals MJR. (eds.) River restoration in Europe; practical approaches. Proceedings from the conference on river restoration, Wageningen, the Netherlands, 2000. RIZA report 2001.023, Lelystad: 109–118.
- Burfield I, Van Bommel F (2004) Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status.
- Carroll JD (1972) Individual Differences and Multi-dimensional Scaling. U: Shepard RN, Romney AK, Nerlove SB (eds). *Multidimensional Scaling: Theory and Applications in the Behavioral Sciences*. New York: Seminar Press

- Castellón TD, Sieving KE (2006) An experimental test of matrix permeability and corridor use by an endemic understory bird. *Conservation Biology* 20: 135-145.
- Cerdà A, Rodrigo-Comino J, Novara A, Brevik EC, Vaezi AR, Pulido M, Giménez-Morera A, Keesstra SD (2018) Long-term impact of rainfed agricultural land abandonment on soil erosion in the Western Mediterranean basin. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 42(2): 202-219
- Chamberlain DE, Fuller RJ, Bunce RGH, Duckworth JC, Shrubbs M (2000) Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *J. Appl. Ecol.* 37: 771–788.
- Connell JH (1978) Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 24; 199(4335): 1302-1310.
- Cramp S, Perrins CM (1994) The birds of the Western Palearctic Vol IX., Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa: the birds of the Western Palearctic. Oxford University Press, Oxford.
- Deák JÁ (2005) Landscape ecological researches in the Western Marossovög (Hungary). *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis* 38–39: 33–46.
- Debussche M, Lepart J (1992) Establishment of woody plants in Mediterranean old fields: opportunity in space and time. *Landsc. Ecol.* 6: 133-145.
- Delgado A, Moreira F (2000) Bird assemblages of an Iberian cereal steppe. *Agr., Ecosyst. and Environ.* 78: 65-76.
- Díaz IA, Armesto JJ, Reid S, Sieving KE, Willson MF (2005) Linking forest structure and composition: avian diversity in successional forests of Chiloe Island, Chile. *Biol. Conserv.* 123: 91–101
- Donald PF, Green RE, Heath MF (2001) Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proc. Roy. Soc. Lond. B* 268: 25–29.
- Donald PF, Pisano G, Rayment MD, Pain DJ (2002) The Common Agricultural Policy, EU enlargement and the conservation of Europe's farmland birds. *Agr. Ecosyst. Environ.* 89(3): 167-182.
- Donald PF, Sanderson FJ, Burfield IJ, van Bommel FPJ (2006) Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification of European farmland birds, 1990–2000. *Agr. Ecosyst. Environ.* 116: 189–196.
- Dragulescu AA (2013) xlsx: Read, write, format Excel 2007 and Excel 97/2000/XP/2003 files. R package version 0.5.1. <http://CRAN.R-project.org/package=xlsx>
- Dumbović Mazal V (2016) Program monitoringa čestih vrsta ptica poljoprivrednih staništa u Hrvatskoj. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. Zagreb.

- Dyulgerova S, Gramatikov M, Pedashenko H, Vassilev K, Kati V, Nikolov SC (2015) Farmland birds and agricultural land abandonment: evidences from Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica* 67(2): 223-34.
- EBCC (2012) <http://www.ebcc.info/index.php?ID=485> pristupljeno 19.12.2012.
- Eggeling WJ (1947) Observations on the ecology of the Budongo rain forest, Uganda. *The Journal of Ecology* 1: 20-87.
- European Environment Agency (2018) CORINE Land Cover. European Environment Agency. <http://www.eea.europa.eu/themes/landuse/interactive/clc-download> pristupljeno 3.2.2018.
- Europska Komisija (2015) Program ruralnog razvoja Republike Hrvatske 2014.-2020. http://ruralnirazvoj.hr/files/documents/PRR-RH-2014-2020_v1.4_finalna-ina%C4%8Dica.pdf , pristupljeno: 3.2.2018.
- Eurostat (2018): http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_population_trends_of_farmland_birds , pristupljeno 3.2.2018.
- Farina A (1997) Landscape structure and breeding bird distribution in a sub-Mediterranean agro- ecosystem. *Landscape Ecology* 12: 365-378.
- Filipčić A, Orešić D, Maradin M (2012) Influence of the continentality on long-term precipitation trends in Croatia. *Acta Geographica Croatica* 38: 15–24.
- Flanders AA, Kuvlesky WP, Rythven DC, Zaiglin RE, Bingham RL, Fulbright TE, Hernandez F, Brennan LA (2006) Effects of invasive exotic grasses on South Texas rangeland breeding birds. *Auk*: 171–182.
- Fox J, Weisberg S (2011) *An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition*. Thousand Oaks CA: Sage. URL: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>
- Fuller RJ, Gough SJ (1999) Changes in sheep numbers in Britain: implications for bird populations. *Biol. Conserv.* 91: 73–89.
- Gabriel KR (1981) *Biplot Display of Multivariate Matrices for Inspection of Data and Diagnosis*. U: Barnett V (ed.) *Interpreting Multivariate Data*. London: John Wiley & Sons, Inc, London.
- Gardener M (2014) *Community Ecology. Analytical Methods Using R and Excel*. Pelagic Publishing, Exeter.
- Gellrich M, Zimmermann NE (2007) Agricultural land abandonment and natural forest re-growth in Swiss mountains: A spatially explicit economic analysis. *Agr. Ecosyst. Environ.* 118: 93-108.

- Gibbons DW, Reid JB, Chapman RA (1993) *The New Atlas of Breeding Birds in Britain and Ireland: 1988–1991*. London: Poyser
- Gregory RD, Noble D, Field R, Marchant JH, Raven M, Gibbons DW (2003) Using birds as indicators of biodiversity. *Ornis Hungarica* 12–13: 11–24.
- Gregory RD, Noble DG, Custance J (2004) The state of play of farmland birds: population trends and conservation status of lowland farmland birds in the United Kingdom. *Ibis* 146 (Suppl. 2): 1–13.
- Gregory RD, Van Strien A, Vorisek P, Gmelig Meyling AW, Noble DG, Foppen RPB, Gibbons DW (2005) Developing indicators for European birds. *Phil. Trans R. Soc. Lond. B* 360: 269–288.
- Gugić G (2009) Managing sustainability in conditions of change and unpredictability. The living landscape and floodplain ecosystem of the Central Sava River Basin, Lonjsko Polje Nature Park Public Service.
- Hagemeijer WJM, Blair MJ (1997) *The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance*. London. 479 str.
- Haider S, Alexander J, Dietz H, Trepl L, Edwards PJ, Kueffer C (2010) The role of bioclimatic origin, residence time and habitat context in shaping non-native plant distributions along an altitudinal gradient. *Biol. Invasions* 12(12): 4003–4018.
- Hallmann CA, Foppen RP, van Turnhout CA, de Kroon H, Jongejans E (2014) Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature*. 511(7509): 341.
- Herrando S, Anton M, Sardà-Palomera F, Bota G, Gregory RD, Brotons L (2014) Indicators of the impact of land use changes using large-scale bird surveys: Land abandonment in a Mediterranean region. *Ecological indicators* 45(1): 235–244.
- Herrando S, Brotons L, Anton M, Paramo F, Villero D, Titeux N, Quesada J, Stefanescu C (2016) Assessing impacts of land abandonment on Mediterranean biodiversity using indicators based on bird and butterfly monitoring data. *Environmental conservation* 43(1): 69–78.
- Hijmans RJ (2013) raster: Geographic data analysis and modeling. R package version 2.1-66. <http://CRAN.R-project.org/package=raster>
- Hole DG, Whittingham MJ, Bradbury RB, Anderson GQA, Lee PLM, Wilson JD, Krebs JR (2002) Agriculture: Widespread local house-sparrow extinctions. *Nature* 418: 931–932.
- Hulina N (2010) “Planta Hortifuga” in flora of the continental part of Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 75: 57–65

- Hurlbert SH (1971) The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52: 577–586.
- Ilijanić LJ, Topić J, Anić I, Gottstein S, Kušan V, Peternel H, Hima V, Ivaštinović D (2008) Priručnik za kartiranje i upravljanje staništima u Parku prirode Lonjsko polje. Javna ustanova Park prirode Lonjsko polje, Krapje.
- Iman RL (1982) Some Aspects of the Rank Transform in Analysis of Variance Problems. *Proceedings of the Seventh Annual SAS Users Group International Conference* 7: 676–680.
- IPCC (2000) Land Use, Land-Use Change and Forestry, A Special Report of the IPCC. Cambridge University Press, 377 str.
- Jelaska SD, Kušan V, Peternel HR, Grgurić Z, Mihulja A, Major ZO (2005) Vegetation mapping of Žumberak–Samoborsko gorje Nature Park, Croatia, using Landsat 7 and field data. *Acta Botanica Croatica* 64(2): 303-311.
- Julliard R, Clavel J, Devictor V, Jiguet F, Couvet D (2006) Spatial segregation of specialists and generalists in bird communities. *Ecology Letters* 9: 1237–1244.
- Kati V, Devillers P, Dufrêne M, Legakis A, Vokou D, Lebrun P (2004) Testing the value of six taxonomic groups as biodiversity indicators at a local scale. *Conservation Biology* 18: 667-675.
- Kati VI, Sekercioglu CH (2006) Diversity, ecological structure, and conservation of the landbird community of Dadia reserve, Greece. *Divers. Distrib.* 12: 620-629.
- Keil P, Schweiger O, Kühn I, Kunin WE, Kuussaari M, Settele J, Henle K, Brotons L, Pe'er G, Lengyel S, Moustakas A, Steinicke H, Storch D (2012) Patterns of beta diversity in Europe: the role of climate, land cover and distance across scales. *Journal of Biogeography* 39: 1473–1486
- Kleijn D, Báldi A (2005) Effects of set-aside land on farmland biodiversity: comments on Van Buskirk and Willi. *Conserv. Biol.* 19: 963–966.
- Kmecl P, Denac K. (2018) The effects of forest succession and grazing intensity on bird diversity and the conservation value of a Northern Adriatic karstic landscape. *Biodiversity and Conservation*:1-18.
- Laiolo P, Dondero F, Ciliento E, Rolando A (2004) Consequences of pastoral abandonment for the structure and diversity of the alpine avifauna. *Journal of Applied Ecology* 41: 294-304.
- Laiolo P, Tella JL (2006) Fate of unproductive and unattractive habitats: recent changes in Iberian steppes and their effects on endangered avifauna. *Environ. Conserv.* 33: 223-232.

- Lasanta-Martinez T, Vicente-Serrano SM, Cuadrat-Prats JM (2005) Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees. *Applied Geography* 25: 47–65
- Legendre P (2014) Interpreting the replacement and richness difference components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 23, 1324–1334.
- Le Viol I, Jiguet F, Brotons L, Herrando S, Lindström Å, Pearce-Higgins JW, Reif J, Van Turnhout C, Devictor V (2012) More and more generalists: two decades of changes in the European avifauna. *Biology letters* 8(5): 780-782.
- Liović B (2003) False indigo (*Amorpha fruticosa* L.) – an invasive plant species in Croatia: control strategies. U: Fosbroke DE, Sandra LC, Gottschalk KW (eds.) Department of agriculture, forest service, northeastern research station, 15-18 January 2002, Annapolis, MD. Gen. Tech. Rep. NE-300. Newtown Square, PA: U.S.: 59.
- Ljubičić I, Britvec M, Jelaska SD, Salopek Z, Kutnjak H (2008) Vegetation Dynamics Pastures on Lithosol of the Island. U: Pospišil M (ed.) Hrvatski i 3. Međunarodni Simpozij Agronoma, Zagreb, 32-33.
- MacArthur RH (1957) On the relative abundance of bird species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 43(3): 293-295.
- Magurran AE (1988) Why diversity?. U: *Ecological diversity and its measurement*, Springer, Dordrecht, 1-5.
- Mikulić K, Radović A, Kati V, Jelaska S, Tepić N (2014) Effects of land abandonment on bird communities of smallholder farming landscapes in post-war Croatia: implications for conservation policies. *Community ecology* 15(2): 169-179.
- Moreira F, Ferreira PG, Rego FC, Bunting S (2001) Landscape changes and breeding bird assemblages in north-western Portugal: the role of fire. *Landscape Ecology* 16: 175-187.
- Mouchet MA, Villegger S, Mason NW, Mouillot D (2010) Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology* 24(4): 867-76.
- Nagy S (2002) The status of biodiversity on farmland in Europe (birds). Document prepared for the high-level Pan-European conference on agriculture and biodiversity: towards integrating biological and landscape diversity for sustainable agriculture in Europe. Maison de l'Unesco, Paris, 5–7 June 2002.
- Navarro LM, Pereira HM (2012) Rewilding Abandoned Landscapes in Europe. *Ecosystems* 15: 900–912.
- Nejašmić I (2012) Consequences of future demographic changes in Croatia. *Acta Geographica Croatica* 38: 1–14.

- Nikolov SC (2010) Effects of land abandonment and changing habitat structure on avian assemblages in upland pastures of Bulgaria. *Bird Conserv. Int.* 20: 200–213.
- Nikolov SC, Demerdzhiev DA, Popgeorgiev GS, Plachiyski DG (2011) Bird community patterns in sub-Mediterranean pastures: the effect of shrub cover and grazing intensity. *Animal Biodiversity and Conservation* 34: 11-21.
- Oksanen J (2012) Vegan: ecological diversity. <http://cran.rproject.org/web/packages/vegan/vignettes/diversity-vegan.pdf> , pristupljeno 19.12.2012.
- Ostermann OP (1998) The need for management of nature conservation sites designated under Natura 2000. *J. Appl. Ecol.* 35: 968–973.
- Parks CG, Radosevich SR, Endress BA, Naylor BJ, Anzinger D, Rew LJ, Maxwell BD, Dwire KA (2005) Natural and land-use history of the Northwest mountain ecoregions (USA) in relation to patterns of plant invasions. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 7(3): 137-158.
- Pärt T, Söderström B (1999) The effects of management regimes and location in landscape on the conservation of farmland birds breeding in semi-natural pastures. *Biol. Conserv.* 90: 113–123.
- Pain DJ, Pienkowski MW (1997) Farming and birds in Europe: the Common Agricultural Policy and its implications for bird conservation. Academic Press.
- Pavel V (2004) The impact of grazing animals on nesting success of grassland passerines in farmland and natural habitats: a field experiment. *Folia Zool.* 53: 171–178.
- Pedashenko HP, Apostolova II, Vassilev KV (2012) *Amorpha fruticosa* invasibility of different habitats in lower Danube. *Phytologia Balcanica* 285: 285–291.
- Plieninger T, Hui C, Gaertner M, Huntsinger L (2014) The impact of land abandonment on species richness and abundance in the Mediterranean Basin: a meta-analysis. *PLoS one* 9(5): e98355.
- Pons P, Lambert B, Rigolot E, Prodon R (2003) The effects of grassland management using fire on habitat occupancy and conservation of birds in a mosaic landscape. *Biodivers. Conserv.* 12: 1843-1860.
- Poschlod P, Schneider-Jacoby M, Köstermeyer H, Hill BT, Beinlich B (2002) Does large-scale, multispecies pasturing maintain high biodiversity with rare and endangered species? – The Sava floodplain case study (367-378) U: Redecker B, Härdtle W, Finck P, Riecken U, Schröder E (eds.) *Pasture Landscapes and Nature Conservation*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Preiss E, Martin JL, Debussche M (1997) Rural depopulation and recent landscape changes in a Mediterranean region: Consequences to the breeding avifauna. *Landsc. Ecol.* 12: 51-61.

- Radović A, Fontana-Pudić K, Dolenc Z, Jelaska SD (2012) Detecting habitat changes using MODIS EVI images: a case study of Spoonbill *Platalea leucorodia* in Croatia. *Acrocephalus* 32(150-151): 135-41.
- Radović A, Nikolov SC, Tepić N, Mikulić K, Jelaska SD, Budinski I (2013) The influence of land abandonment on farmland bird communities: a case study from a floodplain landscape in Continental Croatia. *Folia Zoologica* 62(4): 269-81.
- R Core Team (2012) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Reif J, Voříšek P, Šastný K, Bejček V, Petr J (2008) Agricultural intensification and farmland birds: new insights from a central European country. *Ibis* 150: 596–605.
- Reino L, Beja P, Osborne PE, Morgado R, Fabião A, Rotenberry JT (2009) Distance to edges, edge contrast and landscape fragmentation: Interactions affecting farmland birds around forest plantations. *Biological Conservation* 142: 824–838.
- Rey Benayas JM, Martins A, Nicolau JM, Schulz JJ (2007) Abandonment of agricultural land: an overview of drivers and consequences. *CAB Rev* 2:1–14.
- Ripley B, Venables W (2011) nnet: Feed-forward neural networks and multinomial log-linear models. R package version 7(5).
- Robinson RA, Sutherland WJ (2002) Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *J. Appl.Ecol.* 39: 157–176.
- Rodriguez-Artigas, SM, Ballester R, Corronca JA (2016) Factors that influence the beta-diversity of spider communities in northwestern Argentinean Grasslands. *PeerJ* 4: e1946.
- Routledge RD (1980) Bias in estimating the diversity of large, uncensused communities. *Ecology* 61(2): 276-81.
- Sanderson FJ, Kloch A, Sachanowicz K, Donald PF (2008) Predicting the effects of agricultural change on farmland bird populations in Poland. *Agr. Ecosyst. Environ.* 129(1): 37-42.
- Santos CP (2000) Succession of breeding bird communities after the abandonment of agricultural fields in south-east Portugal. *Ardeola* 47: 171–181.
- Sarateanu V (2010) Assessing the influence of *Amorpha fruticosa* L. invasive shrub species on some grassland vegetation types from western Romania. *Res. J. Agricultural Sci.* 42: 536.
- SAS Institute Inc., SAS 9.1.3 Help and Documentation, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002-2004.

- Sirami CL, Brotons L, Martin JL (2007) Vegetation and songbird response to land abandonment: from landscape to census plot. *Divers. Distrib.* 13: 42–52.
- Schneider LC, Geoghegan J (2006) Land abandonment in an agricultural frontier after a plant invasion: the case of bracken fern in Southern Yucatán, Mexico. *Agriculture and Resource Economics Review*: 167–177.
- Schneider-Jacoby M (1995) Vögel als Indikatoren für das ökologische Potential der Saveauen und Möglichkeiten für deren Erhaltung. Dissertation an der Universität Konstanz, erschienen 1995: Naturerbe Verlag Jürgen Resch, Überlingen.
- Shannon CE, Weaver W (1949) *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois Press, Urbana, 117 str.
- Skórka P, Lenda M, Tryjanowski P (2010) Invasive alien goldenrods negatively affect grassland bird communities in Eastern Europe. *Biol. Conserv.* 143: 856–861.
- Spellerberg IF, Fedor PJ (2003) A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the ‘Shannon–Wiener’ Index. *Global ecology and biogeography* 12(3): 177–179.
- Stanners D, Bourdeau P (1995) *Europe’s environment: The Dobříš Assessment*. European Environment Agency, Copenhagen, 676 str.
- Stipetić V (2005) Razvitak poljoprivredne proizvodnje u Hrvatskoj: tendencije, stanje i osnovni problemi. *Proceedings of Rijeka Faculty of Economics: Journal of Economics and Business* 23(1).
- Stirling G, Wilsey B (2001). Empirical relationships between species richness, evenness, and proportional diversity. *The American Naturalist*, 158(3): 286–299.
- Stoate C, Báldi A, Beja P, Boatman ND, Herzon I, van Doorn A, de Snoo GR, Rakosy L, Ramwell C (2009) Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe - a review. *J. Environ. Manage.* 91: 22–46.
- Suárez-Seoane S, Osborne PE, Baudry J (2002) Responses of birds of different biogeographic origins and habitat requirements to agricultural land abandonment in northern Spain. *Biol. Conserv.* 105(3): 333–344.
- Tomić F, Krička T, Matić S (2008) Available agricultural areas and the use of forests for biofuel production in Croatia. *Šumarski list* 132: 323–330.
- Topić Lj, Ilijanić Lj, Tvrtković N, Nikolić T (2006) *Staništa – Priručnik za inventarizaciju, kartiranje i praćenje stanja*. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Török K, Botta-Dukaát Z, Dancza I, Németh I, Kiss J, Mihály YB, Magyar D (2003) Invasion gateways and corridors in the Carpathian Basin: biological invasions in Hungary. *Biol. Invasions* 5: 349–356

- Tsiakiris R, Stara K, Pantis J, Sgardelis S (2009) Microhabitat selection by three common bird species of montane farmlands in northern Greece. *Environ. Manage.* 44: 874-887.
- Tutiš V, Kralj J, Radović D, Ćiković D, Barišić S (2013) Crvena knjiga ugroženih ptica Hrvatske. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode i Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb. 258 str.
- Tworek S (2002) Responses to habitat changes in an agricultural landscape. *Ecological Research* 17: 339–359.
- Vanhinsbergh D, Gough S, Fuller RJ, Brierley ED (2002) Summer and winter bird communities in recently established farm woodlands in lowland England. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 92(2-3): 123-36.
- Verhulst JA, Báldi, Kleijn D (2004) Relationship between land-use intensity and species richness and abundance of birds in Hungary. *Agr. Ecosyst. Environ.* 104: 465–473.
- Vessby K, Söderström B, Glimskar A, Svensson B (2002) Species-richness correlations of six different taxa in Swedish seminatural grasslands. *Conservation Biology* 16: 430-439.
- Whittaker RH (1965) Dominance and diversity in land plant communities. *Science* (Washington, D.C.) 147: 250–260.
- Whittingham MJ, Krebs JR, Swetnam RD, Vickery JA, Wilson JD, Freckleton RP (2007) Should conservation strategies consider spatial generality? Farmland birds show regional not national patterns of habitat association. *Ecol. Lett.* 10: 25–35.
- Wickham H (2007) Reshaping data with the reshape package. *J. Stat. Software* 21: 12.
- Wickham H (2012) stringr: Make it easier to work with strings. R package version 0.6.2. <http://CRAN.R-project.org/package=stringr>
- Wretenberg J, Lindström Å, Svensson S, Pärt T (2007) Linking agricultural policies to population trends of Swedish farmland birds in different agricultural regions. *J. Appl. Ecol.* 44: 933–941.
- Zakkak S, Radovic A, Nikolov SC, Shumka S, Kakalis L, Kati V (2015) Assessing the effect of agricultural land abandonment on bird communities in southern-eastern Europe. *Journal of environmental management* 164: 171-179.
- Zingstra H, Kiš A, Ribarić A, Ilijaš I, Jeremić J, Predić T. (2009) The relevance of farmland and farming for the protection of the landscape and biodiversity of the Sava Floodplains. Final Report of Task C of the EU LIFE TCY 06/INT/246 Project, Wageningen International, the Netherlands: 78.
- Župančić M (1995) Vitalna gospodarstva i preobražaj hrvatske poljoprivrede. *Sociologija sela* 1/4 (127/130): 1-17.

<https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover> pristupljeno 27.12.2017.

8. Prilozi

8. Prilozi

Prilog I

Tablica 1: Popis svih zabilježenih vrsta u studiji slučaj Lonjsko polje s pripadajućim statusom. Vrste unutarnjeg pojasa označene su oznakama “V*”; svakoj vrsti pridodana je ponderirana vrijednost sukladno SPEC statusu.

Vrste u zagradama gnijezdile su se izvan istraživačkih ploha, ali su plohe posjećivale zbog hranjenja

Znanstveni naziv vrste	Status	Oznaka	SPEC-status	Bodovanje
<i>Accipiter gentilis</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Acrocephalus palustris</i>	Gnjezdarica		NON_SPEC	1
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Gnjezdarica	V1	NON_SPEC ^E	2
<i>Alauda arvensis</i>	Gnjezdarica	V2	SPEC3	3
<i>Alcedo atthis</i>	(Gnjezdarica)		SPEC3	3
<i>Anas querquedula</i>	Preletnica		SPEC3	3
<i>Anthus trivialis</i>	Gnjezdarica	V3	NON_SPEC	1
<i>Aquila pomarina</i>	(Gnjezdarica)		SPEC3	3
<i>Ardea cinerea</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Buteo buteo</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Carduelis carduelis</i>	(Gnjezdarica)	V4	NON_SPEC	1
<i>Carduelis chloris</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC ^E	2
<i>Casmerodius albus</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Chlidonias hybridus</i>	Preletnica		SPEC3	3
<i>Chlidonias leucopterus</i>	Preletnica		NON_SPEC	1
<i>Ciconia ciconia</i>	(Gnjezdarica)		SPEC2	4

<i>Ciconia nigra</i>	(Gnjezdarica)		SPEC3	3
<i>Circus aeruginosus</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Columba palumbus</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC ^E	2
<i>Corvus corax</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Corvus cornix</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC ^E	2
<i>Coturnix coturnix</i>	Gnjezdarica		SPEC3	3
<i>Cuculus canorus</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Cygnus olor</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Egretta garzetta</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Emberiza citrinella</i>	Gnjezdarica	V5	NON_SPEC ^E	2
<i>Erithacus megarhynchos</i>	Gnjezdarica	V6	NON_SPEC ^E	2
<i>Erithacus rubecula</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC ^E	2
<i>Falco tinnunculus</i>	(Gnjezdarica)		SPEC3	3
<i>Falco vespertinus</i>	Preletnica		SPEC3	3
<i>Fringilla coelebs</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Garrulus glandarius</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Hirundo rustica</i>	(Gnjezdarica)	V7	SPEC3	3
<i>Jynx torquilla</i>	(Gnjezdarica)		SPEC3	3
<i>Lanius collurio</i>	Gnjezdarica	V8	SPEC3	3
<i>Locustella fluviatilis</i>	Gnjezdarica	V9	NON_SPEC	1
<i>Locustella luscinioides</i>	Gnjezdarica	v10	NON_SPEC	1
<i>Locustella naevia</i>	Gnjezdarica		NON_SPEC	1
<i>Lymnocyptes minimus</i>	Preletnica		SPEC3	3
<i>Motacilla alba</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Motacilla flava</i>	Gnjezdarica	v11	NON_SPEC	1
<i>Nycticorax nycticorax</i>	(Gnjezdarica)		SPEC3	3

<i>Oriolus oriolus</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Parus major</i>	(Gnjezdarica)	v12	NON_SPEC	1
<i>Poecile palustris</i>	(Gnjezdarica)		SPEC3	3
<i>Passer domesticus</i>	(Gnjezdarica)	v13	SPEC3	3
<i>Passer montanus</i>	(Gnjezdarica)	v14	SPEC3	3
<i>Phalacrocorax carbo</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Phasianus colchicus</i>	Gnjezdarica	v15	NON_SPEC	1
<i>Phoenicurus ochruros</i>	Gnjezdarica		NON_SPEC	1
<i>Phylloscopus collybitus</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	Preletnica		SPEC2	4
<i>Pica pica</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Saxicola rubetra</i>	Gnjezdarica	V16	NON_SPEC ^E	1
<i>Saxicola torquatus</i>	Gnjezdarica	V17	NON_SPEC	1
<i>Streptopelia decaocto</i>	(Gnjezdarica)	V18	NON_SPEC	1
<i>Streptopelia turtur</i>	(Gnjezdarica)		SPEC3	3
<i>Sturnus vulgaris</i>	(Gnjezdarica)	V19	SPEC3	3
<i>Sylvia atricapilla</i>	(Gnjezdarica)	v20	NON_SPEC	1
<i>Sylvia communis</i>	Gnjezdarica	v21	NON_SPEC	1
<i>Sylvia nisoria</i>	Gnjezdarica		NON_SPEC	1
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	(Gnjezdarica)		NON_SPEC	1
<i>Tringa glareola</i>	Preletnica		SPEC3	3
<i>Turdus merula</i>	Gnjezdarica	v22	NON_SPEC	1
<i>Turdus philomelos</i>	Gnjezdarica	v23	NON_SPEC	1
<i>Vanellus vanellus</i>	Gnjezdarica	v24	SPEC2	4
<i>Larus ridibundus</i>	(Gnjezdarica)		SPEC3	3
<i>Larus minutus</i>	Preletnica		SPEC3	3

Prilog II

Tablica 2. Popis vrsta ptica zabilježenih na svim točkama prebrojavanja u studiji slučaj “Agrale”

Vrstama ptica dodijeljen je status “šuma”, “poljoprivreda” ili “ostalo” koristeći sustav klasifikacije prema *Pan-European Common Bird Monitoring Scheme* (PECBMS) koja se temelji na pretežitom korištenju staništa u Europi (<http://www.ebcc.info/index.php?ID=485>). Nadalje je dodijeljen i SPEC status za svaku vrstu

Br.	Znanstveni naziv	Hrvatski naziv	Poljoprivreda/šuma/ostalo	SPEC-status
1	<i>Acrocephalus palustris</i>	Trstenjak mlakar	ostalo	Non SPEC
2	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Trstenjak rogožar	ostalo	Non SPEC
3	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Trstenjak cvrkutić	ostalo	Non SPEC
4	<i>Aegithalos caudatus</i>	Dugorepa sjenica	ostalo	Non SPEC
5	<i>Alauda arvensis</i>	Poljska ševa	poljoprivreda	3
6	<i>Anas platyrhynchos</i>	Divlja patka (gluhara)	ostalo	Non SPEC
7	<i>Anthus trivialis</i>	Prugasta trepteljka	šuma	Non SPEC
8	<i>Buteo buteo</i>	Škanjac	ostalo	3
9	<i>Carduelis cannabina</i>	Juričica	poljoprivreda	Non SPEC
10	<i>Carduelis carduelis</i>	Češljugar	ostalo	Non SPEC
11	<i>Carduelis chloris</i>	Zelendur	ostalo	Non SPEC
12	<i>Certhia brachydactyla</i>	Dugokljuni puzavac	šuma	Non SPEC
	<i>Coccothraustes</i>			
13	<i>coccothraustes</i>	Batokljun	šuma	Non SPEC
14	<i>Columba palumbus</i>	Golub grivnjaš	ostalo	Non SPEC
15	<i>Corvus corax</i>	Gavran	ostalo	Non SPEC
16	<i>Corvus cornix</i>	Siva vrana	ostalo	Non SPEC
17	<i>Crex crex</i>	Kosac	poljoprivreda*	1
18	<i>Cuculus canorus</i>	Kukavica	ostalo	Non SPEC
19	<i>Dendrocopos major</i>	Veliki djetlić	ostalo	Non SPEC
20	<i>Dendrocopos medius</i>	Crvenoglavi djetlić	šuma	Non SPEC
21	<i>Dendrocopos minor</i>	Mali djetlić	šuma	Non SPEC
22	<i>Emberiza cia</i>	Strnadica cikavica	ostalo	3

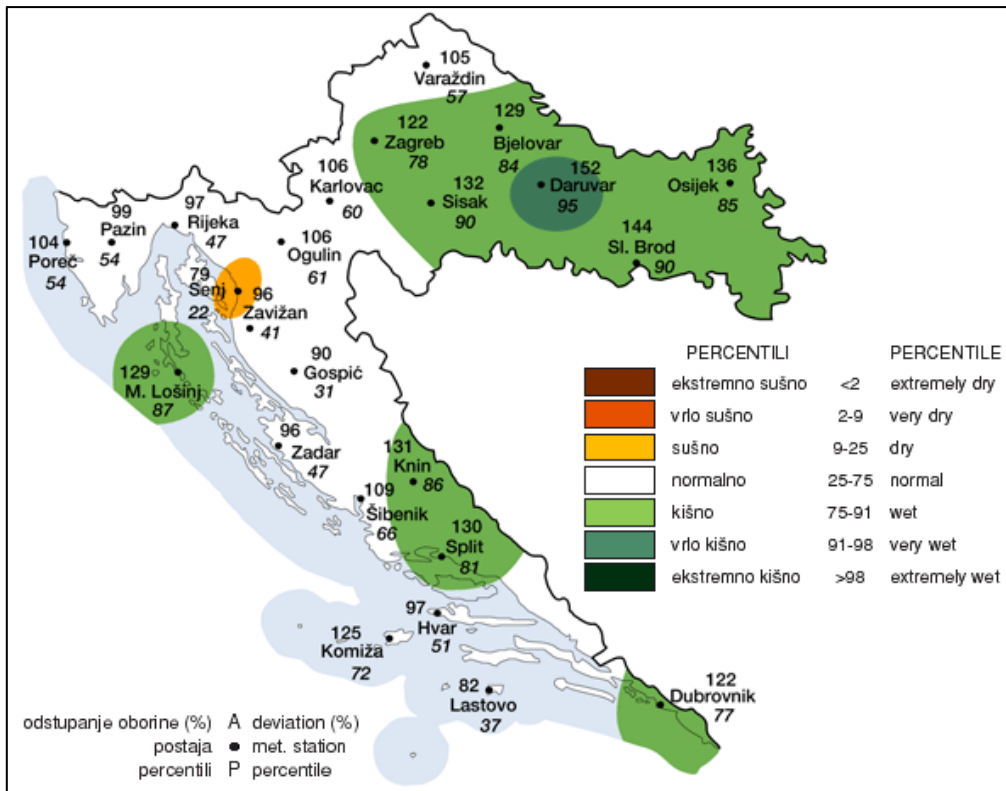
Br.	Znanstveni naziv	Hrvatski naziv	Poljoprivreda/šuma/ostalo	SPEC-status
23	<i>Emberiza cirulus</i>	Crnogrla strnadica	poljoprivreda	Non SPEC
24	<i>Emberiza citrinella</i>	Žuta strnadica	poljoprivreda	Non SPEC
25	<i>Erithacus rubecula</i>	Crvendać	ostalo	Non SPEC
26	<i>Ficedula albicollis</i>	Bjelovrata muharica	šuma	Non SPEC
27	<i>Ficedula hypoleuca</i>	Crnoglava muharica	šuma	Non SPEC
28	<i>Fringilla coelebs</i>	Zeba	ostalo	Non SPEC
29	<i>Garrulus glandarius</i>	Šojka	šuma	Non SPEC
30	<i>Hippolais icterina</i>	Žuti voljić	ostalo	Non SPEC
31	<i>Hirundo rustica</i>	Lastavica	poljoprivreda	3
32	<i>Jynx torquilla</i>	Vijoglav	ostalo	3
33	<i>Lanius collurio</i>	Rusi svračak	poljoprivreda	Non SPEC
34	<i>Lullula arborea</i>	Ševa krunica	ostalo	2
35	<i>Erithacus megarhynchos</i>	Slavuj	ostalo	Non SPEC
36	<i>Merops apiaster</i>	Pčelarica	ostalo	3
37	<i>Miliaria calandra</i>	Velika strnadica	poljoprivreda	2
38	<i>Motacilla alba</i>	Bijela pastirica	ostalo	Non SPEC
39	<i>Oriolus oriolus</i>	Vuga	ostalo	Non SPEC
40	<i>Parus ater</i>	Jelova sjenica	šuma	Non SPEC
41	<i>Parus caeruleus</i>	Plavetna sjenica	ostalo	Non SPEC
42	<i>Parus major</i>	Velika sjenica	ostalo	Non SPEC
43	<i>Parus palustris</i>	Crnoglava sjenica	šuma	3
44	<i>Passer domesticus</i>	Vrabac	ostalo	3
45	<i>Passer montanus</i>	Poljski vrabac	poljoprivreda	3
46	<i>Pernis apivorus</i>	Škanjac osaš	šuma*	Non SPEC
47	<i>Phasianus colchicus</i>	Fazan	poljoprivreda*	Non SPEC
48	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Mrka crvenrepka	ostalo	Non SPEC
49	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Šumska crvenrepka	šuma	2
50	<i>Phylloscopus collybita</i>	Zviždak	šuma	Non SPEC
51	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	Brezov zviždak	šuma	2
52	<i>Pica pica</i>	Svraka	ostalo	Non SPEC
53	<i>Picus canus</i>	Siva žuna	šuma	3
54	<i>Picus viridis</i>	Zelena žuna	ostalo	2
55	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Zimovka	šuma	Non SPEC

Br.	Znanstveni naziv	Hrvatski naziv	Poljoprivreda/šuma/ostalo	SPEC-status
56	<i>Saxicola rubetra</i>	Smeđoglavi batić	poljoprivreda	Non SPEC
57	<i>Saxicola torquatus</i>	Crnoglavi batić	poljoprivreda	Non SPEC
58	<i>Sitta europaea</i>	Brgljev	šuma	Non SPEC
59	<i>Streptopelia turtur</i>	Grlica	poljoprivreda	3
60	<i>Strix aluco</i>	Šumska sova	šuma	Non SPEC
61	<i>Sturnus vulgaris</i>	Čvorak	poljoprivreda	3
62	<i>Sylvia atricapilla</i>	Crnokapa grmuša	ostalo	Non SPEC
63	<i>Sylvia communis</i>	Grmuša pjenica	poljoprivreda	Non SPEC
64	<i>Sylvia curruca</i>	Grmuša čevrljinka	ostalo	Non SPEC
65	<i>Sylvia nisoria</i>	Pjegava grmuša	ostalo	Non SPEC
66	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Palčić	ostalo	Non SPEC
67	<i>Turdus merula</i>	Kos	ostalo	Non SPEC
68	<i>Turdus philomelos</i>	Drozd cikelj	ostalo	Non SPEC
69	<i>Turdus viscivorus</i>	Drozd imelaš	šuma	Non SPEC
70	<i>Upupa epops</i>	Pupavac	poljoprivreda	3

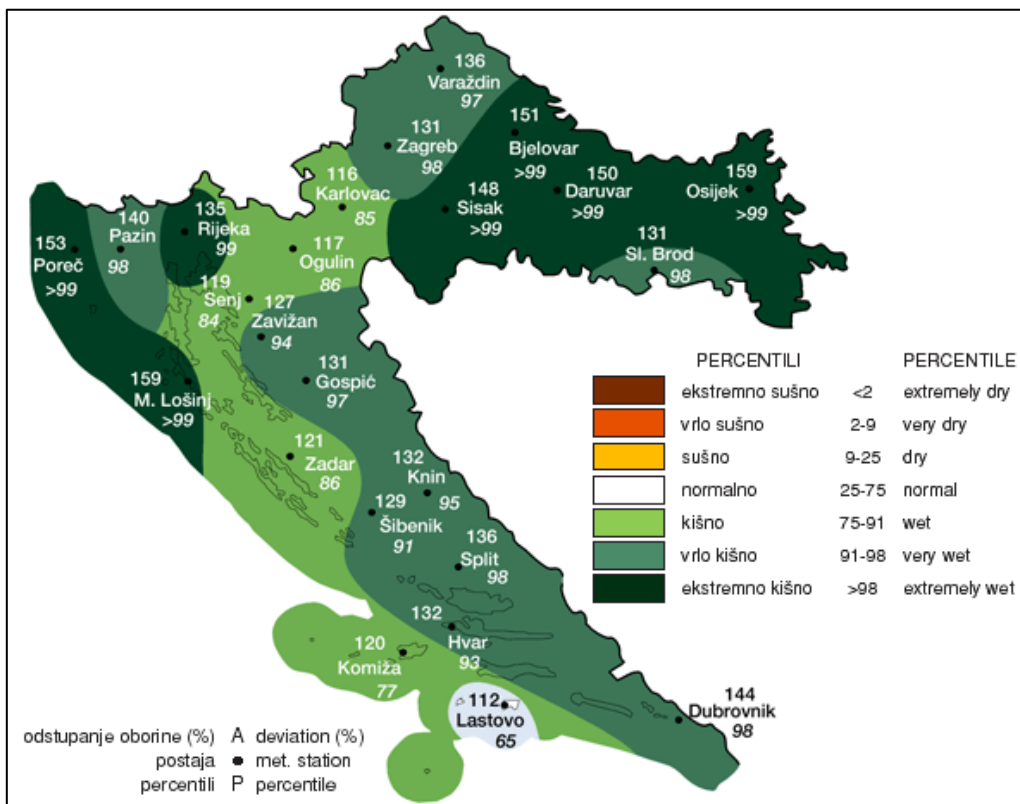
* korištenje staništa dodijeljen je od autora doktorata, jer isti za ove vrste nije bio određen od strane EBCC

Prilog III

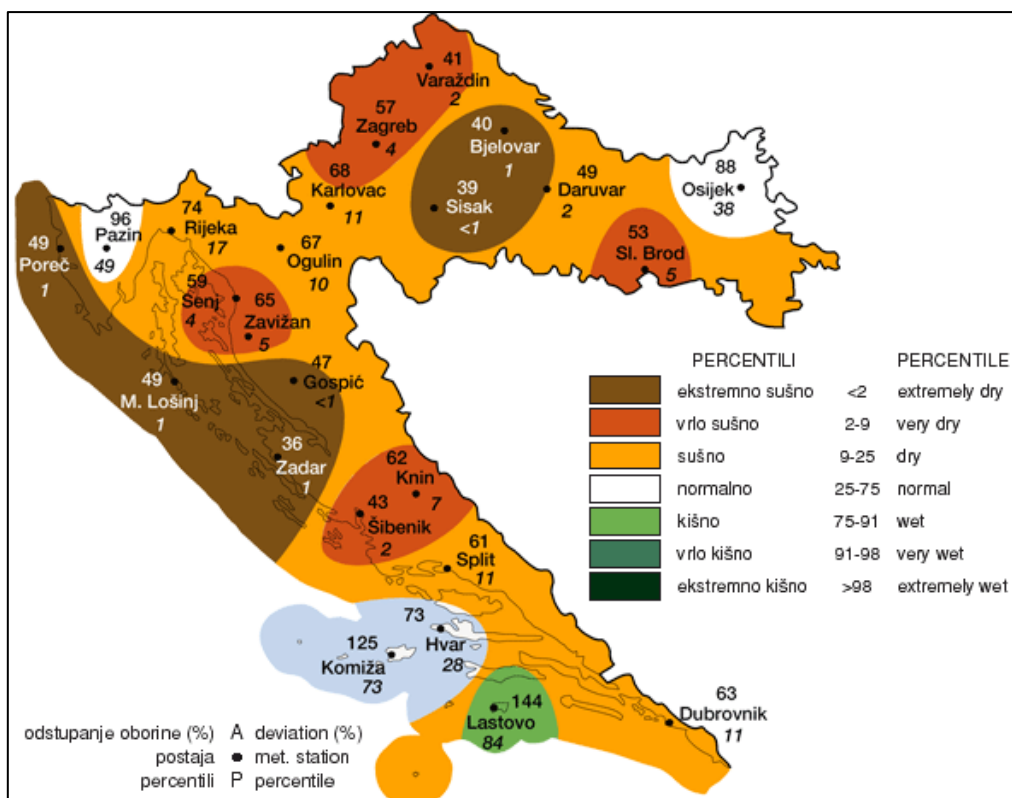
Klimatski uvjeti, padaline i temperature tijekom razdoblja istraživanja 2010. – 2012.



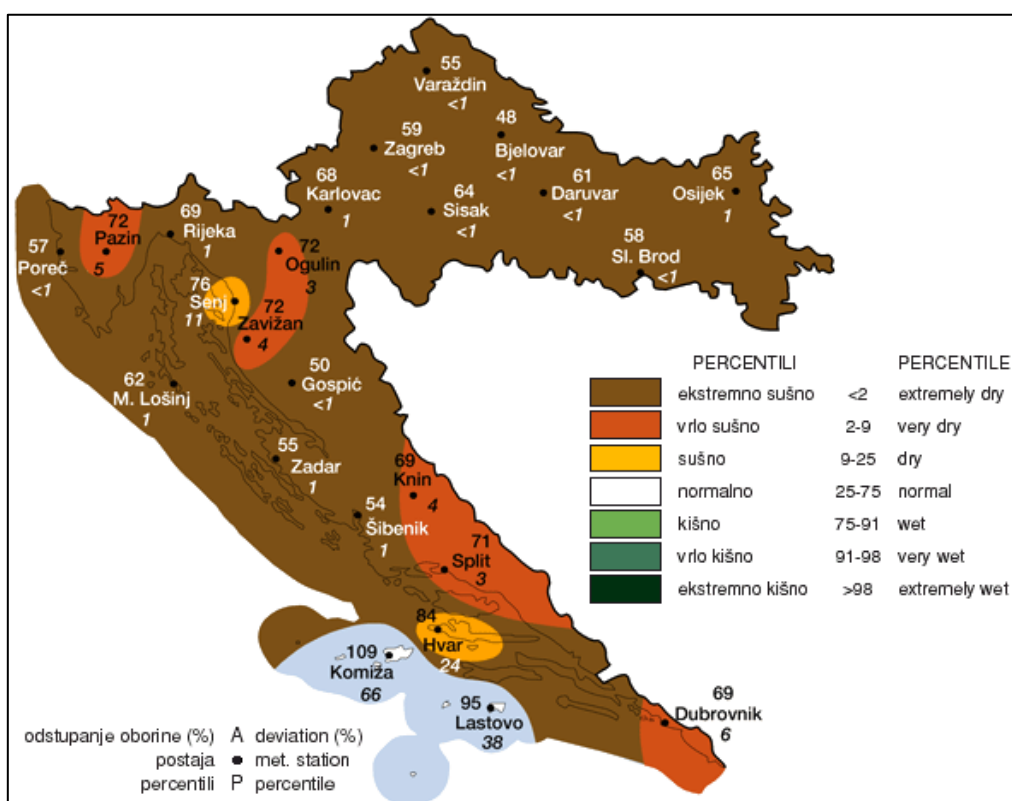
Slika 1. Proljetne oborine u 2010. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961. – 1990. (preuzeto s DHMZ)



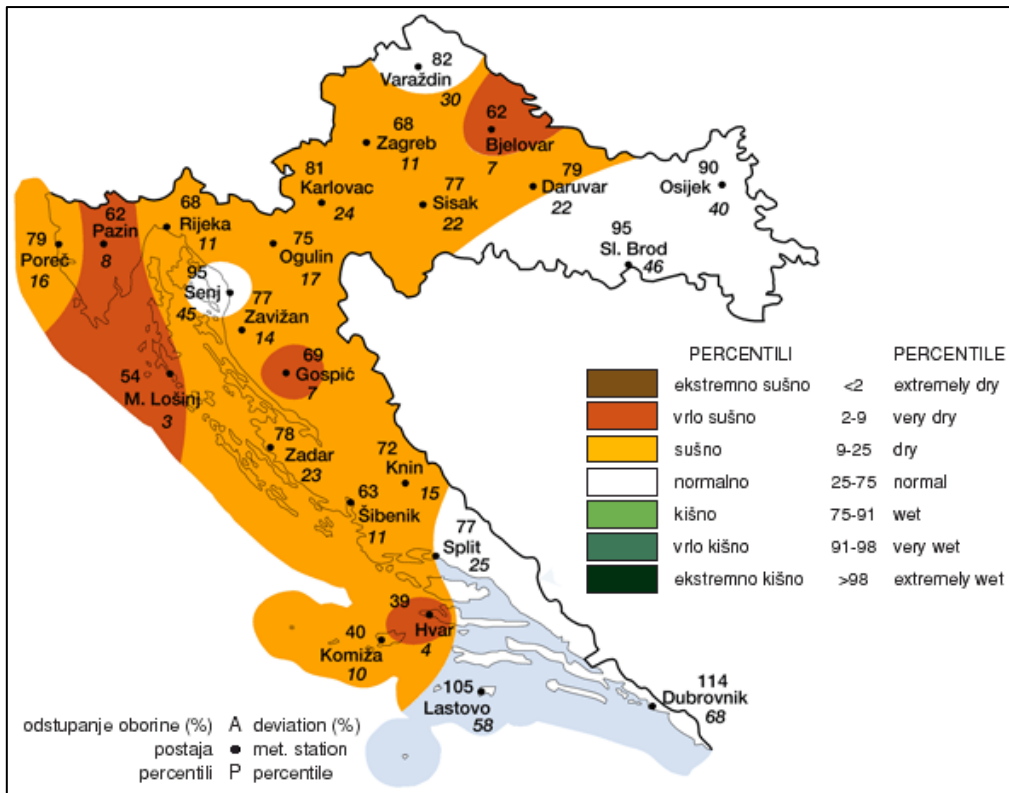
Slika 2. Prosječne godišnje oborine u 2010. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961. – 1990. (preuzeto s DHMZ)



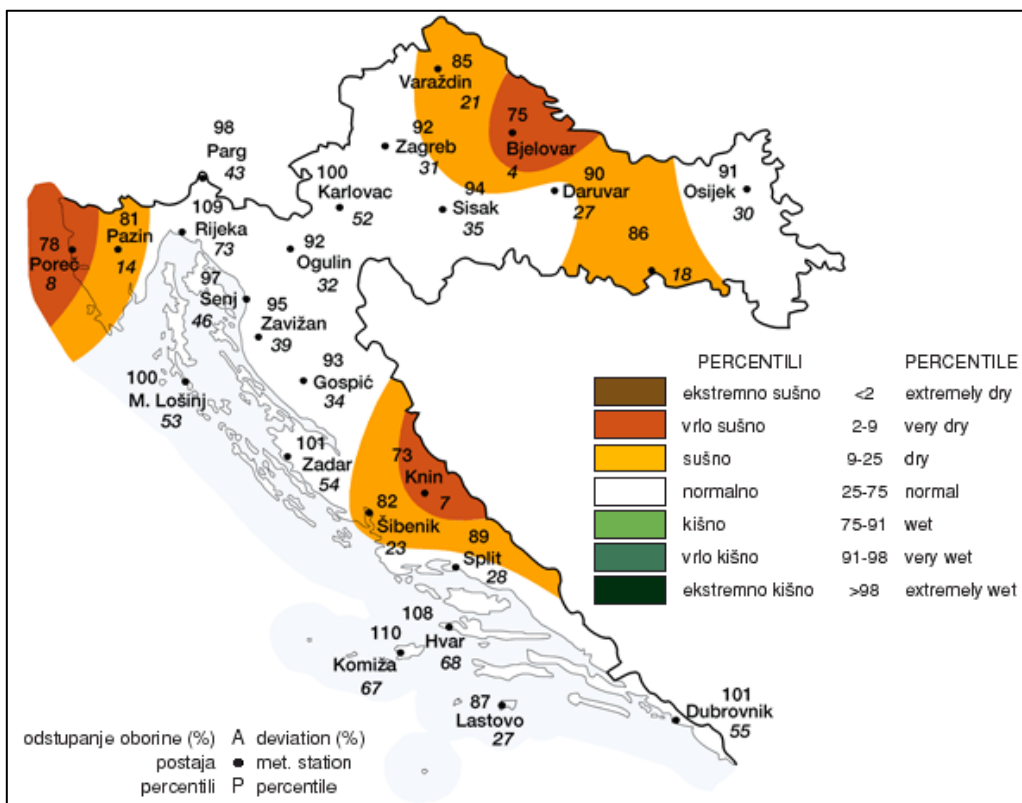
Slika 3. Proljetne oborine u 2011. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961. – 1990. (preuzeto s DHMZ)



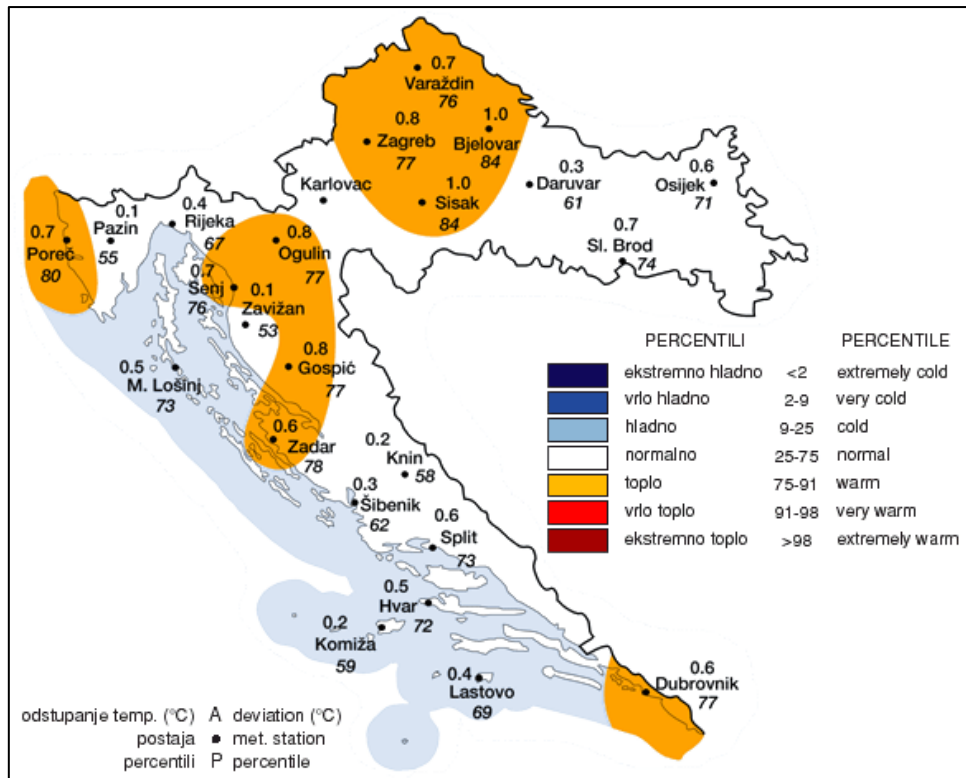
Slika 4. Prosječne godišnje oborine u 2011. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961. – 1990. (preuzeto s DHMZ)



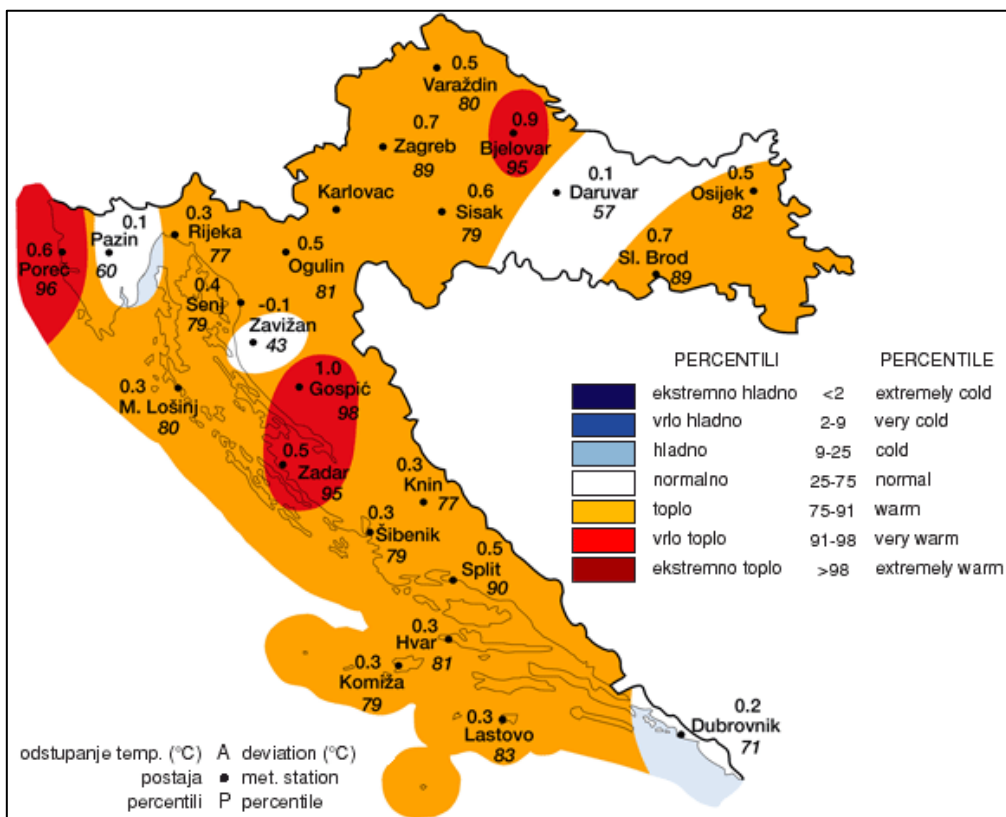
Slika 5. Proljetne oborine u 2012. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961. – 1990. (preuzeto s DHMZ)



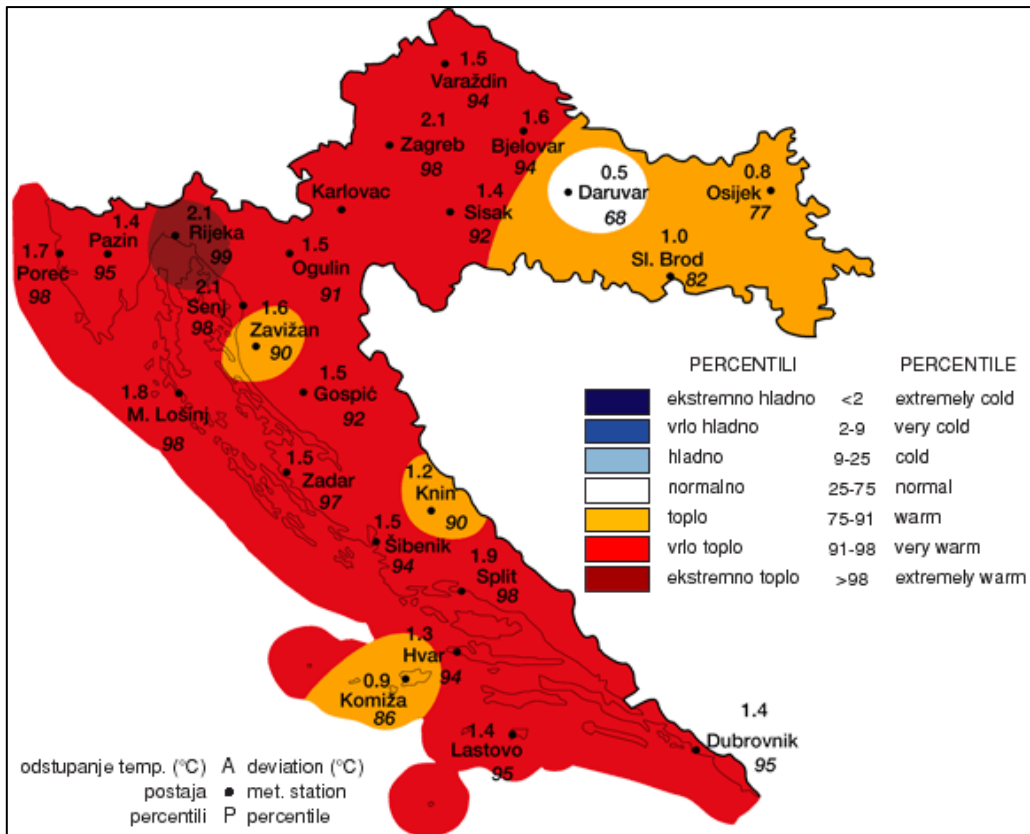
Slika 6. Prosječne godišnje oborine u 2012. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961. – 1990. (preuzeto s DHMZ)



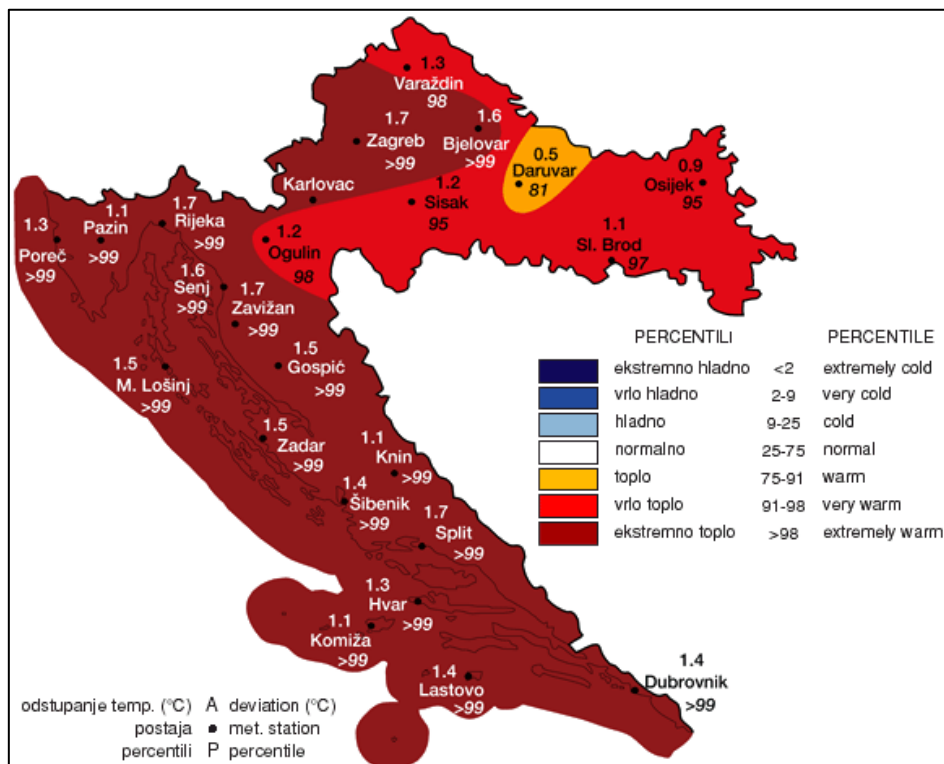
Slika 7. Proletne temperature u 2010. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961. – 1990. (preuzeto s DHMZ)



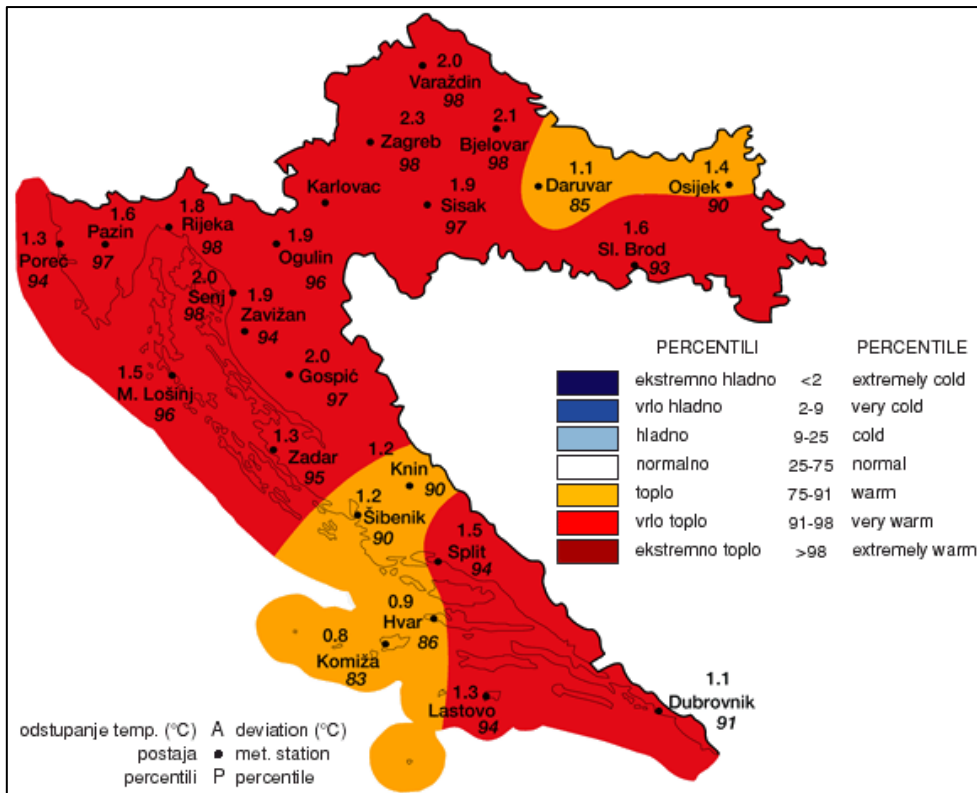
Slika 8. Prosječne godišnje temperature u 2010. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961. – 1990. (preuzeto s DHMZ)



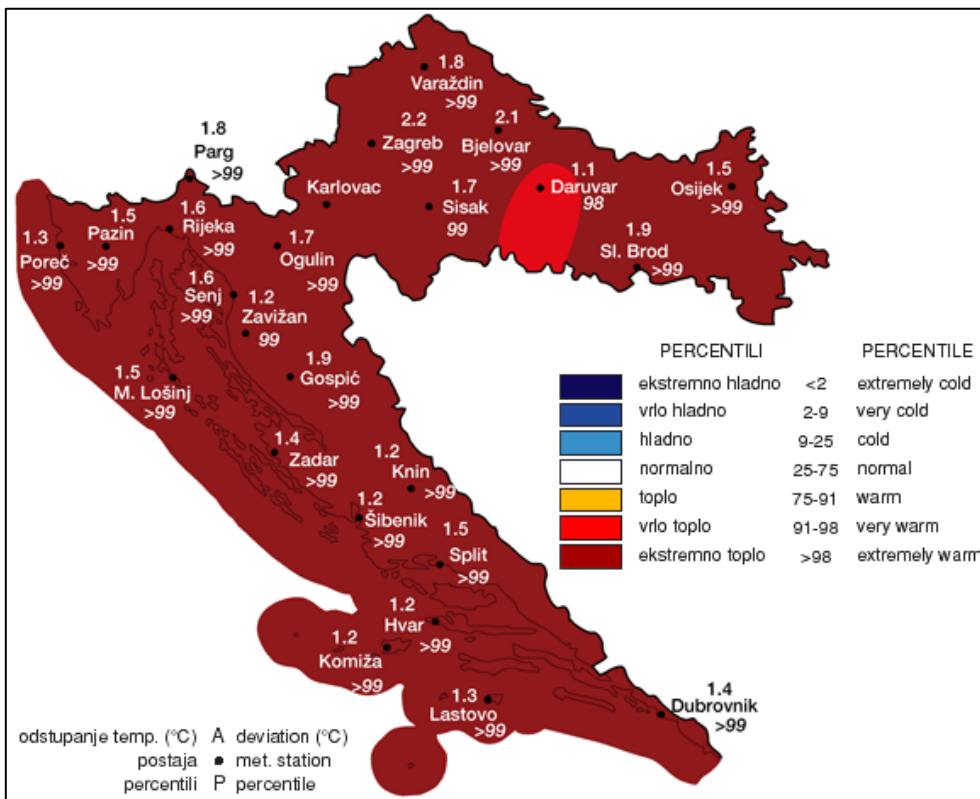
Slika 9. Proletne temperature u 2011. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961.–1990. (preuzeto s DHMZ)



Slika 10. Prosječne godišnje temperature u 2011. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961.–1990. (preuzeto s DHMZ)



Slika 101. Proletne temperature u 2012. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961. – 1990. (preuzeto s DHMZ)



Slika 12. Prosječne godišnje temperature u 2012. u odnosu na dugogodišnji prosjek 1961. – 1990. (preuzeto s DHMZ)

9. Životopis autora

Krešimir Mikulić rodio se u Frankfurtu na Majni, 24. svibnja 1979. godine. 1985. godine upisuje osnovnu školu „Ludwig-Richter-Schule“, a 1989. opću gimnaziju „Ziehenschule“ u Frankfurtu, koju završava s vrlo dobrim uspjehom. Od 1998 do 1999. odslužuje vojni rok u oružanim snagama Republike Hrvatske. 1999. godine upisuje smjer Ekologije na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu na kojem je diplomirao 2005. godine. Poslijediplomski doktorski studij biologije upisuje 2009. godine.

Tijekom studija i poslijediplomskog studija, pokazuje velik interes za istraživanje ptica, za ekologiju vrsta te zaštitu prirode, što je vidljivo iz velikog broja istraživačkih te stručnih projekata koje je provodio ili u čijoj je provedbi sudjelovao.

Po završetku studija, Krešimir Mikulić honorarno je angažiran od strane Ministarstva poljoprivrede i bio je član kriznog stožera za ptičju gripu u Hrvatskoj. Volontirao je na Zavodu za ornitologiju HAZU te od sredine 2006. godine se zapošljava kao koordinator projekta u Hrvatskom ornitološkom društvu gdje radi do kraja 2007. godine. 2008. godine se zapošljava u Udruzi Biom gdje postaje 2010. izvršni direktor – dužnost koju obnaša do kraja 2016. godine. Trenutno je voditelj programa za zaštitu vrsta i staništa u Udruzi Biom.