

Raznolikost i ekološke značajke ravnokrilaca (Insecta: Orthoptera) travnjačkih staništa planine Medvednice

Rašić, Alan Martin

Master's thesis / Diplomski rad

2013

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:579698>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-23**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Alan Martin Račl

**Raznolikost i ekološke značajke ravnokrilaca
(Insecta: Orthoptera) travnjačkih staništa
planine Medvednice**

Diplomski rad

ZAGREB, 2013.

Ovaj rad je izrađen na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod vodstvom dr. sc. Mladena Kučina, izv. prof. Predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja *profesor biologije* te zvanja *diplomirani inženjer biologije – smjer ekologija*.

*U spomen na moga oca,
zbog beskompromisnih načela kojima se rukovodio u životu.*

Zahvaljujem voditelju prof. dr. sc. Mladenu Kučiniću (Zoologijski zavod PMF-a, Zagreb) na pruženoj prilici, omogućavanju cjelokupne izvedbe ovoga projekta te zanimanju za napredak istoga, što je bilo velika motivacija i poticaj.

Zahvaljujem dr. sc. Vlatki Mičetić Stanković (Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb) na izradi klaster i NMDS analize, prijevodu temeljne dokumentacijske kartice na engleski jezik te nesebičnom angažmanu, vrijednim smjernicama i logističkoj potpori, bez kojih izrada ovoga diplomskog rada ne bi bila moguća.

Zahvaljujem prof. dr. sc. Nikoli Tvrtkoviću (Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb) na ustupljenoj neophodnoj, ali rijetkoj i teško nabavljivoj literaturi.

Zahvaljujem dr. sc. Filippu Marii Buzzettiju (Università degli Studi di Padova), ortopterologu, članu upravnog odbora WBA – World Biodiversity Association, na provjeri determinacije svih utvrđenih vrsta Orthoptera.

Zahvaljujem dr. sc. Ivi Mihoci (Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb) na savjetima i demonstriranju preparacije Orthoptera, posudbi dragocjene literature i drugoga potrebnog materijala.

Zahvaljujem asist. dr. sc. Sari Mareković i asist. mr. biol. Nini Vuković (Botanički zavod PMF-a, Zagreb) na tipološkom utvrđivanju vegetacijskih sintaksona istraživanih lokaliteta.

Zahvaljujem Josipu Skeji, voditelju Sekcije za ravnokrilce BIUS-a (Udruga studenata biologije PMF-a, Zagreb), na savjetima oko izbora sistematike te provjeri determinacije nekih vrsta Orthoptera.

Zahvaljujem Tomislavu Aliloviću, hrvatskom branitelju, na tehničko-informatičkoj pomoći kad god je trebalo.

I naposljetku, na najvećoj podršci tijekom studija zahvaljujem post mortem svom ocu, primarijusu dr. sc. Martinu Rašiću, specijalistu otorinolaringologu, hrvatskom branitelju, odlikovanom ordenom „Ladislav Rakovac“ Hrvatskoga liječničkog zbora 1993. god. „za požrtvovan rad i izvanredne zasluge“.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Raznolikost i ekološke značajke ravnokrilaca (Insecta: Orthoptera) travnjačkih staništa planine Medvednice

Alan Martin Račič
Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb

Ovo istraživanje ravnokrilaca prvo je ovakvoga tipa, ne samo na Medvednici, nego i u Hrvatskoj uopće. Zbog njihove osjetljivosti na promjene strukture i sastava vegetacijskog pokrova u travnjačkim ekosustavima, ravnokrilci se mogu potencijalno upotrijebiti za bioindikaciju nastalih ekoloških poremećaja povezanih sa ljudskom uporabom zemlje. Primarni cilj ovoga rada bio je istražiti utjecaj košnje i ispaše na raznolikost, abundanciju i sastav zajednica ravnokrilaca u travnjacima Medvednice i na temelju tih pokazatelja vrednovati njihov bioindikatorski potencijal. Dodatni ciljevi bili su izvršiti analizu sastava faune i strukture zajednica ravnokrilaca te utvrditi udio jedinki inficiranih makroskopski vidljivim parazitima iz koljena Nematomorpha. Istraživanje je provedeno 2008 i 2009. godine tijekom 5 mjeseci, na 10 lokaliteta sa različitim režimima košnje i ispaše. Rezultati su pokazali relativno visok potencijal zajednica ravnokrilaca kao ekoloških indikatora i biomonitora, tj. travnjaci sa supraanualnim ciklusom košnje pokazali su znatno veću heterogenost i bogatstvo vrsta, a manju abundanciju ravnokrilaca u odnosu na košnice i pašnjake. Višestruko povećanje abundancije na košnjacima i pašnjacima javilo se uslijed gradualnog povećanja populacijskih gustoća nekolicine stanišnih generalista, ponajprije vrste *Pseudochorthippus parallelus*, te vrsta *Glyptobothrus biguttulus* i *Glyptobothrus brunneus*.

(103 stranice, 51 slika, 10 tablica, 235 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: biotika homogenizacija, bioindikator, antropogeno-zoogeni utjecaj, stanišni generalisti

Voditelj: dr. sc. Mladen Kučin, izv. prof.

Ocjenitelji: dr. sc. Mladen Kučin, izv. prof.
dr. sc. Zdravko Dolenec, red. prof.
dr. sc. Antun Alegro, izv. prof.

Zamjena: dr. sc. Petar Kruć, doc.

Rad prihvaćen: 04. prosinca 2013.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

Diversity and ecological features of orthopterans (Insecta: Orthoptera) in grassland habitats of the Medvednica mountain

Alan Martin Rađić
Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The study on orthopterans on Medvednica mountain and Croatia in general is one of the first of its kind. Nowadays, orthopterans are widely used as bioindicators in grassland habitats due to their sensibility on changes in vegetation structure, composition and anthropogenic pressure in general. Primary objective of this study was to determine the effect of mowing and pasturing regime on diversity, abundance and composition of orthopteran communities on grasslands of Mt. Medvednica, according to which their bioindicative potential could be established. Additional task was to analyse composition and structure of orthopteran communities, together with estimation of percentage of infected specimens with representatives of phylum Nematomorpha. Study was conducted in period 2008 i 2009 during five months, on 10 localities which differed in mowing and pasturing regimes. Results indicated relatively high potential of orthopterans as ecological indicators and biomonitors in grasslands on Mt. Medvednica. Compared to the regularly pastured and mowed localities, on grasslands with supraannual regimes of mowing higher heterogeneity and richness of orthopteran species was determined, but with lower abundance. Multiple increase of abundance of orthopterans on pasture and mowing grasslands occurred due to increase of couple of typical habitat generalist species like *Pseudochorthippus parallelus*, *Glyptobothrus biguttulus* and *Glyptobothrus brunneus*.

(103 pages, 51 figures, 10 tables, 235 references cited, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library.

Key words: biotic homogenization, bioindicators, anthropogenically-zoogenic activities, habitat generalists

Supervisor: Assoc. Prof. Mladen Kučin, Ph.D.

Reviewers: Assoc. Prof. Mladen Kučin, Ph.D.
Prof. Zdravko Dolenec, Ph.D.
Assoc. Prof. Antun Alegro, Ph.D.

Substitute: Asst. Prof. Petar Krugić, Ph.D.

Thesis accepted: December 4th 2013

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Zajednice ravnokrilaca i travnjački ekosustavi	1
1.2. Zajednice ravnokrilaca, bioindikacija i biomonitoring?	4
1.2.1. Surogat svojte, bioindikator i biomonitori	4
1.2.2. Kukci kao bioindikator	6
1.2.3. Ravnokrilci kao ekološki indikatori i biomonitori	11
1.3. Odnos između ravnokrilaca i strunaša (Nematomorpha)	14
1.4. Cilj rada	15
2. Materijal i metode	18
2.1. Područje istraživanja	18
2.1.1. Geologija, klima i vegetacijski pokrov Medvednice	18
2.1.2. Istraživani lokaliteti	21
2.2. Sakupljanje i obrada ortopterološkog materijala	25
2.2.1. Terenski dio	25
2.2.2. Laboratorijski dio	27
2.3. Sakupljanje i obrada biljnog materijala	28
2.4. Analiza podataka	28
2.4.1. Programi korišteni za obradu podataka	28
2.4.2. Ekološka struktura zajednica i njeni pokazatelji	29
2.4.3. Raznolikost vrsta i njeni pokazatelji	30
2.4.4. Klaster i NMDS analiza sličnosti uzoraka	32
3. Rezultati	35
3.1. Analiza sastava faune ravnokrilaca Medvednice, relativni udio vrsta i njihova konstantnost	41
3.2. Dinamika zajednica ravnokrilaca Medvednice tijekom sezone pojavljivanja imaga	44
3.2.1. Dinamika abundancije tijekom sezone pojavljivanja imaga	44

3.2.2. Dinamika raznolikosti vrsta tijekom sezone pojavljivanja imaga.....	46
3.2.3. Dinamika omjera i abundancije spolova tijekom sezone pojavljivanja imaga.....	49
3.3. Utjecaj košnje i ispaše na zajednice ravnokrilaca Medvednice te njihov bioindikacijski značaj.....	52
3.3.1. Utjecaj košnje i ispaše na zajednice ravnokrilaca istraživanih lokaliteta.....	53
3.3.1.1. Utjecaj košnje i ispaše na abundanciju ravnokrilaca.....	55
3.3.1.2. Utjecaj košnje i ispaše na udio i sastav vrsta ravnokrilaca.....	57
3.3.1.3. Utjecaj košnje i ispaše na bogatstvo i heterogenost vrsta ravnokrilaca.....	58
3.3.2. Ravnokrilci Medvednice kao ekološki indikatori i biomonitori.....	60
3.3.3. Klaster i NMDS analiza sličnosti između zajednica ravnokrilaca istraživanih lokaliteta.....	63
3.4. Brojnost i udio jedinki ravnokrilaca Medvednice inficiranih makroskopski vidljivim ličinkama strunaša.....	65
4. Rasprava.....	68
4.1. Opća faunistička i fenološka obilježja zajednica ravnokrilaca Medvednice.....	68
4.2. Utjecaj košnje i ispaše na zajednice ravnokrilaca.....	71
4.2.1. Utjecaj košnje na abundanciju i raznolikost ravnokrilaca.....	72
4.2.2. Utjecaj ispaše na abundanciju i raznolikost ravnokrilaca.....	73
4.2.3. Utjecaj košnje i ispaše na sastav zajednica ravnokrilaca.....	74
4.3. Bioindikatorski potencijal ravnokrilaca Medvednice.....	77
4.4. Infekcija ravnokrilaca ličinkama strunaša na istraživanim lokalitetima.....	80
5. Zaključci.....	82
Citirana literatura.....	84
Prilozi.....	103

1. Uvod

1.1. Zajednice ravnokrilaca i travnjački ekosustavi

Prema navodima Koľarek i sur. (2005) do danas je u svijetu opisano oko 23 000 različitih vrsta pripadnika reda Orthoptera, podijeljenih u dva podreda (Ensifera i Caelifera) te raspoređenih u nekih 4 200 rodova i to ovaj red čini umjereno brojnom taksonomskom skupinom unutar razreda Insecta. Budući da imaju najveću raznolikost vrsta u tropskom pojasu, u Europi dolaze svega 974 vrste, s tim da samo na Balkanu (južni dio Austrije, Mađarska, Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Srbija, Crna Gora, Kosovo, Albanija, Makedonija, Rumunjska, Bugarska, Grčka bez Cipra i europski dio Turske) dolazi polovica od toga broja, tj. 494 vrste (Heller i sur. 1998). Inače, ova je geografska regija daleko bogatija vrstama ravnokrilaca od bilo koje druge europske regije. Na drugom mjestu je Apeninski poluotok sa Sicilijom, Sardinijom i Korzikom (preko 330 vrsta), a na trećem Pirinejski poluotok (315 vrsta) (Heller i sur. 1998). Nadalje, u svim europskim regijama osim na Balkanskom poluotoku, vrste su vrlo ravnomjerno raspoređene unutar oba podreda (Ensifera i Caelifera), dok je samo na Balkanu broj vrsta Ensifera (322) skoro dvostruko veći u odnosu na Caelifera (172) (Heller i sur. 1998). Prema zastarjelim podacima (Us i Matvejev 1967) u Hrvatskoj su prisutne 164 vrste Orthoptera (94 Ensifera i 70 Caelifera), što je znatno više nego u npr. Mađarskoj (115) (Baldi i Kisbenedek 1997) ili Češkoj i Slovačkoj zajedno (150) (Koľarek i sur. 2005), ali dvostruko manje nego u Italiji (preko 330) (Fontana i sur. 2002).

Travnjački ekosustavi pokrivaju 30 i 40% kopene površine Zemlje (Branson i sur. 2006) i spadaju među najvažnije terestrične ekosustave uopće, predstavljajući i ključna staništa za veliki broj biljnih i životinjskih vrsta (Coupland 1979). Ravnokrilci se pak ubrajaju u najvažnije (Kemp i Brian 1993; Branson i Sword 2010) i najdominantnije (Guo i sur. 2006; Branson 2011) native travnjačke biljojede (herbivore) te po biomasi najabundantnije člankonošce (Fielding i Brusven 1995a) u travnjačkim ekosustavima diljem svijeta (Slika 1). To ih čini ne samo izravnim kompetitorima za hranu ostalim herbivorima (uključujući i velike biljojedne sisavce) (Branson i Sword 2010; Fielding i Brusven 1995a), nego i važnim plijenom ptica (Joern 1992; Branson 2005), sisavaca (Kok i Louw 2000), gmazova (Čećelić 2010) i pauka (Oedekoven i Joern 1998) te iznimno važnim limbenicima u ključnim ekološkim procesima (Samways 1997; Guo i sur. 2006). Naime, u mnogim travnjačkim eko-



Slika 1. Ovaj konjima pokretani stroj za sakupljanje skakavaca upotrebljavan 1917. godine u blizini St. Ignatiusa, Montana, ilustrira rane nekemijske metode za njihovo suzbijanje i kontrolu. Pomoću ovoga stroja za 2 sata i 15 minuta približno 363 kilograma skakavaca bilo je uhvaćeno i pakirano u vreće te sušeno kao zimska hrana za perad. Brojne mehaničke naprave za hvatanje skakavaca, tzv. „*hopper dozers*“, bile su u uporabi tijekom 1870-ih godina u SAD-u. I premda je efikasnost ovakvih metoda za kontrolu broja skakavaca bila prijeporna, strojevi za njihovo sakupljanje bili su zagovarani kao vrlo prihvatljivo rješenje za redukciju broja skakavaca na opustošenim poljima, osiguravanje hrane za perad te istovremeno izbjegavanje rizika za stoku nekorištenjem visokotoksičnih otrova na bazi arsena. Izvor: foto arhiv Ministarstva poljoprivrede SAD-a. Preuzeto iz: Branson i sur. (2006).

sustavima ravnokrilci su glavni primarni potrošači i značajni generatori kruženja nutrienata i energije, posebice dužika (Gandar 1980; Blumer i Diemer 1996; Meyer i sur. 2002). Iako je istraživanje provedeno u preriji u Kansasu (Meyer i sur. 2002) ustvrdilo da su bizoni (*Bison bison* Linné, 1758) konzumirali oko 20% godišnje neto primarne produkcije a skakavci svega 1 i 4%, treba naglasiti da ravnokrilci zbog gvožđenja i specifične građe i elastičnosti uklanjaju i do 480% veću količinu biljnoga materijala od one koju konzumiraju (Meyer i sur. 2002). Čovječe, ove vrijednosti mogu jako varirati i ovisne su o većem broju različitih čimbenika. Tako npr. Gandar (1982) je u južnoafričkoj savani našao da su zajednice Orthoptera prosječno biomase od 0,73 kg po hektaru godišnje ingestirale i čak 94 kg biljnog materijala po hektaru, a dodatnih 36 kg/ha bilo je uništeno i raspršeno kao posljedica gvožđenja. Uzevši sve zajedno, skakavci su uklonili 16% godišnje neto primarne produkcije savane (Gandar 1982). Nadalje, istraživanja su pokazala da ove vrijednosti u manje produktivnim travnjačkim ekosustavima mogu biti i

znatno veće. Npr. u gvicarskim Alpama, uslijed niskih temperatura i kratke vegetacijske sezone rast biljaka je ograničen, a primarna produkcija mala. Istraživanje izvršeno na alpskim travnjacima na 2470 m nadmorske visine (Blumer i Diemer 1996) pokazalo je da su skakavci uklonili čak 19 i 30% nadzemne godišnje primarne produkcije, što je znatno veći postotak nego u afriki koj savani (koja ima znatno veću primarnu produkciju). Od te uklonjene biomase skakavci su ingestirali samo 36% (ostalo je bilo raspršeno uslijed gvojanja), a kako skakavci nisu napuštali svoja staništa, proizlazi da je veći dio dugika poteklog od te uklonjene biljne biomase (biljni ostatci raspršeni u procesu gvojanja, feces, ekskreti i mrtva tijela skakavaca nakon uginuća) ostao u ekosustavu (Blumer i Diemer 1996). Vidljivo je da je doprinos ravnokrilaca kruženju nutrijenata i energije veći u alpskim niskoproduktivnim travnjačkim ekosustavima nego u onima sa većom primarnom produkcijom (afrička savana), što je u suglasnosti s EEH (*exploitation ecosystems hypothesis*) (Oksanen i sur. 1981) hipotezom. Ova hipoteza predviđa da se biomasa herbivora u niskoproduktivnim ekosustavima povećava linearno sa povećanjem neto primarne produkcije, dok u visokoproduktivnim ekosustavima ostaje konstantna, uslijed povećanja stope predatorstva.

Travnjaci su u Europi relativno lje biljne zajednice, koje pokrivaju gotovo ljetvrtinu površine Europske unije EU-15 (EEA 2005). Ako pak govorimo o poluprirodnim, oligotrofnim travnjačkim zajednicama, one u Europi (pa tako i u Hrvatskoj) od 1950-ih godina dramatično nestaju, kao posljedica napuštanja tradicionalnih naćina zemljoradnje i stoćarstva (Strijker 2005; Watt i sur. 2007). Uslijed prelaska na intenzivni uzgoj stoke na farmama, ekstenzivni paćnjaci i koćanice sa samo jednim otkosom godišnje zamijenjeni su poljoprivrednim monokulturama i intenzivno fertiliziranim livadama sa više otkosa tijekom godine, ili su pak zarasli u ćikaru ili ćumu uslijed zapušćanja (Stoate i sur. 2009). Malobrojni preostali europski poluprirodni travnjaci odlikuju se velikim bogatstvom flore i faune (Bakker i Berendse 1999; Steffan-Dewenter i Tscharncke 2002), koje je u stalnom opadanju uslijed navedenih promjena u uporabi zemlje (Wilson i sur. 1999; Pywell i sur. 2002; Donald i sur. 2006; Ockinger i Smith 2006; Watt i sur. 2007; Marini i sur. 2008). Raznolikost ravnokrilaca, kao tipić njih stanovnika ovih stanićta, takolćer je u opadanju u cijeloj Europi (Ingrisch i Kohler 1998; Reinhardt i sur. 2005; Steck i sur. 2007), s tim da su lokalnim izumiranjem zahvalćene uglavnom rijetke vrste sa uskom ekoloćkom valencijom u pogledu stanićta (*habitat specialists*), dok su one ćiroko rasprostranjene (*habitat generalists*), lćini se, poćtećene (Reinhardt i sur. 2005). Ovaj trend nestajanja rijetkih vrsta Orthoptera, povezan sa intenzifikacijom uporabe zemlje i pojaćavanjem antropogeno-zoogenog utjecaja, utvrćlen je i

u SAD-u (Fielding i Brusven 1993; Fielding i Brusven 1995b; Sovell 2006). Ravnokrilci i travnjački ekosustavi nisu tu nikakva iznimka, naime, upravo promjene u krajobrazu nastale kao posljedica ljudske aktivnosti danas se smatraju glavnom prijetnjom ukupnoj biološkoj raznolikosti u svjetskim razmjerima (Tilman i sur. 2001).

1.2. Zajednice ravnokrilaca, bioindikacija i biomonitoring?

1.2.1. Surogat svojte, bioindikatori i biomonitori

Surogat vrste/svojte (*surrogate species/taxa*) označavaju vrste ili svojte koje mogu poslužiti biolozima kao djelotvorno oruđe za brzi pristup (*shortcut*) monitoringu i rješavanju problema vezanih za zaštitu i očuvanje prirode (Caro i O'Doherty 1999; Lewandowski i sur. 2010). Surogat taksoni obuhvaćaju indikatorske vrste (poznate i pod nazivom *Bioindikator* [Moreno i Sanchez-Rojas 2007]) (*indicator species* i vrste koje se mogu upotrijebiti za procjenu intenziteta antropogenog utjecaja, kretanje populacijskih trendova drugih vrsta i lociranje područja sa visokom lokalnom biološkom raznolikošću), zatim „*umbrella species*“ (vrste koje zbog svoje visoke osjetljivosti i zahtjeva u pogledu staništa mogu poslužiti za izbor stanišnih tipova i definiranje veličine područja namijenjenog zaštiti, tj. vrste čijom zaštitom se istovremeno štiti i veliki broj drugih, koegzistirajućih vrsta), „*flagship species*“ (vrste koje ne moraju biti ekološki značajne nego samo popularne ili karizmatične, s ciljem privlačenja pozornosti, prikupljanja sredstava i prihvaćanja mjera zaštite od strane javnosti, kao npr. veliki panda [*Ailuropoda melanoleuca* David, 1869] ili sibirski tigar [*Panthera tigris altaica* Temminck, 1844]) i *focal species* (termin koji nema jednoznačnu primjenu u literaturi [Bonardi i sur. 2011], a koji je Lambeck [1997] uporabio za označavanje male skupine *Umbrella* vrsta iskorisćenih za definiranje značajki krajolika namijenjenog zaštiti, neophodnih za zadovoljenje potreba živih organizama i omogućavanje adekvatnog gospodarenja tim područjem) (Simberloff 1998; Caro i O'Doherty 1999; Andelman i Fagan 2000; Fleishman i sur. 2000b; Leader-Williams i Dublin 2000; Roberge i Angelstam 2004; Favreau i sur. 2006; Moreno i Sanchez-Rojas 2007). Paradoksalno, ključne vrste (*keystone species* i vrste koje imaju disproporcionalno veliki utjecaj na zajednicu ili ekosustav u odnosu na njihovu abundanciju [Mills i sur. 1993]) ne moraju nužno biti i dobri surogat taksoni, iako mogu biti važne u njihovu izboru (Simberloff 1998). Naime, zaštita

integriteta populacije ključne vrste i jesto samo djelomično jamči i zaštitu integriteta populacija drugih vrsta na tome području (Caro i O'Doherty 1999).

Termin **bioindikator** (*bioindicators*) ili **biološki indikator** (*biological indicators*) označava organizme ili zajednice organizama čija prisutnost ili uočene reakcije vjerodostojno vrednuju situaciju, daju i naznake stanja cijelog ekosustava (Gerhardt 2013). Premda postoji velika povijesna podjela bioindikatora na one koji točno određuju područja visoke biološke raznolikosti (*biodiversity indicators*) i onih koji mjere okolišne promjene (Pearson 1994), značenje termina indikator u ekologiji i znanosti o okolišu ne samo da se razlikuje, nego je još uvijek i dvosmisleno (Heink i Kowarik 2010a).

Prema navodima Enciklopedije ekologije (Karr 2008), ekološki indikator (*ecological indicators*) izvještavaju o stanju ili uvjetima u ekosustavu, a okolišni indikator (*environmental indicators*) izvještavaju o količini (kvantiteti) onečišćivača ili nekoga drugog stresora koji utječe na ekosustav.

S obzirom na njihovu potencijalnu primjenu, McGeoch (1998; 2007) predlaže svrstavanje bioindikatora u tri kategorije: 1) okolišni indikator (*environmental indicators*), 2) ekološki indikator (*ecological indicators*) i 3) indikator biološke raznolikosti (*biodiversity indicators*).

1. **Okolišni indikator** podrazumijevaju one vrste ili skupine vrsta koje odgovaraju predvidljivo na okolišne poremećaje, tj. promjene u okolišnim čimbenicima (abiotičkim i biotičkim) i to na način koji se može lako uočiti i kvantificirati;

2. **ekološki indikator** obuhvaćaju one vrste ili skupine vrsta koje vidljivo odražavaju učinke okolišnih čimbenika na stanište (npr. devastacija ili fragmentacija staništa), zajednicu (npr. nestanak vrhunog predatora) ili ekosustav (npr. mikro/mezo/makroklimatske promjene);

3. **indikator biološke raznolikosti** su taksonomske ili funkcionalne grupe čija raznolikost (npr. heterogenost ili bogatstvo vrsta) u nekoj mjeri odražava raznolikost drugih taksona (*taxa-for-taxa surrogates* [Moreno i Sanchez-Rojas 2007]), viših taksona (*higher taxa surrogates* [Moreno i Sanchez-Rojas 2007]), nižih taksona (*subset taxa surrogates* [Mellin i sur. 2011]) ili ukupnu biološku raznolikost nekoga staništa ili područja (McGeoch 1998; McGeoch 2007).

Biomonitoring (*biomonitoring*) ili **biološki monitoring** (*biological monitoring*) generalno je definiran kao sustavno korištenje živih organizama ili njihovih odgovora za

utvrđivanje ili praćenje stanja ili promjena u okolišu (Cairns 1979; Gerhardt 1999; Oertel i Salanki 2003).

Bioindikacija (*bioindication*) je dekodiranje informacijskoga sadržaja nekoga biološkog sustava, omogućavajući i tako vrednovanje cijeloga područja (Müller 1980).

Međutim, kako je to već postalo uobičajeno u ekologiji, tako i u ovom slučaju nikada nije došlo do usuglašenoga, zajedničkog pristupa međunarodne znanstvene zajednice, tako da danas imamo više različitih shvaćanja i definicija ovih pojmova (Markert 2008). Markert (2008) stoga zaključuje da su i bioindikacija i biomonitoring metode praćenja utjecaja vanjskih čimbenika na ekosustave, kao i praćenje razvoja ovih utjecaja tijekom vremena ili praćenje njihovoga razlikovanja između pojedinih lokacija. Ovaj autor, međutim, pravi jasnu razliku između termina *bioindikator* i *biomonitor*. Prema Markert i sur. (1997; 1999; 2003), **bioindikator** (*bioindicator*) je organizam, dio organizma ili zajednica organizama koja sadrži kvalitativne informacije o okolišu ili nekom njegovu dijelu; **biomonitor** (*biomonitor*) je pak organizam, dio organizma ili zajednica organizama koja sadrži informacije o kvantitativnim aspektima kvalitete okoliša. Dakle, biomonitor je uvijek istovremeno i bioindikator, dok bioindikator ne mora nužno biti i biomonitor (Markert 2008).

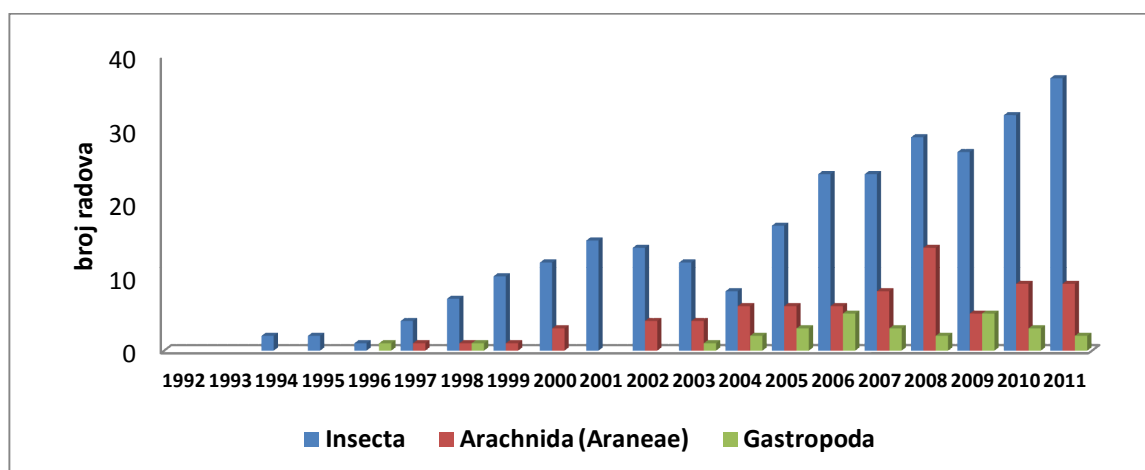
U svakom slučaju i bioindikacija i biomonitoring moraju osigurati informacije o razmjerima onečišćenja ili degradacije (eko)sustava (Markert 2008).

Još prije gotovo 30 godina Rosenberg i sur. (1986) ustvrdili su da korištenje beskraljevnjaka u svrhu biomonitoringa i procjene stanja terestričkih ekosustava vidljivo zaostaje u odnosu na njihovu uporabu u akvatikim ekosustavima. Ovaj olakšavajući nesrazmjer prisutan je i danas, a vjerojatno je posljedica nepostojanja nekih posebnih propisa i regulativa vrednovanja kvalitete terestričkih ekosustava te posljednjom i odsustva potrebe za njihovom provjerom i pridržavanjem (Andersen i sur. 2002; Hodkinson i Jackson 2005).

1.2.2. Kukci kao bioindikator

Iako je očuvanje biološke raznolikosti glavni cilj zaštite prirode, mjerenje ukupne biološke raznolikosti nekoga lokaliteta ili regije na žalost nije moguće; upravo zato uobičajeno je koristiti surogat svojte (*surrogate taxa*) koje u nekoj mjeri odražavaju biološku raznolikost određenoga područja i koje stoga predstavljaju indikatore biološke raznolikosti (*biodiversity indicators*) toga područja (Heink i Kowarik 2010b; Lewandowski i sur. 2010).

Najčešće korištene svoje kao surrogati za procjenu biološke raznolikosti, utjecaja gospodarenja zemljom i učinkovitosti zaštite prirode su beskralježnjaci (35% radova), biljke (30% radova) i kralježnjaci (23% radova) (Moreno i Sanchez-Rojas 2007). Kukci su daleko najeksploatiranija skupina beskralježnjaka, ne samo u općem bioindikacijskom smislu, nego i u procjeni biološke raznolikosti (*biodiversity indicators*) u zadnjih 20-ak godina (Slika 2).

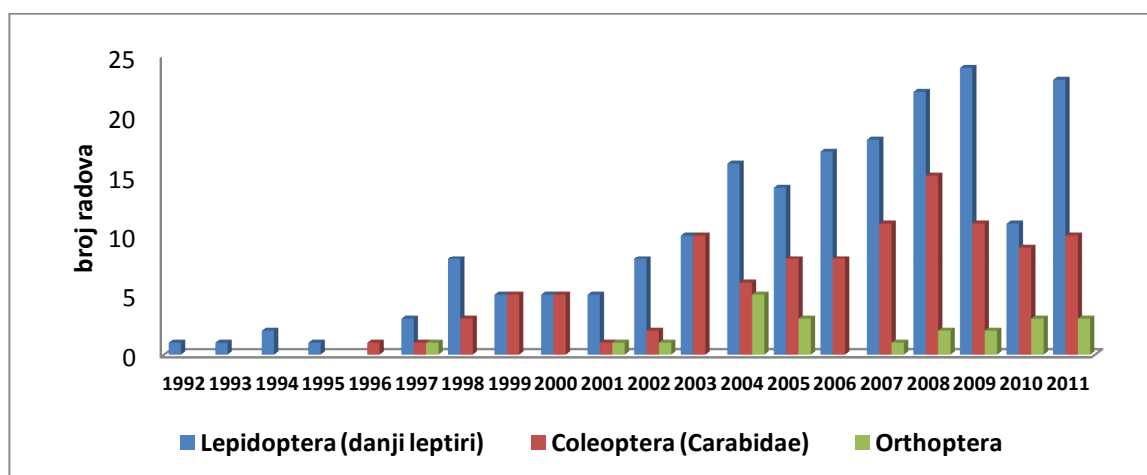


Slika 2. Broj radova objavljenih u svijetu o pripadnicima triju razreda beskralježnjaka (kukci, paučnjaci [samo red pauka] i puževi) kao indikatorima biološke raznolikosti, u razdoblju od 1992. – 2011. godine. Preuzeto iz: Bonardi i sur. (2011). (Primjedba autora: nedosljednosti kod usporedbe Slika 2 i 3 posljedica su propusta njihovih izvornih autora.)

Naime, kukci imaju više od 50% terestrijskog bogatstva vrsta (van Swaay i Warren 2012), zauzimaju veliki broj ekoloških niša i mikrostanjiga (Niemela i sur. 1996), imaju važnu ulogu u funkcioniranju ekosustava (McGeoch 2007), stopa rasta i generacijsko vrijeme populacija kreću se između vrijednosti specifičnih za mikroorganizme s jedne strane i onih specifičnih za više biljke i kralježnjake s druge strane (Hogkinson i Jackson 2005), odgovaraju na promjene u okolišu puno brže nego kralježnjaci (Kremen i sur. 1993), imaju učinkovite mehanizme aktivnog i pasivnog širenja koji im omogućavaju brzo rasprostranjivanje i rekolonizaciju ekološki promijenjenih staništa (Hodkinson i sur. 2002), a zadovoljavaju i mnoge druge ključne kriterije što ih čini pogodnim bioindikatorima u mnogim slučajevima (McGeoch 1998).

Leptiri su najistraživanija skupina kukaca u kontekstu njihove uporabe kao indikatora biološke raznolikosti (Slika 3), a uključujući i njihovo korištenje za procjenu utjecaja gospodarenja zemljom, indicaciju stanja u okolišu te mjerenje učinkovitosti različitih metoda zaštite prirode, red Lepidoptera je i najčešće korištena surrogat svojta (*surrogate taxa*) uopće, ispred ptica i drvenastih biljaka (Moreno i Sanchez-Rojas 2007). Glavni je razlog tome

činjenica da na žalost jedino leptiri, od svih kukaca, trenutno mogu zadovoljiti i visoke subjektivne kriterije svrstavanja u tzv. *flagship species*, a dobro je poznato da je upravo volonterski angažman ključni čimbenik uspjeha u monitoringu danjih leptira (van Swaay i Warren 2012). Promotivne aktivnosti, u cilju promjene ovakve slike životinja razreda Insecta u očima javnosti, stoga su nužne.



Slika 3. Broj radova objavljenih u svijetu o pripadnicima triju redova razreda kukaca (leptiri [samo danji leptiri], kornjaši [samo porodica trčaka] i ravnokrilci) kao indikatorima biološke raznolikosti, u razdoblju od 1992. – 2011. godine. Preuzeto iz: Bonardi i sur. (2011).

Debate oko pitanja koji taksoni su najpogodniji za uključivanje u programe biomonitoringa već poprimaju antropološke razmjere i usko su povezane sa pitanjem koji taksoni su najbolji indikatori ekoloških poremećaja ili čine biološke raznolikosti nekoga područja (Kremen i sur. 1993; McGeoch 1998; McGeoch i sur. 2011). McGeoch (1998) predlaže više od 32 kriterija koji bi trebali poslužiti kao odrednice prilikom izbora i određivanja pogodnosti nekoga taksona za bioindikaciju i monitoring. Jedan slikoviti primjer odabira svojiti izražen od iste autorice (McGeoch i sur. 2011) za potrebe monitoringa u zaštićenim područjima Južne Afrike prikazuje Tablica 1.

Iz ovoga prikaza vidljivo je da upravo opći kriteriji, tj. poznavanje pojedine svojte, postojanje literature, kvantitativnih podataka i odgovarajućih stručnjaka, mogućnosti suradnje sa drugim institucijama itd., donose najveći broj bodova (3 boda) i zapravo su odlučujući u kontekstu vrednovanja i naposljetku samoga izbora nekoga taksona za biomonitoring. Iako su ravnokrilci ovdje zauzeli posljednje mjesto, dobro je poznato da su oni iznimno vjerodostojni indikatori promjena nastalih uslijed ljudskog gospodarenja zemljom (*ecological indicators*) (Fielding i Brusven 1993; Fielding i Brusven 1995b; Armstrong i van Hensbergen 1997; Baldi i Kisbenedek 1997; Samways i Sergeev 1997; Andersen i sur. 2001;

Tablica 1. Procjena pogodnosti taksonomskih grupa za uporabu u biomonitoringu u zaštićenim područjima Južne Afrike, na temelju bodovanja 16 kriterija za svaku svojtu posebno. Svaki kriterij je bodovan na sljedeći način: ne = 0; da = 1; u nekim slučajevima = 0,5; nacionalni ili biotski = 1; visoko = 3; srednje – visoko = 2,5; srednje = 2; nisko – srednje = 1,5; nisko = 1. Preuzeto iz: McGeoch i sur. (2011).

kriteriji pogodnosti za biomonitoring	Odonata	Hymenoptera (Formicidae)	Lepidoptera (danji leptiri)	Coleoptera (Scarabaeidae)	Araneae	Isopoda	Orthoptera
kriteriji značajni za postizanje određenoga cilja							
1. svojta obuhvaća vrste od posebnog konzervacijskog značenja	da	ne	da	da	da	ne	ne
2. zajednice svojte koriste se za praćenje biološke raznolikosti	da	da	da	da	da	ne	ne
3. svojta ima važnu ulogu u ekosustavu	ne*	da	da	da	ne*	da	ne*
4. ugroženost	da	da	da	u nekim slučajevima	u nekim slučajevima	ne	ne
opći kriteriji							
1. razmjeri važnosti svojte	nacionalni	nacionalni	nacionalni	biotski	nacionalni	biotski	biotski
2. postojanje Crvenih popisa za svojtu (po kriterijima IUCN)	da	ne	da	ne	ne	ne	ne
3. poznavanje sistematike svojte	visoko	srednje	visoko	visoko	srednje	visoko	srednje
4. broj i dostupnost nacionalnih i inozemnih stručnjaka za dotičnu svojtu	visoko	visoko	visoko	visoko	srednje – visoko	nisko	nisko
5. mogućnosti suradnje sa drugim institucijama u Južnoj Africi	visoko	visoko	visoko	visoko	srednje	nisko	nisko
6. prisutnost metodologije uzorkovanja i monitoringa svojte u literaturi	visoko	visoko	visoko	visoko	nisko	nisko	nisko
7. praktičnost uzorkovanja i obrade uzoraka	visoko	srednje	srednje	srednje	srednje	nisko	srednje
8. dostupnost podataka o svojti za zaštićena područja Južne Afrike	srednje – visoko	srednje – visoko	srednje – visoko	srednje	srednje	nisko	nisko
9. globalno korištenje svojte u monitoringu	srednje	visoko	visoko	visoko	srednje	nisko	nisko – srednje
10. brojnost trofičkih razina u svojti	1 bod	2 boda	1 bod	1 bod	1 bod	2 boda	1 bod
11. postojanje objavljenih ključeva za determinaciju	visoko	visoko	visoko	srednje	srednje	srednje	nisko
12. postojanje relevantnih objavljenih radova za Južnu Afriku	visoko	visoko	srednje	visoko	srednje	nisko	nisko
konačni poredak taksona i broj sakupljenih bodova	1. (31)	2. (30,5)	2. (30,5)	3. (29,5)	4. (22)	5. (16)	6. (12,5)

* svojte koje imaju važnu predatorsku ili biljojednu ulogu, ali su manje izravno povezane sa funkcioniranjem ekosustava

Fartmann i sur. 2012) ukoliko su prevladane taksonomske i determinacijske zapreke (Samways i Clark 1997). Radi isticanja njihove važnosti, ovaj tip bioloških indikatora mogli bismo slikovito nazvati i *Āndikatorima pritiska na biološku raznolikostĀ* (*Āndicators of pressure on biodiversity*) (Butchart i sur. 2010). Upravo stoga je nuĀno poticati istraĀivanja i prikupljanje podataka o ovoj svojti kukaca, kako bi se mogla intenzivnije ukljuĀiti u programe biomonitoringa.

Āto se tiĀe pitanja oko izbora indikatora bioloĀke raznolikosti (*biodiversity indicators*) za potrebe monitoringa, naĀini njihove selekcije takoĀer se mogu jako razlikovati u razliĀitim segmentima njihove primjene (McGeoch 1998; Failing i Gregory 2003; Heink i Kowarik 2010a). BuduĀi da svaka svojta kao oruĀe monitoringa ima svoje prednosti i nedostatke, koji razliĀito dolaze do izraĀaja u razliĀitim okolnostima, razumljivo je da se i njena podobnost za bioindikaciju i monitoring mora vrednovati u posebnom kontekstu datih uvjeta (Samways 1993). BuduĀi da razliĀite svojte odgovaraju razliĀito na stresore koji su uvijek u nekoj mjeri prisutni u okoliĀu, jasno je da niti jedna od njih ne moĀe biti idealni pokazatelj bioloĀke raznolikosti u svim okolnostima i uvjetima koji se mogu javiti na nekom staniĀtu (Jones i sur.

2009). Također, kako postoje ekstremno velike geografske varijacije u bogatstvu vrsta pojedinih svojti, niti jedna od njih ne može se generalno uzeti kao najbolji univerzalni surogat takson za procjenu ukupne biološke raznolikosti u širim biogeografskim razmjerima (Billeter i sur. 2008). Tako npr. u poljoprivrednom području istočne Austrije od 8 terestričkih svojti upotrijebljenih za utvrđivanje njihovoga potencijala kao indikatora biološke raznolikosti, upravo ravnokrilci su zauzeli visoko 3. mjesto (iza vaskularnih biljaka i ptica), dok su iza ravnokrilaca slijedili mravi (Formicidae), mahovine (Bryophyta), pučevi (Gastropoda), pauzi (Araneae) i trčci (Carabidae) (Sauberer i sur. 2004). Razumljivo je da u tim okolnostima ne bi bilo adekvatno upotrijebiti trčke kao relevantne pokazatelje ukupne biološke raznolikosti toga područja, bez obzira na postojanje brojne literature i dostupnih stručnjaka te dobro poznate i općenito visoke bioindikacijske kvalitete ove porodice kornjača (Kromp 1990; Niemela i sur. 1993; Clark i Samways 1997; Rainio i Niemela 2003; Nitzu i sur. 2008; Lepping 2009; Rainio 2009; Regulska 2011).

Ipak štoviše, rezultati brojnih studija i radova pokazali su i da generalizacija vjerodostojnosti pojedine svojte, ne samo kao surogata ukupne biološke raznolikosti na razini regije ili ekosustava, nego i kao surogata za procjenu biološke raznolikosti samo jedne, taksonomski vrlo bliske druge svojte na lokalnoj razini, traži visoke doze opreza (Bonardi i sur. 2011). Tako npr. Špravi leptiriš (nadporodica Papilionoidea), kao dobro poznata i u bioindikacijskom smislu izvrsna i opće prihvaćena surogat svojta, pokazali su se vrlo lošim pokazateljima biološke raznolikosti taksonomski usko srodne i ekološki vrlo slične, ali slabo poznate skupine Šmoljacaš (*moths* i red Lepidoptera bez nadporodice Papilionoidea) na svih 19 istraživanih lokaliteta predplaninskoga područja u Koloradu (Ricketts i sur. 2002). S druge strane, istraživanje napravljeno u sjevernoj Grčkoj pokazalo je ravnokrilce kao loše indikatore zajedničke biološke raznolikosti ostalih 5 taksona uključenih u istraživanje (drvenaste biljke, orhideje, akvatika herpetofauna, terestrička herpetofauna i ptice), ali i kao najbolju surogat svojtu među istraživanim taksonima za procjenu biološke raznolikosti terestričke herpetofaune (Kati i sur. 2004).

Ipak, danji leptiri su najučestalije korištena skupina organizama kao surogat svojta (*surrogate taxa*) prilikom vrednovanja i zaštićene terestričkih staništa (Moreno i Sanchez-Rojas 2007), najzastupljenija su skupina kukaca u procjenama biološke raznolikosti (Bonardi i sur. 2011) te istovremeno i najčešći i objekti zaštite među beskraljevcima (New 1997). Ovakva popularnost, učestalost i širina njihove primjene u monitoringu posljedica su velikoga broja postojećih kvantitativnih podataka o ograničenom broju njihovih vrsta za mnoge ekosustave

(Dennis 1993; Thomas i sur. 2001; Ulrich i Buszko 2003; Ulrich i Buszko 2004), zatim njihovoga *Flagship* statusa i visokih *Umbrella* kvaliteta (Launer i Murphy 1994; New 1997; Fleishman i sur. 2000b; Thomas 2005), mogućnosti korištenja kao *focal species* (Fleishman i sur. 2000a; Devries i Walla 2001) te stabilne taksonomije, dostupnosti velikoga broja determinacijskih ključeva i jednostavne determinacije (Caro i O'Doherty 1999). Danji leptiri su vjerojatno i jedina skupina kukaca koja zadovoljava većinu ovih kriterija diljem svijeta (Ricketts i sur. 2002). Razvijenost i brojnost metoda korištenja predstavnika reda Lepidoptera (kao ekoloških indikatora ili indikatora biološke raznolikosti) za vrednovanje kvalitete staništa, antropogenog utjecaja, krajobrazne, taksonske ili ukupne biološke raznolikosti (Kremen 1992; Beccaloni 1995; Lund i Rahbek 2002; Collinge i sur. 2003; Giuliano i sur. 2004; Fleishman i sur. 2005; Maes i van Dyck 2005; Thomas 2005; Öckinger i Smith 2006; White i Kerr 2007), utjecaja urbanizacije (Blair 1999; Knapp i sur. 2008) te klimatskih promjena (Stefanescu i sur. 2003; Vickery 2008), kao i mogućnosti njihovoga nedestruktivnog monitoringa (Collier i sur. 2008), svakako opravdavaju financijska sredstva koja odlaze u taj sektor zaštite prirode (New 1997). Zbog provedene standardizacije njihovoga nedestruktivnog monitoringa, prihvaćene u najmanje 19 europskih zemalja (van Swaay i Warren 2012), leptiri su zapravo jedina skupina beskralježnjaka pomoću koje je moguće pratiti kretanje i razmjere opadanja abundancije i rasprostranjenosti terestričkih kukaca, ne samo u Europi, nego i diljem svijeta (de Heer i sur. 2005; Thomas 2005).

1.2.3. Ravnokrilci kao ekološki indikatori i biomonitori

Biološka raznolikost ravnokrilaca rezultat je evolucije travnjačkih ekosustava i predstavlja jedan od njihovih esencijalnih elemenata (Guo i sur. 2006). Također, zajednice Orthoptera su visoko osjetljive na promjene u okolišu, posebice one koje utječu na fizičku strukturu (*structure* ili *architecture*) vegetacijskog pokrova (Quinn i Walgenbach 1990; Van Wingerden i sur. 1992; Braschler i sur. 2009; Fartmann i sur. 2012), ali i one koje utječu na njegov floristički sastav (Kemp i sur. 1990; Gardiner i sur. 2002). Stoga upravo ove promjene u vegetacijskom pokrovu najviše utječu na zajednice ravnokrilaca, mijenjajući im ekološku strukturu (sastav i abundanciju vrsta) te raznolikost (heterogenost i bogatstvo) vrsta. Ovo se javlja kao posljedica različitih afiniteta pojedinih vrsta Orthoptera prema određenim tipovima mikrostaništa, tj. je zastupljenost u nekom staništu određena ponajprije strukturom (arhitekturom) travnjačkoga pokrova te njegovim florističkim sastavom (Quinn i Walgenbach

1990; Fielding i Brusven 1995a; Fielding i Brusven 1995b). Dobro je poznato da antropogeno-zoogena aktivnost, npr. košnja i ispaša, bitno utječe na ove vegetacijske varijable (Prendini i sur. 1996; Gardiner i Haines 2008; Marini i sur. 2008; Braschler i sur. 2009), a time i na raznolikost, abundanciju i sastav zajednica ravnokrilaca, koje se stoga mogu smatrati *Ā*ndeksima zdravlja travnjaĉkih ekosustava (Guo i sur. 2006). Iz svega navedenog proizlazi i da zajednice Orthoptera mogu posluĉiti kao izvrsni pokazatelji (bioindikatori) u procjeni kvalitete staništa (Bazelet i Samways 2011) te procjeni promjena ili poremećaja u ekosustavu, povezanih sa ĉovjekovom uporabom zemlje (Baldi i Kisbenedek 1997; Andersen i sur. 2001; Fartmann i sur. 2012).

Takoĉer, ravnokrilci zadovoljavaju i neke ključne kriterije koji se ĉesto navode (Noss 1990; Pearson 1994; McGeoch 1998; Andersen 1999; Hodkinson i Jackson 2005; Moreno i Sanchez-Rojas 2007; Gerhardt 2013) prilikom utvrĉivanja pogodnosti nekoga taksona kao potencijalnoga bioindikatora: 1) imaju ĉiroku, kozmopolitsku distribuciju, koja potencijalno omogućuje rad i usporedbe rezultata u meĉunarodnim i interkontinentalnim razmjerima; 2) imaju visoku abundanciju i ĉiroku rasprostranjenost u svim travnjaĉkim ekosustavima i ĉine veliki dio njihove biološke raznolikosti; 3) imaju jasan i vaĉan poloĉaj u trofiĉkom sustavu (primarni potroĉaĉi) kao i jasne prehrambene strategije; 4) imaju konstantnu metaboliĉku stopu i srednje dugaĉko generacijsko vrijeme; 5) imaju jasnu poziciju i veliko funkcionalno znaenje u (travnjaĉkim) ekosustavima (*Ā*generatoriĉ kruženja tvari i energije); 6) visoko su osjetljivi, tj. raznolikost, abundancija i sastav njihovih zajednica jako variraju s obzirom na ekološke promjene u staništu; 7) promjene u raznolikosti, abundanciji i sastavu njihovih zajednica kao posljedice ekoloĉkih promjena u okolišu, mogu se relativno lako pratiti i vjerodostojno interpretirati; 8) njihova bioindikacijska osjetljivost se ne smanjuje sa povećanjem intenziteta stresora koji indiciraju; 9) imaju stabilnu taksonomiju, relativno lako se sakupljaju i determiniraju, a cijeli postupak financijski je vrlo jeftin; 10) mogu imati veliko znaenje u poljoprivredi, stoĉarstvu i odreĉivanju naĉina gospodarenja zemljom.

Meĉutim, unatoĉ ovim pogodnostima, ravnokrilci su ĉesto ignorirani u biomonitoringu i procjeni ekoloĉkog statusa staništa. Ovo je uglavnom izravna posljedica postojanja znatno manjega broja raspoloĉivih kvantitativnih podataka o ovoj skupini kukaca u odnosu na neke druge, *Ā*popularnije svoje (Slika 3; Tablica 1).

Odgovor zajednica ravnokrilaca na promjene povezane sa ĉovjekovom uporabom zemlje i povećanjem antropogeno-zoogenog utjecaja nije samo jednostavni i izravni odgovor na djelovanje stresora, tj. ĉovjekove aktivnosti u okolišu. Ovaj odgovor puno je sloĉeniji i

javlja se uslijed promjene fizičke strukture i florističkog sastava staništa (Quinn i Walgenbach 1990; Fielding i Brusven 1993; Fielding i Brusven 1995b; Joern 2005; Braschler i sur. 2009) te njegovih mikroklimatskih promjena (Van Wingerden i sur. 1992; Willott i Hassall 1998; Gardiner i Hassall 2009), nastalih kao posljedica promijene učestalosti ili intenziteta djelovanja stresora, npr. košnje i ispaše. Na temelju toga, vidljivo je da sastav, struktura i raznolikost zajednica ravnokrilaca predstavljaju odraz dugovjekova utjecaja na stanište i ekosustav, te se ravnokrilci jasno mogu svrstati u kategoriju ekoloških indikatora (*ecological indicators*) prema podjeli koju je izvela McGeoch (1998; 2007). Ova terminologija već je vidljiva u novijim radovima, npr. Fartmann i sur. (2012).

Isto tako, ravnokrilci su se pokazali i kvalitetnim okolišnim indikatorima (*environmental indicators*) u vrednovanju genotoksičnosti okolišnih polutanata i detekciji teških metala u okolišu (Devkota i Schmidt 2000; Warchalowska-Sliwa i sur. 2005; Yousef i sur. 2010).

Također, iako postoje naznake da bi ravnokrilci mogli biti i dobri indikatori biološke raznolikosti (*biodiversity indicators*) (Kati i sur. 2004; Sauberer i sur. 2004; Cizek i sur. 2011), ovo svakako traži dodatna istraživanja, fokusirana strogo na travnjačke ekosustave.

Nadalje, prema ranije izloženim definicijama što ih je dao Markert i sur. (1997; 1999; 2003), proizlazi da su zajednice ravnokrilaca ne samo bioindikatori, nego i biomonitori (*biomonitors*) ekoloških promjena u okolišu, budući da svojim sastavom, strukturom i raznolikošću vrsta izvještavaju o kvantitativnim aspektima kvalitete okoliša, tj. intenzitetu antropogeno-zoogenog utjecaja (košnje i ispaše). Stoga bi ih bilo ispravno tako i nazivati, premda je to doista rijedak slučaj u literaturi (npr. Yousef i sur. [2010] koristi termin *biomonitors* u kontekstu uporabe ravnokrilca *Schistocerca gregaria* [Forskål, 1775] kao potencijalnoga okolišnog indikatora u kvantitativnoj detekciji kadmija i olova te procjeni njihove genotoksičnosti).

Temeljno pitanje, koje je odredilo i postavljanje primarnoga cilja ovog istraživanja glasi: kako utječe dugovjekovo gospodarenje košanicama i pašnjacima Medvednice na zajednice ravnokrilaca i pokazuju li one neki dosljedan i kvantitativno mjerljiv odgovor? Poznato je da različite zajednice ravnokrilaca na iste ekološke poremećaje pokazuju različite odgovore (Fielding i Brusven 1995a; O'Neill i sur. 2010), koji također ovise o geografskim i klimatskim značajkama pojedinih regija (Joern 2004; Batary i sur. 2007; Branson i Sword 2010; O'Neill i sur. 2010), vegetacijskom pokrovu (Fielding i Brusven 1995a) i intenzitetu poremećaja (Gebeyehu i Samways 2002; Gardiner i Haines 2008; Marini et al 2008). Općenito, East i

Pottinger (1983) su ustvrdili da fitofagni kukci u travnjačkim zajednicama mogu pokazati tri glavna tipa odgovora s obzirom na intenzitet ispaše: 1) gustoća populacije se smanjuje s povećanjem intenziteta ispaše; 2) gustoća populacije postigne maksimalnu vrijednost pri umjerenom intenzitetu ispaše, a s daljnjim njegovim povećanjem opada; 3) gustoća populacije se povećava s povećanjem intenziteta ispaše. Kako su zajednice Orthoptera na Medvednici sastavljene od populacija više različitih vrsta, svaka od njih teoretski može pokazati bilo koji od tri navedena tipa odgovora, što će u konačnici rezultirati promjenama u abundanciji, raznolikosti vrsta i sastavu zajednica Orthoptera.

1.3. Odnos između ravnokrilaca i strunaša (Nematomorpha)

Premda strunaši (Nematomorpha) čine jedno od samo tri koljena carstva Animalia koja su specijalizirana isključivo za parazitski način života (obligatni paraziti) (Hanelt i sur. 2005), ovoj zagonetnoj taksonomskoj skupini posvećeno je relativno malo znanstvene pozornosti. Koljeno Nematomorpha obuhvaća dva reda: Nectonematoidea i Gordioidea (ITIS 2006), s tim da u prvome dolaze isključivo morske, a u drugom slatkovodne vrste (Poinar 2008). Do danas je opisano samo 5 morskih vrsta (ITIS 2006) te cca. 351 slatkovodna (Zhang 2011), iako su procjene o broju slatkovodnih vrsta daleko veće, tj. kreću se oko 2000 (Poinar 2008). U svakom slučaju, tradicionalni taksonomski pristupi ovom kozmopolitskom koljenu dosta su otežani, uglavnom zbog odsustva specifičnih morfoloških karaktera te velikih intraspecijskih varijacija (Hanelt i sur. 2005).

Odrasle jedinke su akvatilski, slobodnoživući i organizmi odvojena spola (Thomas i sur. 2002). Ličinke morskih vrsta parazitiraju u rakovima (Hanelt i sur. 2005), a ličinke slatkovodnih vrsta u terestričkim (ali i slatkovodnim) lankonožcima, većinom kukcima (Thomas i sur. 2002; Poinar 2008).

Strunaši perzistiraju u okolišu u stadiju predparazitskih ličinki, tzv. Ācistañ (*cysts*), koje mogu zadržati infektivnost do godine dana i koje se često ubrajaju među najzastupljenije predstavnike podcarstva Metazoa u nekim akvatilskim ekosustavima (Hanelt i sur. 2005). U ovom stadiju (bez ikakva daljnjega razvoja) često dospijevaju u različite parateničke domadare (beskralježnjaci i kralježnjaci) (Hanelt i Janovy 1999; Poinar 2008) koji su vektori infekcije. Razvoj parazitske ličinke kreće u tjelesnoj šupljini (*haemocoel*) njezinoga konačnog domadara (obično terestričkog lankonožca), koji ju ingestira izravno iz okoliša ili posredno,

konzumacijom njenoga parateničkog domadara (Hanelt i Janovy 1999; Schmidt-Rhaesa 2001). Međutim, unatoč eksperimentiranju i opažanju izvršenom na mnogim vrstama Nematomorpha u zadnjih 150 godina, još uvijek nisu uvjerljivo objašnjeni načini na koje akvatilke pred parazitske ličinke dospijevaju u svoje konačne terestričke domadare, najčešće kukce pripadnike redova Dictyoptera (goharači), Orthoptera (ravnokrilci) i Coleoptera (kornjači) (Hanelt i Janovy 1999; Hanelt i sur. 2005).

U hemocelu svoga konačnog domadara mikroskopska parazitska ličinka brzo raste i već za nekoliko tjedana zauzima njegovu gotovo cijelu tjelesnu šupljinu (osim glave i ekstremiteta) (Thomas i sur. 2002). Budući da je njezin domadar obično neki terestrički kukac, za ličinku u završnom stadiju razvoja pravi je izazov obaviti svoj posljednji prijelaz i dospjeti izravno u vodu (Biron i sur. 2005).

Terenski i laboratorijski eksperimenti izvršeni u Francuskoj (Thomas i sur. 2002) sa velikim brojem jedinki 9 vrsta ravnokrilaca podreda Ensifera inficiranih ličinkama strunača *Paragordius tricuspidatus* (Dufour, 1828) i *Spinochordodes tellinii* (Camerano, 1888), jasno su pokazala da zrele ličinke ovih dvaju vrsta strunača manipuliraju ponašanjem svojih konačnih domadara. Rezultirajuće aberantno ponašanje inficiranih ravnokrilaca dovodi ih prije ili kasnije u blizinu vode, nakon čega oni jednostavno ulaze ili skaču u nju, omogućavajući strunaču napuštanje umirućeg tijela svoga domadara i kretanje u potragu za spolnim partnerom (Thomas i sur. 2002). Ovakvo suicidalno ponašanje nije utvrđeno kod neinficiranih jedinki ravnokrilaca (Thomas i sur. 2002).

Istraživanja provedena na ravnokrilcu *Meconema thalassinum* (De Geer, 1773) inficiranom ličinkom strunača *S. tellinii* ukazuju da zrela ličinka mijenja normalno funkcioniranje ravnokrilčeva središnjeg živčanog sustava (CNS) na molekulskoj razini i tako dovodi do ove modifikacije njegovoga ponašanja (Biron i sur. 2005).

1.4. Cilj rada

Primarni cilj ovoga rada jest utvrditi potencijalnu iskoristivost zajednica Orthoptera Medvednice kao bioindikatora ekoloških promjena povezanih sa ušestalom košnjom i ispašom. Temeljna hipoteza, koja je poznata i iz biocenologije akvatilskih ekosustava, kaže da oštećeni (u akvatilskim ekosustavima: nezagađeni) okoliš sadrži zajednice bogate vrstama, a ekološke promjene, tj. poremećaji (u akvatilskim ekosustavima: onečišćenje) dovode do

smanjenja broja vrsta i proliferacije nekolicine preostalih. Ovo se očituje kao smanjenje ukupne biološke raznolikosti. Karakteristična značajka ovakvoga smanjenja bioraznolikosti nekoga staništa ili područja, uslijed ljudske aktivnosti, jest opadanje brojnosti i nestanak mnogih vrsta uz istovremeno povećanje abundancije nekoliko oportunističkih vrsta (McKinney i Lockwood 1999; UNEP 2003a; UNEP 2003b). Ova pojava poznata je pod nazivom biotička homogenizacija (*biotic homogenization*) (McKinney i Lockwood 1999; Olden i Rooney 2006; Smart i sur. 2006). Očekivanje je da će i zajednice ravnokrilaca na Medvednici pokazati ovaj odgovor na antropogeno-zoogeni pritisak (iako za to nema nikakvoga jamstva), te da će se na temelju kvantitativnih (abundancija jedinki) i kvalitativnih (bogatstvo i heterogenost vrsta) značajki toga odgovora moći vrednovati i bioindikatorski potencijal zajednica ravnokrilaca Medvednice u procjeni ljudskoga utjecaja na okoliš.

Nadalje, još jedan, ne manje važan cilj ovoga istraživanja jest utvrditi što veći broj vrsta ravnokrilaca prisutnih na Medvednici (Slika 4 i 5), izvršiti analizu sastava njihove faune i strukture zajednica te tako doprinijeti spoznavanju i očuvanju biološke raznolikosti ovoga parka prirode.



Slika 4. *Tettigonia viridissima* Linné, 1758.



Slika 5. *Decticus verrucivorus* (Linné, 1758).

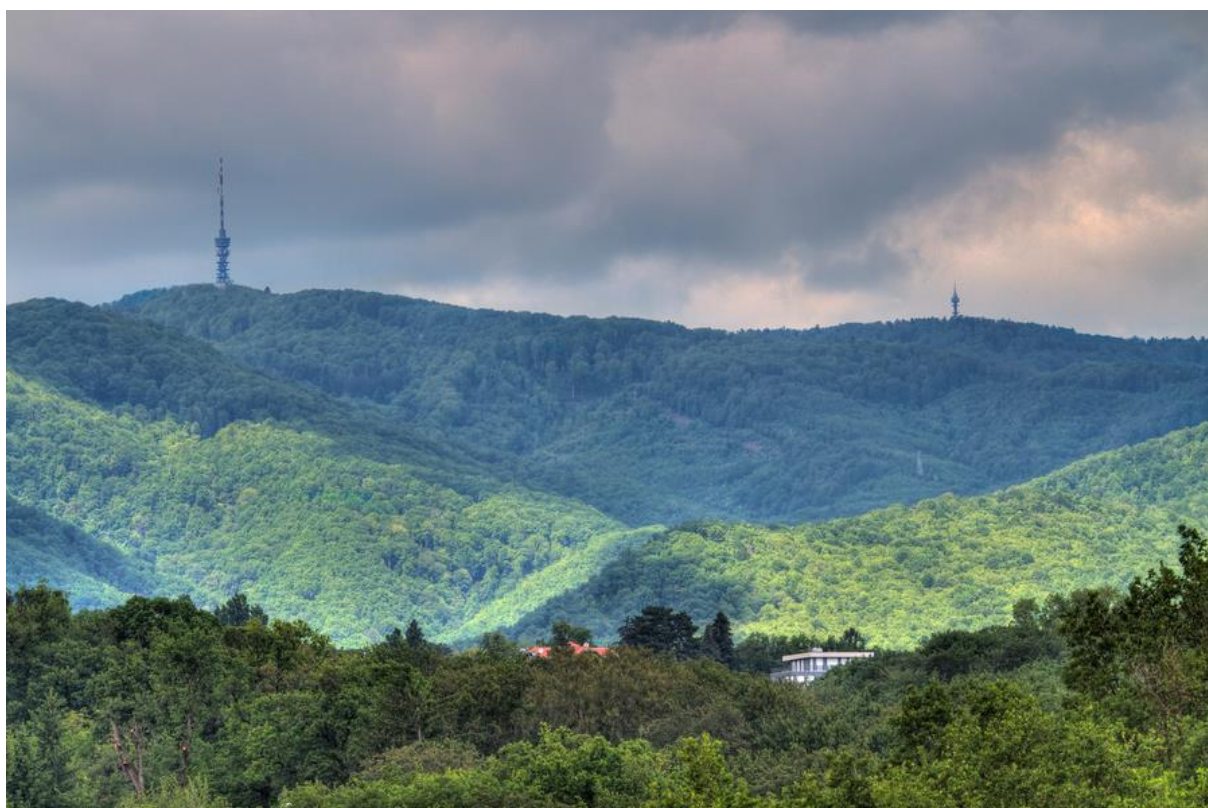
I naposljetku, kao pridodani cilj koji nije bio prvotno planiran ali se nametnuo tijekom samoga istraživanja, jest i utvrđivanje brojnosti i udjela jedinki pojedinih vrsta ravnokrilaca inficiranih makroskopski vidljivim endoparazitskim ličinkama Nematomorpha (strunađi).

2. Materijal i metode

2.1. Područje istraživanja

2.1.1. Geologija, klima i vegetacijski pokrov Medvednice

Medvednica, poznata i pod nazivom Zagrebačka gora (Slika 6), planinski je masiv smješten u neposrednoj blizini sjevernoga dijela grada Zagreba (Slika 7), između $15^{\circ} 50'$ i $16^{\circ} 20' E$ te $45^{\circ} 48'$ i $46^{\circ} 30' N$. Bilo Medvednice dugo je 42 km i proteže se u smjeru sjeveroistok i jugozapad, a njena najveća širina iznosi oko 30 km. Najviši vrh je Sljeme (1033 m), poznato skijaškim stazama i uređenim i dobro opremljenim turističkim objektima, gdje se svake godine održava FIS (International Ski Federation) skijaška utrka Ašnječna kraljica. Zbog iznimnih prirodnih ljepota i blizine glavnoga grada, Medvednica je postala omiljeno izletno stanište stanovnika Zagreba. Srednjovjekovni gradovi Medvedgrad i Susedgrad te rudnik Zrinski iz 16. i 17. st., dvorci Gornja Bistra i Golubovec, dio su baštine ovoga parka prirode.



Slika 6. Pogled na Medvednicu. Foto: Vjeran Pavić (2012).



Slika 7. Karta Medvednice. Preuzeto sa: <https://maps.google.hr/maps?q=medvednica&ie>.

Medvednica je prvi puta zaštićena 1961. godine kada je na njoj proglašeno 8 posebnih rezervata gumske vegetacije, koji i danas obuhvaćaju najljepše i najodlučnije dijelove guma. Parkom prirode proglašena je 1983. god., a njegove današnje granice i površina od 17 938 ha određeni su 2009. god. na temelju Zakona o izmjenama Zakona o proglašenju Medvednice Parkom prirode. Parkom upravlja Javna ustanova Park prirode Medvednica. Izvan gorskoga kompleksa posebno su zaštićena i tri pojedinačna stabla (dvije stare tise [*Taxus baccata* L.] i tzv. Gupčeva lipa [*Tilia platyphyllos* Scop.]) kao spomenici prirode, a špilja Veternica također je zaštićena kao geomorfološki spomenik prirode. Unutar parka nalaze se i dva značajna krajobraza (Goranec i Lipa i Rog), a u većinom kultiviranom okruženju cjelovitoga gorskog kompleksa zaštićena su i dva spomenika parkovne arhitekture (pejzažni perivoj iz 18. st. u Gornjoj Bistri i pejzažni perivoj iz 19. st. oko dvorca u Stubikom Golubovcu).

Zajedno s nekoliko izdvojenih područja unutar parka, Medvednica je i sastavni dio Ekološke mreže RH, a zbog prisutnosti vrsta i stanišnih tipova ugroženih na europskoj razini, nalazi se i na prijedlogu NATURA 2000 mreže.

Područje Medvednice pripada jugozapadnom dijelu Panonskog bazena i ima vrlo složenu tektonsku građu. Planinski masiv Medvednice izgrađen je od stijena geroke stratigrafske pripadnosti (paleozoik [od prije 440 mil. god.] i kvartar) i različitoga postanka (magnatske, sedimentne i metamorfne), a to je pak posljedica njegove duge i burne geološke

povijesti. Mlađe tercijarne stijene (miocen), npr. vapnenci, lapori i pješčanici, izgrađuju južni dio Medvednice i zajedno sa trijaskim dolomitima čine svojevrsne krčke džepove (npr. gipila Veternica) unutar okolnoga nekrčkog područja. Na cijelom području Medvednice zabilježeno je oko 80-ak speleoloških objekata. Inače, Medvednica je seizmički aktivno područje sa potresima jačine i do VIII i IX stupnjeva po Mercalli i Cancani i Siebergovoj (MCS) ljestvici.

U klimatološkom smislu, Medvednica se u odnosu na okolne nizinske krajeve ponaša kao svojevrsni žrtok s nižim temperaturama, više oborina te duljem trajanju i većoj količini snježnoga pokrivača. Temperatura zraka smanjuje se za 0,5°C na svakih 100 m nadmorske visine. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 6,2°C, dok je ona u Zagrebu 11,4°C. Siječanj je najhladniji mjesec u godini, sa prosječnom temperaturom zraka od 3,1°C, a najtopliji mjesec je srpanj, sa prosječnom temperaturom od 15,2°C. Godišnja količina oborina na Medvednici iznosi oko 1200 mm, a u Zagrebu svega 844 mm. Prosječan godišnji broj dana sa snježnim oborinama iznosi 54, a broj dana sa snijem 40 (u Zagrebu samo 4 dana). Insolacija je također veća za 100 sati godišnje u odnosu na onu u Zagrebu, ali ta je razlika uglavnom prisutna u hladnijem dijelu godine (listopad i ožujak). Ovo je posljedica učestalijeg i dužeg zadržavanja magle u Zagrebu.

Općenito, na području Parka ističu se dvije krajobrazne cjeline, od kojih jednu čini gumski kompleks a drugu okolno područje s naseljima i otvorenijim prostorima. Gumski kompleks je uglavnom cjelovit, sa vrlo malim udjelom travnjačkih površina, brojnim potocima i usječnim dolinama te raznovrsnim krčkim oblicima (strme litice i stijene, vrtače, jame i gipile). Stoga ovaj gumski dio Medvednice ima izrazitu krajobraznu i stanišnu raznolikost. Okolno pristupno područje ima pak značajke tipičnoga prigorskog, odnosno zagorskog krajobraza, sa urbanim, prigradskim i seoskim naseljima, obradivim površinama, voćnjacima, vinogradima i gumarcima.

Na Medvednici je ukupno utvrđeno 27 stanišnih tipova na III. razini Nacionalne klasifikacije staništa, od kojih je 9 ugrođeno na nacionalnoj razini, temeljem Pravilnika o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima te o mjerama za očuvanje stanišnih tipova (NN 07/06, NN 119/09). Najrađreniji tip staništa su gume bukve s velikom mrtvom koprivom (asocijacija *Lamio orvalae-Fagetum* [Ht. 1938] Borhidi 1963) (36% površine Parka), zatim gume hrasta kitnjaka i obilnoga graba (asocijacija *Epimedio-Carpinetum betuli* [Ht. 1938] Borhidi 1963) (28% površine Parka) te panonska bukovo i

jelova guma (*Abieti-Fagetum "pannonicum"*) (16% površine Parka). Po navedenom Pravilniku, ova tri staništa tipa su klasificirana kao ugroženi i rijetki.

Čume ukupno pokrivaju 81% površine Medvednice, dok travnjačke zajednice dolaze uglavnom u okolnim, rubnim područjima, često se isprepliću i sa gumarcima, vegetacijom šikara i obradivim površinama, čine i brojne ekotone. Unutar gorskoga kompleksa travnjaci su rijetki.

Premda pokrivaju relativno mali dio njene površine, travnjačke zajednice na Medvednici imaju veliko značenje kao staništa brojnih rijetkih i ugroženih biljnih i životinjskih vrsta. Ovi su travnjaci antropogenog podrijetla, tj. nastali su uglavnom krčenjem gume, a uslijed napuštanja tradicionalnih oblika gospodarenja zemljom (ekstenzivna ispaša i košnja), dolazi do njihove sukcesije (zarađavanja) i razvoja vegetacije šikara ili guma. Travnjaci oko izletničkih, turističkih ili sportskih objekata održavaju se pak u ustalom košnjom. Ovakvi načini gospodarenja prostorom na čelost dovode do smanjenja krajobrazne i ukupne biološke raznolikosti Parka prirode Medvednica.

(Svi podatci su preuzeti iz: Farkaš-Topolnik i sur. [2013]: Plan upravljanja Parkom prirode Medvednica; Javna ustanova Park prirode Medvednica [2013], službene stranice; Medvednica i park prirode [2013]; Medvednica. Opća i nacionalna enciklopedija u 20 knjiga, DVD izdanje.)

2.1.2. Istraživani lokaliteti

Odabir lokaliteta vršen je tako da se obuhvati što veća ekološka raznolikost s obzirom na vidljivi antropogeno-zoogeni utjecaj, s tim da u istraživanje budu uključeni i lokaliteti smješteni u srednjem dijelu Medvednice kao i oni na perifernim, istočnim i zapadnim obroncima. Ukupno je odabrano 10 lokaliteta (Slike 8 i 17), od kojih je šest smješteno u srednjem dijelu medvednice (lokaliteti 3., 4., 5., 6., 7. i 8.) na višim nadmorskim visinama (750 i 880 m) (Slika 39), dva su smještena na zapadnim obroncima (lok. 1. i 2., 500 m nadmorske visine) i dva su smještena na istočnim obroncima (lok. 9. i 10., 360 m nadmorske visine). Od 10 odabranih lokaliteta tri su se u cijelosti redovito kosila više puta godišnje (lok. 6., 7. i 8.), jedan se djelomično kosio više puta godišnje (lok. 1.), dva su bila izložena ispaši (lok. 4. i 5.) i četiri su se kosila supraanualno, tj. rjeđe od jednom godišnje (lok. 2., 3., 9. i 10.). Također, na rubnom dijelu lokaliteta 3. bila je vidljiva devastacija uzrokovana oborenim stablom i potpuno izgašenom travom.



Slika 8. Lokalitet 1. „Ponikve I“.



Slika 9. Lokalitet 2. „Ponikve II“.



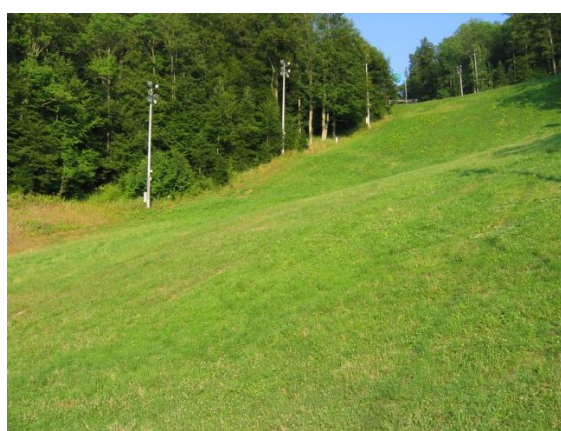
Slika 10. Lokalitet 3. „Fakultetsko dobro I“.



Slika 11. Lokalitet 4. „Fakultetsko dobro II“.



Slika 12. Lokalitet 5. „Hunjka“.



Slika 13. Lokalitet 6. „Crveni spust“.



Slika 14. Lokalitet 7. „Krumpirište“.



Slika 15. Lokalitet 8. „Kapelica sv. Jakoba“.



Slika 16. Lokalitet 9. „Čučerje I“.



Slika 17. Lokalitet 10. „Čučerje II“.

Travnjačke zajednice, nađene na najvećem dijelu pojedinih lokaliteta obuhvaćenih istraživanjem, uglavnom se mogu svrstati u tri vegetacijska razreda koji u Hrvatskoj dolaze na sekundarnim, tj. antropogenim staništima (Trinajstić 2008):

1. razred *MOLINIO-ARRHENATHERETEA* R. Tx. 1937 (lokaliteti 1., 2. i 3.) obuhvaća higrofilne i mezofilne livade rasprostranjene od nizinskog do brdskog vegetacijskog pojasa (Trinajstić 2008). Ove zajednice predstavljaju spontano razvijene, antropogene, trajne stadije koji se održavaju košnjom, vrlo su bogatog florističkog sastava i zajedno broje preko 500 biljnih vrsta (Antonić i sur. 2005).

2. razred *FESTUCO-BROMETEA* Br.-Bl. et R. Tx. 1943 (lokaliteti 4., 5., 8., 9., i 10.) obuhvaća suhe brdske travnjake i livade kopnenih krajeva, razvijene kao sekundarne

tvorevine pod utjecajem košnje i ispaše (Trinajstić 2008). Zajednice ovoga razreda razvijaju se na razmjerno toplim i suhim položajima, često na karbonatnim tlima (Čegulja i Topić 2000), a neke od njih odlikuju se velikim florističkim bogatstvom (Antonić i sur. 2005).

3. razred *POLYGONO ARENASTRO-POETEA ANNUAE* Rivas-Martinez et al. 1975 (lokaliteti 6. i 7.) obuhvaća vegetaciju utrina (Trinajstić 2008), tj. biljne zajednice više ili manje gašenih staništa koje se često razvijaju uz rubove putova, pašnjaka, na nasipima i igralištima (Čegulja i Topić 2000), na zbijenim i za vodu slabo propusnim tlima (Čegulja i Topić 2000; Antonić i sur. 2005). Mogu biti vrlo siromažne u florističkom sastavu, a prestankom gašenja dolazi do sukcesije vegetacije (Čegulja i Topić 2000). Osim Trinajstića (2008), ostali spomenuti autori biljne zajednice ovoga razreda svrstavaju u razred *PLANTAGINETEA-MAJORIS* R. Tx. et Preising in R. Tx. 1950.

Treba napomenuti da je lokalitet 4. (pašnjak), svrstan u razred *FESTUCO-BROMETEA*, pokazivao mjestimično i neke florističke elemente tipične za vegetacijski razred *POLYGONO ARENASTRO-POETEA ANNUAE*, tj. *PLANTAGINETEA-MAJORIS*, npr. prisutnost vrsta *Poa annua* L. i *Lolium perenne* L. (Horvat 1962). Ovo se objašnjava visokim intenzitetom ispaše i posljedično visokom razinom dužikovih spojeva u tlu, a *Lolium perenne* je nitrofilna biljka koja dobro podnosi ispašu i gašenje (Dubravec i Dubravec 2001).

Također, iako je najveći (središnji) dio lokaliteta 8. (košnica) svrstan u razred *FESTUCO-BROMETEA*, duž svih njegovih rubova prema gumi (koji nisu bili obuhvaćeni košnjom), bila je vidljiva prisutnost nekih višegodišnjih ili dvogodišnjih vrsta (npr. *Arctium lappa* L., *Urtica dioica* L., *Artemisia vulgaris* L., *Galium aparine* L., *Rumex crispus* L.) karakterističnih za vegetacijski razred *GALIO-URTICETEA* Passarge ex Kopecky 1969. Ovaj razred obuhvaća razne skiofilne i nitrofilne zajednice koje se razvijaju na sjenovitim mjestima uz rubove putova, živica, guma i gumskih istina (Antonić i sur. 2005). Ova vegetacija bila je prisutna u manjoj mjeri i duž rubova lokaliteta 6. i 7. Uglavnom, za toľnu tipološku determinaciju svih našenih biljnih sintaksona do razine asocijacije, bilo bi potrebno izvršiti fitocenološka snimanja, npr. metodom Braun i Blanqueta (1964) (Hulina 2007).

Naposljetku, lokalitet 2. Poniķve IIñ (razred *MOLINIO-ARRHENATHERETEA* R. Tx. 1937) predstavlja jedinstveni primjer vlažne livade na Medvednici, na kojoj je zastupljena vegetacija tipična za plitke depresije u kojima se u proljeće duće zadržava voda (Farkaš-Topolnik i sur. 2013) i najvlažniji je od svih lokaliteta uključenih u istrađivanje.

2.2. Sakupljanje i obrada ortofterološkog materijala

2.2.1. Terenski dio

Sakupljanje ravnokrilaca vrđeno je entomolođkom mređicom (tzv. Ākeļ eromņ) promjera 35 cm i duljine drđke 80 cm (Slika 18), a koriđtena je tzv. Āmetoda kođnjeņ (sweeping ili sweep netting).



Slika 18. Entomološka mređica, staklenke i ubodni termometar.

Iako ima svojih nedostataka, ovaj naļin sakupljanja zapravo ostaje jedini moguļi naļin kada se uzorkovanje mora napraviti na veļem broju lokacija u kratkom vremenskom periodu (Evans 1988a; Evans 1988b). Tako npr., iako ova metoda daje slabe rezultate u procjeni apsolutne abundancije ravnokrilaca (Evans i sur. 1983), znatno je bolja u utvrļivanju njihove relativne abundancije (Evans i sur. 1983; Kemp 1992; Larson i sur. 1999) i sastava vrsta (Larson i sur. 1999). Takoļer, sweep netting je neuļinkovito za sakupljanje vrsta koje se zadrđavaju u zoni tla (Quinn i Walgenbach 1990), npr. *Gryllus campestris*, *Pholidoptera fallax*, *Pachytrachis gracilis*, *Calliptamus italicus* i *Tetrix undulata* (osobno opađanje), zatim vrsta koje su dobri letaļi (O'Neill i sur. 2010) te onih koje ļesto pobjegnu prije nego đto doļu u domet keļera, npr. *Platycleis albopunctata grisea* (osobno opađanje). Stoga ova metoda daje najbolje rezultate ukoliko se primjenjuje u kombinaciji sa direktnom potragom i pojedinaļnim lovom (Nagy i sur. 2007). Ovog naputka pridrđavao se i autor, tako da se nastojalo pojedinaļno uloviti svaku uoļenu veļu jedinku koja bi izbjegla rutinske zamahe entomolođkom mređicom.

Na svakom od 10 istraživanih lokaliteta odabrane su dvije ogledne površine od cca. 10x10m, s tim da se jedna nalazila na sredini lokaliteta, a druga uz rub prema gumi ili gikari. Na svakoj oglednoj površini ortopterološki materijal se sakupljao 15 minuta, što znači 30 minuta po lokalitetu. Ogledne površine odabrane su na ovaj način da bi se povećao broj mikrostanita obuhvaćenih uzorkovanjem na svakom istraživanom lokalitetu, tj. da bi se omogućio ulov što većeg broja prisutnih vrsta. Ulovi sa obje ogledne površine svakog lokaliteta stavljeni su u istu bočicu i tretirani kao jedan uzorak za svaki lokalitet posebno, tijekom svakoga mjesecnog izlaska na teren. Inače, kod ovakvoga vremenski ograničenog načina sakupljanja ravnokrilaca, problemi se obilno javljaju kod vrlo visokih gustoća populacija pojedinih vrsta, kada svaki zamah keč erom hvata veći broj jedinki. Odstranjivanje ravnokrilaca iz mrežice i daljnje manipuliranje njima tada zahtijeva jako puno vremena i postaje limitirajući i imbenik cijeloga procesa sakupljanja (Joern 1982; osobno opažanje).

Radi teškoća u determinaciji ličinki sakupljale su se samo odrasle jedinke, s tim da su kod 6 vrsta koje su našle u malom broju primjeraka a ličinski stadiji im se lako determiniraju (*Gryllus campestris*, *Leptophyes boscii*, *Pholidoptera griseoaptera*, *Platycleis albopunctata grisea*, *Gomphocerripus rufus* i *Tetrix undulata*) u obzir uzete i ličinke (Prilozi: Tablice I i X).

Ortopterološki materijal se sakupljao tijekom sunčanih ili tek umjereno oblačnih dana, uglavnom u poslijepodnevnim satima. U 2008. god. ravnokrilci su se regularno sakupljali jednom mjesečno na svakom od 10 istraživanih lokaliteta, tj. u srpnju, kolovozu, rujnu i listopadu. Iako se 2009. god. sa izlascima na teren počelo već u travnju, budući da nije bilo odraslih jedinki sve do lipnja (osim 3 primjerka vrste *Tetrix undulata* na jednoj lokaciji u svibnju), regularno sakupljanje ravnokrilaca izvršeno je te godine samo u lipnju, također na svih 10 istraživanih lokaliteta. To znači da je samo tih 5 mjeseci tijekom kojih je utvrđena prisutnosti odraslih jedinki na svim istraživanim lokalitetima (lipanj '09., srpanj '08., kolovoz '08., rujna '08. i listopad '08.) definirano kao sezona pojavljivanja imaga ravnokrilaca tj. razdoblje u kojem se sakupljao ortopterološki materijal. Iz toga se vidi da je sveukupno dobiveno 50 uzoraka ortopterološkog materijala (tj. 5 mjeseci x 10 lokaliteta = 50 uzoraka). Pri tome su zanemarene tri spomenute jedinke vrste *T. undulata* našle u svibnju.

Također, za vrijeme svakoga izlaska na teren, na svakom lokalitetu se mjerila temperatura tla na 10 cm dubine (pomoću ubodnog termometra [Slika 18]).

2.2.2. Laboratorijski dio

Sakupljeni ortopterološki materijal se spremao u boļ ice sa 70%-tnim etanolom, a tek nekoliko primjeraka od svake utvrđene vrste (muļjaci i ţenke) su preparirani kao ogledni primjerci (Slika 19).



Slika 19. Preparirani primjerci podredova Ensifera i Caelifera.

Prilikom tog postupka, samo je kod veļih vrsta odstranjeno probavilo i u abdomen stavljena vata (Slika 20).



Slika 20. Postupak prepariranja veļih vrsta ravnokrilaca.

Za sve preparirane primjerke, kao i one pohranjene u boļ ice s etanolom, etiketirani su podatci o lokalitetu i datumu uzorkovanja. Svi sakupljeni ravnokrilci su naknadno determinirani uz pomoļ kljuļeva (Harz 1969; Harz 1975; Fontana i sur. 2002; Koļarek i sur. 2005), a nakon toga postupka su razrezani i pregledani radi utvrđivanja prisutnosti makroskopski vidljivih liļinki endoparazita iz koljena Nematomorpha (strunaţi) (Slika 21) u hemocelu (*haemocoel*).

Preparirani primjerci svih utvrđenih vrsta ravnokrilaca su fotografirani pod lupom, a



Slika 21. Paraziti iz koljena Nematomorpha.

fotografije su poslane na provjeru determinacije renomiranom stručnjaku, dr. sc. F. M. Buzzettu (Università degli Studi di Padova).

2.3. Sakupljanje i obrada biljnog materijala

Biljni materijal sakupljen je tijekom izlazaka na teren u lipnju 2009. godine, u svrhu određivanja vegetacijskih razreda travnjačkih zajednica većinski prisutnih na lokalitetima obuhvaćenim istraživanjem. Na sredini svakoga od 10 istraživanih lokaliteta unutar ogledne površine od cca. 10x10 m uzorkovane su sve najzastupljenije biljne vrste travnjačkoga pokrova (na temelju osobne procjene), a svi lokaliteti su fotografirani. Sakupljeni biljni materijal je etiketiran, isprešan i osušen. Na temelju ovoga biljnog materijala i fotografija lokaliteta, stručnjakinje asist. dr. sc. S. Mareković i asist. mr. biol. N. Vuković (Botanički zavod PMF-a) su izvršile tipološku determinaciju vegetacijskih jedinica za svaki istraživani lokalitet.

2.4. Analiza podataka

2.4.1. Programi korišteni za obradu podataka

Prilikom laboratorijskih analiza korišteni su sljedeći kompjuterski programi: Microsoft Office Excel (2007), Primer 5.2.9 (Primer-E Ltd., 2002), Photoshop iz paketa Adobe Creative Suite 3 Master Collection i Adobe Illustrator iz paketa Adobe Creative Suite 6 Master Collection.

2.4.2. Ekološka struktura zajednica i njeni pokazatelji

Ekološke zajednice (*community*) mogu se definirati kao skupine populacija različitih vrsta koje koegzistiraju na istoj lokaciji u isto vrijeme (Pyron 2012). Ekološka struktura zajednice (*community structure*) definirana je njenim kvalitativnim (broj vrsta) i kvantitativnim (npr. brojnost vrsta ili biomasa) sastavom te dinamikom koja se odvijuje kroz interakcije između njenih populacija (Čolić 2013). Važna strukturna, kvantitativna značajka svake zajednice jest **abundancija** (*abundance*) njenih vrsta (Pyron 2012; Čolić 2013). Najuočljiviji način izražavanja abundancije jest utvrđivanje brojnosti jedinki svake prisutne vrste, ali se abundancija može izraziti i kao biomasa ili npr. postotak pokrivanja svake prisutne vrste u zajednici (Pyron 2012). Na temelju abundancije prisutnih vrsta mogu se izračunati važni pokazatelji strukture zajednice, tj. dominantnost i konstantnost vrsta.

Dominantnost pojedine vrste (*species dominance*) (D_1) u nekoj zajednici predstavlja brojčani udio dotične vrste u ukupnom broju jedinki uzorka uzetog u toj zajednici, a izražava se u obliku postotka:

$$D_1 (\%) = (a_1 / E_{a1}) \times 100$$

gdje je:

a_1 = broj jedinki vrste 1 u uzorku

E_{a1} = ukupan broj jedinki svih vrsta u uzorku

Na temelju dominantnosti, sve vrste mogu se svrstati u 5 kategorija (Bick 1989):

1. eudominantne vrste – iznad 10%
2. dominantne vrste – između 5% i 10%
3. subdominantne vrste – između 2% i 5%
4. recedentne vrste – između 1% i 2%
5. subrecedentne vrste – ispod 1%

Konstantnost neke vrste (*species constancy*) označava stupanj prisutnosti te vrste u nekoj zajednici (Čolić 2013). Konstantnost pojedine vrste (K_{a1}) u nekoj zajednici predstavlja omjer broja uzoraka u kojima je nađena dotična vrsta u odnosu na ukupan broj uzoraka prikupljenih na dotičnom staništu (zajednici), a izražava se u obliku postotka:

$$K_{a1}(\%) = (u_{a1} / E_{ui}) \times 100$$

gdje je: u_{a1} = broj uzoraka u kojima se pojavljuje vrsta a_1 na nekom staništu
 $\sum u_i$ = ukupan broj uzoraka prikupljenih na dotičnom staništu

Na temelju konstantnosti, sve vrste mogu se svrstati u 4 kategorije (Tischler 1949):

1. eukonstantne vrste i prisutne u 75 i 100% uzoraka
2. konstantne vrste i prisutne u 50 i 75% uzoraka
3. akcesorne vrste i prisutne u 25 i 50% uzoraka
4. akcidentalne vrste i prisutne u manje od 25% uzoraka

2.4.3. Raznolikost vrsta i njeni pokazatelji

Svaka biološka zajednica posjeduje svojstvo koje se zove **raznolikost vrsta** (*species diversity*) i koje se sastoji od dva bitno različita koncepta ili komponente: bogatstva vrsta (*species richness*) i heterogenosti vrsta (*species heterogeneity*) (Magurran 2004; Krebs 2013). Također, bitno je napomenuti da termin **biološka raznolikost** (*biodiversity*) ima puno šire značenje od termina **raznolikost vrsta** (*species diversity*) i obuhvaća široki raspon od genetske raznolikosti unutar vrsta (*genetic diversity*) pa sve do raznolikosti ekosustava (*ecosystem diversity*) (Krebs 2013).

Za prikaz raznolikosti vrsta upotrijebljena su tri pokazatelja: Margalefov indeks, Shannon i Wienerov indeks i Simpsonova mjera ujednačenosti.

Ako se **bogatstvo vrsta** (*species richness*) izrazi jednostavno kao broj prisutnih vrsta u zajednici (najstariji koncept), tada nije uzeta u obzir veličina uzorka, a dobro je poznato iz iskustva da se povećanjem uzorka, tj. povećavanjem broja ulovljenih jedinki povećava i broj nađenih vrsta. **Margalefov indeks** (d), kao mjera bogatstva vrsta, nastoji riješiti taj problem, tj. kompenzirati te tzv. *sampling effects* jednostavnim dijeljenjem broja vrsta u uzorku sa njegovom veličinom, postajući i tako visoko osjetljiv na veličinu uzorka (Magurran 2004):

$$d = (S - 1) / \ln N$$

gdje je: S = ukupan broj vrsta u uzorku
 N = ukupan broj jedinki u uzorku (veličina uzorka)

Iz navedene formule je jasno vidljivo da će vrijednost Margalefovog indeksa biti to veća što je veći broj navedenih vrsta u odnosu na veličinu uzorka. Ovaj indeks je stoga naročito pogodan za primjenu u kombinaciji sa indeksima koji su osjetljivi na ujednaženost vrsta (*evenness*) (Gamito 2010).

Za izražavanje **heterogenosti vrsta** (*species heterogeneity*) jedan od najčešće korištenih indeksa je Shannon i Wienerov indeks koji je dobio ime po dvojici autora koji su ga neovisno izveli (Clarke i Warwick 2001; Magurran 2004). Ovaj indeks često se u literaturi pogrešno naziva Shannon i Weaverov indeks jer je originalno prezentiran u izdanoj knjizi *The Mathematical Theory of Communication* koju su 1949. god. objavili Shannon i Weaver (Magurran 2004; Krebs 2013). **Shannon – Wienerov indeks** (H') predstavlja kombinaciju broja vrsta (bogatstvo vrsta) i ujednaženosti vrsta (*evenness*) (Clarke i Warwick 2001; Krebs 2013) i posebno je osjetljiv na promjene abundancije rijetkih vrsta u zajednici (Krebs 2013):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

gdje je: p_i = udio vrste i u ukupnom uzorku = N_i / N

S = ukupan broj vrsta u uzorku

Ovaj indeks u biti predstavlja mjeru ili količinu neizvjesnost (*uncertainty*), koja kazuje koliko bi teško moglo biti točno predvidjeti vrstu iduće ulovljene jedinke koja će biti nasumično izvučena (Krebs 2013). Očito je da povećavanje vrijednosti ovoga indeksa znači i povećanje te neizvjesnosti, a to pak znači veću heterogenost vrsta, kao komponentu raznolikosti. Heterogenost će biti to veća što je veći broj navedenih vrsta i što je brojnost vrsta ujednaženija (*evenness*).

U mnogim slučajevima može biti vrlo korisno prikazati samostalno ovu drugu komponentu heterogenosti vrsta, tj. njihovu **ujednačenost** (*species evenness* ili *equitability*). Brojni su izrazi kojima se ona može izražavati i u literaturi vlada velika konfuzija oko toga koji su najbolji. Uobičajeni nađini bili su stavljanje u omjer dobivene vrijednosti nekog indeksa heterogenosti i njegove maksimalne vrijednosti, kada su sve prisutne vrste jednako brojne (Magurran 2004; Krebs 2013). Međutim, mnogi od ovih indeksa ne zadovoljavaju

kriterij neovisnosti o bogatstvu vrsta (Smith i Wilson 1996; Magurran 2004; Krebs 2013) te se stoga u najnovijoj literaturi (Krebs 2013) preporučuje njihova zamjena indeksima neovisnima o bogatstvu vrsta, koji su pregled dali Smith i Wilson (1996). Jedan od preporučenih jest i **Simpsonova mjera ujednačenosti** ($E_{1/D}$):

$$E_{1/D} = \frac{1/D}{S}$$

gdje je:

$$D = \text{Simpsonov originalni indeks} = \sum p_i^2$$

$$p_i = \text{udio vrste } i \text{ u ukupnom uzorku} = N_i / N$$

$$S = \text{ukupan broj vrsta u uzorku}$$

Vrijednosti Simpsonove mjere ujednačenosti kreću se u rasponu od 0 do 1, s tim da će maksimalnu vrijednost (1) imati ona zajednica u kojoj su sve prisutne vrste jednako brojne, bez obzira na njihov broj (bogatstvo).

2.4.4. Klaster i NMDS analiza sličnosti uzoraka

Sličnost (*similarity*) između uzoraka dvaju zajednica može se izraziti mjerama sličnosti, tj. opisnim koeficijentima koji se mogu temeljiti na binarnim podacima (npr. prisutnost/odsutnost) ili kvantitativnim podacima (npr. relativna abundancija, biomasa ili primarna produkcija) svake pojedine vrste u oba uzorka (Krebs 2013). Jedna od često korištenih ovakvih kvantitativnih mjera jest i **Bray – Curtisov koeficijent sličnosti** (S_{jk}) (Clarke i Warwick 2001), koji se temelji na relativnoj abundanciji (brojnosti) svake prisutne vrste u uzorcima zajednica koja se sličnost uspoređuje:

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\}$$

gdje je:

$$y_{ij}, y_{ik} = \text{broj jedinki vrste } i \text{ u svakom uzorku } (j, k)$$

$$p = \text{ukupan broj vrsta u oba uzorka}$$

$$|\dots\dots| = \text{apsolutna vrijednost}$$

Vrijednost Bray i Curtisovog koeficijenta sličnosti kreće se od 0 i 100, s tim da će maksimalnu vrijednost (100) imati ukoliko su oba uzorka identična (s obzirom na sve vrste i njihovu brojnost), dok će vrijednost $S_{jk} = 0$ značiti da uzorci nemaju zajedničkih vrsta. Također, vrijednost ovoga koeficijenta posebno je utjecana najabundantnijim vrstama, dok rijetke vrste imaju mali utjecaj (Krebs 2013).

Ova metoda usporedbe sličnosti funkcionira kada imamo dva ili tek nekoliko uzoraka, međutim, kod većeg broja uzoraka ili njihovih serija ova metoda postaje potpuno neprimjenjiva, tako da tada moramo pristupiti klaster ili NMDS analizama. Ove metode zahtijevaju veću broj računskih operacija, tako da su izvedive isključivo uz uporabu računala i odgovarajućih programa. Prvi korak predstavlja izrada tzv. matrice sličnosti (*similarity matrix*), tj. izračun sličnosti između svakog para uzoraka uporabom nekog od koeficijenata sličnosti (Krebs 2013). U ekološkim studijama terestričkih ekosustava uobičajeno je izrada matrice sličnosti na temelju Bray i Curtisovog koeficijenta sličnosti (Clarke i Warwick 2001). Vrlo je važno odabrati odgovarajući oblik podataka koji će se koristiti za izradu matrice sličnosti, a moguće su tri strategije: izvršiti transformaciju (*transformation*), izvršiti standardizaciju (*standardization*) ili ne izvoditi ništa, što pak ovisi o tipu i cilju istraživanja (Krebs 2013). Transformacija izvornih podataka o brojnosti vrsta u uzorcima obično se vrši tako da se originalni broj (X) zamijeni sa $\sqrt{X}$, $\sqrt{X+1}$ ili u ekstremnim slučajevima sa $\text{Log}(X+1)$, budući da to reducira utjecaj ekstremnih vrijednosti (npr. abundancije) pojedinih vrsta u prikupljenim uzorcima (Krebs 2013).

U ovom radu, za izradu matrice sličnosti na bazi Bray i Curtisovog koeficijenta sličnosti, izvršena je transformacija izvornih podataka o brojnosti vrsta na način: $\text{Log}(X+1)$. Na temelju izrađene matrice sličnosti dalje se izvode klaster i NMDS analize.

Klaster analiza (*cluster analysis*) je generalni termin za mnoge tehnike koje nastoje grupirati uzorke unutar hijerarhijskih grupa (klastera) u obliku dendrograma, tako da su uzorci unutar svake grupe međusobno više slični nego što su slični sa uzorcima iz drugih grupa (Krebs 2013). U ovom radu korištena je tehnika povezivanja na temelju grupnih prosjeka sličnosti (*average linkage clustering*) (Krebs 2013).

NMDS analiza (*non-metric multidimensional scaling*) daje dvodimenzionalni grafikon prikaz (*plot* ili *map*) na kojem su uzorci sa većom međusobnom sličnosti locirani bliže jedan drugom u odnosu na one sa kojima imaju manje sličnosti (Clarke i Warwick 2001). Udaljenosti među uzorcima tipično se izražavaju s euklidskom metrikom (*Euclidean*

metric) (Holland 2008). Također, ova metoda pokazuje i određenu razinu stresa (*stress level*) koja govori koliko adekvatno dvodimenzionalni grafički prikaz odražava višedimenzionalne veze između pojedinih uzoraka (Clarke i Gorley 2001). Razina stresa manja od 0,1 odgovara dobrom prikazu, tj. prikazu sa vrlo malom vjerojatnošću da će dati pogrešnu interpretaciju; prikazi sa razinom stresa između 0,2 i 0,3 trebali bi se uzeti sa velikom dozom skepticizma; prikazi sa razinom stresa većom od 0,3 trebali bi biti odbačeni (Clarke i Warwick 2001).

3. Rezultati

Tablica 2. Sistematski popis svih vrsta reda Orthoptera utvrđenih na Medvednici tijekom ovoga istraživanja, izrađen prema: Eades i sur. (2013): Orthoptera species file online.

Ordo ORTHOPTERA

Subordo ENSIFERA

Superfamilia GRYLLOIDEA

Familia GRYLLIDAE

Subfamilia GRYLLINAE

Tribus GRYLLINI

1. *Gryllus (Gryllus) campestris* Linné, 1758

Subfamilia OECANTHINAE

Tribus OECANTHINI

2. *Oecanthus pellucens* (Scopoli, 1763)

Superfamilia TETTIGONIOIDEA

Familia TETTIGONIIDAE

Subfamilia BRADYPORINAE

Tribus EPHIPPIGERINI

3. *Ephippiger ephippiger* (Fiebig, 1784)

Subfamilia CONOCEPHALINAE

Tribus COPIPHORINI

4. *Ruspolia nitidula* (Scopoli, 1786)

Subfamilia PHANEROPTERINAE

Tribus BARBITISTINI

5. *Barbitistes serricauda* (Fabricius, 1798)
6. *Leptophyes albovittata* (Kollar, 1833)
7. *Leptophyes boscii* Fieber, 1853
8. *Poecilimon (Poecilimon) gracilis* (Fieber, 1853)
9. *Poecilimon (Poecilimon) ornatus* (Schmidt, 1850)
10. *Poecilimon (Poecilimon) schmidtii* (Fieber, 1853)

Tribus PHANEROPTERINI

11. *Phaneroptera (Phaneroptera) falcata* (Poda, 1761)
12. *Phaneroptera (Phaneroptera) nana* Fieber, 1853

Subfamilia TETTIGONIINAE

Tribus DECTICINI

13. *Decticus verrucivorus* (Linné, 1758)

Tribus PHOLIDOPTERINI

14. *Pholidoptera fallax* (Fischer, 1853)
15. *Pholidoptera griseoptera* (De Geer, 1773)

Tribus PLATYCLEIDINI

16. *Pachytrachis gracilis* (Brunner von Wattenwyl, 1861)

Genus group: Metrioptera Group (privremeno ime)

17. *Bicolorana kuntzeni* (Ramme, 1931)

18. *Roeseliana roeselii roeselii* (Hagenbach, 1822)

Genus group: Platycleis Group (privremeno ime)

19. *Platycleis albopunctata grisea* (Fabricius, 1781)

Tribus TETTIGONIINI

20. *Tettigonia viridissima* Linné, 1758

Subordo CAELIFERA

Superfamilia ACRIDOIDEA

Familia ACRIDIDAE

Subfamilia CALLIPTAMINAE

Tribus CALLIPTAMINI

21. *Calliptamus italicus italicus* (Linné, 1758)

Subfamilia CATANTOPINAE

Tribus PEZOTETTIGINI

22. *Pezotettix giornae* (Rossi, 1794)

Subfamilia GOMPHOCERINAE

Tribus CHRYSOCHRAONTINI

23. *Chrysochraon dispar dispar* (Germar, 1834)

24. *Euthystira brachyptera brachyptera* (Ocskay, 1826)

Tribus GOMPHOCERINI

25. *Chorthippus (Chorthippus) dorsatus dorsatus* (Zetterstedt, 1821)

26. *Chorthippus (Glyptobothrus) biguttulus biguttulus* (Linné, 1758)

27. *Chorthippus (Glyptobothrus) brunneus brunneus* (Thunberg, 1815)

28. *Chorthippus (Glyptobothrus) mollis mollis* (Charpentier, 1825)

29. *Gomphocerippus rufus* (Linné, 1758)

30. *Pseudochorthippus parallelus parallelus* (Zetterstedt, 1821)

Tribus STENOBOTHRINI

31. *Omocestus (Omocestus) haemorrhoidalis haemorrhoidalis* (Charpentier, 1825)

32. *Omocestus (Omocestus) rufipes* (Zetterstedt, 1821)

33. *Stenobothrus lineatus lineatus* (Panzer, 1796)

34. *Stenobothrus stigmaticus stigmaticus* (Rambur, 1838)

Subfamilia MELANOPLINAE

Tribus PODISMINI

Genus group: Podisma Group (privremeno ime)

35. *Odontopodisma schmidtii* (Fieber, 1853)

Subfamilia OEDIPODINAE

Tribus OEDIPODINI

36. *Oedipoda caerulescens caerulescens* (Linné, 1758)

Superfamilia TETRIGOIDEA

Familia TETRIGIDAE

Subfamilia TETRIGINAE

Tribus TETRIGINI

37. *Tetrix subulata* (Linné, 1758)

38. *Tetrix undulata undulata* (Sowerby, 1806)

Tablica 3. Broj utvrđenih vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima za istraživano područje tijekom sezone pojavljivanja imaga. Brojevi označeni zvjezdicom predstavljaju ličinke, a brojevi u zagradama pokazuju brojnost jedinki inficiranih parazitima iz koljena Nematomorpha.

	lipanj 2009.	srpanj 2008.	kolovoz 2008.	rujan 2008.	listopad 2008.	ukupno
broj vrsta Orthoptera	23	27	29	17	12	38
broj vrsta Ensifera	12	16	13	4	3	20
broj vrsta Caelifera	11	11	16	13	9	18
ukupno Orthoptera	1149 (1) 596 ♂ 553 ♀	1061 (31) 547 ♂ 514 ♀	1112 (49) 531 ♂ 581 ♀	332 (3) 133 ♂ 199 ♀	141 51 ♂ 90 ♀	3795 (84) 1858 ♂ 1937 ♀
ukupno Ensifera	147 75 ♂ 72 ♀	175 (2) 88 ♂ 87 ♀	98 (2) 31 ♂ 67 ♀	72 22 ♂ 50 ♀	24 6 ♂ 18 ♀	516 (4) 222 ♂ 294 ♀
ukupno Caelifera	1002 (1) 521 ♂ 481 ♀	886 (29) 459 ♂ 427 ♀	1014 (47) 500 ♂ 514 ♀	260 (3) 111 ♂ 149 ♀	117 45 ♂ 72 ♀	3279 (80) 1636 ♂ 1643 ♀
1. <i>Gryllus campestris</i>			2* 2 ♂			2* 2 ♂
2. <i>Oecanthus pellucens</i>			1 1 ♀			1 1 ♀
3. <i>Ephippiger ephippiger</i>		2 2 ♂			1 1 ♀	3 2 ♂ 1 ♀
4. <i>Ruspolia nitidula</i>		1 1 ♀	15 4 ♂ 11 ♀			16 4 ♂ 12 ♀
5. <i>Barbitistes serricauda</i>		1 1 ♂				1 1 ♂
6. <i>Leptophyes albobittata</i>	3 2 ♂ 1 ♀	6 2 ♂ 4 ♀	1 1 ♀			10 4 ♂ 6 ♀
7. <i>Leptophyes boscii</i>	14* 5 ♂ 9 ♀	18 10 ♂ 8 ♀				32 15 ♂ 17 ♀
8. <i>Poecilimon gracilis</i>	1 1 ♂	1 1 ♀	1 1 ♀			3 1 ♂ 2 ♀
9. <i>Poecilimon ornatus</i>	3 2 ♂ 1 ♀					3 2 ♂ 1 ♀
10. <i>Poecilimon schmidtii</i>		1 1 ♂				1 1 ♂
11. <i>Phaneroptera falcata</i>		12 5 ♂ 7 ♀	17 8 ♂ 9 ♀	6 6 ♀		35 13 ♂ 22 ♀
12. <i>Phaneroptera nana</i>			2 1 ♂ 1 ♀			2 1 ♂ 1 ♀
13. <i>Decticus verrucivorus</i>	11 4 ♂ 7 ♀	1 1 ♂	1 1 ♀			13 5 ♂ 8 ♀
14. <i>Pholidoptera fallax</i>	31 17 ♂ 14 ♀	26 11 ♂ 15 ♀	6 6 ♀	7 2 ♂ 5 ♀		70 30 ♂ 40 ♀
15. <i>Pholidoptera griseoaptera</i>	35* 25 ♂ 10 ♀	39 (2) 19 ♂ 20 ♀	9 (1) 3 ♂ 6 ♀	9 2 ♂ 7 ♀	5 1 ♂ 4 ♀	97 (3) 50 ♂ 47 ♀
16. <i>Pachytachis gracilis</i>	1 1 ♂	19 14 ♂ 5 ♀	25 8 ♂ 17 ♀	50 18 ♂ 32 ♀	18 5 ♂ 13 ♀	113 46 ♂ 67 ♀
17. <i>Bicolorana kuntzeni</i>	1 1 ♀	2 1 ♂ 1 ♀				3 1 ♂ 2 ♀
18. <i>Roeseliana roeselii</i>	31 12 ♂ 19 ♀	34 14 ♂ 20 ♀	6 (1) 3 ♂ 3 ♀			71 (1) 29 ♂ 42 ♀

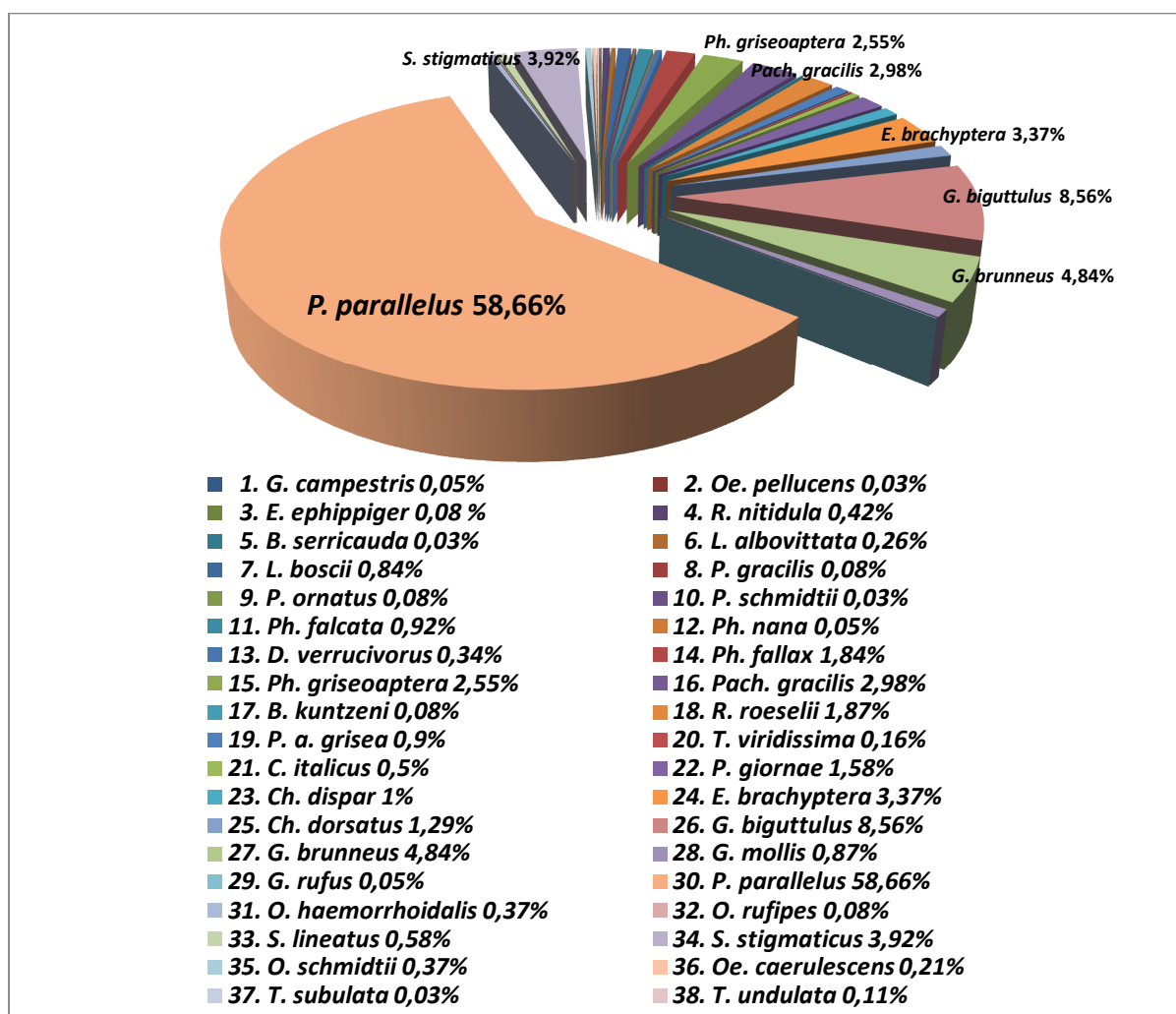
(nastavak na sljedećoj stranici)

(Tablica 3. – nastavak)

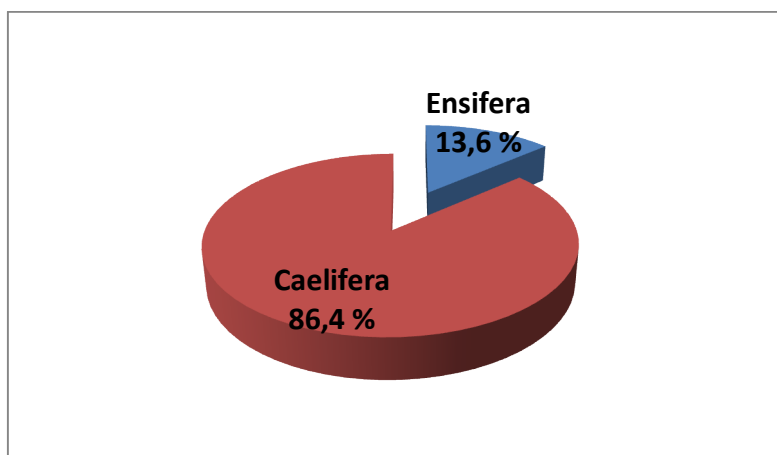
	lipanj 2009.	srpanj 2008.	kolovoz 2008.	rujan 2008.	listopad 2008.	ukupno
19. <i>Platycleis a. grisea</i>	13 6 ♂ 7 ♀	9 6 ♂ 3 ♀	12 2 ♂ 10 ♀			34 14 ♂ 20 ♀
20. <i>Tettigonia viridissima</i>	3 3 ♀	3 1 ♂ 2 ♀				6 1 ♂ 5 ♀
21. <i>Calliptamus italicus</i>	1 1 ♀	5 5 ♀	13 5 ♂ 8 ♀			19 5 ♂ 14 ♀
22. <i>Pezotettix giornae</i>		7 3 ♂ 4 ♀	20 7 ♂ 13 ♀	15 4 ♂ 11 ♀	18 3 ♂ 15 ♀	60 17 ♂ 43 ♀
23. <i>Chrysochraon dispar</i>	23 14 ♂ 9 ♀	14 8 ♂ 6 ♀	1 1 ♂			38 23 ♂ 15 ♀
24. <i>Euthystira brachyptera</i>	55 20 ♂ 35 ♀	30 15 ♂ 15 ♀	32 13 ♂ 19 ♀	10 2 ♂ 8 ♀	1 1 ♀	128 50 ♂ 78 ♀
25. <i>Chorthippus dorsatus</i>			17 8 ♂ 9 ♀	22 7 ♂ 15 ♀	10 3 ♂ 7 ♀	49 18 ♂ 31 ♀
26. <i>Glyptobothrus biguttulus</i>	2 2 ♂	15 8 ♂ 7 ♀	114 (4) 65 ♂ 49 ♀	130 (2) 55 ♂ 75 ♀	64 26 ♂ 38 ♀	325 (6) 156 ♂ 169 ♀
27. <i>Glyptobothrus brunneus</i>	18 10 ♂ 8 ♀	30 15 ♂ 15 ♀	123 (10) 41 ♂ 82 ♀	7 4 ♂ 3 ♀	6 1 ♂ 5 ♀	184 (10) 71 ♂ 113 ♀
28. <i>Glyptobothrus mollis</i>			3 2 ♂ 1 ♀	21 6 ♂ 15 ♀	9 4 ♂ 5 ♀	33 12 ♂ 21 ♀
29. <i>Gomphocerippus rufus</i>			1* 1 ♂	1 1 ♀		2 1 ♂ 1 ♀
30. <i>Pseudochorthippus parallelus</i>	859 (1) 448 ♂ 411 ♀	758 (27) 395 ♂ 363 ♀	555 (29) 315 ♂ 240 ♀	48 (1) 32 ♂ 16 ♀	6 6 ♂	2226 (58) 1196 ♂ 1030 ♀
31. <i>Omocestus haemorrhoidalis</i>	1 1 ♀	2 1 ♂ 1 ♀	10 6 ♂ 4 ♀	1 1 ♀		14 7 ♂ 7 ♀
32. <i>Omocestus rufipes</i>			2 1 ♂ 1 ♀	1 1 ♀		3 1 ♂ 2 ♀
33. <i>Stenobothrus lineatus</i>	12 7 ♂ 5 ♀	5 3 ♂ 2 ♀	4 4 ♀	1 1 ♀		22 10 ♂ 12 ♀
34. <i>Stenobothrus stigmaticus</i>	26 19 ♂ 7 ♀	9 7 ♂ 2 ♀	112 (4) 32 ♂ 80 ♀	2 2 ♀		149 (4) 58 ♂ 91 ♀
35. <i>Odontopodisma schmidtii</i>	3 1 ♂ 2 ♀	11 (2) 4 ♂ 7 ♀				14 (2) 5 ♂ 9 ♀
36. <i>Oedipoda caerulescens</i>			6 3 ♂ 3 ♀		2 1 ♂ 1 ♀	8 4 ♂ 4 ♀
37. <i>Tetrix subulata</i>			1 1 ♀			1 1 ♀
38. <i>Tetrix undulata</i>	2 2 ♀			1* 1 ♂	1* 1 ♂	4 2 ♂ 2 ♀

3.1. Analiza sastava faune ravnokrilaca Medvednice, relativni udio vrsta i njihova konstantnost

Ukupno je ulovljeno 3795 jedinki ravnokrilaca, raspodijeljenih u 38 vrsta (Tablica 2 i 3). Najveći broj jedinki, 3279 tj. 86,4% pripada podredu Caelifera, dok samo 516 jedinki tj. 13,6% pripada podredu Ensifera (Tablica 3; Slika 23). Međutim, nađen je veći broj vrsta podreda Ensifera (20), svrstanih u dvije porodice (Gryllidae i Tettigoniidae), u odnosu na 18 nađenih vrsta podreda Caelifera, svrstanih također u dvije porodice (Acrididae i Tetrigidae). Vrstama su najzastupljenije bile dvije porodice, Tettigoniidae (18) i Acrididae (16), te zatim Gryllidae (2) i Tetrigidae (2).



Slika 22. Relativni udio utvrđenih vrsta u ukupnom broju svih ulovljenih jedinki reda Orthoptera na svim lokalitetima zajedno. Posebno je istaknuto pet najabundantnijih vrsta podreda Caelifera (*P. parallelus*, *G. biguttulus*, *G. brunneus*, *S. stigmaticus* i *E. brachyptera*) te dvije najabundantnije vrste podreda Ensifera (*Pach. gracilis* i *Ph. griseoptera*).



Slika 23. Relativni udio broja ulovljenih jedinki podredova Ensifera i Caelifera na svim lokalitetima zajedno.

Daleko najabundantnija vrsta za cijelo istraživano područje bila je *Pseudochorthippus parallelus*, koja sa ukupno 2226 ulovljenih jedinki (Tablica 3) i ini brojani udio od 58,66% ukupnog ulova (Slika 22) i jedina je eudominantna vrsta (Tablica 4). Tri generalista u pogledu staništa (*Pseudochorthippus parallelus*, *Glyptobothrus biguttulus* i *G. brunneus*) zajedno i ine 72,1% ukupnog ulova, dok je s druge strane i ak 26 vrsta bilo zastupljeno s postotcima manjim od 1% (subrecendentne vrste).

Tablica 4. Podjela utvrđenih vrsta reda Orthoptera u kategorije s obzirom na dominantnost (Bick 1989) na istraživanom području.

subrecendentne vrste: < 1%	recendentne vrste: 1 – 2 %	subdominantne vrste: 2 – 5 %	dominantne vrste: 5 – 10 %	eudominantne vrste: > 10 %
26 preostalih vrsta	<i>R. roeselii</i> 1,87 %	<i>G. brunneus</i> 4,84 %	<i>G. biguttulus</i> 8,56 %	<i>P. parallelus</i> 58,66 %
	<i>Ph. fallax</i> 1,84 %	<i>S. stigmaticus</i> 3,92 %		
	<i>P. giornae</i> 1,58 %	<i>E. brachyptera</i> 3,37 %		
	<i>Ch. dorsatus</i> 1,29 %	<i>Pach. gracilis</i> 2,98 %		
	<i>Ch. dispar</i> 1 %	<i>Ph. griseoptera</i> 2,55 %		

Najdominantnija vrsta, *Pseudochorthippus parallelus*, ujedno je i vrsta sa najvećom konstantnošću, tj. brojem uzoraka u kojima se pojavljuje (28) izraženom kao postotak (56%) od ukupnog broja uzoraka (50) dobivenih tijekom perioda sakupljanja ortofterologkog materijala. Konstantnost (Tablica 5) je za sve vrste Orthoptera izražunata za petomjeselno ra-

Tablica 5. Konstantnost utvrđenih vrsta reda Orthoptera na istraživanom području, te ukupan broj lokaliteta na kojima je nađena pojedina vrsta.

1. <i>G. campestris</i>	4 %	2	14. <i>Ph. fallax</i>	16 %	2	27. <i>G. brunneus</i>	36 %	6
2. <i>Oe. pellucens</i>	2 %	1	15. <i>Ph. griseoptera</i>	40 %	8	28. <i>G. mollis</i>	14 %	3
3. <i>E. ephippiger</i>	6 %	2	16. <i>Pach. gracilis</i>	32 %	6	29. <i>G. rufus</i>	4 %	2
4. <i>R. nitidula</i>	10 %	5	17. <i>B. kuntzeni</i>	4 %	1	30. <i>P. parallelus</i>	56 %	8
5. <i>B. serricauda</i>	2 %	1	18. <i>R. roeselii</i>	22 %	5	31. <i>O. haemorrhoidalis</i>	8 %	2
6. <i>L. albivittata</i>	10 %	2	19. <i>P. a. grisea</i>	20 %	5	32. <i>O. rufipes</i>	4 %	2
7. <i>L. boscii</i>	4 %	1	20. <i>T. viridissima</i>	10 %	3	33. <i>S. lineatus</i>	12 %	3
8. <i>P. gracilis</i>	6 %	3	21. <i>C. italicus</i>	10 %	2	34. <i>S. stigmaticus</i>	12 %	2
9. <i>P. ornatus</i>	2 %	1	22. <i>P. giornae</i>	14 %	2	35. <i>O. schmidtii</i>	8 %	2
10. <i>P. schmidtii</i>	2 %	1	23. <i>Ch. dispar</i>	10 %	2	36. <i>Oe. caerulescens</i>	6 %	2
11. <i>Ph. falcata</i>	22 %	6	24. <i>E. brachyptera</i>	26 %	5	37. <i>T. subulata</i>	2 %	1
12. <i>Ph. nana</i>	2 %	1	25. <i>Ch. dorsatus</i>	18 %	4	38. <i>T. undulata</i>	6 %	2
13. <i>D. verrucivorus</i>	6 %	2	26. <i>G. biguttulus</i>	42 %	7			

zdooblje pojavljivanja imaga, od lipnja do listopada. Uočljivo je da nema eukonstantnih vrsta (Tablica 6), a najdominantniju vrstu, *P. parallelus*, unatoč velikoj abundanciji i pojavljivanju na 8 (80%) lokaliteta od ukupno njih 10, možemo okarakterizirati Šamoń kao konstantnu jer dolazi u Šamoń 56% uzoraka. Ovakvu relativno umjerenu konstantnost ove vrste za istrađivano područje možemo tumađiti time đto nema neko posebno dugađko vrijeme pojavljivanja, tj. na 5 od 8 lokaliteta na kojima dolaze, imaga se mogu nađi i samo od lipnja do kolovoza (Prilozi: Tablice I i VIII). Isto tako, njenoj Šumjerenojń konstantnosti pridonosi i đinjenica da se ne pojavljuje na svih 10 istrađivanih lokaliteta, a to je pak odraz ekolođke heterogenosti istrađivanoga područja (Slika 39; Tablica 10).

Tablica 6. Podjela utvrđenih vrsta reda Orthoptera u kategorije s obzirom na konstantnost (Tischler 1949) na istraživanom području.

akcidentalne vrste: < 25 % uzoraka	akcesorne vrste: 25 – 50 % uzoraka			konstantne vrste: 50 – 75 % uzoraka			eukonstantne vrste: 75 – 100 % uzoraka
32 preostale vrste	<i>G. biguttulus</i>	42 %	7	<i>P. parallelus</i>	56 %	8	nema ih
	<i>Ph. griseoptera</i>	40 %	8				
	<i>G. brunneus</i>	36 %	6				
	<i>Pach. gracilis</i>	32 %	6				
	<i>E. brachyptera</i>	26 %	5				

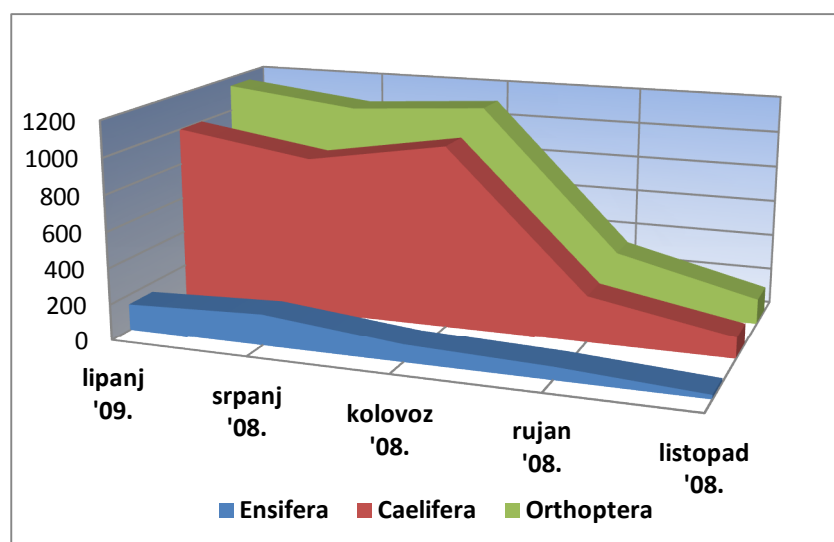
Pet vrsta možemo okvalificirati kao akcesorne, buduđi da se javljaju u 25 i 55% uzoraka. Svaka od pet akcesornih vrsta dolazi na 5 i 8 lokaliteta od njih 10 (Tablica 6). *Pholi-*

doptera griseoaptera (podred Ensifera) jedina je vrsta koja kao i *Pseudochorthippus parallelus* dolazi na 8 od 10 (80%) istraživanih lokaliteta (Tablica 5 i 6), iako joj je konstantnost vidljivo manja, tj. javlja se u svega 40% uzoraka. Međutim, ova vrsta ima i neusporedivo manju relativnu abundanciju (97 ulovljenih jedinki) od abundancije vrste *P. parallelus* (2226 ulovljenih jedinki). Velika većina vrsta (32) spada u kategoriju slučajnih, tj. pojavljuju se u manje od 25% uzoraka (Tablica 6). Od njih, čak 15 dolazi na samo dva lokaliteta, a 8 vrsta se javlja na samo jednom od ukupno deset istraživanih lokaliteta (Tablica 5).

3.2. Dinamika zajednica ravnokrilaca Medvednice tijekom sezone pojavljivanja imaga

3.2.1. Dinamika abundancije tijekom sezone pojavljivanja imaga

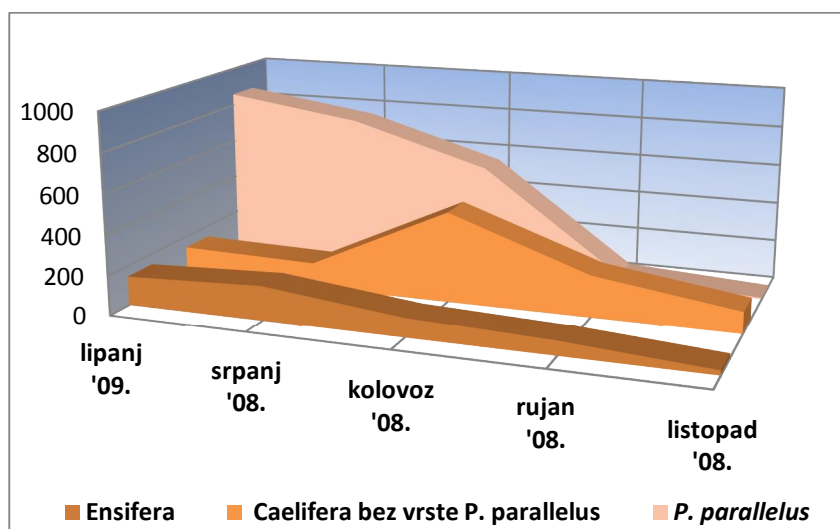
Lilinke su se pojavile već u travnju, a tijekom svibnja postale su vrlo brojne na skoro svim istraživanim lokalitetima. Osim tri odrasle ženke vrste *Tetrix undulata* koje su nađene u svibnju (Prilozi: Tablica IV), sve ostale odrasle jedinke ulovljene su u razdoblju od lipnja do listopada, definiranom kao sezona pojavljivanja imaga (Slika 24). Uzimajući u obzir cijeli



Slika 24. Kretanje relativne abundancije podredova Ensifera i Caelifera te ukupno reda Orthoptera tijekom sezone pojavljivanja imaga.

red Orthoptera zajedno, možemo vidjeti da se tijekom lipnja pojavljuje veliki broj imaga koji ostaje gotovo nepromijenjen tijekom srpnja i kolovoza, da bi potom u rujnu naglo, skoro

četverostruko, opao. Abundancija podreda Caelifera također postigne najviše vrijednosti tijekom razdoblja lipanj i kolovoz (Slika 24). Općenito, kretanje relativne abundancije reda Orthoptera tijekom sezone pojavljivanja imaga vrlo nalikuje na kretanje abundancije podreda Caelifera, budući da upravo taj podred na istraživanom području ima daleko veći udio u ukupnoj brojnosti jedinki ravnokrilaca (86,4%) u odnosu na podred Ensifera (13,6%). Relativna abundancija podreda Ensifera svoj maksimum postigne u srpnju (Slika 24 i 25).

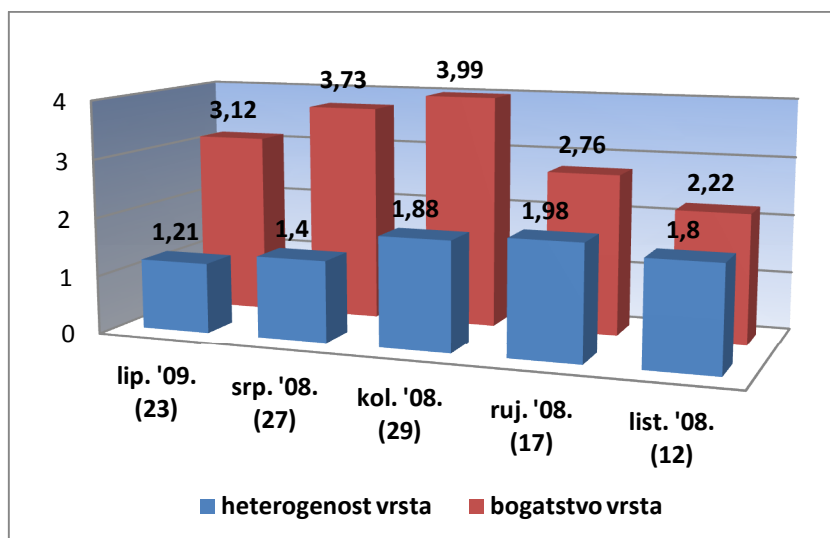


Slika 25. Kretanje relativne abundancije podreda Ensifera, podreda Caelifera bez vrste *Pseudochorthippus parallelus*, te zasebno vrste *P. parallelus* tijekom sezone pojavljivanja imaga.

Također, treba istaknuti da najveći dio podreda Caelifera, tj. 67,9% jedinki (Tablica 3) ima vrsta *Pseudochorthippus parallelus*, te je posve razumljivo da će i sezonsko kretanje abundancije ove eudominantne vrste imati i najveći utjecaj na kretanje abundancije cijelog podreda. Naime, isključivanjem ove vrste možemo vidjeti da sezonska dinamika ostatka podreda Caelifera izgleda bitno drugačije (Slika 25). Vrsta *P. parallelus* svoj maksimum postigne na samom početku sezone pojavljivanja imaga, tj. u lipnju, i od tada je u stalnom padu. Ostatak podreda Caelifera ima relativno nisku abundanciju u prvoj polovici sezone pojavljivanja imaga (lipanj i srpanj) da bi ona tek sredinom ljeta počela naglo rasti, te postigne svoj vrhunac u kolovozu kada je brojnost vrste *P. parallelus* već opala za više od 1/3 (Tablica 3; Slika 25). *P. parallelus* u rujnu potpuno nestaje s većine lokaliteta, da bi se zadržao na samo tri s najvećim nadmorskim visinama i to u vrlo malom broju jedinki (Prilozi: Tablice I i VIII).

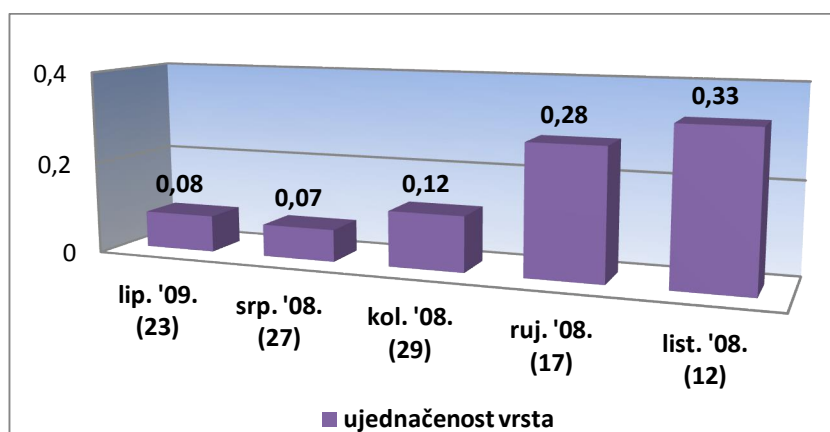
3.2.2. Dinamika raznolikosti vrsta tijekom sezone pojavljivanja imaga

Bogatstvo vrsta (Margalefov indeks) reda Orthoptera pokazuje najveću vrijednost u kolovozu (3,99) kada je broj prisutnih vrsta bio najveći i (29) (Slika 26). Inače, ovaj indeks je to veći što je veći broj nađenih vrsta u odnosu na broj ulovljenih jedinki.



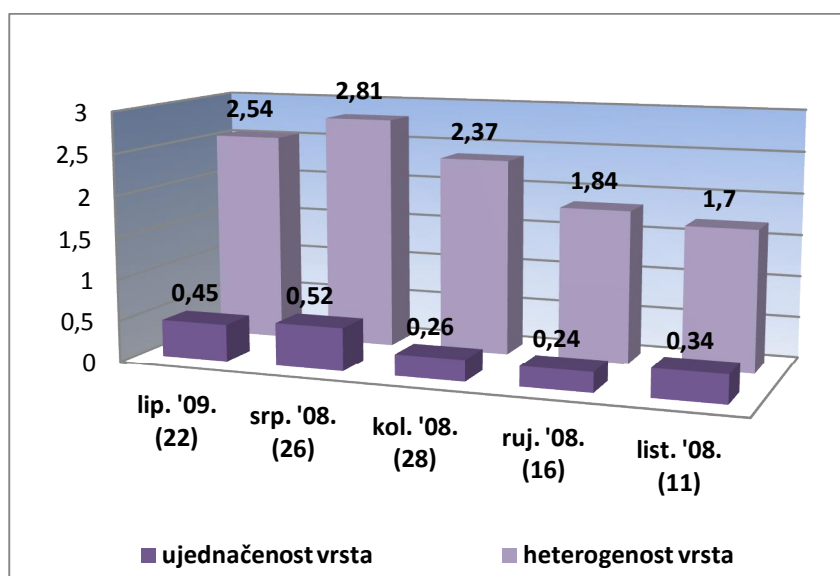
Slika 26. Shannon – Wienerov indeks i Margalefov indeks kao pokazatelji raznolikosti vrsta reda Orthoptera tijekom sezone pojavljivanja imaga. Brojevi u zagradama predstavljaju broj utvrđenih vrsta reda Orthoptera po mjesecima.

Heterogenost vrsta (Shannon i Wienerov indeks) pokazuje drugačije dinamičke značajke. Njegova najveća vrijednost za red Orthoptera dobivena je u rujnu (1,98), kada je zabilježena prisutnost samo 17 vrsta (Slika 26). Ovakav, na prvi pogled neobjektivni rezultat direktna je posljedica velike dominantnosti vrste *Pseudochorthippus parallelus* tijekom prve



Slika 27. Simpsonova mjera ujednačenosti kao sastavnica heterogenosti, a time i raznolikosti vrsta reda Orthoptera tijekom sezone pojavljivanja imaga. Brojevi u zagradama predstavljaju broj utvrđenih vrsta reda Orthoptera po mjesecima.

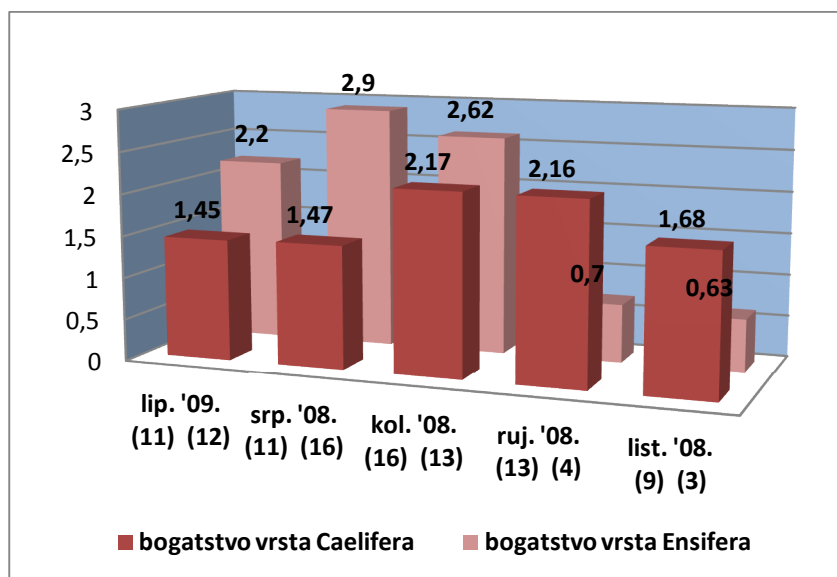
polovice sezone pojavljivanja imaga ravnokrilaca. Naime, Shannon i Wienerov indeks je to veći što je veći ne samo broj prisutnih vrsta, nego i njihova ujednaženost, ovdje izražena kao Simpsonova mjera ujednaženosti. Velika dominantnost vrste *P. parallelus* tijekom razdoblja lipanj i kolovoz (Tablica 3; Slika 25) toliko smanjuje ujednaženost vrsta reda Orthoptera (Slika 27), da to u konačnici rezultira velikim padom heterogenosti (Shannon i Wienerov indeks) u prvom dijelu sezone pojavljivanja njihovih imaga (Slika 26), unatoč velikom broju prisutnih vrsta.



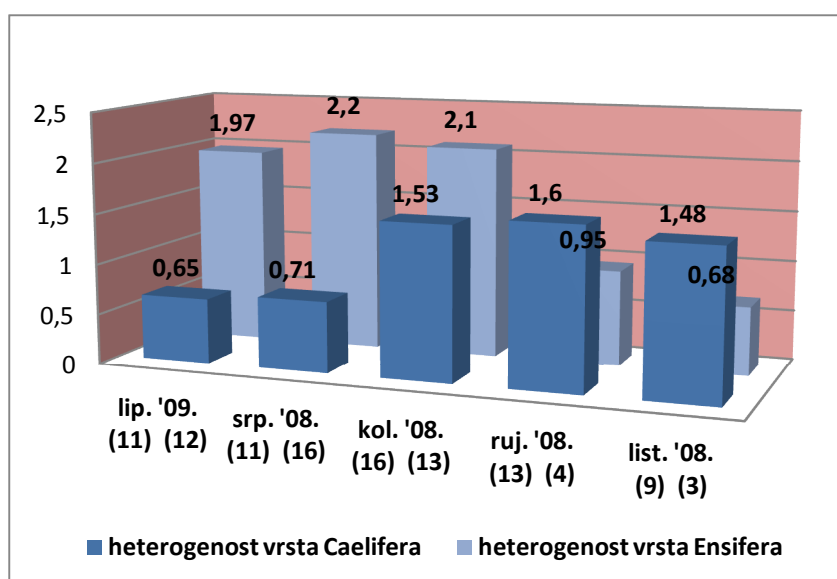
Slika 28. Simpsonova mjera ujednaženosti i Shannon – Wienerov indeks kao pokazatelji raznolikosti vrsta reda Orthoptera tijekom sezone pojavljivanja imaga, bez ubrojanja vrste *Pseudochorthippus parallelus*. Brojevi u zagradama predstavljaju broj utvrđenih vrsta reda Orthoptera po mjesecima, bez ubrojanja vrste *P. parallelus*.

Bez ubrojanja vrste *Pseudochorthippus parallelus*, red Orthoptera ima znatno veću vrijednost Shannon i Wienerovog indeksa u prvom dijelu sezone pojavljivanja imaga, što je izravna posljedica povećanja ujednaženosti vrsta (Slika 28).

Bogatstvo vrsta (Margalefov indeks) podreda Ensifera kao i podreda Caelifera pokazuje najveće vrijednosti u mjesecima kada je i broj vrsta tih podredova najveći. Za podred Ensifera to je u srpnju (Margalefov indeks = 2,9; broj vrsta = 16), a za podred Caelifera u kolovozu (Margalefov indeks = 2,17; broj vrsta = 16) i rujnu (Margalefov indeks = 2,16; broj vrsta = 13) (Slika 29). Vidimo da je Margalefov indeks kod podreda Caelifera gotovo identičnih vrijednosti tijekom kolovoza i rujna, iako su u kolovozu našle tri vrste viđe. Međutim, u kolovozu je znatno veća i relativna abundancija podreda Caelifera (Tablica 3; Slika 24), a ona se negativno odražava na Margalefov indeks, tj. smanjuje ga.



Slika 29. Margalefov indeks i broj vrsta (brojevi u zagradama) podredova Caelifera i Ensifera kao pokazatelji njihove raznolikosti vrsta tijekom sezone pojavljivanja imaga.



Slika 30. Shannon – Wienerov indeks i broj vrsta (brojevi u zagradama) podredova Caelifera i Ensifera kao pokazatelji njihove raznolikosti vrsta tijekom sezone pojavljivanja imaga.

Heterogenost vrsta (Shannon i Wienerov indeks) podreda Ensifera pokazuje najveće vrijednosti tijekom prvog dijela sezone pojavljivanja imaga (lipanj i kolovoz), s malom prevlađu u srpnju (2,2) kada je broj vrsta uvjerljivo najveći i (16) (Slika 30).

Heterogenost vrsta (Shannon i Wienerov indeks) podreda Caelifera postigne najveće vrijednosti u drugom dijelu sezone pojavljivanja imaga (kolovoz i listopad) (Slika 30). Iako je broj vrsta ovoga podreda bio najveći u kolovozu (16), Shannon i Wienerov indeks

pokazuje najvišu vrijednost u rujnu kada je našeno samo 13 vrsta. Kako je ranije objašnjeno, to je posljedica naglog povećanja ujednaženosti vrsta (Simpsonova mjera ujednaženosti) u rujnu, uslijed nestajanja vrste *Pseudochorthippus parallelus*.

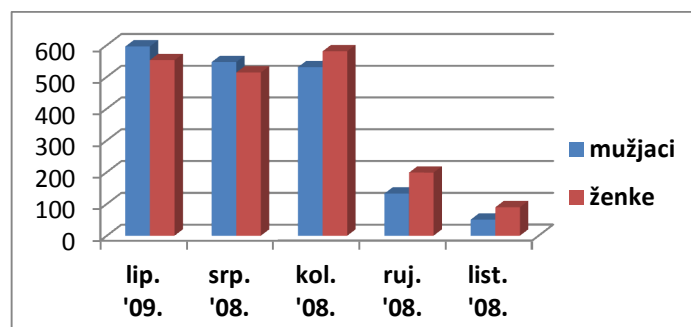
3.2.3. Dinamika omjera i abundancije spolova tijekom sezone pojavljivanja imaga

Tipičan primjer promjene omjera spolova tijekom sezone pojavljivanja imaga može se vidjeti kod podreda Ensifera. Na početku sezone pojavljivanja odraslih jedinki (lipanj), veliki je relativni broj mužjaka u odnosu na broj ženki. Na vrhuncu sezone kada su abundancija i raznolikost ovoga podreda najveći (srpanj), dolazi do izjednačavanja broja ulovljenih mužjaka i ženki, da bi prema kraju sezone uz pad abundancije brojčano prevladavale ženke (Slika 32).

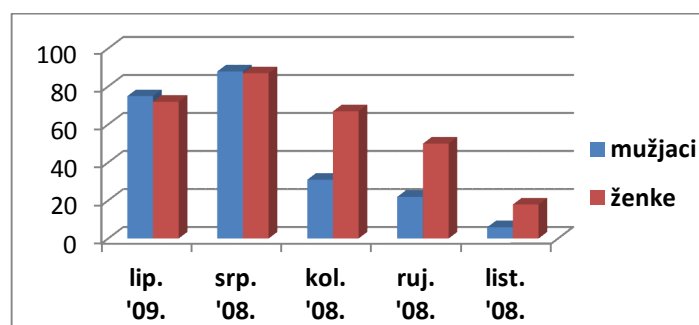
Ovaj obrazac promjene omjera spolova može se vidjeti kod većine vrsta ravnokrilaca ukoliko je ulovljen dovoljno veliki broj jedinki, kako kod podreda Ensifera (npr. *Pachytrachis gracilis*, *Pholidoptera griseoptera*, *Ph. fallax*) (Tablica 3), tako i kod podreda Caelifera (npr. *Glyptobothrus biguttulus*, *G. brunneus*, *Stenobothrus stigmaticus*) (Tablica 2; Slika 36, 37 i 38).

Kod nekih vrsta, npr. *Euthystira brachyptera*, *Pezotettix giornae* ili *Roeseliana roeselii*, tijekom cijele sezone pojavljivanja imaga jasno se vidi veliki omjer ženki u odnosu na mužjake (Tablica 3). To bi moglo biti posljedica vrlo kratkog i stoga neregistriranog perioda velinskog pojavljivanja mužjaka, osobito kod onih vrsta koje su imale najranija pojavljivanja imaga (lipanj) a istovremeno su pokazale i vrhunac abundancije na samom početku sezone registriranog pojavljivanja imaga (npr. *E. brachyptera*, *Decticus verrucivorus* i *R. roeselii*) (Tablica 3).

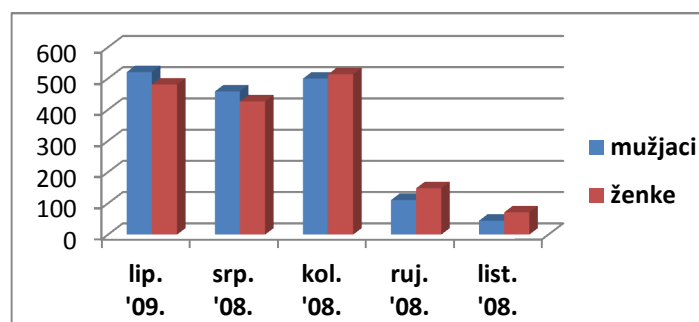
Suprotan je slučaj zabilježen kod vrste *Pseudochorthippus parallelus*. Ova daleko najabundantnija vrsta tijekom cijele sezone pojavljivanja imaga pokazuje jasnu brojčanu prevlast mužjaka u odnosu na ženke, da bi na samom kraju sezone (listopad) bili našeni samo mužjaci (Slika 35). Zbog velike brojnosti ove vrste u prvom dijelu sezone pojavljivanja imaga, mijenja se i sezonska dinamika abundancije cijeloga podreda Caelifera i reda Orthoptera. Stoga svaka od ove dvije sistematske kategorije ima praktički jednaku relativnu abundanciju na početku sezone (brojčana prevlast mužjaka) i u sredini sezone pojavljivanja imaga (izjednačenje ili brojčana prevlast ženki) (Slika 33 i 31). Izuzimanjem vrste *P. parallelus*, vidimo da podred Caelifera pokazuje tipični obrazac abundancije i omjera spolova tijekom sezone pojavljivanja imaga (Slika 34) kao i podred Ensifera (Slika 32).



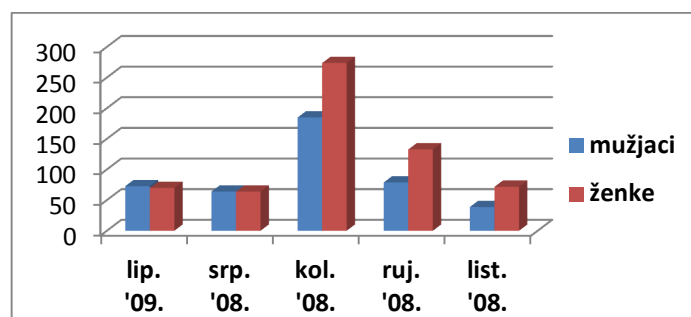
Slika 31. Omjer i relativna abundancija spolova kod reda Orthoptera tijekom sezone pojavljivanja imaga.



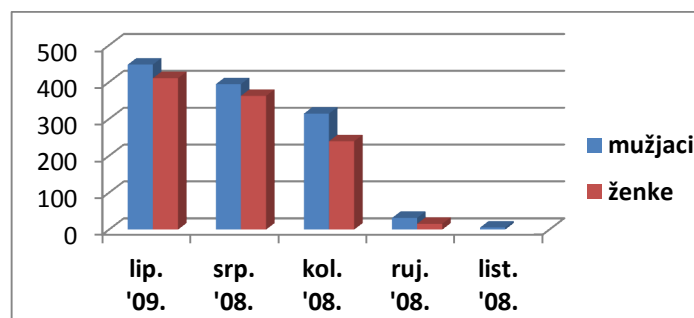
Slika 32. Omjer i relativna abundancija spolova kod podreda Ensifera tijekom sezone pojavljivanja imaga.



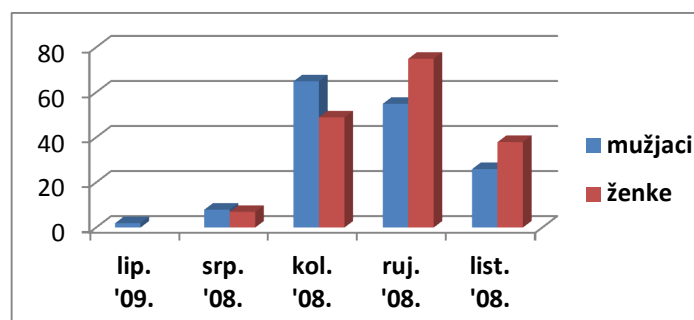
Slika 33. Omjer i relativna abundancija spolova kod podreda Caelifera tijekom sezone pojavljivanja imaga.



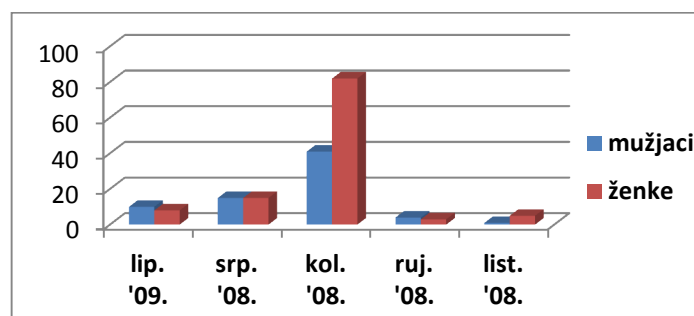
Slika 34. Omjer i relativna abundancija spolova kod podreda Caelifera tijekom sezone pojavljivanja imaga, bez ubrojavanja vrste *Pseudochorthippus parallelus*.



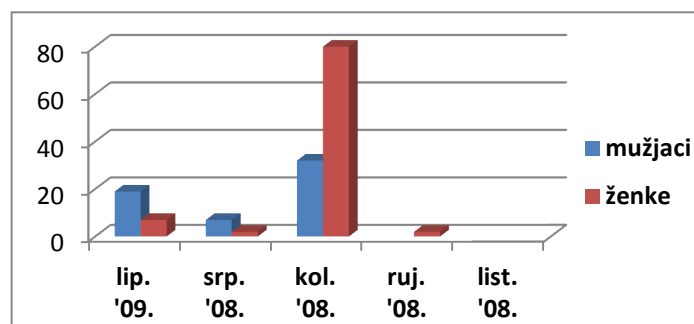
Slika 35. Omjer i relativna abundancija spolova kod vrste *Pseudochorthippus parallelus* tijekom sezone pojavljivanja imaga.



Slika 36. Omjer i relativna abundancija spolova kod vrste *Glyptobothrus biguttulus* tijekom sezone pojavljivanja imaga.



Slika 37. Omjer i relativna abundancija spolova kod vrste *Glyptobothrus brunneus* tijekom sezone pojavljivanja imaga.



Slika 38. Omjer i relativna abundancija spolova kod vrste *Stenobothrus stigmaticus* tijekom sezone pojavljivanja imaga.

3.3. Utjecaj košnje i ispaše na zajednice ravnokrilaca Medvednice te njihov bioindikacijski značaj

Rezultati su pokazali velike razlike u broju vrsta ravnokrilaca i njihovoj abundanciji između pojedinih lokaliteta (Tablica 7) koji su imali različite režime i ovjekova gospodarenja (Slika 40), ali i različitu mezoklimu (Slika 39).

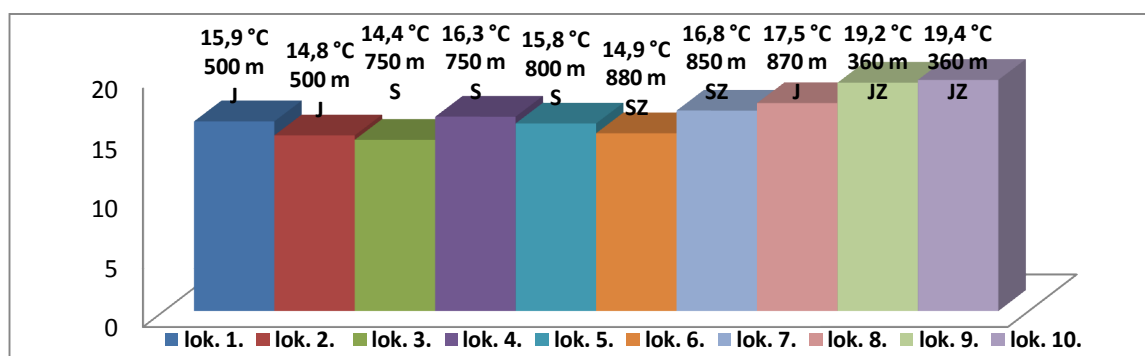
Tablica 7. Broj utvrđenih vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera na svakom lokalitetu. Brojevi u zagradama pokazuju brojnost jedinki inficiranih parazitima iz koljena Nematomorpha. Brojevi u prvom retku predstavljaju redne brojeve lokaliteta: 1. Ponikve I; 2. Ponikve II; 3. Fakultetsko dobro I; 4. Fakultetsko dobro II; 5. Hunjka; 6. Crveni spust; 7. Krumpirište; 8. Kapelica sv. Jakoba; 9. Čučerje I; 10. Čučerje II.

redni broj lokaliteta	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
broj vrsta Orthoptera	11	12	9	9	9	9	6	10	20	20
broj vrsta Ensifera	5	6	7	4	2	4	2	6	13	9
broj vrsta Caelifera	6	6	2	5	7	5	4	4	7	11
ukupno Orthoptera	463(14)	243(14)	439 (1)	344 (2)	654(12)	409(26)	452 (3)	407(12)	224	160
ukupno Ensifera	93	41 (1)	50	6	2	29	7	59 (3)	145	84
ukupno Caelifera	370(14)	202(13)	389 (1)	338 (2)	652(12)	380(26)	445 (3)	348 (9)	79	76
1. <i>G. campestris</i>									1	1
2. <i>Oe. pellucens</i>									1	
3. <i>E. ephippiger</i>		2			1					
4. <i>R. nitidula</i>	8	3	1					3	1	
5. <i>B. serricauda</i>								1		
6. <i>L. albobittata</i>									6	4
7. <i>L. boscii</i>	32									
8. <i>P. gracilis</i>						1	1	1		
9. <i>P. ornatus</i>			3							
10. <i>P. schmidtii</i>				1						
11. <i>Ph. falcata</i>	1	4	3			2			16	9
12. <i>Ph. nana</i>									2	
13. <i>D. verrucivorus</i>									1	12
14. <i>Ph. fallax</i>									37	33
15. <i>Ph. griseoptera</i>	5	6	2	3		23	6	51 (3)	1	
16. <i>Pach. gracilis</i>		11	31	1	1				56	13
17. <i>B. kuntzeni</i>										3
18. <i>R. roeselii</i>	47	15 (1)	7					1	1	
19. <i>P. a. grisea</i>				1		3		2	20	8
20. <i>T. viridissima</i>			3						2	1
21. <i>C. italicus</i>									9	10
22. <i>P. giornae</i>									48	12
23. <i>Ch. dispar</i>	21	17								
24. <i>E. brachyptera</i>	6	107	6		2	7				
25. <i>Ch. dorsatus</i>	24	10							11	4

(nastavak na sljedećoj stranici)

(Tablica 7. – nastavak)

redni broj lokaliteta	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
26. <i>G. biguttulus</i>	5			64 (1)	49 (4)	33	5	168 (1)		1
27. <i>G. brunneus</i>				12	13	125 (9)	13	20 (1)		1
28. <i>G. mollis</i>								2	5	26
29. <i>G. rufus</i>									1	1
30. <i>P. parallelus</i> broj makropternih* % makropternih*	309(14) 7* 2,27%*	58(11) 2* 3,45%*	383 (1) 81* 21,15%*	257 (1)	426 (4) 2* 0,47%*	209(17)	426 (3) 1* 0,23%*	158 (7) 12* 7,59%*		
31. <i>O. haemorrhoidalis</i>					13					1
32. <i>O. rufipes</i>									1	2
33. <i>S. lineatus</i>		1							4	17
34. <i>S. stigmaticus</i>				2	147 (4)					
35. <i>O. schmidtii</i>	5	9 (2)								
36. <i>Oe. caerulescens</i>					2	6				
37. <i>T. subulata</i>							1			
38. <i>T. undulata</i>				3						1

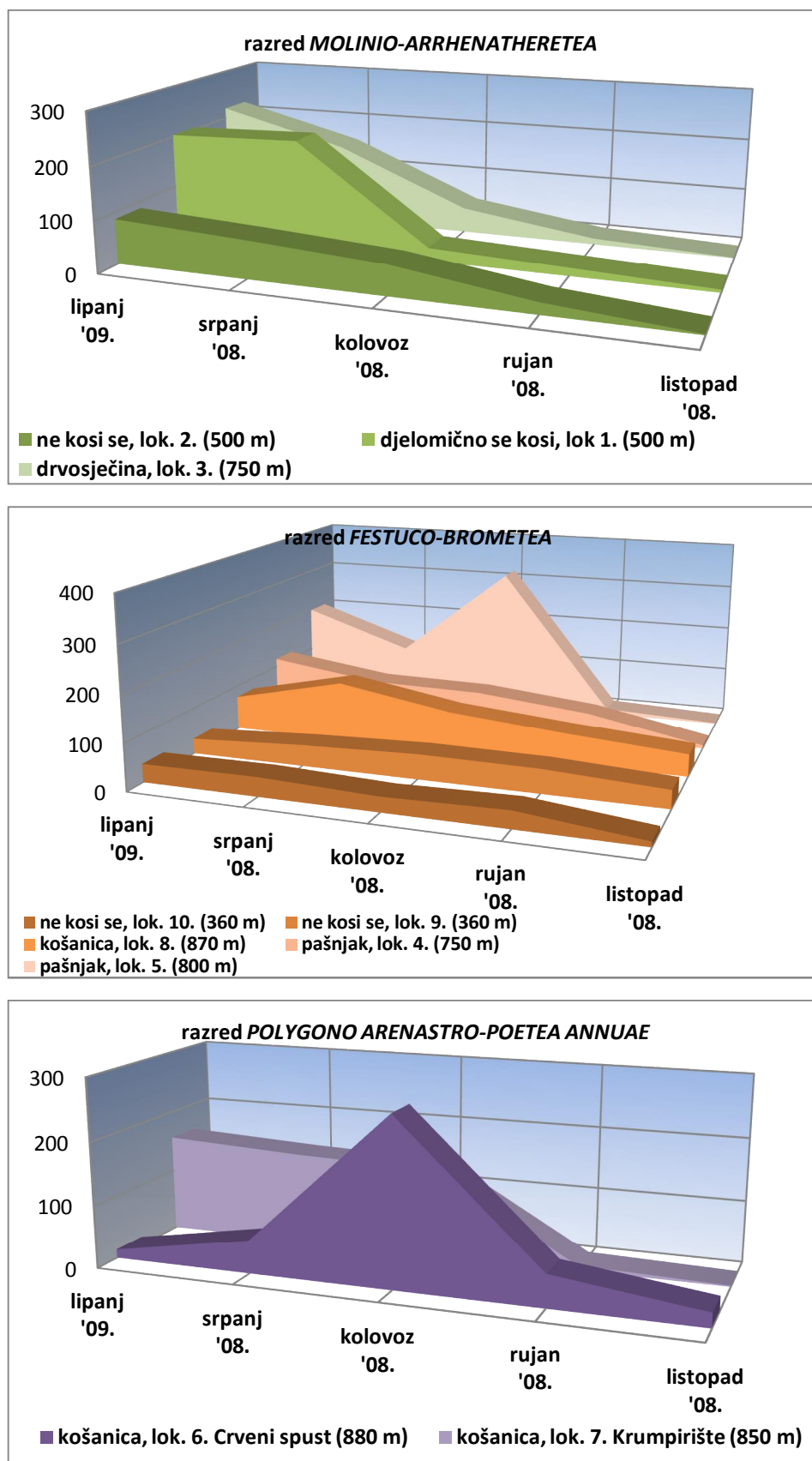


Slika 39. Prosječne temperature tla za razdoblje od travnja do listopada, mjerene na 10 cm dubine jednom mjesečno. Prikazane su i nadmorske visine te ekspozicije. Redni brojevi lokaliteta: 1. Ponikve I; 2. Ponikve II; 3. Fakultetsko dobro I; 4. Fakultetsko dobro II; 5. Hunjka; 6. Crveni spust; 7. Krumpirište; 8. Kapelica sv. Jakoba; 9. Čučerje I; 10. Čučerje II.

3.3.1. Utjecaj košnje i ispaše na zajednice ravnokrilaca istraživanih lokaliteta

Na području obuhvaćenom istraživanjem utvrđeno je velinsko prisustvo triju vegetacijskih razreda travnjačkih zajednica:

1. razred *MOLINIO-ARRHENATHERETEA* R. Tx. 1937 (lokaliteti 1., 2. i 3.)
2. razred *FESTUCO-BROMETEA* Br.-Bl. et R. Tx. 1943 (lokaliteti 4., 5., 8., 9. i 10.)
3. razred *POLYGONO ARENASTRO-POETEA ANNUAE* Rivas-Martinez et al. 1975 (lok. 6. i 7.)



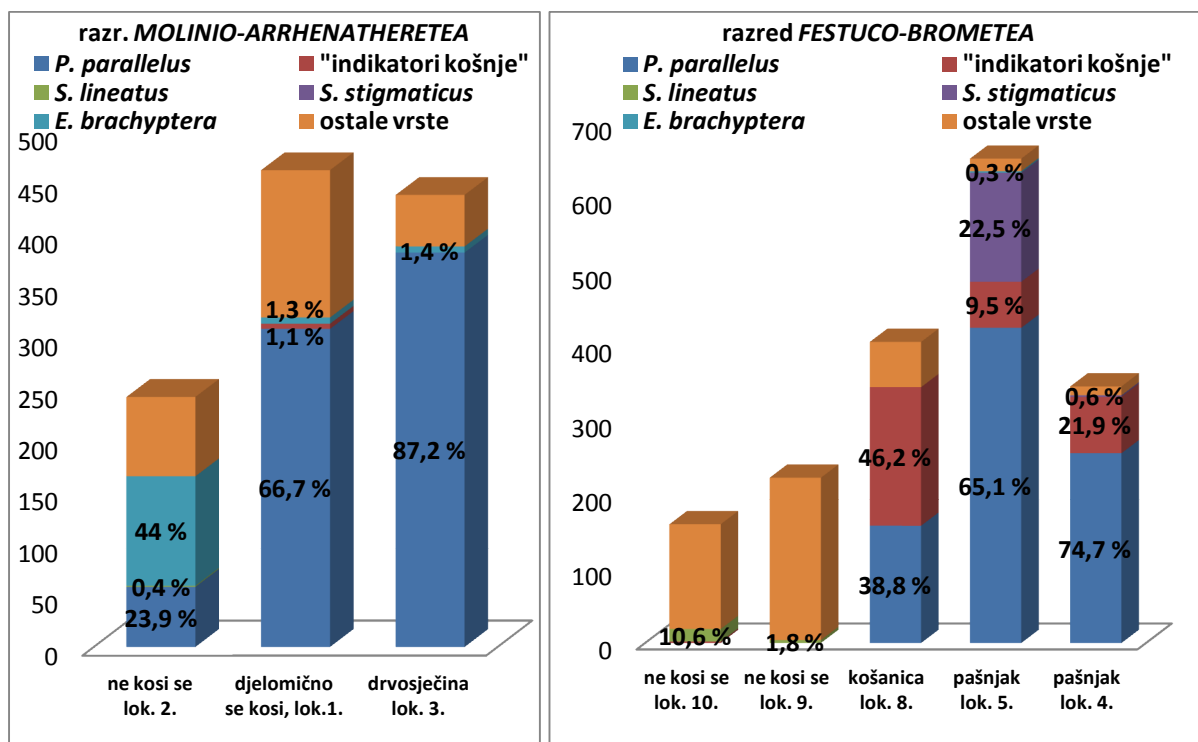
Slika 40. Usporedba relative abundancije reda Orthoptera između lokaliteta s različitim intenzitetom antropogeno-zoogenog djelovanja unutar triju različitih vegetacijskih razreda, tijekom sezone pojavljivanja imaga ravnokrilaca. Brojevi u zagradama predstavljaju nadmorsku visinu.

3.3.1.1. Utjecaj košnje i ispaše na abundanciju ravnokrilaca

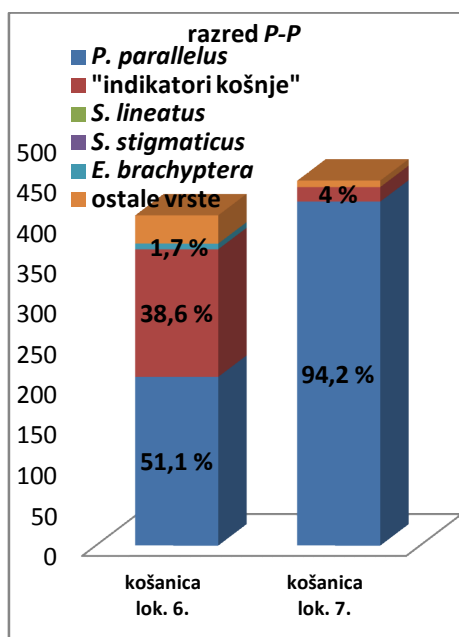
Unutar razreda *MOLINIO-ARRHENATHERETEA*, lokalitet 1. *Ž*onikve Iⁿ koji se dio redovito kosi nekoliko puta godišnje (i izložen je gaženju), imao je gotovo dvostruko veću relativnu abundanciju ravnokrilaca (463) u odnosu na susjedni lokalitet 2. *Ž*onikve IIⁿ, koji se ne kosi (abundancija = 243) (Tablica 7; Slika 40 i 41). Preostali lokalitet sa travnjačkim zajednicama ovoga vegetacijskog razreda, odn. lokalitet 3. *Ž*fakultetsko dobro Iⁿ (drvosječina), iako se ne kosi, imao je vrlo visoku relativnu abundanciju (439), gotovo jednako kao i lokalitet 1. koji se djelomično redovito kosi (Tablica 7; Slika 40 i 41). Inače, lokalitet 3. (*Ž*drvosječina) bio je manjim dijelom uz rub gume devastiran nedavno sruženim stablom i izgaženom okolnom travom.

Unutar razreda *FESTUCO-BROMETEA*, lokalitet 8. *Ž*kapelica sv. Jakobaⁿ koji se u potpunosti redovito kosi nekoliko puta godišnje, imao je približno dvostruko veću relativnu abundanciju Orthoptera (407) od lokaliteta koji se ne kose (lokalitet 9. *Ž*u^lerje Iⁿ, abundancija = 224; lokalitet 10. *Ž*u^lerje IIⁿ, abundancija = 160). Lokalitet 4. *Ž*fakultetsko dobro IIⁿ koji je pašnjak, pokazivao je također 1,5 i 2 puta veću abundanciju (344) od lokaliteta koji se ne kose, dok je drugi pašnjak (lokalitet 5. *Ž*hunjskaⁿ) imao čak 3 i 4 puta veću relativnu abundanciju (654) od nekošnica istoga vegetacijskog razreda (Tablica 7; Slika 40 i 41).

Vegetacijski razred *POLYGONO ARENASTRO-POETEA ANNUAE* u ovom je istraživanju bio predstavljen sa samo dva lokaliteta (lokalitet 6. *Ž*crveni spustiⁿ i lokalitet 7. *Ž*krumpirišteⁿ), od kojih se oba redovito kose nekoliko puta godišnje (drugi je uz to izložen i u^lestalom gaženju). Iako ih stoga nije bilo moguće usporediti sa nekošnicama istoga vegetacijskog razreda, jasno je uočljivo da su obje ove košnice imale znatno veću abundanciju ravnokrilaca (lokalitet 6. *Ž*crveni spustiⁿ, abundancija = 409; lokalitet 7. *Ž*krumpirišteⁿ, abundancija = 452) od bilo koje nekošnice iz druga dva vegetacijska razreda (Tablica 7; Slika 40, 41 i 42), osim lokaliteta 3. *Ž*fakultetsko dobro Iⁿ (*Ž*drvosječina). Naime, ovaj je lokalitet, vjerojatno zbog ranije spomenutih razloga, pokazivao izrazito visoku abundanciju.



Slika 41. Relativna abundancija reda Orthoptera na lokalitetima s različitim intenzitetom antropogeno-zoogenog djelovanja u dva različita vegetacijska razreda. Prikazani su i relativni udjeli vrste *P. parallelus*, vrsta *G. biguttulus* i *G. brunneus* („indikator košnje“), vrste *S. stigmaticus*, česte na suhim planinskim pašnjacima i livadama, vrste *E. brachyptera*, karakteristične za bujne, umjereno vlažne planinske travnjake, te vrste *S. lineatus*, karakteristične za umjereno suhe do umjereno vlažne očuvane travnjake.



Slika 42. Relativna abundancija reda Orthoptera i relativni udjeli vrste *P. parallelus*, vrsta *G. biguttulus* i *G. brunneus* („indikator košnje“), te vrste *E. brachyptera*, za košanice kao jedine predstavnice vegetacijskog razreda *POLYGONO ARENASTRO-POETEA ANNUAE* (skraćenica: P-P).

3.3.1.2. Utjecaj košnje i ispaše na udio i sastav vrsta ravnokrilaca

Uspoređujući i udio i sastav vrsta ravnokrilaca na lokalitetima svih triju vegetacijskih razreda (Slika 41 i 42), najupečatljivija je velika razlika u relativnom brojanom udjelu tri najabundantnija stanišna generalista (*habitat generalists*) (*Pseudochorthippus parallelus*, *Glyptobothrus biguttulus* i *G. brunneus*) između lokaliteta koji su pod jakim antropogeno-zoogenim utjecajem (košnja i ispaša) i onih koji se ne kose.

Unutar razreda *MOLINIO-ARRHENATHERETEA* (Slika 41), vrsta *Pseudochorthippus parallelus* pojavila se sa gotovo trostruko većim udjelom na lokalitetu 1. (66,7%) koji se djelomično redovito kosi, u odnosu na susjedni lokalitet 2. (23,9%) koji se ne kosi. Na lokalitetu 3. (Štrvosjelina) *P. parallelus* se pojavio u iznimno visokom postotku (87,2%), sa višestruko većim udjelom makropternih jedinki (21,15%) nego na bilo kojem drugom lokalitetu obuhvaćenom istrđivanjem (Tablica 7).

Unutar razreda *FESTUCO-BROMETEA* (Slika 41), *Pseudochorthippus parallelus* se uopće nije pojavljivao na lokalitetima 9. i 10. koji se ne kose, da bi se na lokalitetu 8. (košnica) pojavio u relativno visokom postotku (38,8%). U vrlo visokom postotku pojavio se na pašnjacima, tj. na lokalitetu 5. (65,1%) i lokalitetu 4. (74,7%).

Unutar razreda *POLYGONO ARENASTRO-POETEA ANNUAE* (Slika 42), koji je bio predstavljen sa samo dvije košnice, *Pseudochorthippus parallelus* se na jednoj (lokalitet 6.) pojavio u visokom postotku (51,1%), a na drugoj (lokalitet 7.) u ekstremno visokom postotku (94,2%).

Vrste *Glyptobothrus biguttulus* i *G. brunneus* (štrvosjelina) pojavljivale su se u paru (štrvosjelina) na oba pašnjaka (lokaliteti 4. i 5.) i sve tri košnice (lokaliteti 6., 7. i 8.) u različitim postocima, dok se na lokalitetu 1. koji se djelomično redovito kosi, pojavila samo vrsta *G. biguttulus* i to u vrlo malom postotku (Slika 41 i 42). Od preostala četiri lokaliteta koji se ne kose (lokaliteti 2., 3., 9. i 10.), ove dvije vrste su našle samo na lokalitetu 10., ali u gotovo zanemarivom postotku (po jedan primjerak od svake vrste) (Tablica 7; Slika 41).

Vrsta *Stenobothrus stigmaticus* našla je samo na pašnjacima, tj. na lokalitetu 4. u vrlo malom postotku (0,6%) i na lokalitetu 5. (22,5%), na kojem je to druga vrsta po dominantnosti (odmah iza vrste *Pseudochorthippus parallelus*) (Slika 41).

Vrsta *Euthystira brachyptera* naĽena je u sva tri vegetacijska razreda, na 5 meĽusobno vrlo razliĽitih lokaliteta s obzirom na antropogeno-zoogeni utjecaj (Slika 41 i 42). MeĽutim, samo na lokalitetu 2. koji se ne kosi i koji je uz to i najvlaĽniji od svih, ova vrsta dolazi kao najdominantnija, sa visokim relativnim udjelom od 44%. Na preostala Ľetiri lokaliteta (lokaliteti 1., 3., 5. i 6.) koji su pod izrazitim antropogeno-zoogenim djelovanjem, ova vrsta se pojavljuje u vrlo niskom postotku (0,3 Ľ 1,7%).

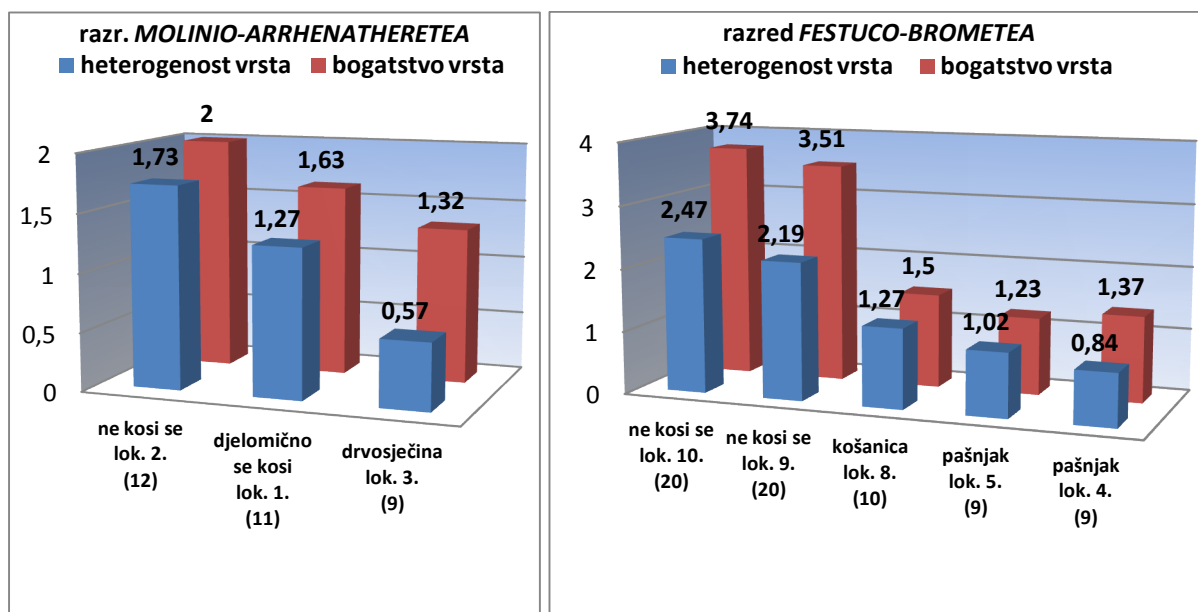
Vrsta *Stenobothrus lineatus* jedina je vrsta koja je, premda u malom postotku (0,4 Ľ 10,6%), naĽena samo na lokalitetima koji se ne kose (lokaliteti 2., 9. i 10.), tj. lokalitetima na kojima nije bio vidljiv nikakav antropogeno-zoogeni utjecaj (Tablica 7; Slika 41), ali su se jako razlikovali po vegetacijskom pokrovu (vlaĽnosti) i prosjeĽnoj temperaturi tla (Slika 39).

Na lokalitetima 9. i 10. naĽeno je viĽe vrsta podreda Caelifera (i Ensifera) koje nisu bile naĽene niti na jednom drugom lokalitetu (Tablica 7). BuduĽi da su ove vrste viĽe-manje kserotermofilne i/ili heliofilne, njihova prisutnost na ova dva lokaliteta uvjetovana je u velikoj mjeri vrlo povoljnim mezoklimatskim Ľimbenicima (Slika 39), tako da stoga nisu uzete posebno u razmatranje.

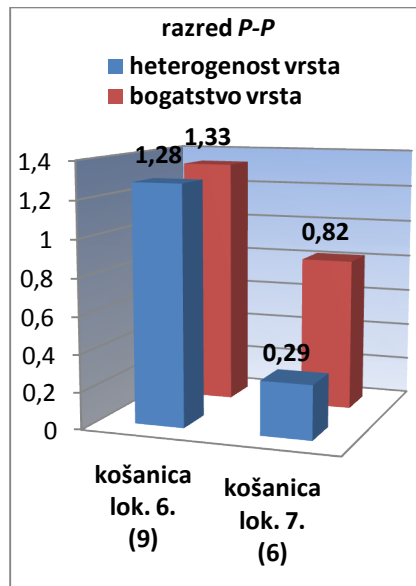
3.3.1.3. Utjecaj koĽnje i ispaĽe na bogatstvo i heterogenost vrsta ravnokrilaca

Unutar vegetacijskog razreda *MOLINIO-ARRHENATHERETEA*, lokalitet 2. koji se ne kosi imao je uvjerljivo najviĽu vrijednost Margalefovog indeksa (*species richness*) i Shannon Ľ Wienerovog indeksa (*species heterogeneity*) za red Orthoptera. Lokalitet 1. koji se djelomiĽno kosi, imao je znatno niĽe vrijednosti ova dva indeksa, dok je najniĽu raznolikost ravnokrilaca pokazao lokalitet 3. (ĽdrvosjeĽinaĽ) sa skoro dvostruko niĽom vrijednoĽu Margalefovog indeksa i trostruko niĽom vrijednoĽu Shannon Ľ Wienerovog indeksa od prvoplasiranog lokaliteta 2. (Slika 43).

Unutar vegetacijskog razreda *FESTUCO-BROMETEA*, daleko najveĽu raznolikost ravnokrilaca pokazali su lokaliteti 9. i 10. koji se ne kose, sa cca. dvostruko viĽom vrijednoĽu Margalefovog i Shannon Ľ Wienerovog indeksa od treĽeplasiranog lokaliteta 8. koji se redovito kosi. NajniĽe vrijednosti ova dva indeksa unutar ovoga biljnog sintaksona pokazali su paĽnjaci, tj. lokaliteti 5. i 4. (Slika 43).



Slika 43. Vrijednosti Shannon – Wienerovog indeksa i Margalefovog indeksa reda Orthoptera za lokalitete s različitim intenzitetom antropogeno-zoogenog djelovanja u dva različita vegetacijska razreda. Brojevi u zagradama predstavljaju broj utvrđenih vrsta reda Orthoptera.



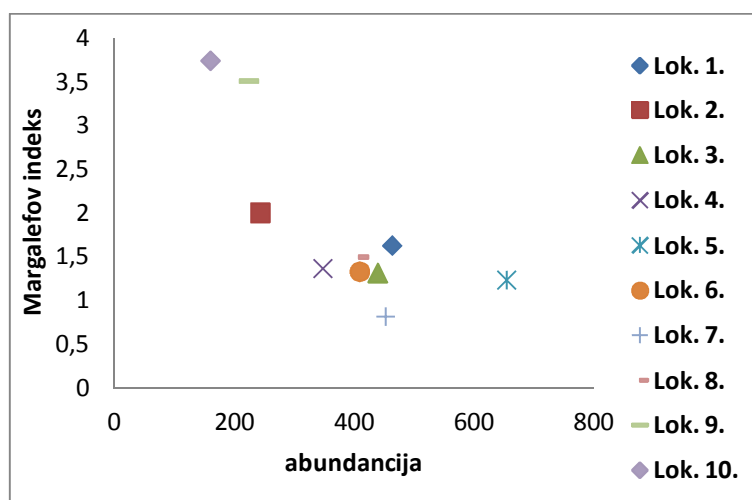
Slika 44. Vrijednosti Shannon – Wienerovog indeksa i Margalefovog indeksa reda Orthoptera za košanice kao jedine predstavnice vegetacijskog razreda *POLYGONO ARENASTRO-POETEA ANNUAE* (skraćenica: P-P). Brojevi u zagradama predstavljaju broj utvrđenih vrsta reda Orthoptera.

Vegetacijski razred *POLYGONO ARENASTRO-POETEA ANNUAE* bio je prezentiran sa samo dvije košanice (lokaliteti 6. i 7.), koje su se međusobno jako razlikovale po vrijednostima Margalefovog i Shannon i Wienerovog indeksa reda Orthoptera (Slika 44).

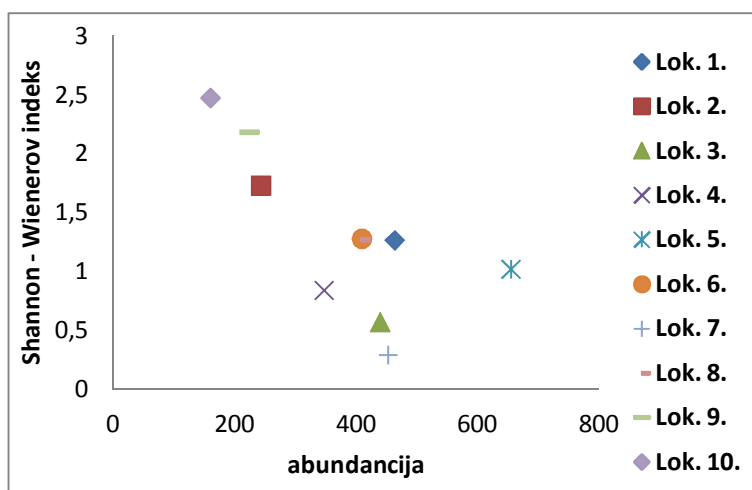
Međutim, te vrijednosti bile su puno niže od vrijednosti ovih indeksa za bilo koji od tri lokaliteta koji se ne kose, a pripadaju drugim vegetacijskim razredima (Slika 43).

3.3.2. Ravnokrilci Medvednice kao ekološki indikatori i biomonitori

Općenito, razmatrajući odnose abundancije i raznolikosti vrsta ravnokrilaca Medvednice na svih deset istraživanih lokaliteta, jasno je uočljivo da je taj odnos negativno

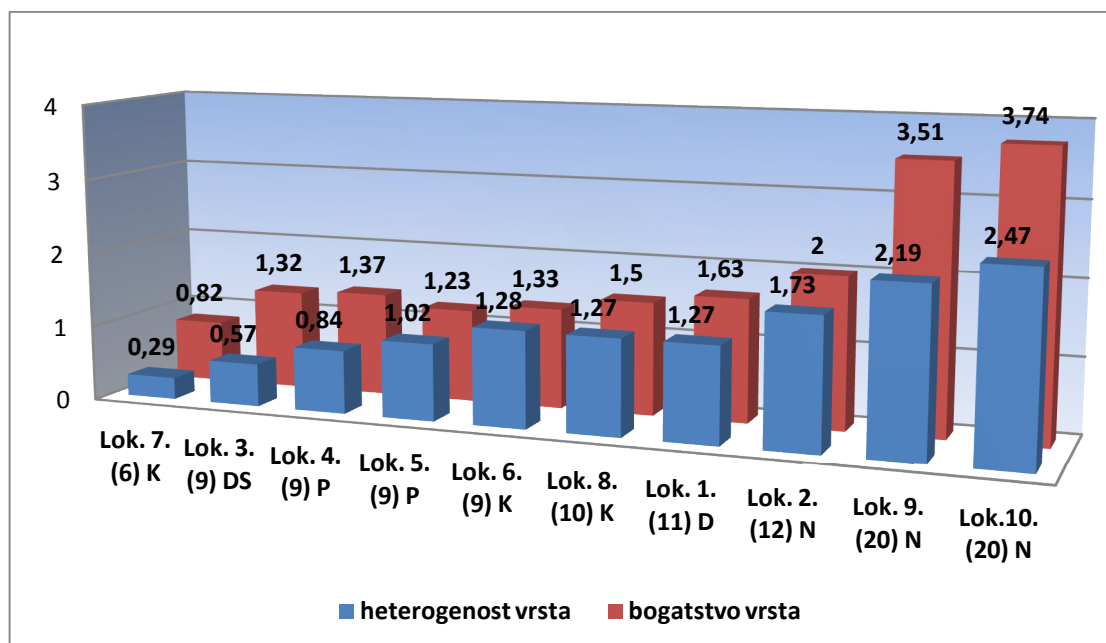


Slika 45. Odnos između abundancije i Margalefovog indeksa (*species richness*) kao pokazatelja raznolikosti vrsta (*species diversity*) reda Orthoptera. Redni brojevi lokaliteta: 1. Ponikve I; 2. Ponikve II; 3. Fakultetsko dobro I; 4. Fakultetsko dobro II; 5. Hunjka; 6. Crveni spust; 7. Krumpirište; 8. Kapelica sv. Jakoba; 9. Čučerje I; 10. Čučerje II.



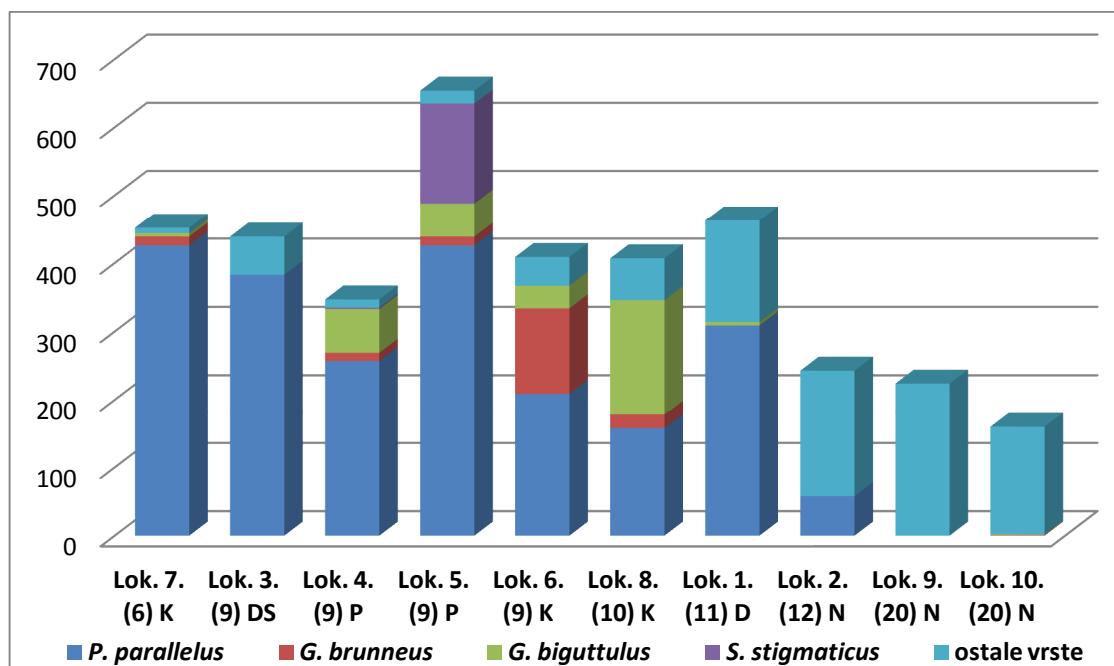
Slika 46. Odnos između abundancije i Shannon – Wienerovog indeksa (*species heterogeneity*) kao pokazatelja raznolikosti vrsta (*species diversity*) reda Orthoptera. Redni brojevi lokaliteta: 1. Ponikve I; 2. Ponikve II; 3. Fakultetsko dobro I; 4. Fakultetsko dobro II; 5. Hunjka; 6. Crveni spust; 7. Krumpirište; 8. Kapelica sv. Jakoba; 9. Čučerje I; 10. Čučerje II.

koreliran i eksponencijalan (Slika 45 i 46). Drugim riječima, padom abundancije dolazi do eksponencijalnog porasta Margalefovog i Shannon i Wienerovog indeksa. Slaganjem lokali-

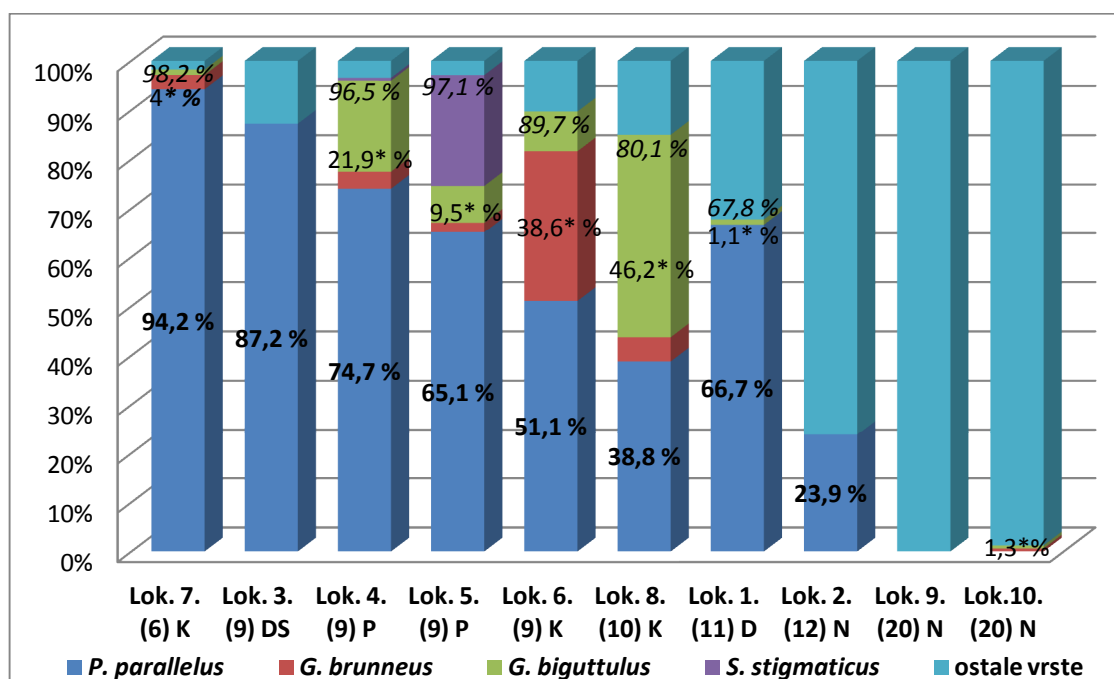


Slika 47. Predloženi poredak lokaliteta duž gradijenta raznolikosti vrsta reda Orthoptera sa prikazanim vrijednostima Shannon – Wienerovog indeksa i Margalefovog indeksa. Shannon – Wienerov indeks je preferiran jer obuhvaća dva aspekta raznolikosti vrsta (bogatstvo i ujednačenost), a oni lokaliteti koji su pokazali iste ili gotovo iste vrijednosti ovoga indeksa, složeni su po vrijednostima Margalefovog indeksa koji je osjetljiv na veličinu uzorka. Brojevi u zagradama predstavljaju broj vrsta, a velika slova označavaju tip travnjaka s obzirom na antropogeno-zoogeni utjecaj: DS = drvosječina; P = pašnjak; K = košanica; D = djelomično se kosi; N = ne kosi se.

teta uzlazno duž gradijenta raznolikosti vrsta (Slika 47), možemo ošekivati vidljivi pad abundancije, kao i druge više ili manje stupnjevane promjene u udjelu i sastavu vrsta Orthoptera (Slika 48). Posebno je dobro uočljiv pravilan i postepeni pad relativnog udjela vrste *Pseudochorthippus parallelus* (Slika 49), koja se uopće ne pojavljuje na posljednja dva lokaliteta (lokaliteti 9. i 10.), koji su pokazali najveću raznolikost vrsta reda Orthoptera. Također se jasno vidi i ovisnost vrsta *Glyptobothrus biguttulus* i *G. brunneus* o antropogeno-zoogenom djelovanju, te su stoga ovom prilikom nazvane indikatorima košnje, koji zajedno tvore tzv. košnjaški par. Iako su se ove dvije vrste gotovo isključivo javljale samo na košanicama i pašnjacima, i uvijek u paru (s izuzetkom lokaliteta 10. koji se ne kosi, ali gdje su nađene u vrlo malom postotku, i lokaliteta 1. koji se djelomično kosi, ali je nađena samo vrsta *G. biguttulus*) (Slika 49), vidljivo je da one preferiraju samo umjereni antropogeno-zoogeni utjecaj, tj. lokalitet 8. (46,2%) i lokalitet 6. (38,6%). Naime, nastavljenim padom heterogenosti vrsta (Shannon i Wienerov indeks) (Slika 47), kao poslje-



Slika 48. Predloženi poredak lokaliteta duž gradijenta raznolikosti vrsta reda Orthoptera s prioritarnim uvažavanjem vrijednosti Shannon – Wienerovog indeksa i prikazanom relativnom abundancijom. Brojevi u zagradama predstavljaju broj vrsta, a velika slova označavaju tip travnjaka s obzirom na antropogeno-zoogeni utjecaj: DS = drvosječina; P = pašnjak; K = košanica; D = djelomično se kosi; N = ne kosi se.



Slika 49. Predloženi poredak lokaliteta duž gradijenta raznolikosti vrsta reda Orthoptera s prioritarnim uvažavanjem vrijednosti Shannon – Wienerovog indeksa. Prikazan je i zajednički relativni udio različitih kombinacija četiri najabundantnije vrste Orthoptera Medvednice (označeno kurzivom), zatim udio tzv. „košaničkog para“, odn. „indikatora košnje“ (*G. biguttulus* i *G. brunneus*) (označeno zvjezdicom*) te udio vrste *P. parallelus* (označeno podebljano). Brojevi u zagradama predstavljaju broj vrsta, a velika slova označavaju tip travnjaka s obzirom na antropogeno-zoogeni utjecaj: DS = drvosječina; P = pašnjak; K = košanica; D = djelomično se kosi; N = ne kosi se.

dice pojava antropogeno-zoogenog utjecaja, dolazi do polaganog ali sigurnog pada relativnog udjela ove dvije vrste (lokaliteti 5., 4. i 7.), ali i daljnjeg, linearnog povećanja udjela vrste *P. parallelus* (Slika 49).

Ukoliko pogledamo tri najabundantnije vrste Orthoptera Medvednice, tj. vrstu *Pseudochorthippus parallelus*, *Glyptobothrus biguttulus* i *G. brunneus* (stanišni generalisti), zajedno sa vrstom *Stenobothrus stigmaticus* (dominantna četvorka), lako možemo uočiti da se relativni udio njihovih različitih kombinacija povećava sa opadanjem raznolikosti vrsta reda Orthoptera (Margalefov i Shannon i Wienerov indeks) (Slika 49 i 47), a to se vidljivo poklapa sa povećanjem antropogeno-zoogenog utjecaja.

3.3.3. Klaster i NMDS analiza sličnosti između zajednica ravnokrilaca istraživanih lokaliteta

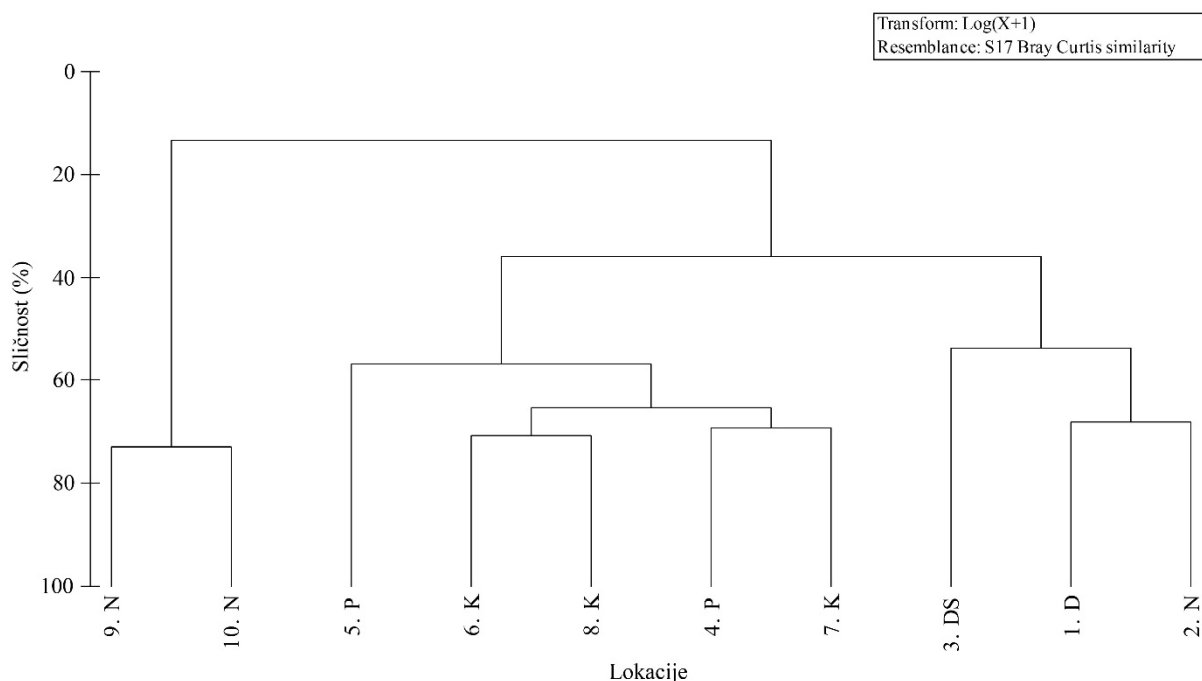
Generalno, hijerarhijska klaster analiza pokazala je velike razlike između pojedinih zajednica ravnokrilaca prisutnih na različitim lokalitetima istraživanih područja (Slika 50). Prvo odvajanje dvije jako različite grupe (klastera) vidljivo je već pri vrijednosti Bray i Curtisovog koeficijenta sličnosti od svega 10%, dok drugo veliko odvajanje nastupa kod još uvijek male sličnosti od nekih 30%. U konačnici dobivamo tri glavne, vrlo različite grupe (klastera) zajednica ravnokrilaca, koje imaju međusobnu sličnost od samo cca. 30 % ili manju. S druge strane, ova analiza pokazuje relativno velike međusobne sličnosti zajednica Orthoptera unutar svake od tri glavne grupe: grupa I (lok. 3., 1., 2.) pokazuje unutrašnju sličnost svojih zajednica Orthoptera od 50% ili veću; grupa II (lok. 5., 6., 8., 4., 7.) pokazuje unutrašnju sličnost veću od 50%; grupa III (lok. 9., 10.) pokazuje unutrašnju sličnost veću od 70%.

Grupa III (lok. 9., 10.) koja se prva odvaja (Slika 50), veliku specifičnost svojih zajednica ravnokrilaca duguje ne samo odsustvu košnje i ispaše, nego i veoma povoljnim mezoklimatskim i klimatskim uvjetima na ova dva lokaliteta (Slika 39), na kojima je utvrđeno i najveće bogatstvo i heterogenost vrsta reda Orthoptera (Slika 47).

Grupa II (lok. 5., 6., 8., 4., 7.) također je dobro definirana grupa s obzirom na antropogeno-zoogeni utjecaj, tj. obuhvaća pet lokaliteta od kojih su svi košani ili pašnjaci (Slika 50).

Grupa I (lok. 3., 1., 2.) obuhvaća tri lokaliteta od kojih niti jedan nije tipičan za košnicu ili pašnjak, a ujedno su to i jedini lokaliteti pripadnici vegetacijskog razreda *MOLINIO-*

ARRHENATHERETEA, koji se odlikuje znatno većom higrofilnošću u odnosu na ostala dva vegetacijska razreda.

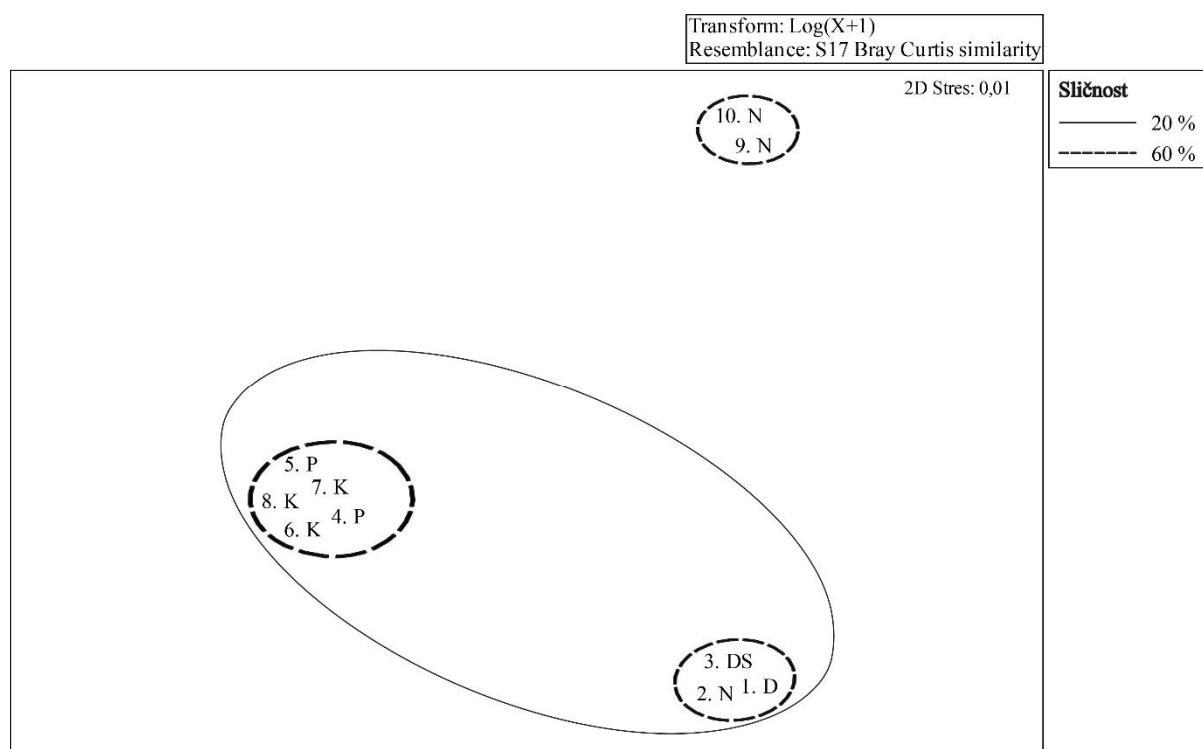


Slika 50. Dendrogram hijerarhijskog grupiranja deset istraživanih lokaliteta, dobiven na temelju grupnih prosjeka Bray – Curtisovih koeficijenata sličnosti izračunatih na bazi Log (X+1) transformiranih podataka o abundanciji vrsta ravnokrilaca. Analizu je izradila dr. sc. V. Mičetić Stanković uz pomoć programa Primer 5.2.9. Redni brojevi lokaliteta: 1. Ponikve I; 2. Ponikve II; 3. Fakultetsko dobro I; 4. Fakultetsko dobro II; 5. Hunjka; 6. Crveni spust; 7. Krumpirište; 8. Kapelica sv. Jakoba; 9. Čučerje I; 10. Čučerje II. Velika slova označavaju tip travnjaka s obzirom na antropogeno-zoogeni utjecaj: DS = drvosječina; P = pašnjak; K = košanica; D = djelomično se kosi; N = ne kosi se.

Također, vrlo slične rezultate dala je i NMDS analiza (Slika 51). Jasno je vidljivo grupiranje lokaliteta (tj. zajednica ravnokrilaca koje na njima dolaze) u tri zasebne, međusobno prilično udaljene i dobro definirane grupe, koje su po obuhvaćenim lokalitetima identične trima glavnim grupama dobivenim u klaster analizi. Sličnost između zajednica Orthoptera na obuhvaćenim lokalitetima unutar svake od tri grupe iznosi visokih 60%. Nadalje, dok grupa III (lok. 9., 10.) pokazuje vrlo malu sličnost s ostale dvije grupe, one pokazuju tek nešto veću međusobnu sličnost od 20%.

Isto tako, i kriteriji po kojima je došlo do grupiranja lokaliteta u grupe istovjetni su onima navedenim u klaster analizi, tako da ih nema potrebe ovdje ponavljati.

Analiza je pokazala i vrlo prihvatljivu razinu stresa od svega 0,01 što govori da ovaj dvodimenzionalni prikaz vrlo vjerno odražava višedimenzionalne veze između uzoraka zajednica Orthoptera.



Slika 51. Dvodimenzionalni grafički prikaz grupiranja deset istraživanih lokaliteta, dobiven NMDS analizom na temelju Bray – Curtisovih koeficijenata sličnosti izračunatih na bazi Log (X+1) transformiranih podataka o abundanciji vrsta ravnokrilaca. Analizu je izradila dr. sc. V. Mičetić Stanković uz pomoć programa Primer 5.2.9. Redni brojevi lokaliteta: 1. Ponikve I; 2. Ponikve II; 3. Fakultetsko dobro I; 4. Fakultetsko dobro II; 5. Hunjka; 6. Crveni spust; 7. Krumpirište; 8. Kapelica sv. Jakoba; 9. Čučerje I; 10. Čučerje II. Velika slova označavaju tip travnjaka s obzirom na antropogeno-zoogeni utjecaj: DS = drvosječina; P = pašnjak; K = košanica; D = djelomično se kosi; N = ne kosi se.

Zaključno, može se ustvrditi da su obje analize (klaster i NMDS analiza) pokazale relativno visok stupanj grupiranja zajednica Orthoptera na temelju međusobne sličnosti a s obzirom na različiti intenzitet antropogeno-zoogenog djelovanja, iako su i pripadnost lokaliteta pojedinim vegetacijskim razredima te mezoklimatska određenost imale vidljivi utjecaj.

3.4. Brojnost i udio jedinki ravnokrilaca Medvednice inficiranih makroskopski vidljivim ličinkama strunaša

Infekcija makroskopski vidljivim ličinkama strunaša primijećena je kod 7 vrsta ravnokrilaca (5 vrsta Caelifera i 2 vrste Ensifera) (Tablica 8) i to u sljedećim postotcima:

Tablica 8. Brojnost jedinki inficiranih makroskopski vidljivim ličinkama Nematomorpha (brojevi u zagradama) te njihov postotak u odnosu na ukupan broj ulovljenih jedinki (Orthoptera, Ensifera i Caelifera te posebno za svaku od 7 vrsta kod kojih je uočena infekcija) tijekom pet mjeseci razdoblja istraživanja.

	lipanj 2009.	srpanj 2008.	kolovoz 2008.	rujan 2008.	listopad 2008.	ukupno
ukupno Orthopt.	1149 (1) 0,09%	1061(31) 2,9%	1112 (49) 4,4%	332 (3) 0,9%	141	3795 (84) 2,2%
ukupno Ensifera	147	175 (2) 1,1%	98 (2) 2%	72	24	516 (4) 0,8%
ukupno Caelifera	1002 (1) 0,1%	886 (29) 3,3%	1014 (47) 4,6%	260 (3) 1,2%	117	3279 (80) 2,4%
<i>Ph. griseoptera</i>	35*	39 (2) 5,1%	9 (1) 11,1%	9	5	97 (3) 3%
<i>R. roeselii</i>	31	34	6 (1) 16,6%			71 (1) 1,4%
<i>G. biguttulus</i>	2	15	114 (4) 3,5%	130 (2) 1,5%	64	325 (6) 1,8%
<i>G. brunneus</i>	18	30	123 (10) 8,1%	7	6	184 (10) 5,4%
<i>P. parallelus</i>	859 (1) 0,1%	758 (27) 3,6%	555 (29) 5,2%	48 (1) 2,1%	6	2226 (58) 2,6%
<i>S. Stigmaticus</i>	26	9	112 (4) 3,6%	2		149 (4) 2,7%
<i>O. schmidtii</i>	3	11 (2) 18,2%				14 (2) 14,3%

*ličinke ravnokrilaca

Odontopodisma schmidtii 14,3%, *Glyptobothrus brunneus* 5,4%, *Pholidoptera griseoptera* 3%, *Stenobothrus stigmaticus* 2,7%, *Pseudochorthippus parallelus* 2,6%, *Glyptobothrus biguttulus* 1,8% i *Roeseliana roeselii* 1,4%. Od 3795 ukupno ulovljenih jedinki ravnokrilaca njih 84 bilo je inficirano, što čini 2,2%. Infekcija je zabilježena u tri puta većem postotku kod jedinki podreda Caelifera (2,4%) nego kod pripadnika podreda Ensifera (0,8%).

Nadalje, 6 vrsta imalo je najveći udio inficiranih jedinki u kolovozu, a samo vrsta *O. schmidtii* u srpnju, budući da pripadnici ove vrste poslije srpnja nisu više niti nađeni. Ukupno gledajući, najveći udio inficiranih jedinki reda Orthoptera utvrđen je u kolovozu (4,4%) (Tablica 8), kada su abundancija i bogatstvo vrsta ravnokrilaca bili najveći (Slika 24 i 26).

Od svih 10 istraživanih lokaliteta najveći postotak inficiranih jedinki ravnokrilaca pokazali su lokaliteti 6. Črveni spusti (6,4%) i 2. Ponikve II (5,8%) (Tablica 9). Samo na lokalitetima 9. Aulje I i 10. Aulje II, koji su imali najpovoljniju mezoklimu i najveću heterogenost i bogatstvo vrsta Orthoptera, nije utvrđena niti jedna inficirana jedinka.

Daleko najveću pojedinačnu inficiranost neke vrste na nekom lokalitetu pokazale su vrste *Odontopodisma schmidtii* (22,2%) i *Pseudochorthippus parallelus* (19%), obje na lokalitetu 2. Ponikve II (Tablica 9). Inače, ovaj lokalitet je najvlažniji od svih 10 istraživanih lokaliteta i u njegovoj neposrednoj blizini protječe potok.

Tablica 9. Brojnost jedinki inficiranih makroskopski vidljivim ličinkama Nematomorpha (brojevi u zagradama) te njihov postotak u odnosu na ukupan broj ulovljenih jedinki (Orthoptera, Ensifera i Caelifera te posebno za svaku od 7 vrsta kod kojih je uočena infekcija) na svakom od deset istraživanih lokaliteta. Redni brojevi lokaliteta: 1. Ponikve I; 2. Ponikve II; 3. Fakultetsko dobro I; 4. Fakultetsko dobro II; 5. Hunjka; 6. Crveni spust; 7. Krumpirište; 8. Kapelica sv. Jakoba; 9. Čučerje I; 10. Čučerje II.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
ukupno Orthop. inficiranih	463 (14) 3%	243 (14) 5,8%	439 (1) 0,2%	344 (2) 0,6%	654 (12) 1,8%	409 (26) 6,4%	452 (3) 0,7%	407 (12) 2,9%	224	160
ukupno Ensifera inficiranih	93	41 (1) 2,4%	50	6	2	29	7	59 (3) 5,1%	145	84
ukupno Caelifera inficiranih	370 (14) 3,8%	202 (13) 6,4%	389 (1) 0,3%	338 (2) 0,6%	652 (12) 1,8%	380 (26) 6,8%	445 (3) 0,7%	348 (9) 2,6%	79	76
<i>Ph. griseoptera</i> inficiranih	5	6	2	3		23	6	51 (3) 5,9%	1	
<i>R. roeselii</i> inficiranih	47	15 (1) 6,7%	7					1	1	
<i>G. biguttulus</i> inficiranih	5			64 (1) 1,6%	49 (4) 8,2%	33	5	168 (1) 0,6%		1
<i>G. brunneus</i> inficiranih				12	13	125 (9) 7,2%	13	20 (1) 5%		1
<i>P. parallelus</i> inficiranih	309 (14) 4,5%	58 (11) 19%	383 (1) 0,3%	257 (1) 0,4%	426 (4) 0,9%	209 (17) 8,1%	426 (3) 0,7%	158 (7) 4,4%		
<i>S. stigmaticus</i> inficiranih				2	147 (4) 2,7%					
<i>O. schmidtii</i> inficiranih	5	9 (2) 22,2%								

4. Rasprava

4.1. Opća faunistička i fenološka obilježja zajednica ravnokrilaca Medvednice

Rezultati ovoga istraživanja pokazali su prisutnost 38 vrsta ravnokrilaca u travnjačkim zajednicama planine Medvednice. Taj broj čini 23,17% od ukupnog broja vrsta ravnokrilaca zabilježenih na teritoriju Republike Hrvatske, koji prema prilično zastarjelim podacima iz popisa *ŹCatalogus Faunae Jugoslaviae* iznosi 164 vrste (Us i Matvejev 1967). Spomenuti popis svakako zahtijeva temeljitu reviziju, a stvarni broj vrsta ove skupine u Hrvatskoj vjerojatno je i nešto veći od navedenoga. Dvije vrste, *Tetrix undulata* i *Chrysochraon dispar*, nađene na Medvednici tijekom ovoga istraživanja, u spomenutom popisu ne navode se kao prisutne u Republici Hrvatskoj. Prva od njih uopće se ne spominje, dok se za drugu navodi nazočnost u preostalim pet republika bivše države.

Ovih 38 vrsta reda Orthoptera utvrđenih na Medvednici tijekom ovoga istraživanja i nije tako mali broj, pogotovo ako se usporedi sa brojem vrsta ravnokrilaca zabilježenih tijekom različitih istraživanja u drugim dijelovima Hrvatske, npr. Kopački rit 30 vrsta (Kurbalija 2011), delta Neretve 15 vrsta (Kurbalija 2011), otok Cres 39 vrsta (Schuster i sur. 1998), Dubrovačko područje (Konavli, Peljećac, Korčula, Lastovo, Mljet, Jakljan, Ćipan, Lopud, Koločep, Lokrum i ostali manji otoci) 69 vrsta (Adamović 1964), ali isto tako i Bosne i Hercegovine: Zapadna Bosna (Motajica, Prosara, Kozara, Osjeanica, Klekovača, Cincar, Ćator i Dinara) 62 vrste (Mikšić 1978), Livanjsko polje 28 vrsta (Mikšić 1974), BjelaĹnica 29 vrsta (Mikšić 1967), BjelaĹnica i Igman 32 vrste (Mikšić 1960), zatim MaĹarske: Duna-Drava National Park 22 vrste (Nagy i Kisfali 2007), Heves Landscape Protection Area i Kiskunsag National Park 41 vrsta (Batory i sur. 2007), Buda Hills 31 vrsta (Baldi i Kisbenedek 1997), te Crne Gore: Tivatska Solila 39 vrsta (Nikšević 2007).

Od ukupno 3795 ulovljenih jedinki, 72,1% čine tri najabundantnije vrste, *Pseudochorthippus parallelus*, *Glyptobothrus biguttulus* i *G. brunneus*, izraziti generalisti u pogledu staništa (Fontana i sur. 2002; Fartmann i sur. 2012; Weiss i sur. 2012), s tim da se prva pojavljuje na osam, druga na sedam, a treća na šest lokaliteta od ukupno njih 10. Općenito, brojnost prisutnih vrsta prilično je neujednađena: s jedne strane najabundantnija vrsta (*Pseudochorthippus parallelus*) čini čak 58,66% ukupnog ulova, dok je s druge strane

26 subrecendentnih vrsta (Bick 1989), od kojih je svaka zastupljena s manje od 1% broj anog udjela. Ovakva neujednaenost prisutnih vrsta svakako je posljedica l ovjekovog utjecaja na okoliš l ime je postignuto ġirenje i postizanje velikih populacijskih gustoća nekolicine generalista (*habitat generalists*), na račun vrsta sa uskom ekološkom valencijom u pogledu staništa (*habitat specialists*) (Fielding i Brusven 1993; Fielding i Brusven 1995b). Ovome u prilog ide i l injenica da su 23 vrste, tj. 60,53% svih utvrđenih vrsta, nađene na samo jednom ili dva lokaliteta od njih deset. To je u konačnici rezultiralo i velikim razlikama u sastavu i strukturi zajednica Orthoptera između pojedinih, od strane l ovjeka različit utjecanih lokaliteta, ġto se jasno vidi i iz klaster i NMDS analize.

Ol ekivano, zahvaljujući i relativno velikom broju nađenih vrsta porodice Tettigoniidae, broj vrsta podreda Ensifera (20) je nešto veći od broja vrsta podreda Caelifera (18), ġto je tipično za jugoistočnu Europu (Heller i sur. 1998).

Iako se sa izlascima na teren zapoelo već u travnju, pojava odraslih jedinki kod 37 vrsta uođena je tek u lipnju ili kasnije. Samo kod vrste *Tetrix undulata* nađene su tri odrasle ġenke već u svibnju i to na samo jednom lokalitetu (lok. 4. ĀFakultetsko dobro IIñ). Ova vrsta se inađe može naći i u zapadnoj Europi i drugim područjima sa blaġim zimama tijekom cijele godine, a u hladnijim područjima imaga se uglavnom pojavljuju od travnja do rujna (Harz 1975). Iako joġ nekoliko vrsta roda *Tetrix* prezimljava kao nimfe ili odrasli, npr. *T. subulata* (Harz 1975; Koł arek i sur. 2005), koja je nađena u samo jednom primjerku tijekom ovoga istraġivanja, velika većina vrsta umjerenoga klimatskog područja su univoltine (imaju samo jednu generaciju godišnje), prezimljavaju u stadiju jaja, te u tom stadiju mogu imati i različito dugačku embriogenu dijapauzu (Koł arek i sur. 2005; Mariottini i sur. 2011). U svakom slućaju, temperatura je jedan od najbitnijih l imbenika koji utjeću na razvoj embrija nakon stadija dijapauze i vrijeme pojavljivanja lićinki (Van Wingerden i sur. 1991), a također znaćajno utjeće i na brzinu razvoja i izmjene lićinalih stadija, te vrijeme pojavljivanja imaga (Willott i Hassall 1998). Budući da su različite vrste Orthoptera različito pozicionirane s obzirom na svoj odnos prema temperaturi, bilo je i za ol ekivati da l e se imaga razlićitih vrsta pojavljivati u različito vrijeme, postizati svoj maksimum i nestajati. Ovo je potvrđeno i različitim omjerima spolova kod razlićitih vrsta u različito vrijeme sezone, a većina vrsta pokazala je tipićan obrazac većinskog broja muġjaka na poćetku sezone pojavljivanja imaga, izjednaćavanja sa brojem ġenki na vrhuncu sezone (kada je abundancija vrste najveća), te prevlasti broja ġenki u drugom dijelu sezone pojavljivanja imaga (Mikġić 1960; Spungis 2007). Tek nekoliko vrsta pokazivalo je brojćan prevlast ġenki tijekom cijele sezone

pojavljivanja (što bi se moglo objasniti vrlo kratkim i stoga neregistriranim vremenskim periodom velinskog pojavljivanja mužjaka), a samo dvije vrste, *Chrysochraon dispar* i *Pseudochorthippus parallelus* pokazale su jasnu prevlast mužjaka tijekom cijele sezone pojavljivanja imaga.

Ovi rezultati dosta su indikativni i zanimljivi, posebno za vrstu *Pseudochorthippus parallelus* kao daleko najabundantniju vrstu ne samo tijekom ovoga istraživanja (58,66% brojlanog udjela) nego i općenito u srednjoj Europi, sa prosječnom gustoćom populacija od 0,9-10,9 jedinki po m² (Ingrisch i Kohler 1998). U ovom istraživanju, uzimajući u obzir njenu početnu relativnu abundanciju, populacijsku dinamiku i omjer spolova, gotovo da bi se moglo primijetiti da se ova vrsta tijekom cijelog perioda pojavljivanja imaga ponašala kao da je stalno na početku sezone i svoga ciklusa, ali ju neki vanjski limbenik suprimira i onemogućuje da dostigne svoj vrhunac i pokaže svoj puni potencijal. U svakom slučaju, u Konavlima je u lipnju 1958. god. upravo vrsta *P. parallelus* bila ekstremno brojna, te je očetila poplavne livade u porječju rijeke Ljute (Adamović 1964). Vrsta ima tzv. *Åpest status*ñ (Nagy 1995; Heller i sur. 1998).

Brojni vanjski i unutrašnji limbenici utječu na populacijsku dinamiku Orthoptera i iako je njihova interakcija još uvijek slabo razumljiva, dokazan je direktan utjecaj vremenskih prilika (oborine i temperatura), te kvantitete i kvalitete dostupnih biljnih resursa (Joern 2004; Sovell 2006; Branson 2008; Wysiecki i sur. 2011). Tako npr. na sjevernim kontinentalnim pašnjacima sjevernoamerikoga kontinenta zajednice ravnokrilaca su više utjecane temperaturom i općenito se bitno razlikuju od onih koje dolaze na južnim prerijskim pašnjacima, a koje su više utjecane oborinama (Joern 2004). Fenološke značajke su jedan od kritičnih elemenata i vrste koje se pojavljuju ranije imaju dostupne velike količine resursa koji im mogu omogućiti postizanje visoke abundancije, ali moraju biti otporne na niske temperature (Fielding i Brusven 1995b). Također i kompeticija te prirodni neprijatelji igraju značajnu ulogu (Joern 1992; Branson i sur. 2006). Moguće je da je interspecijska kompeticija imala utjecaja na sezonske maksimume dviju najabundantnijih i najkonstantnijih vrsta podreda Caelifera poslije vrste *Pseudochorthippus parallelus*. One su, naime, svoj maksimum postigle tek u kolovozu (*Glyptobothrus brunneus*) i rujnu (*G. biguttulus*), kada se brojnost vrste *P. parallelus* već vjestruko smanjila. Također je moguće da su i razlike u oborinama i temperaturi između prvoga i drugog dijela sezone selektivno utjecale na populacijsku dinamiku ovih triju vrsta, budući da je *P. parallelus* znatno higrofilniji od ove druge dvije vrste, ali i od većine ostalih naših vrsta podreda Caelifera (Fontana i sur. 2002; Kolarek i

sur. 2005). Isto tako, *P. parallelus* ima znatno kraći embrijski postdijapauzalni razvoj od ove druge dvije vrste pri istoj temperaturi, što znači da je bolje prilagođen na hladnije staništa i ranije pojavljivanje u sezoni (Van Wingerden i sur. 1991). Inače, u literaturi sve tri vrste imaju regularno vrijeme pojavljivanja od lipnja do listopada (Harz 1975), a vrsta *G. brunneus* lakše se javlja i ranije (Fontana i sur. 2002).

4.2. Utjecaj košnje i ispaše na zajednice ravnokrilaca

Zajednice ravnokrilaca mogu biti snažno utjecane različitim poremećajima i promjenama u travnjačkim ekosustavima, posebice onima koje se javljaju kao posljedica antropogeno-zoogenog djelovanja (Hochkirch 1996; Baldi i Kisbenedek 1997; Andersen i sur. 2001; Marini i sur. 2008). Nadalje, zajednice Orthoptera iznimno su osjetljive na promjene u strukturi vegetacijskog pokrova (visina i ujednaženost vegetacijskog pokrova, gustoća vegetacijskog pokrova, postotak pokrivenog tla, postotak golog tla, omjer površina pokrivenih travom i širokolisnim zeljastim biljem) (Quinn i Walgenbach 1990; Van Wingerden i sur. 1992; Fielding i Brusven 1995a; Ingrish i Kohler 1998; Gardiner i sur. 2002; Fartmann i sur. 2012; Weiss i sur. 2012), ali i na promjene sastava (kompozicije) biljnih vrsta (Kemp i sur. 1990; Fielding i Brusven 1993; Fielding i Brusven 1995b; Gardiner i sur. 2002; Sovell 2006), a struktura i sastav vrsta vegetacijskog pokrova su pak pod izravnim utjecajem antropogeno-zoogenog djelovanja, npr. košnje (Marini i sur. 2008; Braschler i sur. 2009; Marini i sur. 2009; Humbert i sur. 2012) i ispaše (Quinn i Walgenbach 1990; Prendini i sur. 1996; Joern 2004; Joern 2005). Selekcija i izbor staništa s obzirom na strukturu (arhitekturu) vegetacijskog pokrova i floristički sastav (kompoziciju) od presudne je važnosti za ravnokrilce, budući da upravo ovi elementi određuju prisutnost ili nedostatak adekvatnih mikrostaništa za pojedinu vrstu, tj. dostupnost prostora za zaštitu od predatora (visina i gustoća vegetacije), prostora za parenje i ovipoziciju (golo tlo, busenovi trave ili širokolisne zeljaste biljke), prostora za termoregulaciju (golo tlo, gustoća vegetacijskog pokrova) te biljnih vrsta pogodnih za ishranu (nutritivna vrijednost prisutnih biljnih vrsta i njihove sekundarne kemijske tvari) (Quinn i Walgenbach 1990; Fielding i Brusven 1993; Fielding i Brusven 1995a; Gardiner i Hill 2004a). Također, iz ovoga proizlazi i da staništa sa većom heterogenošću strukture (arhitekture) i kompozicije (sastava) vegetacijskog pokrova sadrže i veći broj mikrostaništa te stoga podržavaju i veće bogatstvo vrsta Orthoptera, s obzirom na njihove mikroklimatske, rasplodne i prehrambene preferencije (Kemp i sur. 1990; Fielding i

Brusven 1993; Fielding i Brusven 1995b; Skinner 2000; Guido i Gianelle 2001; Gebeyehu i Samways 2002; Joern 2005; Braschler i sur. 2009).

4.2.1. Utjecaj košnje na abundanciju i raznolikost ravnokrilaca

Rezultati ovoga istraživanja nedvojbeno su pokazali veliku ovisnost zajednica Orthoptera o fizičkoj strukturi vegetacijskog pokrova travnjačkih zajednica u kojima dolaze. Učestala košnja i ispaša uvelike mijenjaju strukturu i sastav vegetacijskog pokrova smanjujući i fizičku i florističku heterogenost, te se stoga značajno odražavaju i na raznolikost dostupnih mikrostanjita, a time i na sastav zajednica Orthoptera, njihovu raznolikost i abundanciju. Košnice, koje se kose nekoliko puta godišnje, jasno su pokazale znatno manju raznolikost (bogatstvo i heterogenost) vrsta Orthoptera, ali i cca. dvostruko veću abundanciju u odnosu na livade koje se ne kose (i koje zapravo predstavljaju najraniji stadij sukcesije).

Lokaliteti 9. Ažurje I i 10. Ažurje II koji se ne kose, imali su posebno veliko bogatstvo vrsta, a tome je osim heterogenosti travnjačoga pokrova svakako pridonijela i vrlo povoljna mezoklima, uslijed niske nadmorske visine (360 m) i južne ekspozicije (Slika 39). Ovo podupire obje hipoteze, tj. pozitivan korelacijski odnos između bogatstva vrsta i heterogenosti stanjita (Naeem 2002; Symstad i sur. 2003; Egoh i sur. 2007) (*species richness – habitat heterogeneity hypothesis* [White i Kerr 2007]) i pozitivan korelacijski odnos između bogatstva vrsta i energije (Currie i sur. 2004) (*species richness – energy hypothesis* [White i Kerr 2007]). Te su korelacije općenito vrlo česte i kod mnogih drugih taksonomskih skupina. Utjecaj energije, mjeren pomoću temperature, sunčeve radijacije ili potencijalne evapotranspiracije (PET), posebno je izražen u hladnijim regijama (Currie 1991; Kerr i Packer 1997).

Ipak, ovakvi rezultati opadanja raznolikosti vrsta ravnokrilaca sa povećanjem učestalosti košnje podudarni su sa rezultatima dobivenim u istraživanjima provedenim u talijanskim i gvicarskim Alpama (Marini i sur. 2008; Braschler i sur. 2009) te na vapnenačkim travnjacima u unutrašnjosti Njemačke (Weiss i sur. 2012). Međutim, dok se u studiji provedenoj u talijanskim Alpama (Marini i sur. 2008) jasno ističe da na intenzivno košenim livadama prevladavaju vrstama siromašne zajednice Orthoptera sa velikim populacijskim gustoćama vrsta *Pseudochorthippus parallelus* i *Glyptobothrus brunneus* (što se u potpunosti poklapa sa rezultatima dobivenim u ovom istraživanju), u preostale dvije studije utvrđeno je značajno smanjenje abundancije reda ravnokrilaca na površinama koje su se kosile više puta

godinje. Ipak treba istaći da je u studiji provedenoj u ģvicarskim alpama (Braschler i sur. 2009) režim koņnje bio daleko ekstremniji u odnosu na Medvednicu tijekom ovoga istraĝivanja, tj. travnjaĳki pokrov se tijekom cijele godine odrĝavao na 8 cm visine sprjeĳavajući cvatnju biljaka te se moglo i oĳekivati da u takvim uvjetima ni najveći generalisti meĳu ravnokrilcima neće moći razviti znaĳajniju abundanciju. Istraĝivanja provedena u Velikoj Britaniji (Gardiner i Hill 2006) i Ģvicarskoj (Humbert i sur. 2010a) su pokazala da koņnja motornom kosilicom sa rotirajućim oĳricama ima i direktan, vrlo poguban uĳinak na pripadnike reda Orthoptera, ali i na ostale beskraljeĝnjake, naroĳito one slabije pokretne, kao ĝo su npr. liĳinke leptira (Humbert i sur. 2010b). Humbert i sur. (2010a) su utvrdili da ovakav naĳin koņnje uzrokuje mortalitet ravnokrilaca katastrofalnih razmjera, koji u prosjeku iznosi 42% (sa procesom skupljanja i baliranja sijena ta se brojka penje na ĳak 68%!). Nadalje, Gardiner i Hill (2005) navode da koņnja strojevima sa rotirajućim oĳricama posebno negativno utjeĳe na vrstu *P. parallelus*, koja najviše vremena provodi na vegetaciji u blizini tla, tj. na visini ispod 20 cm, a upravo to je zona kroz koju prolaze rotirajuće oĳrice prilikom koņnje. Iako je na Medvednici koņnja bila vrĝena više puta tijekom godine, visina trave na svim koņanicama svaki je puta neposredno pred koņnju iznosila min. 40 cm. Ovakav ritam koņnje izgleda da je bio dovoljno rijedak da ne izazove znaĳajnije posljedice direktnoga mortaliteta ravnokrilaca tijekom sezone, ali je opet bio dostatan da znatno promijeni strukturu i sastav vegetacijskog pokrova i smanji prostornu heterogenost staniĝta te ga uĳini nepovoljnim za mnoge vrste Orthoptera. To je pak omogućilo prosperitet generalista (*P. parallelus*, *G. biguttulus* i *G. brunneus*), koji su uspjeli razviti velike populacijske gustoće i uĳiniti da koņanice na Medvednici imaju cca. dvostruko veću abundanciju, ali i puno manju raznolikost vrsta ravnokrilaca u odnosu na nekoņanice.

4.2.2. Utjecaj ispaše na abundanciju i raznolikost ravnokrilaca

Vrlo sliĳan trend pokazala su i oba paņnjaka (znatno veću abundanciju, a manja raznolikost vrsta Orthoptera u odnosu na nekoņanice) i to se u potpunosti poklapa sa rezultatima studije provedene u Maĳarskoj (Baldi i Kisbenedek 1997). Takoĳer su i neke sjevernoameriĳke studije (Joern 1982; Joern 2004) ustvrdile znatno povećanje abundancije (gustoće) ravnokrilaca na prerijskim paņnjacima, u odnosu na netaknute dijelove prerije.

Meĳutim, valja naglasiti da utjecaj ispaĝe na zajednice Orthoptera moĝe imati vrlo razliĳite uĳinke, koji mogu jako varirati ovisno o intenzitetu ispaĝe (Gebeyehu i Samways

2002), tj. broju grla po hektaru (Gardiner i Haines 2008), godišnjim dobima (Jepson-Innes i Bock 1989), geografskim i klimatskim razlikama između pojedinih regija (Joern 2004; Batary i sur. 2007; Branson i Sword 2010; O'Neill i sur. 2010) te vegetacijskom pokrovu i sastavu prisutnih zajednica ravnokrilaca (Fielding i Brusven 1995a; O'Neill i sur. 2010). Tako su npr. neke studije pokazale da ispaša u američkoj preriji dovodi do povećanja abundancije reda Orthoptera (Joern 1982; Joern 2004), neke su pokazale da dovodi do povećanja i abundancije i raznolikosti Orthoptera (Joern 2005), dok su druge pak ustvrdile da ispaša dovodi do smanjenja abundancije (Capinera i Sechrist 1982; Fielding i Brusven 1995a), ili smanjenja i abundancije i raznolikosti vrsta ravnokrilaca, kao npr. na pašnjacima u Engleskoj (Gardiner i Haines 2008). Neka istraživanja su opet nagla da ispaša nema utjecaja na abundanciju (gustoću) Orthoptera (Miller i Onsager 1991).

U svakom slučaju, povećanje abundancije i smanjenje raznolikosti vrsta ravnokrilaca na pašnjacima Medvednice (slično kao i na košanicama) tijekom ovoga istraživanja, moglo bi se objasniti uglavnom promjenom fizičke strukture i sastava vegetacijskog pokrova, pod izravnim utjecajem ispaše. Ove varijable se pak ponajviše odražavaju na mikroklimatske prilike staništa i prisutnost ili neprisutnost adekvatnih mjesta za ovipoziciju, ali i na dostupnost biljaka pogodnih za ishranu pojedinih vrsta Orthoptera (O'Neill i sur. 2003; O'Neill i sur. 2010). Ove promjene smanjile su heterogenost staništa (tj. reducirale broj pogodnih mikrostanica) u odnosu na nekošnice te ga učinile nepovoljnijim za većinu vrsta sa uskom ekološkom valencijom u pogledu staništa. To je otvorilo prostor za stanišne generaliste (*Pseudochorthippus parallelus*, *Glyptobothrus biguttulus* i *G. brunneus*) te vrste kojima odgovaraju upravo takvi uvjeti, npr. *Stenobothrus stigmaticus*. Ovih nekoliko vrsta stoga je uspjelo postići i velike populacijske gustoće na tako promijenjenim staništima i to je (kao i na košanicama) naposljetku rezultiralo i velikim razlikama u sastavu faune ravnokrilaca i brojlanom udjelu pojedinih vrsta, u odnosu na lokacije koje nisu bile zahvaćene ovim antropogeno-zoogenim utjecajima.

4.2.3. Utjecaj košnje i ispaše na sastav zajednica ravnokrilaca

Za najabundantniju vrstu u ovoj studiji, tj. *Pseudochorthippus parallelus*, postoje neke naznake da može preferirati travnjake sa intenzivnim antropogeno-zoogenim utjecajem uslijed njene ishrane travom *Lolium perenne* L. (engleski ili višegodišnji ljulj) (Marini i sur. 2008). Ova vrsta trave bila je relativno česta na većini košnica i jednom pašnjaku uključeno u

ovo istraživanje na Medvednici, a inače je vrlo otporna na gaženje (kožnja i ispaža). Ima visoku nutritivnu vrijednost pa je životinje rado jedu (Dubravec i Dubravec 2001). Također, istraživanja koja su proveli Gardiner i Hill (2004b) pokazala su da kasni nimfalni stadiji, te rani i kasni odrasli stadiji vrste *P. parallelus* od četiri ponuđene vrste trave preferiraju upravo *Lolium perenne* kao hranu.

Isto tako, i neke druge studije su pokazale da je vrsta *P. parallelus* bila najabundantnija na površinama sa najizraženijim antropogeno-zoogenim utjecajem, npr. u mačarskoj stepi (Baldi i Kisbenedek 1997), ili se pojavljivala na većem broju takvih površina u odnosu na druge površine (Marini i sur. 2009). Branschler i sur. (2009) su ustvrdili da je tijekom izvođenja njihovoga istraživanja u gvicarskim Alpama, sa porastom antropogenog utjecaja postepeno dolazilo i do povećanja abundancije vrsta *P. parallelus* i *Glyptobothrus biguttulus*, dok je abundancija vrste *Stenobothrus lineatus*, kao tipičnoga specijalista u pogledu staništa (Fartmann i sur. 2012; Weiss i sur. 2012), bila u stalnom opadanju. Nadalje, spomenuta studija u talijanskim Alpama (Marini i sur. 2008) pokazala je da su zajednice ravnokrilaca na intenzivno košenim livadama bile sastavljene uglavnom od vrsta *P. parallelus* i *G. brunneus* sa velikim populacijskim gustoćama, dok su se vrste *S. lineatus* i *Euthystira brachyptera* nalazile na livadama koje su se kosile samo jednom godišnje. Druga studija provedena u talijanskim Alpama (Marini i sur. 2009) pokazala je da se vrsta *S. lineatus* mogla naći i samo na površinama u sukcesiji (zarađavanju), a istraživanje u mačarskoj stepi (Baldi i Kisbenedek 1997) utvrdilo je prisutnost ove vrste samo na netaknutim površinama. Istraživanje provedeno u središnjoj Njemačkoj (Weiss i sur. 2012) jasno je ustvrdilo naglo opadanje vrste *S. lineatus* sa intenzifikacijom kožnje i ispaže. Inače, vrsta *E. brachyptera* je tipični stanovnik otvorenih staništa (Ingrisch i Kohler 1998) koji preferira bujnu vegetaciju (Fontana i sur. 2002), a *S. lineatus* polaže jaja u baze busenova trave (Fontana i sur. 2002) i izraziti je stanišni specijalist (Fartmann i sur. 2012; Weiss i sur. 2012). Naime, Quinn i Walgenbach (1990) su ustvrdili da mjesto ovipozicije može biti presudno kod izbora staništa te bi to mogao biti razlog njegovog izbjegavanja košarica i pašnjaka. Ove dvije vrste (*E. brachyptera* i *S. lineatus*) su i na Medvednici pokazale jasnu vezanost za nekožene (zarasle) livade.

Općenito, navedeni rezultati podudarni su sa rezultatima dobivenim u ovom istraživanju na Medvednici, tako da se može sa priličnom sigurnošću zaključiti da su razlike u sastavu zajednica Orthoptera i brojčanom udjelu pojedinih njihovih vrsta između lokaliteta sa različitim stupnjem antropogeno-zoogenog utjecaja većim dijelom proizašle iz različitih

strukturnih i kompozicijskih (floristički sastav) karakteristika vegetacijskog pokrova. Iznimka su samo lokaliteti 9. ĀluĀrje Iñ i 10. ĀluĀrje IIñ, gdje je (kako je ranije objaĀnjeno) i vrlo povoljna mezoklima (Slika 39) znaĀajno utjecala na sastav i raznolikost zajednica Orthoptera.

Promjene na koĀanicama i paĀnjacima Medvednice mogle su osigurati pogodne uvjete za vrste koje preferiraju kratku ili koĀenu travu opĀenito, npr. *Glyptobothrus biguttulus* (Fontana i sur. 2002), *Pseudochorthippus parallelus* i *G. brunneus* (Guido i Gianelle 2001; Gardiner i sur. 2002), ili pak kratke busenove trave za ovipoziciju, npr. *P. parallelus* i *G. biguttulus* (Braschler i sur. 2009). Osim kratke trave, promjena strukture vegetacijskog pokrivaĀa na koĀanicama oĀituje se i u poveĀanju postotka golog tla (Braschler i sur. 2009), a ova promjena joĀ je izraĀenija na paĀnjacima (Quinn i Walgenbach 1990; Fielding i Brusven 1995a; Prendini i sur. 1996; Weiss i sur. 2012). Ove strukturalne karakteristike vegetacijskog pokrivaĀa naroĀito pogoduju terikolnim vrstama, kakva je npr. *G. brunneus* (Weiss i sur. 2012), koje tada mogu razviti velike populacijske gustoĀe. Nadalje, kao posljedica navedenih promjena vegetacijskog pokrova, dolazi i do kompleksne promjene mikroklima. Tlo se brĀe isuĀuje, minimalne povrĀinske temperature tla postaju niĀe, a maksimalne povrĀinske temperature viĀe (Van Wingerden i sur. 1991; Braschler i sur. 2009), tako da se ne moĀe jednostavno reĀi da Āmikroklima postaje toplijañ, nego Āekstremnijañ. Ravnokrilci sa najĀrom ekoloĀkom valencijom u pogledu staniĀa tada obilno postaju i najabundantniji (Kemp 1992; Fielding i Brusven 1995b) i ta je pojava vrlo Āesta i u drugim ekoloĀkim zajednicama (Brown 1984). Tako npr. iako je *G. brunneus* temperaturni specijalist, tj. fizioloĀki je prilagoĀen na viĀe temperature (broj poloĀenih jaja, brzina liĀinalnog razvoja te masa i veliĀina odraslih jedinki znaĀajno se poveĀavaju pri viĀim temperaturama) (Willott i Hassall 1998), on je istovremeno i staniĀni generalist (Fontana i sur. 2002; Fartmann i sur. 2012; Weiss et al 2012). Njegova Āiroka rasprostranjenost i Āesto visoka abundancija posljedica su njegove velike reproduktivne i razvojne plastiĀnosti te vrlo uĀinkovite termoregulacije (Willott i Hassall 1998). TakoĀer, smanjivanje gustoĀe i visine vegetacijskog pokrova moĀe favorizirati i neke kserotermofilne vrste, kao Āto je npr. *Stenobothrus stigmaticus*. Ova vrsta ima vrlo dugo trajanje embrijskog postdijapauzalnog razvoja, a trajanje ovoga razvoja pri konstantnoj temperaturi to je duĀe Āto je vrsta termofilnija (Van Wingerden i sur. 1991). Tijekom ovoga istraĀivanja na Medvednici, spomenuta vrsta je naĀena samo na paĀnjacima, s tim da je na jednom od njih postigla vrlo visoku abundanciju.

4.3. Bioindikatorski potencijal ravnokrilaca Medvednice

Generalno, ovo istraživanje je potvrdilo da su zajednice Orthoptera visoko osjetljive na promjene značajki staništa, tj. strukturalne promjene vegetacijskog pokrova koje se javljaju kao posljedica antropogeno-zoogenog djelovanja te da se stoga mogu potencijalno upotrijebiti za bioindikaciju ekološkog statusa travnjačkih zajednica na Medvednici (*ecological indicators* [McGeoch 1998; McGeoch 2007]). Rezultati su pokazali da se raznolikost (bogatstvo i heterogenost) vrsta Orthoptera na Medvednici postepeno (gradualno) smanjuje, a abundancija povećava sa porastom intenziteta antropogeno-zoogenog utjecaja, s tim da se povećanje abundancije javlja uglavnom kao posljedica velikih populacijskih gustoća svega nekoliko vrsta Caelifera sa najvišom ekološkom valencijom u pogledu staništa (*habitat generalists*), tj. vrsta *Pseudochorthippus parallelus*, *Glyptobothrus biguttulus* i *G. brunneus*, koje se pojavljuju i na većini lokaliteta. Kompleksna istraživanja rađena u kontinentalnim travnjačkim zajednicama Idaha (Fielding i Brusven 1993; Fielding i Brusven 1995b), pokazala su da je širina ekološke valencije u pogledu staništa za neku vrstu Orthoptera bila strogo pozitivno korelirana sa brojem lokaliteta na kojima je doti na vrsta rađena, a prosje na gustoća populacije te vrste bila je pak pozitivno korelirana sa širinom njene ekološke valencije u pogledu staništa. Također, gustoća populacija se povećavala, a raznolikost vrsta opadala sa povećavanjem stupnja ekoloških poremećaja, tako da su ravnokrilci sa najvišom ekološkom valencijom u pogledu staništa (*habitat generalists*) bili najabundantniji na lokalitetima sa najvišim stupnjem ekoloških poremećaja (Fielding i Brusven 1995b). Suprotno tome, ravnokrilci sa najnižom ekološkom nišom pojavljivali su se na svega nekoliko lokaliteta, gdje su pokazivali male gustoće populacija, ali veliku raznolikost vrsta (Fielding i Brusven 1993). To se u potpunosti poklapa sa rezultatima ovoga istraživanja na Medvednici i u suglasnosti je sa hipotezom da stupanj specijalizacije prisutnih vrsta opada (tj. širina ekološke niše prisutnih vrsta raste) sa povećavanjem učestalosti i intenziteta ekoloških poremećaja (Southwood 1988). Tako dolazi do stupnjevanih promjena u sastavu, abundanciji i raznolikosti zajednica ravnokrilaca duž kvantitativnog gradijenta ekoloških promjena u okolišu (*biomonitors* [Markert i sur. 1997; Markert i sur. 1999; Markert i sur. 2003]), što se jasno očitava i iz ovoga istraživanja na Medvednici (Slika 47, 48 i 49; Tablica 10). Najvažnije vegetacijske varijable (struktura pokrova i floristički sastav) direktno su utjecane antropogeno-zoogenom aktivnošću, a to se pak odražava na promjene u sastavu, abundanciji i raznolikosti prisutnih zajednica ravnokrilaca (Fielding i Brusven 1993). Ove promjene u

Tablica 10. Prijedlog svrstavanja lokaliteta u kategorije s obzirom na stupanj promjena travnjačkih staništa procijenjen na temelju strukture i raznolikosti zajednica Orthoptera. „Dominantna četvorka“ = *P. parallelus*+*G. biguttulus*+*G. brunneus*+*S. stigmaticus*; „dominantna trojka“ = *P. parallelus*+*G. biguttulus*+*G. brunneus*; „dominantni par“ = *P. parallelus*+*G. biguttulus* ili *G. brunneus*; „košanički par“ = *G. biguttulus*+*G. brunneus*; *M-A* = *MOLINIO-ARRHENATHERETEA*; *P-P* = *POLYGONO ARENASTRO-POETEA ANNUAE*; *F-B* = *FESTUCO-BROMETEA*; S-W ind. = Shannon – Wienerov indeks heterogenosti vrsta ravnokrilaca.

III. VRLO JAKO PROMIJENJENI EKOSUSTAVI		II. JAKO DO UMJERENO PROMIJENJENI EKOSUSTAVI						I. MALO PROMIJENJENI DO OČUVANI EKOSUSTAVI	
- udio vrste <i>P. parallelus</i> iznad 90%		- udio vrste <i>P. parallelus</i> 90-25%						- udio vrste <i>P. parallelus</i> ispod 25% ili ga uopće nema	
-na košanicama i pašnjacima udio „dominantne trojke ili četvorke“ iznad 90%				-uduo „dominantne trojke“ 90-70%		-„dominantni par ili trojka“ ispod 70%			
- prisutnost „košaničkog para“: <i>G. biguttulus</i> i <i>G. brunneus</i> u malom postotku		- prisutnost „košaničkog para“: <i>G. biguttulus</i> i <i>G. brunneus</i> po brojnosti odmah iza vrste <i>P. parallelus</i> ili ga premašuje jedna od njih, a u različitim omjerima s vrstom <i>S. stigmaticus</i> ukoliko je prisutna				- vrste <i>G. biguttulus</i> i <i>G. brunneus</i> („indikatori košnje“) prisutne u vrlo malom postotku pojedinačno ili u paru samo uz prisutnost nekoliko drugih mnogobrojnijih vrsta (osim vrste <i>P. parallelus</i>), ili ih uopće nema			
		-prisutnost vrste <i>S. stigmaticus</i> uobičajene za suhe planinske pašnjake					dominantna vrsta <i>E. brachyptera</i>		
							- prisutnost vrste <i>S. lineatus</i>		
KOŠANICA (redovito se kosi u cijelosti, izložena učestalom gaženju)	DRVOSJEČINA (ne kosi se)	PAŠNJACI		KOŠANICE (u cijelosti se kosi nekoliko puta godišnje)		DJELOMIČNO SE KOSI (nekoliko puta godišnje)	NE KOSI SE (kosi se supraanualno, tj. rjeđe od jednom godišnje)		
- bilj. zajednica iz razreda <i>P-P</i> (<i>G. biguttulus</i> < <i>G. brunneus</i>)	- bilj. zajedn. iz razr. <i>M-A</i>	- biljne zajedn. iz razreda <i>F-B</i> (<i>G. biguttulus</i> > <i>G. brunneus</i>)		- bilj. zajedn. iz razr. <i>P-P</i> (<i>G. biguttulus</i> < <i>G. brunneus</i>)	- bilj. zajedn. iz razr. <i>F-B</i> (<i>G. biguttulus</i> > <i>G.brunneus</i>)	- biljne zajednice iz razreda <i>M-A</i>		- biljne zajednice iz razreda <i>F-B</i>	
S-W indeks=0,29	S-W ind.=0,57	S-W ind.=0,84	S-W ind.=1,02	S-W ind.=1,28	S-W ind.=1,27	S-W ind.=1,27	S-W ind.=1,73	S-W ind.=2,19	S-W ind.=2,47
broj vrsta=6	broj vrsta=9	broj vrsta=9	broj vrsta=9	broj vrsta=9	broj vrsta=10	broj vrsta=11	broj vrsta=12	broj vrsta=20	broj vrsta=20
7. Krumpirište	3. Fakultetsko dobro I	4. Fakultetsko dobro II	5. Hunjka	6. Crveni spust	8. Kapelica sv. Jakoba	1. Ponikve I	2. Ponikve II	9. Čučerje I	10. Čučerje II

zajednicama ravnokrilaca jasno pokazuju razmjere i stupanj ljudskih pritiska na njihovu biološku raznolikost (*Indicators of pressure on biodiversity* [Butchart i sur. 2010]), a to bi pak moglo biti i pokazatelj mnogo većeg problema, tj. recentnoga lokalnog nestajanja ne samo rijetkih vrsta ravnokrilaca, nego i ostale travnjačke faune Medvednice. Naime, istraživanje provedeno u Lęčkoj (Cizek i sur. 2011) pokazalo je da uniformno koęene povręine imaju smanjeno bogatstvo vrsta ne samo ravnokrilaca, nego i leptira, tręaka (Coleoptera: Carabidae) i pauka.

Ovaj proces poznat je pod nazivom biotil ka homogenizacija (*biotic homogenization*), a oęituje se u nestajanju većine vrsta pod pritiskom ljudskih djelovanja (*Losers*) i njihovom zamjenom malim brojem ģirećih, oportunistil kih vrsta (*Winners*) koje mogu proliferirati do velikih populacijskih gustoća u takvom, od strane ljudskoga promijenjenom okolięu (McKinney i Lockwood 1999; Smart i sur. 2006). Biotil ka homogenizacija je vrlo sloęen proces koji istovremeno obuhvaća invaziju vrsta, ekstinkciju i ekoloęke promjene u okolięu, sa specifićnim naglaskom da se identiteti vrsta mijenjaju u prostoru i vremenu (Olden i Rooney 2006). Kao posljedica, dolazi do pada bioloęke raznolikosti i povećanja homogenizacije zajednica i ekosustava (McKinney i Lockwood 1999; McKinney i Lockwood 2001; Olden i sur. 2004; Smart i sur. 2006).

Rezultati podudarni sa ovima na Medvednici dobiveni su i u maćarskoj stepi (Baldi i Kisbenedek 1997), dok su istraživanja raćena u australskoj savani (Andersen i sur. 2001) pokazala da nije bilo znaćajnih razlika u raznolikosti vrsta Orthoptera izmeću oęuvanih i antropogeno utjecanih lokaliteta, ali je utvrćena velika ovisnost sastava zajednica Orthoptera o stupnju (intenzitetu) ekoloękih poremećaja uzrokovanih djelovanjem ljudskoga. Zajednice ravnokrilaca i tak su pokazale izraęeniji odgovor na ove ekoloęke poremećaje od odgovora koji su pokazale biljke (Andersen i sur. 2001). I u drugim dijelovima svijeta brojne studije su potvrdile potencijalnu iskoristivost ravnokrilaca za bioindikaciju ekoloękih promjena povezanih sa ljudskom uporabom zemlje, npr. kręenjem ģume i ģirenjem obradivih povręina i paęnjaka u Indiji (Saha i Halдар 2009; Saha i sur. 2011), antropogeno uzrokovanim ģirenjem savane u Tanzaniji (Hochkirch 1996) te sukcesijom u njemaćkoj stepi (Fartmann i sur. 2012).

4.4. Infekcija ravnokrilaca ličinkama strunaša na istraživanim lokalitetima

Od 3795 ukupno ulovljenih jedinki ravnokrilaca, samo 2,2% bilo je inficirano makroskopski vidljivim ličinkama strunaša, a inficirane jedinke nađene su na 8 od ukupno 10 istraživanih lokaliteta. Postotak inficiranih ravnokrilaca kretao se od 0,2 i 6,4% na tih 8 lokaliteta. Ovo potvrđuje prethodna istraživanja da su Nematomorpha, premda široko rasprostranjeni, zapravo neuobičajeni paraziti u ravnokrilcima (Baker i Capinera 1997). Ovo je posljedica njihove izravne ovisnosti o stajaćoj ili tekućoj vodi i potrebe za dostatno dugim životom ravnokrilaca, kako bi ličinka strunaša mogla sazrijeti (60-90 dana [Capinera 1999]; 27-45 dana [Hanelt i Janovy 2004]) i kompletirati svoj životni ciklus (Baker i Capinera 1997; Capinera 1999). Ovome ide u prilog i činjenica da je najveći postotak ukupno inficiranih jedinki ravnokrilaca tijekom ovoga istraživanja na Medvednici zabilježen tek u kolovozu (4,4%), dok su najveće pojedinačne infekcije neke vrste (*Odontopodisma schmidtii* [22,2%] i *Pseudochorthippus parallelus* [19%]) bile utvrđene upravo na najvlažnijem lokalitetu (lok. 2. Āponikve IIñ) u blizini neposrednoj blizini protjeće potok. Iako je lokalitet 6. Ācrveni spustiñ imao nešto veći ukupni udio inficiranih jedinki ravnokrilaca (6,4%) u odnosu na lokalitet 2. Āponikve IIñ (5,8%), treba istaći da je Ācrveni spustiñ uslijed redovite košnje imao i znatno veći udio vrsta staničnih generalista *P. parallelus* i *Glyptobothrus brunneus* (81,7%) koji su bili nositeljiñ infekcije na ovom lokalitetu. Na lokalitetu 2. Āponikve IIñ koji se ne kosi, nositeljiñ infekcije bile su vrste *O. schmidtii*, *P. parallelus* i *Roeseliana roeselii*, koje su uslijed znatno veće ukupne ujednaženosti (*evenness*) vrsta na ovom lokalitetu činile svega 33,7% u ukupnom broju njegovih jedinki. Stoga je i razumljivo da je, unatoč vrlo visokom postotku inficiranih jedinki vrsta *O. schmidtii* i *P. parallelus* na lokalitetu 2. Āponikve IIñ, ukupni udio inficiranih jedinki reda Orthoptera na ovom lokalitetu bio nešto manji u odnosu na prvoplasiranu košanicu, lokalitet 6. Ācrveni spustiñ.

Od ukupno 7 vrsta ravnokrilaca kod kojih je utvrđena infekcija, njih 6 su najabundantnije vrste u ovom istraživanju, a od njih čak 5 vrsta (*P. parallelus*, *G. biguttulus*, *G. brunneus*, *Pholidoptera griseoaptera* i *R. roeselii*) su i izraziti stanični generalisti (Weiss i sur. 2012) koji su nađeni na 5 i 8 od ukupno 10 istraživanih lokaliteta. Svojevrсна iznimka je vrsta *O. schmidtii*, koja je stanični specijalist i općenito se javlja u malim gustinama populacija (Fontana i sur. 2002). Iako je ova vrsta i na Medvednici nađena u vrlo niskoj abundanciji na samo dva lokaliteta, imala je najveći ukupni udio inficiranih jedinki (14,3%). Inače, premda je poznato da su različite vrste strunaša specifične u pogledu izbora vrste svoga

konažnoga domadara, kvantitativni podatci o njihovoj prisutnosti i utjecaju na populacije ravnokrilaca generalno nedostaju (Baker i Capinera 1997).

5. Zaključci

Stupnjevana biotička homogenizacija (*biotic homogenization*) zajednica Orthoptera Medvednice inducirana antropogeno-zoogenim djelovanjem, pokazala se kao iznimno pogodna, relevantna i lako mjerljiva bioindikacijska značajka, koja je ovoj svojoj kukaca osigurala bioindikatorsku učinkovitost visoke rezolucije u procjeni ljudskih utjecaja na okoliš. Iako je ovo istraživanje potvrdilo početnu hipotezu i relativno visok potencijal zajednica ravnokrilaca Medvednice kao ekoloških indikatora (Indikatori pritiska na biološku raznolikost) i biomonitora u kontekstu detekcije kvantitativnog gradijenta ekoloških promjena uzrokovanih antropogeno-zoogenim djelovanjem, ostaje nepoznato u kojoj mjeri ostale skupine lankonožaca Medvednice prate ovaj odgovor ravnokrilaca. Sasvim je logično da se stoga nameće i pitanje mogućnosti uporabe Orthoptera kao cjelovitih bioloških indikatora. Budući da je za očekivati da ovaj utjecaj na biološku raznolikost (koji i ispaža) različitoga pogleda različitije svojste, daljnja istraživanja strogo fokusirana na travnjačke ekosustave mogla bi u najmanju ruku dati zanimljive odgovore. Ovo se posebno odnosi na pozicioniranje ravnokrilaca Medvednice kao indikatora biološke raznolikosti u datim okolnostima, u odnosu na druge puno eksponiranije skupine kukaca u toj kategoriji (poglavito skupine danjih leptira i kornjača [porodica trjaka]). Iako njihove kvalitete kao indikatora biološke raznolikosti tek treba dokazati, već i ovo potvrđivanje ravnokrilaca kao ekoloških indikatora i biomonitora otvara niz potencijalnih mogućnosti i ciljeva njihove uporabe, po uzoru na monitoring leptira u terestričkim staništima te korištenje bentoske makrofaune beskraljevnjaka za praćenje stanja u akvatičkim ekosustavima. Idulji važan korak mogao bi biti osmišljavanje i izrada odgovarajućih protokola, ali prethodna detaljna istraživanja i daljnje prikupljanje podataka su neophodni.

Čto se tiče infekcije ravnokrilaca makroskopski vidljivim ljudima strunača, premda je ona pokazivala najveće razmjere u kolovozu i uglavnom bila vezana uz nekoliko najabundantnijih i najviše rasprostranjenih vrsta Orthoptera na istraživanom području, relativno mala brojnost inficiranih jedinki ipak nije dostatna za izvođenje bilo kakvih drugih generalizacija.

Nadalje, rezultati ovoga rada su pokazali da većina vrsta Orthoptera Medvednice favorizira supraanualni ciklus kožnje (manje od jednom godišnje) u odnosu na višestruku

košnju tijekom godine, a očekivano je pretpostaviti da i većina ostalih vrsta travnjačkih lankonožaca ima takve preferencije. Iz toga proizlazi da je nužno provoditi supraanualni ili godišnji režim košnje u cilju očuvanja raznolikosti ravnokrilaca na Medvednici i sprječavanja lokalnoga izumiranja pojedinih vrsta (naročito Ensifera). Godišnji otkos trebalo bi vršiti tek u rujnu, kako bi ravnokrilci mogli neometano kompletirati svoj životni ciklus. Također, veće površine bi se trebale kositi sekvencijalno (s određenim vremenskim odmakom između pojedinih sekvenci), a nikako cijela površina odjednom, kako bi ravnokrilci (i druge životinje, poglavito ostali lankonožci) dobili šansu za preživljavanje. Na mjestima gdje je neophodno vršiti košnju jednom ili više puta tijekom godine, svakako bi se trebale ostavljati i tzv. refugijalne zone, tj. područja pošteđena od košnje, koja bi se izmjenjivala svake godine i koja bi omogućila preživljavanje i onih vrsta koje su posebno negativno utjecane ovom vrstom aktivnosti. Ova praksa već se provodi u Ćvicaškoj i istraživanja su pokazala da lokacije sa ostavljenih 10% nepokošene površine sadrže prosječno 53% više ravnokrilaca od lokacija koje se u cijelosti kose jednom godišnje (Humbert i sur. 2012). Iako u navedenoj studiji nije bio praćen utjecaj ostavljanja refugijalnih zona na raznolikost vrsta Orthoptera, logično je očekivati povećanje i tih indeksa i neke druge studije, npr. Braschler i sur. (2009), već su to djelomično i potvrdile.

U svakom slučaju, očuvanje raznolikosti faune Orthoptera na Medvednici trebalo bi biti jedan od imperativa, ne samo zbog njihove dekorativne i bioindikacijske vrijednosti, nego još i više zbog nenadoknadive uloge koju imaju u travnjačkim ekosustavima. Educiranje javnosti i promotivne aktivnosti svakako bi predstavljale važan korak prema ostvarenju tih ciljeva. I premda bi osposobljavanje amatera za neke od metoda nedestruktivnog prikupljanja podataka o ovoj svojti kukaca zahtijevalo više napore i općenito bilo teže izvedivo nego za npr. red Lepidoptera, opsežniji volonterski angažman svakako bi značio veliki napredak, a možda i ključ uspješnoga uključivanja ravnokrilaca u programe biomonitoringa.

Citirana literatura

- Adamović G. R. (1964): Orthopteroides collected in Dubrovnik district, Jugoslavija. Glasnik Prirodnačkog muzeja u Beogradu, serija B, 19: 155-187.
- Andelman S. J. i Fagan W. F. (2000): Umbrellas and flagships: efficient conservation surrogates or expensive mistakes? Proceedings of the National Academy of Sciences USA 98: 5954i 5959.
- Andersen A. N. (1999): My bioindicator or yours? Making the selection. Journal of Insect Conservation 3: 61-64.
- Andersen A. N., Ludwig J. A., Lowe L. M. i Rentz D. C. F. (2001): Grasshopper biodiversity and bioindicators in Australian tropical savannas: responses to disturbance in Kakadu National Park. Austral Ecology 26: 213-222.
- Andersen A. N., Hoffmann B. D., Muller W. J. i Griffiths A. D. (2002): Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. Journal of Applied Ecology 39: 8-17.
- Antonij O., Kučan V., Bakran-Petricioli T., Alegro A., Gottstein-Matošec S., Peternel H. i Tkalčec Z. (2005): Klasifikacija staništa Republike Hrvatske. Drypis 1/1, 2 (Prilog 1 / Appendix 1), <http://www.drypis.info>, preuzeto 2. travnja 2013.
- Armstrong A. J. i van Hensbergen H. J. (1997): Evaluation of afforestable montane grasslands for wildlife conservation in the north-eastern Cape, South Africa. Biological Conservation 81 (1): 179i 90.
- Baker G. L. i Capinera J. L. (1997): Nematodes and nematomorphs as control agents of grasshoppers and locusts. Memoirs of the Entomological Society of Canada 171: 157-211.
- Bakker J. P. i Berendse F. (1999): Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. Trends in Ecology and Evolution 14 (2): 63-68.
- Baldi A. i Kisbenedek T. (1997): Orthopteran assemblages as indicators of grassland naturalness in Hungary. Agriculture, Ecosystems and Environment 66: 121-129
- Batary P., Orci K., M., Baldi A., Kleijn D., Kisbenedek T. i Erdos S. (2007): Effects of local and landscape scale and cattle grazing intensity on Orthoptera assemblages of the Hungarian Great Plain. Basic and Applied Ecology 8: 280-290.
- Bazelet C. S. i Samways M. J. (2011): Identifying grasshopper bioindicators for habitat quality assessment of ecological networks. Ecological Indicators 11 (5): 1259-1269.

- Beccaloni G. W. (1995): Predicting the species richness of neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. *Biological Conservation* 71 (1): 77-86.
- Bick H. (1989): *Ökologie: Grundlagen, terrestrische und aquatische Ökosysteme, angewandte Aspekte*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart und New York, 327 str.
- Billeter R., Liira J., Bailey D., Bugter R., Arens P., Augenstein I., Aviron S., Baudry J., Bukacek R., Burel F., Cerny M., De Blust G., De Cock R., Diekötter T., Dietz H., Dirksen J., Dormann C., Durka W., Frenzel M., Hamersky R., Hendrickx F., Herzog F., Klotz S., Koolstra B., Lausch A., Le Coeur D., Maelfait J. P., Opdam P., Roubalova M., Schermann A., Schermann N., Schmidt T., Schweiger O., Smulders M. J. M., Speelmans M., Simova P., Verboom J., Van Wingerden W. K. R. E., Zobel M., i Edwards P. J. (2008): Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* 45 (1): 141-150.
- Biron D. G., Marche L., Ponton F., Loxdale H. D., Galeotti N., Renault L., Joly C. i Thomas F. (2005): Behavioural manipulation in a grasshopper harbouring hairworm: a proteomics approach. *Proceedings of the Royal Society B* 272: 2117-2126.
- Blair R. B. (1999): Birds and butterflies along an urban gradient: surrogate taxa for assessing biodiversity? *Ecological Applications* 9: 164-170.
- Blumer M. i Diemer P. (1996): The occurrence and consequences of grasshopper herbivory in an alpine grassland, Swiss central Alps. *Arctic and Alpine Research* 28 (4): 435-440.
- Bonardi A., Dimopoulos P., Ficetola F., Kallimanis A. S., Labadessa R., Mairota P., Padoa-Schioppa E. (2011): Selected bio-indicators. U: Padoa-Schioppa E. (ur.), *BIO_SOS: Biodiversity Multisource Monitoring System: from Space to Species*, str. 1-31.
- Branson D. H. (2005): Direct and indirect effects of avian predation on grasshopper communities in northern mixed-grass prairie. *Environmental Entomology* 34 (5): 1114-1121.
- Branson D. H., Joern A. i Sword G. A. (2006): Sustainable management of insects herbivores in grassland ecosystems: new perspectives in grasshopper control. *Bioscience* 56 (9): 743-755.
- Branson D. H. (2008): Influence of a large late summer precipitation event on food limitation and grasshopper dynamics in a northern Great Plains grassland. *Environmental Entomology* 37 (3): 686-695.
- Branson D. H. i Sword G. A. (2010): An experimental analysis of grasshopper community responses to fire and livestock grazing in a northern mixed-grass prairie. *Environmental Entomology* 39 (5): 1441-1446.

- Branson D. H. (2011): Relationships between plant diversity and grasshopper diversity and abundance in the Little Missouri National Grassland. *Psyche* 2011: 1-7.
- Braschler B., Marini L., Thommen G. H. i Baur B. (2009): Effects of small-scale grassland fragmentation and frequent mowing on population density and species diversity of orthopterans: a long-term study. *Ecological Entomology* 34: 321-329.
- Brown J. H. (1984): On the relationship between abundance and distribution of species. *The American Naturalist* 124: 255-279.
- Butchart S. H. M., Walpole M., Collen B., van Strien A., Scharlemann J. P. W., Almond R. E. A., Baillie J. E. M., Bomhard B., Brown C., Bruno J., Carpenter K. E., Carr G. M., Chanson J., Chenery A. M., Csirke J., Davidson N. C., Dentener F., Foster M., Galli A., Galloway J. N., Genovesi P., Gregory R. D., Hockings M., Kapos V., Lamarque J.-F., Leverington F., Loh J., McGeoch M. A., McRae L., Minasyan A., Hernández Morcillo M., Oldfield TEE., Pauly D., Quader S., Revenga C., Sauer J. R., Skolnik B., Spear D., Stanwell-Smith D., Stuart S. N., Symes A., Tierney M., Tyrrell T. D., Vié J.-C. i Watson R. (2010): Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328: 1164-1168.
- Cairns J. (1979): Biological monitoring ĩ concept and scope. U: Cairns J., Patil G. P. i Waters W. E. (ur.), *Environmental Biomonitoring, Assessment, Prediction and Management*. International Cooperative Publishing House, Maryland, str. 3-20.
- Capinera J. L. i Sechrist T. S. (1982): Grasshopper (Acrididae)-host plant associations: response of grasshopper populations to cattle grazing intensity. *The Canadian Entomologist* 114: 1055-1062.
- Capinera J. L. (1999): Horsehair Worms, Hairworms, Gordian Worms, Nematomorphs, *Gordius* spp. (Nematomorpha: Gordioidea). *EENY* 117, 2 str. (objavljeno *online*).
- Caro T. M. i O'Doherty G. (1999): On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation Biology* 13 (4): 805-814.
- Cizek O, Zamecnik J., Tropek R., Kocarek P. i Konvicka M. (2011): Diversification of mowing regime increases arthropods diversity in species-poor cultural hay meadows. *Journal of Insect Conservation* (objavljeno *online*).
- Clark T. E. i Samways M. J. (1997): Sampling arthropod diversity for urban ecological landscaping in a species-rich southern hemisphere botanic garden. *Journal of Insect Conservation* 1: 221-234.
- Clarke K. R. i Warwick R. M. (2001): Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition: *PRIMER-E*, Plymouth, 172 str.
- Clarke K. R. i Gorley R. N. (2001): *PRIMER v5: User manual/tutorial*. *PRIMER-E*, Plymouth, 91 str.

- Collier N., Mackay D. A. i Benkendorff K. (2008): Is relative abundance a good indicator of population size? Evidence from fragmented populations of a specialist butterfly (Lepidoptera: Lycaenidae). *Population Ecology* 50: 17-23.
- Collinge S. K., Prudic K. L. i Oliver J. C. (2003): Effects of local habitat characteristics and landscape context on grassland butterfly diversity. *Conservation Biology* 17 (1): 178-187.
- Coupland R. T. (1979): *Grassland ecosystems of the world*. Cambridge University Press, Cambridge, 401 str.
- Currie D. J. (1991): Energy and large-scale patterns of animal and plant-species richness. *The American Naturalist* 137: 27-49.
- Currie D. J., Mittelbach G. G., Cornell H. V., Field R., Guégan J.-F., Hawkins B. A., Kaufman, D. M., Kerr J. T., Oberdorff T., O'Brien E. i Turner J. R. G. (2004): Predictions and tests of climate based hypotheses of broad-scale variation in taxonomic richness. *Ecology Letters*, 7: 1121-1134.
- Dennis R. L. H. (1993): *Butterflies and Climate Change*. Manchester University Press, Manchester, 302 str.
- Devkota B. i Schmidt G. H. (2000): Accumulation of heavy metals in food plants and grasshoppers from the Taigetos Mountains, Greece. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78: 85-91
- Devries P. J. i Walla T. R. (2001): Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society* 74: 1-15.
- Donald P. F., Sanderson F. J., Burfield I. J. i Van Bommel F. P. J. (2006): Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990-2000. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116: 189-196.
- Dubraveć K.-D. i Dubraveć I. (2001): *Biljne vrste livada i pašnjaka*. Ćkolska knjiga, Zagreb, 135 str.
- De Heer M., Kapos V. i ten Brink B. J. E. (2005): Biodiversity trends in Europe: development and testing of a species trend indicator for evaluating progress towards the 2010 target. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360 (1454): 297-308.
- De Wysiecki M. L., Arturi M., Torrusio S. i Cigliano M. M. (2011): Influence of weather variables and plant communities on grasshopper density in Southern Pampas, Argentina. *Journal of Insect Science*, vol. 11 / Article 109: 1-14.
- Eades D. C., Otte D., Cigliano M. M. i Braun H.: Orthoptera species file online. <http://orthoptera.speciesfile.org/HomePage/Orthoptera/HomePage.aspx>, pristupljeno 16. lipnja 2013.

- East R. i Pottinger R. P. (1983): Use of grazing animals to control insect pests of pasture. *New Zealand Entomologist* 7 (4): 352-359.
- EEA (European Environment Agency) (2005): Agriculture and environment in EU-15 i the IRENA indicator report. European Environment Agency, Copenhagen, 128 str.
- Egoh B., Rouget M., Reyers B., Knight A. T., Cowling R. M., van Jaarsveld A. S., i Welze A. (2007): Integrating ecosystem services into conservation assessments: a review. *Ecological Economics* 63: 714-721.
- Evans E. W., Rogers R. A. i Opfermann D. J. (1983): Sampling grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) on burned and unburned tallgrass prairie: night trapping vs. sweeping. *Environmental Entomology* 12: 1449-1454.
- Evans E. W. (1988a): Grasshopper (Insecta: Orthoptera: Acrididae) assemblages of tallgrass prairie: influence of fire frequency, topography and vegetation. *Canadian Journal of Zoology* 66 (7): 1495-1501.
- Evans E. W. (1998b): Community dynamics of prairie grasshoppers subjected to periodic fire: predictable trajectories or random walks in time? *Oikos* 52: 283-292.
- Failing L. i Gregory R. (2003): Ten common mistakes in designing biodiversity indicators for forest policy. *Journal of Environmental Management* 68 (2): 121-132.
- Farkaš-Topolnik N., Malić-Limari S., Ban Ćuril T., Sović P. i Jurjević Varga M.: Plan upravljanja Parkom prirode Medvednica.
http://www.pp-medvednica.hr/Medvednica_media/Plana_Upravljanja_PPM.pdf, preuzeto 18. srpnja 2013.
- Fartmann T., Kramer B., Stelzner F. i Poniowski D. (2012): Orthoptera as ecological indicators for succession in steppe grassland. *Ecological Indicators* 20: 337-344.
- Favreau J. M., Drew C. A., Hess G. R., Rubino M. J., Koch F. H. i Eschelbach K. A. (2006): Recommendations for assessing the effectiveness of surrogate species approaches. *Biodiversity and Conservation* 15: 3949-3969.
- Fielding D. J. i Brusven M. A. (1993): Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) community composition and ecological disturbance on southern Idaho Rangeland. *Environmental Entomology* 22 (1): 71-81.
- Fielding D. J. i Brusven M. A. (1995a): Grasshopper densities on grazed and ungrazed rangeland under drought conditions in southern Idaho. *The Great Basin Naturalist* 55 (4): 352-358.
- Fielding D. J. i Brusven M. A. (1995b): Ecological correlates between rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) and plant communities of southern Idaho. *Environmental Entomology* 24 (6): 1432-1441.

- Fleishman E., Jonsson B. G. i Sjögren-Gulve P. (2000a): Focal species modeling for biodiversity conservation. *Ecological Bulletins* 48: 85-99.
- Fleishman E., Murphy D. D. i Brussard P. F. (2000b): A new method for selection of umbrella species for conservation planning. *Ecological Applications* 10: 569-579.
- Fleishman E., Thomson J. R., Mac Nally R., Murphy D. D. i Fay J. P. (2005): Using indicator species to predict species richness of multiple taxonomic groups. *Conservation Biology* 19: 1125-1137.
- Fontana P., Buzzetti F. M., Cogo A., i Ode B. (2002): Guida al riconoscimento e allo studio di Cavallette, Grilli, Mantidi e Insetti affini del Veneto. Blattaria, Mantodea, Isoptera, Orthoptera, Phasmatodea, Dermaptera, Embiidina. Museo Naturalistico Archeologico di Vicenza Ed., Vicenza, 592 str.
- Gamito S. (2010): Caution is needed when applying Margalef diversity index. *Ecological indicators* 10: 550-551.
- Gandar M. V. (1980): Short term effects of the exclusion of large mammals and insects in broad leaf savanna. *South African Journal of Science* 76: 29-31.
- Gardiner T., Pye M., Field R. i Hill J. (2002): The influence of sward height and vegetation composition in determining the habitat preferences of three *Chorthippus* species (Orthoptera: Acrididae) in Chelmsford, Essex, UK. *Journal of Orthoptera Research* 11 (2): 207-213.
- Gardiner T. i Hill J. (2004a): Directional dispersal patterns of *Chorthippus parallelus* (Orthoptera: Acrididae) in patches of grazed pastures. *Journal of Orthoptera Research* 13 (1): 135-141.
- Gardiner T. i Hill J. (2004b): Feeding preferences of *Chorthippus parallelus* (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Orthoptera Research* 13 (2): 197-203.
- Gardiner T. i Hill J. (2005): Behavioural observations of *Chorthippus parallelus* (Orthoptera: Acrididae) adults in managed grasslands. *British Journal of Entomology and Natural History* 18: 1-8.
- Gardiner T. i Hill J. (2006): Mortality of Orthoptera caused by mechanised mowing of grassland. *British Journal of Entomology and Natural History* 19: 38-40.
- Gardiner T. i Haines K. (2008): Intensive grazing by horses detrimentally affects orthopteran assemblages in floodplain grassland along the Mardyke River Valley, Essex, England. *Conservation Evidence* 5: 38-44.
- Gardiner T. i Hassall M. (2009): Does microclimate affect grasshopper populations after cutting of hay in improved grassland? *Journal of Insect Conservation* 13: 97-102.

- Gebeyehu S. i Samways M. J. (2002): Grasshopper assemblage response to a restored national park (Mountain Zebra National Park, South Africa). *Biodiversity and Conservation* 11: 283-304.
- Gerhardt A. (ur.) (1999): Biomonitoring of polluted water i reviews on actual topics. Trans Tech Publications, Zürich, 301 str.
- Gerhardt A.: Bioindicator species and their use in biomonitoring. *Environmental Monitoring*, vol. I. U: Encyclopedia of Life Support System (EOLSS). <http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C09/E6-38A-01-07.pdf>, pristupljeno 24. srpnja 2013.
- Giuliano W. M., Accamando A. K. i McAdams E. J. (2004): Lepidoptera i habitat relationships in urban parks. *Urban Ecosystems* 7: 361-370.
- Guido M. i Gianelle D. (2001): Distribution patterns of four Orthoptera species in relation to microhabitat heterogeneity in an ecotonal area. *Acta Oecologica* 22: 175-185.
- Guo Z.-W., Li H.-C. i Gan Y.-L. (2006): Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) biodiversity and grassland ecosystems. *Insect Science* 13: 221-227.
- Hanelt B. i Janovy Jr. J. J. (1999): The life cycle of a horsehair worm, *Gordius robustus* (Nematomorpha: Gordioidea). *Journal of Parasitology* 85, 139i 142.
- Hanelt B. i Janovy Jr. J. J. (2004): Untying a Gordian knot: the domestication and laboratory maintenance of a Gordian worm, *Paragordius varius* (Nematomorpha: Gordiida). *Journal of Natural History* 38: 939-950.
- Hanelt B., Thomas F. i Schmidt-Rhaesa A. (2005): Biology of the phylum Nematomorpha. *Advances in Parasitology* 59: 244-305.
- Harz K. (1969): The Orthoptera of Europe I. Dr. W. Junk N.V., The Hague, 749 str.
- Harz K. (1975): The Orthoptera of Europe II. Dr. W. Junk B.V., The Hague, 939 str.
- Heink U. i Kowarik I. (2010a): What criteria should be used to select biodiversity indicators? *Biodiversity Conservation* 19: 3769-3797.
- Heink U. i Kowarik I. (2010b): What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological indicators* 10 (3): 584-593.
- Heller K.-G., Korsunovskaya O., Ragge D. R., Vedenina V., Willemse F., Zhantiev R. D., i Frantsevich L. (1998): Check-list of European Orthoptera. *Articulata - Beiheft* 7: 1-61.
- Hochkirch A. (1996): Habitat preferences of grasshoppers (Orthoptera: Acridoidea, Eumastacoidea) in the East Usambara Mountains NE Tanzania, and their use for bioindication. *Ecotropica* 2: 195-217.

- Hodkinson I. D., Webb N. R. i Coulson S. J. (2002): Primary community assembly on land i the missing stages: why are the heterotrophic organisms always there first? *Journal of Ecology* 90: 569-577.
- Hodkinson I. D. i Jackson J. K. (2005): Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems. *Environmental Management* 35 (5): 649-666 (objavljeno *online*).
- Holland S. M. (2008): Non-metric multidimensional scaling (MDS), 7 str. (priručnik). <http://strata.uga.edu/software/pdf/mdsTutorial.pdf>, preuzeto 15. srpnja 2013.
- Horvat I. (1962): Vegetacija planina zapadne Hrvatske. Prirodoslovna istraživanja ser. *Acta Biologica* 2 (30): 1-179.
- Hulina N. (2007): Flora i vegetacija Drežničkog polja. *Agronomski glasnik* 4: 255-276.
- Humbert J.-Y., Ghazoul J., Richner N. i Walter T. (2010a): Hay harvesting causes high orthopteran mortality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139: 522-527.
- Humbert J.-Y., Ghazoul J., Sauter G. J. i Walter T. (2010b): Impact of different meadow mowing techniques on field invertebrates. *Journal of Applied Entomology* 134: 592-599.
- Humbert J.-Y., Ghazoul J., Richner N. i Walter T. (2012): Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. *Biological Conservation* 152: 96-101.
- Ingrisch S. i Kohler G. (1998): *Die Heuschrecken Mitteleuropas*. Westarp Wissenschaften, Magdeburg, 460 str.
- ITIS (Integrated Taxonomic Information System) (2006): Nematomorpha. http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=64183, pristupljeno 18. srpnja 2013.
- Jacobson G. G. (1905): Orthoptera. U: Jacobson G. G. i Bianchi V. L. (ur.), *Orthopteroid and Pseudoneuropteroid Insects of Russian Empire and Adjacent Countries*, Devriena, St. Petersburg, str. 29-466.
- Javna ustanova *Županijski park prirode Medvednica*, službene stranice. http://www.pp-medvednica.hr/Medvednica_hr/Medvednica.asp, pristupljeno 20. 08. 2013.
- Jepson-Innes K. i Bock C. E. (1989): Response of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) to livestock grazing in southeastern Arizona: differences between seasons and subfamilies. *Oecologia* 78: 430-431.
- Joern A. (1982): Distributions, densities and relative abundances of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in a Nebraska Sandhills Prairie. *The Prairie Naturalist* 14 (2): 37-45.

- Joern A. (1992): Variable impact of avian predation on grasshopper assemblies in sandhills grassland. *Oikos* 64: 458-463.
- Joern A. (2004): Variation in grasshopper (Acrididae) densities in response to fire frequency and bison grazing in tallgrass prairie. *Environmental Entomology* 33 (6): 1617-1625.
- Joern A. (2005): Disturbance by fire frequency and bison grazing modulate grasshopper assemblages in tallgrass prairie. *Ecology* 86 (4): 861-873.
- Jones G., Jacobs D. S., Kunz T. H., Willig M. R. i Racey P. A. (2009): Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research* 8: 93-115.
- Karr J. R. (2008): Ecological health indicators. U: *Encyclopedia of Ecology* vol. 2, Elsevier B. V., Amsterdam, str. 1037-1041.
- Karta Medvednice.
<https://maps.google.hr/maps?q=medvednica&ie=UTF8&hq=&hnear=0x4765dbeb0e87ba5d:0x72c32379f3b32da4,Sljeme&gl=hr&t=p&ei=eoUUs3MJHg4QTOgIHwAw&sqi=2&ved=0CEgQ8gEwBA>, preuzeto 21. 08. 2013.
- Kati V., Devillers P., Dufrene M., Legakis A., Vokou D. i Lebrun P. (2004): Testing the value of six taxonomic groups as biodiversity indicators at a local scale. *Conservation Biology* 18 (3): 667-675.
- Kemp W. P., Harvey S. J. i O'Neill K. M. (1990): Patterns of vegetation and grasshopper community composition. *Oecologia* 83: 299-308.
- Kemp W. P. (1992): Rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) community structure: a working hypothesis. *Environmental Entomology* 21: 461-470.
- Kemp W. P. i Brian D. (1993): Density dependence in rangeland grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Oecologia* 96: 1-8.
- Kerr J. T. i Packer L. (1997): Habitat heterogeneity as a determinant of mammal species richness in high-energy regions. *Nature* 385: 252-254.
- Knapp S., Kuhn i., Mosbrugger V. i Klotz S. (2008): Do protected areas in urban and rural landscapes differ in species diversity? *Biodiversity Conservation* 17: 1595-1612.
- Koľ arek P., Holuľa J. i Vidliľ ka L. (2005): Blattaria, Mantodea, Orthoptera i Dermaptera of the Czech and Slovak Republics. *Kabourek, Zlin*, 349 str.
- Kok O. B. i Louw S. V. (2000): Avian and mammalian predators of Orthoptera in semi-arid regions of South Africa. *South African Journal of Wildlife Research* 30 (3): 122-128.
- Krebs C. J. (2013): Ecological methodology. 3rd ed., 745 pp (*in pre publishing, available to download for evaluation and review*). <http://www.zoology.ubc.ca/~krebs/books.html>, preuzeto 05. travnja 2013.

- Kremen C. (1992): Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications* 2 (2): 203-217.
- Kremen C., Colwell R. K., Erwin T. L., Murphy D. D., Noss R. F. i Sanjayan M. A. (1993): Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation biology* 7: 796-808.
- Kromp B. (1990): Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators in biological and conventional farming in Austrian potato fields. *Biology and Fertility of Soils* 9: 182-187.
- Kurbalija A. (2011): Pregled entomofaune močvarnih staništa od međunarodnog značaja u Republici Hrvatskoj. Specijalistički rad, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku i Institut Ruđer Bošković u Zagrebu, Osijek, 124 str.
- Lambeck R. J. (1997): Focal species: a multi-species umbrella for nature conservation. *Conservation Biology* 11: 849-857.
- Larson D. P., O'Neill K. M. i Kemp W. P. (1999): Evaluation of the accuracy of sweep sampling in determining grasshopper (Orthoptera: Acrididae) community composition. *Journal of Agricultural and Urban Entomology* 16: 207-214.
- Launer A. E. i Murphy D. D. (1994): Umbrella species and the conservation of habitat fragments: a case of a threatened butterfly and a vanishing grassland ecosystem. *Biological Conservation* 69 (2): 145-153.
- Leader-Williams N. i Dublin H. T. (2000): Charismatic megafauna as flagship species. U: Entwistle A. i Dunstone N. (ur.), *Priorities for the Conservation of Mammalian Diversity: Has the Panda Had it's Day?*, Cambridge University Press, Cambridge, 53-81 str.
- Lepping M. D. (2009): Ground-dwelling beetles as bioindicators in transgenic corn. Doktorska disertacija, University of Maryland, College Park, 213 str.
- Lewandowski A. S., Noss R. F. i Parsons D. R. (2010): The effectiveness of surrogate taxa for the representation of biodiversity. *Conservation Biology* 24 (5): 1367-1377.
- Lund M. P. i Rahbek C. (2002): Cross-taxon congruence in complementarity and conservation of temperate biodiversity. *Animal Conservation* 5: 163-171.
- Maes D. i van Dyck H. (2005): Habitat quality and biodiversity indicator performances of a threatened butterfly versus a multispecies group for wet heathlands in Belgium. *Biological Conservation* 123 (2): 177-187.
- Magurran A. E. (2004): *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing company, Oxford, 215 str.

- Marini L., Fontana P., Scotton P. i Klimek S. (2008): Vascular plant and Orthoptera diversity in relation to grassland management and landscape composition in the European Alps. *Journal of Applied Ecology* 45: 361-370.
- Marini L., Fontana P., Battisti A. i Gaston K. J. (2009): Response of orthopteran diversity to abandonment of semi-natural meadows. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 132: 232-236.
- Markert B., Oehlmann J. i Roth M. (1997): General aspects of heavy metal monitoring by plants and animals. U: Subramanian G. i Iyengar V. (ur.), *Environmental Biomonitoring i Exposure Assessment and Specimen Banking*, ACS Symposium Series 654, American Chemical Society, Washington, str. 19-29.
- Markert B., Wappelhorst O., Weckert V., Herpin U., Siewers U., Friese K. i Breulmann G. (1999): The use of bioindicators for monitoring the heavy-metal status of the environment. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 240: 425-429.
- Markert B., Breure A. M. i Zechmeister H. G. (2003): Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. U: Markert B. A., Breure A. M. i Zechmeister H. G. (ur.), *Bioindicators and Biomonitoring i Principles, Concepts and Applications*, Elsevier Science Ltd, Oxford, str. 3-39.
- Markert B. (2008): From biomonitoring to integrated observation of the environment i the multi-markered bioindication concept. *Ecological Chemistry and Engineering S* 15 (3): 315-333.
- Mariottini Y., De Wysiecki M. L. i Lange C. E. (2011): Seasonal occurrence of life stages of grasshoppers (Orthoptera: Acridoidea) in the Southern Pampas, Argentina. *Zoological Studies* 50 (6): 737-744.
- McGeoch M. A. (1998): The selection, testing and application of terrestrial insects as bio-indicators. *Biological Reviews* 73: 181-201.
- McGeoch M. A. (2007): Insects and bioindication: theory and progress. U: Stewart A. J. A., New T. R. i Lewis O. T. (ur.), *Insect Conservation Biology: Proceedings of the Royal Entomological Society's 23rd Symposium*, CABI, Wallingford, str. 144-174.
- McGeoch M. A., Sithole H., Samways M. J., Simaika J. P., Pryke J. S., Uys C., Armstrong A. J., Dippenaar-Schoeman A. S., Engelbrecht I. A., Braschler B. i Hamer M. (2011): Conservation and monitoring of invertebrates in terrestrial protected areas. *Koedoe* 52 (2): 1-13. (objavljeno *online*)
- McKinney M. L. i Lockwood J. L. (1999): Biotic homogenisation: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology & Evolution* 14 (11): 450-453.
- McKinney M. L. i Lockwood J. L. (2001): Biotic homogenization: a sequential and selective

- process. U: Lockwood J. L. i McKinney M. L. (ur), Biotic homogenization. Kluwer Academic Publishers, New York, str. 1-17.
- Medvednica. Opća i nacionalna enciklopedija u 20 knjiga, DVD izdanje, PRO LEKSIS, Veļernji List.
- Medvednica i park prirode. <http://www.idemvan.hr/mjesto/medvednica/2410/>, pristupljeno 21. 08. 2013.
- Mellin C., Delean S., Caley J., Edgar G., Meekan M., Pitcher R., Przeslawski R., Williams A. i Bradshaw C. (2011): Effectiveness of biological surrogates for predicting patterns of marine biodiversity: a global meta-analysis. Plos One 6 (6). <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0020141>, pristupljeno 5. kolovoza 2013.
- Meyer C. K., Whiles M. R. i Charlton R. E. (2002): Life history, secondary production and ecosystem significance of acridid grasshoppers in annually burned and unburned tallgrass prairie. American Entomologist 48 (1): 52-61.
- Mikęić S. (1960): Mjeęovita populacija Acridoidea i Tettigonioidea na planinskim paęnjacima Bjelaęnice i Igmana. U: Godiņnjak Bioloękog instituta Univerziteta u Sarajevu, Zemaljski muzej, Sarajevo, str. 63-105.
- Mikęić S. (1966): Populacije skakavaca (Acridoidea) i zrikavaca (Tettigonioidea) na planinskim paęnjacima Bjelaęnice. Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu. 5: 123-159.
- Mikęić S. (1974): Distribucija Orthoptera u Livanjskom polju. Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu. 13: 141-152.
- Mikęić S. (1976): Uticaj antropogenih faktora na sastav i gustinu populacija Orthoptera na planini Bjelaęnici. U: Godiņnjak Bioloękog instituta Univerziteta u Sarajevu, Zemaljski muzej, Sarajevo, str. 99-109.
- Mikęić S. (1978): Neke karakteristike faune Orthoptera planinskog podrulja zapadne Bosne. Acta Entomologica Jugoslavica. 14 (1-2): 49-57.
- Miller R. H. i Onsager J. A. (1991): Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) and plant relationships under different grazing intensities. Environmental Entomology 20: 807-814.
- Mills L. S., Soule M. E. i Doak D. F. (1993): The keystone-species concept in ecology and conservation. Bioscience 43: 219-224.
- Moreno C. E. i Sanchez-Rojas G. (2007): Shortcuts for biodiversity evaluation: a review of terminology and recommendations for the use of target groups, bioindicators and surrogates. International Journal of Environment and Health 1 (1): 71-86.

- Müller P. (1980): Biogeographie. UTB, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 414 str.
- Naeem S. (2002): Ecosystem consequences of biodiversity loss: the evolution of a paradigm. *Ecology* 83: 1537-1552.
- Nagy A. i Kisfali M. (2007): Effects of mowing intensity on Orthoptera assemblages of meadows in southwest Hungary. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula: Protectia Mediului*. 12: 100-105.
- Nagy A., Solymos P. i Racz I. A. (2007): A test on the effectiveness and selectivity of three sampling methods frequently used in orthopterological field studies. *Entomologica Fennica* 18: 149-159.
- Nagy B. (1995): Are locust outbreaks a real danger in the Carpathian Basin in the near future? *Journal of Orthoptera Research* 4: 143-146.
- New T. R. (1997): Are Lepidoptera an effective umbrella group for biodiversity conservation? *Journal of Insect Conservation* 1: 5-12.
- Niemela J., Spence J. R., Langor D., Haila Y. i Tukia H. (1993): Logging and boreal ground-beetle assemblages on two continents: implications for conservation. U: Gaston K. J., Newand T. R. i Samways M. J. (ur.), *Perspectives on Insect Conservation*, Intercept, Andover, str. 29-50.
- Niemela J., Haila Y., i Puntilla P. (1996): The importance of small scale heterogeneity in boreal forests: variation in diversity in forest-floor invertebrates across the succession gradient. *Ecography* 199: 352-368
- Nikl ević J. (2007): Zağita faune Orthoptera Tivatskih Solila. 9th Symposium on Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, Proceeding: 215-223.
- Nitzu E., Nae a. i Popa I. (2008): The fauna of soil beetles (edaphic Coleoptera) as a sensitive indicator of evolution and conservation of ecosystems. A study on the altitudinal gradient in the Rodnei Mountains Biosphere Reserve (the Carpathians). *Monographs* 12: 405-416.
- Noss R. F. (1990): Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.
- Öckinger E. i Smith H. G. (2006): Landscape composition and habitat area affects butterfly species richness in semi-natural grasslands. *Oecologia* 149: 526-534.
- Oedekoven M. A. i Joern A. (1998): Stage-based mortality of grassland grasshoppers (Acrididae) from wandering spider (Lycosidae) predation. *Acta Oecologica* 19: 507-515.
- Oertel N. and Salánki J. (2003): Biomonitoring and bioindicators in aquatic ecosystems. U:

- Ambasht R. S. i Ambasht N. K. (ur.), *Modern Trends in Applied Aquatic Ecology*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, str. 219-246.
- Oksanen L., Fretwell S. D., Arruda J. i Niemela P. (1981): Exploitation ecosystems in gradients of primary productivity. *The American Naturalist* 188: 240-261.
- Olden J. D., Poff N. L., Douglas M. R., Douglas M. E. i Fausch K. D. (2004): Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 18i 24.
- Olden J. D. i Rooney T. P. (2006): On defining and quantifying biotic homogenization. *Global Ecology and Biogeography* 15: 113-120.
- O'Neill K. M., Olson B. E., Rolston M. G., Wallander R., Larson D. P. i Seibert C. E. (2003): Effects of livestock grazing on rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) abundance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97: 51-64.
- O'Neill K. M., Olson B. E., Wallander R., Rolston M. G. i Seibert C. E. (2010): Effects of livestock grazing on grasshopper abundance on a native rangeland in Montana. *Environmental Entomology* 39 (3): 775-786.
- Pavić V. (2012): Fotografija Medvednice. <http://www.sljeme.com.hr/galerija/>, preuzeto 31. ožujka 2013.
- Pearson D. L. (1994): Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society, series B*, 345 (1311): 75-79.
- Poinar Jr. G. (2008): Global diversity of hairworms (Nematomorpha: Gordiacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595 (1): 79i 83.
- Prendini L., Theron L.-J., van der Merwe K. i Owen-Smith N. (1996): Abundance and guild structure of grasshoppers (Orthoptera: Acridoidea) in communally grazed and protected savanna. *South African Journal of Zoology* 31 (3): 120-130.
- Pyron M. (2012): Characterizing Communities. *Nature Education Knowledge* 3(10): 39, <http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/characterizing-communities-13241173>, pristupljeno 12. srpnja 2013.
- Pywell R. F., Bullock J. M., Hopkins A., Walker K. J., Sparks T. H., Burke M. J. W. i Peel S. (2002): Restoration of species-rich grassland on arable land: assessing the limiting processes using a multi-site experiment. *Journal of Applied Ecology* 39: 294-309.
- Quinn M. A. i Walgenbach D. D. (1990): Influence of grazing history on the community structure of grasshoppers of a mixed-grass prairie. *Environmental Entomology* 19 (6): 1756-1766.
- Rainio J. i Niemela J. (2003): Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 12: 487-506.

- Rainio J. (2009): Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) as indicators of environmental change in Ranomafana National Park, Madagascar. Akademski disertacija, University of Helsinki, Helsinki, 33 str.
- Regulska E. (2011): Carabidae in landscape research on the basis of literature 2005-08. Polish Journal of Environmental Studies 20 (3): 733-741.
- Reinhardt K., Kohler G., Maas S. i Detzel P. (2005): Low dispersal ability and habitat specificity promote extinctions in rare but not in widespread species: the Orthoptera of Germany. Ecography 28: 593-602.
- Ricketts T. H., Daily G. C. i Ehrlich P. R. (2002): Does butterfly diversity predict moth diversity? Testing a popular indicator taxon at local scales. Biological conservation 103: 361-370.
- Roberge J.-M. i Angelstam P. (2004): Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool. Conservation Biology 18 (1): 76-85.
- Saha H. K. i Haldar P. (2009): Acridids as indicators of disturbance in dry deciduous forest of West Bengal in India. Biodiversity and Conservation 18: 2343-2350.
- Saha H. K., Sarkar A. i Haldar P. (2011): Effects of antropogenic disturbances on the diversity and composition of the Acridid fauna of sites in the dry deciduous forest of West Bengal, India. Journal of Biodiversity and Ecological Sciences 1: 313-320.
- Samways M. J. (1993): Dragonflies (Odonata) in taxic overlays and biodiversity conservation. U: Gaston K. J., New T. R. i Samways M. J. (ur.), Perspectives on Insect Conservation, Intercept, Andover, str. 111-124.
- Samways M. J. (1997): Conservation biology of Orthoptera. U: Gangwere S. K., Muralirangan M. C. i Muralirangan M. (ur.), The Bionomics of Grasshoppers, Katydid and their Kin, CAB International, Wallingford, str. 481-496.
- Samways M. J. i Clark T. E. (1997): Sampling arthropod diversity for urban ecological landscaping in aspecies-rich southern hemisphere botanic garden. Journal of Insect Conservation 1: 221-234.
- Samways M. J. i Sergeev M. G. (1997): Orthoptera and landscape change. U: Gangwere S. K., Muralirangan M. C. i Muralirangan M. (ur.), The Bionomics of Grasshoppers, Katydid and their Kin, CAB International, Wallingford, str. 147-162.
- Sauberer N., Zulka K. P., Abensperg-Traun M., Berg H.-M., Bieringer G., Milasowszky N., Moser D., Plutzar C., Pollheimer M., Storch C., Trostl R., Zechmeister H., Grabherr G. (2004): Surrogate taxa for biodiversity in agricultural landscapes of eastern Austria. Biological Conservation 117: 181-190.

- Schmidt-Rhaesa A. (2001): The life cycle of horsehair worms (Nematomorpha). *Acta Parasitologica* 46: 151-158.
- Schuster A., Biering G., Sehnal P. i Waitzbauer W. (1998): The grasshopper fauna of Cres (Croatia) i a preliminary list of species. U: *Die Weidelandschaft bei Srem (Cres, Kroatien). Okoterrestrische Untersuchungen auf der Kvarner i Insel Cres (Kroatien)*, Institut fur Zoologie der Universitat Wien i Eigenverlag, Wien, str. 64-71 (*Projektstudie*).
- Simberloff D. (1998): Flagships, umbrellas and keystones: is single-species management passé in the landscape era? *Biological Conservation* 83 (3): 247-257.
- Skinner K. M. (2000): The past, present and future of rangeland grasshopper management. *Rangelands* 22 (2): 24-28.
- Smart S. M., Thompson K., Marrs R. H., Le Duc L. G., Maskell L. C. i Firbank L. G. (2006): Biotic homogenization and changes in species diversity across human-modified ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B* 273: 2659-2665.
- Smith B. i Wilson J. B. (1996): A consumer's guide to evenness measures. *Oikos* 76: 70-82.
- Southwood T. R. E. (1988): Tactics, strategies and templets. *Oikos* 52: 3-18.
- Sovell J. R. (2006): Grasshopper monitoring on Pueblo Chemical Depot (2001-2003). Colorado Natural Heritage Program, Colorado State University, Fort Collins, 35 str.
- Spungis V. (2007): Fauna and ecology of grasshoppers (Orthoptera) in the coastal dune habitats in Ziemepe Nature Reserve, Latvia. *Latvijas entomologs* 44: 58-68.
- Steck C. E., Burgi M., Bolliger J., Kienast F., Lehmann A. i Gonseth Y. (2007): Conservation of grasshopper diversity in a changing environment. *Biological Conservation* 138: 360i 370.
- Stefanescu C., Penuelas J. i Filella I. (2003): Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin. *Global Change Biology* 9 (10): 1494-1506.
- Steffan-Dewenter I. i Tschardt T. (2002): Insect communities and biotic interactions on fragmented calcareous grasslands i a mini review. *Biological Conservation* 104: 275-284.
- Stoate C., Baldi A., Beja P., Boatman N. D., Herzon I., van Doorn A., de Snoo G. R., Rakosy L., i Ramwell C. (2009): Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe i a review. *Journal of Environmental Management* 91: 22-46.
- Strijker D. (2005): Marginal lands in Europe i causes of decline. *Basic and Applied Ecology* 6: 99-106.

- Symstad A. J., Chapin F. S., Wall D. H., Gross K. L., Huenneke L. F., Mittelbach G. G., Peters D. P. C. i Tilman D. (2003): Long-term and large-scale perspectives on the relationship between biodiversity and ecosystem functioning. *Bioscience* 53: 89-98.
- Ćegulja N. i Topić J. (2000): Vodič za terensku nastavu iz geobotanike i ekologije bilja. Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 70 str. (interna skripta, neobjavljeno).
- Ćolić M.: Osnove ekologije, 164 str. (interna predavanja, neobjavljeno).
<http://jadran.izor.hr/hr/nastava/solic/EKOLOGIJA/PREDAVANJA/20.%20STRUKTURA%20ZAJEDNICE.pdf>, preuzeto 11. srpnja 2013.
- Thomas C. D., Bodsworth E. J., Wilson R. J., Simmons A. D., Davies Z. G., Musche M. i Conradt L. (2001): Ecological and evolutionary processes at expanding range margins. *Nature* 411: 577-583.
- Thomas F., Schmidt-Rhaesa A., Martin G., Manu C., Durand P. i Renaud F. (2002): Do hairworms (Nematomorpha) manipulate the water seeking behaviour of their terrestrial hosts? *Journal of Evolutionary Biology* 15 (3): 356-361.
- Thomas J. A. (2005): Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360 (1454): 339-357.
- Tilman D., Fargione J., Wolff B., D'Antonio C., Dobson A., Howarth R., Schindler D., Schlesinger W. H., Simberloff D. i Swackhamer D. (2001): Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292: 281-284.
- Tischler W. (1949): Grundzüge der terrestrischen Tierökologie. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 219 str.
- Trinajstić I. (2008): Biljne zajednice Republike hrvatske. Akademija hrvatskih znanosti, Zagreb, 180 str.
- Ulrich W. i Buszko J. (2003): Species-area relationships of butterflies in Europe and species richness forecasting. *Ecography* 26: 365-374.
- Ulrich W. i Buszko J. (2004): Habitat reduction and patterns of species loss. *Basic and Applied Ecology* 5: 231-240.
- UNEP (2003a): Monitoring and indicators: designing national-level monitoring programmes and indicators. UNEP/CBD/SBSTTA/9/10, Montreal.
- UNEP (2003b): Proposed biodiversity indicators relevant to the 2010 target. UNEP/CBD/SBSTTA/9/INF/26, Montreal.
- Us P. i Matvejev S. (1967): Orthopteroidea. *Catalogus Faunae Jugoslaviae* III/6: 1-47.

- Van Swaay C. A. M. i Warren M. S. (2012): Developing butterflies as indicators in Europe: current situation and future options. De Vlinderstichting/Dutch Butterfly Conservation, Butterfly Conservation UK, Butterfly Conservation Europe, Wageningen, 24 str.
- Van Wingerden W. K. R. E., Musters J. C. M. i Maaskamp F. I. M. (1991): The influence of temperature on the duration of egg development in West European grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Oecologia* 87: 417-423.
- Van Wingerden W. K. R. E., Van Kreweld A. R. i Bongers W. (1992): Analysis of species composition and abundance of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in natural and fertilized grasslands. *Journal of Applied Entomology* 113: 138-152.
- Vickery M. (2008): Butterflies as indicators of climate change. *Science Progress* 91 (2): 193-201.
- Warchalowska-Sliwa E., Niklinska M., Görlich A., Michailova P. i Pyza E. (2005): Heavy metal accumulation, heat shock protein expression and cytogenetic changes in *Tetrix tenuicornis* (L.) (Tetrigidae, Orthoptera) from polluted areas. *Environmental Pollution* 132 (2): 373-381.
- Watt A. D., Bradshaw R. H. W., Young J., Alard D., Bolger T., Chamberlain D., Fernandez-Gonzalez F., Fuller R., Gurrea P., Henle K., Johnson R., Korscz Z., Lavelle P., Niemela J., Norwicky P., Rebane M., Scheidegger C., Sousa J. P., Van Swaay C. i Vanbergen A (2007): Trends in biodiversity in Europe and the impact of land use change. U: Hester R. E. i Harrison R. M. (ur.), *Biodiversity under threat*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, str. 135-160.
- Weiss N., Zucchi H. i Hochkirch A. (2012): The effects of grassland management and aspect on Orthoptera diversity and abundance: site conditions are as important as management. *Biodiversity and Conservation*: 1-12 (objavljeno *online*).
- White P. J. T. i Kerr J. T. (2007): Human impacts on environment-diversity relationships: evidence for biotic homogenization from butterfly species richness patterns. *Global Ecology and Biogeography* 16: 290-299.
- Willott S. J. i Hassall M. (1998): Life-history responses of British grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) to temperature change. *Functional Ecology* 12: 232-241.
- Wilson J. D., Morris A. J., Arroyo B. E., Clark S. C. i Bradbury R. B. (1999): A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 75: 13-30.
- Yousef H. A., Afify A., Hasan H. M. i Meguid A. A. (2010): DNA damage in hemocytes of *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae) exposed to contaminated food with cadmium and lead. *Natural Science* 2 (4): 292-297.

- Zhang Z.-Q. (2011): Animal biodiversity: An introduction to higher-level classification and taxonomic richness. *Zootaxa* 3140: 7-12.
- Gečelj P. (2010): Usporedba prehrane kućnog (*Hemidactylus turcicus* L.) i zidnog (*Tarentola mauritanica* L.) macaklina na otoku Hvaru tijekom ljeta. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 42 str.

Prilozi

Tablice I i X pokazuju broj vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima, za svaki od 10 istraživanih lokaliteta. Brojevi označeni zvjezdicom predstavljaju ličinke.

Tablica I. Broj vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima na lokalitetu 1. „Ponikve I“.

lokalitet 1.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
broj vrsta Orthoptera		7	7	5	3	2	11
broj vrsta Ensifera		3	3	2	1		5
broj vrsta Caelifera		4	4	3	2	2	6
ukupno Orthoptera		204	211	26	16	6	463
ukupno Ensifera		44	39	9	1		93
ukupno Caelifera		160	172	17	15	6	370
4. <i>R. nitidula</i>				8			8
7. <i>L. boscii</i>		14*	18				32
11. <i>Ph. falcata</i>					1		1
15. <i>Ph. griseoaptera</i>		4*	1				5
18. <i>R. roeselii</i>		26	20	1			47
23. <i>Ch. dispar</i>		15	5	1			21
24. <i>E. brachyptera</i>		4	2				6
25. <i>Ch. dorsatus</i>				8	11	5	24
26. <i>G. biguttulus</i>					4	1	5
30. <i>P. parallelus</i>		139	162	8			309
35. <i>O. schmidtii</i>		2	3				5

*ličinke

Tablica II. Broj vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima na lokalitetu 2. „Ponikve II“.

lokalitet 2.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
broj vrsta Orthoptera		7	7	8	4	2	12
broj vrsta Ensifera		2	3	5	2	1	6
broj vrsta Caelifera		5	4	3	2	1	6
ukupno Orthoptera		87	74	58	22	2	243
ukupno Ensifera		5	14	14	7	1	41
ukupno Caelifera		82	60	44	15	1	202
3. <i>E. ephippiger</i>			1			1	2
4. <i>R. nitidula</i>				3			3
11. <i>Ph. falcata</i>				3	1		4

(nastavak na sljedećoj stranici)

(Tablica II. – nastavak)

lokalitet 2.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
15. <i>Ph. griseoaptera</i>		1*	4	1			6
16. <i>Pach. gracilis</i>				5	6		11
18. <i>R. roeselii</i>		4	9	2			15
23. <i>Ch. dispar</i>		8	9				17
24. <i>E. brachyptera</i>		48	25	23	10	1	107
25. <i>Ch. dorsatus</i>				5	5		10
30. <i>P. parallelus</i>		24	18	16			58
33. <i>S. lineatus</i>		1					1
35. <i>O. schmidtii</i>		1	8				9

*ličinka

Tablica III. Broj vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima na lokalitetu 3. „Fakultetsko dobro I“.

lokalitet 3.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
broj vrsta Orthoptera		6	5	6	3	1	9
broj vrsta Ensifera		4	3	4	3	1	7
broj vrsta Caelifera		2	2	2			2
ukupno Orthoptera		221	156	49	12	1	439
ukupno Ensifera		7	12	18	12	1	50
ukupno Caelifera		214	144	31			389
4. <i>R. nitidula</i>				1			1
9. <i>P. ornatus</i>		3					3
11. <i>Ph. falcata</i>				2	1		3
15. <i>Ph. griseoaptera</i>		1*			1		2
16. <i>Pach. gracilis</i>			7	13	10	1	31
18. <i>R. roeselii</i>		1	4	2			7
20. <i>T. viridissima</i>		2	1				3
24. <i>E. brachyptera</i>		3	1	2			6
30. <i>P. parallelus</i>		211	143	29			383

*ličinke

Tablica IV. Broj vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima na lokalitetu 4. „Fakultetsko dobro II“.

lokalitet 4.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
broj vrsta Orthoptera	1	4	4	5	4	1	9
broj vrsta Ensifera		1	2	1	1		4
broj vrsta Caelifera	1	3	2	4	3	1	5
ukupno Orthoptera	3	118	84	80	55	7	347
ukupno Ensifera		2	2	1	1		6
ukupno Caelifera	3	116	82	79	54	7	341
10. <i>P. schmidtii</i>			1				1

(nastavak na sljedećoj stranici)

(Tablica IV. – nastavak)

lokalitet 4.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
15. <i>Ph. griseoptera</i>		2*			1		3
16. <i>Pach. gracilis</i>			1				1
19. <i>P. a. grisea</i>				1			1
26. <i>G. biguttulus</i>				5	52	7	64
27. <i>G. brunneus</i>		4	2	6			12
30. <i>P. parallelus</i>		110	80	67			257
34. <i>S. stigmaticus</i>				1	1		2
38. <i>T. undulata</i>	3	2			1*		6

*ličinke

Tablica V. Broj vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima na lokalitetu 5. „Hunjka“.

lokalitet 5.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
broj vrsta Orthoptera		3	5	7	4	2	9
broj vrsta Ensifera			1		1		2
broj vrsta Caelifera		3	4	7	3	2	7
ukupno Orthoptera		201	120	319	12	2	654
ukupno Ensifera			1		1		2
ukupno Caelifera		201	119	319	11	2	652
3. <i>E. ephippiger</i>			1				1
16. <i>Pach. gracilis</i>					1		1
24. <i>E. brachyptera</i>				2			2
26. <i>G. biguttulus</i>				40	8	1	49
27. <i>G. brunneus</i>			1	9	2	1	13
30. <i>P. parallelus</i>		174	107	145			426
31. <i>O. haemorrhoidalis</i>		1	2	10			13
34. <i>S. stigmaticus</i>		26	9	111	1		147
36. <i>Oe. caerulescens</i>				2			2

Tablica VI. Broj vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima na lokalitetu 6. „Crveni spust“.

lokalitet 6.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
broj vrsta Orthoptera		4	6	7	4	4	9
broj vrsta Ensifera		2	2	2	1		4
broj vrsta Caelifera		2	4	5	3	4	5
ukupno Orthoptera		14	53	267	52	23	409
ukupno Ensifera		4	18	4	3		29
ukupno Caelifera		10	35	263	49	23	380
8. <i>P. gracilis</i>			1				1
11. <i>Ph. falcata</i>				2			2

(nastavak na sljedećoj stranici)

(Tablica VI. – nastavak)

lokalitet 6.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
15. <i>Ph. griseoptera</i>		3*	17		3		23
19. <i>P. a. grisea</i>		1*		2			3
24. <i>E. brachyptera</i>			2	5			7
26. <i>G. biguttulus</i>			1	15	7	10	33
27. <i>G. brunneus</i>		4	14	97	5	5	125
30. <i>P. parallelus</i>		6	18	142	37	6	209
36. <i>Oe. caerulescens</i>				4		2	6

*ličinke

Tablica VII. Broj vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima na lokalitetu 7. „Krumpirište“.

lokalitet 7.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
broj vrsta Orthoptera		2	2	6	2	1	6
broj vrsta Ensifera		1		2			2
broj vrsta Caelifera		1	2	4	2	1	4
ukupno Orthoptera		157	146	139	8	2	452
ukupno Ensifera		5		2			7
ukupno Caelifera		152	146	137	8	2	445
8. <i>P. gracilis</i>				1			1
15. <i>Ph. griseoptera</i>		5*		1			6
26. <i>G. biguttulus</i>				2	1	2	5
27. <i>G. brunneus</i>			3	10			13
30. <i>P. parallelus</i>		152	143	124	7		426
37. <i>T. subulata</i>				1			1

*ličinke

Tablica VIII. Broj vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima na lokalitetu 8. „Kapelica sv. Jakoba“.

lokalitet 8.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
broj vrsta Orthoptera		5	6	7	4	2	10
broj vrsta Ensifera		2	3	3	1	1	6
broj vrsta Caelifera		3	3	4	3	1	4
ukupno Orthoptera		75	130	88	66	48	407
ukupno Ensifera		20	20	10	4	5	59
ukupno Caelifera		55	110	78	62	43	348
4. <i>R. nitidula</i>				3			3
5. <i>B. serricauda</i>			1				1
8. <i>P. gracilis</i>		1					1
15. <i>Ph. griseoptera</i>		19*	17	6	4	5	51
18. <i>R. roeselii</i>				1			1

(nastavak na sljedećoj stranici)

(Tablica VIII. – nastavak)

lokalitet 8.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
19. <i>P. a. grisea</i>			2				2
26. <i>G. biguttulus</i>		2	14	52	57	43	168
27. <i>G. brunneus</i>		10	9	1			20
28. <i>G. mollis</i>				1	1		2
30. <i>P. parallelus</i>		43	87	24	4		158

*ličinke

Tablica IX. Broj vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima na lokalitetu 9. „Čučerje I“.

lokalitet 9.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
broj vrsta Orthoptera		5	10	13	9	4	20
broj vrsta Ensifera		4	8	10	3	1	13
broj vrsta Caelifera		1	2	3	6	3	7
ukupno Orthoptera		33	46	54	52	39	224
ukupno Ensifera		30	38	28	34	15	145
ukupno Caelifera		3	8	26	18	24	79
1. <i>G. campestris</i>				1*			1*
2. <i>Oe. pellucens</i>				1			1
4. <i>R. nitidula</i>			1				1
6. <i>L. albovittata</i>		2	3	1			6
11. <i>Ph. falcata</i>			5	8	3		16
12. <i>Ph. nana</i>				2			2
13. <i>D. verrucivorus</i>				1			1
14. <i>Ph. fallax</i>		18	11	3	5		37
15. <i>Ph. griseoptera</i>				1			1
16. <i>Pach. gracilis</i>			11	4	26	15	56
18. <i>R. roeselii</i>			1				1
19. <i>P. a. grisea</i>		9	5	6			20
20. <i>T. viridissima</i>		1	1				2
21. <i>C. italicus</i>			1	8			9
22. <i>P. giornae</i>			7	14	11	16	48
25. <i>Ch. dorsatus</i>				4	2	5	11
28. <i>G. mollis</i>					2	3	5
29. <i>G. rufus</i>					1		
32. <i>O. rufipes</i>					1		1
33. <i>S. lineatus</i>		3			1		4

*ličinka

Tablica X. Broj vrsta i broj ulovljenih jedinki reda Orthoptera po mjesecima na lokalitetu 10. „Čučerje II“.

lokalitet 10.	svib. '09.	lip. '09.	srp. '08.	kol. '08.	ruj. '08.	list. '08.	ukupno
broj vrsta Orthoptera		8	10	11	7	4	20
broj vrsta Ensifera		6	7	5	2	1	9
broj vrsta Caelifera		2	3	6	5	3	11
ukupno Orthoptera		39	41	32	37	11	160
ukupno Ensifera		30	31	12	9	2	84
ukupno Caelifera		9	10	20	28	9	76
1. <i>G. campestris</i>				1*			1*
6. <i>L. albovittata</i>		1	3				4
11. <i>Ph. falcata</i>			7	2			9
13. <i>D. verrucivorus</i>		11	1				12
14. <i>Ph. fallax</i>		13	15	3	2		33
16. <i>Pach. gracilis</i>		1		3	7	2	13
17. <i>B. kuntzeni</i>		1	2				3
19. <i>P. a. grisea</i>		3	2	3			8
20. <i>T. viridissima</i>			1				1
21. <i>C. italicus</i>		1	4	5			10
22. <i>P. giornae</i>				6	4	2	12
25. <i>Ch. dorsatus</i>					4		4
26. <i>G. biguttulus</i>					1		1
27. <i>G. brunneus</i>			1				1
28. <i>G. mollis</i>				2	18	6	26
29. <i>G. rufus</i>				1*			1*
31. <i>O. haemorrhoidalis</i>					1		1
32. <i>O. rufipes</i>				2			2
33. <i>S. lineatus</i>		8	5	4			17
38. <i>T. undulata</i>						1*	1*

*ličinke