

# Promjena veličine tijela i krila trčaka (Coleoptera: Carabidae) duž visinskog gradijenta šumskih staništa Učke

---

Mrazović, Andreja

Master's thesis / Diplomski rad

2010

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:787161>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-25**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno – matematički fakultet  
Biološki odsjek

Andreja Mrazović

**Promjene veličine tijela i krila trčaka (COLEOPTERA:  
CARABIDAE) duž visinskog gradijenta šumskih staništa Učke**

Diplomski rad

Zagreb, 2010. godine

Ovaj rad izrađen je na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno – matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Mladena Kučinića i pomoćnim voditeljstvom dr. sc. Lucije Šerić Jelaska radi stjecanja zvanja dipl. ing. biologije, smjer ekologija.

## **Zahvale**

*Zahvale upućujem svojim voditeljima prof. dr. sc. Mladenu Kučiniću i dr. sc. Luciji Šerić Jelaska što su mi omogućili izradu ovog diplomskog rada gdje su kukci središnja tema koji su oduvijek privlačili moju pažnju.*

*Posebno se zahvaljujem dr. sc. Luciji Šerić Jelaska na pomoći u terenskom istraživanju, izolaciji, determinaciji, analizama podataka. Hvala na vodstvu kroz cjelokupno istraživanje, te na strpljenju i posvećenom vremenu.*

*Veliko hvala mojoj kolegici i prijateljici Ivi Rukavini koja mi je svojim društvom uljepšala terenska istraživanja te brojne sate provedene uz lupu.*

*Hvala i svim djelatnicima Zoologijskog zavoda na strpljenju i razumijevaju, posebno dipl. ing. Jasenki Brunović – Malenica na pomoći pri prepariranju kukaca.*

*Hvala doc. dr. sc. Svenu Jelaski na pomoći pri terenskom odabiru šumskih zajednica. Zahvaljujem Parku Prirode Učka na financiranju istraživanja i prijevozu prilikom terenskog rada te djelatnicima Šumarije Labin što su nam bili voljni pomoći kad nam je to trebalo. Hvala prof. dr. sc. Pauli Durbešić na lijepim riječima i entuzijazmu koji širi i potiče druge da se bave entomologijom.*

*I na kraju, najviše zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na razumijevanju, strpljenju i podršci koju mi pružaju cijelo vrijeme i bez čije pomoći u svakom pogledu sada zasigurno ne bih pisala svoj diplomski rad.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

Promjena veličine tijela i krila trčaka (COLEOPTERA: CARABIDAE) duž visinskog  
gradijenta šumskih staništa Učke

Andreja Mrazović

Prirodoslovno – matematički fakultet, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

### Sažetak

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi promjene veličine tijela unutar zajednica trčaka i unutar vrsta *Abax parallelepipedus* (Piller&Mitterpacher 1783) i *Carabus caelatus* Fabricius 1801 te utvrditi promjene krilatosti i stanišnosti duž visinskog gradijenta i sukladno tome, provjeriti jesu li te promjene u skladu s Bergmannovim i Allanovim pravilom. Istraživanje je provedeno unutar granica PP Učka tijekom jedne vegetacijske sezone, od svibnja do listopada 2008. godine. 11 ploha smješteno je u 7 šumskih zajednica duž visinskog gradijenta s 5 lovnih posuda po plohi. Rezultati su pokazali smanjenje veličine tijela unutar zajednica i unutar dviju promatranih vrsta što nije u skladu s Bergmannovim pravilom te dominaciju brahipternih oblika duž visinskog gradijenta što se ne podudara s Allanovim pravilom. S druge strane, analiza stanišnosti pokazala je dominaciju šumskih vrsta duž visinskog gradijenta. Brahipterne šumske vrste bile su najzastupljenije na plohama srednje nadmorske visine.

(54 stranica, 24 slike, 3 tablice, 44 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: trčci / visinski gradijent / veličina tijela / krilatost / stanišnost

Voditelj: Dr. sc. Mladen Kučinić, izv. prof.

Pomoćni voditelj: Dr. sc. Lucija Šerić Jelaska

Ocjenitelji: Dr. sc. Vesna Benković, doc.

Dr. sc. Mirta Tkalec, doc.

Rad prihvaćen: 5. svibnja 2010.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

Body and wing – size changes in carabid species (COLEOPTERA: CARABIDAE) along altitudinal gradient of forest habitats on Mt. Učka

Andreja Mrazović

Faculty of Science, University of Zagreb, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

### Abstract

Aim of the study was to determine changes in body size within carabid communities and within species *Abax parallelepipedus* (Piller&Mitterpacher 1783) and *Carabus caelatus* Fabricius 1801 and also to determine changes in wing size and habitat specialisation along altitudinal gradient and compare these changes with Bergmann's and Allan's rule. Pitfall traps were placed on eleven plots in seven forest communities in Učka Nature Park and exposed during one season. 5 pitfall traps were placed on every plot. Results show decrease in body size within carabid communities and within two observed species and domination of brachypterous species and forest specialists along altitudinal gradient. Brachypterous species and forest specialists were most abundant in mid – elevations. Obtained results were not in compliance with Bergmann's and Allan's rule.

(54 pages, 24 figures, 3 tables, 44 references, original in: Croatian language)

Thesis deposited in Central biological library

Key words: carabid species / altitudinal gradient / body size / wing size / habitat specialisation

Supervisors: Dr. sc. Mladen Kučinić, assoc. prof.

Dr. sc. Lucija Šerić Jelaska

Reviewers: Dr. sc. Vesna Benković, doc.

Dr. sc. Mirta Tkalec, doc.

Thesis accepted: 5 May 2010

# SADRŽAJ

1.0. UVOD .....	1
1.1. Visinski gradijent .....	2
1.2. Trčci (Carabidae) .....	8
1.2.1. Biologija i ekologija .....	8
1.2.2. Morfologija .....	9
1.2.3. Trčci kao bioindikator .....	10
1.3. Bergmannovo i Allanovo pravilo .....	11
1.4. Rascjepkanost staništa.....	12
2.0. CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	14
3.0. MATERIJALI I METODE .....	15
3.1. Područje istraživanja .....	15
3.2. Uzorkovanje trčaka .....	23
3.3. Laboratorijska istraživanja .....	25
3.4. Obrada podataka .....	26
3.4.1. Grafički prikazi promjene veličine tijela s nadmorskom visinom .....	26
3.4.2. Visinski intervali i udjeli .....	26
4.0. REZULTATI .....	29
4.1. Zabilježene vrste.....	29
4.2. Veličina tijela među vrstama duž visinskog gradijenta .....	31
4.3. Veličina tijela unutar vrsta duž visinskog gradijenta.....	33
4.3.1. Grafički prikazi .....	33
4.3.2. Statistička analiza.....	38
4.4. Krilatost među vrstama duž visinskog gradijenta.....	40
4.5. Stanišnost među vrstama duž visinskog gradijenta .....	41
5.0. RASPRAVA.....	42
5.1. Veličina tijela.....	42
5.2. Krilatost i stanišnost.....	43
6.0. ZAKLJUČCI .....	48
7.0. LITERATURA.....	50

## 1.0. UVOD

Entomološka istraživanja Kvarnersko – goranskog područja započinje Scopoli u 18. stoljeću, a najznačajnija istraživanja provodili su koleopterolozi Depoli, Müller i Novak u 20. stoljeću. Samo područje Učke istraživao je Beszédes krajem 19. stoljeća koji je za sobom ostavio veliku zbirku. Početkom 20. stoljeća Müller (1926), Depoli i Goidanich (Depoli 1926 - 1940) te Durbešić (1983 a i b) također su istraživali spomenuto područje. Krajem 20. i početkom ovog stoljeća fauna trčaka proučava se uglavnom u planinskim šumskim ekosustavima u Hrvatskom Primorju i Gorskom kotaru, naročito u zaštićenim područjima poput Nacionalnog parka Risnjak te u Parkovima prirode Medvednici i Papuku (Durbešić 1986, Durbešić i sur. 1994, Vujčić – Karlo 1999, Šerić Jelaska 2005, Šerić Jelaska i sur. 2007, 2010, Šerić Jelaska i Durbešić 2009). Navedenim istraživanjima obogatili su se faunistički popisi i proširile spoznaje o rasprostranjenosti trčaka u Hrvatskoj, osobito u planinskim šumskim ekosustavima (Rukavina i sur., u tisku). Planinski sustavi područja su velike biološke raznolikosti koja se pripisuje strmom ekološkom gradijentu koji uključuje klimatske uvjete, oštro definirane ekotone i relativno manji antropogeni utjecaj u usporedbi s nižim dijelovima (iz Pickering i sur. 2008). Temperatura i vlažnost najvažniji su čimbenici klime koji određuju vegetacijski pokrov nekog područja (iz Hodkinson 1999), a vegetacija, kao rezultat stanišnih uvjeta na određenom području, odražava razlike između tipova staništa. Ipak, ona ne jamči pojavljivanje određenih vrsta na tom području, jer odabir staništa ne ovisi samo o vegetaciji, već i o drugim ekološkim čimbenicima (iz Šerić Jelaska 2005).



## 1.1. Visinski gradijent

Planinska područja predstavljaju strme gradijente za široki raspon ekoloških čimbenika što se odražava na adaptivne mogućnosti i rasprostranjenost različitih tipova organizama i ekoloških zajednica. Surovi ekološki uvjeti u kombinaciji sa izoliranim i fragmentiranim staništima mnogih planinskih područja predstavljaju žarišnu točku mikroevolucije i adaptacije određenih grupa organizama gdje doprinose njihovoj jedinstvenoj bioraznolikosti. Kombinacija relativne specijaliziranosti vrsta i surovih uvjeta čini životinjske zajednice naročito osjetljivima na okolišne poremećaje, posebno na antropogeni utjecaj i promjenu klime. Navedena osjetljivost daje planinskim područjima posebnu konzervacijsku važnost. Planinske zajednice mogu na različite načine reagirati na poremećaje. Raznolikost vrsta će se najvjerojatnije smanjivati kao odgovor na kemijsko zagađenje. Suprotno tome, zatopljenje uz dodatnu precipitaciju ili povećani unos nutrijenata, uzrokovat će povećanje raznolikosti vrsta, međutim, to je popraćeno gubitkom planinskih vrsta uslijed gubitka povoljnijih staništa na koja bi mogle migrirati, a kako okoliš postaje blaži, javlja se sve više vrsta sa nižih staništa (iz Hodkinson i Jackson 2005).

Prema Hodkinsonu (2005) promjene fizikalnih parametara duž visinskog gradijenta zajedno stvaraju okoliš unutar kojeg planinske vrste kukaca mogu preživjeti i razmnožavati se, no, njihove kombinacije dovode do smanjenja strukturalne kompleksnosti staništa za kukce s povećanjem nadmorske visine. Najvažniji fizikalni parametri koji se mijenjaju duž visinskog gradijenta su sljedeći:

- a. Temperatura

Prosječna temperatura zraka pada s povećanjem nadmorske visine. Pad temperature uslijed povišenja nadmorske visine iznosi između 5,5 i 6,5 °C za svakih 1000 m nadmorske visine. Ovaj podatak općenito se odnosi na planinske sustave, iako pad temperature može značajno varirati s obzirom na lokalnu topografiju i meteorološke uvjete kao što su doba dana ili

godine, atmosfersko strujanje, vlaga u zraku, oblačnost te zračenje. Osim toga, lokalni temperaturni profil može biti narušen temperaturnom inverzijom kada hladna zračna masa ostane zarobljena u dolini ispod tople uslijed čega viša područja bilježe više temperature od onih nižih. Isto tako, temperatura među vegetacijom i temperatura površinskog sloja tla može značajno odudarati od temperature zraka što može značajno utjecati na kukce koji obitavaju na tom području. Općenito, kukci su sa povišenjem nadmorske visine izloženi većim temperaturnim ekstremima kao i smanjenju posječnih godišnjih temperatura. Srednje su temperature u prosjeku niže što znači da se kritične temperature potrebne za razvoj, rast i životne aktivnosti postižu rjeđe i kraćeg su trajanja.

- b. Zračenje

Zračenje samo po sebi, a pogotovo UV zračenje, ima štetan utjecaj na žive organizme. Postoji generalni trend porasta UV zračenja sa povišenjem nadmorske visine. Godišnji porast zračenja iznosi 8 – 9% za svakih 1000 m nadmorske visine, ali na ukupnu količinu zračenja utječu i drugi faktori kao što su kut zenita, površinski albedo, oblačnost i koncentracija aerosola.

- c. Tlak zraka

Tlak zraka, tj. tlak atmosferskih plinova koji uključuju kisik i ugljikov dioksid opada sa povišenjem nadmorske visine, tako da za svakog kukca dostupnost kisika opada za oko 11, 31 i 46% na 1000, 3000 i 5000 m nadmorske visine. Rjeđi zrak ima utjecaj na prijenos energije u egzotermnim organizmima te na njihovu sposobnost leta.

- d. Precipitacija

Precipitacija je važan faktor koji utječe na raznolikost, rasprostranjenost i produktivnost biljaka te karakteristike tla, a time indirektno i na kukce. Orografska precipitacija u obliku kiše ili snijega značajno raste duž visinskog gradijenta. Velike količine oborina dovode do ispiranja tla i formiranja tresetnog tla koje je povoljno stanište za mnoge ličinke, međutim,

takva staništa su podložna sporadičnim sušama što može imati za posljedicu izumiranje lokalnih populacija. S druge strane, snježni pokrivač pruža zaštitu od ekstremnih temperatura zraka, ali dugo zadržavanje snijega u proljeće znatno utječe na početak godišnjeg ciklusa kukaca. Godišnje varijacije snježnih oborina ovise o nadmorskoj visini.

- e. Brzina vjetra

Brzina vjetra značajno raste s porastom nadmorske visine, ali postoje lokalne varijacije koje ovise o konfiguraciji terena. Stalne i velike brzine vjetrova na većim nadmorskim visinama imaju štetan utjecaj na male organizme kao što su kukci i smanjuju njihove mogućnosti leta, jer je veća mogućnost da ih vjetar odnese. Međutim, utjecaj vjetra nije uvijek negativan, jer može prenijeti kukce na povoljnija staništa. Uostalom, mnogim planinskim staništima upravo vjetar omogućuje stalan prinos stranih vrsta koje se tamo mogu naći ili hranjive tvari za autohtone vrste.

Direktni učinci visinskog gradijenta na kukce prema Hodkinsonu (2005) su sljedeći:

- a. Varijacije veličine krila

Zajednice kukaca na višim nadmorskim visinama zastupljene su većim udjelom brahipternih i apternih oblika u usporedbi sa zajednicama na nižim visinama što je povezano sa smanjenom aktivnošću leta u oštrijim i hladnijim životnim uvjetima. Redukcija krila s povećanjem nadmorske visine može se promatrati na razini vrste ili na razini populacije. Vrste koje žive na većim nadmorskim visinama moraju svoju energiju uložiti u isplativiju od dviju varijanti: let koji omogućuje disperziju i pronalaženje partnera za razmnožavanje ili razmnožavanje kad vanjske temperature ne pogoduju letu.

- b. Tjelesna obojenost

Kukci koji žive na većim nadmorskim visinama, izloženi su planinskom variranju temperature te se, kao egzotermne životinje koje nemaju sposobnost zadržavanja topline, tome moraju prilagoditi. Te se prilagodbe mogu postići aktivno, ponašanjem kao što je sunčanje ili pasivno, kroz obojenost površine tijela. Tamnija obojenost tijela pokazuje bolju apsorpciju topline na višim nadmorskim visinama, dok svjetlije ili reflektirajuće boje tijela apsorbiraju manje energije.

- c. Varijacije veličine tijela

Srednja veličina tijela može se mijenjati duž visinskog gradijenta, ali ne postoji univerzalno pravilo pa određene vrste pokazuju porast veličine tijela sa povišenjem nadmorske visine - najčešće su to endotermne vrste na kojima je i opisano Bergmannovo pravilo koje govori o povećanju veličine tijela s povećanjem nadmorske visine i geografske širine. Druge, pak, vrste pokazuju suprotan trend. Povećanje tjelesne veličine općenito je objašnjeno negativnim odnosom između temperature potrebne za razvoj i veličine egzotermnih životinja u okolišu u kojem su izvor hrane i energije neograničeni. Za smanjenje veličine tijela se smatra da je rezultat ograničenih izvora koji ograničavaju potencijalni rast. U područjima bez izmjene godišnjih doba prosječna veličina tijela raste s nadmorskom visinom, dok je u područjima s izmjenom godišnjih doba vjerojatnije smanjenje zbog značajnih ograničenja izvora. Različite strategije mogu rezultirati, ili kontinuiranim, ili skokovitim prijelazom u tjelesnoj veličini. Skokoviti prijelaz javlja se tamo gdje s povišenjem nadmorske visine vrsta prelazi s jedne generacije u sezoni na životni ciklus s dvije generacije u sezoni. Tako se skraćuje vrijeme rasta, a populacije s dvije generacije imaju tendenciju stvaranja manjih jedinki (iz Kammer i sur. 2007).

- d. Temperaturna tolerancija i zahtjevi

Sposobnost vrste da uskladi svoju temperaturnu valenciju s visinskim temperaturnim profilom svoga staništa određuje gornju i donju granicu visinske distribucije, ukoliko nema značajnijeg utjecaja ostalih ekoloških čimbenika. U praksi, ono što određuje gornju granicu rasprostranjenosti jest sposobnost vrste da osigura dovoljno toplinske energije iz svoga okoliša za potpuni razvoj u ograničenom periodu. Uspoređene su optimalne tjelesne temperature i točke smrzavanja planinskih vrsta, kao i onih sa širom distribucijom. Planinske vrste se razlikuju od onih sa širom distribucijom u toleranciji letalno niskih temperatura. Glavna razlika leži u optimalnoj tjelesnoj temperaturi koja je za planinske vrste znatno niža i smatra se da one kombiniraju umjerenu toleranciju niskih temperatura i odabir termalno povoljnih zimskih mikrostaništa s optimalnim metabolizmom prilagođenim nižim vanjskim temperaturama. Rapoportovo pravilo govori o pozitivnom odnosu između geografskog rasprostiranja vrste i povišenja, kako nadmorske visine, tako i geografske širine (iz Sanders 2002), a temelji se na činjenici da je klima na višim nadmorskim visinama i geografskim širinama varijabilnija i zato su vrste koje tu obitavaju tolerantnije što im omogućava širu geografsku rasprostranjenost. Moguće objašnjenje leži u činjenici da se kritični temperaturni minimum brže mijenja od kritičnog temperaturnog maksimuma, stvarajući tako širi opseg tolerancije. Ipak, ni ovo pravilo nije generalno primjenjivo (iz Cruz i sur. 2005).

- e. Odgovor na pad koncentracije kisika

Populacije kukaca koje se suočavaju sa padom koncentracije kisika moraju povećati protok zraka kroz trahealni sustav, ukoliko žele zadržati normalnu aktivnost leta. Povećanje protoka zraka može dovesti do povećanog gubitka vode uslijed respiracije, iako ona može biti nadoknađena potencijalno višom koncentracijom vlage na višim nadmorskim visinama. Zbog toga prirodna selekcija može favorizirati populacije na višim nadmorskim visinama, jer one

efikasnije iskorištavaju dostupan kisik, nego populacije na nižim nadmorskim visinama. Međutim, ukoliko ne uspiju kompenzirati smanjenu dostupnost kisika, sve to se može negativno odraziti na njihov rast (iz Smith i sur. 2009).

- f. Varijacije u životnim strategijama i značaj stadija mirovanja kukaca (dijapauza)

Vrste sa širokom visinskom distribucijom suočavaju se s problemom prilagođavanja svojih strategija preživljavanja kako bi kompenzirale pogoršavanje okolišnih čimbenika, osobito pada temperature. Kako se mijenjaju godišnji uvjeti, tako se i kukci nastoje prilagoditi, a te prilagodbe najčešće uključuju smanjenje broja ličinačkih stadija ili generacija, višegodišnje životne cikluse, snižavanje granične temperature potrebne za razvoj, skraćivanje trajanja dijapauze. Skraćivanje vremena za razvoj smanjenjem broja ličinačkih stadija izravno je povezano sa smanjenjem tjelesne veličine i potencijalnog fekunditeta. Smanjenje broja generacija tijekom godišnjeg ciklusa često je primijećeno kod kukaca s povišenjem nadmorske visine. Vrijeme rasta za svaku vrstu je kraće na višim nadmorskim visinama u usporedbi s onima na nižim visinama. Vrste na višim nadmorskim visinama također mogu ulaziti ranije u zimsku dijapauzu ili kasnije iz nje izaći. Neke vrste kukaca koje imaju jednogodišnji životni ciklus mogu produžiti svoj životni ciklus na dvije ili više godina. Životni ciklus planinskih kukaca određen je fotoperiodom ili temperaturno upravljanom dijapauzom i na taj način je osigurana aktivnost samo kada su uvjeti povoljni za rast, razvoj i reprodukciju (iz Kammer i sur. 2007).

- g. Smanjenje fekunditeta

Očekuje se smanjenje fekunditeta s porastom nadmorske visine. Iako je ovo predviđanje slabo istraženo, povezano je sa smanjenjem veličine tijela, slabijom kvalitetom hrane ili kraćim vremenom za polaganje jaja (iz Pickering i sur. 2008).

- h. Stvaranje genetskih razlika

Područja velikih nadmorskih visina sa teškim životnim uvjetima djeluju kao mikrostanište i polazna točka genetičke diferencijacije i specijacije. Fenotipska prilagodljivost, tj. sposobnost organizma da razvije različite fenotipove kao odgovor na uvjete okoliša, važna je adaptivna strategija u promjenjivom okolišu. Temperatura može znatno utjecati na stope razvoja i metabolizma te fenotipske prilagodljivosti. Ona predstavlja razvojni fenomen, a prostorne i vremenske temperaturne varijacije mogu utjecati na pojavu obrambenih mehanizama koji mogu biti kemijski, morfološki ili vezani uz ponašanje. Smatra se da su geografske i povijesne pravilnosti fenotipskih varijacija odraz genetskih diferencijacija koje su nastale prirodnom selekcijom. U mnogim slučajevima selekcija će utjecati na uvjetne, a ne na fiksne osobine. U takvim slučajevima fenotipska prilagodljivost ukazat će na pravilnosti geografskih varijacija, a može potaknuti i specijaciju alopatrijskih populacija (iz Trussell i sur. 2000).

## **1.2. Trčci (Carabidae)**

### 1.2.1. Biologija i ekologija

Prema Arndtu i sur. (2005) trčci (Carabidae) su porodica unutar razreda kukaca (Insecta) i reda kornjaša (Coleoptera) te pripadaju podredu grabežljivaca (Adephaga), a broje više od 1 500 rodova i 40 000 vrsta. Trčci su vrlo često kozmopolitske vrste i naseljavaju različite tipove staništa od subarktičkog do tropskog područja. Većinom su terestrički organizmi, odrasle jedinke i ličinke žive u slojevima tla ili listinca i ponekad se penju na prizemno bilje ili grmlje, no veliki broj tropskih i suptropskih vrsta, kao i neke vrste umjerenih područja, su arborealne i žive ispod lišća ili kore drveća. Iako su uglavnom terestričke vrste, imaju veliku

moć disperzije i većina vrsta ima dobro razvijena krila. Uglavnom su noćne vrste, nekima se aktivnost mijenja ovisno o klimi ili godišnjem dobu, a neke su aktivne za dnevno osvjetljenje. Osim dnevno – noćnog, pokazuju i godišnji ritam aktivnosti koji je vezan uz reprodukciju, a odnosi se na različito razdoblje dijapauze za vrste tropskih i umjerenih područja. Trčci su razdvojenog spola, ženke legu jaja pojedinačno ili u malim grupama u supstratu ili ispod kore drveća. Broj jaja po ženki varira od 400 do 700 ovisno o vrsti, a razvoj jaja traje od nekoliko dana do nekoliko tjedana. Većina vrsta ima 3 razvojna stadija, a žive oko 4 godine. Odrasli i ličinke imaju djelomičnu ekstraoralnu probavu. Za vrijeme manipulacije plijenom, mandibule i maksile rotiraju čestice hrane, dok se na njih izlučuju probavni enzimi. Odrasli kukci su uglavnom omnivori, iako se čini da prevladava karnivorni način prehrane, dok su neki specijalizirani herbivori, a ličinke su specijalizirane za određenu vrstu plijena npr. puževi, mravi, gujavice itd. Rijetki su paraziti. Najčešći predatori trčaka su šišmiši, glodavci, ptice, vodozemci, gmazovi itd.

### 1.2.2. Morfologija

Tijelo im je spljošteno, dužine 1 – 85 mm s jasnim kutem između pronotuma i elitri. Kutikula je glatka i sjajna, crne ili metalik boje. Mikroskulpture su često prisutne kao fina poligonalna mreža. Tijelo se sastoji od tri glavna dijela: glava (caput), prsa (thorax) i zadak (abdomen). Glava ima prognatni položaj, izdužena je i utisnuta u prvi prsni kolutić. Na glavi se ističu oči, ticala i usni organi. Čeone brazde mogu, ali i ne moraju biti prisutne (Arndt i sur. 2005). Složene oči su dobro razvijene i isturene. Ticala (antennae) su nitasta (filiformna) i pomična, sastavljena su od 11 članaka te su na njima smještene važna osjetila. Usni organi su za grizenje, a sastavljeni su od gornjih i donjih čeljusti i donje usne koje zapravo predstavljaju izmjenjene noge. Njima su priključene još tri neparne izrasline: gornja usna, nadždrijelni i



podždrijelni žlijeb. Gornja usna (labrum) je kožni nabor koji odozgo zatvara usta. Gornje čeljusti (mandibulae) kratki su i jaki hitinski dijelovi s unutrašnje strane, oštro nazubljeni za grizenje hrane, dok su donje čeljusti (maxillae) slabije i složene od više članaka, a donja usna (labium) zatvara usta odozdo i straga te pridržava hranu koju grizu čeljusti (Matoničkin i sur. 1999). Prsa se, kao i u svih kukaca, sastoji od tri prsna kolutića. Iznad prvog prsnog kolutića, prothoraxa, nalazi se veliki i jaki vratni štít, pronotum, za kojega se straga drži trokutasti štitić, scutellum. Na srednjem prsnom kolutiću, mesothoraxu, nalazi se jako hitinizirano i tvrdo pokrílje, elitre, koje zaštićuje zadak sa gornje strane. Za let služi drugi par mnogo većih i opnastih krila, potkrílje, smještenih na trećem prsnom kolutiću, metathoraxu. Ona mogu biti dobro razvijena kod makropternih oblika, reducirana kod brahipternih oblika ili mogu potpuno nedostajati kod apternih oblika. Kod polipternih oblika dolazi do izmjene generacija s razvijenim krilima i generacija s reduciranim krilima. Na svakom prsnom kolutiću nalazi se par čvrstih i jakih nogu za trčanje. Kukovi stražnjih nogu spojeni su sa trbušnim pločicama trećeg prsnog kolutića što je i odlika podreda Adephaga. Na zatku je vidljivo šest kolutića. Zadak je s gornje strane je mekan pa ga zaštićuju pokrílja. Prednji kolutići zatka su spojeni, a stražnji su često smanjeni i uvučeni u prednje. Na postranim pločicama zatka su smješteni odušci, stigme. U zatku je smješten i veći dio unutarnjih organa (Hůrka 1996).

### 1.2.3. Trčci kao bioindikatori

Trčci su organizmi čiji izbor staništa je vrlo specifičan, stoga se vrlo često koriste za kategorizaciju staništa, a korisni su i kao bioindikatori (iz Melis i sur. 2007). Često se koriste kao indikatori u procjeni kvalitete ili stanja okoliša, jer su široko rasprostranjeni, srednje abundancije. Dodatna pogodnost je što su predatori i ujedno vezani za staništa tla (iz Cook i Holdt 2006). Njihova ekologija i taksonomija je relativno dobro poznata te se zna da su jako

osjetljivi na promjene uvjeta u staništu (iz Molnár i sur. 2001). Zajednice trčaka dobar su pokazatelj odgovora beskralješnjaka na fragmentaciju i poljoprivredno iskorišavanje šumskih staništa (iz Negro i sur. 2007). Poljoprivredne djelatnosti i krčenje šuma zadnjih nekoliko desetljeća dovode do gubitka prirodnih staništa onih vrsta koje su posebno prilagođene na šumska staništa i zauzimaju uske ekološke niše u starim i nefragmentiranim šumama, a imaju tek nekoliko povoljnih staništa za širenje što ih čini još osjetljivijima na poremećaje u prirodnim staništima od široko rasprostranjenih, tolerantnijih vrsta (iz Martinas da Silva i sur. 2008). Osim što su pokazatelj fragmentacije staništa, trčci ukazuju i na promjene klime. Planinske šume su posebno osjetljive na globalno zatopljenje i povećanje koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi (iz Smith i sur. 2009). Alpskim vrstama, pogotovo onima koje su endemične za određeno planinsko područje, prijete izumiranje zbog toga što je njihova visinska migracija onemogućena ograničenim visinskim rasponom i nepostojanjem snježne zone koja bi predstavljala refugijalno stanište za visinsku sukcesiju (iz Pickering i sur. 2008).

### **1.3. Bergmannovo i Allanovo pravilo**

Važan predmet istraživanja za biologe je već stoljećima usporedba morfoloških obilježja među organizmima (iz Šerić Jelaska i Durbešić 2009). Veličina tijela, kao jedno od najznačajnijih životinjskih obilježja koje je određeno između ostalog i brojnim ekološkim čimbenicima, može imati značajan utjecaj na strukturu zajednice i njenu abundanciju (iz Gaston i sur. 2001). Tendenciju povećanja tjelesne mase/veličine nadmorskom visinom (visinski gradijent) ili geografskom širinom (horizontalni gradijent) opisuje Bergmannovo pravilo koje se uglavnom javlja intraspecijski, tj. unutar vrsta. Međutim, kako se s vremenom status nekog taksona može promijeniti s obzirom na vrstu ili podvrstu, tako neke prošle intraspecijske analize danas postaju interspecijske. Studije Bergmannovog pravila usmjerene

su uglavnom na taksone umjerenog područja, bez obzira na veću taksonomsku raznolikost tropskog područja. Istraživanja Bergmannovog pravila provedena na tropskim vrstama uglavnom pokazuju kako većina tropskih vrsta ne prati Bergmannovo pravilo (iz Harcourt i sur. 2009). Isto pravilo, kao jedan od najstarijih ekoloških modela, je opisano kao negativna korelacija između veličine tijela i temperature okoliša kod usko povezanih vrsta. Iako ga slijedi većina endotermnih organizama, vrlo rijetko je testirano na ektotermnim organizmima na bilo kojoj taksonomskoj razini (iz Cruz i sur. 2005) i do danas nije razjašnjeno da li se Bergmannovo pravilo uopće može primjeniti na kukcima (iz Kubota i sur. 2007).

Drugo važno obilježje životinjskih organizama je veličina tjelesnih nastavaka koju opisuje Allanovo pravilo. Prema Allanovom pravilu, populacije koje žive u hladnijim područjima imaju relativno kraće tjelesne nastavke (udovi, krila) i distalne segmente tjelesnih nastavaka što znači da se duljina tjelesnih nastavaka smanjuje s povećanjem nadmorske visine ili geografske širine.

Navedene činjenice sugeriraju da razlike među populacijama duž horizontalnog gradijenta, za koje se smatra da su posljedica čimbenika koji direktno ovise o geografskoj širini (npr. dužina dana), možda ipak u većoj mjeri ovise o morfološkim obilježjima povezanim sa geografskom širinom preko Bergmannovog i Allanovog pravila (iz Hurd i Van Anders 2007).

#### **1.4. Rascjepkanost staništa**

Gubitak staništa i fragmentacija negativno utječu na trenutnu biološku raznolikost na Zemlji (iz Watling i Donnelly 2006). Rascjepkana područja poznata su kao područja velike biološke raznolikosti koja se može pripisati rubnom efektu (iz Negro i sur. 2007), hipotezi koja tvrdi da je biološka raznolikost veća u prijelaznim staništima, ekotonima, nego u kontinuiranim staništima. Ekotoni, kao područja posebnih mikroklimatskih uvjeta čije je glavno obilježje

nagla promjena ekoloških čimbenika, pružaju brojna mikrostaništa malim životinjama poput kukaca, a posebno trčcima koji su vezani uz tlo (iz Magura i sur. 2001). Fragmentacijom cjelovitih staništa, osim što se smanjuje ukupna površina staništa, smanjuje se površina središnjeg dijela koji predstavlja glavna obilježja nekog staništa, a time dolazi do izolacije stenotopnih vrsta (iz Hollmen i sur. 2008). U fragmentiranim staništima prevladavaju generalisti i vrste otvorenih staništa koje imaju krila (makropterne) i veću sposobnost disperzije, dok su brahipterne vrste manje zastupljene jer one mogu kolonizirati nova područja jedino hodanjem do njih. Brahipterne vrste i specijalisti ipak su zastupljeniji u stabilnijim staništima, gdje se uvjeti ne mijenjaju kroz duži vremenski period, jer su osjetljive na stalne poremećaje koji su prisutni u fragmentiranim staništima. S obzirom na veličinu tijela, za fragmentirana staništa su vezane manje vrste, jer ličinački stadiji većih vrsta duže traju pa je antropogeni utjecaj na njih negativniji, nego na ličinke manjih vrsta. Također, za područja pod većim antropogenim utjecajem, s obzirom na tip prehrane, smatra se da imaju veći udio imaju herbivori i omnivori od predatora (iz Gobbi i Fontaneto 2008). Schwerk i Szyszko (2007) pokazali su svojom studijom da postoji povezanost između biomase (veličine tijela) i sukcesije, promjene staništa pod antropogenim utjecajem. Naime, veličina tijela je manja što je sukcesija dalje odmakla, tj. s povećanjem antropogenog utjecaja pa se biomasa može koristiti kao indikator sukcesije.

## 2.0. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Osnovni ciljevi ovog rada mogu se podijeliti u nekoliko segmenata:

- Utvrditi značajke zajednica trčaka s obzirom na duljinu tijela, krilatost i stanišnost u šumskim zajednicama duž visinskog gradijenta Učke.
- Provjeriti da li postoje pravilnosti u rasporedu među vrstama s obzirom na duljinu tijela duž visinskog gradijenta koje se mogu usporediti s Bergmannovim pravilom koje govori o povećanju veličine tijela jedinki s porastom nadmorske visine.
- S obzirom na duljinu tijela, provjeriti da li postoje pravilnosti u rasporedu jedinki unutar vrsta *Abax parallelepipedus* (Piller&Mitterpacher 1783) i *Carabus caelatus* Fabricius 1801 duž visinskog gradijenta koje se mogu usporediti s Bergmannovim pravilom.
- Provjeriti da li postoje pravilnosti u krilatosti među vrstama duž visinskog gradijenta u skladu sa Allanovim pravilom koje govori o smanjenju veličine tjelesnih nastavaka s porastom nadmorske visine.
- Provjeriti da li postoje pravilnosti s obzirom na stanišnost među vrstama duž visinskog gradijenta

## 3.0. MATERIJALI I METODE

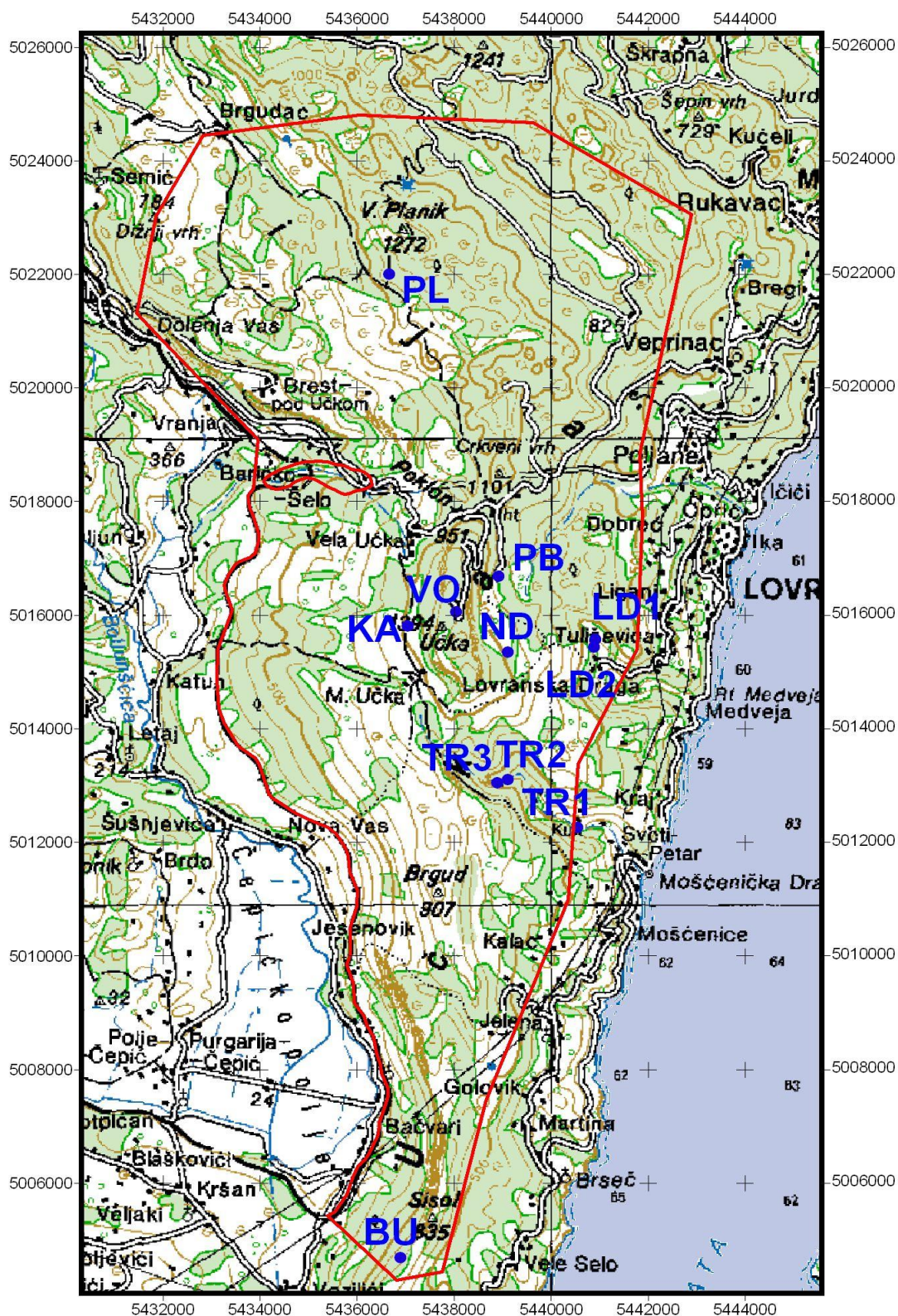
### 3.1. Područje istraživanja

Područje istraživanja nalazi se unutar granica Parka prirode Učka koji je kao takav proglašen 1999. godine Zakonom o proglašenju Parka Prirode Učka (N.N. 45/99) što ga čini jednim najmlađih Parkova Prirode. PP Učka, ukupne površine 160 km<sup>2</sup>, smješten je na istarskom poluotoku, jednim dijelom u Istarskoj, a drugim u Primorsko – goranskoj županiji, a obuhvaća masiv Učke i dio Ćićarije. Učka je planina jednostavnog oblika s dvije strme padine i oštro ocrtanim hrptom, a pruža se u smjeru sjever – jug. Hrbat je najviši na početku (Vojak 1396 m) odakle se postupno spušta prema jugu sve do Plominskog zaljeva. Vršni hrbat od iznimnog je značenja i vrijednosti zbog specifičnog geološkog postanka kao i zbog brojnih rijetkih i endemskih biljnih i životinjskih vrsta. Učku i Ćićariju dijeli uleknuće Poklon (922 m). Učka je vapnenačke građe i vrlo bogata krškim fenomenima. U klimatskom pogledu prevladava mediteranski utjecaj što je i razumljivo s obzirom na blizinu mora ponegdje manju i od 2 km, ali u visinskom se pojasu znaju snježni nanosi zadržati na osojnim stranama i do polovice svibnja pod utjecajem kontinentalne klime (iz Rukavina i sur., u tisku).

Terenskim obilaskom odabrala sam jedanaest ploha (Slika 1.) smještenih u sedam različitih šumskih zajednica raspoređenih u visinskom gradijentu te duž longitudinalnog gradijenta sjever – jug u istom tipu šume (Tablica 1.). Nadmorsku visinu i geografske koordinate odredila sam pomoću GPS uređaja (Global Positioning System).

Tablica 1. Popis ploha

Naziv plohe	Oznaka plohe	Biljna zajednica	n.m.v (m)	X-koordinata	Y- koordinata
Na Dole	ND	<i>Lamio orvalae - fagetum</i>	986	5439103,41685	5015395,03629
Lovranska Draga 1	LD1	<i>Ostryo - Quercetum pubescentis</i>	409	5440912,46392	5015662,37679
Lovranska Draga 2	LD2	<i>Querco - Castanetum sativae</i>	385	5440889,12873	5015498,48709
Trebišća 1	TR1	<i>Querco - Carpinetum orientalis</i>	130	5440546,48969	5011630,12408
Trebišća 2	TR2	<i>Seslerio - Fagetum</i>	405	5439110,76928	5012660,60439
Trebišća 3	TR3	<i>Lamio orvalae - Fagetum</i>	435	5438897,09401	5012594,07626
Bukovo	BU	<i>Seslerio - Fagetum</i>	673	5436899,32365	5002418,56934
Kava	KA	<i>Pinus nigra</i>	1019	5437042,50842	5015954,53257
Planik	PL	<i>Seslerio - Fagetum</i>	1052	5436668,27004	5023493,61338
Vojak	VO	<i>Homogyno alpinae - Fagetum</i>	1320	5438043,24203	5016243,79525
Partizanska bolnica	PB	<i>Seslerio - Fagetum</i>	868	5438917,62749	5017018,98413



Slika 1. Područje istraživanja s odabranim lokalitetima



Opis ploha:



Slika 2. LD 1

Lovranska draga 1 (LD1) smješšana je u zajednici crnog graba i hrasta medunca *Ostrya - Quercetum pubescentis* (Slika 2.) na nadmorskoj visini od 409 m. Nalazi se uz šetnicu koja vodi do slapa, a u neposrednoj je blizini i potočić koji ljeti presušuje.



Slika 3. LD 2

Lovranska draga 2 (LD2) smješšana je u zajednici pitomog kestena i hrasta kitnjaka *Quercus - Castanetum sativae* na 385 m nadmorske visine. Naseljeno područje nalazi se u neposrednoj blizini. Prizemni sloj je bogat cvjetnicama (Slika 3.).



Slika 4. TR 1

Ploha Trebišća 1 (TR1) smješšana je u zajednici hrasta medunca i bijeloga graba *Quercus - Carpinetum orientalis*. Nalazi se na 130 m nadmorske visine što je čini najnižom plohom i je smješšana na samom rubu Parka Prirode (Slika 4.).



Slika 5. TR 2

Ploha Trebišća 2 (TR2) smješšana je u zajednici bukve sa jesenskom šašikom *Seslerio – Fagetum* na 405 m nadmorske visine. Ploha ima južnu ekspoziciju, a u blizini protječe potok. Neposredno do plohe uočljivi su suhozidi i terasasta konfiguracija terena što dovodi do zaključka da se nekada gospodarilo ovim područjem ( Slika 5.)





Slika 6. TR 3

Ploha Trebišća 3 (TR3) smještena je u zajednici bukve sa velikom mrtvom koprivom *Lamio orvalae* – *Fagetum* na 435 m nadmorske visine. Ploha ima sjevernu ekspoziciju i nalazi se na jako strmoj padini (Slika 6.)



Slika 7. BU

Ploha Bukovo (BU) smještena je u zajednici bukve sa jesenskom šašikom *Seslerio - Fagetum* na jugu parka koja čini izolirani areal bukve okružen grabom. Nalazi se na nadmorskoj visini od 673 m. Zemlja je mekana, puna humaka od gujavica i medvjedeg luka *Allium ursinum* L. U prizemnom sloju raste i božikovina *Ilex aquifolium* L., a uočila sam i mnogo puževih kućica (Slika 7.)



Slika 8. KA

Ploha Kava (KA) smještena je u kulturi crnog bora *Pinus nigra* Arnold sa borovicom *Juniperus sp.* u prizemnom sloju, na visini od 1019 m. Na tlu je mnogo suhog granja i iglica, uočila sam i puževe golaće. U blizini se nalazi lokva koja služi kao pojilo ovcama tako da je ova ploha izložena sporadičnoj ispaši (Slika 8.).



Slika 9. PL

Ploha Planik (PL) je smještena u zajednici bukve se jesenskom šašikom *Seslerio - Fagetum* u sjevernom dijelu njezinog areala, 1052 m nadmorske visine. Tlo je prilično kamenito. Prema navodima, na ovom se području skuplja divljač (Slika 9.).



Slika 10. VO

Ploha Vojak (VO) je smještena u zajednici pretplaninske bukve *Homogyno sylvestris* – *Fagetum*. Magla se na ovoj plohi dugo zadržava. Tlo je kamenito. U prizemnom sloju raste i pasji zub *Erythronium dens-canis* L. i zvončići *Campanula sp.* Ova ploha je najviša, smještena na 1320 m nadmorske visine (Slika 10.).



Slika 11. PB

Partizanska bolnica smještena je u zajednici buke sa jesenskom šašikom *Seslerio - Fagetum*, a nalazi se u sredini njezina areala, na 868 m nadmorske visine. Tlo je kamenito (Slika 11.).





Slika 12. ND

Ploha Na Dol (ND) je smještena u zajednici bukve sa velikom mrtvom koprivom *Lamio orvalae* – *Fagetum* na 986 m nadmorske visine. Uočljiv je debeo sloj listinca. Izložena je sporadičnoj ispaši zbog blizine pašnjaka i pojila za ovce (Slika 12.)

### 3.2. Uzorkovanje trčaka

Na odabranim lokalitetima uzorkovala sam tijekom jedne vegetacijske sezone, od kraja svibnja od sredine listopada. Koristila sam metodu lovnih posuda (Slika 12.), koja je uobičajena za uzorkovanje trčaka (Melis i sur. 2007), i hvatanje rukom kojom sam zabilježila jednu vrstu. Na svakoj sam plohi postavila po pet lovnih posuda, od kojih sam četiri ukopala na vrhove zamišljenog pravokutnika, a po jednu na sjecište dijagonala. Od ovog sam pravila morala odstupiti na plohama VO i TR2 zbog konfiguracije terena. Kao lovne posude poslužile su mi plastične čaše volumena 0,5 L koje sam punila do 1/3 volumena otopinom 9%-tne octene kiseline, 96%-tnog etanola i vode u jednakim volumnim omjerima (Slika 13.). Radi lakšeg pražnjenja lovnih posuda, umetnula sam dvije čaše jednu u drugu tako da je vanjska čaša osiguravala stijenke rupe. U unutarnju čašu sam dolijevala otopinu. Otvor lovne posuda bio je zaštićen krovićem od stiropora. Lovne posude bile su eksponirane od trenutka

ukopavanja (20. svibanj 2008.) pa sve do trenutka vađenja (12. listopad 2008.) sa kraćim prekidom u kolovozu na svim plohama istovremeno.

Lovne posude praznila sam svaka tri tjedna:

- 20., 21. i 22. svibnja 2008. – ukopavanje posuda
- 14. i 15. lipnja 2008. – pražnjenje posuda
- 11. i 12. srpnja 2008. – pražnjenje posuda
- 30. i 31. srpnja 2008. – pražnjenje i zatvaranje posuda
- 20. i 21. kolovoza 2008. – otvaranje posuda
- 12. i 13. rujna 2008. – pražnjenje posuda
- 11. i 12. listopada 2008. – pražnjenje i vađenje posuda

Prilikom pražnjenja posuda, materijal sam spremala u plastične vrećice označavajući ga paus papirom s navedenim datumom i pripadajućom plohom. Pri tom sam u skupljeni materijal dodavala i oko 1 dL 80%-tnog etanola radi bolje konzervacije. Materijal sam otpremala u laboratorij na analizu, a čaše sam punila svježe pripremljenom otopinom.



Slika 13. Lovna posuda prekrivena krovićem od stiropora

### 3.3. Laboratorijska istraživanja

Laboratorijski dio istraživanja obuhvaćao je izolaciju uzorkovanog materija iz kojega sam potom izdvojila odrasle jedinke trčaka (Carabidae) koje sam odredila do vrste prema dihotomskim ključevima za determinaciju Freude i sur. (2004) i Hürka (1996). Prilikom izolacije i determinacije dijela materijala koristila sam binokularnu lupu (povećanje 6,5- 50 x). Tijekom determinacije vrsta, bilježila sam i njihovu brojnost. Vrstama *Abax parallelepipedus* (Piller&Mitterpacher 1783) i *Carabus caelatus* Fabricius 1801 mjerila sam duljinu tijela od gornje čeljusti do vrha elitri. Za vrstu *Abax parallelepipedus* koristila sam milimetarski papir, a za vrstu *Carabus caelatus* digitalnu pomičnu mjerku Carl Roth Digital Caliper L826 (točnost 0,01mm). Podatke o duljini tijela ostalih zabilježenih vrsta trčaka preuzela sam iz literature (Feude i sur. 2004). Dio jedinki je prepariran, dio je pohranjen u



obliku pisma kukaca, a ostatak je pohranjen u 70%-tnom etanolu. Prilikom sastavljanja popisa nazive sam uskladila s najnovijim popisom trčaka Palearktika, Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Vol. 1 (Löbl i Smetana 2003).

### 3.4. Obrada podataka

#### 3.4.1. Grafički prikazi promjene veličine tijela s nadmorskom visinom

Na temelju veličine tijela izmjerene za jedinke vrsta *Abax parallelepipedus* i *Carabus caelatus*, u programu Microsoft Excel napravila sam grafičke prikaze promjene veličine tijela s obzirom na nadmorsku visinu za navedene vrste. Također sam izračunala srednju vrijednost veličine tijela za navedene vrste i grafički prikazala promjenu s nadmorskom visinom.

Metodom linearne regresije, u programu STATISTICA 7 izračunala sam razinu međusobne povezanosti veličine tijela dviju mjerenih vrsta i nadmorske visine i prikazala je grafički.

#### 3.4.2. Visinski intervali i udjeli

Vrijednosti nadmorske visine podijelila sam u 3 intervala:

- 0 – 500 m koji obuhvaća pet ploha: LD1 (409 m), LD2 (385 m), TR1 (130 m), TR2 (405 m) i TR3 (435 m)
- 500 – 1000 m koji obuhvaća tri plohe: BU (673 m), PB (868 m) i ND (986 m)
- 1000 – 1500 m koji obuhvaća tri plohe: KA (1019 m), PL (1052 m) i VO (1320 m)

U tri navedena intervala izračunala sam udjele veličine tijela, krilatosti i stanišnosti (afiniteta neke vrste za određeni tip staništa) za sve vrste ukupno te udjele veličine tijela unutar vrsta *Abax parallelepipedus* i *Carabus caelatus*.

Prema podacima za veličinu tijela svih pronađenih vrsta (Feude i sur. 2004), vrste sam podijelila u tri veličinska razreda:

- s – male (small)
- m – srednje (medium)
- l – velike (large)

Izračunala sam udio svakog veličinskog razreda na svakom visinskom intervalu i prikazala ga grafički u Microsoft Excelu.

Vrste sam prema krilatosti podijelila u tri skupine:

- b – brahipterne (imaju reducirana krila)
- ma – makropterne (imaju dobro razvijena krila)
- p – polipterne (postoji izmjena generacije s razvijenim krilima i generacije s reduciranim krilima)

Izračunala sam udio svake skupine na svakom veličinskom intervalu i prikazala ga grafički u Microsoft Excelu.

Vrste sam prema stanišnosti podijelila u tri skupine:

- F – šumske vrste, prilagođene šumskim staništima
- G – generalisti
- O – vrste otvorenih staništa

Izračunala sam udio svake skupine na svakom veličinskom intervalu i prikazala ga grafički u Microsoft Excelu.

Izmjerene podatke o veličini tijela za vrstu *Abax parallelepipedus* podijelila sam u sljedeće skupine:

- 19 mm
- 20 mm
- 21 mm
- 22 mm
- 23 mm
- 24 mm

dok sam izmjerene podatke o veličini tijela za vrstu *Carabus caelatus* podijelila u sljedeće skupine:

- 30 – 33 mm
- 33 – 36 mm
- 36 – 39 mm
- 39 – 42 mm
- 42 – 45 mm

Za svaku sam veličinsku skupinu izračunala udio u svakom visinskom intervalu i prikazala ga grafički u Microsoft Excelu.

## 4.0. REZULTATI

### 4.1. Zabilježene vrste

Ovim istraživanjem na Učki je ukupno zabilježeno 35 vrsta trčaka (Carabidae). Vrste *Abax parallelepipedus* i *Carabus caelatus* zabilježene su na svim plohama, vrsta *Abax ovalis* (Duftschmid 1812) na svim plohama osim na plohi VO, dok je vrsta *Aptinus bombardarda* (Illiger 1800) zabilježena na svim plohama osim LD2 (Tablica 2.).

S obzirom na veličinske razrede, od ukupnog broja vrsta 6 je malih, 8 velikih, a najviše je srednjih vrsta, njih 21. Što se tiče krilatosti, najviše ima brahipternih vrsta, čak njih 23, dok polipternih ima 5, a makropternih 8. Prema stanišnosti, 21 je vrsta šumski specijalist, 8 je generalista, a 6 vrsta su vrste otvorenih staništa (Tablica 3.).

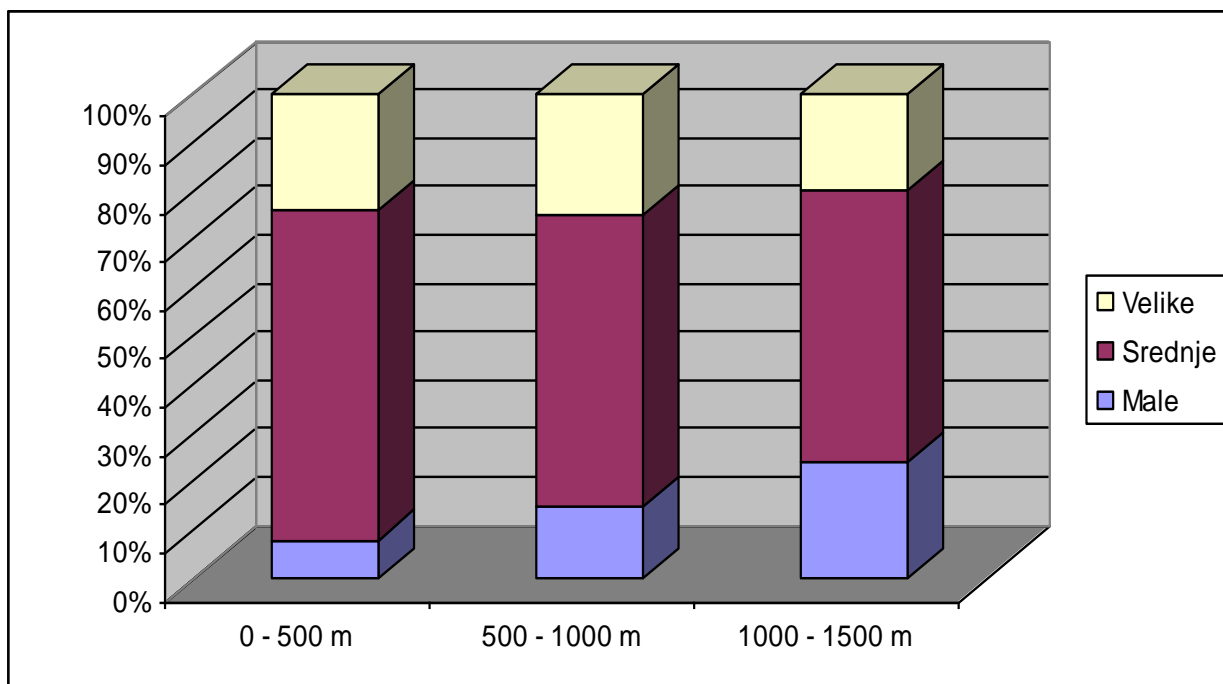
Tablica 2. Popis vrsta zabilježenih ovim istraživanjem na Učki te njihova zastupljenost na pojedinim plohama.

Vrsta	LD1	LD2	TR1	TR2	TR3	BU	VO	PL	KA	ND	PB
<i>Abax parallelepipedus</i> (Piller&Mitterpacher 1783)	31	5	8	40	49	55	12	4	66	73	34
<i>Abax carinatus</i> (Duftschmid 1812)	24	13	0	6	1	0	0	0	0	0	0
<i>Abax ovalis</i> (Duftschmid 1812)	31	12	2	187	483	296	0	3	6	18	6
<i>Aptinus bombardarda</i> (Illiger 1800)	1	0	1	105	310	2327	49	191	209	417	41
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze 1777)	0	80	0	15	0	0	1	1	28	0	0
<i>Calathus glabricollis</i> Dejean 1828	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calosoma sycophanta</i> (Linné 1758)	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Carabus caelatus</i> Fabricius 1801	37	9	35	17	25	12	28	5	6	6	10
<i>Carabus catenulatus</i> Scopoli 1763	49	175	17	35	7	56	0	0	1	1	0
<i>Carabus convexus</i> Fabricius 1775	0	11	8	42	0	27	2	0	3	2	0

<i>Carabus coriaceus</i> Linné 1758	8	14	20	6	1	0	0	0	8	0	0
<i>Crabus creutzeri</i> Fabricius 1801	0	0	0	0	0	0	8	1	0	1	1
<i>Carabus hortensis</i> Linné 1758	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
<i>Carabus variolosus nodulosus</i> Creutzer 1799	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carabus violaceus</i> Linné 1758	3	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Cychrus attenuatus</i> (Fabricius 1792)	0	0	0	2	8	3	2	9	9	1	4
<i>Harpalus affinis</i> (Schränk 1781)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus dimidiatus</i> (Rossi 1790)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laemostenus janthinus</i> Duftschmid 1812	8	0	4	18	46	14	51	1	9	48	28
<i>Leistus rufomarginatus</i> (Duftschmid 1812)	0	0	1	0	0	2	0	0	19	0	0
<i>Leistus spinibarbis</i> (Fabricius 1775)	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0
<i>Licinus hoffmannseggii</i> (Panzer 1797)	0	0	0	0	0	0	3	1	2	1	0
<i>Molops ovipennis</i> Chaudoir 1847	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Molops piceus</i> (Panzer 1793)	0	0	1	0	1	0	10	0	6	0	3
<i>Molops striolatus</i> (Fabricius 1801)	0	0	0	9	15	42	16	9	0	6	0
<i>Myas chalybaeus</i> (Pallardi 1825)	16	3	0	19	11	6	0	0	0	1	1
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius 1792)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Nebria dahlii</i> (Duftschmid 1812)	0	0	0	0	0	0	3	81	3	351	2
<i>Notiophilus biguttatus</i> (Fabricius 1779)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Notiophilus palustris</i> (Duftschmid 1812)	0	1	0	0	0	0	0	0	6	0	0
<i>Notiophilus rufipes</i> Curtis 1829	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Poecilus koyi lossinianus</i> Fairmaire 1860	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer 1774)	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pterostichus burmeisteri</i> Heer 1838	0	0	0	0	0	0	3	8	0	30	0
<i>Stomis rostratus</i> (Duftschmid 1812)	0	0	0	0	0	0	2	3	1	1	4

## 4.2. Veličina tijela među vrstama duž visinskog gradijenta

Izračunala sam udio pojedinih veličinskih razreda (s - male, m - srednje, l - velike) u tri visinska intervala (0 – 500 m, 500 – 1000 m, 1000 – 1500 m). Udio malih vrsta najmanji je na plohama do 500 m visine (8%), a najveći na plohama između 1000 i 1500 m visine (24%), dok im je udio na plohama između 500 i 1000 m 15%. Velike vrste su podjednako zastupljene na plohama do 500 m (24%) i onima između 500 i 1000 m (25%), no na plohama između 1000 i 1500 m, udio im se smanjuje (20%). Srednje vrste najzastupljenije su na plohama do 500 m (68%), na plohama do 1000 m udio im je 60%, a na plohama do 1500 m 56%. Duž visinskog gradijenta povećava se udio malih vrsta, a smanjuje se udio srednjih i velikih vrsta. U ukupnom uzorku su najzastupljenije srednje vrste, dok male vrste pokazuju najmanju zastupljenost (Slika 14.).



Slika 14. Udio pojedinih vrsta s obzirom na veličinu tijela u pojedinim visinskim intervalima

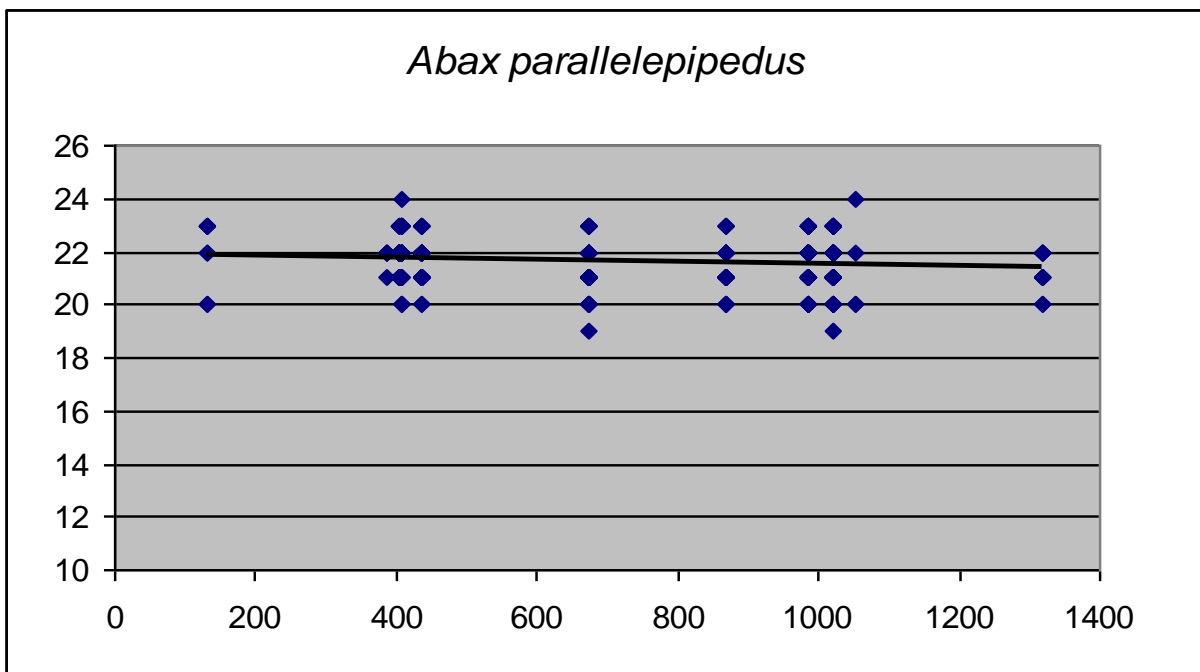
Tablica 3. Vrste prema stanišnosti (F – šumske vrste, G – generalisti, O – vrste otvorenih staništa), prema veličini (Feude i sur. 2004) smještene u veličinske razrede (s – male, m – srednje, l – velike), prema krilatosti (b – brahpterne, ma – makropterne, p – polipterne) te ukupna prisutnost vrsta na plohama.

Vrsta	Stanišnost	Veličina tijela (mm)	Veličinski razredi	Krilatost	Prisutnost na plohama
<i>Abax parallelepipedus</i>	F	18 – 21	m	b	100%
<i>Abax carinatus</i>	G	13 – 18	m	b	36,36%
<i>Abax ovalis</i>	F	18 – 21	m	b	90,90%
<i>Aptinus bombardarda</i>	F	9 – 15	m	b	90,90%
<i>Calathus fuscipes</i>	O	10 - 14,5	m	p	45,45%
<i>Calathus glabricollis</i>	O	6 – 14	m	b	9,09%
<i>Calosoma sycophanta</i>	F	20 – 30	l	ma	18,18%
<i>Carabus caelatus</i>	O	32 – 42	l	b	100%
<i>Carabus catenulatus</i>	F	22 – 35	l	b	72,72%
<i>Carabus convexus</i>	F	14 – 20	m	b	63,63%
<i>Carabus coriaceus</i>	F	32 – 42	l	b	54,54%
<i>Carabus creutzeri</i>	F	18 – 35	l	b	36,36%
<i>Carabus hortensis</i>	F	23 – 30	l	b	9,09%
<i>Carabus variolosus nodulosus</i>	F	20 – 30	l	b	9,09%
<i>Carabus violaceus</i>	G	22 – 38	l	b	36,36%
<i>Cychrus attenuatus</i>	F	11 – 17	m	b	72,72%
<i>Harpalus affinis</i>	O	9 – 12	m	ma	9,09%
<i>Harpalus dimidiatus</i>	O	11 – 14	m	ma	9,09%
<i>Laemostenus janthinus</i>	F	17 – 19	m	p	90,90%
<i>Leistus rufomarginatus</i>	G	7,5 - 9,9	s	p	27,27%
<i>Leistus spinibarbis</i>	G	7,7 - 10,4	s	ma	18,18%
<i>Licinus hoffmannseggi</i>	F	9 – 15	m	b	36,36%
<i>Molops ovipennis</i>	G	11 – 13	m	b	9,09%
<i>Molops piceus</i>	F	9 – 14	m	b	54,54%
<i>Molops striolatus</i>	F	15 – 21	m	b	54,54%
<i>Myas chalybaeus</i>	G	15 – 17	m	b	63,63%
<i>Nebria brevicollis</i>	F	10 – 14	m	ma	18,18%
<i>Nebria dahlii</i>	F	9 – 14	m	b	45,45%
<i>Notiophilus biguttatus</i>	F	3,5 - 5,5	s	p	9,09%
<i>Notiophilus palustris</i>	G	4 - 5,5	s	p	18,18%
<i>Notiophilus rufipes</i>	G	4 - 5,5	s	ma	9,09%
<i>Poecilus koyi lossinianus</i>	F	10 – 15	m	b ma	9,09%
<i>Pseudoophonus rufipes</i>	O	11 – 16	m	ma	18,18%
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	F	12 - 14,5	m	b	27,27%
<i>Stomis rostratus</i>	F	7 - 8,5	s	b	45,45%

### 4.3. Veličina tijela unutar vrsta duž visinskog gradijenta

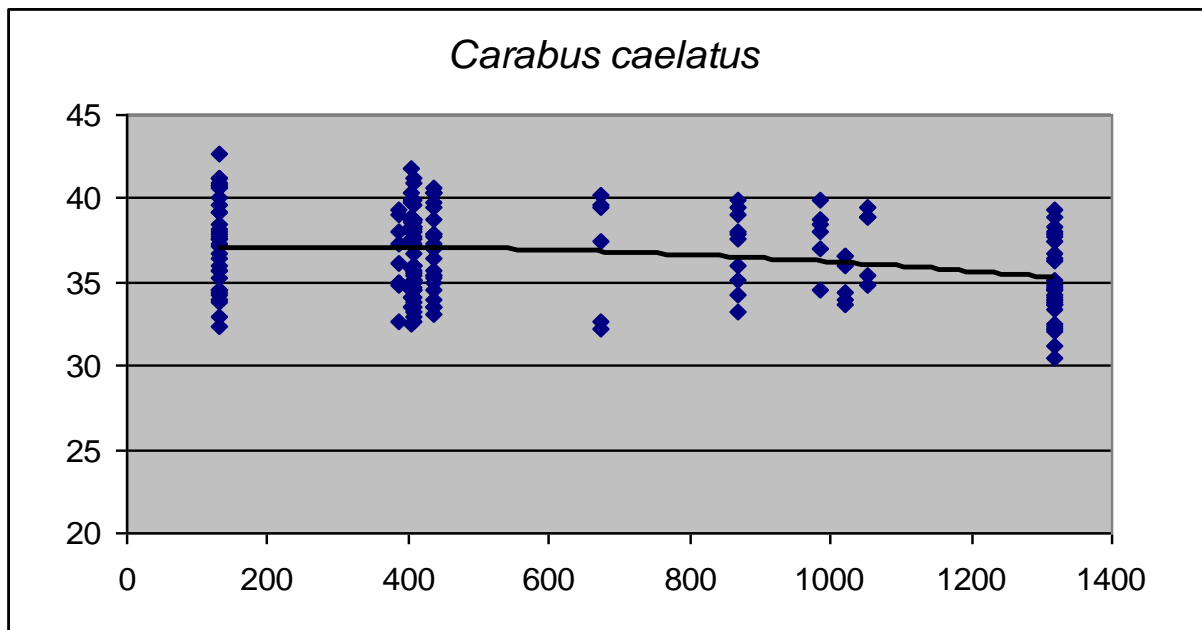
#### 4.3.1. Grafički prikazi

Promjenu veličine tijela pratila sam unutar vrsta *Abax parallelepipedus* i *Carabus caelatus* kojima sam izmjerila duljinu tijela. *Abax parallelepipedus* je šumska, brahijтерна vrsta, duljine tijela između 18 i 21 mm (Freude i sur. 2004) što je svrstava u veličinski razred vrsta srednje veličine, a jedinkama zabilježenim na Učki izmjerila sam duljinu tijela između 19 i 24 mm. Vrsta *Carabus caelatus* je brahijтерна vrsta otvorenih staništa. Duljine tijela između 32 i 42 mm (Freude i sur. 2004) ulazi u veličinski razred velikih vrsta, a svojim sam mjerenjima zabilježila jedinke između 30 i 45 mm. Spomenute vrste sam izabrala, jer se pojavljuju na svim plohama i nisu zastupljene sa prevelikim brojem jedinki (Tablica 3). Obje vrste pokazuju tendenciju smanjenja veličine tijela s povećanjem nadmorske visine (Slike 15. i 16.)



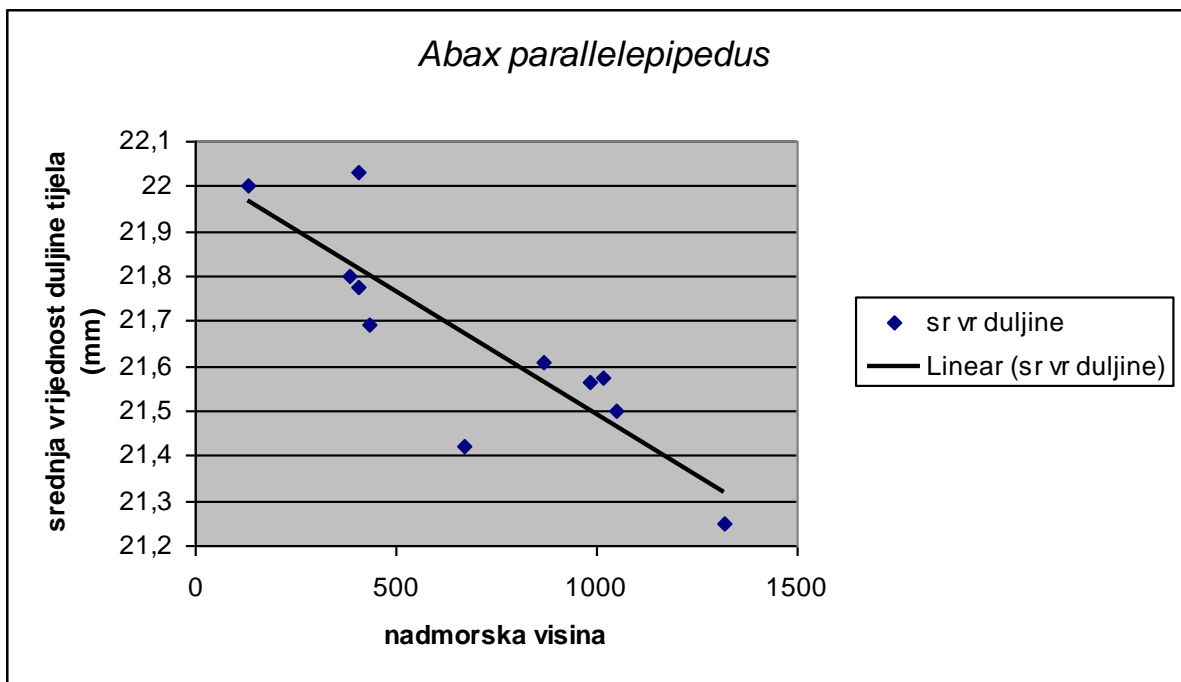
Slika 15. Promjena veličine tijela s nadmorskom visinom za vrstu *Abax parallelepipedus*



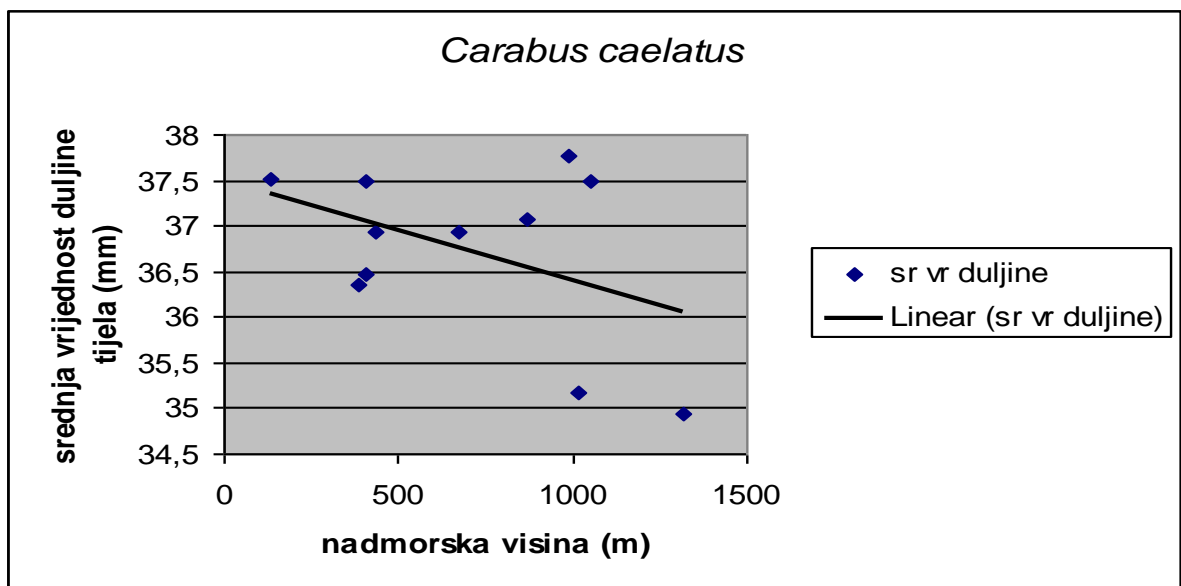


Slika 16. Promjena veličine tijela s nadmorskom visinom za vrstu *Carabus caelatus*

Izračunala sam srednje vrijednosti veličine tijela za obje vrste koje su također pokazale tendenciju smanjenja s povećanjem nadmorske visine. Kod vrste *Abax parallelepipedus* srednja vrijednost kretala se između 21 i 22 mm, dok se kod vrste *Carabus caelatus* kretala između 34 i 38 mm (Slike 17. i 18.).

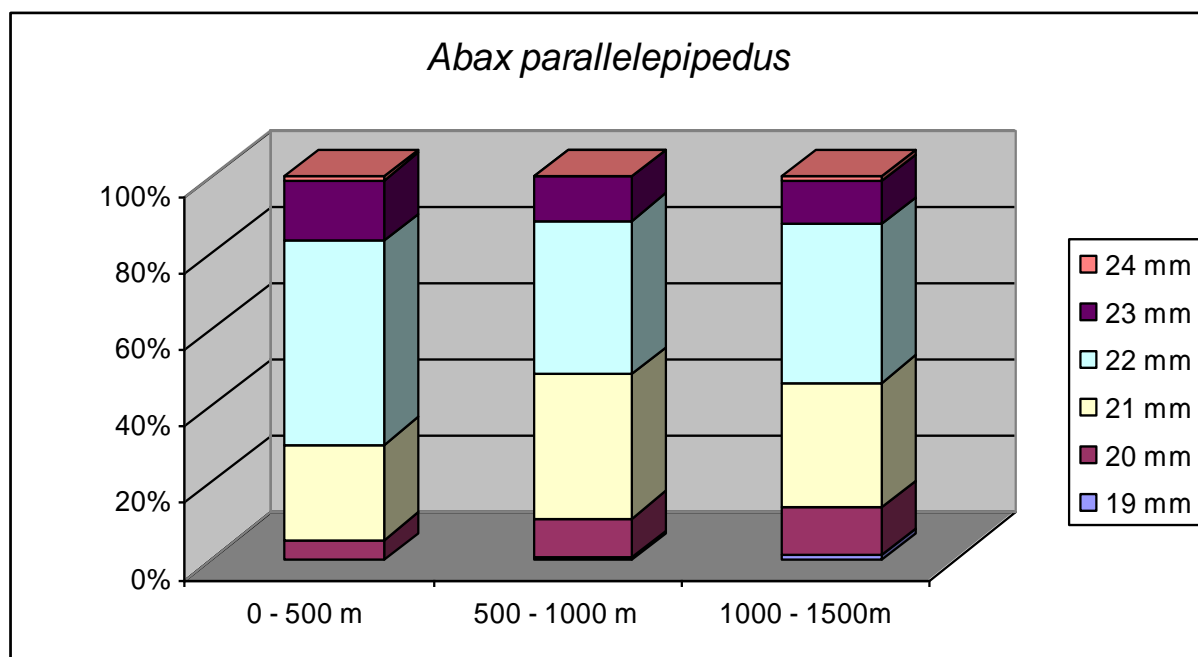


Slika 17. Promjena srednje vrijednosti duljine tijela vrste *Abax parallelepipedus* s nadmorskom visinom



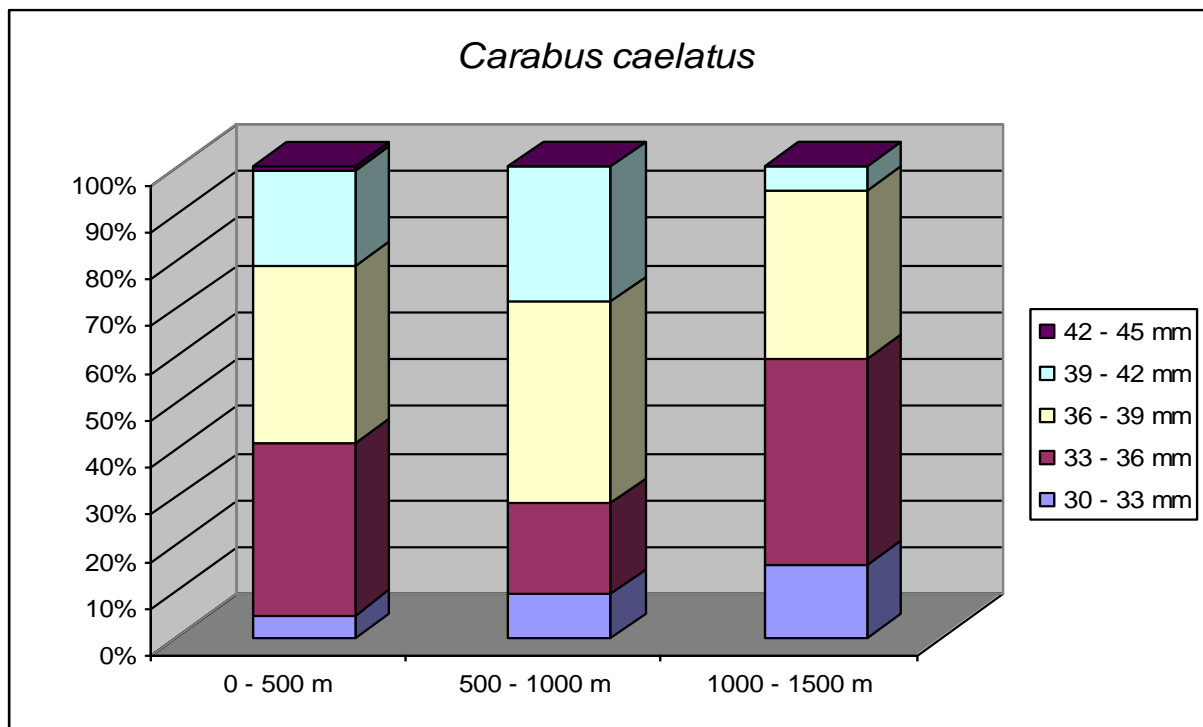
Slika 18. Promjena srednje vrijednosti duljine tijela vrste *Carabus caelatus* s nadmorskom visinom

Kod vrste *Abax parallelepipedus* izmjerene vrijednosti veličine tijela podijelila sam u šest skupina (19, 20, 21, 22, 23 i 24 mm) te sam izračunala udio svake skupine u pojedinom visinskom intervalu (0 – 500, 500 – 1000 i 1000 – 1500 m). S obzirom na nadmorsku visinu, najzastupljenije su jedinke dužine 22 mm (53%), zatim slijede jedinke dužine 21 mm (25%) i 23 mm (16%). Jedinke dužine 24 mm imaju udio manji od 1% (0,7%), dok jedinke od 19 mm nisu zabilježene. Na plohama od 500 do 1000 m najzastupljenije su jedinke dužine 21mm (37%) i 22 mm (40%), jedinki od 19 mm ima najmanje (0,6%), a jedinke od 24 mm nisu zabilježene. Na plohama od 1000 do 1500 m također ima najviše jedinki od 21 mm (33%) i 22 mm (41%), najmanje onih od 19 i 24 mm (po 1%). Na slici 19. može se pratiti povećanje udjela manjih jedinki s povećanjem nadmorske visine (veličine 19 i 20 mm). Jedinke veličine 21 mm ima najviše na visini između 500 i 1000 m (37%), a najmanje na visini do 500 m (25%). Jedinke od 22 i 23 mm ima najviše na visini do 500 m (53% i 16%), ali najmanje na visini između 500 i 1000 m (40% i 11%). Jedinke od 24 mm (1%) ima najviše na najvišim plohama, dok na srednjim plohama nisu ni zabilježene.



Slika 19. Udio pojedinih jedinki s obzirom na veličinu tijela u pojedinim visinskim intervalima unutar vrste *Abax parallelepipedus*

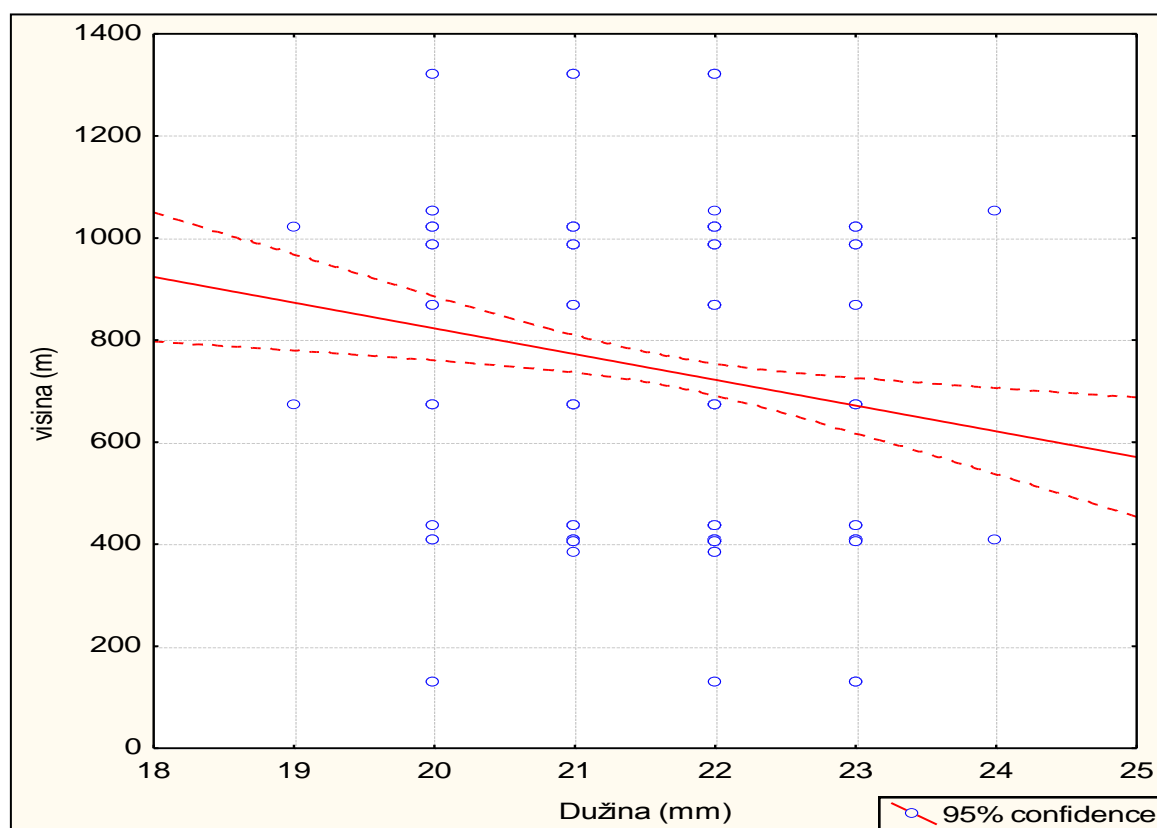
Kod vrste *Carabus caelatus* izmjerene vrijednosti veličine tijela sam podijelila u pet skupina (30 – 33 mm, 33 – 36 mm, 36 – 39 mm, 39 – 42 mm i 42 – 45 mm) te izračunala udio svake skupine u tri veličinska intervala (0 – 500 m, 500 – 1000 m i 1000 – 1500 m). Na plohama do 500 m najzastupljenije su vrste veličine 33 – 36 mm (36%) i 36 – 39 mm (37 %), a najmanje su zastupljene vrste veličine 42 – 45 mm (0,8%). Na plohama između 500 i 1000 m najzastupljenije su jedinke veličine 36 – 39 mm (43%), najmanje su zastupljene veličine 30 – 33 mm (0,6%), dok veličine 42 – 45 mm nije zabilježena. Na najvišim plohama najveći je udio veličine 33 – 36 mm (43%), najmanji udio veličina 39 – 42 m (5%), a veličina 42 – 45 mm nije zabilježena. Udio jedinki veličine 30 – 33 mm se povećava s porastom nadmorske visine. Jedinki veličine 33 – 36 mm ima najviše na najvišim plohama (43%), a najmanje na srednjim plohama (19%). Jedinki veličine 36 – 39 mm i 39 – 42 mm ima najviše na plohama srednje visine (43% i 28%), a najmanje ih ima na najvišim plohama (36% i 5%). Najveće jedinke veličine 42 – 45 mm nisu zabilježene na srednjim i najvišim plohama, dok su na najnižim plohama zastupljene sa 0,8% (Slika 20.).



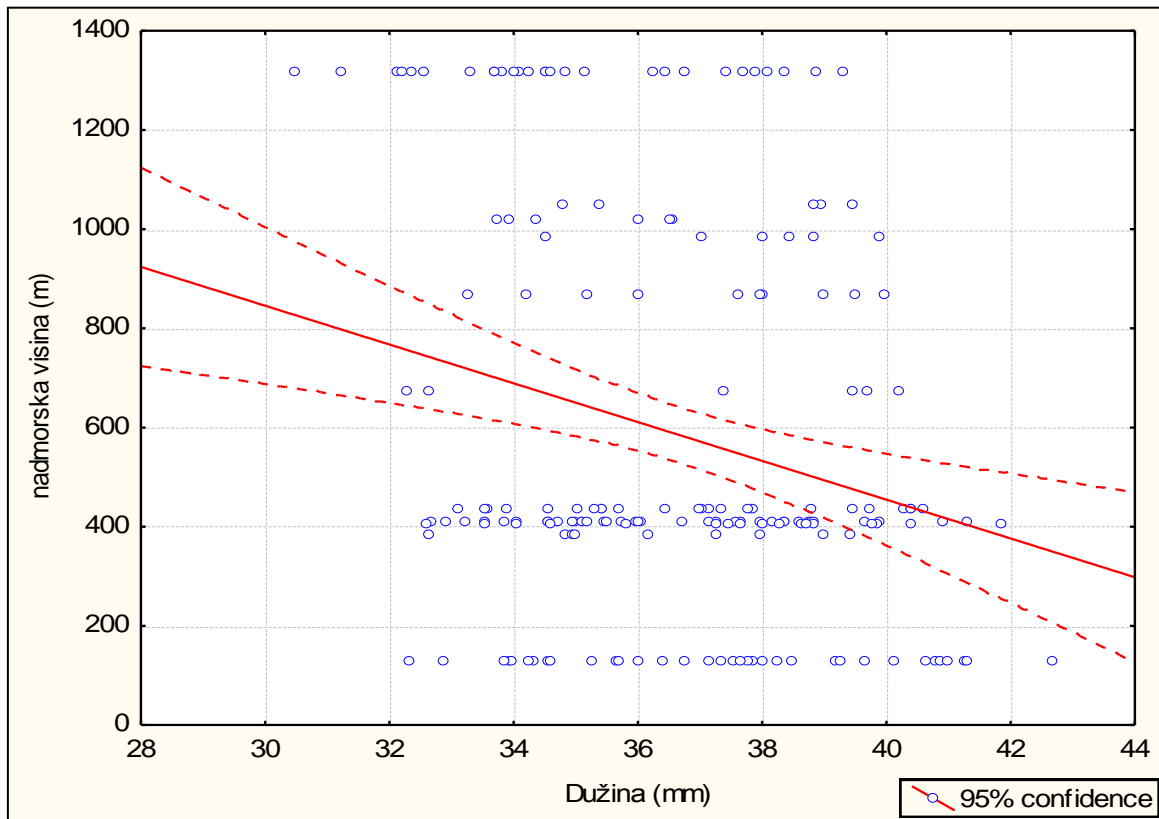
Slika 20. Udio pojedinih jedinki s obzirom na veličinu tijela u pojedinim visinskim intervalima unutar vrste *Carabus caelatus*

#### 4.3.2. Statistička analiza

Metodom linearne regresije izračunala sam razinu međusobne povezanosti izmjerene veličine tijela za vrste *Abax parallelepipedus* i *Carabus caelatus* s nadmorskom visinom. Promjena veličine tijela za obje vrste negativno je korelirana ( $r_1 = -0,1501$ ,  $r_2 = -0,25$ ) s nadmorskom visinom (Slike 21. i 22.).



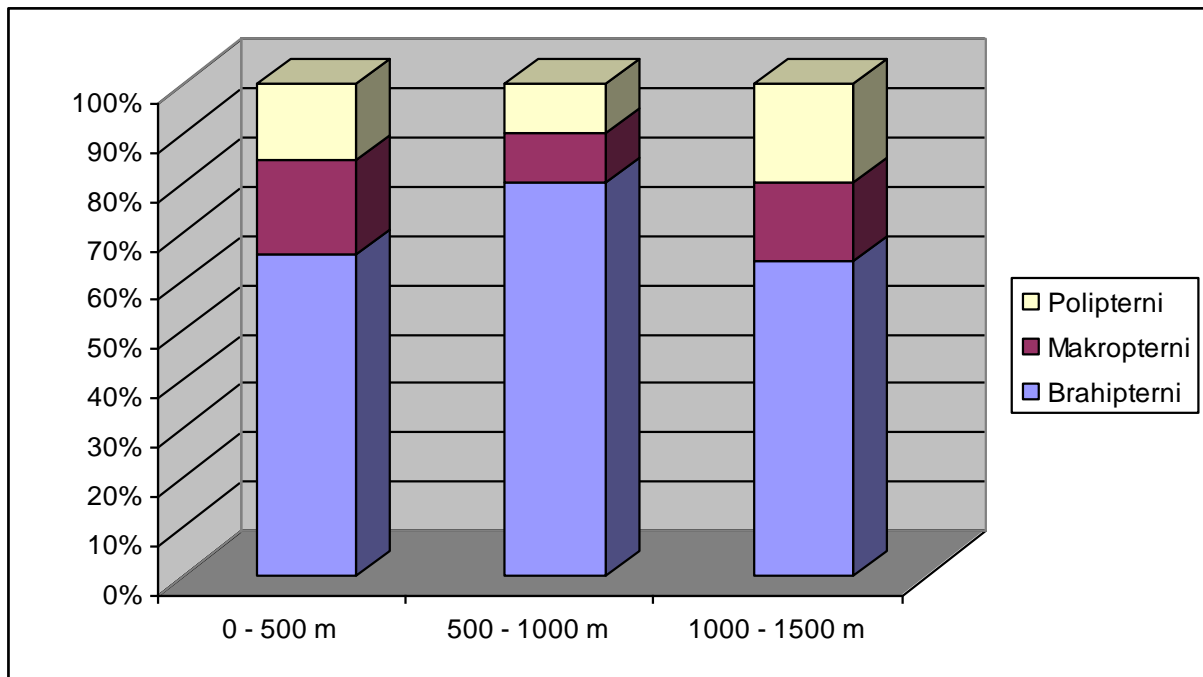
Slika 21. Grafički prikaz korelacije duljine tijela vrste *Abax parallelepipedus* u ovisnosti o nadmorskoj visini



Slika 22. Grafički prikaz korelacije duljine tijela vrste *Carabus caelatus* u ovisnosti o nadmorskoj visini

#### 4.4. Krilatost među vrstama duž visinskog gradijenta

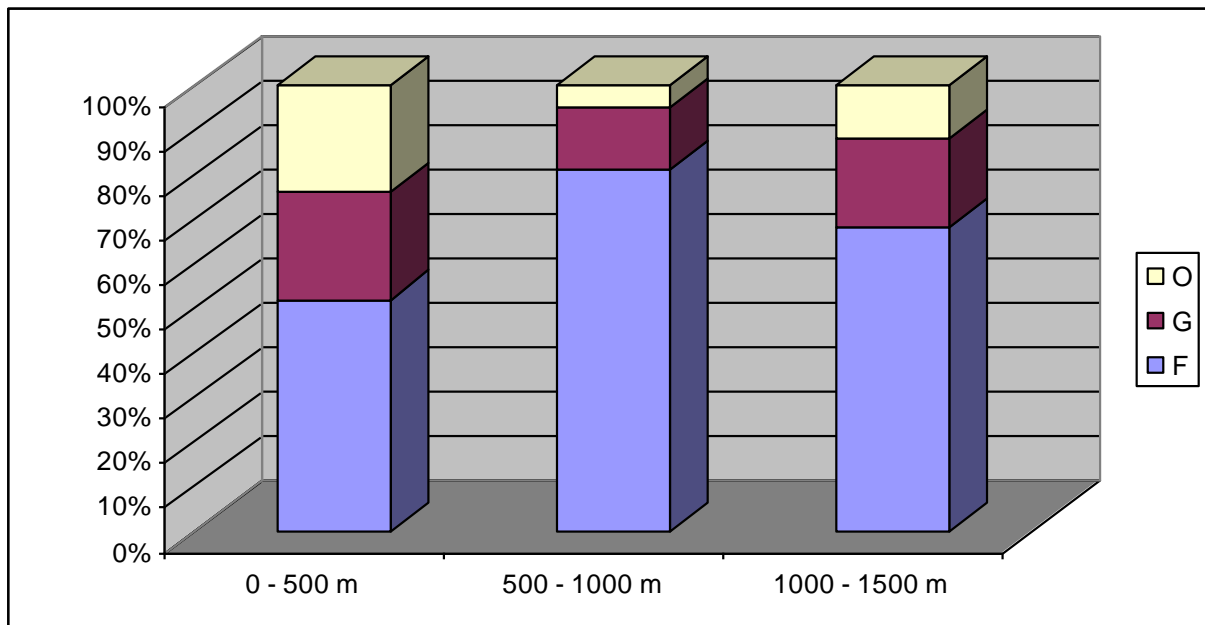
Zabilježene vrste, prema krilatosti, podijeljene su tri skupine (brahipterne, makropterne i polipterne) te je izračunata njihova zastupljenost u svakom od tri visinska intervala (0 – 500 m, 500 – 1000 m i 1000 – 1500 m). Najzastupljeniji oblici u sva tri visinska intervala su brahipterni (68%, 80% i 64%). Na plohama do 500 m najmanji je udio polipternih oblika (16%), na plohama između 500 i 1000 m jednak je udio makropternih i polipternih oblika (10%), dok je na plohama iznad 1000 m najmanji udio makropternih oblika (16%). Brahipternih oblika ima najviše na srednjim nadmorskim visinama (80%), a na nižim i višim nadmorskim visinama su podjednako zastupljeni (68% i 64%). Makropterni oblici podjednako su zastupljeni na najnižim (20%) i na najvišim plohama (16%), a najmanje ih ima na plohama srednje nadmorske visine (10%). Isti je slučaj sa polipternim oblicima, ali su omjeri obrnuti. Na najnižim plohama su zastupljeni sa 16%, na najvišim sa 20%, a najmanje, 10% ih ima na srednjim plohama (Slika 23.).



Slika 23. Udio pojedinih vrsta s obzirom na krilatost u pojedinim visinskim intervalima

#### 4.5. Stanišnost među vrstama duž visinskog gradijenta

Prema stanišnosti, zabilježene vrste su podijeljene u tri skupine: šumske vrste (F), vrste otvorenih staništa (O) i generaliste (G) te je izračunata zastupljenost svake skupine u svakom od tri visinska intervala (0 – 500 m, 500 – 1000 m i 1000 – 1500 m). Šumski oblici su najzastupljeniji na svim visinskim intervalima (52%, 81% i 68%). Na plohama do 500 m jednako su zastupljeni generalisti i vrste otvorenih staništa, s 24% svaka skupina. Na srednjim i najvišim plohama najmanje su zastupljene vrste otvorenih staništa (5% i 12%). Najveći udio šumskih oblika je na srednjim plohama (81%), a najmanji (52%) na najnižim plohama. Generalisti su podjednako zastupljeni na na sva tri visinska intervala (24%, 14% i 20%), s druge strane, vrste otvorenih staništa najzastupljenije na plohama do 500 m (24%), čak s udjelom od 12% su prisutni na plohama iznad 1000 m, a najmanji udio, 5%, dolazi na nadmorskim visinama između 500 i 1000 m (Slika 24.).



Slika 24. Udio pojedinih vrsta s obzirom na stanišnost u pojedinim visinskim intervalima



## 5.0. RASPRAVA

Mnoge vrste kukaca su široko rasprostranjene duž visinskog gradijenta, tako da su populacije na najvišim i najnižim dijelovima planine izložene različitim uvjetima okoliša, pogotovo s obzirom na lokalnu klimu (Hodkinson 2005). U ovom istraživanju pratila sam promjenu veličine tijela trčaka duž visinskog gradijenta šumskih staništa Učke među zabilježenim vrstama, promjenu veličine tijela jedinki unutar vrsta *Abax parallelepipedus* i *Carabus caelatus* te promjene krilatosti i stanišnosti među vrstama.

### 5.1. Veličina tijela

U ovom istraživanju pokazalo se da se udio manjih vrsta smanjuje s povećanjem nadmorske visine, a u skladu s tim udio većih vrsta najveći je na najvišim plohama. Isto tako, veličina tijela jedinki unutar promatranih vrsta *Abax parallelepipedus* i *Carabus caelatus* se smanjuje s nadmorskom visinom. Ovi rezultati nisu u skladu s Bergmannovim pravilom koje je opisano kao tendencija povećanja veličine tijela s nadmorskom visinom (iz Harcourt i sur. 2009), međutim, Bergmannovo pravilo potvrđeno je samo za kralješnjake i to za guštere (Cruz i sur. 2005) i za primata (Harcourt i sur. 2009). Za smanjenje veličine tijela unutar zajednica trčaka i unutar promatranih vrsta duž visinskog gradijenta šumskih staništa na Učki moguće je više objašnjenja. Naime, s povećanjem nadmorske visine mijenjaju se fizikalni parametri (Hodkinson 2005), a najvažnije promjene zasigurno su smanjenje temperature i koncentracije kisika, povećana precipitacija i insolacija te povećani udio kratkovalnog zračenja. Snižene dnevne i godišnje temperature zraka skraćuju razdoblje povoljno za razvoj ličinki u adultne oblike. Osim toga, kukci na tim staništima imaju produženo vrijeme dijapauze uslijed kraćeg vegetacijskog razdoblja. Trčci prezimljuju u odraslom obliku, dok veće vrste to razdoblje

provode kao ličinke. Budući da kukci koji naseljavaju vrhove planina imaju kraće raspoloživo vrijeme da obave svoj životni ciklus, oni svoju energiju ulažu u što brži razvoj kako bi tijekom trajanja povoljnih uvjeta mogli položiti jaja, stoga im stoga preostaje premalo energije za rast što objašnjava smanjenje veličine tijela s nadmorskom visinom. Osim smanjenja temperature, duž visinskog gradijenta smanjuje se i vegetacijski pokrov pa je tlo na vrhu planine golo i kamenito što znači da su kukci izloženiji direktnom Sunčevom zračenju i UV zračenju čiji se udio povećava duž visinskog gradijenta, a ima štetno djelovanje na žive organizme. U takvim uvjetima staništa, zaklon će lakše naći manje vrste i jedinke. Uostalom, zbog siromašnog vegetacijskog pokrova na vrhu planine, učestalije su erozije pa je tlo siromašnije i slabije kvalitete što čini stanište još stresnijim zbog manje dostupnosti hranjivih tvari. Jedno je od mogućih objašnjenja većeg udjela manjih vrsta i jedinki na najvišim plohama i odnos površine i volumena tijela koji je kod malih vrsta puno veći nego kod velikih vrsta te je zato kod malih vrsta puno brža izmjena energije koja im omogućuje preživljavanje pri naglim promjenama ekoloških čimbenika.

## **5.2. Krilatost i stanišnost**

Rezultati su pokazali da je najveći udio brahiopternih vrsta na srednjim nadmorskim visinama (500 – 1000 m), iako su na svim visinskim intervalima brahiopterni oblici dominantni. Prema tome, dobiveni rezultati nisu u skladu sa Allanovim pravilom o smanjenju veličine tjelesnih nastavaka s povećanjem nadmorske visine (Hurd i van Anders 2007). Što se tiče stanišnosti, na svim visinskim intervalima dominiraju šumske vrste što je i očekivano, budući da je istraživanje provedeno u šumskim staništima Učke. Vrste specijalisti posebno su prilagođeni na određene uvjete nekog staništa. Šumski specijalisti prilagođeni su na šumska staništa. Jedna od prilagodbi je i redukcija krila pa su takve vrste brahiopterne i imaju manju moć

disperzije naseljavajući stabilne šumske sustave ili područja koja su blizu stabilnih, kontinuiranih šumskih sustava, čak i takvim vrstama sa slabim sposobnostima rasprostranjenja. Važno njihovo obilježje je veličina tijela, a takve vrste trebale bi biti veće zbog stabilnih stanišnih uvjeta (iz Šerić Jelaska i Durbešić 2009). Ovo istraživanje potvrdilo je da to vrijedi i za trčke Učke, budući da je na plohama srednje nadmorske visine zabilježen najveći udio brahipternih vrsta, dok, s obzirom na rasprostranjenost, velike vrste postižu svoj najveći udio upravo na ovim plohama, iako nisu dominantne. Dakle, dobiveni rezultati pokazuju da su staništa na srednjim nadmorskim visinama najstabilnija staništa. Najveći udio brahipternih vrsta zabilježen je i na najvišim plohama, a to se također može objasniti već spomenutim nepovoljnim uvjetima koji vladaju na tom području u kojima mogu preživjeti samo planinske vrste posebno prilagođene tim uvjetima. Naime, zbog veće snage vjetra i rjeđeg zraka uvjeti za let su teški, a veća krila zahtjevaju i više energije za let, dok je, kao što je prije bilo spomenuto, kukcima na vrhu planine ionako teško očuvati energiju. Takve vrste imaju malu sposobnost disperzije i kolonizacije novih područja, jer svojim malim krilima mogu letjeti na kratkim relacijama i to samo onda kad su uvjeti za let povoljni. Zbog svog ograničenog areala takvim populacijama prijeto izumiranje. Naime, očekuje se da će promjena klime usmjeriti rasprostranjenost vrsta prema većim nadmorskim visinama i ugroziti opstanak vrsta čija će staništa postati premala ili izolirana u usporedbi sa sadašnjim rasprostranjenjem (Wilson i sur. 2005). Zato alpskim vrstama, pogotovo onima koje su endemične za određeno planinsko područje, prijeto izumiranje, jer je njihova visinska migracija onemogućena ograničenim visinskim rasponom i nepostojanjem snježne zone koja bi predstavljala refugijalno stanište za visinsku sukcesiju (Pickering i sur. 2008). Na Učki je prisutna zajednica pretplaninske bukve koja prekriva najviše plohe, a stanište je vrstama *Nebria dahlii* (Duftschmid 1812), *Molops piceus* (Panzer 1793) i *Licinus hoffmannseggi* (Panzer 1797). To je zajednica koja bi uslijed klimatskih promjena i sama mogla pretrpjeti

velike promjene, jer su zbog svojih značajki šumske zajednice na višim nadmorskim visinama naročito osjetljive na globalno zatopljenje i povišenje atmosferske koncentracije CO<sub>2</sub> (Smith i sur. 2009). Što se tiče nižih ploha, na njima je zabilježen veći udio makropternih vrsta i vrsta otvorenih staništa te najveći udio malih vrsta. Naime, staništa na nižim nadmorskim visinama pod većim su antropogenim utjecajem, veći dio površine se poljoprivreno iskorištava ili je naseljen. Sve to uzrokuje veći stupanj poremećaja što dovodi do povećane fragmentiranosti nižih staništa u usporedbi s višim što pogoduje organizmima s posebnim prilagodbama, a povećava se i bioraznolikost. Velika bioraznolikost može se pripisati rubnom efektu, tj. hipotezi da je bioraznolikost najveća na granici između dva različita staništa koji je dobro istražen na zajednicama trčaka, a to su potvrdila i brojna istraživanja (Bezděk i sur. 2006, Gaucherel i sur. 2007, Gobbi i Fontaneto 2008, Hollmen i sur. 2008, Magura i sur. 2001, Martinas da Silva i sur. 2008, Molnár i sur. 2001, Negro i sur. 2007). Budući da se bioraznolikost trčaka povećava s povećanjem poljoprivrednih površina i seoskih sustava, moglo bi se pogrešno zaključiti da je antropogeni utjecaj povoljan za bioraznolikost trčaka. Međutim, pojam bioraznolikosti se ne odnosi samo na jednostavno povećanje broja vrsta, nego je važna i raznolikost morfoloških struktura unutar vrste (Negro i sur. 2007). U fragmentiranim staništima očekuje se dominacija velikih i makropternih generalista i vrsta otvorenih staništa (Gobbi i Fontaneto 2008). Ovo istraživanje je pokazalo da na plohama do 500 m, unatoč velikom udjelu generalista i vrsta otvorenih staništa, ipak prevladavaju šumske vrste, budući da se radi o šumskom staništu. Kako su šumske vrste uglavnom brahipterne, to objašnjava dominaciju brahipternih oblika na tim plohama. Generalisti i vrste otvorenih staništa imaju dobro razvijena krila (makropterni i polipterni oblici) i veću moć rasprostranjenosti od šumskih vrsta što dobiveni rezultati o krilatosti i stanišnosti potvrđuju. Velika moć disperzije objašnjava i njihovu prisutnost na ostalim plohama, iako se pojavljuju samo kao akcesorne vrste. Povećani udio velikih vrsta na nižim plohama znači da su i niža

šumska staništa Učke relativno stabilna i bez prevelikog antropogenog utjecaja, jer bi u suprotnom bilo više malih vrsta čije su ličinke otpornije na poremećaje. Schwerk i Szyszko (2007) svojim su istraživanjem pokazali da se veličina tijela trčaka smanjuje s povećanjem intenziteta upravljanja nekim područjem, tj. s povećanjem antropogenog utjecaja.

Srednja temperatura zraka na Zemlji je porasla za oko 1°C u zadnjih 100 godina, a predviđa se da će taj porast biti između 2 i 5°C u sljedećih 50 – 100 godina. Iako će globalno zatopljenje utjecati na sve ekosustave na Zemlji, ipak su neki osjetljiviji na te klimatske promjene od drugih pa će tako negativniji utjecaj zasigurno biti na vrste specijaliste prilagođene na posebne uvjete, nego na vrste generaliste koji mogu preživjeti u različitim tipovima okoliša. Među najosjetljivijima su zasigurno staništa i vrste visokih nadmorskih visina na kojima vladaju stresni uvjeti i za biljke i za životinje. Upravo zbog tih nepovoljnih uvjeta, ta su staništa manje podložna biološkoj invaziji u usporedbi s povoljnijim staništima nižih nadmorskih visina. Globalno zatopljenje promijenit će te uvjete pa će doći do invazije stranih vrsta. Općenito, kukci su ektotermne životinje i ovise o temperaturi okoliša za vrijeme svih faza svog životnog ciklusa, a trajanje određenih procesa, kao što su samo trajanje života, trajanje dijanze, moć disperzije, stopa smrtnosti i genetička adaptacija, određeno je temperaturom okoliša. Drugi razlog uspjeha stranih vrsta može se pripisati njihovim strategijama traženja hrane koje su učinkovitije od strategija autohtonih vrsta. Budući da su životinjske invazivne vrste generalisti, oni su zato uspješniji u prilagođavanju na drugačiju klimu. Većina znanstvenika pretpostavlja da će do 2050. godine izumrijeti 24% vrsta zbog globalnog zatopljenja. Postoje i apokaliptične procjene koje predviđaju ekstinciju više od polovice danas prisutnih i poznatih vrsta uzrokujući smanjenje bioraznolikosti na globalnoj razini (Molina – Montenegro i sur 2009).

Rezultati ovog istraživanja mogu se primijeniti kao temelj budućih istraživanja šumskih ekosustava planinskih područja, procjeni kvalitete šumskih staništa, planiranju njihove zaštite te očuvanju već zaštićenih šumskih staništa. Osim što doprinose poznavanju entomofaune Parka Prirode Učka, ovi rezultati također mogu biti smjernica prilikom odabira bioindikatora među trčcima.

## 6.0. ZAKLJUČCI

Prema dobivenim rezultatima istraživane faune trčaka na Učki od svibnja do listopada 2008. godine mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Povećanjem nadmorske visine u šumskim staništima smanjuje se veličina tijela vrsta unutar zajednica trčaka i veličina tijela jedinki unutar promatranih vrsta *Abax parallelepipedus* i *Carabus caelatus* pa se može zaključiti da su manje vrste/jedinke bolje prilagođene na staništa na višim nadmorskim visinama.
- Rezultati dobiveni analizom veličine tijela trčaka Učke duž visinskog gradijenta ne potvrđuju Bergmannovo pravilo što ukazuje da se Bergmannovo pravilo, opisano na endotermnim životinjama, ne može primjeniti na trčke kao ektotermne životinje.
- Najveći udio brahipternih vrsta na istraživanom području može se objasniti smanjenom aktivnošću leta kukaca u planinskim ekosustavima što je značajno za kukce prilagođene takvom tipu staništa. Najveći udio brahipternih oblika zabilježen je na srednjim nadmorskim visinama što upućuje da su to najstabilnija šumska staništa na istraživanom području.
- Rezultati su pokazali da na svim nadmorskim visinama dominiraju šumske vrste što je u skladu sa očekivanjima, budući da je istraživanje provedeno u šumskim staništima na Učki, dok je najveći udio šumskih vrsta pronađen na plohama srednje visine što ukazuje na stabilno šumsko stanište.

- Najveći udio vrsta otvorenih staništa pronađen je na najnižim plohama kao što se moglo i pretpostaviti, jer je su te plohe najbliže rubnim područjima s obradivim površinama i ljudskim naseljima.



## 7.0. LITERATURA

Arndt, E., Beutel, R. G., Will, K. W. (2005): 7.8. Carabidae Latreille, 1802. U Kirstensen, N. P., Beutel, R. G. (ur.) Handbook of zoology, Vol.IV Arthropoda: Insecta. Part 38: Coleoptera, Vol 1: Morphology and Systematics (Archostomata, Adephaga, Myxophaga, Polyphaga (partim) (Vol.ur.. Beutel, R. G. and Leschen, R. A. B.). Walter De Gruyter, Berlin, New York, str. 119 – 146.

Bezděk, A., Jaroš, J., Spitzer, K. 2006. Spatial distribution of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and moths (Lepidoptera) in the Mrtvý luh bog, Šumava Mts (Central Europe): a test of habitat island community. *Biodiversity and Conservation* 15, 345 – 409.

Cook, W.M. and Holt R.D. 2006. Fire frequency and mosaic burning effects on a tallgrass prairie ground beetle assemblage. *Biodiversity and Conservation* 15, 2301 – 2323.

Cruz, F. B., Fitzgerald, L. A., Espinoza, R. E., Schulte, J. A. 2005. The importance of phylogenetic scale in tests of Bergmann's and Rapoport's rules: lessons from a clade of South American lizards. *J. Evol. Biol.* 18, 1559 – 1574.

Depoli, G., 1926-1940. I Coleoteri della Liburnia, Parte I, III, IV, V, VI, „Fiume“ Rivista della societa di studi fiumani, Rijeka, str 336.

Durbešić, P., 1983.a. Zoogeografske karakteristike kornjaša (Coleoptera) dviju livadnih zajednica Učke i Čićarije. *Ekologija* 18, 121 – 144.

Durbešić, P., 1983.b. Fauna Coleoptera dviju livadnih zajednica Učke i Čićarije. *Biosistematika* 9, 119 – 131.

Durbešić, P., 1986. Analiza zajednica trčaka dvaju lokaliteta u asocijaciji *Seslerio-Fagetum* u Gorskom kotaru, Hrvatska. *Acta entomologica Jugoslavica* 22 (1 – 2), 25 – 37.

Durbešić, P., Vujčić-Karlo, S., Bukvić, I., 1994. Faunističko i zoogeografsko istraživanje kornjaša (Coleoptera- Insecta) šumskih zajednica Medvednice. *Šumarski list* 68, 85 – 90.

Freude, H., Harde, K. W., Loise, G. A., Klausnitzer, B. 2004. Die Käfer Mitteleuropas, Band 2, Adephaga 1. Spectrum, Elsevier, Munhen, str. 521.

Gaston, K.J., Chown, S.L., Mercer, R.D. 2001. The animal species – body size distribution of Marion Island. PNAS 25, 14493 – 14496.

Gaucherel, C., Burel, F., Baudry, J. 2006. Multiscale and surface pattern analysis of the effect of landscape pattern on carabid beetles distribution. Ecological Indicators 7, 598 – 609.

Gobbi, M., i Fontaneto, D. 2008. Biodiversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in different habitats of the Italian Po lowland. Agriculture, Ecosystems and Environment 127, 273 – 276.

Harcourt. A.H., Schreier, B.M. 2009. Diversity, body mass and latitudinal gradients in primates. Int J Primatol 30, 283 – 300.

Hodkinson, I.D. 1999. Species response to global environmental change or why ecophysiological models are important: a reply to Davis et al. Journal of Animal Ecology 68, 1259 – 1262.

Hodkinson, I. D. 2005. Terrestrial insect species along elevation gradients: species and community responses to altitude. Biol. Rev. 80, 489 – 513.

Hodkinson, I. D. i Jackson, J. K. 2005. Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems. Environmental Managment 5, 649 – 666.

Hollmen, A., Välimäki, P., Itämies, J., Oksanen, J. 2008. The value of open power line habitat in conservation of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) associated with mires. J Insect Conserv 12, 163 – 177.

Hurd, P.L., van Anders S.M. 2007. Latitude, digit ratios and Allen's and Bergmann's rules: A comment on Loehlin, McFadden, Medland and Martin (2006). *Arch Sex Behav.* 36, 139 – 141.

Hůrka, K. (1996): *Carabidae of the Czech and Slovak Republics*. Zlin, str. 565.

Kammer, P. M., Schöb, C., Choler, P. 2007. Increasing species richness on mountain summits: Upward migration due to anthropogenic climate change or re – colonisation? *Journal of Vegetation Science* 18, 301 – 306.

Kubota, U., Loyola, R.D., Almeida, A.M., Carvalho, D.A, Lewinsohn, T.M. 2007. Body size and host range co – determine the altitudinal distribution of Neotropical tephritid flies. *Global Ecology and Biogeography* 16, 632 – 639.

Löbl, I. & Smetana, A. 2003: *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Vol. 1. Stenstrup: Apollo Books.

Magura T., Tóthmérész B., Molnár T. 2001. Forest edge and diversity: carabids along forest – grassland transects. *Biodiversity and conservation* 10, 287 – 300.

Martins da Silva, P., Aguiar, C. A. S., Niemalä, J., Sousa, J. P., Serrano, A. R. M. 2009. Corck-oak woodland in Mediterranean landscapes: a case study using rove and ground beetles (Coleoptera: Staphylinidae, Carabidae). *Biodivers. Conserv.* 18, 605 – 619.

Matoničkin, I., Habdija, I., Primc – Habdija, B. 1999. *Beskralješnjaci – biologija viših avertebrata*. Školska knjiga, str. 309 – 330.

Melis, C., Sundby, M., Andersen, R., Moksnes, A., Pedersen, B., Røskoft, E. 2007. The role of moose *Alces alces* L. in boreal forest- the effect on ground beetles (Coleoptera, Carabidae) abundance and biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 16, 1321 – 1335.

Molnár T., Magura T., Tóthmérész B., Elek Z. 2001. Ground beetles (Carabidae) and edge effect in oak – hornbeam forests and grassland transects. *Eur. J. Soil Biol.* 37, 297 – 300.

Molina- Montenegro, M. A., Briones, R., Cavieres, L. A. 2009. Does global warming induce segregation among alien and native beetle species in a mountain- top? *Ecological Researches* 24, 31 – 63.

Müller, G., 1926. I Coleotteri della Venezia Giulia. Adepaga I. *Studi entomologici* 1(2), str. 304.

Negro, M., Casale, A., Migliore, L., Palestrini, C., Rolando, A. 2007. The effects of local anthropogenic habitat heterogeneity on assemblages of carabids (Coleoptera, Carabidea) endemic on Alps. *Biodiversity and Conservation* 16, 3919 – 3932.

Pickering, C., Wendy, H., Green, K. 2008. Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Snowy Mountains, Australia. *Biodiversity and Conservation* 17, 1627 - 1644.

Rukavina, I., Kučinić, M., Mrazović, A., Šerić Jelaska, L. 2010. Zoogeography and endangered status of carabid beetles in forest habitats of Učka Nature Park. *Entomologia Croatica*, u tisku.

Sanders, N. J. 2002. Elevational gradients in ant species richness: area, geometry and Rapoport's rule. *Ecography* 25, 25 – 32.

Schwerk, A., Szyszko J. 2007. Increase of Mean Individual Biomass (MIB) of Carabidae (Coleoptera) in relation to succession in forest habitats. *Wiad. Entomol.* 26, 195 – 206.

Smith, W. K., Germino, M. J., Johnson, D.M., Reinhardt, K. 2009. The altitude of alpine treeline: A bellwether of climate change effects. *Bot. Rev.* 75, 163 – 190.

Šerić Jelaska, L., 2005. Fauna trčaka (Carabidae, Coleoptera) u šumskim zajednicama Medvednice. Magistarski rad Prirodoslovno- matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Šerić Jelaska, L., Blanuša, M., Durbešić, P., Jelaska, S. D., 2007. Heavy metal concentrations in ground beetles, leaf litter, and soil of a forest ecosystem. *Ecotoxicology and environmental safety*. 1, 74 – 81.

Šerić Jelaska, L. i Durbešić, P. 2009. Comparison of the body size and wing form of carabid species (Coleoptera:Carabidae) between isolated and continuous forest habitats. *Ann.soc.entomol.Fc.(n.s)* 45 (3), 1 – 12.

Šerić Jelaska L, Dumbović V, Kučinić M., 2010. Diversity and mean individual biomass of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in beech forests of various ages. *Zookeys*, u tisku.

Vujčić-Karlo, S., 1999. Faunističko- ekološka istraživanja trčaka (Carabidae) u različitim šumskim zajednicama Hrvatske. Disertacija. Prirodoslovno- matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str.

Trussell, G.C., Smith, D.L. 2000. Induced defenses in response to an invading crab predator: an explanation of historical and geographic phenotypic change. *PNAS* 5, 2123 – 2127.

Waitling, J.I., Donnelly, M.A. 2006. Fragments as islands: a synthesis of faunal responses to habitat patchiness. *Conservation Biology* 4, 1016 – 1025.

Wilson, R. J., Gutiérrez, D., Gutiérrez, J., Martínez, D., Agudo, R., Monserrat, V. J. 2005. Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecology Letters* 8, 1138 – 1146.