

2020

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

MAGISTRSKO DELO

MAGISTRSKO DELO

NABIRANJE HRANE PRI MRAVLJAH IZ RODU
MESSOR IN EKOLOŠKE ZNAČILNOSTI OKOLICE
NJIHOVIH MRAVLJIŠČ NA OBMOČJU
JUGOZAHODNE SLOVENIJE

LUCIJA ČESNIK

LUCIJA ČESNIK

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Magistrsko delo

**Nabiranje hrane pri mravljah iz rodu *Messor* in ekološke značilnosti
okolice njihovih mravljišč na območju jugozahodne Slovenije**

(Foraging activity of *Messor* ants and ecological characteristics of the ant nests
surrounding in southwestern Slovenia)

Ime in priimek: Lucija Česnik

Študijski program: Varstvo narave, 2. stopnja

Mentor: doc. dr. Jure Jugovic

Delovni somentor: Gregor Bračko, univ. dipl. biolog

Koper, avgust 2020

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Lucija ČESNIK

Naslov magistrskega dela: Nabiranje hrane pri mravljah iz rodu *Messor* in ekološke značilnosti okolice njihovih mravljišč na območju jugozahodne Slovenije

Kraj: Koper

Leto: 2020

Število listov: 75

Število slik: 30

Število preglednic: 12

Število prilog: 3

Št. strani prilog: 7

Število referenc: 44

Mentor: doc. dr. Jure Jugovic

Delovni somentor: Gregor Bračko, univ. dipl. biolog

UDK: 595.796 (497.47) (043.2)

Ključne besede: Ekologija mravelj, mravlje, Formicidae, submediteranska Slovenija, *Messor capitatus*, *Messor structor*, *Messor ibericus*

Izvleček:

Ekologija granivornih mravelj je v submediteranskem območju Slovenije slabo raziskana. V naši raziskavi smo ugotavljali značilnosti nabiranja hrane in poskušali prispevati k boljšemu poznavanju ekologije treh granivornih vrst mravelj iz rodu *Messor*, ki jih najdemo v submediteranskem delu Slovenije: *Messor capitatus*, *M. structor* in *M. ibericus*. Na podlagi plenjenja semen in njihove aktivnosti smo na osnovi opazovanj 17 mravljišč treh omenjenih vrst ugotavljali, kateri so glavni abiotski dejavniki, ki vplivajo na aktivnost nabiranja hrane, ali so raziskovane vrste v kakršnikoli kompeticiji s sosednjimi kolonijami mravelj, ali večje mravlje nosijo večja semena, s katerimi rastlinskimi vrstami se prehranjujejo, ali obstaja za določeno vrsto specifičen način iskanja hrane ter ali je njihova aktivnost tudi dnevno in sezonsko odvisna. Ugotovili smo, da so glavni abiotski dejavniki, ki vplivajo na aktivnost nabiranja hrane pri mravljah letni čas, del dneva, zračni pritisk in veter. Aktivnost mravelj je povečana ob višjem zračnem pritisku in vetru. V okolici vzorčnih mravljišč smo našli 30 različnih vrst mravelj. Kljub velikemu številu vzorcev nismo potrdili pozitivne soodvisnosti med velikostjo mravelj in njihovega tovora. V okolici mravljišč smo našli 91 različnih vrst rastlin. V največ primerih so mravlje nabirale semena različnih vrst trav in semena vrste *Stellaria media*. Vse tri raziskovane vrste kažejo visoko fleksibilnost pri iskanju hrane in nimajo specifičnega načina iskanja (posamič, v koloni, drevesaste poti). Način nabiranja hrane je odvisen od količine hrane v okolju, ki je največ v poletnih in jesenskih mesecih, zato je takrat aktivnost mravelj povečana.

Key document information

Name and SURNAME: Lucija ČESNIK

Title of the master's thesis: Foraging activity of *Messor* ants and ecological characteristics of the ant nests surrounding in southwestern Slovenia

Place: Koper

Year: 2020

Number of pages: 75

Number of figures: 30

Number of tables: 12

Number of appendix: 3

Number of appendix pages: 7

Number of references: 44

Mentor: Assist. Prof. Jure Jugovic, PhD

Co-Mentor: Gregor Bračko, univ. dipl. biolog

UDK: 595.796 (497.47) (043.2)

Keywords: Ant ecology, ants, Formicidae, Submediterranean Slovenia, *Messor capitatus*, *Messor structor*, *Messor ibericus*

Abstract:

The ecology of harvester ants has been poorly studied in the submediterranean area of Slovenia. With our research we tried to contribute to a better knowledge of the ecology of the three granivorous ant species: *Messor capitatus*, *M. structor* and *M. ibericus*, found in the submediterranean part of Slovenia. Based on the predation of the seeds and their activity, we determined the main abiotic factors affecting their foraging activity through the observations of 17 anthills of the three mentioned species. We tried to find out whether these species are in any competition with neighboring colonies of ants, do the larger ants carry larger seeds, which plant species do they feed on, do our species possess a specific way to search for food and whether their activity is seasonally dependent. We found that the major abiotic factors that influence ants' activity are season, part of the day, air pressure and wind. The foraging activity of ants is increased at higher air pressure and wind. We found 30 different species of ants in the vicinity of the sample anthills. Despite the large number of samples, we did not confirm a positive correlation between the size of the ants and their load. We found 91 different plant species in the vicinity of the anthills. In most cases, ants were foraging for seeds of different species of grasses and seeds of *Stellaria media*. All three studied species show great flexibility in their search for food and do not have a specific foraging method (individually, in a column, trunk trails). The way of foraging depends on the amount of food in the environment. The food amounts are mostly peaked in the summer and autumn months, which is why and when the activity of ants is increased.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem delovnemu somentorju Gregorju Bračku za idejno zasnovo naloge, za vodenje čez celoten proces terenskega dela, za pomoč na terenu, za določevanje taksonov in strokoven pregled naloge.

Iskrena zahvala tudi mentorju doc. dr. Juretu Jugovicu za pomoč na terenu in v laboratoriju, za podrobne in izčrpne statistične analize in strokoven pregled naloge.

Zahvaljujem se tudi doc. dr. Petru Glasnoviću za pomoč pri določanju rastlin.

Zahvaljujem se svojim staršem in bratu za vso pomoč, spodbudo in potrpežljivost.

Hvala tudi Žigi, ker mi brez njegove spodbude in pozitivne zagotovo ne bi uspelo.

Kazalo vsebine

1 UVOD	12
1.1 PREHRANJEVANJE MRAVELJ.....	13
1.2 NABIRANJE HRANE	15
1.2.1 Vpliv temperature in vlage na nabiranje hrane.....	16
1.2.2 Strategije iskanja hrane.....	16
1.2.3 Vpliv teritorialnosti	17
1.3 MRAVLJE IZ RODU <i>MESSOR</i>	17
1.3.1 Raziskave nabiranja hrane pri rodu <i>Messor</i>	19
1.3.2 Mravlje iz rodu <i>Messor</i> v Sloveniji.....	21
1.4 NAMEN IN HIPOTEZE MAGISTRSKEGA DELA	28
2 MATERIAL IN METODE	29
2.1 OPIS OBMOČJA VZORČENJ	29
2.2 VZORČENJE MRAVELJ IZ RODU <i>MESSOR</i>	36
2.3 OKOLJSKI PARAMETRI.....	36
2.4 OPAZOVANJE NABIRANJA HRANE MRAVELJ IZ RODU <i>MESSOR</i>	38
2.5 POPIS RASTLIN IN DRUGIH VRST MRAVELJ.....	39
2.6 LABORATORIJSKO DELO IN STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV	39
3 REZULTATI.....	41
3.1 HABITATNE PREFERENCE	41
3.2 NAČINI NABIRANJA HRANE	45
3.3 PRIMERJAVA VELIKOSTI SEMEN IN VELIKOST DELAVK	47
3.4 DNEVNA IN SEZONSKA AKTIVNOST NABIRANJA HRANE <i>M. STRUCTOR</i> , <i>M. CAPITATUS</i> IN <i>M. IBERICUS</i>	48
3.5 VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA AKTIVNOST NABIRANJA HRANE <i>M. STRUCTOR</i> , <i>M. CAPITATUS</i> IN <i>M. IBERICUS</i>	51
3.5.1. <i>Messor structor</i>	51
3.5.2 <i>Messor capitatus</i>	52
3.5.3. <i>Messor ibericus</i>	53
3.6 POPIS DRUGIH VRST MRAVELJ	53
3.7 POPIS VRST RASTLIN	55
4 DISKUSIJA.....	57
4.1 PRISOTNOST VRST	57
4.2 NAČINI NABIRANJA HRANE	57
4.3 VELIKOST SEMEN.....	58
4.4 DNEVNA IN SEZONSKA AKTIVNOST NABIRANJA HRANE.....	59

4.5 VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA NABIRANJE HRANE	60
4.6 KOMPETICIJA IN DRUGE MRAVLJE.....	61
4.7 PRISPEVEK MRAVELJ K RAZŠIRJANJU SEMEN	62
5 ZAKLJUČEK.....	63
6 LITERATURA IN VIRI.....	64

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Pregled nadmorskih višin in koordinat za posamezno lokaliteto s pripadajočimi vrstami.	36
Preglednica 2: Okoljski parametri, njihove okrajšave, način določevanja vrednosti parametrov ter način obdelave podatkov (Excel – osnovni statistični opis opravljen v Excelu, GLM – splošni linearni model, opravljen v programu SPSS).	38
Preglednica 3: Vrednosti izbranih okoljskih parametrov za proučevana mravljišča v Vipavski dolini, na Krasu, Kraškem robu in na Obali. Prikazani niso rezultati za Hrastovlje (gl. Pregl4). Za vsak parameter so podane povprečne vrednosti in standardna napaka ter v oklepajih še minimalna in maksimalna vrednost. (okoljski parameter »tip tal« ni vključen v preglednico). *mravljišči v Podnanosu sta bili 320 cm narazen, zato so parametri podani le enkrat.	43
Preglednica 4: Vrednosti izbranih okoljskih parametrov za mravljišča v Hrastovljah. Za vsak parameter so podane povprečne vrednosti in standardna napaka ter v oklepajih še minimalna in maksimalna vrednost. (okoljski parameter »tip tal« ni vključen v preglednico).	44
Preglednica 5: Absolutne (N) in relativne (%) frekvence za tri tipe vedenj pri nabiranju hrane pri treh vrstah mravelj iz rodu <i>Messor</i> . Standardni reziduali (SR) predstavljajo odstopanja od pričakovanj ($ SR > 2$ ustrezajo $p < 0,005$).	45
Preglednica 6: Absolutne (N) in relativne (%) frekvence za aktivnost ($t = 5$ min) mravelj <i>Messor structor</i> v treh letnih časih in delih dneva. Standardni reziduali (SR) predstavljajo odstopanja od pričakovanj ($ SR > 2$ ustrezajo $p < 0,05$).	50
Preglednica 7: Absolutne (N) in relativne (%) frekvence za aktivnost ($t = 5$ min) mravelj <i>Messor capitatus</i> v treh letnih časih in delih dneva. Standardni reziduali (SR) predstavljajo odstopanja od pričakovanj ($ SR > 2$ ustrezajo $p < 0,05$).	51
Preglednica 8: Test vpliva okoljskih spremenljivk (letni čas, temperatura zraka, relativna zračna vlaga, zračni tlak, hitrost vetra, temperatura tal, temperatura 5 cm nad tlemi), dela dneva (zjutraj, popoldan, zvečer) in sezone (pomlad, poletje, jesen) na aktivnost mravelj <i>M. structor</i> (število mravelj, ki zapustijo mravljišče v petih minutah). Prikazane so le spremenljivke, ki so ostale v končnem modelu. Uporabljena je negativna binomska razporeditev z vrednostjo 2,256. Število stopinj prostosti je vedno 1. Prikazani so samo modeli z $AICc < 2$	52
Preglednica 9: Primerjave parov v povprečnih vrednostih za neodvisno spremenljivko na osnovi odvisne spremenljivke (število izhodov v petih minutah) pri <i>M. structor</i> . Število stopinj prostosti je vedno 1.	52
Preglednica 10: Test vpliva okoljskih spremenljivk (letni čas, temperatura zraka, relativna zračna vlaga, zračni tlak, hitrost vetra, temperature tal, temperatura 5 cm nad tlemi), dela dneva (zjutraj, popoldan, zvečer) in sezone (pomlad, poletje, jesen) na aktivnost mravelj <i>M. capitatus</i> (število mravelj, ki zapustijo mravljišče v petih minutah). Prikazane so le spremenljivke, ki so ostale v končnem modelu. Uporabljena je negativna binomska	

razporeditev z vrednostjo 1. Število stopinj prostosti je vedno 1. Prikazani so samo modeli z $AICc < 2$	53
Preglednica 11: Primerjave parov v povprečnih vrednostih za neodvisno spremenljivko na osnovi odvisne spremenljivke (število izhodov v petih minutah) pri <i>M. capitatus</i> . Število stopinj prostosti je vedno 1.....	53
Preglednica 12: Seznam vrst mravelj, ki so bile zabeležene (+ - mravljišče, * - posamično) v neposredni bližini mravljišč na 11 lokalitetah, kjer smo zabeležili mravlje iz rodu <i>Messor</i> . Okrajšave vrst: <i>Ms</i> – <i>Messor structor</i> , <i>Mc</i> – <i>Messor capitatus</i> , <i>Mi</i> – <i>Messor ibericus</i>). Okrajšave geografskih regij: VD – Vipavska dolina, KS – Kras, KR – Kraški rob, OB – Obala. Okrajšave lokalitet: Vipavska dolina: R – Ravne, P – Podnanos; Kras: Š – Štanjel, V – Vilenica; Kraški rob: G – Gabrovica; H – Hrastovlje; Obala: T – Tinjan, SŠ – Spodnje Škofije, B – Belveder, J – Jagodje, D – Dragonja.....	54

Kazalo slik

Slika 1: Prikaz držav v katerih je prisoten rod <i>Messor</i> . Temneje kot je država obarvana več vrst <i>Messor</i> je bilo tam zabeleženih. Vir: antmaps.org	18
Slika 2: Prikaz držav, v katerih je prisotna vrsta <i>M. capitatus</i> . Zelena: vrsta je domorodna, rumena: podatek o prisotnosti vrste ni potrjen, rjava: dvomljivi podatki o prisotnosti vrste. Vir: antmaps.org	22
Slika 3: Prikaz držav, v katerih je prisotna vrsta <i>M. structor</i> . Zelena: vrsta je domorodna, rdeča: vrsta ni domorodna. Vir: antmaps.org	22
Slika 4: Prikaz držav, v katerih je prisotna vrsta <i>M. ibericus</i> . Vir: antmaps.org	23
Slika 5: Glava vrste <i>Messor capitatus</i> . Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).....	24
Slika 6: Vrsta <i>Messor capitatus</i> s profila. Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).	25
Slika 7: Glava vrste <i>Messor structor</i> . Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).....	26
Slika 8: Vrsta <i>Messor structor</i> s profila. Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).	26
Slika 9: Glava vrste <i>Messor ibericus</i> . Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).....	27
Slika 10: Vrsta <i>Messor ibericus</i> s profila. Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).	27
Slika 11: Geografski položaj Slovenije in enajstih lokalitet vzorčenja: Vipavska dolina (zelena), Kras (rjava), Kraški rob (modra), Obala (rumena).	29
Slika 12: Lokaliteta Ravne v Vipavski dolini.....	30
Slika 13: Lokaliteta Podnanos v Vipavski dolini.	31
Slika 14: Lokaliteta Gabrovica na Kraškem robu.	32
Slika 15: Lokaliteta Hrastovlje na Kraškem robu. Fotografija mravljišča <i>M. structor</i> 1.	32
Slika 16: Lokaliteta Hrastovlje na Kraškem robu. Fotografija mravljišča <i>M. capitatus</i> 2. ...	33
Slika 17: Lokaliteta Spodnje Škofije na Obali.	34
Slika 18: Lokaliteta Belveder na Obali.	34
Slika 19: Lokaliteta Dragonja na Obali.	35
Slika 20: Lokaliteta Jagodje na Obali.....	35
Slika 21: Prisotnost vrst (število opazovanih mravljišč) na posameznih območjih vzorčenj.	41
Slika 22: Geografska razporeditev vrst rodu <i>Messor</i> na območju jugozahodne Slovenije. <i>M. structor</i> (zelena), <i>M. capitatus</i> (rdeča), <i>M. ibericus</i> (modra). Velikost simbolov ustreza številu opazovanih mravljišč.	42
Slika 23: Način nabiranja hrane za posamezno vrsto na podlagi števila vzorčenih mravljišč.	45
Slika 24: Mravlja <i>M. structor</i> pred vhodom v mravljišče s tovorom.	46
Slika 25: Mravlja <i>M. structor</i> s tovorom.	46
Slika 26: Odnos med širino glave in maso tovara (semena) pri treh vrstah mravelj iz rodu <i>Messor</i> z ustreznimi linearnimi premicami (rdeči simboli - <i>M. capitatus</i> : $y = 5,8808x$, $R^2 = 0,01345$; modri simboli - <i>M. structor</i> : $y = 5,7346x$; $R^2 = 0,058$; zeleni simboli - <i>M. ibericus</i> : $y = 3,3621x$, $R^2 = 0,1619$).	48

Slika 27: Dnevna aktivnosti obeh vrst mravelj (<i>M. capitatus</i> in <i>M. structor</i>) (število izhodov/5 minut) na lokaciji Hrastovlje v posameznem letnem času (modra – pomlad, rdeča – poletje, zelena – jesen).	49
Slika 28: Dnevna in sezonska aktivnost mravelj <i>M. structor</i> (število izhodov/5 minut) v Hrastovljah (modra – pomlad, rdeča – poletje, zelena – jesen).	49
Slika 29: Dnevna in sezonska aktivnost mravelj <i>M. capitatus</i> (število izhodov/5 minut) v Hrastovljah (modra – pomlad, rdeča – poletje, zelena – jesen).	50
Slika 30: Število rastlinskih vrst po družinah v polmeru dveh metrov okrog mravljišč.....	56

Kazalo prilog

PRILOGA A: Seznam vrst rastlin po družinah popisanih v radiusu dveh metrov okrog mravljišč z okrajšavami lokalitet na katerih so bile vrste najdene (glej Prilogo B).	68
PRILOGA B: Okrajšave lokalitet.....	72
PRILOGA C: Rezultati opazovanja transporta hrane v mravljišče in aktivnosti za posamezno mravljišče v posameznem delu dneva in leta. Prikazani so samo rezultati, kjer je bila aktivnost nabiranja hrane in aktivnost v okolici mravljišča prisotna. % - delež mravelj, ki nosi tovor; N 5 - število mravelj, ki so mravljišče zapustile v 5 minutah opazovanja.	73

1 UVOD

Mravlje so evsocialne žuželke, ki pripadajo družini Formicidae. Skupaj s čebelami (Apoidea) in pravimi osami (Vespoidea) jih uvrščamo v red kožekrilcev – Hymenoptera, ki velja za zelo uspešen red žuželk z okrog 143000 opisanimi vrstami (Mršič 1997). V starejši literaturi so navedeni podatki, da živi na svetu približno 9000 vrst (Hölldobler & Wilson 1990), vendar jih je bilo do danes najdenih že nekaj več kot 12500 (Seifert 2018). V Sloveniji je bilo do danes zabeleženih 140 vrst mravelj (Bračko 2007, 2016), jugozahodni del Slovenije pa velja za najbogatejšega po številu najdenih vrst.

Po mnenju številnih avtorjev veljajo mravlje za eno najuspešnejših skupin živali, saj so naselile skoraj vse kopenske ekosisteme na svetu. Poleg tega imajo eno najkompleksnejših oblik kemijske komunikacije (Hölldobler & Wilson 1990). Razlog za njihovo uspešnost se skriva v evsocialnosti, torej družbenem življenju z delitvijo dela. Ta se je pri njih pojavila že čisto na začetku evolucijskega razvoja skupine, kar je razvidno tudi iz fosilnih ostankov, v katerih so našli samo delavke. So izvorno tropska skupina živali, zato je tam tudi največje število vrst in največja biomasa. Bolj kot se pomikamo proti poloma in vrhovom gora pa se število vrst zmanjšuje (Sket 2003).

Njihova vloga v ekosistemu je precejšnja. Veljajo za edafske (talne) živali in četudi ne živijo vse vrste neposredno v tleh, jih najdemo v okoljih, ki zelo spominjajo na tla: npr. pod drevesnim lubjem, listnem opadu in pod kamni. Imajo posredno vlogo v pedogenetskih procesih, predvsem pri razkrojevanju lesne mase. Mravlje ob gradnji gnezd in kamric za odlaganje jajčec tudi prezračujejo in rahljajo tla, uravnavajo populacije edafskih živali ter vnašajo v tla organske ostanke, na površino pa odnašajo mineralne delce (Mršič 1997).

Eden izmed razlogov, zakaj so mravlje tako uspešne, se skriva tudi v njihovi dolgoživosti. Matice lahko živijo do dvajset let, delavke pa tam do treh let. Mlajše delavke ter matice zelo redko zapustijo mravljišče, iz njega v največ primerih odhajajo samo starejše in izkušene delavke. Samo pri najizvirnejših vrstah mravelj iz poddružine Ponerinae matice odhajajo iz mravljišča po plen, dokler se ne razvijejo prve delavke. Pri veliki večini vrst mravelj se osebki v koloniji delijo na kaste, ki so zadolžene za določena opravila. Tako ločimo matico (zadolžena predvsem za reprodukcijo) in delavke (ostala opravila), pri nekaterih vrstah se delavke ločijo po velikosti in velike delavke so po navadi zadolžene za obrambo kolonij, pri vrstah, ki se hranijo s semeni, pa za trenje semen (Sket 2003).

Poznamo več načinov tvorbe novih kolonij pri mravljah. Začne se s svatbenim letom, ki se zgodi enkrat na leto, ko se v mravljiščih razvijejo spolno dozoreli osebki – krilate matice in samci. Med svatbenim letom samci oplodijo samice in takoj poginejo, samice pa si odlomijo krila in poiščejo primerno mesto kjer izležejo prva jajčeca. Drugi način osnovanja nove kolonije poznamo pri mnogostarševski gozdni mravlji (*Formica polyctena* (Forster,

1850)). Pri tej vrsti se oplojene matice vrnejo v izvorno mravljišče, nato pa matica z nekaj delavkami zapusti mravljišče in si osnujejo novo. Poznamo tudi zajedavske matice, ki vdrejo v tuje mravljišče, tam ubijejo ali pa si podredijo dotedanjo matico in tako osnujejo svojo kolonijo z delavkami gostiteljske vrste. Obstajajo tudi vrste mravelj, ki nimajo delavk ampak, samo spolne osebkke, ki si podjarmijo gostiteljsko vrsto, ki dela za njih. Nekatere vrste mravelj uporabljajo strategijo zaslužnjevanja, tako da odidejo v drugo mravljišče, iz katerega ukradejo bube drugih mravelj in jih imajo v svojem mravljišču za delavke (Sket 2003).

1.1 Prehranjevanje mravelj

Mravlje so skozi evolucijo razvile različne načine prehranjevanja in nabiranja hrane. Različni načini prehranjevanja pogojujejo tudi način nabiranja in shranjevanja hrane. Velika večina vrst se hrani z živalskim plenom. Zanimiv je podatek za gozdne mravlje iz rodu *Formica*, ki lahko na dan prinesejo v mravljišče tudi do 100000 žuželk (Mršič 1997). Mravlje privabljajo tudi sladke snovi, nektarji in medicine, ki jih rastline izločajo v medovnikih namenjenih posebej mravljam. S tem obstoji simbioza med rastlino in mravljo, saj mravlja rastlino s svojo prisotnostjo zaščiti pred škodljivci. Prav tako mravlje živijo v simbiozi z listnimi ušmi (Aphidoidea), kaparji (Coccoidea) in škržatki (Cicadellidae). Ti pijejo drevesni sok in sladko tekočino, s katero se hranijo mravlje, izločajo iz zadka. Tudi v tem primeru mravlje žuželkam nudijo zaščito in obrambo pred plenilci. Celo več, nekatere listne uši prenašajo po drevesu in jih v času zime skrijejo v svoja mravljišča in tako zaščitijo pred mrazom. S sokom uši se hrani tudi travniška mravlja (*Lasius flavus* (Fabricius, 1781)), le da gre v tem primeru za koreninske uši, ki se hranijo na koreninah rastlin, zato to vrsto mravlje le redko vidimo na površini tal. Obstaja tudi simbioza med ličinkami nekaterih vrst metuljev modrinov (*Lycaenidae: Phengaris*) in mravljami. Modrini ravno tako kot listne uši izločajo sladke izločke. Nekatere vrste se prehranjujejo z delom semena, ki se imenuje elajosom in je namenjen izključno mravljam. Elajosomi so posebni priveski na semenih, ki so polni maščob in beljakovin, s katerimi se mravlje hranijo, samo seme pa pustijo nedotaknjeno. Tako pomagajo rastlinam razširjati semena, govorimo o mirmekohoriji (Sket 2003, Plowes 2013). Žetvene mravlje iz rodu *Messor* pa se hranijo s celotnimi semeni, govorimo o prehranjevanju s semeni oz. plenjenju semen (granivornija). Ta vrsta uporablja kasto velikih delavk za tretje semen. Baroni – Urbani (1992) je v svoji raziskavi dokazal, da prisotnost oziroma odsotnost elajosomov na semenih pri rodu *Messor* ne vpliva na povečano ali zmanjšano plenjenje semen, saj gre za granivorne mravlje, ki semena v celoti strejo in porabijo za prehranjevanje. Granivorne mravlje se namreč ne prehranjujejo le z delom semen, ampak s celotnimi semeni, ne glede na to ali ima seme prisoten ali odsoten elajosom.

Med najbolj znanimi mravljami, ki se hranijo s semeni, sta rod *Messor* (Stari svet) in *Pogonomyrmex* (Novi svet). Med rodovi, ki so razširjeni v Evropi, se v manjši meri

prehranjevanje s semeni pojavlja še pri *Carebara* (ni razširjena v Sloveniji), *Pheidole*, *Tetramorium*, *Aphaenogaster* in *Solenopsis* (Bračko 2007, Plowes 2013, Seifert 2018). Mravlje, ki se hranijo s semeni, so ekološko zelo pomembne, saj vplivajo na sestavo rastlin v okolici svojega mravljišča, na razporejenost semen, kroženje hranil in mikroklimatske spremembe. Za nekatere vrste je znano, da s svojim prehranjevanjem znižujejo diverzitetno enoletnih rastlin v okolici svojih mravljišč (Plowes 2013). Raznolikost rastlin se lahko zmanjša posredno zaradi sprememb v sestavi tal, saj vrste s svojo prisotnostjo lahko tla obogatijo ali pa osiromašijo z nutrienti. Lahko pa je učinek tudi neposreden s tem, ko mravlje nabirajo semena in jih shranjujejo v svojih mravljiščih. Mravlje, ki se hranijo s semeni, nimajo na razpolago vedno enakih količin hrane oziroma so pri njih prisotna obdobja, ko je hrane preveč, in obdobja, ko hrane primanjkuje. Granivorne mravlje so razvile strategijo, da semena shranjujejo v svojih mravljiščih, tam pa jih pred razpadom in vzklitjem zaščitijo z bakterijami in glivami, ki jih na semena nanašajo s svojimi metaplevralnimi žlezami na zadku. V tem primeru je vpliv na biodiverzitetno rastlin v okolici mravljišča neposreden, saj tako preprečijo kalitev semen (Hensen 2002). Na splošno je med raziskovalci razširjeno mnenje, da mravlje z nabiranjem semen močno spreminjajo in vplivajo na lokalno razporejenost in gostoto rastlin. V največ primerih gre za zmanjšanje gostote semen in posledično tudi zmanjšanje gostote rastlin. Vpliv mravelj je najbolj viden v puščavah, travnatih pokrajinah in kserofilnih habitatih, kjer je gostota rastlin manjša. To so dokazali tudi s poskusom v Arizoni, kjer so iz širših območij odstranili mravlje. Po dveh sezonah so poskusna območja primerjali z vzorčnimi območji, s katerih mravelj niso odstranili. Prišli so do ugotovitev, da je bila na poskusnih območjih za 50 % večja gostota enoletnih rastlin kot na vzorčnih območjih (Hensen 2002). O velikem vplivu granivornih mravelj na rastline se strinja tudi Inouye s sodelavci (1980), ki je v raziskavi dokazal, da je na območjih, kjer mravelj ni, povečana diverzitetna rastlin. Mravlje so zvišale diverzitetno enoletnih rastlin s selektivno izbiro samo najštevilčnejših semen ene rastlinske vrste. Po drugi strani pa mravlje z nabiranjem semen pomagajo rastlinam, da se razširjajo na večje razdalje. Nekatere rastline imajo odpornejša semena in tako v mravljiščih vzkljujejo. Tla so v mravljiščih bogatejša z nutrienti kot okoliška tla, obenem imajo nad mravljiščem tudi manjšo kompeticijo z drugimi rastlinami. Za take vrste rastlin bi lahko rekli, da so v nekakšnem mutualističnem odnosu z mravljami. Rastline mravljam zagotavljajo hrano, mravlje pa pomagajo rastlinam širiti semena (Hölldobler & Wilson 1990). Azcarate (2007) je dokazal, da so tla ob izhodih iz mravljišč pri vrsti *Messor barbarus* (Linnaeus, 1767) rahlo bolj slana kot okoliška tla, imajo večjo vsebnost kalija ter organskih snovi in imajo višji pH. Prav tako sta na teh območjih večji gostota ter diverzitetna semen, medtem ko je diverzitetna rastlin manjša v primerjavi z območji, ki so dlje stran od vhoda v mravljišče. Blizu vhoda v mravljišče so našli številčnejša tista semena, ki so težja. Tudi vegetacija na tem območju se je razvila ravno iz večjih semen. S tem so prišli do zaključka, da tvorbe odlagališč semen, ki jih imajo mravlje ob vhodih v svoja mravljišča

favorizirajo vrste rastlin, ki tvorijo težja semena. Tudi v tem primeru bi lahko zaključili, da mravlje pozitivno vplivajo na mikroklimo tal ter spodbujajo rast določenih vrst rastlin.

1.2 Nabiranje hrane

Nabiranje hrane ima pri mravljah dve komponenti - iskanje (vira) hrane in transport hrane v mravljišče, po navadi pa zraven srečamo še rekrutacijo drugih članov kolonije k viru hrane in obramba vira hrane pred vsiljivci (Hölldobler & Wilson 1990). V koloniji hrano iščejo praviloma starejše in izkušene delavke. Število mravelj, ki se nahaja izven mravljišča, je odvisno od količine hrane, ki se v danem trenutku nahaja v okolici. Pri nabiranju hrane poskuša vsaka vrsta pridobiti čim več energije s čim manjšim vložkom energije (neto energetski donos). Energetski donos lahko razložimo na primeru nabiranja hrane. Granivorne mravlje, ki v okolici svojega mravljišča nabirajo semena, imajo na voljo večja ter manjša semena. Glede energetskega vnosa bi vsi smatrali, da bodo mravlje nabirale vedno večja semena, saj imajo večja semena več energije, vendar temu ni tako. Mravlje nabirajo tista semena, ki so jim bližje in jih lažje ter hitreje nesejo, ne glede na to, koliko je seme veliko. Z izbiranjem semen in nošenjem večjih semen bi porabile precej več časa in v mravljišče prinesle manj semen. Prav tako je večja semena težje streti kot manjša. Mravlje poskušajo neto energetski donos povečati pri: (1) izbiri hrane, (2) izbiri poti, po kateri iščejo hrano, (3) času, ki ga preživijo na določeni poti in (4) hitrosti iskanja hrane. Optimalen energetski donos omejujeta dva dejavnika – zunanji in notranji. Kot zunanji dejavnik se smatra izguba delavk zaradi izgube orientacije, smrtnosti, predacije in napadov delavk iz drugih kolonij. Kot notranji dejavnik se smatrajo fiziološki dejavniki organizma (Hölldobler & Wilson 1990).

Mravlje so razvile več načinov (strategij) nabiranja hrane, ki se lahko spreminjajo tudi pri posameznih kolonijah iste vrste (npr. vpliv razporejenosti hrane, prisotnost drugih kolonij). Pomemben dejavnik, ki vpliva na nabiranje hrane, je prav gotovo tudi prisotnost drugih kolonij in drugih vrst mravelj na njihovem območju. Pri mravljah ločimo več načinov nabiranja hrane: individualno, v paru, skupinsko, masovno ter po stalnih drevesastih poteh (angl. trunk-trails). Pri individualnem nabiranju mravlje hrano nabirajo posamično in drugih mravelj iz mravljišča ne usmerjajo na mesto, kjer so hrano našle. Tak način nabiranja hrane se pojavi, ko je hrana razporejena naključno. V ostalih primerih gre za rekrutacijo drugih članov kolonije do ciljnega mesta (koordinirano nabiranje). Pri nabiranju v paru (tandemu) je vodilna mravlja v stalnem kontaktu z drugo mravljo, ki ji sledi do vira hrane. Pri skupinskem oziroma masovnem nabiranju hrane, mravlje v manjšem ali večjem številu sledijo feromonski sledi, ki jo je pustila izvidniška mravlja do vira hrane, število rekrutiranih mravelj pa je odvisno od količine feromonov na sledi in je pogojeno s količino hrane, ki jo je našla. Pri nabiranju hrane po stalni drevesasti poti gre za izkoriščanje nekega bogatega, stalno prisotnega vira hrane, do katerega imajo speljane dalj časa trajajoče poti,

ki lahko trajajo od nekaj mesecev do nekaj let, pot pa se smatra kot teritorij kolonije, zato se poti dveh različnih kolonij med sabo nikoli ne križajo. Pot, po kateri hodijo, je dobro opazna, saj iz nje počistijo ves organski material. Ena kolonija ima lahko tudi več poti, ki pa jih ne uporablja enako pogosto (Hölldobler & Wilson 1990, Plowes 2013).

1.2.1 Vpliv temperature in vlage na nabiranje hrane

Večina vremenskih dejavnikov ima na mravlje posreden vpliv, v največjih primerih v povezavi s količino padavin in rastjo vegetacije. Temperatura pa ima na mravlje direkten vpliv na porabo kisika, izgubo vode in zmanjšan transport hrane (Lopez 1992). Vsaka vrsta mravelj ima svoj temperaturni in vlažnostni razpon, znotraj katerega uspešno deluje. Posamezna mravlja je izpostavljena večjim temperaturnim in vlažnostnim razlikam kot celotna kolonija in jih tudi težje nadzoruje, medtem ko se celotna kolonija temperaturnim razmeram lažje prilagaja s tem, da se pomika nižje ali pa višje proti površju znotraj mravljišča ali pa se združuje v skupine. Temperatura tako določa prostorsko razširjenost vrst, saj ima vsaka vrsta svoje temperaturne omejitve. Obstajajo minimalne in maksimalne omejitve. Izven teh mravlje običajno ne zapuščajo mravljišč. Čeprav imajo mravlje temperaturno omejitev, pa njihovo iskanje hrane ni pogojeno samo z zunanjo temperaturo, ampak tudi z aktivnostjo drugih vrst mravelj, ki so njihovi kompetitorji. Prav tako je pri nekaterih vrstah mravelj znan fenomen, da so izven mravljišča tudi pri višjih temperaturah, kadar je pri višjih temperaturah tudi vlaga višja (Hölldobler & Wilson 1990). Višje temperature vplivajo tudi na hitrejšo degradacijo kemičnih signalov pri rekrutaciji mravelj (Ruano 2000).

1.2.2 Strategije iskanja hrane

Vsaka vrsta mravelj ima svoj dnevni cikel iskanja hrane ter vrstno specifične tehnike iskanja. Te so odvisne od temperaturnih in vlažnostnih toleranc, ki jih ima vsaka vrsta, od medvrstne kompeticije ter količine hrane. Vrste, ki se hranijo z isto ali podobno hrano, se zaradi medvrstne kompeticije hranijo ob različnih delih dneva. Tako se na primer vrsti *Camponotus pennsylvanicus* (De Geer, 1773) in *Formica subsericea* (Say, 1836), ki se hranita z isto hrano, izogibata ena drugi tako, da se hranita ob različnih delih dneva. *C. pennsylvanicus* je bolj aktivna ob hladnejših temperaturah in v nočnih urah, medtem ko je vrsta *F. subsericea* aktivnejša ob višjih temperaturah in velja za dnevno vrsto. Iskanje hrane je kot omenjeno odvisno tudi od količin hrane, ki se nahajajo v okolici mravljišča.

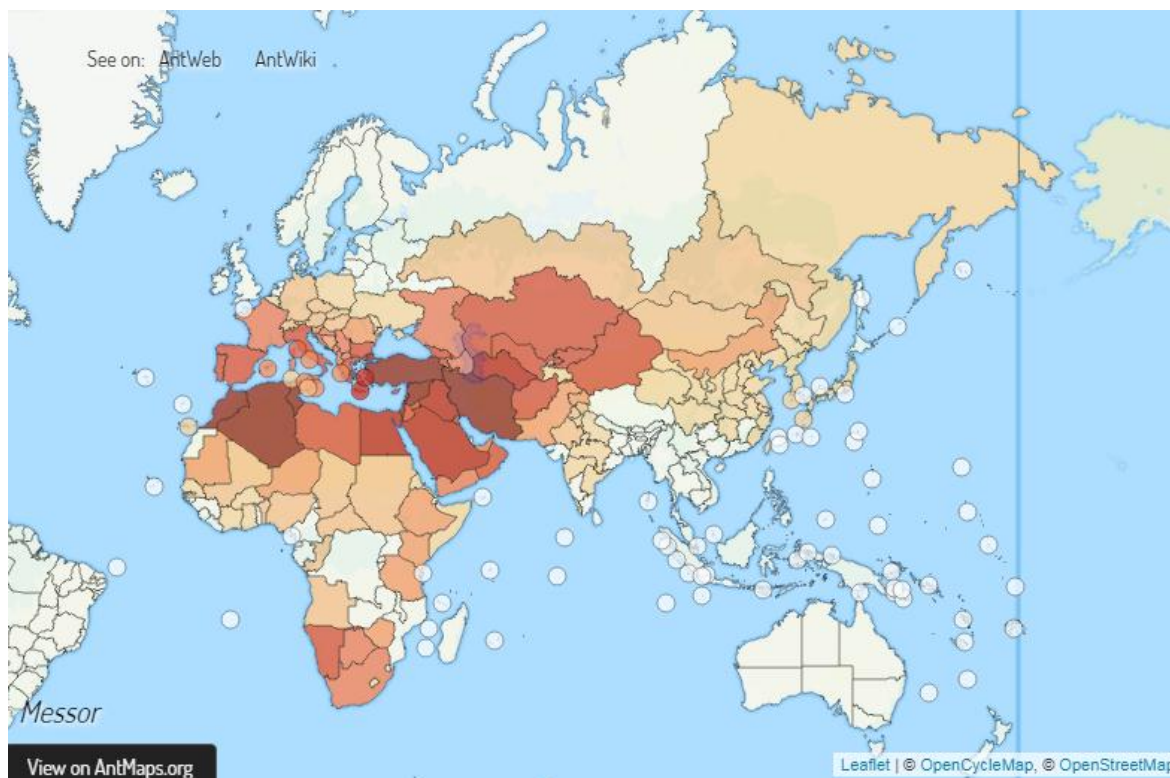
Pri mravljah so odkrili pojav, imenovan *Ortstreue*. Gre za pojav, kjer se osebek večkrat vrne na isto mesto, kjer je našel hrano. Ta fenomen je zelo izrazit pri mravljah, ki hrano iščejo posamič, med katere spadajo tudi mravlje iz rodu *Messor*. V raziskavi so te nabirale manjša semena trave, čeprav so imele na razpolago večja semena drugih rastlin. Na izbiro semen ni vplivala velikost delavk, večje delavke so izbrale večja semena samo v 4%. Prav tako mravlje ne vzamejo prvega semena, do katerega pridejo, ampak jih najprej okrog 60 pregledajo (Hölldobler & Wilson 1990).

1.2.3 Vpliv teritorialnosti

Teritorij je območje, ki ga organizem ali skupina organizmov zaseda in ga izkorišča v svojo korist za bivanje, prehranjevanje in razmnoževanje ter ga pred osebkami iste vrste oz. drugimi takimi skupinami tudi branijo. Svoje teritorije imajo tudi kolonije mravelj, njihov obseg pa je odvisen od velikosti kolonije. Tako kot pri drugih vrstah prihajajo mravlje v konflikte z drugimi vrstami mravelj, le da je v primeru mravelj škoda za kolonijo veliko manjša. V primeru, ko mravlja delavka v boju za ozemlje svoje kolonije pogine, to pomeni za kolonijo le izgubo energije ter posledično večje delovne obremenitve, medtem pa ko reproduktivni del kolonije ostane nedotaknjen. Kljub temu, da konflikti le posredno vplivajo na reproduktivni del kolonij, se jim mravlje vseeno poskušajo izogniti tako, da med iskanjem hrane prihajajo čim manj v stik z drugimi vrstami. To dosežejo tako, da se njihove poti, po katerih nosijo hrano, medsebojno ne križajo. V primerih, ko so rastline v okolici mravljišč nižje rasti, pa se pri določenih vrstah, za katere so poti sicer značilne, te sploh ne izoblikujejo in mravlje iščejo hrano posamično. Pri rodu *Messor* so prišli do ugotovitev, da hrano išče v kolonah, ki pa ne potekajo vedno v isto smer. Smer kolone se lahko spreminja tekom dneva glede na to katere mravlje se nahajajo v okolici mravljišča ter glede na količino hrane (Hölldobler & Wilson 1990, Plowes 2013).

1.3 Mravlje iz rodu *Messor*

V rod *Messor* (žetvene mravlje ali žanjice, angl. harvester ants) sodi nekaj več kot 100 vrst granivornih mravelj, ki naseljujejo v glavnem sušna in polsušna območja v Evraziji in Afriki (Slika 1). Največ vrst tega rodu tako najdemo v Palearktični regiji. Od tega jih je 35 vrst prisotnih na območju Evrope (vključena tudi Turčija), v glavnem v mediteranskem delu (Borowiec 2014, Schlick – Steiner 2006).



Slika 1: Prikaz držav v katerih je prisoten rod *Messor*. Temnjeje kot je država obarvana več vrst *Messor* je bilo tam zabeleženih. Vir: antmaps.org

Mravlje iz rodu *Messor* so ekosistemski inženirji, ki oblikujejo ekosistem z raznašanjem semen, vplivajo na količino semen v naravi, na kroženje nutrientov in oblikujejo mikroklimo. Njihova mravljišča se najpogosteje nahajajo v (pol)puščavah, savanah in na suhih travnikih. Vhod v mravljišče se odpira neposredno na površino tal, okrog vhoda pa lahko velikokrat opazimo delce prsti in ostanke semen, ki jih mravlje zložijo v obliki kraterja. Pri skoraj vseh vrstah je prisoten polimorfizem, kar pomeni, da se delavke iste kolonije med sabo ločijo po velikosti (fizične kaste delavk) in prihaja do delitve dela. Velikost delavk v povprečju znaša med 3,5 – 12 mm, razmerje velikosti pa je zelo odvisno od vrste mravelj. Velike delavke prepoznamo tudi po široki glavi s širokimi in močnimi mandibulami. Take mandibule rodu *Messor* služijo za drobljenje semen. Manjše delavke imajo na mandibulah večje število zobcev – do 15, njihovo število pa pada sorazmerno z velikostjo delavk. Značilna je tudi prisotnosti dlačic na spodnji strani glave. (Forel 1890, Plowes 2013, Bernard 1967).

Število vrst rodu *Messor*, ki jih najdemo na območju Evrope, je bilo do pred kratkim še pod vprašajem predvsem zaradi vrste *Messor structor*. V prejšnjem stoletju je bilo opravljenih veliko taksonomskih revizij, ki pa so bile osnovane na podlagi geografske regije ali pa na podlagi kriterijev podobne skupine vrst. Že leta 2006 je Schlick – Steiner s sodelavci dokazala, da se vrsta deli na vsaj dve vrsti in uveljavila zapis *Messor cf. structor*,

kar pomeni, da se molekularno prekrivata dve ali več vrst in vrsto smatramo kot kriptično. V letu 2018 pa so Steiner in sodelavci s pomočjo petih tehnik (TM – morfometrije, mitohondrijske DNK, AFLP – polimorfizma dolžin restrikcijskih fragmentov, ENM – modeliranja ekoloških niš ter *Wolbachia* simbiotov) dokazali, da *Messor* cf. *structor* v resnici predstavlja pet sorodnih vrst mravelj. V kompleksu vrst *M. structor* so tako: *Messor structor*, *M. ibericus*, *M. muticus* (Nylander, 1849), *M. ponticus* (Schlick – Steiner, 2018) in *M. mcarthuri* (Schlick – Steiner, 2018) (Steiner 2018).

1.3.1 Raziskave nabiranja hrane pri rodu *Messor*

Do danes je bilo opravljenih veliko raziskav na granivornih mravljah. Te so ekološko zelo pomemben člen in imajo veliko vpliva na rastlinske združbe, saj rastlinam pomagajo razširjati semena, se s semeni rastlin hranijo, imajo vpliv tudi na kroženje hranil ter spreminjajo mikroklimo. Rod *Messor* je zanimiv predvsem zato, ker pri njih najdemo cel spekter različnih načinov iskanja hrane, kar sicer za ostale rodove mravelj ni značilno (Plowes 2013). Veljajo pa za enega najpomembnejših členov v prehranjevalni verigi, ki vključuje semena v celotnem Mediteranu (Azcarate 2005).

Dosedanje raziskave na tem rodu so se osredotočale predvsem na njihove strategije pri iskanju hrane, pri selekciji semen, medsebojni kompeticiji, kako okoljski parametri vplivajo na njihovo vedenje pri iskanju hrane ter na povezave med velikostjo delavk in velikostjo semen.

Eden glavnih okoljskih parametrov, ki vpliva na njihovo vedenje, je temperatura. Obstajajo minimalne in maksimalne omejitve. Izven teh mravlje običajno ne zapuščajo mravljišč. Znani sta dve omejitvi za vrsti iz rodu *Messor* in sicer za vrsto *M. perangdei* (Mayr, 1886), ki gre iz mravljišča, ko je zunanja temperatura vsaj 17°C, vrsta *M. aegyptiacus* (Emery, 1878) pa mravljišče zapusti pri zunanji temperaturi 24°C, obe pa se v mravljišče vračata pri zunanji temperaturi 39°C (Hölldobler & Wilson 1990). Za vrste *M. barbarus*, *M. bouvieri* (Bondroit, 1918) in *M. capitatus* (Latreille, 1798) je zunanja maksimalna temperatura, pri kateri še iščejo hrano, 46°C (Ruano 2000). Ker so temperature v kserofilnih območjih, kjer živijo vrste *Messor*, čez dan lahko precej višje kot njihov temperaturni maksimum, je zato za te vrste značilno, da imajo dva dnevna vrha iskanja hrane, običajno dopoldne in popoldne, kar imenujemo bimodalna razdelitev iskanja hrane.

Strategije nabiranja hrane pri vrstah *Messor* se deli na individualno in skupinsko (ang. group foraging), slednje pa delimo na nabiralne kolone (ang. foraging columns) in stalne drevesaste poti (ang. trunk trails). Pri individualnem nabiranju delavke same zapustijo mravljišče in ko se vrnejo s hrano, ne rekrutirajo drugih delavk in jih ne vodijo do najdišča hrane. Ta način iskanja mravlje uporabljajo, ko je hrane v okolici mravljišča malo in je naključno razporejena. Za tvorbo nabiralnih kolon so potrebne vodilne mravlje, ki s svojimi feromoni vzpodbudijo več delavk, da jim sledijo do večjega najdišča hrane. Mravlje po

navadi nabiralnim kolonam nekaj časa sledijo, nato jih zapustijo in iščejo hrano posamič. Ko hrano najdejo se zopet vrnejo v nabiralno kolono in v mravljišče. Nabiralne kolone imajo krajše obdobje trajanja od nekaj ur do nekaj dni, medtem ko stalne drevesaste poti obstanejo od nekaj mesecev pa vse do več let. Preko njih imajo mravlje stalen dostop do virov hrane. (Plowes 2013).

Ekološke značilnosti, ki najbolj vplivajo na to, kakšno strategijo iskanja hrane bodo imele mravlje, so: količina hrane (na določeni površini in v določenem času), kompeticija s simpatričnimi vrstami in predacija (Traniello 1989). Brown (2000) je v svoji raziskavi ugotovil, da mravlje raje nabirajo hrano na območjih, ki so bližje mravljišču, saj tako zmanjšajo čas hoje med mravljiščem in hrano in na ta način lahko naberejo večje količine hrane. Poleg univerzalnih načinov nabiranja hrane, ki v splošnem velja za večino granivornih mravelj, so vrste razvile tudi svoje vrstno specifične načine iskanja hrane. Cerda (1994) in Arnan (2010) sta v svojih raziskavah ugotovila, da je vrsta *M. capitatus* specializirana za posamično iskanje hrane, vrsta *M. bouvieri* tvori začasne kolone, ki se nato po določeni oddaljenosti razpustijo in od te točke naprej mravlje iščejo posamič, vrsta *M. barbarus* pa hrano išče s pomočjo dolgo obstojnih kolon. Vrsta *M. rufitarsis* (Foerster, 1850) je zelo fleksibilna glede strategij iskanja hrane. Za odkrivanje novih virov hrane in za pobiranje hrane na razpršenem območju se vrsta poslužuje posamičnega načina iskanja, medtem ko se pri nahajališčih z veliko gostoto hrane poslužuje učinkovitega skupinskega nabiranja v koloni, kolono pa si mravlje označujejo s pomočjo izločkov iz Dofourjeve žleze (Hahn 1985). Pri vrsti *Messor barbarus* je Heredia (2005) ugotovil, da ima vrsta delitev dela med kastami. Srednje delavke so najpogosteje našli na območju iskanja hrane, zadolžene pa so bile tudi za označevanje poti. Manjše delavke so predvsem označevale poti, saj so bile premajhne za nošenje večjih semen, ki so jih uporabili pri poskusu. Največje delavke so bile zadolžene za nošenje in iskanje večjih semen. Dela glede na kaste se torej delijo na prenos informacij med delavkami ter na nabiranje hrane, katere delavke bodo opravile določeno delo, pa je odvisno od značilnosti najdenih semen.

Pri vrstah *Messor galla* (Mayr, 1904) in *M. regalis* (Emery, 1892) so ugotovili, da v sušnih obdobjih in ko je hrane veliko, hrano iščejo predvsem ponoči in v strnjenih kolonah, v deževnih obdobjih in ko hrane ni v izobilju, mravljišče zapustijo dvakrat dnevno in hrane ne iščejo v tako organiziranih kolonah, ampak jo povečini iščejo posamično. Tehnike iskanja in nabiranja hrane so odvisne od količine in kvalitete hrane, ki se v danem trenutku nahaja v okolici mravljišča. Če recimo mravlja najde dovolj majhno količino hrane, jo v mravljišče odnese sama, če pa najde velike količine hrane, bo začela za seboj puščati izločke iz Dofourjeve žleze, ki bodo vodili druge mravlje do hrane. Prav tako mravlje puščajo izločke in izoblikujejo kolono do nekega stalnega vira hrane (Hölldobler & Wilson 1990).

Znanstveniki so ugotavljali tudi, ali pri rodu *Messor* prihaja do kakršnih koli preferenc pri izbiri semen. Baroni – Urbani (1990) je ugotavljal, ali obstaja preferenca mravelj za semena glede na različne značilnosti semen (sveža masa, suha masa, vsebnost vode, energijska vrednost ter vsebnost dušika), vendar rezultati niso pokazali nobenih značilnih korelacij. Pomembna ugotovitev iz raziskave pa je bila, da prihaja do preferenc med semeni različnih rastlinskih vrst. Do podobne ugotovitve so prišli tudi Azcarate in sod. (2005) v njihovi raziskavi, kjer so ugotovili, da mravlje preferirajo semena s priveski, saj jim to omogoča lažji transport semen. Raziskovalci so ugotovili tudi, da se mravlje ne poslužujejo optimizacije porabe energije pri iskanju hrane, kar pomeni, da dlje kot grejo stran od vhoda v mravljišče, več energije porabijo, za kar bi morale v tem primeru v mravljišče prinesiti večja semena (Baroni – Urbani 1990, Willot 2000). Ugotovili pa so, da prihaja do selekcije v velikosti semen med vrstami mravelj. *M. barbarus* in *M. capitatus* nabirata obe približno isto količino večjih in majhnih semen, medtem ko vrsta *M. bouvieri* količinsko nabira več majhnih semen kot večjih, kar je posledica manjših delavk pri vrsti *M. bouvieri* (Arnan 2010, Cerda 1994).

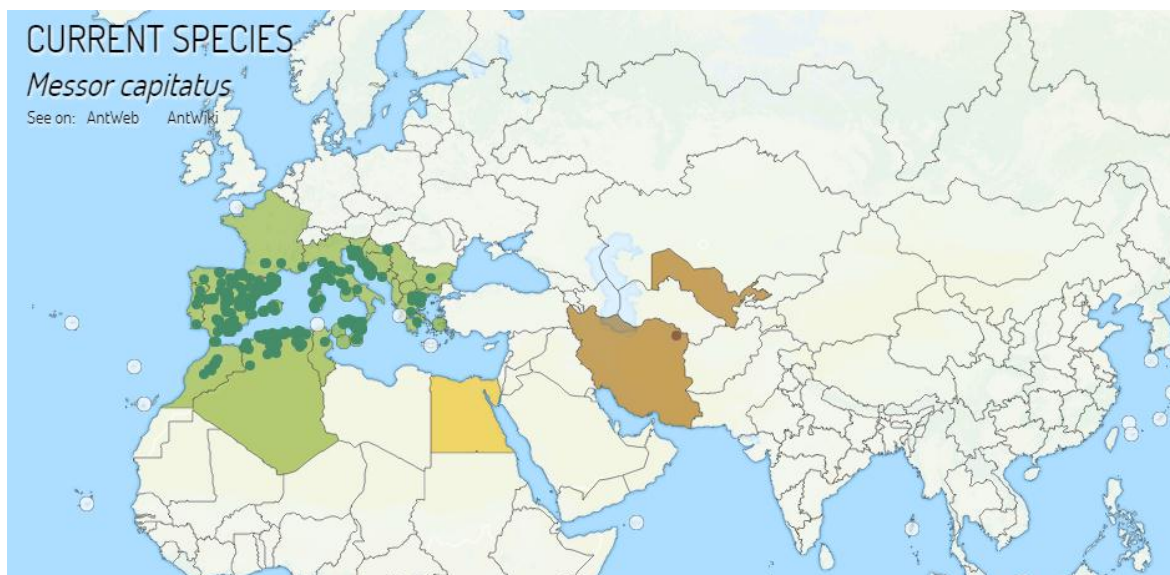
To dobro razloži tudi interspecifično ter intraspecifično kompeticijo med kolonijami *Messor* mravelj. Interspecifična kompeticija je neizrazita, saj se različne vrste žetvenih mravelj prehranjujejo s semeni različnih vrst rastlin, različne velikosti, imajo drugačne načine iskanja hrane ter drugačne okoljske zahteve (Arnan 2010). Tudi intraspecifična kompeticija ni pogosto prisotna med kolonijami mravelj. Solida in sod. (2011) predvidevajo, da imajo mravlje razvit poseben mehanizem, s katerim zmanjšajo medsebojno kompeticijo. V poletnem času, ko je hrane v izobilju, iščejo hrano na skupnih zbirališčih, v jesenskem času pa na različnih rastlinah in tako prihaja do manjše kompeticije.

Če letni časi ne vplivajo na kompeticijo med mravljami, pa ti vplivajo na dnevno aktivnost iskanja hrane. Ta je unimodalna spomladi in v jeseni ter bimodalna v poletnem času. Maksimum v aktivnosti se pojavi ob koncu poletja ter v začetku jeseni (Cerda 1994).

1.3.2 Mravlje iz rodu *Messor* v Sloveniji

Iz rodu *Messor* so bile do sedaj v Sloveniji zabeležene štiri vrste: *M. capitatus*, *M. structor* (Latreille, 1798), *M. ibericus* (Santschi, 1931) in *M. wasmanni* (Krausse, 1910) (Bračko 2007), a za slednjo so na voljo le starejši podatki iz literature, ki so vprašljivi (Bračko ustno).

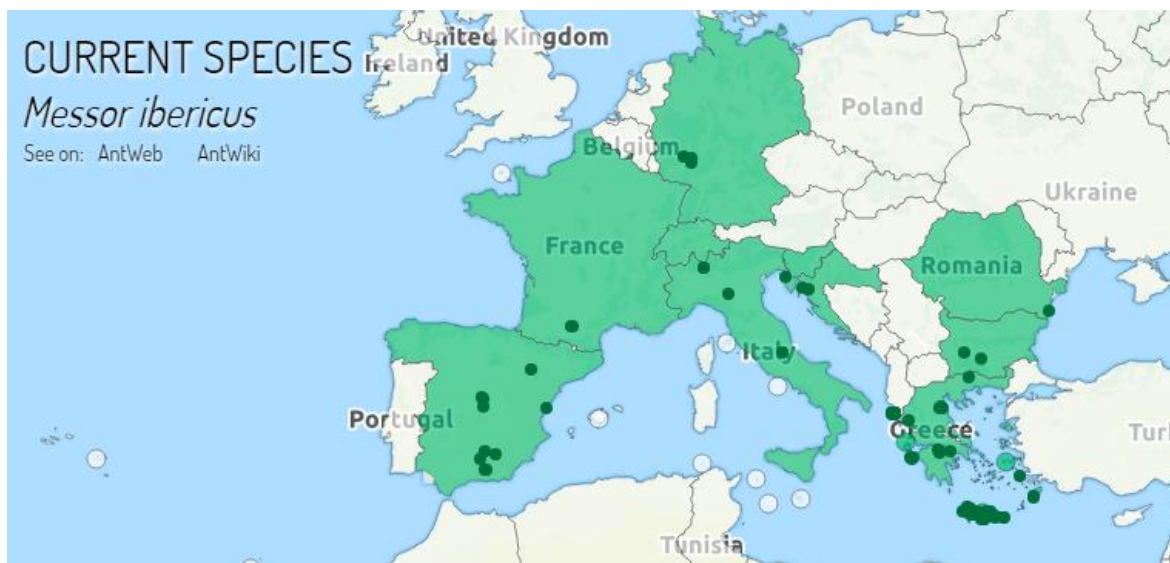
Na spodnjih slikah so prikazana območja splošne razširjenosti vrst *Messor capitatus*, *M. structor* in *M. ibericus*. Slika 2 prikazuje razširjenost vrste *Messor capitatus*. Na Sliki 3 so prikazane države, v katerih je prisotna vrsta *Messor structor*, na Sliki 4 pa države v katerih je prisotna vrsta *Messor ibericus*.



Slika 2: Prikaz držav, v katerih je prisotna vrsta *M. capitatus*. Zelena: vrsta je domorodna, rumena: podatek o prisotnosti vrste ni potrjen, rjava: dvomljivi podatki o prisotnosti vrste. Vir: antmaps.org



Slika 3: Prikaz držav, v katerih je prisotna vrsta *M. structor*. Zelena: vrsta je domorodna, rdeča: vrsta ni domorodna. Vir: antmaps.org



Slika 4: Prikaz držav, v katerih je prisotna vrsta *M. ibericus*. Vir: antmaps.org

Vse tri vrste so kserofilne in jih v Sloveniji najdemo samo v submediteranskem jugozahodnem delu države. *Messor capitatus* je razširjena na območju Kraškega roba in Obale, *M. ibericus* je omejena na območje Obale, medtem ko ima *M. structor* največji areal, poznana je iz Vipavske doline, na širšem območju Krasa in na Kraškem robu, kot kaže pa je odsotna na nižjih predelih Obale (Bračko ustno).

M. capitatus (Sliki 5 in 6) je večja kot *M. structor* (Sliki 7 in 8). Delavke *M. capitatus* so velike nekje med 4 – 13 mm in so sijoče črne barve, kutikula je bolj gladka, po telesu je manj dlak. Delavke pri *M. structor* in *M. ibericus* velike med 3 in 9 milimetrov in so rdečkasto-rjave barve, kutikula je bolj skulpturirana (sploh pri velikih delavkah), telo pa bolj odlačeno, razlike v odlačenosti so najbolj opazne ob straneh glave. Širina glave velikih delavk pri vrsti *M. structor* je vedno manjša od 2,4 mm (Bernard 1967, Agosti in Collingwood 1987).



Slika 5: Glava vrste *Messor capitatus*. Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).



Slika 6: Vrsta *Messor capitatus* s profila. Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).

Messor ibericus (Sliki 9 in 10) in *M. structor* sta si med seboj precej podobni. Steiner in sodelavci (2018) so podali pomembne znake, ki nam pomagajo razločevati med tema dvema vrstama. Eden izmed znakov je nagubanost kutikule, ki je pri *M. ibericus* predvsem na mezopleuronu bolj redna in manj groba kot pri *M. structor*, gube pa so včasih vzporedne. Pomemben znak je tudi dolžina prvega člena funikulusa, ki je pri *M. ibericus* krajši, skapus pa na bazi nima režnja temveč le zobu podoben izrastek. *M. structor* in *M. ibericus* se razlikujeta tudi v tem, da ima *M. ibericus* v celoti drobno mrežasto skulpturirano površino prvega tergita, medtem ko je površina prvega tergita pri *M. structor* jasno skulpturirana samo na bazi (Steiner 2018).



Slika 7: Glava vrste *Messor structor*. Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).



Slika 8: Vrsta *Messor structor* s profila. Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).



Slika 9: Glava vrste *Messor ibericus*. Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).



Slika 10: Vrsta *Messor ibericus* s profila. Merilo: 1 mm. (foto: Gregor Bračko).

1.4 Namen in hipoteze magistrskega dela

Namen magistrskega dela je prispevati k boljšemu poznavanju ekologije vrst *Messor structor*, *M. capitatus* in *M. ibericus* na območju jugozahodne Slovenije, ugotoviti njihove habitatne preference in načine nabiranja hrane.

Hipoteze:

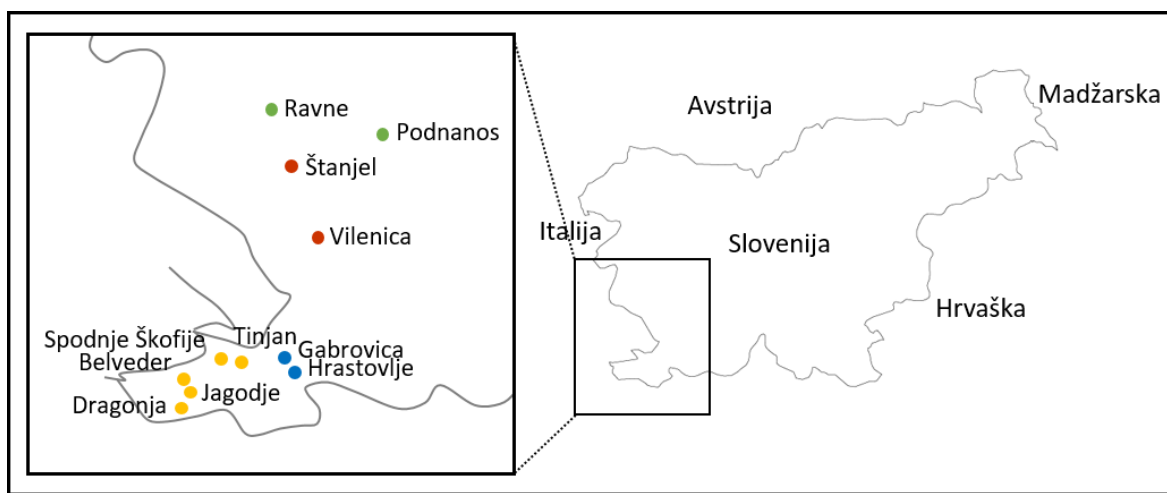
- (1) predvidevamo, da imajo vrste *Messor structor*, *M. capitatus* in *M. ibericus* različne strategije nabiranja hrane,
- (2) predvidevamo, da se aktivnost pri nabiranju hrane spreminja tekom dneva ter sezonsko in se med vrstami razlikuje ter
- (3) da večje delavke nosijo večji tovor.

Cilj magistrskega dela je določiti okoljske parametre in popisati druge vrste mravelj ter rastlin v okolici proučevanih mravljišč rodu *Messor* in s tem prispevati k boljšemu poznavanju ekologije žetvenih mravelj v jugozahodni Sloveniji.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Opis območja vzorčenj

Vzorčenja so potekala v času od začetka maja do začetka oktobra 2015 (10. 5. 2015 – 9. 10. 2015) na enajstih lokalitetah v jugozahodni Sloveniji (Slika 11). Delo je potekalo na dveh lokalitetah v Vipavski dolini (Ravne, Podnanos), dveh na Krasu (Štanjel, Vilenica), dveh na Kraškem robu (Gabrovica in Hrastovlje) in petih na Obali (Tinjan, Dragonja, Belveder, Jagodje in Škofije).



Slika 11: Geografski položaj Slovenije in enajstih lokalitet vzorčenja: Vipavska dolina (zelena), Kras (rjava), Kraški rob (modra), Obala (rumena).

Jugozahodno Slovenijo lahko imenujemo tudi submediteranska Slovenija. Ta del države ima višjo povprečno letno temperaturo in manjšo količino padavin kot ostali deli Slovenije. Od pravega mediteranskega podnebja se submediteran razlikuje v nižji povprečni letni temperaturi in drugačni razporeditvi padavin, ki so skoncentrirane bolj v jesenskem času in ne v zimskem času kot v mediteranskem podnebju. Vegetacijska doba je v jugozahodni Sloveniji v povprečju za dva meseca daljša kot v osrednji Sloveniji.

Tla v Vipavski dolini in na Obali so si med seboj precej podobna, saj gre v obeh primerih za flišnato pokrajino, za katero je značilen gričevnat relief, vododržne kamnine, prisotni so številni površinski vodotoki. Flišnata tla imajo večjo kapaciteto zadrževanja vode in zanje so značilna manjša temperaturna nihanja. Na severnem robu Vipavske doline in na vznožju Trnovskega gozda, kjer se nahaja tudi ena izmed naših lokalitet (Ravne), fliš postopoma prehaja v apnenec (Stritar 1990). Tudi na obali smo imeli podoben primer v Dragonji, kjer se iz flišnate pokrajine dviga apnenčasta vzpetinica, na kateri se je nahajalo naše vzorčno mesto.

Med Vipavsko dolino in obalo se nahaja Kras. Kraška tla so zgrajena iz apnenca, glavne značilnosti takih tal pa so površinska skalovitost, tanka plast prsti, vrtače, odsotnost površinskih voda, večje nihanje temperature v tleh ter suša (Stritar 1990). Kras je planota, ki ima višjo nadmorsko višino kot Vipavska dolina in obala, in je pod velikim vplivom celinske klime, zato so na Krasu v zimskem času temperature za 2 do 3°C nižje (Hočevar in sod. 1990).

Tla in podnebje sta glavna abiotska rastiščna dejavnika, ki vplivata na sestavo vegetacije. V Vipavski dolini in na obali tako prevladuje primorski gozd gradna (*Quercus petraea* Matt.) in jesenske vilovine (*Sesleria autumnalis* F.W. Schultz), na Krasu in Kraškem robu pa prevladuje toploljubni primorski gozd puhastega hrasta (*Quercus pubescens* Willd.) in črnega gabra (*Ostrya carpinifolia* Scop.) (Gams in sod. 1998).

Lokaliteti v Vipavski dolini se nahajata najseverneje (Preglednica 1) in zanju so značilna evtrična rjava tla na mehkih karbonatnih kamninah (fliš) (Stritar 1990). Vzorčno mesto na Ravnah se nahaja zraven asfaltirane ceste v zaselku Garovca na grušču (Slika 12). Obe preiskovani mravljišči v Podnanosu se nahajata 320 cm narazen (Slika 13).



Slika 12: Lokaliteta Ravne v Vipavski dolini.



Slika 13: Lokaliteta Podnanos v Vipavski dolini.

Južneje smo vzorčenja opravili na Krasu, za katerega so značilna rendzina ter rjava pokarbonatna tla na trdnih karbonatnih kamninah (apnenec) (Stritar 1990). Vzorčenja so potekala blizu Štanjela in v Vilenici. Povprečna letna temperatura obeh lokalitet znaša od 10 do 12° C (Geopedia – interaktivni spletni atlas).

Vzorčili smo tudi na Kraškem robu v Hrastovljah in pri Gabrovici. Za ti dve lokaliteti niso več značilna tipična kraška tla, ampak se tu že zgodi prehod v evtrična rjava tla na mehkih karbonatnih kamninah (fliš) (Stritar 1990). Ta prehod je na lokaliteti v Gabrovici popolnoma opazen (Slika 14), medtem ko v Hrastovljah (Sliki 15 in 16) še vedno lahko najdemo zaplate apnenca. Povprečna letna temperatura na obeh lokalitetah je 12 do 14° C (Geopedia – interaktivni spletni atlas).



Slika 14: Lokaliteta Gabrovica na Kraškem robu.



Slika 15: Lokaliteta Hrastovlje na Kraškem robu. Fotografija mravljišča *M. structor*1.



Slika 16: Lokaliteta Hrastovlje na Kraškem robu. Fotografija mravljišča *M. capitatus*2.

Ostalih pet lokalitet (Tinjan, Spodnje Škofije (Slika 17), Belveder (Slika 18) Dragonja (Slika 19) in Jagodje (Slika 20)) se nahaja v obalnem območju, za katerega so značilna evtrična rjava tla na mehkih karbonatnih kamninah (fliš) (Stritar 1990). Lokaliteta na Tinjanu danes ne obstaja več. Bila je uničena med izgradnjo ceste za drugi tir.



Slika 17: Lokaliteta Spodnje Škofije na Obali.



Slika 18: Lokaliteta Belveder na Obali.



Slika 19: Lokaliteta Dragonja na Obali.



Slika 20: Lokaliteta Jagodje na Obali.

Preglednica 1: Pregled nadmorskih višin in koordinat za posamezno lokaliteto s pripadajočimi vrstami.

Regija/Lokaliteta	Vrsta	Nadmorska višina	Koordinate
Vipavska dolina			
Ravne	<i>M. structor</i>	345 m	45°54'45.42" S 13°47'32.41" V
Podnanos	<i>M. structor</i>	140 m	45°48'49.09" S 13°57'56.77" V
Kras			
Štanjel	<i>M. structor</i>	290 m	45°48'19.17" S 13°50'43.61" V
Vilenica	<i>M. structor</i>	421 m	45°40'29.31" S 13°54'45.93" V
Kraški rob			
Gabrovica	<i>M. capitatus</i>	154 m	45°33'12.59" S 13°52'5.70" V
Hrastovlje	<i>M. capitatus</i> <i>M. structor</i>	167 m	45°30'34.37" S 13°54'7.26" V
Obala			
Tinjan	<i>M. structor</i>	342 m	45°33'36.71" S 13°49'49.00" V
Spodnje Škofije	<i>M. ibericus</i>	60 m	45°33.884" S 13°47.200" V
Jagodje	<i>M. ibericus</i>	85 m	45°31.510" S 13°38.689" V
Dragonja	<i>M. capitatus</i>	28 m	45°27'11.24" S 13°39'36.79" V
Belveder	<i>M. ibericus</i>	95 m	45°31'57.88" S 13°37'26.70" V

2.2 Vzorčenje mravelj iz rodu *Messor*

Raziskave so potekale na kolonijah treh vrst mravelj iz rodu *Messor* – *M. structor*, *M. capitatus* in *M. ibericus*. Preučevali smo skupno 17 mravljišč. Na Ravnah, Štanjelu, v Vilenici, Gabrovici, Tinjanu, Dragonji, Belvederju, Jagodjah in Škofijah smo opazovali po eno mravljišče, v Podnanosu smo opazovali dve mravljišči in v Hrastovljah šest.

Ob prvem obisku na posamezni lokaliteti smo iz vsake kolonije pobrali nekaj delavk in jih shranili v 70% etanolu. Primerke smo pozneje določili s pomočjo taksonomskih ključev v Agosti in Collingwood (1987) in Steiner et al. (2018).

2.3 Okoljski parametri

Na vseh lokalitetah smo določili okoljske parametre za območje v radiusu 5 metrov okrog mravljišča, kjer smo predpostavljali, da mravlje iščejo hrano. Skupno smo določili 10 okoljskih parametrov (Preglednica 1): (1) nadmorsko višino, (2) ekspozicijo, (3) inklinacijo, (4) geološko podlago, (5) vlažnost tal, (6) zasenčenost, (7) povprečno letno temperaturo, (8) delež kamnitosti, (9) delež stelje vključno z mrtvim lesom ter (10) delež rastlin. Sledili smo metodam, kot jih opisujejo Schlick-Steiner in Steiner (1999) ter Klocke (1984) in jih prilagodili našim razmeram. Našteti okoljski parametri so stalni in se tekom vzorčenja niso spreminjali, zato smo jih določili samo enkrat.

Spremenljivi okoljski parametri oziroma vremenske razmere so se tekom vzorčenj spreminjale, zato smo jih izmerili pri vsakem vzorčenju. Ti okoljski parametri so bili: temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, tlak in veter. Merili smo jih s pomočjo prenosne vremenske postaje Kestrel 5500, medtem ko smo obe temperaturi tal izmerili s pomočjo merilnika temperature Extech Modell TM20.

Nadmorsko višino smo merili na terenu s pomočjo GPS-a (Garmin Oregon 200) na najvišji, sredinski in najnižji točki vzorčnega mesta. Ekspozicijo smo določili na podlagi nagnjenosti terena s pomočjo kompasa (GPS). Inklinacijo smo izračunali s pomočjo kotnih funkcij. Uporabili smo kotno funkcijo $\text{tg } \alpha = \frac{nk}{pk}$, kjer nk pomeni nasprotno kateto, pk pa priležno kateto. Vrednost nasprotne katete smo izračunali s pomočjo višinske razlike med najvišjo in najnižjo točko vzorčnega mesta, za vrednost priležne katete pa smo vzeli razdaljo med tema dvema točkama. Geološko podlago in tla smo določili kot predlaga Stritar (1990). Vlažnost tal smo določili na podlagi občutka tako, da smo na vsakem vzorčnem mestu večkrat stisnili nekaj vzorcev prsti v dlan in ocenili vsebnost vlage. Vlažnostne razrede smo razdelili v pet kategorij (gl. Klock 1984): (1) suha prst se drobi in vsebuje 0 – 25 % vlage, (2) sveža prst po stisku v dlani tvori rahlo strukturo, se ne drobi in vsebuje od 25 – 50 % vlage, (3) delno vlažna prst po stisku v dlani tvori dobro definirano strukturo in rahlo pomaže dlan, vsebuje pa od 50 – 75 % vlage, (4) vlažna prst tvori po stisku v dlani rahlo strukturo, na dlani ostane vlažen odtis in vsebuje od 75 – 100 % vlage, (5) mokra prst tvori rahlo strukturo in pusti odtis na dlani, pri stiskanju iz nje odteče voda in ima 100% vlažnost.

Odstotek kamnitosti, odstotek stelje in delež rastlin smo vse določevali s pomočjo lesenega okvirja velikosti 1 m². Lesen okvir smo naključno položili na pet ploskev na vzorčnem mestu okrog mravljišča v radiusu 5 metrov. Odstotke naštetih parametrov pa smo znotraj okvirjev ocenili na 5 % natančno. Kot steljo smo upoštevali listje, odmrlo travo, iglice ter mrtev les. Za te tri ekološke parametre smo za vsako vzorčno mesto (habitat) pripravili osnovni statistični opis. Izračunali smo povprečje, standardno napako ter določili minimalne in maksimalne vrednosti (Preglednica 2).

Zasenčenost posameznega vzorčnega mesta smo ocenjevali na podlagi petih razredov: nezasenčeno (brez kakšnega drevja, morda kakšen grm), malo zasenčeno (posamezna drevesa), srednje zasenčeno (redko gozd), zmerno zasenčeno (gozd) ter zelo zasenčeno (temen gozd).

Povprečno letno temperaturo vsake lokalitete smo določili s pomočjo Geopedie – interaktivnega atlasa Slovenije.

Preglednica 2: Okoljski parametri, njihove okrajšave, način določevanja vrednosti parametrov ter način obdelave podatkov (Excel – osnovni statistični opis opravljen v Excelu, GLM – splošni linearni model, opravljen v programu SPSS).

Parameter	Okrajšava	Določevanje	Obdelava podatkov
Nadmorska višina	nadm_vis	GPS	Excel
Ekspozicija	ekspoz	GPS	Excel
Inklinacija	inklin	GPS, računsko	Excel
Geološka podlaga	tla	gl. Stritar, 1990	Excel
Vlažnost tal	vlazn_tal	gl. Klock, 1984	Excel
Zasenčenost	zasen	kategorijsko	Excel
Povprečna letna temp.	temp	vir Geopedia	Excel
Delež kamnitosti	%kamn	pokritost	Excel
Delež stelje	%stelje	pokritost	Excel
Delež rastlin	%rast	pokritost	Excel
Temperatura zraka 1,5 m	Tzraka	prenosna postaja	GLM
Relativna vlažnost zraka	RH	prenosna postaja	GLM
Tlak	P	prenosna postaja	GLM
Veter	veter	prenosna postaja	GLM
Temperatura tal	Ttal	merilnik temperature	GLM
Temperatura tal na globini 5cm	T5cm	merilnik temperature	GLM

2.4 Opazovanje nabiranja hrane mravelj iz rodu *Messor*

Na lokalitetah Ravne, Vilenica, Gabrovica, Tinjan, Dragonja, Belveder, Jagodje, Škofije in Podnanos smo opravili tri opazovanja (po enega spomladi, poleti, jeseni), na lokaliteti Štanjel pa dve (po enega poleti in v jeseni). Na vseh teh omenjenih lokalitetah smo aktivnost mravelj opazovali enkrat tekom dneva. Na lokaciji v Hrastovljah, kjer se simpatrično pojavljata dve vrsti (preučevali smo 3 mravljišča *Messor capitatus* in 3 mravljišča *Messor structor*) smo opazovali 3 – krat v letu. Za razliko od mravljišč na ostalih lokalitetah, smo tukaj vsakič opazovali 3 – krat v istem dnevu - jutranje, popoldansko in večerno opazovanje. Jutranje je potekalo od 9ih do 12ih, popoldansko od 13ih do 15ih in večerno od 17ih do 19ih.

Pri posameznem opazovanju nabiranja hrane smo si za namen raziskave vsakič zabeležili uro opazovanja, temperaturo zraka na višini 1,5 metra, relativno vlažnost zraka, tlak, veter, temperaturo na površini tal in temperaturo tal na globini 5 cm.

Ob posameznem opazovanju mravelj smo najprej ugotavljali njihovo aktivnost nabiranja hrane. Predvidevali smo, da je aktivnost nabiranja hrane povezana z izhodi mravelj iz mravljišča, zato smo na oddaljenosti približno 10 cm od vhoda v mravljišče 5 minut šteli delavke, ki gredo iz mravljišča. Če mravlje niso bile aktivne pri nabiranju semen (t.j. niso nabirale semen), smo zapisali drugo aktivnost, če je bila opazna (npr. čiščenje mravljišča).

Zatem smo opazovali transport nabrane hrane v mravljišče. Najprej smo na podobni točki, kjer smo gledali delavke na poti iz mravljišča, opazovali 50 delavk in ugotavljali, koliko se jih je nazaj v mravljišče vračalo brez in koliko jih je imelo tovor. Nato smo vzeli 20 delavk skupaj s tovorom in sicer tako, da smo na določeni točki pobrali prvo delavko s tovorom, jo dali v svojo fiolo z etanolom in zatem zopet pobrali prvo delavko s tovorom na tej točki; v tem primeru je nabiranje mravelj s tovorom naključno.

Ugotavljali smo tudi, kako daleč od mravljišča hodijo delavke in katere rastline obiskujejo, tako da smo delavkam sledili in si rastline, ki so jih obiskovale, shranili oz. herbarizirali. Opazovali smo tudi smer (16 kategorij: S, SSV, SV, VSV, V, VJV, itn.), v kateri delavke nabirajo semena ter ali se iz/v mravljišče vračajo v koloni ali posamič.

Na koncu opazovanja smo nabrali še morebitne ostanke plev in semen okrog vhoda v mravljišče.

2.5 Popis rastlin in drugih vrst mravelj

V polmeru dveh metrov okrog vhoda v posamezno mravljišče smo popisali tudi rastline ter vzorčili mravlje drugih vrst z metodo direktnega vzorčenja. Mravlje smo shranili v 70 % etanolu in jih kasneje določili s pomočjo taksonomskih ključev v Seifert (2018) in visoko kvalitetnih fotografij tipskih primerkov na spletni strani AntWeb (<http://www.antweb.org>). Rastline smo herbarizirali in jih določili s pomočjo določevalnega ključa v Mali flori Slovenije (Martinčič 2007) ter s pomočjo botanika dr. Petra Glasnoviča (osebni stik 2016).

2.6 Laboratorijsko delo in statistična analiza podatkov

S χ^2 testom (likelihood statistics) smo preverjali, ali obstajajo razlike v aktivnosti in načinu nabiranja mravelj (ni aktivnosti, nabiranje hrane posamič ali v koloni) med vsemi tremi proučevanimi vrstami. Značilno odstopanje od naključnih razlik smo sprejeli pri ravni tveganja $p < 0,05$. Preverili smo tudi, katere dejavnosti (celice) so statistično značilno prispevale k celokupnim razlikam. To so bile celice, pri katerih so standardizirani reziduali (ostanki: SR) bili večji od 2,0 (odstopanje od pričakovanega s povišano vrednostjo glede na pričakovano) ali manjše od -2,0 (odstopanje od pričakovanega z zmanjšano vrednostjo) in ustrezajo stopnji tveganja napačne napovedi $p < 0,05$.

Ker smo želeli ugotoviti korelacijo med velikostjo delavk in maso tovara, ki ga ta nosi, smo v laboratoriju merili širino glav mravelj, ki ponazarja velikost same delavke, od ene strani očesa do druge s pomočjo lupe, ki smo jo prej umerili. Merili smo na največji povečavi (35x). Tovor posamezne mravlje smo tehtali z občutljivo tehtnico v mikrogramih.

Rezultate smo prikazali kot linearno regresijo in prikazali trendno črto. Koeficient determinacije R^2 meri, kolikšen del skupne variacije je pojasnjen z regresijo. Vrednosti

koeficienta se raztezajo v intervalu med vrednostmi -1 (popolna negativna korelacija), 0 (korelacije ni) in 1 (popolna pozitivna korelacija).

Določili smo srednjo vrednost mase semen, ki jih je posamezna vrsta nosila ter 1. in 7. okt. l.

S χ^2 -testom smo na mravljiščih v Hrastovljah na enak način kot za primerjavo aktivnosti med tremi vrstami mravelj (likelihood statistics, SR) testirali tudi razlike v aktivnosti (izhodi mravelj iz mravljišča v 5 minutah) med letnimi časi (pomlad, poletje, jesen) in deli dneva (zjutraj – od 9ih do 12ih, popoldne – od 13ih do 15ih, zvečer – od 17ih do 19ih) za vrsti *M. structor* in *M. capitatus* (vsako od obeh vrst smo spremljali na treh mravljiščih). Tovrstne podatke za analizo smo zbirali samo na lokaciji v Hrastovljah, kjer vrsta *M. ibericus* ni bila prisotna, zato za to vrsto podajamo le opažanja aktivnosti z drugih lokalitet.

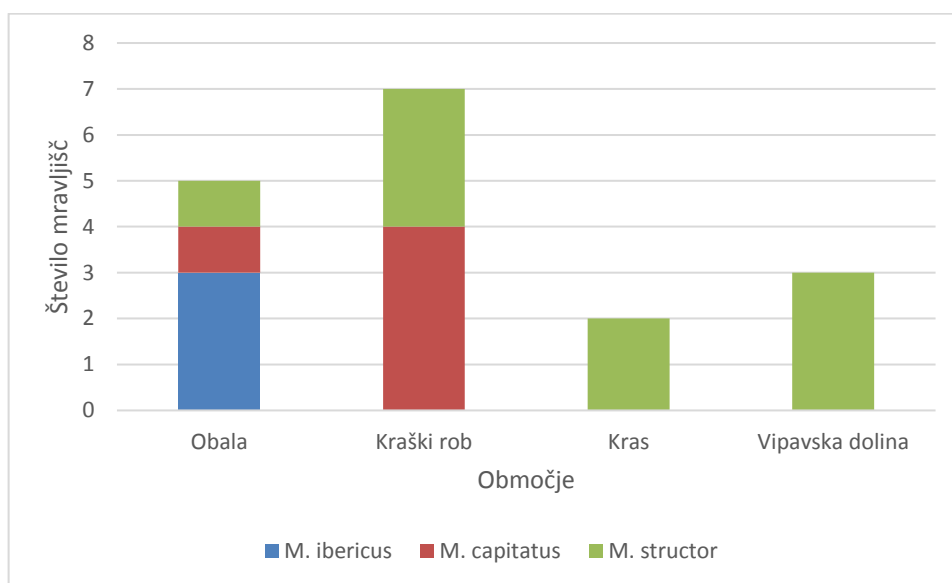
Testirali smo vpliv okoljskih spremenljivk (*M. structor* in *M. capitatus*: temperatura zraka, temperatura zraka na višini 5 cm od tal, temperatura tal, relativna zračna vlaga, pritisk, veter na višini dveh metrov, *M. ibericus*: temperatura zraka, temperatura tal, relativna zračna vlaga), dela dneva (vse tri vrste: jutro, opoldan, popoldan), sezone (vse tri vrste: pomlad, poletje, jesen) ter njihovih medsebojnih interakcij na aktivnost (število mravelj, ki zapustijo mravljišče v petih minutah) mravelj vsake od treh vrst (*M. structor*, *M. capitatus*, *M. ibericus*). Za statistične analize smo podatke za vsako vrsto z vseh lokalitet združili. Uporabili smo analizo GLM (Generalized Linear Model). Sezono in del dneva smo v analizo vključili kot faktorje, ostale neodvisne spremenljivke kot kovariate. V analize smo hkrati vključili le neodvisne spremenljivke, ki medsebojno niso močno soodvisne (Paersonov koeficient za metrične spremenljivke, $|r| < 0.8$, oz. Kendalova tau-b vrednost (τ) za meristične spremenljivke, $|\tau| < 0.8$. Ker podatki za aktivnost mravelj niso ustrezali Poissonovi razporeditvi (devianca $\gg 1$), smo uporabili naslednje tipe modelov: (1) GLM s Poissonovo razporeditvijo, prilagojeno za prerazpršene podatke (McCullagh and Nelder, 1983), (2a) GLM z negativno binomsko razporeditvijo (log link), s prednastavljeno vrednostjo za parameter (=1) ter (2b) GLM z negativno binomsko razporeditvijo (log link), z oceno vrednosti za parameter. Za najboljši tip modela (z $\Delta AIC < 2$) se je pri *Messor structor* izkazal GLM z negativno binomsko razporeditvijo (log link) z ocenjeno vrednostjo parametra, pri *Messor capitatus* pa GLM z prednastavljeno vrednostjo. Za *M. ibericus* zaradi majhnega števila podatkov modela nismo uspeli konstruirati. Te tipe modelov smo ponavljali za vse kombinacije okoljskih spremenljivk in njihovih interakcij in izbrali le modele s kombinacijami spremenljivk, ki glede na nulti model (kjer je vključen samo intercept) statistično značilno ($p < 0.05$) izboljšajo napoved vrednosti za odvisno spremenljivko. Kot enakovredne smo prikazali le modele, katerih razlika v Akaike informacijskem kriteriju ($\Delta AICc$) je glede na najboljši model manjša od 2. Post-hoc primerjave za statistično značilne neodvisne spremenljivke izračunane na podlagi odvisne spremenljivke smo prikazali med pari skupin neodvisnih spremenljivk (metoda sequential Sidak, $p < 0.05$).

Za statistično analizo podatkov smo uporabili programa Excel in SPSS Statistics.

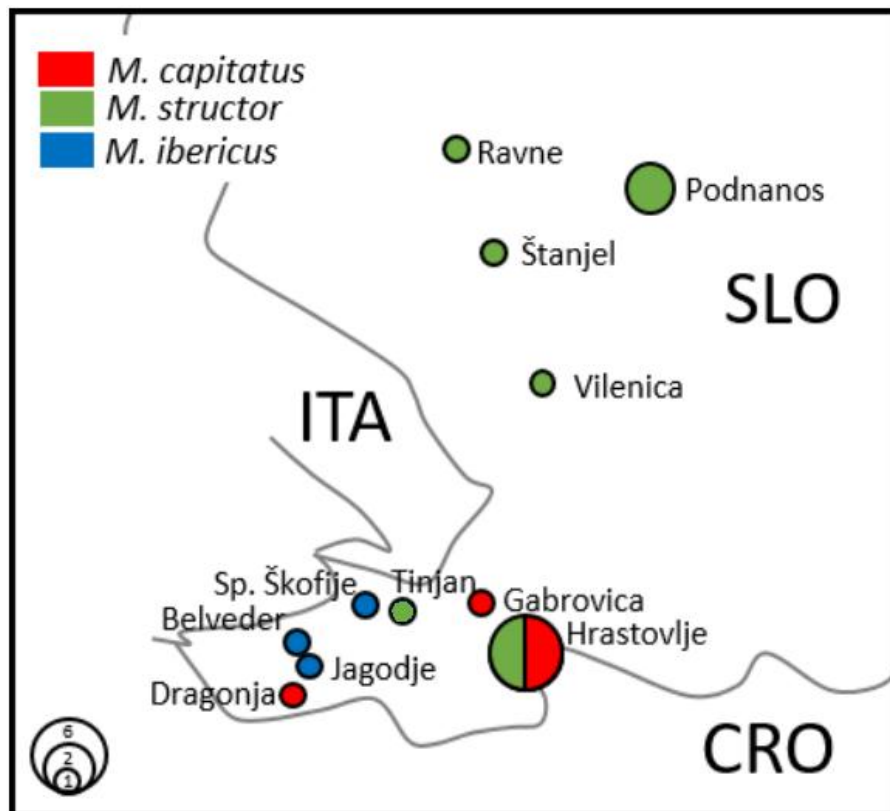
3 REZULTATI

3.1 Habitatne preference

V naši raziskavi smo na območju jugozahodne Slovenije našli tri vrste mravelj iz rodu *Messor*. Na največ lokacijah smo opazovali vrsto *M. structor*, za katero smo opazovali 9 mravljišč v Vipavski dolini (Ravne: 1 mravljišče, Podnanos: 2 mravljišči), na Krasu (po eno mravljišče v Vilenici in Štanjelu), Kraškem robu (Hrastovlje: 3 mravljišča) in na Obali (eno mravljišče na Tinjanu). Vrsto *M. capitatus* smo opazovali na dveh lokacijah na Kraškem robu (Hrastovlje: 3 mravljišča, Gabrovica: 1 mravljišče) in na Obali (Dragonja: 1 mravljišče). Vrsta, ki smo jo opazovali samo na Obali na treh lokacijah pa je *M. ibericus* (Škofije, Jagodje, Belveder: povsod po 1 mravljišče) (Slika 21, Slika 22). Vrste so se povsod razen v Hrastovljah pojavljale v alopatriji. V Hrastovljah pa sta bili simpatrični dve vrsti, *M. structor* in *M. capitatus*.



Slika 21: Prisotnost vrst (število opazovanih mravljišč) na posameznih območjih vzorčenj.



Slika 22: Geografska razporeditev vrst rodu *Messor* na območju jugozahodne Slovenije. *M. structor* (zelena), *M. capitatus* (rdeča), *M. ibericus* (modra). Velikost simbolov ustreza številu opazovanih mravljišč.

Rezultati opisne statistike za devet okoljskih parametrov iz okolice 17 mravljišč so podani v Preglednicah 3 in 4. Najvišji odstotek kamnitosti smo zabeležili v Štanjelu, najnižji odstotek kamnitosti pa v Hrastovljah na mravljišču *M. capitatus* 3. Odstotek stelje je bil najvišji na Belvederju, saj se je mravljišče nahajalo na s trstičjem poraslem travniku. Lokaciji, kjer odmrlega lesa nismo našli, sta Štanjel in Hrastovlje (mravljišča *M. structor*1, *M. capitatus*1, *M. capitatus*3). Prekritost z rastlinjem je bila ravno tako največja na Belvederju, najmanjša pa na Kraškem robu v Gabrovici. Najvišje ležeče vzorčno mesto je bilo pri Vilenici (421 m), najnižje pa v Dragonji z 28 metri nadmorske višine. Najstrmejše vzorčno mesto je bilo na Obali v Jagodju. Vsa vzorčna mesta na Kraškem robu in Obali imajo najvišjo povprečno letno temperaturo med 10 – 12°C, ostala vzorčna mesta v Vipavski dolini in na Krasu pa rahlo nižjo, med 8 in 10°C.

Očitnih razlik v devetih okoljskih parametrih med tremi vrstami na območju jugozahodne Slovenije nismo zaznali, saj se vrednosti za parametre med njimi močno prekrivajo. Izjema je le temperatura, ki je za *M. structor* nižja kot za drugi dve vrsti (Preglednica 3). V Hrastovljah, kjer se *M. structor* pojavlja skupaj z *M. capitatus*, pa smo opazili, da je okolica mravljišč vrste *M. structor* nekoliko bolj pokrita z vegetacijo in steljo kot pri mravljiščih *M. capitatus* (vendar se vrednosti prekrivajo, Preglednica 4). *M. ibericus* in *M. capitatus* glede na devet parametrov ekološko nismo uspeli ločevati.

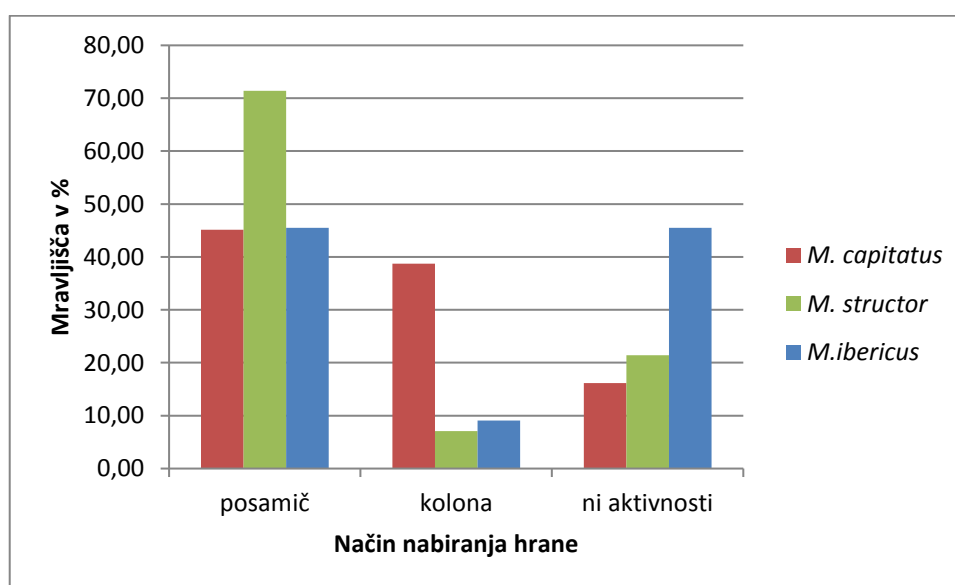
3.2 Načini nabiranja hrane

Skozi celotno sezono smo vsa mravljišča opazovali 84 – krat. Od tega je 31 opazovanj pripadlo vrsti *Messor capitatus*, 42 vrsti *M. structor* in 11 vrsti *M. ibericus*. Vse kolonije se ob različnih opazovanjih niso obnašale enako (Priloga C). Razlike v vedenju pri iskanju hrane med tremi vrstami smo potrdili tudi s χ^2 -testom (LR = 14,770; df = 4; p = 0,005). Vrsta *M. capitatus* je najbolj poudarjeno hrano iskala v kolonah (standardni rezidual = 2,5), medtem ko je bilo pri vrsti *M. structor* ravno obratno in je bilo iskanje hrane v koloni pri njej redko (standardni rezidual = -1,8, odstopanje le blizu statistične značilnosti). Odstopanja od naključnega pričakovanja smo opazili še pri *M. ibericus*, ki je imela nekoliko (a ne statistično značilno) povišano stopnjo neaktivnosti (standardni rezidual = 1,6; Preglednica 5, Slika 23). Na Slikah 24 in 25 sta prikazani mravlji vrste *M. structor* s tovorom.

Preglednica 5: Absolutne (N) in relativne (%) frekvence za tri tipe vedenj pri nabiranju hrane pri treh vrstah mravelj iz rodu *Messor*. Standardni reziduali (SR) predstavljajo odstopanja od pričakovanj ($|SR| > 2$ ustrežajo $p < 0,005$).

Nabiranje hrane	<i>M. capitatus</i> (n=31)			<i>M. ibericus</i> (n=11)			<i>M. structor</i> (n=42)			Skupaj %
	N	%	SR	N	%	SR	N	%	SR	
ni aktivnosti	5	16,1	-0,8	5	45,5	1,6	9	21,4	-0,2	22,6
posamič	14	45,2	-1,0	5	45,5	-0,6	30	71,4	1,1	58,3
kolona	12	38,7	2,5	1	9,1	-0,8	3	7,1	-1,8	19,0

LR = 14,770; df = 4; p = 0,005



Slika 23: Način nabiranja hrane za posamezno vrsto na podlagi števila vzorčenih mravljišč.



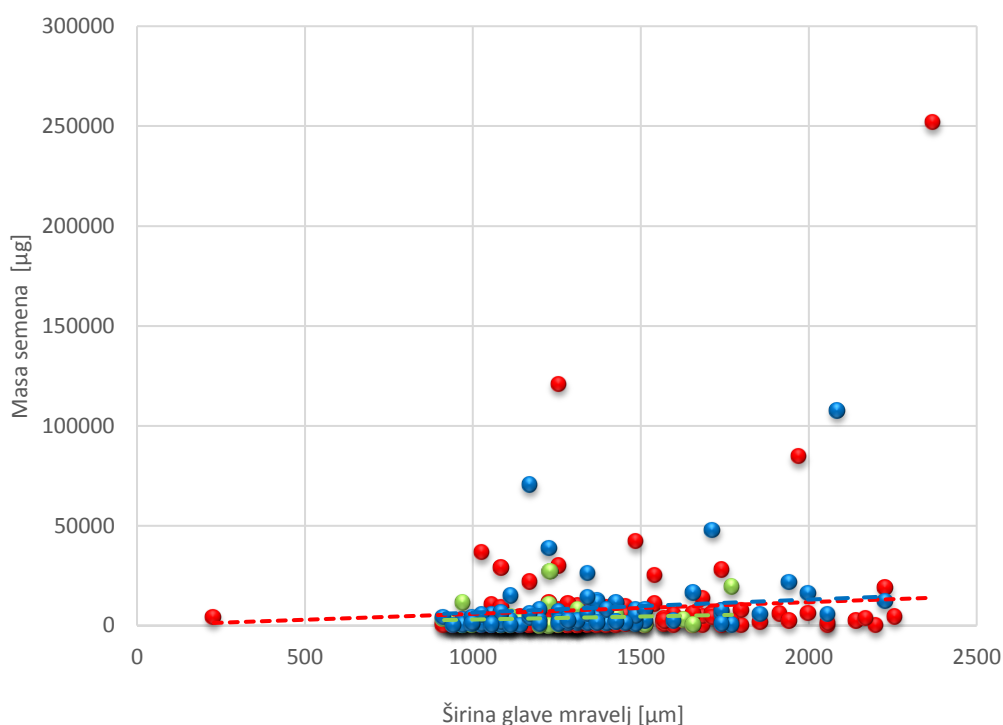
Slika 24: Mravlja *M. structor* pred vhodom v mravljišče s tovorom.



Slika 25: Mravlja *M. structor* s tovorom.

3.3 Primerjava velikosti semen in velikost delavk

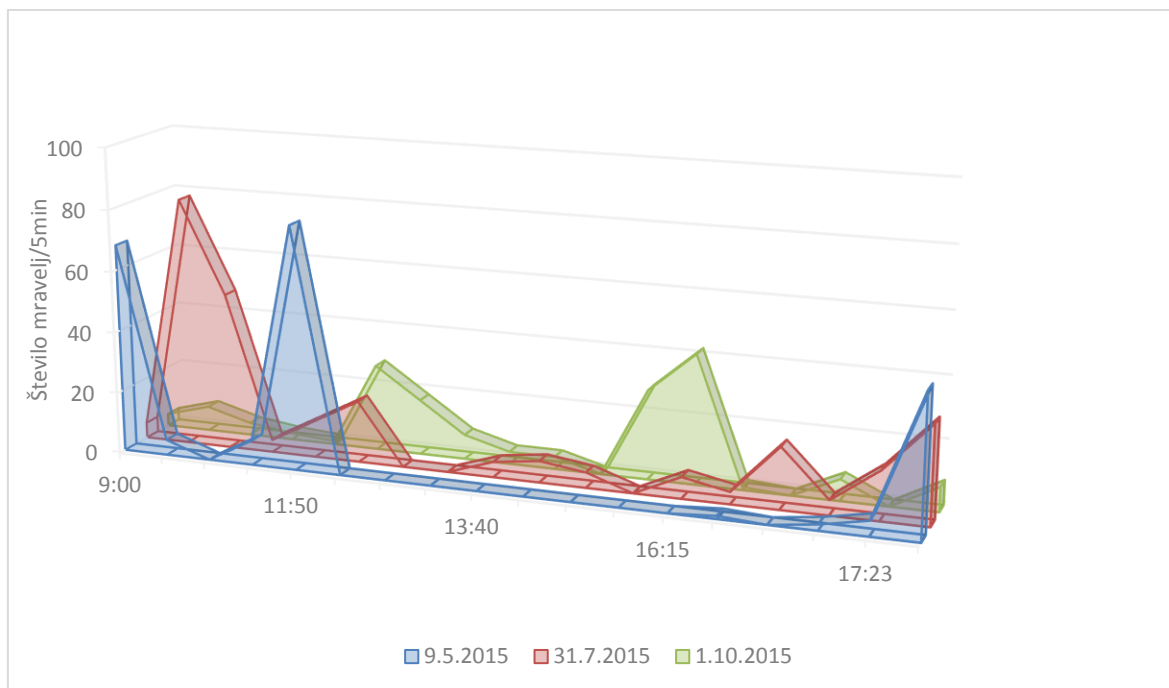
Pri naključnem nabiranju mravelj s tovorom smo skupno povzorčili 343 mravelj. Povprečna širina glave med očmi pri vseh pregledanih delavkah (vključene vse tri vrste) znaša 1317,6 μm (SE = 281,84). Povprečna masa semena je znašala 6154 μg (Me = 2550, 1. in 7. oktil = 225 in 10550). Povprečna širina glave za *M. structor* znaša 1345 μm (SE = 287,75), za *M. capitatus* 1349,39 μm (SE = 310,51) ter za *M. ibericus* 1148 μm (SE = 211). Povprečna masa tovara pri *M. structor* znaša 6969 μg (Me = 3000, 1. in 7. oktil = 500 in 12450), za *M. capitatus* 6943 μg (Me = 2450, 1. in 7. oktil = 100 in 23600) ter za *M. ibericus* 2967 μg (Me = 800, 1. in 7. oktil = 100 in 11500). Primerjava velikosti delavke (izražene v širini glave) in maso tovara (Slika 26) kaže na nizko linearno odvisnost med obema spremenljivkama (vsi podatki skupaj: $R^2 = 0,0365$) in hkrati ne kaže na to, da bi večje delavke po pravilu nosile težja semena. Ne glede na to pa smo opazili, da večinoma le največje delavke pri *M. capitatus* (delno tudi pri *M. structor*) nosijo najtežja semena. Pri *M. capitatus* masa največjih semen, ki jih delavke prenašajo, preseže 250 mg, pri *M. structor* pa 100 mg. Pri *M. ibericus* je imel najtežji zabeležen tovor precej nižjo maso, le 19,4 mg (Slika 10). Delavke pri *M. ibericus* dosežejo tudi najmanjšo maksimalno izmerjeno velikost glave (1771 μm) glede na preostali dve vrsti (*M. structor*: 2228 μm ; *M. capitatus*: 2257 μm ; Slika 26).



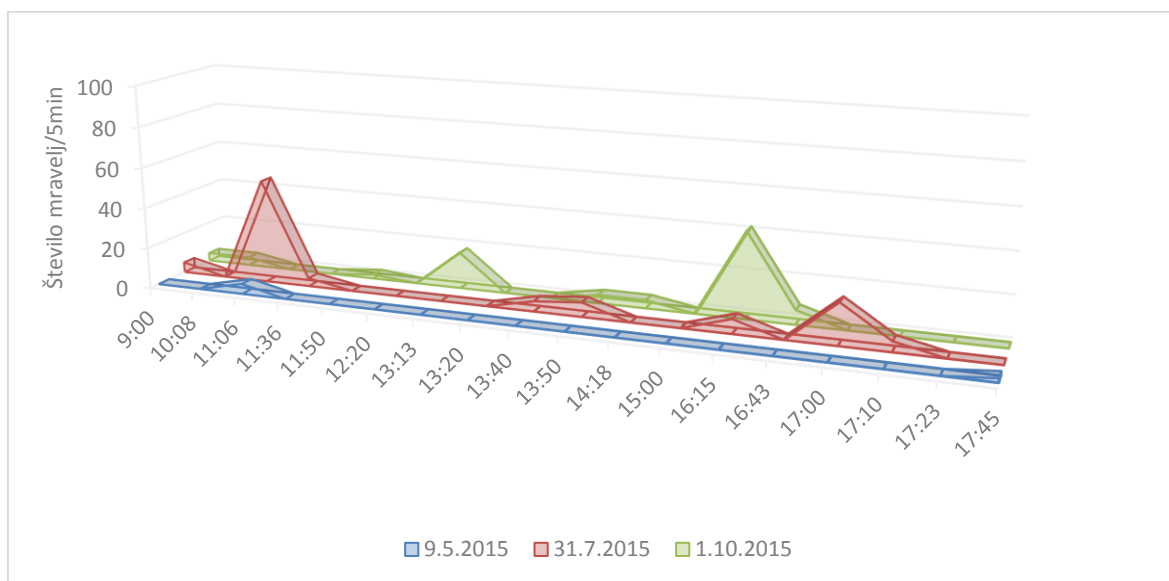
Slika 26: Odnos med širino glave in maso tovora (semena) pri treh vrstah mravelj iz rodu *Messor* z ustreznimi linearnimi premicami (rdeči simboli - *M. capitatus*: $y = 5,8808x$, $R^2 = 0,01345$; modri simboli – *M. structor*: $y = 5,7346x$; $R^2 = 0,058$; zeleni simboli – *M. ibericus*: $y = 3,3621x$, $R^2 = 0,1619$).

3.4 Dnevna in sezonska aktivnost nabiranja hrane *M. structor*, *M. capitatus* in *M. ibericus*

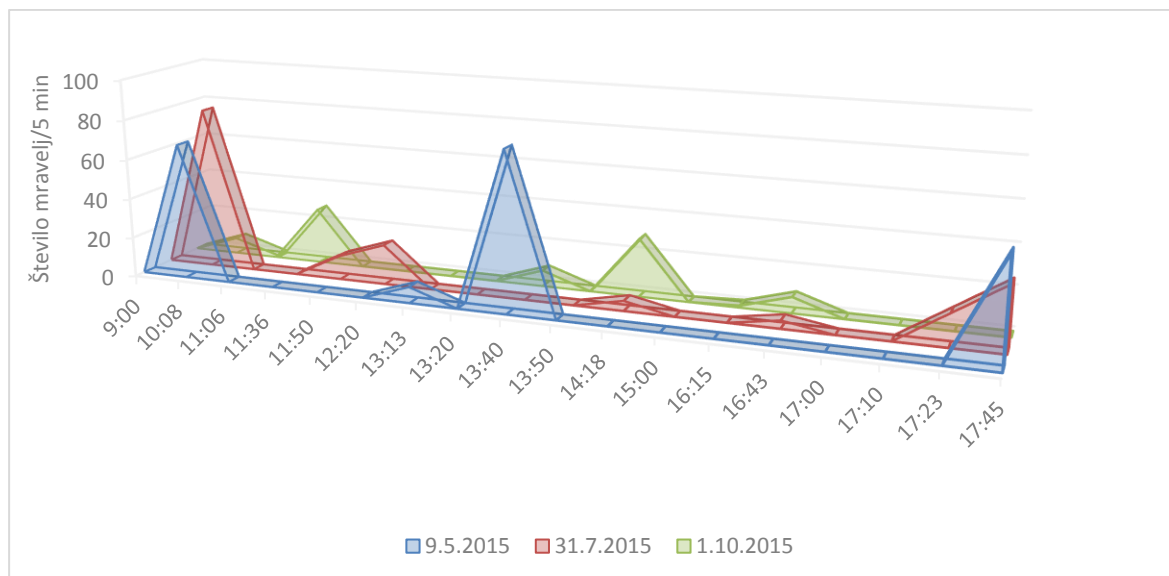
V Hrastovljah, kjer smo opazovali aktivnost mravelj dveh vrst, ki se tu pojavljata v simpatriji (*M. structor*, *M. capitatus*) smo na združenih podatkih (Slika 27) ugotovili, da so bile mravlje obeh vrst v spomladanskem in poletnem času najaktivnejše pri nabiranju hrane (kar smo ugotavljali kot število mravelj, ki v času 5min zapusti mravljišče), zjutraj in zvečer, čez dan je bila njihova aktivnost zelo okrnjena, preobrat v aktivnosti pa lahko opazimo v jesenskem času, ko so bile zjutraj in zvečer skoraj neaktivne, glavna aktivnosti pa je bila skoncentrirana v popoldanskem času. Aktivnost vsake vrste posebej prikazujeta Sliki 28 (*M. structor*) in 29 (*M. capitatus*). Celokupno smo našli veliko manj izhodov pri *M. structor* ($n = 196$) kot pri *M. capitatus* ($n = 460$). *M. capitatus* je bil spomladi v zgodnje popoldanskem času nekoliko bolj aktivna kot *M. structor*, medtem ko je aktivnost obeh vrst poleti in jeseni zelo podobna (Sliki 28, 29).



Slika 27: Dnevna aktivnosti obeh vrst mravelj (*M. capitatus* in *M. structor*) (število izhodov/5 minut) na lokaciji Hrastovlje v posameznem letnem času (modra – pomlad, rdeča – poletje, zelena – jesen).



Slika 28: Dnevna in sezonska aktivnost mravelj *M. structor* (število izhodov/5 minut) v Hrastovljah (modra – pomlad, rdeča – poletje, zelena – jesen).



Slika 29: Dnevna in sezonska aktivnost mravelj *M. capitatus* (število izhodov/5 minut) v Hrastovljah (modra – pomlad, rdeča – poletje, zelena – jesen).

Za *M. structor* iz Hrastovelej je χ^2 -test pokazal na razlike v aktivnosti med letnimi časi in delom dneva (LR = 51,391; df = 4, p < 0,001). Medtem ko pomladi bistvenih odstopanj med deli dneva v aktivnosti nismo opazili (vedno |SR| < 2,0), pa so bile v vročem poletju živali bolj aktivne v jutranjem (SR = 3,2), manj (a ne statistično značilno) pa v popoldanskem (SR = -1,8) in večernem času (SR = -1,8). Jeseni so bile živali zelo aktivne v večernem času (SR = 2,2), zjutraj (SR = -3,9) in opoldne (SR = -3,9) pa zelo neaktivne (Preglednica 6).

Preglednica 6: Absolutne (N) in relativne (%) frekvence za aktivnost (t = 5 min) mravelj *Messor structor* v treh letnih časih in delih dneva. Standardni reziduali (SR) predstavljajo odstopanja od pričakovanj (|SR| > 2 ustrežajo p < 0,05).

	Zjutraj		SR	Popoldan		SR	Zvečer		SR	Skupaj %
	N	%		N	%		N	%		
Pomlad	5	6,7	1,4	0	0	-1,2	2	2,4	-0,6	3,6
Poletje	60	80,0	3,2	12	31,6	-1,8	32	38,6	-1,8	53,1
Jesen	10	13,3	-3,9	26	68,4	-3,9	49	59,0	2,2	43,4
Skupaj %		38,3			19,4			42,3		

LR = 51,391; df = 4; p < 0,001

Tudi za *M. capitatus* je χ^2 -test pokazal na razlike v aktivnosti med letnimi časi in delom dneva (LR = 114,652; df = 4, p < 0,001). Pomladi so bile mravlje glede na pričakovanja značilno manj aktivne zjutraj (SR = -3,0), značilno bolj pa popoldan (SR = 3,8), medtem ko odstopanj od pričakovanega zvečer ni bilo. Obratno je bilo v vročem poletju, ko so bile mravlje zelo aktivne zjutraj (SR = 3,6), značilno manj od pričakovanj pa v popoldanskem času (SR = -6,2). Jeseni so bile živali zelo aktivne v popoldanskem času (SR = 2,8), medtem ko so bile zvečer (SR = -2,5) zelo neaktivne (Preglednica 7).

Preglednica 7: Absolutne (N) in relativne (%) frekvence za aktivnost ($t = 5$ min) mravelj *Messor capitatus* v treh letnih časih in delih dneva. Standardni reziduali (SR) predstavljajo odstopanja od pričakvanj ($|SR| > 2$ ustrezajo $p < 0,05$).

	Zjutraj		SR	Popoldan		SR	Zvečer		SR	Skupaj %
	N	%		N	%		N	%		
Pomlad	68	31,2	-3,0	87	67,4	3,8	52	46,0	0,2	45,0
Poletje	113	51,8	3,6	5	3,9	-6,2	52	46,0	1,6	37,0
Jesen	37	17,0	-0,4	37	28,7	2,8	9	8,0	-2,5	18,0
Skupaj %		47,4			28,0			24,6		

LR = 114,652; df = 4; $p < 0.001$

Za *M. ibericus* za podrobno statistično analizo takih podatkov nismo imeli, opazili pa smo, da je bilo od vseh mravljišč te vrste najaktivnejše mravljišče na Belvederju v pomladanskem času (10.5.2015 ob 15:38), ko smo v 5 minutah našli 20 izhodov mravelj iz mravljišča. Na ostalih mravljiščih aktivnosti nismo zabeležili (4 opazovanja) ali pa je bila ta zelo nizka (5 opazovanj; število izhodov v 5 minutah vedno < 6), brez posebnih vzorcev. Nizko aktivnost smo zabeležili ob naslednjih urah: 10:45, 13ih, 16ih, 18:15 in 19ih.

3.5 Vpliv okoljskih dejavnikov na aktivnost nabiranja hrane *M. structor*, *M. capitatus* in *M. ibericus*

3.5.1. *Messor structor*

Devianca podatkov za najboljši GLM model (z ocenjeno vrednostjo parametra 2,256) kaže visoko razpršenost podatkov (devianca = 1,210). V modelu so poleg nultega modela (AICc = 247,57) ostali še dve spremenljivki (letni čas, temperatura zraka; $p < 0,05$), ki značilno izboljšata napovedno vrednost modela (Omnibus test, Likelihood Ratio $\chi^2 = 12,9$; df = 3, $p = 0,005$). V poštev pride še model GLM z ocenjeno vrednostjo za parameter, v katerem ostane le letni čas (AICc = 249,20; $\Delta AICc < 2$). Ker drugi model ne prispeva dodatnih informacij k razlagi aktivnosti, ga ne prikazujemo.

Prvi model kaže, da se aktivnost nabiranja hrane mravelj *M. structor* glede na pomlad ($\text{Exp}(B) = 1$) močno poveča poleti ($\text{Exp}(B) = 21,3$) ter v jeseni ($\text{Exp}(B) = 3,9$; Preglednica 8). Statistično značilna je razlika v aktivnosti med letnimi časi (spomladi nižja aktivnost kot poleti; $p < 0,01$; Preglednica 9).

Preglednica 8: Test vpliva okoljskih spremenljivk (letni čas, temperatura zraka, relativna zračna vlaga, zračni tlak, hitrost vetra, temperatura tal, temperatura 5 cm nad tlemi), dela dneva (zjutraj, popoldan, zvečer) in sezone (pomlad, poletje, jesen) na aktivnost mravelj *M. structor* (število mravelj, ki zapustijo mravljišče v petih minutah). Prikazane so le spremenljivke, ki so ostale v končnem modelu. Uporabljena je negativna binomska razporeditev z vrednostjo 2,256. Število stopinj prostosti je vedno 1. Prikazani so samo modeli z AICc < 2.

Neodv. spr.	B	SE	Wald	p	Exp(B)	95% CI min	95% CI max
Model z letnim časom in temperaturo zraka (AICc = 247,57)							
(Intercept)	3,600	2,137	2,840	0,092	36,611	0,556	2411,107
Poletje = 2	3,058	0,762	16,090	<0,001	21,289	4,777	94,872
Jesen = 3	1,358	0,691	3,868	0,049	3,890	1,005	15,059
Temperatura zraka	-0,135	0,090	2,224	0,136	0,874	0,732	1,043

Pomlad = 1: koeficient B = 0, Exp (B) = 1

Preglednica 9: Primerjave parov v povprečnih vrednostih za neodvisno spremenljivko na osnovi odvisne spremenljivke (število izhodov v petih minutah) pri *M. structor*. Število stopinj prostosti je vedno 1.

I	J	Povp. razlika (I-J)	SE	p	95% CImin	95% CI max
Poletje	Jesen	1,700	0,930	0,096	-0,264	3,664
	Pomlad	3,058	0,762	<0,001	1,238	4,879
Pomlad	Jesen	-1,358	0,691	0,096	-2,903	0,186

3.5.2 *Messor capitatus*

Devianca podatkov za najboljši GLM model z izbranimi štirimi spremenljivkami (veter, del dneva, pritisk, temperatura zraka na 5 cm) kaže visoko razpršenost podatkov (devianca = 1,932). V modelu so poleg nultega modela (AICc = 223,75) ostale tri spremenljivke (veter, del dneva, pritisk), ki značilno izboljšajo napovedno vrednost modela (Omnibus test, Likelihood Ratio $\chi^2 = 24,1$; df = 5; p < 0,001). Vsi ostali modeli so bistveno slabši od najboljšega modela (Δ AICc > 2).

Aktivnost mravelj *M. capitatus* se glede na jutro (Exp(B) = 1) v popoldanskem času rahlo poveča (Exp(B) = 0,293; p = 0,039), kot tudi ob zvišanem zračnem tlaku (Exp(B) = 0,864; p < 0,001) in povišanem vetru (Exp(B) = 0,849; p = 0,021; Preglednica 10). Statistično je nakazana razlika v aktivnosti med jutrom in večerom (zjutraj >> zvečer; p = 0,023) ter popoldnevom in jutrom (zjutraj >> popoldan; p = 0,076), ne pa tudi med popoldnevom in večerom (p = 0,256; Preglednica 11).

Preglednica 10: Test vpliva okoljskih spremenljivk (letni čas, temperatura zraka, relativna zračna vlaga, zračni tlak, hitrost vetra, temperatura tal, temperatura 5 cm nad tlemi), dela dneva (zjutraj, popoldan, zvečer) in sezone (pomlad, poletje, jesen) na aktivnost mravelj *M. capitatus* (število mravelj, ki zapustijo mravljišče v petih minutah). Prikazane so le spremenljivke, ki so ostale v končnem modelu. Uporabljena je negativna binomska razporeditev z vrednostjo 1. Število stopinj prostosti je vedno 1. Prikazani so samo modeli z AICc < 2.

Neodv. spr.	B	SE	Wald	p	Exp(B)	95% CI min	95% CI max
Model z delom dneva, vetrom in zračnim tlakom (AICc = 223.75)							
(Intercept)	152,352	36,012	17,898	<0,001	1,464x10 ⁺⁶⁶	3,25x10 ⁺³⁵	6,59x10 ⁺⁹⁶
Popoldan= 2	1,226	0,5936	4,269	0,039	0,293	0,092	0,939
Zvečer = 3	1,773	0,6672	7,060	0,008	0,170	0,046	0,628
Veter	0,164	0,0709	5,367	0,021	0,849	0,738	0,975
Zračni tlak	0,146	0,0351	17,283	<0,001	0,864	0,807	0,926

Jutro = 1: koeficient B = 0, Exp (B) = 1

Preglednica 11: Primerjave parov v povprečnih vrednostih za neodvisno spremenljivko na osnovi odvisne spremenljivke (število izhodov v petih minutah) pri *M. capitatus*. Število stopinj prostosti je vedno 1.

I	J	Povp. razlika (I-J)	SE	p	95% CImin	95% CImax
Popoldan	Zvečer	0.546	0.481	0.256	-0.397	1.489
	Zjutraj	-1.226	0.594	0.076	-2.554	0.101
Zjutraj	Zvečer	1.773	0.667	0.023	0.180	3.366

3.5.3. *Messor ibericus*

Devianca podatkov je bila ob uporabi vseh spremenljivk v analizi preveč razpršena, zato analize z GLM modelom nismo uspeli narediti. Iz naših opažanj pa lahko rečemo, da so bile mravlje na Belvederju najbolj aktivne pri iskanju hrane, ko so bile zunanje temperature nižje. Največjo aktivnost smo zaznali pri zunanji temperaturi 27° C, malo manjšo pri 19° in ničelno pri 34° C. Na lokaciji v Spodnjih Škofijah in Jagodju glede na spreminjajoče se vremenske razmere nismo zaznali nobenih sprememb v aktivnosti mravelj pri iskanju hrane.

3.6 Popis drugih vrst mravelj

Pri popisu drugih vrst mravelj v okolici vzorčnih mravljišč vrst iz rodu *Messor* smo skupaj našli 30 vrst, ki smo jih razvrstili v spodnji seznam po klasifikaciji po Boltonu (2003). Najbolj pogosta vrsta glede na število lokalitet je bila *C. piceus*, ki smo jo našli na 11 lokalitetah. Na le eni lokaliteti smo našli 11 vrst (Preglednica 12). Največ vrst smo našli na lokaliteti v Dragonji (n = 11), najmanj pa na lokalitetah na Štanjelu (n = 4) in v Gabrovici (n = 2). V bližini mravljišč *M. capitatus* smo skupaj našli še 12 drugih vrst, v bližini mravljišč *M. structor* 21 drugih vrst in v bližini *M. ibericus* 15 drugih vrst mravelj (Preglednica 12).

Preglednica 12: Seznam vrst mravelj, ki so bile zabeležene (+ - mravljišče, * - posamično) v neposredni bližini mravljišč na 11 lokalitetah, kjer smo zabeležili mravlje iz rodu *Messor*. Okrajšave vrst: *Ms* – *Messor structor*, *Mc* – *Messor capitatus*, *Mi* – *Messor ibericus*). Okrajšave geografskih regij: VD – Vipavska dolina, KS – Kras, KR – Kraški rob, OB – Obala. Okrajšave lokalitet: Vipavska dolina: R – Ravne, P – Podnanos; Kras: Š – Štanjel, V – Vilenica; Kraški rob: G – Gabrovica; H – Hrastovlje; Obala: T – Tinjan, SŠ – Spodnje Škofije, B – Belveder, J – Jagodje, D – Dragonja.

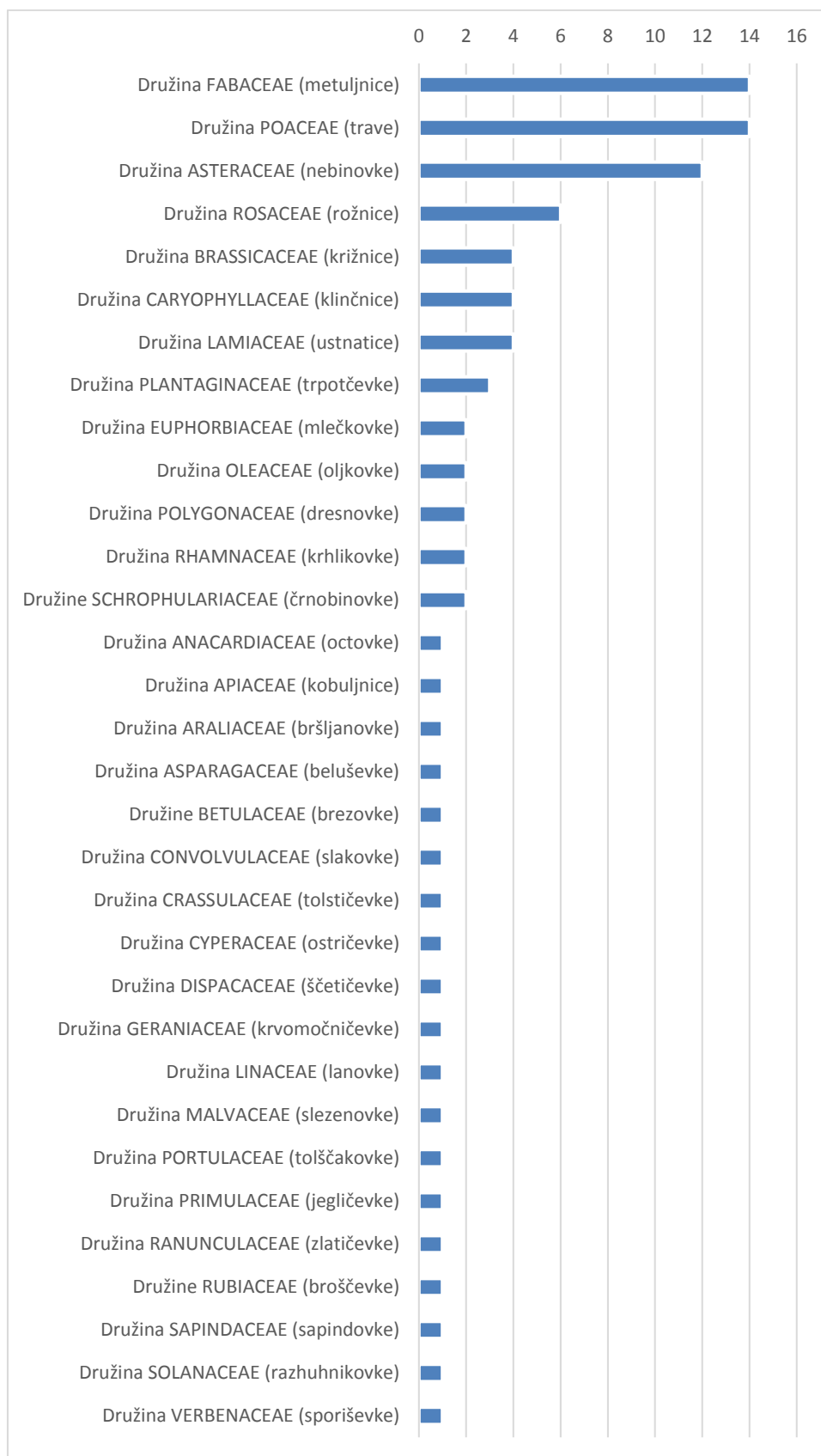
	Regija	VD		KS		KR		OB					Σ	Skupaj z <i>Messor</i> sp.	
		R	P	Š	V	G	H	T	SŠ	B	J	D			
Družina FORMICIDAE Latreille, 1809															
Poddružina FORMICINAE Latreille, 1802															
Tribus CAMPONOTINI Forel, 1878															
1.	<i>Camponotus aethiops</i> (Latreille, 1798)	*	+*		+		+	+	+	+	+	*	9	<i>Mc, Ms, Mi</i>	
2.	<i>Camponotus gestroi</i> (Emery, 1878)											*	1	<i>Mc</i>	
3.	<i>Camponotus ligniperda</i> (Latreille, 1802)				+								1	<i>Ms</i>	
4.	<i>Camponotus piceus</i> (Lach, 1825)	*	*	*	+	+	*	+	*	*	*	+	11	<i>Ms, Mi, Mc</i>	
Tribus FORMICINI Latreille, 1809															
5.	<i>Formica cunicularia</i> (Latreille, 1798)	+						+	*			+	4	<i>Ms, Mi, Mc</i>	
6.	<i>Formica rufibarbis</i> (Fabricius, 1793)			*									1	<i>Ms</i>	
7.	<i>Formica gagates</i> (Latreille, 1798)				*								1	<i>Ms</i>	
Tribus LASIINI Ashmead, 1905															
8.	<i>Lasius alienus</i> (Forster, 1850)				+								1	<i>Ms</i>	
9.	<i>Lasius distinguendus</i> (Emery, 1916)									+			1	<i>Mi</i>	
10.	<i>Lasius emarginatus</i> (Oliver, 1792)	*										*	2	<i>Mc, Ms</i>	
11.	<i>Lasius fuliginosus</i> (Latreille, 1798)									+			1	<i>Mi</i>	
12.	<i>Lasius myops</i> (Forel, 1894)	+						+					2	<i>Mi</i>	
13.	<i>Lasius niger</i> (Linnaeus, 1758)		*										1	<i>Ms</i>	
14.	<i>Lasius paralienus</i> (Seifert, 1992)		*	*	+				+	*	+		6	<i>Mi, Ms</i>	
Tribus PLAGIOLEPIDINI Forel, 1886															
15.	<i>Plagiolepis pygmaea</i> (Latreille, 1798)	+	+		+		+	*	*	+	+	+	9	<i>Ms, Mc, Mi</i>	
Poddružina MYRMICINAE Lepeletier, 1835															
Tribus ATTINI Smith, 1858															
16.	<i>Aphaenogaster epirotes</i> (Emery, 1895)											*	1	<i>Mc</i>	
17.	<i>Aphaenogaster subterranea</i> (Latreille, 1798)									+			1	<i>Mi</i>	
Tribus CREMATOGASTRINI Forel, 1893															
18.	<i>Crematogaster schmidtii</i> (Mayr, 1853)						*						1	<i>Ms</i>	
19.	<i>Crematogaster sordidula</i> (Nylander, 1849)											+	1	<i>Mc</i>	
20.	<i>Temnothorax unifasciatus</i> (Latreille, 1798)									*			1	<i>Mi</i>	
Tribus MYRMICINI (Lepeletier de Saint – Fargeau, 1835)															
21.	<i>Myrmica sabuleti</i> (Meinert, 1861)		+										1	<i>Ms</i>	
22.	<i>Myrmica schencki</i> (Viereck, 1903)				*								1	<i>Ms</i>	
Tribus PHEIDOLINI Emery, 1877															
23.	<i>Pheidole pallidula</i> (Nylander, 1849)		+*			+	+				*	+	5	<i>Mc, Mi, Ms</i>	
Tribus SOLENOPSISIDINI Forel, 1893															
24.	<i>Solenopsis fugax</i> (Latreille, 1798)	*	+*		+		+	*	*		+	+	8	<i>Ms, Mi, Mc</i>	

Tribus STENAMMINI Ashmead, 1905														
25.	<i>Messor structor</i> (Latreille, 1798)		+										1	<i>Ms</i>
Tribus TETRAMORINI Emery, 1895														
26.	<i>Tetramorium cf. caespitum</i> (L., 1758)	+		*	+		+		+				5	<i>Ms, Mi, Mc</i>
27.	<i>Tetramorium moravicum</i> (Kratohvil, 1941)							+					1	<i>Ms</i>
Poddružina DOLICHODERINAE Forel, 1878														
Tribus TAPINOMINI Emery, 1912														
28.	<i>Tapinoma erraticum</i> (Latreille, 1798)							*			*	*	3	<i>Mi, Mc, Ms</i>
29.	<i>Tapinoma subboreale</i> (Seifert, 2012)		+*										1	<i>Ms</i>
Poddružina PONERINAE (Lepeletier de Saint – Fargeau, 1835)														
Tribus PONERINI (Lepeletier de Saint – Fargeau, 1835)														
30.	<i>Hypoponera eduardi</i> (Forel, 1894)									+			1	<i>Mi</i>
	Σ	8	10	4	10	2	7	8	7	9	7	11		

3.7 Popis vrst rastlin

Okrog mravljišč v polmeru dveh metrov smo popisovali tudi rastline. Skupno smo zabeležili 91 vrst rastlin iz 33 družin. Največ vrst prihaja iz družine trav (Poaceae) – 14 vrst, metuljnic (Fabaceae) – 14 vrst, nebinovk (Asteraceae) – 12 vrst, ter rožnic (Rosaceae) – 6 vrst (Slika 30, Priloga 1).

V primerih, ko so bile mravlje aktivne pri nabiranju hrane, smo opazovali tudi, katera semena (t.j. semena katerih rastlinskih vrst) nosijo mravlje rodu *Messor* v mravljišča. Mravlje vrste *Messor capitatus* so v Hrastovljah v spomladanskem času v koloni nosile pleve in semena *Stellaria media* ter delce sveže pokošene trave. Semena *Stellaria media* so ravno tako v spomladanskem času v koloni nabirale mravlje vrste *Messor ibericus* na Belvederju. V poletnem času smo opazili, da so mravlje vrste *Messor structor* v Podnanosu v koloni obiskovale *Anthyllis vulneraria* in nosile semena raznih trav. V jeseni so v Hrastovljah mravlje obeh tam prisotnih vrst (*M. capitatus* in *M. structor*) posamično nosile semena sukulentne rastline *Portulaca oleracea*, delce sveže pokošene trave pa so takrat ravno tako posamično nosile mravlje vrste *M. structor*. V jeseni smo na Tinjanu pri vrsti *Messor structor* opazili, da so mravlje posamično nosile semena *Polygonum aviculare* in *Dactylis glomerata*.



Slika 30: Število rastlinskih vrst po družinah v polmeru dveh metrov okrog mravljišč.

4 DISKUSIJA

4.1 Prisotnost vrst

Na območju jugozahodne Slovenije smo potrdili prisotnost treh vrst mravelj iz rodu *Messor*: *M. capitatus*, *M. structor* in *M. ibericus*. Na območju jugozahodne Slovenije oziroma v submediteranskem delu Slovenije so bile sicer v seznamu vrst Slovenije (Bračko 2007) odkrite tri vrste tega rodu (*M. capitatus*, *M. cf. structor* in *M. wasmanni*), od katerih vrste *M. wasmanni* v naši raziskavi nismo našli, kar potrjuje predvidevanja, da je podatek iz literature za to vrsto verjetno napačen. Vrsta *M. structor* se je do pred kratkim zapisovala kot kriptična vrsta dveh ali več vrst (*M. cf. structor*), saj ni bilo točno definirano, s kakšnimi znaki lahko ločujemo vrste med seboj. V letu 2018 je bila izdana pomembna taksonomska revizija (Steiner 2018), s pomočjo katere je Bračko (ustni stik) ugotovil, da omenjeni takson na območju Slovenije predstavlja dve vrsti: *M. structor* in *M. ibericus*, od katerih se slednja pri nas nahaja samo na Obali. Tudi vrsto *M. capitatus* smo v naši raziskavi našli le na Obali in Kraškem robu, severneje pa ne. Na vseh lokalitetah so se vrste pojavljale alopatrično, razen v Hrastovljah, kjer sta si vrsti *M. structor* in *M. capitatus* simpatrični.

4.2 Načini nabiranja hrane

Naši rezultati so pokazali, da ima vrsta *M. capitatus* visoko fleksibilnost glede načina nabiranja hrane, saj so mravlje te vrste skoraj v polovici vzorčenj hrano nabirale posamič, v skoraj 40% vzorčenj pa v kolonah. To ne sovпада z ugotovitvami Baroni – Urbanija (1991), ki je prišel do zaključka, da *M. capitatus* največ časa (90%) hrano išče posamič. Do enakih ugotovitev kot Baroni – Urbani (1991) sta prišla tudi Cerda (1994) in Arnan (2010). Pri ostalih dveh vrstah (*M. structor* in *M. ibericus*) se je pokazal trend, da so hrano v večini primerov nabirale posamič. Tudi ti rezultati ne sovpadajo z ugotovitvami Baroni Urbanija (1991), ki je ugotovil, da vrsta *M. structor* hrano v večini primerov išče ali v kolonah ali skupinsko. Plowes (2013) je mnenja, da vse vrste kažejo visoko fleksibilnost pri spreminjanju načina iskanja hrane, ki je v največji meri odvisen od količine hrane v okolici mravljišča. To lahko potrdimo tudi pri našem opazovanju vrste *M. structor* na Tinjanu. V pomladnem času izven mravljišča nismo zabeležili aktivnosti, medtem ko so bile mravlje v poletnem in jesenskem času zelo aktivne. V poletnem opazovanju je mravljišče v 5 minutah zapustilo 53 mravelj, jeseni pa 40. Omembe vredna razlika v načinu iskanja hrane je bila v tem, da so se poleti pomikale v koloni, jeseni pa so hrano iskale posamično. Za poletni čas nimamo podatka, semena katere rastlinske vrste so mravlje nabirale, vemo pa, da so jeseni nabirale semena *Polygonum aviculare* in *Dactylis glomerata*, ki cvetita vse od junija do septembra.

Katero pot bodo delavke izbrale, je odvisno od razporejenosti in količine hrane. Bernstein (1975) je v svoji raziskavi dokazal, da ko hrane primanjkuje, mravlje lahko spreminjajo smer

svoje poti bolj pogosto in lahko se spremeni dolžina ter širina poti. Ko je bilo hrane malo, so delavke iskale v dolgih in širših kolonah. Z nižjimi količinami hrane se tako poveča stopnja spreminjanja poti in povečata se tudi dolžina ter širina poti (Bernstein 1975).

Zakaj naši rezultati ne sovpadajo z nobeno od omenjenih raziskav lahko utemeljimo s tem, da so bile vse opravljene v toplih in suhih mediteranskih območjih – v Španiji in v puščavi Mojave v južni Kaliforniji, naša pa v submediteranskem okolju. Za submediteransko okolje velja, da ima večjo diverzitetu semen in posledično v rastni sezoni konstantno spreminjajoče se izvore hrane – semen.

V hladnejši klimi je podobno raziskavo naredil Hahn (1985) v jugozahodni Nemčiji na vrsti *M. structor* (v raziskavi je omenjena pod imenom *Messor rufitarsis*). Raziskava je potekala v toplih predelih Nemčije v dolini Rena, ki pa nimajo submediteranske klime. Prišel je do ugotovitev, da je vrsta zelo fleksibilna glede načinov iskanja hrane. Ko je bilo hrane v okolici malo in je bila ta razpršena, so mravlje uporabljale posamičen način iskanja, medtem ko so skupinski način iskanja in nabiranje v koloni uporabljale pri velikih količinah semen na istih lokacijah. Glede na raziskavo Hahna (1985) lahko zaključimo, da so naši rezultati v skladu z določenimi prejšnjimi raziskavami. Možno je, da se mravlje v submediteranski Sloveniji vedejo bolj podobno tem v toplejših predelih srednje Evrope (Nemčija), kot tistim v pravem mediteranskem območju.

4.3 Velikost semen

Pri ugotavljanju povezave med velikostjo delavk in velikostjo semen nismo našli močne korelacije, s čimer smo podkrepili ugotovitve drugih raziskav. V raziskavi (Hereida 2005), kjer so ugotavljali povezavo med velikostjo delavk in velikostjo semen, ki jih delavke nosijo v mravljišče, so prišli do zaključka, da večje mravlje ne nosijo večjih/težjih semen in obratno. V raziskavi so uporabili različno velika semena ječmena. Večino semen so grobo zmleli, nekatera semena pa so pustili cela. Semena so nato raztrosili okrog mravljišča in opazili, da mravlje raje izbirajo manjša semena (oz. manjše delce semen), kot pa večja. Iz tega so prišli do zaključkov, da je za mravlje učinkoviteje, če pobirajo le manjša semena, saj jih lažje in hitreje nesejo, kar seveda pomeni, da zmanjšajo čas med tem ko hrano odkrijejo in jo prinesejo v mravljišče. Opazili so tudi, da semena v mravljišče nosijo le majhne delavke, medtem ko so večje in srednje mravlje bolj ali manj zadolžene za iskanje semen in vodenje manjših delavk (Hereida 2005). Georgiadis (2005) je ravno tako prišel do zaključkov, da mravlje vseh velikosti nosijo semena vseh velikosti in da velike delavke ne nosijo samo največjih semen, saj bi to pomenilo potrato energije in časa. Do enakih rezultatov sta prišla tudi Baroni – Urbani (1990) in Willott (2000). Baroni – Urbani je ugotavljal, katere so tiste značilnosti semen, ki vplivajo na to, da jih mravlje odnesejo v mravljišče in prišel do ugotovitve, da ne obstaja nobena povezava med značilnostmi semen

(sveža masa, suha masa, vsebnost vode, energijska vsebnost in vsebnost hranil) in preferenco mravelj zanje.

Willott in sod. (1990) so ugotovili, da je bila za 20–30% variance v velikosti nabranih semen posledica velikosti delavk. Tudi Arnan in sod. (2010) so ugotovili, da se je povprečna velikost delavk pri različnih vrstah pokazala kot glavni dejavnik za razliko v velikosti nabranih semen. Primerjali so vrste *M. barbarus*, *M. capitatus* in *M. bouvieri* in ugotovili, da sta prvi dve vrsti nabrale približno enaki količini velikih in malih semen, medtem ko je vrsta *M. bouvieri* nabrala več manjših semen kot pa večjih, kar je posledica manjši povprečni velikosti delavk. Enak trend smo opazili tudi pri naših treh vrstah. Povprečna izmerjena širina glave pri vrsti *M. ibericus* je bila manjša kot pri ostalih dveh vrstah. Iz tega lahko zaključimo, da je vrsta *M. ibericus* manjša kot ostali dve preučevani vrsti, *M. capitatus* in *M. structor*. Tudi pri pregledu povprečnih mas tovara opazimo isti trend, in sicer, da so mravlje *M. ibericus* nosile nekoliko lažji tovor kot mravlje ostalih dveh preučevanih vrst.

4.4 Dnevna in sezonska aktivnost nabiranja hrane

Za obe opazovani vrsti *M. capitatus* in *M. structor* so statistični rezultati pokazali na razlike v aktivnosti nabiranja hrane med letnimi časi in delom dneva. Mravlje *M. structor* so bile spomladi bistveno manj aktivne kot poleti in jeseni, medtem ko so bile mravlje *M. capitatus* ravno obratno najbolj aktivne spomladi in poleti, najmanj pa jeseni.

Da je aktivnost nabiranja hrane spomladi majhna in povečana v poletnem ter rahlo tudi jesenskem času je bilo pričakovano, saj takrat dozori največ semen rastlinskih vrst, ki jih mravlje nabirajo (Solida 2011).

Pri *M. structor* v pomladanskem času nismo opazili bistvenih odstopanj v aktivnosti med deli dneva, medtem ko so bile v vročih poletnih dneh najbolj aktivne zjutraj, jeseni pa najbolj aktivne zvečer. *M. capitatus* je imel spomladi in jeseni povečano aktivnost v popoldanskem času, medtem ko je bila aktivnost v vročem poletju ravno obratna in so bile mravlje najaktivnejše zjutraj in zvečer.

Naši rezultati za vrsto *M. structor* glede aktivnosti v določenem delu dneva ne sovpadajo z nam najbližjo raziskavo o dnevni in sezonski aktivnosti mravelj iz rodu *Messor*, ki je bila opravljena v Grčiji (Georgiadis 2005). Aktivnost nabiranja hrane pri mravljah so ravno tako merili po številu delavk, ki je zapustilo mravljišče v 5 minutah. Prišli so do enakih ugotovitev kot mi pri vrsti *M. capitatus*, da so mravlje v poletnem času čez dan najbolj aktivne v jutranjih in večernih urah, medtem ko je njihova aktivnost popoldne zelo zmanjšana. Ta vzorec se pojavi zaradi previsoke dnevne temperature v vročih poletnih dneh. Pri vrsti *M. structor* v naši raziskavi ni bilo opaziti takega vzorca v aktivnosti. Eden izmed razlogov bi lahko bilo naše hladnejše podnebje. V Kopru znaša povprečna letna temperatura med 12 in 13 °C, v Grčiji pa 16 °C.

Drugi možen razlog, zakaj se naši rezultati ne ujemajo z grško raziskavo je, da smo mi z vzorčenjem prehitro zaključili. Vzorčenja v Grčiji so bila izvedena vsakih 30 minut od 7-ih zjutraj do 11-ih zjutraj, potem pa od 17-ih popoldan pa vse do 21-ih zvečer oziroma dokler se zunaj ni stemnilo. Naša vzorčenja so bila razdeljena na tri dele. Prvi dopoldanski del je potekal od 9-ih do 12-ih, popoldanski del od 13-ih do 15-ih in večerni del od 17-ih do najkasneje 19-ih. Na Sliki 25 rezultati sicer sovpadajo z raziskavo Georgiadisa (2005), vendar so na tej sliki podatki združeni za obe naši preiskovani vrsti skupaj, kjer je bilo podatkov za vrsto *M. capitatus* več kot za *M. structor*.

4.5 Vpliv okoljskih dejavnikov na nabiranje hrane

Ob vsakem štetju aktivnosti mravelj smo merili tudi trenutne abiotske dejavnike, ki bi lahko vplivali na aktivnost nabiranja hrane pri mravljah. S pomočjo statističnih izračunov smo prišli do ugotovitev, da imajo največji vpliv na aktivnost mravelj letni čas, del dneva, zračni tlak in veter. Pri *M. structor* je aktivnost višja poleti in v jeseni. *M. capitatus* ima rahlo večjo aktivnost v popoldanskem in večernem času, aktivnost nabiranja hrane se še poveča ob višjem zračnem tlaku in vetru.

V raziskavi Georgiadisa (2005) sta se kot pomembna dejavnika pokazala zračni pritisk in temperatura zraka, relativna vlažnost zraka in hitrost vetra pa ne. Zakaj temperatura zraka pri nas ni statistično značilen dejavnik lahko pojasnimo s tem, da je v naši raziskavi temperatura zraka nad tlemi le redko presegla 30 °C. Azcarate in sod. (2007) ugotavljajo, da je idealna temperatura, v kateri so mravlje najbolj aktivne ravno med 25 in 30° C. Tolikšno temperaturo zraka smo tik nad tlemi izmerili pri večini naših vzorčenj, zato tudi povezave med temperaturo in aktivnostjo mravelj ni bilo mogoče najti. Seveda pa so mravlje aktivne tudi izven tega temperaturnega razpona. Azcarate in sod. (2007) ugotavljajo, da so mravlje aktivne tudi nad 30° C, vendar so takrat v okolici mravljišča v večini primerov našli le večje mravlje iz kaste, ki pa so poleg tega tudi počasnejše, čeprav bi pričakovali, da bomo na vročih tleh našli le mravlje, ki se gibljejo hitreje in se s tem tudi hitreje izognejo vročini. Azcarate in sod. (2007) menijo, da temperature nad 30°C pri mravljah pospešijo dehidracijo – izgubo vode v telesu, vendar za to nimajo statističnih dokazov. Podobno lahko sklepamo tudi mi, saj višja relativna zračna vlaga pomeni več vlage v zraku, zaradi česar bo dehidracija pri mravljah upočasnjena in s tem lahko pričakujemo večjo stopnjo aktivnosti. Naslednji abiotski dejavnik, ki se pokazal kot pomemben dejavnik za aktivnost mravelj, je veter. Po mnenju Azcarate in sod. (2007) je ta dejavnik inhibitor aktivnosti mravelj, saj ravno tako kot visoka temperatura pospeši dehidracijo. Obenem pa trdijo, da so kljub temu v svoji raziskavi našli mravlje v zelo vetrovnih dneh, ko so bile mravlje aktivne kljub temu, da bi jih veter lahko odpihnil stran. V naši raziskavi smo veter vedno merili na višini 2 metrov, tako da je bil vpliv vetra do tal že precej zmanjšan. Poleg tega je na območju jugozahodne Slovenije, kjer je potekala raziskava, veter bolj ali manj konstanta in indikator lepega vremena. Ravno

tako kot je višji zračni pritisk indikator lepega in suhega vremena, v katerem so mravlje tudi najbolj aktivne.

4.6 Kompeticija in druge mravlje

V radiusu dveh metrov okrog vzorčnih mravljišč smo našli skupno 30 različnih vrst mravelj. Vrste med seboj tekmujejo za teritorij in za hrano. Vse od najdenih vrst, razen vrste *Crematogaster schmidti*, gnezdijo v tleh. Tudi tri vrste rodu *Messor*, na katerih smo opravljali raziskave, gnezdijo v tleh, tako da obstaja zelo velika možnost, da prihaja pri teh vrstah do določene kompeticije. Dve od najdenih vrst se poleg tega, da gnezdita v tleh, občasno hranita tudi s semeni. Ti dve vrsti sta *Pheidole pallidula* in *Tetramorium cf. caespitum* (Seifert 2018). Pri vzorčnih kolonijah mravelj, kjer sta bili prisotni tudi ti dve vrsti, nismo opazili nobenih posebnosti v aktivnosti mravelj, tako da v našem primeru ne moremo trditi ali med njimi konkretno prihaja do kompeticije ali ne.

Veliko kompeticijo za rod *Messor* zna predstavljati tudi vrsta *Solenopsis fugax*, ki velja za tatinsko vrsto, saj sosednjim mravljiščem krade hrano. V našem primeru bi to bilo mogoče na lokaciji v Jagodju, kjer smo mravljišče vrste *S. fugax* našli v oddaljenosti 20 cm od opazovanega mravljišča *M. ibericus* ter v Vilenici, kjer se je mravljišče *S. fugax* nahajalo 30 cm stran od opazovanega mravljišča *M. structor*. Vrsto *S. fugax* največkrat najdemo v mravljiščih rodov *Lasius* in *Formica*, kjer krade in se hrani z njihovim zarodom (www.antweb.org).

V največ primerih pa je znano, da so se mravlje kompeticiji prilagodile tako, da je inter- in intraspecifičnih srečanj čim manj, saj s tem preprečijo in zmanjšajo morebitne energetske izgube. Solida in sod. (2011) so pri vrstah *M. wasmanni* in *M. minor* dokazali, da prihaja do visoke stopnje izkoriščanja istih virov hrane, zaznali pa niso nobene interspecifične kompeticije med vrstama, niti intraspecifične. Ugotavljajo, da je to posledica prilagajanja vrst ene na drugo. V poletnem času, ko je bilo virov hrane dovolj, so mravlje obiskovale iste rastline, le da so nabirale semena različnih velikosti. V jesenskem času, ko je bilo virov hrane manj, pa so obiskovale različne rastline.

V našem primeru bi o intraspecifični kompeticiji lahko govorili na lokaciji v Podnanosu, kjer sta se na isti lokaciji na razdalji 320 cm, nahajali mravljišči vrste *M. structor*. Posebnosti pri teh dveh mravljiščih nismo opazili, opazili pa smo, da so bile vedno mravlje iz mravljišča št. 1 manj aktivne pri iskanju hrane kot mravlje iz mravljišča št. 2. Pri spomladanskem in jesenskem vzorčenju so bile mravlje iz mravljišča št. 1 popolnoma neaktivne (niti niso iskale hrane, niti čistile mravljišča), v poletnem času pa so čistile mravljišče in bile aktivne pri nabiranju hrane, čeprav sta mravljišče v 5 minutah opazovanja zapustili samo 2 mravlji, v mravljišče pa se je vrnila le ena mravlja s tovorom. Za razliko od mravljišča 1 so bile mravlje v mravljišču št. 2 veliko bolj aktivne. Ob vseh treh opazovanjih so čistile mravljišče in veliko

bolj aktivno nabirale hrano. V spomladanskem času so sicer mravljišče v petih minutah zapustile le tri mravlje, v poletnem času 80, v jesenskem pa 12. Ostalih posebnosti pri nabiranju hrane pri teh dveh vrstah nismo opazili, zato iz rezultatov ne moremo trditi, da je med našimi opazovanji prišlo do kakršnekoli kompeticije. Možen razlog, zakaj kompeticija ni bila prisotna, je lahko tudi ta, da je šlo morda le za eno mravljišče z dvema vhodoma. Drugi razlog, ki ga navaja Seifert (2018) je, da pri tej vrsti ne prihaja do agresije med delavkami različnih kolonij.

4.7 Prispevek mravelj k razširjanju semen

Od mravelj, ki se hranijo s semeni, ločimo granivorne mravlje in mravlje, ki se hranijo le z delom semen (elajosomom). Znano je, da mravlje, ki se hranijo z elajosomi, prispevajo k razširjanju semen rastlin, saj se hranijo le z delom semen in tako seme ostane nepoškodovano in lahko kali. Granivorne mravlje pa so mravlje, ki se hranijo s celotnim semenom in je zanje manj znano, da pripomorejo k razširjanju semen. V kolikšni meri pripomorejo k razširjanju semen, so poskušali ugotoviti v raziskavi (Detrain 2000) in ugotovili, da so mravlje izredno uspešne pri shranjevanju semen v mravljišče in izgubijo le 0,1% semen. Semena na svoji poti proti mravljišču največkrat odlagajo ob poti, po kateri iščejo hrano in tako obstaja zelo majhna možnost, da bi seme ostalo spregledano s strani drugih delavk v koloniji. Iz teh rezultatov so prišli do zaključkov, da granivorne mravlje ne prispevajo k razširjanju semen.

Podobna raziskava je bila opravljena tudi v puščavi Sonara (Arizona, ZDA), kjer so iz manjšega območja za štiri leta odstranili granivorne mravlje in opazili, da se je gostota vseh rastlin zvišala za 1,35 – krat. Dokazali so tudi, da je bilo v prvem letu po vrnitvi mravelj pobranih kar 66 % semen trav, ki so jih mravlje prednostno izbirale, v drugem letu pa 44,9 % (Hensen 2002).

5 ZAKLJUČEK

Z raziskavo smo poskušali podati prispevek k poznavanju vrst *Messor structor*, *M. capitatus*, in *M. ibericus*, saj v submediteranskem delu Evrope na teh treh vrstah ni bilo opravljenih veliko ekoloških raziskav.

Na območju jugozahodne Slovenije smo potrdili prisotnost treh vrst mravelj iz rodu *Messor*. Te so *M. capitatus*, *M. structor* in *M. ibericus*, od katerih smo slednjo zasledili le na obalnem območju.

Predvidevali smo, da bodo imele vrste vsaka svoj specifičen način nabiranja hrane, vendar te hipoteze nismo potrdili. Ugotovili smo, da vse vrste kažejo fleksibilnost pri iskanju hrane. Vrsta *M. capitatus* je bila od vseh najbolj prilagodljiva, saj je v približno polovici opazovanj hrano iskala posamič, v polovici pa v kolonah. Tudi ostali dve vrsti sta hrano iskali tako posamič kot v kolonah, le da je bilo posamičnega nabiranja hrane bistveno več.

Predvidevali smo, da se aktivnost mravelj pri nabiranju hrane spreminja tekom dneva in sezone ter v odvisnosti od različnih abiotskih dejavnikov. To hipotezo smo potrdili. Aktivnost mravelj se je spreminjala v povezavi z dela dneva, letnega časa, zračnega pritiska in vetra. Statistično smo dokazali, da je bila aktivnost mravelj v večini primerov večja zjutraj kot v ostalih delih dneva. Prav tako je bila aktivnost povečana v poletnem in jesenskem času. Kot pomembna abiotska dejavnika, ki ravno tako zvišujeta aktivnost mravelj, sta se pokazala tudi zračni pritisk in veter. Višji zračni pritisk je indikator lepega vremena, veter pa je na vzorčnih mestih jugozahodne Slovenije stalnica, še posebej severovzhodnik, ki ob svoji prisotnosti sproži pojav suhega in sončnega vremena.

Tretjo hipotezo, da večje delavke nosijo večji tovor smo potrdili le delno. Večje mravlje iste vrste ne nosijo tudi najtežjih semen in obratno, smo pa ta trend opazili med različnimi vrstami mravelj. Dokazali smo, da v povprečju večje vrste mravelj nosijo težja semena.

Na osnovi popisa okoljskih parametrov, rastlinskih vrst in drugih vrst mravelj v okolici mravljišč, smo s pomočjo naše raziskave dobili boljši vpogled v ekologijo mravelj treh granivornih vrst, *Messor capitatus*, *M. structor* in *M. ibericus* v submediteranskem območju.

6 LITERATURA IN VIRI

Agosti D., Collingwood C.A. A provisional list of the Balkan ants (Hym. Formicidae) with a key to the worker caste. II. Key to the worker caste, including the European species without the Iberian. *Mitteilungen der Schweizerischen entomologischen Gesellschaft* 60 (1987): 261 – 293.

Arnan X., Retana J., Rodrigo A., Cerda X. Foraging behaviour of harvesting ants determines seed removal and dispersal. *Insectes Sociaux* 57 (4) (2010): 421 – 430.

Azcarate F. M., Arqueros L., Sanchez A. M., Peco B. Seed and fruit selection by harvester ants, *Messor barbarus*, in Mediterranean grassland and scrubland. *Functional Ecology* 19 (2005): 273 – 283.

Azcarate F. M., Peco B. Harvester ants (*Messor barbarus*) as disturbance agents in Mediterranean grasslands. *Journal of Vegetation Science* 18 (1) (2007): 103 – 110.

Baroni – Urbani C., Nielsen G. M. Energetics and foraging behaviour of the European seed harvesting ant *Messor capitatus*: II. Do ants optimize their harvesting? *Physiological Entomology* 15 (1990): 449 – 461.

Baroni – Urbani C. Evolutionary aspects of foraging efficiency and niche shift in two sympatric seed – harvesting ants (*Messor*) (Hymenoptera: Formicidae). – *Ethology, Ecology and Evolution* 1 (1991): 75 – 79.

Baroni – Urbani C. Factors affecting seed preference among Old World harvester ants of the genus *Messor*. *Ethology Ecology & Evolution* (4) (1992): 73 – 80.

Bernard F. Les fourmis (Hymenoptera Formicidae) d'Europe occidentale et septentrionale. *Faune de l'Europe et du bassin mediterraneen* 3 (1967).

Bernstein R. A. Foraging strategies of ants in response to variable food density. *Ecology* 56 (1975): 213 – 219.

Bolton B. 2003. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute* 17.

Borowiec L. Catalogue of ants of Europe, the Mediterranean Basin and adjacent regions (Hymenoptera: Formicidae). *Biologica Silesiae* 25 (2014): 1 – 340.

Bračko G. Review of the ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) of Croatia. *Acta entomologica Slovenica* 14 (2) (2006): 131 – 156.

Bračko G. Checklist of the ants of Slovenia (Hymenoptera: Formicidae). *Natura Sloveniae* 9 (1) (2007): 15 – 24.

Bračko G., Česnik L. First records of six ant species (Hymenoptera: Formicidae) for Slovenia. *Natura Sloveniae* 18 (2) (2016): 39 – 46

Brown M., Gordon D. M. How resources and encounters affect the distribution of foraging activity in a seed – harvesting ant. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 47 (3) (2000): 195 – 203.

Cerda X., Retana X. Food exploitation patterns of two sympatric seed harvesting ants *Messor bouvieri* (Bond.) and *Messor capitatus* (Latr.) (Hym., Formicidae) from Spain. *Journal of Applied Entomology* 117 (1 – 5) (1994).

Detrain C., Tasse O. Seed drops and caches by the harvester ant *Messor barbarus*: do they contribute to seed dispersal in Mediterranean grasslands? *Naturwissenschaften* 87 (2000): 373 – 376.

Gams I., Vrišer I., Bernot F., Bračič V., Černe A., Jeršič M., Kokole V., Kokole V., Lah A., Lovrenčak F., Perko D., Sket B., Kolbezen M. 1998. 7 Rastlinstvo. V: Lovrenčak F. (ur.). *Geografija Slovenije*. Ljubljana, Slovenska matica: 186 – 204.

Geopedia, interaktivni atlas Slovenije. www.geopedia.si (datum dostopa: 12.9.2015).

Georgiadis C., Legakis A. Preliminary experiments on the foraging activity of *Messor* ants from Greece. 3rd European Congress on Social Insects. St. Petersburg, 22 – 27.8.2005.

Hahn M., Maschwitz U. Foraging strategies and recruitment behaviour in the European harvester ant *Messor rufitarsis* (F.). *Oecologia* 68 (1) (1985): 45 – 51.

Hensen I. Seed predation by ants in south – eastern Spain (Desierto de Tabernas, Almeria). *Anales de Biologia* 24 (2002): 89 – 96.

Heredia A., Detrain C. Influence of seed size and seed nature on recruitment in the polymorphic harvester ant *Messor barbarus*. *Behavioral Processes* 70 (2005): 289 – 300.

Hölldobler B., Wilson E. O. 1990. *The ants*. Harvard University Press.

Inouye R. S., Byers G.S., Brown J.H. Effects of predation and competition on survivorship fecundity, and community structure of desert annuals. *Ecology* 61 (1980): 1344 – 1351.

Klocke N.L., Fischbach P.E. 1984. G84-690 Estimating Soil Moisture by Appearance and Feel. *Historical Materials from University of Nebraska – Lincoln Extension*. (Dostopno 12.9.2015, na <http://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/1201/>).

Lopez F., Serrano M. J., Acosta F. J. 1992. Temperature – vegetation structure interaction: the effect of the activity of the ant *Messor barbarus* (L.). *Vegetatio* 99 – 100 (1992): 119 – 128.

- Martinčič A. 2007. Mala flora Slovenije. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije.
- McCullagh P., Nelder FRS J.A. 1983. Generalized Linear Models, second edition, Chapman and Hall. (Dostopno 27.7.2019, na <http://www.utstat.toronto.edu/~brunner/oldclass/2201s11/readings/glmbook.pdf>).
- Mršič N. 1997. Opnokrilci. V: Živali naših tal. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 317 – 320.
- Plowes J. R. N., Johnson A. R., Holldobler B. Foraging behaviour in the ant genus *Messor* (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). Myrmecological News 18 (2013): 33- 49.
- Ruano F., Tinaut A., Soler J. J. High surface temperatures select for individual foraging in ants. Behavioral Ecology Vol. 11 No. 4 (2000): 396 – 404.
- Schlick – Steiner B.C., Steiner F.M. Faunistisch- ökologische Untersuchungen an den freilebenden Ameisen (Hymenoptera: Formicidae). Wiens. Myrmecologische Nachrichten 3 (1999): 9 – 53.
- Schlick – Steiner B. C., Steiner F. M., Konrad H., Marko B., Csoz S., Heller G., Ferencz B., Sipos B., Christian E., Stauffer C. More than one species of *Messor* harvester ants (Hymenoptera: Formicidae) in Central Europe. Eur. J. Entomol. 103 (2006): 469 – 476.
- Seifert B. The Ants of Central and North Europe. Iutra Verlags – und Vertriebsgesellschaft (2018): 11 – 178.
- Sket B., Gogala M., Kuštor V. 2003. Žuželke. V: Gogala A. (ur.). Živalstvo Slovenije. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 262 – 457.
- Solida L., Celant A., Luiselli L., Grasso A. D., Mori A., Fanfani A. Competition for foraging resources and coexistence of two syntopic species of *Messor* harvester ants in Mediterranean grassland. Ecological Entomology (2011) 36: 409 – 416.
- Steiner F.M., Csoz S., Marko B., Gamisch A., Rinnhofer L., Folterbauer C., Hammerle S., Stauffer C., Arthofer W., Schick – Steiner B.C. Turning into five: integrative taxonomy uncovers complex evolution of cryptic species in the harvester ant *Messor* »*structor*«. Molecular Phylogenetics and Evolution (2018).
- Stritar A. Pedosekvence v Sloveniji. V: Stritar I. (ur.). Krajina, krajinski sistem, Raba in varstvo tal v Sloveniji. Ljubljana, Partizanska knjiga (1990): 51-126.
- Traniello J. F. A. Foraging Strategies of Ants. Annual Review of Entomology 34 (1) (1989): 191 – 210.

Willot J., Compton S. Foraging, food selection and worker size in the seed harvesting ant *Messor bouvieri*. *Oecologia* 125 (1) (2000): 35 – 44.

<https://www.antstore.net/shop/en/ants/Ants-from-South-Europe/Messor-cf--capitatus.html>.

Dostopno dne: 11.5.2018

<https://www.antweb.org/> Dostopno dne: 8.3.2020

<http://www.antfinity.com/caresheets/messor-structor-caresheet/>. Dostopno dne: 11.5.2018

PRILOGA A: Seznam vrst rastlin po družinah popisanih v radiusu dveh metrov okrog mravljišč z okrajšavami lokalitet na katerih so bile vrste najdene (glej Prilogo B).

Družina AMARANTHACEAE (ščirovke)

Chenopodium album (L.) (T, H)

Družina ANACARDIACEAE (octovke)

Cotinus coggygria Scop. (H)

Družina APIACEAE (kobuljnice)

Eryngium amethystinum (L.) (P)

Družina ARALIACEAE (bršljanovke)

Hedera helix (L.) (H)

Družina ASPARAGACEAE (beluševke)

Prospero autumnale (L.) Speta (D)

Družina ASTERACEAE (nebinovke)

Achillea millefolium (L.) (Š, G)

Taraxacum officinale (Web.) (R, P, H)

Conyza canadensis (L.) Cronquist (R, T)

Conyza bonariensis (L.) (Š)

Crepis vesicaria (L.) (Š)

Centaurea jacea (L.) (P, V, Š, P, T, G, H)

Erigeron annuus (L.) Pers. (R, P, SŠ, T)

Cichorium inyibus (L.) (R, P)

Artemisia vulgaris (L.) (P)

Artemisia alba Turra (H)

Ambrosia artemisiifolia (L.) (P)

Senecio inaequidens DC. (G)

Družina BRASSICACEAE (križnice)

Alyssum montanum (L.) (H)

Cardamine hirsuta (L.) (H)

Capsella bursa – pastoris (L.) Medik. (H)

Diplotaxis tenuifolia (L.) DC. (P, T, G, H)

Družine BETULACEAE (brezovke)

Oystria carpinifolia Scop. (SŠ, Š, T)

Družina CARYOPHYLLACEAE (klinčnice)

Gypsophila repens (L.) (R, P, Š, H)

Silene vulgaris (Moench) Garcke (D, SŠ)

Stellaria media (L.) Vill. (B, H)

Tunica saxifraga (L.) Link (V)

Družina CONVOLVULACEAE (slakovke)

Convolvulus cantabrica (L.) (H)

Družina CRASSULACEAE (tolstičevke)
Sedum sexangulare (L.) (Š, H)

Družina CYPERACEAE (ostričevke)
Carex sp. (P)

Družina DISPACACEAE (ščetičevke)
Knautia arvensis (L.) (SŠ, G)

Družina EUPHORBIACEAE (mlečkovke)
Euphorbia cyparissias (L.) (SŠ, H)
Euphorbia nicaeensis All. (V)

Družina FABACEAE (metuljnice)
Genista germanica (L.) (Š)
Trifolium repens (L.) (R, Š, H)
Trifolium pratense (L.) (R, P)
Anthyllis vulneraria (L.) (P)
Lotus corniculatus (L.) (H)
Melilotus albus Medik. (P)
Melilotus officinalis (L.) Pall. (P)
Medicago falcata (L.) (T)
Medicago lupulina (L.) (T)
Medicago prostrata Jacq. (H)
Medicago sativa (L.) (H)
Dorycnium sp. (P, H)
Dorycnium germanicum (Gremli) Rouy. (SŠ, V, T)
Vicia sativa (L.) (T)

Družina GERANIACEAE (krvomočničevke)
Geranium rotundifolium (H)

Družina LAMIACEAE (ustnatice)
Stachys recta (L.) (D)
Salvia pratensis (L.) (P, V)
Satureja montana (L.) (G, H)
Thymus pulegioides (L.) (P)

Družina LINACEAE (lanovke)
Linum tenuifolium (L.) (P)

Družina MALVACEAE (slezenovke)
Malva neglecta Wallr. (T)

Družina OLEACEAE (oljkovke)
Fraxinus ornus (L.) (V)
Ligustrum vulgare (L.) (Š)

Družina PLANTAGINACEAE (trpotčevke)

Plantago major (L.) (R, H)
Plantago media (L.) (R, V)
Plantago lanceolata (L.) (R, SŠ, P, Š, T, G, H)

Družina POACEAE (trave)

Lolium perenne (L.) (R, H)
Bothriochloa ischaemum (L.) Keng (R, D, B, P, SŠ, Š, G, H)
Brachypodium rupestre (Host) Roem. & Schult. (T)
Cleistogenes serotina (L.) Keng (H)
Festuca sp. (D, H)
Arrhenatherum elatius (L.) (D, B)
Melica ciliata (L.) (H)
Setaria viridis (L.) P. Beauv. (D)
Echinochloa crus-galli (L.) Beauv (B)
Dactylis glomerata (L.) (P, Š, T, H)
Elytrigia repens (L.) (P)
Poa annua (L.) (H)
Setaria glauca (L.) (SŠ, Š, T, G, H)
Sesleria autumnalis (V, T, H)

Družina POLYGONACEAE (dresnovke)

Polygonum aviculare (L.) (Š, T)
Fallopia convolvulus (L.) A. Love (T, H)

Družina PORTULACAEAE (tolščakovke)

Portulaca oleracea (L.) (H)

Družina PRIMULACEAE (jegličevke)

Lysimachia sp. (L.) (H)

Družina RANUNCULACEAE (zlatičevke)

Clematis vitalba (L.) (B, V)

Družina RHAMNACEAE (krhlikovke)

Rhamnus rupestris Scop. (H)
Paliurus spina christi Mill. (H)

Družine RUBIACEAE (broščevke)

Galium verum (L.) (P, H)

Družina ROSACEAE (rožnice)

Crataegus monogyna Jacq. (Š)
Filipendula vulgaris Moench (T)
Potentilla repens (L.) (R)
Potentilla arenaria Borkh. (V)
Prunus mahaleb (L.) (V)
Sanguisorba muricata (Š, T, G, H)

Družina SAPINDACEAE (sapindovke)

Acer campestre (L.) (H)

Družine SCHROPHULARIACEAE (črnobinovke)

Pseudolysimachion barrelieri H. Schott (P)

Verbascum nigrum (L.) (V, T)

Družina SOLANACEAE (razhuhnikovke)

Solanum dulcmaria (L.) (H)

Družina VERBENACEAE (sporiševke)

Verbena officinalis (L.) (R, SŠ, Š)

PRILOGA B: Okrajšave lokalitet

R – Ravne

P – Podnanos

V – Vilenica

Š – Štanjel

H – Hrastovlje

G – Gabrovica

T – Tinjan

SŠ – Spodnje Škofije

B – Belveder

J – Jagodje

D – Dragonja

PRILOGA C: Rezultati opazovanja transporta hrane v mravljišče in aktivnosti za posamezno mravljišče v posameznem delu dneva in leta. Prikazani so samo rezultati, kjer je bila aktivnost nabiranja hrane in aktivnost v okolici mravljišča prisotna. % - delež mravelj, ki nosi tovor; N 5 - število mravelj, ki so mravljišče zapustile v 5 minutah opazovanja.

Regija/Lokaliteta	Del leta/dneva	%	N5	Smer nabiranja	Način nabiranja	Razdalja nabiranja	Vrsta aktivnosti
Vipavska dolina							
Ravne (<i>M. structor</i>)	Poletje/zvečer	77	32	/	kolona	4 m	/
Podnanos (<i>M. structor</i> 2)	Pomlad/popoldan	80	3	Z	posamič	cca 1 m	Čistijo mr.
Podnanos (<i>M. structor</i> 1)	Poletje/popoldan	0	2	/	posamič	0,5 m	Čistijo mr.
Podnanos (<i>M. structor</i> 2)	Poletje/popoldan	50	80	Z	kolona	10 m	Čistijo mr.
Podnanos (<i>M. structor</i> 2)	Jesen/dopoldan	66	12	Z	posamič	2 m	/
Kras							
Štanjel (<i>M. structor</i>)	Poletje/dopoldan	16	3	JZ	Posamič	6 m	Čistijo mr.
	Jesen/popoldan	75	10	ENE	posamič	1 m	/
Kraški rob							
Gabrovica (<i>M. capitatus</i>)	Pomlad/zvečer	16	14	SSE	Posamič	1,5 m	/
	Poletje/zvečer	30	17	SZ	Kolona	2 m	/
	Jesen/popoldan	25	2	/	Posamič	2 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 1)	Pomlad/dopoldan	84	68	/	Kolona	4,5 m	/
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 1)		22	5	ENE	Posamič	/	/
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 2)		0	0	/	/	/	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 1)	Pomlad/popoldan	31	79	/	Kolona	4 m	/
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 3)		36	8	JZ	Kolona	3 m	/
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 1)		60	0	/	Posamič	/	Se vračajo
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 2)		46	0	/	Kolona	2 m	Se vračajo
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 3)		0	0	/	/	/	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 2)		0	0	/	/	/	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 1)	Pomlad/zvečer	80	2	/	Posamič	2 m	/
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 1)		29	5	/	Kolona	2 m	/
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 3)		78	46	J	Kolona	5 m	/
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 2)		0	0	/	/	/	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 3)		0	0	/	/	/	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 3)	Poletje/zjutraj	38	5	/	Posamič	2 m	/
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 1)		45	4	SSZ	Posamič	3 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 2)		15	51	Vse smeri	Posamič	1 m	/
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 1)		25	12	J	Kolona	1,5 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 2)		57	81	Vse smeri	Posamič	3 m	/
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 3)		36	20	JJZ	Kolona	7 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 1)	Poletje/popoldan	50	7	/	Posamič	0,5 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 2)		16	5	/	Posamič	0,2 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 1)		26	5	/	Posamič	1,5 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 2)		0	0	/	/	/	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 3)		0	0	/	/	/	Čistijo mr.

Regija/Lokaliteta	Del leta/dneva	%	N5	Smer nabiranja	Način nabiranja	Razdalja nabiranja	Vrsta aktivnosti
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 3)	Poletje/zvečer	50	7	/	Posamič	0,5 m	/
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 1)		20	5	/	Posamič	0,2 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 2)		71	20	/	Posamič	0,2 m	/
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 1)		11	16	/	Posamič	1 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 2)		58	4	/	Posamič	1 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 3)		32	32	/	Posamič	2 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 3)	Jesen/dopoldan	0	4	/	Posamič	0,2 m	/
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 1)		0	2	/	Posamič	0,15 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 2)		50	4	J	Posamič	2 m	/
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 1)		75	1	J	Posamič	0,15 m	/
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 2)		0	8	J	Posamič	0,2 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 3)		82	28	J/JZ	Kolona	4 m	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 3)	Jesen/popoldan	30	18	/	Posamič	0,7 m	/
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 1)		78	4	Vse smeri	Posamič	1 m	/
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 2)		0	4	/	Posamič	/	Čistijo mr.
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 1)		77	0	/	Posamič	1 m	Se vračajo
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 2)		50	8	/	Posamič	0,5 m	/
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 3)		62	29	/	Kolona	3 m	/
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 3)	Jesen/zvečer	9	42	1 m v SSV	Posamič	1 m	/
Hrastovlje (<i>M. structor</i> 1)		78	7	/	Posamič	0,5 m	/
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 2)		14	1	/	Posamič	0,4 m	/
Hrastovlje (<i>M. capitatus</i> 3)		79	8	J	Kolona	2 m	/
Obala							
Tinjan (<i>M. structor</i>)	Poletje/zvečer	16	53	/	Kolona	2 m	/
	Jesen/popoldan	75	40	/	Posamič	1,5 m	/
Sp, Škofije (<i>M. ibericus</i>)	Pomlad/zvečer	45	5	/	Posamič	1 m	/
Sp, Škofije (<i>M. ibericus</i>)	Poletje/zvečer	53	6	J	Posamič	1 m	/
Sp, Škofije (<i>M. ibericus</i>)	Jesen/popoldan	0	2	/	Posamič	0,2 m	Čistijo mr.
Dragonja (<i>M. capitatus</i>)	Jesen/zjutraj	57	3	/	Posamič	0,4 m	Čistijo mr.
Belveder (<i>M. ibericus</i>)	Pomlad/popoldan	42	20	SV	Kolona	4 m	/
Belveder (<i>M. ibericus</i>)	Jesen/zjutraj	33	3	/	Posamič	0,1 m	/