



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE

Dean Ferić, Ivan Horvat, Igor Kambić, Karla Kudoić, Matea Mihalinec

ISTRAŽIVANJE FAUNE TVRDIH KRPELJA (*Acari: Ixodidae*) U ŠUMAMA SREDIŠNJE

I ISTOČNE HRVATSKE U 2021. GODINI

Zagreb, 2022.

Ovaj rad izrađen je na Zavodu za zaštitu šuma i lovno gospodarenje, Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc.dr.sc. Marka Vucelje i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2021./2022.

## Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	1
<b>1.1. Sistematika tvrdih krpelja</b> .....	3
<b>1.2 Morfologija i anatomija tvrdih krpelja</b> .....	3
<b>1.3. Rasprostranjenost i stanište tvrdih krpelja</b> .....	6
<b>1.4. Životni ciklus i razmnožavanje tvrdih krpelja</b> .....	9
<b>1.5. Utjecaj globalnog zatopljenja na tvrde krpelje</b> .....	11
<b>1.6. Zoonotički potencijal i vektorska uloga krpelja u prijenosu zoonoza</b> .....	12
<b>1.6.1. Lajmska bolest (borelioza)</b> .....	15
<b>1.6.2. Sindrom post – lajmske bolesti i kronična lajmska bolest</b> .....	16
<b>1.6.4. Humana erlihioza i anaplazmoza</b> .....	17
<b>1.6.5. Tularemija</b> .....	17
<b>2. Ciljevi rada</b> .....	18
<b>3. Materijali i metode istraživanja</b> .....	19
<b>4. Rezultati istraživanja</b> .....	29
<b>4.1. Sastav i struktura utvrđenih populacija tvrdih krpelja/ Determinacija vrsta i razvojnih stadija tvrdih krpelja</b> .....	29
<b>4.2. Prostorna i visinska distribucija tvrdih krpelja uzorkovanih u šumama Središnje i Istočne RH tijekom 2021. god.</b> .....	31
<b>4.3. Sezonska dinamika uzorkovanih krpelja</b> .....	32
<b>4.4. Rezultati uzorkovanja tvrdih krpelja na području Središnje Hrvatske; Medvednica</b> .....	32
<b>4.5. Rezultati uzorkovanja tvrdih krpelja na području Središnje Hrvatske; Gorski kotar</b> .....	35
<b>4.6. Rezultati uzorkovanja tvrdih krpelja na području Istočne Hrvatske; Papuk</b> .....	37
<b>5. Rasprava</b> .....	39
<b>6. Zaključak</b> .....	44
<b>7. Zahvale</b> .....	45
<b>8. Literatura</b> .....	46
<b>9. Sažetak</b> .....	52
<b>10. Summary</b> .....	54

## 1. Uvod

Krpelji su nekoliko milimetara veliki hematofagni paučnjaci, poznati po svome nametničkom životu i prijenosu različitih uzročnika bolesti na divlje i domaće životinje te na čovjeka (Hornok i Farkas, 2009; Hubálek, 2010, Rijepkema i sur. 1996). Njihov značaj kao vektora bolesti, drugi je po važnosti, odmah nakon komaraca (Nava i sur., 2009). Prve detaljnije studije o krpeljima u Hrvatskoj učinjene su 40-ih god. 20.st. (Oswald, 1940, 1941a, 1941b), a broj utvrđenih vrsta krpelja se povećavao od 1950-ih do 1980-ih godina (Mikačić 1949; Mikačić 1969; Vesenjaj-Hirjan i sur. 1977; Tovornik 1988, 1991), no prostor kontinentalne Hrvatske u manjoj mjeri bio je obuhvaćen tim i takvim istraživanjima. Prema Lindgrenu i sur. (2000), klimatske promjene mogu utjecati na rasprostiranje pojedinih vrsta krpelja, odnosno na širenje brojnih patogena, čime kreiranja popisa vrsta krpelja koji pridolaze na području Europe dodatno dobivaju na važnosti. Iznimno visoka prevalencija borelija (86%) među uzorcima krpelja vrste *Ixodes ricinus* (obični krpelj) prikupljenih na području grada Zagreba (Barišin i sur. 2011), dodatno stavlja naglasak na važnost poznavanja vrsta krpelja, ali i njihove brojnosti u prirodnožarišnim područjima. Među svim vrstama tvrdih krpelja, 20% ih parazitira na pticama, a 80% na sisavcima (Kolonin, 2009). Nažalost, čovjek također predstavlja povoljnog domaćina kako krpeljima, tako i patogenima koje prenose. Ukoliko su zaraženi, krpelji mogu sisanjem krvi prenijeti uzročnika zarazne bolesti na domaćina. Približno 10% od 896 poznatih vrsta, prenosioci su uzročnika bolesti u divljih životinja. Krpelji prolaze kroz četiri razvojna stadija; jajašce, ličinka, nimfa i adult. Krpelji u stadijima ličinke, nimfe i adulta aktivno traže domaćine na kojima će se hraniti krvlju. U medicinskom i veterinarskom pogledu, porodica *Ixodidae* (tvrđi krpelji) od velikog je značaja (Lindgren i Jaenson, 2006). Brojni su razlozi zbog kojih su krpelji učinkoviti prenosioci virusa, bakterija, rikecija i protozoa. Primjerice, zbog sporog i dugog hranjenja na različitim domaćinima tijekom svog životnog razvoja krpelji su u mogućnosti inficirati se brojnim uzročnicima bolesti, nadalje oni posjeduju veliki reproduktivni potencijal; imaju visok stupanj preživljavanja; mužjak običnog krpelja može gladovati 18, a ženka 27 mjeseci itd. (Romanović i Mulić, 1999).

Najčešće prenosiva bolest s krpelja na čovjeka je lajmska boreliozna (Nava i sur., 2009). Veliki interes znanstvenika krpelji su stekli upravo kao važni, globalno rasprostranjeni, vektori za prijenos različitih infektivnih patogena odgovornih za mnoge bolesti ljudi i životinja (Kumar i Chhangte, 2015). Posljednjih nekoliko godina u Europi je vidljiva tendencija porasta nekih

vektorskih bolesti. U Republici Hrvatskoj do sada je zabilježeno nekoliko krpeljima prenosivih bolesti, a najčešća su lajmska boreliozna i krpeljni meningoencefalitis kod ljudi, a kod pasa babezioza (Mulić i sur., 2011; Mrljak i sur., 2017).

Krpelje možemo naći u raznovrsnim prirodnim krajolicima. Iako dominantno nastanjuju listopadne i mješovite šume, oni također pridolaze i u šumama četinjača s dovoljno prizemne vegetacije, livadama, travnjacima, pašnjacima, prigradskim i gradskim staništima, kao i rekreacijskim i parkovnim prostorima (Burgdorfer, 1995; Estrada-Peña, 2001). Prilikom boravka u prirodi, osobito na prostorima koji obiluju niskim raslinjem, dolazimo u mogućnost kontakta s krpeljima. Najviše izložena skupina ljudi su oni koji profesionalno ili rekreativno borave učestalo u prirodi (šumari, planinari, lovci, vojnici, izletnici itd.).

Većinu bolesti prenosivih krpeljima moguće je spriječiti samim izbjegavanjem kontakta s krpeljima, pridržavanjem mjera osobne zaštite (npr. nošenje „glatke“ odjeće svijetlih tonova, uvlačenjem nogavica u čarape, korištenjem repelenata za odbijanje krpelja), pregledom tijela po povratku iz prirodnoga staništa pogodnoga za pridolazak krpelja (osobito pregleda „pregiba“ na tijelu gdje je koža mekša i vlažnija; npr. pazusi, prepone, vlasište), pravovremenom reakcijom i brzim i pravilnim uklanjanjem krpelja s tijela (pincetom, prihvaćanjem tik uz kožu te sporim povlačenjem krpelja „prema gore“, bez tretiranja krpelja ikakvim sredstvima, poput ulja, petroleja i sl.) te praćenjem nastanka promjena na mjestu uboda (npr. pojava crvenih koncentričnih krugova) i zdravstvenog stanja u danima nakon uboda. Krpeljni meningoencefalitis također moguće je prevenirati cijepljenjem.

Praćenje brojnosti i distribucije tvrdih krpelja, njihovo determiniranje (prema vrsti, spolu i razvojnom stadiju), analiziranje sezonske dinamike, kao i pojavnost uzročnika zoonoza među populacijama tvrdih krpelja od iznimne je važnosti za razumijevanje i praćenje pojavnosti infektivnih bolesti čiji su krpelji vektori. Edukacijom građana i detaljnim propisivanjem preventivnih mjera zaštite prilikom boravka ili rada u prostoru kojega naseljavaju tvrdi krpelji, možemo pozitivno utjecati na prevenciju pojave i širenja navedenih bolesti. Temeljni poticaj za poduzimanje ovoga istraživanja, bila je upravo želja pridonijeti u pogledu boljeg shvaćanja strukture populacija krpelja te njihove sezonske i visinske distribucije u šumskim staništima Središnje i Istočne Hrvatske.

## 1.1. Sistematika tvrdih krpelja

Krpelji su beskralježnjaci koji pripadaju najbrojnijem koljenu u carstvu životinja (Animalia); člankonošcima (Arthropoda), razredu paučnjaka (Arachnida) i podrazredu grinja (Acari), koje čine približno 10 000 vrsta malenih, često mikroskopski sitnih životinjica prisutnih na kopnu, kopnenim vodama, ali i u moru (Matoničkin, 1981). Žive od djelomično do potpuno nametničkog života. Sve vrste krpelja grupirane su u obitelji : *Argasidae* (meki krpelji; 186 vrsta), *Ixodidae* (tvrđi krpelji; 692 vrste), *Nuttalliedae* (monotipska porodica; sa vrstom *Nuttalliella namaqua*). U Tablici 1. prikazana je klasifikacijska podjela za primjer vrste obični ili šumski krpelj (*Ixodes ricinus* Linnaeus 1758) prema Krantzu i Walteru (2009).

Tablica 1. Klasifikacija običnog (šumskog) krpelja prema Krantzu i Walteru (2009.)

CARSTVO	ANIMALIA: ŽIVOTINJE
KOLJENO	Arthropoda: člankonošci
PODKOLJENO	Chelicerata: kliještari
RAZRED	Arachnida: paučnjaci
PODRAZRED	Acari (sin. Acaria, Acarina, Acarida): grinje
NADRED	Parasitoformes (sin. Anactinotrichidea)
RED	Ixodida (sin. Metastigmata)
PORODICA	<i>Ixodidae</i> : tvrđi krpelji
ROD	<i>Ixodes</i>
VRSTA	<i>Ixodes ricinus</i> Linnaeus 1758 (obični ili šumski krpelj)

## 1.2 Morfologija i anatomija tvrdih krpelja

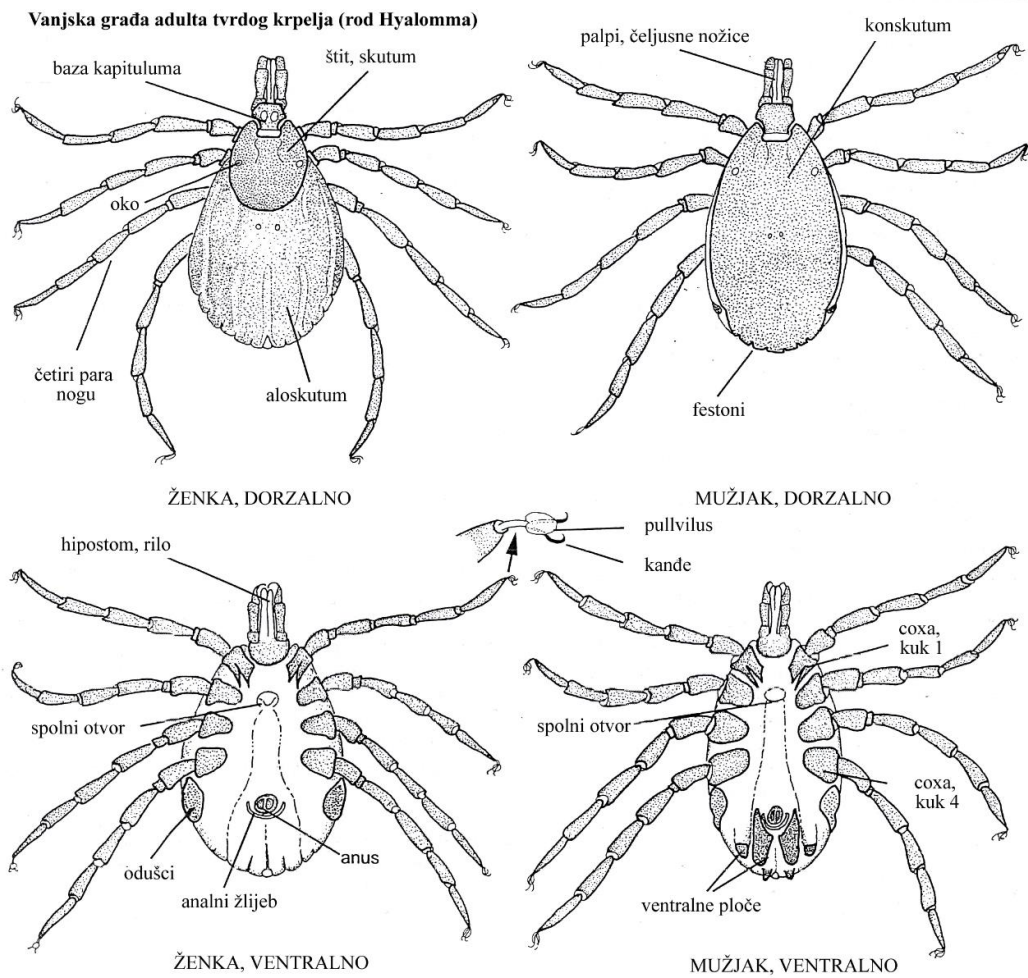
Krpelji porodice *Ixodidae* (tvrđi krpelji ili krpelji šikare) pripadaju skupini člankonožaca iz podrazreda grinja (Acarina). To su vanjski nametnici koji sišu krv na koži kralježnjaka, u koju se zavlače jakim rilom (hipostom), a na plijenu se zadrže sve dok ne napune svoje postrane crijevne vrećice.

Tijelo krpelja čini kapitulum (tzv. „lažna glava“) i idiosoma, koja se dijeli na podosomu (dio tijela na kojem se nalaze noge) i opistosomu (stražnje tijelo) (Slika 1.). Prosomu (prednje tijelo) zajedno čine kapitulum i podosoma, a emargencija se naziva mjesto na kojem su povezani kapitulum i idiosoma. Kapitulum je kod porodice *Ixodidae* dobro vidljiv odozgo i odozdo, dok kod porodice *Argasidae* nije vidljiv s gornje strane. Kapitulum nosi usne organe i više puta je opisan kao „neprava glava“ jer ne nosi oči (Hillyard, 1996), već se one, ako su prisutne, nalaze dorzolateralno smještene na podosomi. Baza kapituluma nosi jedan par četveročlanih pomičnih čeljusnih nožica (pedipalpi), jedan par dvočlanih gibljivih kliješta (helicera) za prodiranje u kožu domaćina, a u sredini nepomičnu hipostomu (rilo, klava) nazubljenu s donje strane, s kojom se ubušuje u kožu domaćina. Dio idiosome koji nije prekriven sa štitom naziva se aloskutum (alloscutum), a povećava se sisanjem krvi. Na rubovima štita se mogu nalaziti oči. Ako štit ima pigmentirane uzorke, kažemo da je ornamentiran (npr. kod roda *Dermacentor*) (Hillyard, 1996).

Donji dio tijela krpelja sastoji se od trbušnog dijela kapituluma, prvih članova nogu (kukovi), parnih odušaka (stigma) te analnog i genitalnog otvora (Hillyard, 1996). Spolni otvor, prisutan samo kod adulta, leži između trećeg i četvrtog para kukova (Estrada-Peña i sur., 2004). Noge su sastavljene od šest segmenata: kuk (coxae), trohanter (trochanter), bedro (femur), čašica (patella), goljenica (tibia), stopalo (tarsus). Ličinke imaju tri para nogu, dok nimfe i adulti imaju četiri para nogu. Na stopalu se nalazi apotel koji služi za prianjanje, a građen je od jednog para kandžica i prianjalki (pulvillus).

Na dorzalnoj strani stopala prve noge nalazi se osjetilni organ nazvan Hallerov organ pomoću kojeg krpelji u svojoj okolini prilikom traženja domaćina i partnera za parenje prepoznaju promjene temperature, vlažnosti, koncentracije CO<sub>2</sub>, aromatičnih spojeva, amonijaka, feromona i zračnih vibracija (Hillyard, 1996). Feromonske žlijezde (fovealne žlijezde) kod ženki se nalaze blizu posteriornog ruba štita, a kod mužjaka na sredini tijela.

Prilikom raspoznavanja vrsta najpouzdanija je determinacija odraslih ženki, odrasli mužjaci imaju manje tipičnih znakova, raspoznavanje nimfi je teže, dok se za raspoznavanje ličinki potrebno koristiti mikroskopom (Hillyard, 1996).

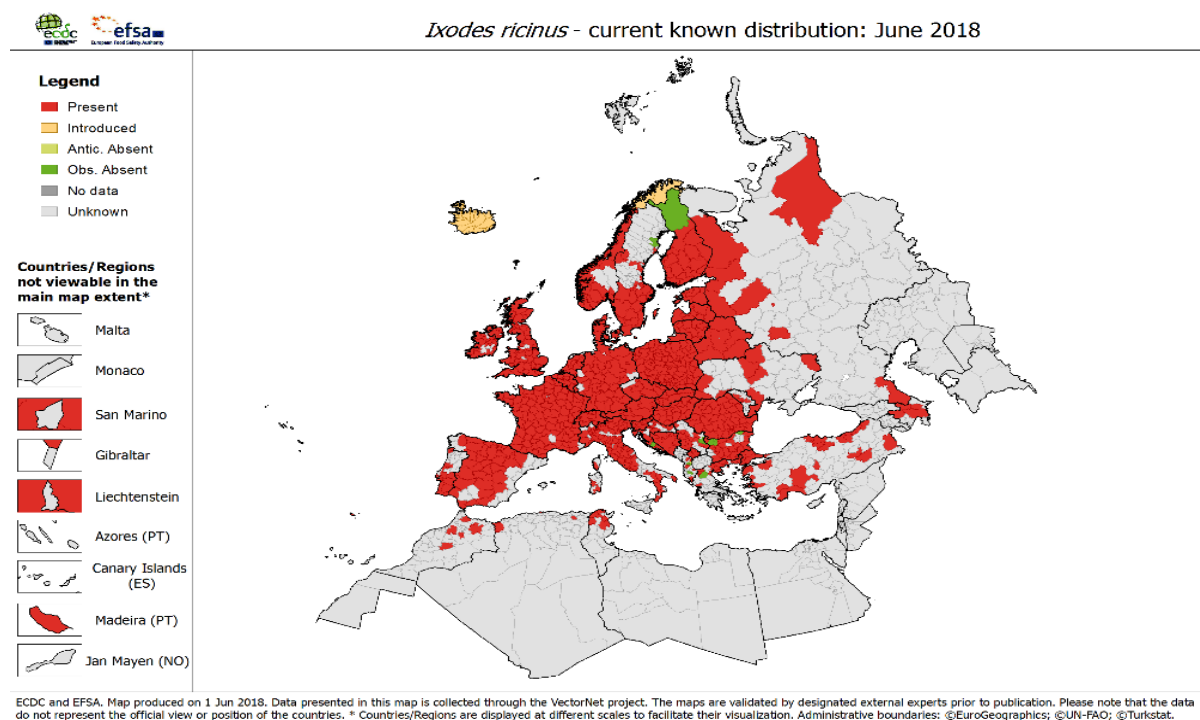


Slika 1. Vanjska građa adulta tvrdog krpelja (izvor: Hillyard, 1996)



### 1.3. Rasprostranjenost i stanište tvrdih krpelja

Krpelji naseljavaju gotovo sve dijelove svijeta u umjerenim, tropskim i subtropskim klimatskim zonama (Slika 2.). Obični ili šumski krpelj (*Ixodes ricinus* Linnaeus 1758), najzastupljenija je i najšire rasprostranjena vrsta na području Europe gdje pridolazi u prostoru umjerene klime između 39 i 65 stupnjeva geografske širine, od Portugala do Rusije (Milutinović i sur., 2006; Bowman i sur., 2008). Ova vrsta također je prisutna i u sjevernoj Africi, gdje je ograničena na hladnije i vlažnije pokrajine s mediteranskom klimom (Tunis, Alžir i Maroko) (Estrada-Peña i sur., 2004), dok je na sjeveru rasprostranjena sve do Skandinavije. Ovako širok areal rasprostranjenosti podrazumijeva prilagođenost šumskog krpelja različitim ekološkim uvjetima.







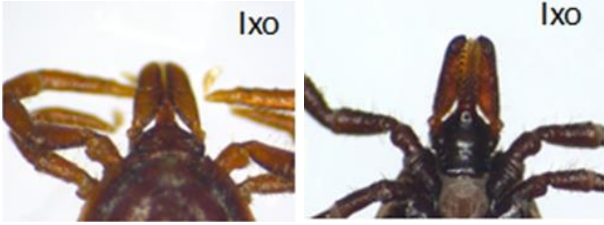
Slika 2. Rasprostranjenost vrste obični ili šumski krpelj (*Ixodes ricinus* Linnaeus 1758) u Europi prema Europskom centru za prevenciju i kontrolu bolesti (ECDC), lipanj 2018.

Obični krpelj pridolazi u hladnim i vlažnim predjelima listopadnih i crnogoričnih šuma na kojima obitava jelenska divljač, a koja predstavlja glavnog domaćina ovog krpelja (Burgdorfer, 1995). Vrsta preživljava u uvjetima vlažnosti mikrostaništa iznad 80% (Margaletić, 2006). Za razliku od drugih člankonožaca krpelji mogu preživjeti dugo razdoblje bez hrane. Najradije se zadržavaju u sjenovitim i vlažnim područjima, a ne odgovara im neposredna sunčeva svjetlost i suhi zrak. Ključ za preživljavanje krpelja u nepogodnim

klimatskim prilikama je u njihovoj kutikuli koja je prekrivena voskom otpornim na vodu. U slučajevima kada vlažnost zraka padne ispod 80% to direktno smanjuje šansu za preživljavanje krpelja time što skraćuje vrijeme traženja domaćina (Knap i sur., 2009). Neki od najpovoljnijih mikrostanišnih uvjeta pružaju se duž graničnih područja šuma i livada (Houseman, 2013). Granična područja šume (tzv. „rub šume“) odlikuju se najpovoljnijim uvjetima u vidu vlage, temperature, izbjegavanja direktnog svjetla te brojnosti domaćina koji na tom području obitavaju. Svi nabrojani činitelji utječu na udio vremena kojeg krpelj utroši u traganju za domaćinom, na vjerojatnost pronalaska domaćina i njegovu mogućnost da se rehidrira između perioda traganja za domaćinom (Houseman, 2013). Osim u šumama i rubovima šuma, pogodni uvjeti za razvoj šumskog krpelja mogu dovesti do širenja ove vrste na pašnjacima, travnjacima i urbanim parkovima.

U Hrvatskoj su evidentirane 23 vrste tvrdih krpelja. Rod *Ixodes* zastupljen je sa devet vrsta, *Haemaphysalis* sa šest, *Rhipicephalus* s četiri, a rodovi *Dermacentor* i *Hyalomma* s po dvije vrste (Krčmar, 2012; Hornok i sur. 2017; Krčmar i sur. 2022) (Tablica 2.). Krpelji u Hrvatskoj parazitiraju na 47 različitih životinjskih domaćina (Krčmar, 2012; Hornok i sur., 2017). Veći broj jedinki krpelja, pa tako i potencijalno veća opasnost od krpeljno prenosivih bolesti zabilježena je na području sjeverozapadne Hrvatske (Hrvatsko zagorje, područje oko Koprivnice, Čakovca te područje uz Zagrebačku goru), a manje u Gorskom kotaru, Kvarneru i Istri.

Tablica 2. Morfološke karakteristike i detalji građe kapituluma (lijevo: dorzalno; desno: ventralno) rodova te popis vrsta tvrdih krpelja prisutnih na području Hrvatske

Rd. br.	Rod	Vrsta
1.	<p><i>Dermacentor</i></p> 	1. <i>Dermacentor marginatus</i> Sulzer, 1776
		2. <i>Dermacentor reticulatus</i> Fabricius, 1794
2.	<p><i>Haemaphysalis</i></p> 	3. <i>Haemaphysalis punctata</i> Canestrini & Fanzago, 1878
		4. <i>Haemaphysalis inermis</i> Birula, 1895
		5. <i>Haemaphysalis concinna</i> Koch, 1844
		6. <i>Haemaphysalis sulcata</i> Canestrini & Fanzago, 1878
		7. <i>Haemaphysalis erinacei</i> Pavesi, 1884
		8. <i>Haemaphysalis parva</i> Neumann, 1897
3.	<p><i>Hyalomma</i></p> 	9. <i>Hyalomma scupense</i> Schulze, 1919
		10. <i>Hyalomma marginatum</i> Koch, 1844
4.	<p><i>Rhipicephalus</i></p> 	11. <i>Rhipicephalus annulatus</i> Say, 1821
		12. <i>Rhipicephalus bursa</i> Canestrini & Fanzago, 1878
		13. <i>Rhipicephalus sanguineus</i> Latreille, 1806
		14. <i>Rhipicephalus turanicus</i> Pomerantsev, 1940
5.	<p><i>Ixodes</i></p> 	15. <i>Ixodes arboricola</i> Schulze & Schlotke, 1930
		16. <i>Ixodes frontalis</i> Panzer, 1798
		17. <i>Ixodes gibbosus</i> Nuttal, 1916
		18. <i>Ixodes hexagonus</i> Leach, 1815
		19. <i>Ixodes ricinus</i> Linnaeus, 1758
		20. <i>Ixodes trianguliceps</i> Birula, 1895
		21. <i>Ixodes vespertilionis</i> Koch, 1844
		22. <i>Ixodes canisuga</i> Johnston, 1849
		23. <i>Ixodes keiseri</i> Arthur, 1957

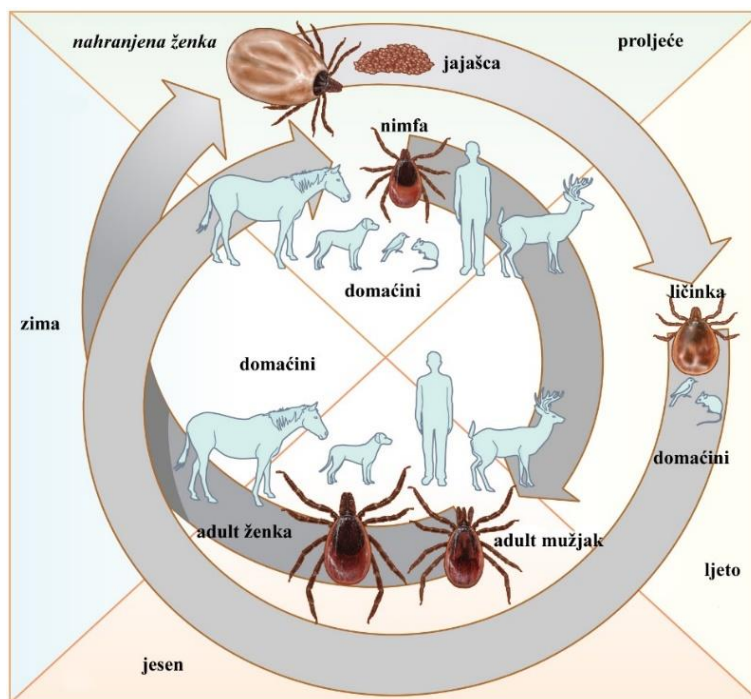
## 1.4. Životni ciklus i razmnožavanje tvrdih krpelja

Životni ciklus obično traje dvije godine, ali može potrajati i do šest godina tijekom kojih prolazi kroz četiri razvojna stadija. Sastoji se od jednog inaktivnog stadija (jaje) i tri pokretna (ličinka, nimfa i imago). Dužina trajanja životnog ciklusa ovisi o temperaturi, godišnjem dobu u kojem se krpelj razvija te raspoloživim domaćinima (Parola i Raoult, 2001). Svi pokretni razvojni stadiji krpelja (larva, nimfa i adult) hrane se krvlju domaćina (Logar, 1999). S obzirom na broj domaćina koji im je potreban za dovršetak razvojnog ciklusa, krpelje dijelimo na jednorodne, dvorodne i trorodne. Krpelji koji su jednorodni, tj. potreban im je samo jedan domaćin, imaju više generacija u jednoj godini, dok dvorodni i trorodni krpelji trebaju više domaćina stoga njihov životni vijek traje od jedne do tri godine. Svi razvojni oblici ovise o vlazi u staništu te pri nastupu sušnih razdoblja krpelji preživljavaju mirovanjem na tlu, zaštićeni lišćem očekujući povoljno razdoblje. Krpelji postaju aktivni kada je dnevna temperatura oko 7°C, a temperatura tla oko 4°C (Sonenshine, 1991; Beugnet i sur. 2009) (Slika 3.). Pri temperaturi od 25-30°C ostaju aktivni, no ne i preko toga bez obzira na količinu vlage u zraku.

Temperature	<5°C	5 - 10°C	10 - 15°C	15 - 20°C	20 - 25°C	25 - 30°C	30 - 35°C	>35°C
Relative humidity								
<40%	0	0	0	0	0	0	0	0
40 - 50%	0	0	0	0	0	0	0	0
50 - 60%	0	0	10	20	10	0	0	0
60 - 70%	0	10	30	40	40	10	0	0
70 - 80%	0	40	80	80	60	20	0	0
80 - 90%	0	60	100	100	70	50	0	0
>90%	0	80	100	100	80	50	0	0

Slika 3. Matrica aktivnosti za vrstu obični ili šumski krpelj (*Ixodes ricinus*) (izvor: Beugnet i sur. 2009)

Krpelji koriste dvije strategije za pronalazak domaćina, aktivnu i pasivnu. Pasivne vrste miruju u svom okruženju i ovise o životinjama koje prolaze, dok aktivne vrste traže domaćina penjući se na vegetaciju; primjerice do vrhova travki ili grančica grmolike vegetacije te postavljajući se u specifičan položaj s ispruženim prednjim nogama („traganje“). Značajnu ulogu prilikom traženja domaćina i partnera imaju feromoni (Logar, 1999; Spielman i Hodgson, 2000). Neke vrste reagiraju čak i na zvuk domaćina (Hillyard, 1996). U svakom svom pokretnom razvojnom obliku koji se prehranjuje (larva, nimfa, adult), krpelji uzimaju po jedan krvni obrok (Slika 4.).

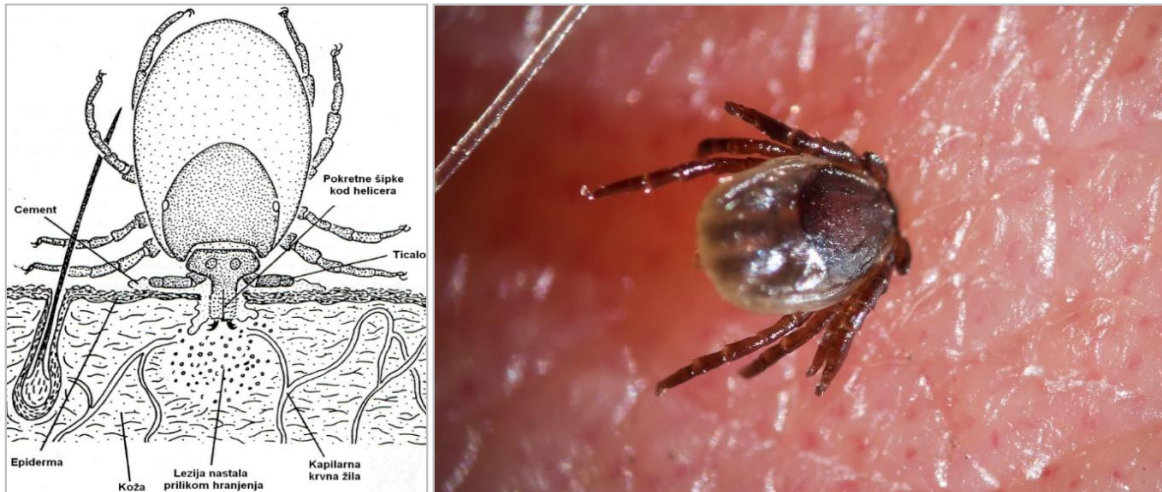


Slika 4. Životni ciklus trorodnih krpelja (izvor: <https://www.britannica.com/science/Lyme-disease>)

Ženka tvrdoga krpelja se nakon sisanja krvi i oplodnje otpušta sa životinje na tlo, traži kakvo skrovito mjesto (otpalno lišće, pukotine u tlu) gdje tada polaže jajašca. Ženki je potrebno oko 2-2,5 ml krvi kako bi se u potpunosti nahranila. Vrijeme potrage za lokacijom traje od jednog tjedna do nekoliko tjedana ovisno o vremenskim uvjetima. Ženka odlaže od 1000 do 18 000 jaja u ljepljivu masu na tlu, potom umire. Jajašca dozrijevaju nekoliko tjedana. Svi krpelji svoja jaja polažu u okruženju, nikad na domaćinu (Estrada-Peña i sur. 2004). Iz jaja se izlegu ličinke te one ostaju nepomične dok god im se dovoljno ne razvije kutikula. Čim se ličinke dovoljno razviju, penju se na vlati trave i čekaju domaćina. Nakon toga ličinke potraže žrtvu, a to su najčešće sitni sisavci (mišoliki glodavci) i ptice, čak vodozemci i gmazovi (Mehlhorn i Schein, 1984; Barišin i sur., 2011, Paulino de Alcantara i sur. 2018). Ličinke se hrane 4-6 dana, a pri tome se njihova masa može povećati 10-20 puta. Nakon hranjenja ostaju na domaćinu ili se otpuste na šumsko tlo i presvlače se u stadij nimfe. Nimfe su nešto veće od larvi, proces hranjenja traje 3 do 10 dana (Slika 5.). Nakon toga mogu mirovati dugo vremena prije nego se presvuku u adultni stadij na domaćinu ili na tlu. Odrasli mužjak se može hraniti više puta manjim količinama krvi, dok za neke vrste nije pouzdano utvrđeno da se uopće hrane. Najaktivniji su u proljeće i jesen, a bez hranjenja mogu preživjeti dvije godine (Mehlhorn i Schein, 1984; Logar, 1999; Spielman i Hodgson, 2000; Barišin i sur., 2011). Najčešći domaćini



krpeljima su glodavci (*Rodentia*). Više od 50% larvi, nimfi i mnogih odraslih krpelja iz roda *Ixodes* parazitiraju na glodavcima (Hillyard, 1996). Sva tri razvojna stadija mogu parazitirati na čovjeku (Soneshine, 1993; Burgdorfer, 1995; Logar, 1999).



Slika 5. Hranjenje tvrdog krpelja na koži domaćina (izvor: lijevo: Estrada-Peña i sur. 2004, desno: <https://www.flickr.com/photos/127339203@N02/34276731703>)

Krpelji se tijekom hranjenja pričvršćuju za kožu domaćina svojim usnim aparatom, pod kutom od 45° do 60° (Estrada-Peña i sur., 2004; Stafford, 2007). Za vrijeme ubušivanja rilom u kožu, ispuštaju lokalne anestetike tako da domaćin ne osjeti ubod. Hranjenje krpelja traje od nekoliko dana do nekoliko tjedana. Da bi došlo do prijenosa patogena zaraženi krpelj treba biti pričvršćen i hraniti se na domaćinu minimalno 24 sata, dok je kod nekih patogena potrebno 48 i više sati (Hill i MacDonald, 2006).

### 1.5. Utjecaj globalnog zatopljenja na tvrde krpelje

Utjecaj čovjeka na klimu u porastu je od druge polovice 18. stoljeća, od početka industrijske revolucije. Izgaranjem fosilnih goriva, razvojem poljoprivrede, urbanizacijom i sječom šuma došlo je do povećanja ispuštanja stakleničkih plinova i smanjenja pohrane ugljikovog dioksida iz atmosfere, odnosno do povećanja koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi u odnosu na predindustrijsko doba. Neodgovorno ponašanje – ponekad i nenamjerno – zasigurno ostavlja posljedice na okoliš, koji uspoređujući ga s onim vremenima predindustrijskog doba naočigled kopni (Simmons, 2010). Otkako postoje mjerenja

temperature na globalnoj razini, današnja prosječna temperatura veća je od one iz druge polovine 19. stoljeća za 0,85 °C (European Commission 2020). Pojavnost vektora i širenje zaraze u međudnosu je s promjenom klime, čime dolazi i do širenja njihova staništa, ali i puteva vektorskih bolesti. Vertikalni i horizontalni pomaci u distribuciji različitih vrsta krpelja i njihovih patogena vidljivi su već u brojnim Europskim zemljama (Danielova i sur., 2006; Beugnet i Monfray, 2013; Gray i sur., 2009). Krpelji kao vektori zaraznih bolesti, pokazuju pomake u staništima, a time su vidljive i promjene u prostornoj raspodjeli bolesnika i promjene kliničkih oblika bolesti u ovisnosti o promjenama klimatskih uvjeta (Mišić-Majerus i sur., 2008). Povećanje temperature, oborinska neuravnoteženost i promjene vlažnosti, znatno utječu na reprodukciju i preživljavanje vektora i rezervoara bolesti. Porastom temperature metabolizam vektora i rezervoara zoonoza ubrzava se, čime imaju veću potrebu za hranom. Isto tako, s porastom temperature povećava se i proizvodnja jajašaca uz kraću inkubaciju, a sve toplije jeseni i zime povećavaju rasprostranjenost ili pak zadržavanje štetnika na pojedinom području. Kišna razdoblja pospješuju razmnožavanje vektora, a ako pak obilne kiše izazovu poplave, rezervoari bolesti tražit će utočišta bez obzira na blizinu ljudi.

## **1.6. Zoonotički potencijal i vektorska uloga krpelja u prijenosu zoonoza**

Krpelji kao vektori zoonoza predstavljaju medicinski problem širom svijeta zbog našeg bliskog odnosa sa životinjama u njihovom prirodnom okolišu. Uzročnike bolesti krpelji prenose neposredno ugrizom ili posredno kontaminacijom sa sekretima, izmetom ili prilikom njihova gnječenja (Hillyard, 1996). Neke od karakteristika krpelja koje ih čine tako učinkovitim vektorima različitih patogenih mikroorganizama proizlaze iz njihove mogućnosti da ostaju teško primjetni i čvrsto fiksirani na domaćinu, sporo se hrane, parazitiraju na raznolikim domaćinima i prilagođavaju se novim domaćinima, rasprostiru širok spektar uzročnika bolesti, visokog su reprodukcijuskog potencijala, dobro podnose manjak hrane, zaobilaze imunu reakciju domaćina, imaju mogućnost transstadijalnog prijenosa uzročnika bolesti (Hillyard, 1996). Bolesti koje se prenose s jedne životinje na drugu u području prirodnog žarišta zaraze nazivaju se transmisivne ili prijenosne bolesti, a krpelje, zajedno s muhamama i komarcima, pribrajamo u skupinu vektora koji prenose takve bolesti na domaćine. U posljednja dva desetljeća bilježi se porast oboljelih i utvrđena su nova žarišta infekcija.

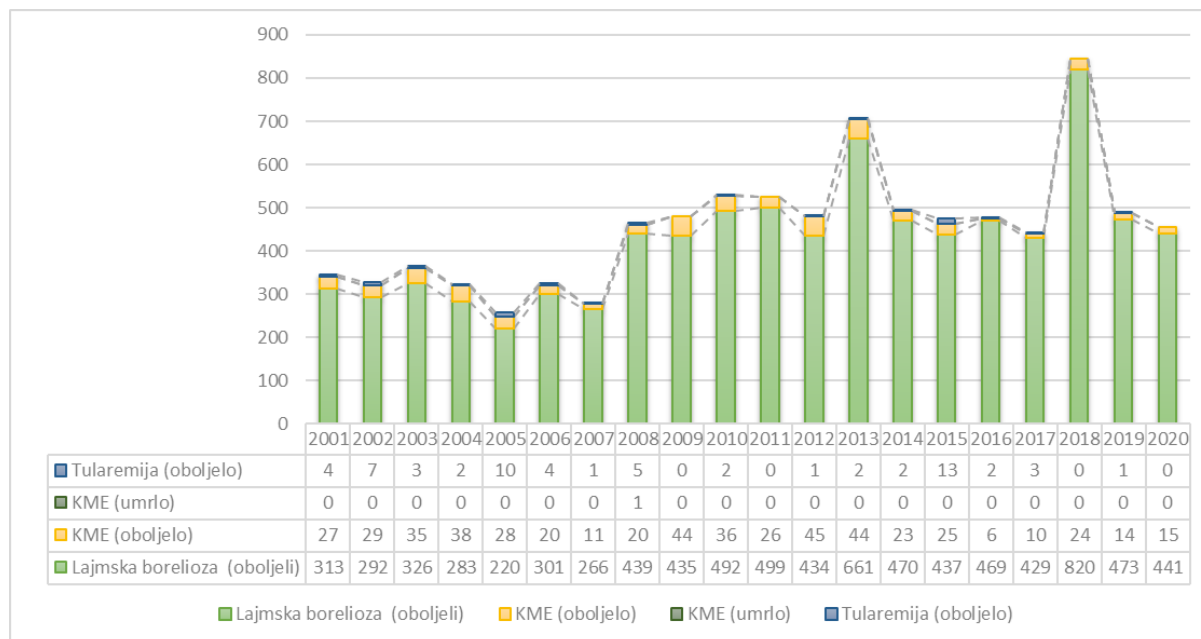
Tablica 3. Najučestalije bolesti, njihovi uzročnici te vrste tvrdih krpelja koje sudjeluju u njihovoj transmisiji na području Europe

Krpelj	BOLESTI I UZROČNICI									
	Virusne bolesti		Bakterijske bolesti			Rikecioze			Protozoarne bolesti	Toksikoza
	Krpeljni meningoencefalitis virus KME	Krimsko-kongoanska hemorag. vrućica Nairovirus iz porodice Bunyaviridae	Lyme borelijoza <i>Borrelia burgdorferi</i> s.l.	Tularemija <i>Francisella tularensis</i>	Anaplazmoza <i>Anaplasma phagocytophilum</i>	Mediterr. pjegava groznica <i>Rickettsia conorii</i>	Q - groznica <i>Coxiella burnetii</i>	Erlihioza <i>Ehrlichia phagocytophila</i> complex	Babezioza <i>Babesia</i> , <i>Theileria</i>	Krpeljna paraliza; toksikoza
<i>Dermacentor reticulatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>Dermacentor marginatus</i>	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-
<i>Haemaphysal punctata</i>	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+
<i>Haemaphysalis concinna</i>	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Hyalomma marginatum</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Rhipicephalus sanguineus</i>	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>Rhipicephalus bursa</i>	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+
<i>Ixodes hexagonus</i>	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-
<i>Ixodes ricinus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ixodes trianguliceps</i>	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-

U Hrvatskoj, najznačajnijim bolestima čiji su vektori tvrdi krpelji pripadaju lajmska borelijoza (LB), krpeljni meningoencefalitis (KME) i mediteranska pjegava groznica (MPG), a u manjoj mjeri tularemija, Q groznica, erlihioza, babezioza i neke rikecioze (Mulić i sur., 2011) (Tablica 3.). Zadnjih dvadesetak godina u Hrvatskoj se prosječno godišnje bilježi oko 400 slučajeva lajmske borelijoze i to dominantno od svibnja do rujna (HZJZ, 2019; Mulić i sur., 2011). Bolesti se javljaju u tzv. „prirodnim žarištima" tj. područjima u kojima su prisutne populacije inficiranih krpelja. Krpelje zaražene virusom krpeljnog meningoencefalitisa najčešće nalazimo u sjevernom i sjeverozapadnom području Hrvatske između Save i Drave, a manje u Gorskom kotaru, Kvarneru, i Istri. Krpelji zaraženi bakterijom uzročnicom lajmske borelijoze (*Borrelia burgdorferi*) mogu se naći na čitavom području grada Zagreba. Za prostor sjeverne Hrvatske postoje navodi o slučajevima inficiranosti krpelja od 47% u odraslom, odnosno 41% u stadiju larve (Golubić i sur., 1998; Rijepkema i sur., 1996). Endemično žarište za KME u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske je okolica Koprivnice, Zagreba, Bjelovara, Čakovca, Varaždina, a na sjeveroistoku okolica Našica i Vinkovaca (Mulić i sur., 2011). Uzlazni višegodišnji trendovi pojavnosti bolesti prenosivih krpeljima vidljivi su iz



dvadesetogodišnje (2001 – 2020) dinamike kretanja broja ljudskih slučajeva oboljenja od LB, KME i tularemije u Hrvatskoj prikazanih na Grafu 6.



Slika 6. Dinamika pobola od više učestalih bolesti prenosivih krpeljima u Hrvatskoj od 2001. do 2020. godine (HZJZ, 2001.-2020.)

KME se pojavljuje sezonski, a gotovo polovica oboljenja zabilježena je između lipnja i kolovoza, odnosno gotovo 95% između svibnja i studenog (Beaute i sur., 2018). Mediteranska pjegava groznica je u Hrvatskoj endemična u županijama na području Dalmacije (Punda i sur., 1984; Parola, 2009; Kaalia i Letaief, 2009) s najvećom stopom pobola u Dubrovačko-neretvanskoj županiji od 0,89 oboljelih na 100 000 stanovnika (Mulić i sur., 2011). Većina bolesti koje prenose krpelji su blažeg oblika i liječenje se može provesti kod kuće, dok samo manji broj slučajeva zahtijeva obradu i liječenje u bolnici. Jedina od navedenih bolesti prenosiva krpeljima koja se može zasad prevenirati vakcinacijom jest KME. Krpeljima prenosive bolesti nisu rijetke, brojne su i važan su uzrok morbiditeta i mortaliteta. Posljednjih desetljeća u Europi bilježi porast incidencije, kao i sve veća geografska proširenost dviju najčešćih krpeljima prenosivih bolesti, lajmske borelioze i krpeljnoga meningoencefalitisa. Zbog toga je vrlo važno pratiti brojnost i infestaciju tvrdih krpelja na području Republike Hrvatske. U nastavku se navode temeljne informacije vezane uz neke od učestalijih bolesti koje prenose tvrdi krpelji.

### 1.6.1. Lajmska bolest (borelioza)

Lajmska bolest ili lajmska borelioza je prvi put opisana 1975. godine u gradu Lyme u državi Connecticut (SAD) kao „Lyme arthritis“. To je bolest koju prenose krpelji, a uzrokuju je spirohete *Borrelia burgdorferi*, *Borrelia afzelii* i *Borrelia garinii*, koje pridolaze u Europi. Bolest ima široki spektar kliničkih manifestacija koje se općenito mogu vidjeti u tri faze: rana lokalizirana, rana diseminirana i kasna faza bolesti. Međutim, moguća su i preklapanja pojedinih faza bolesti ili čak pojava kasne faze bolesti bez simptoma i znakova prethodnih faza.

1. Rana lokalizirana bolest - obilježena je karakterističnom kožnom promjenom – erythema migrans (EM) (Slika 7.) koja se pojavljuje obično unutar mjesec dana nakon ugriza krpelja (najčešće 7–14 dana nakon ugriza). EM se pojavljuje u oko 80% bolesnika, dok se samo 25% bolesnika prisjeća ugriza krpelja.



Slika 7. Tipični simptom (erythema migrans) zaraze bakterijama uzročnicima lajmske borelioze (izvor: <https://www.cdc.gov/dotw/lyme-disease/index.html>)

2. Rana diseminirana bolest - obilježena je brojnim EM-lezijama (koje nastaju obično više dana ili tjedana nakon infekcije) i/ili neurološkim i/ili kardijalnim manifestacijama (koje nastaju tjednima ili mjesecima nakon infekcije). Neurološke manifestacije rane diseminirane bolesti

mogu biti limfocitni meningitis, unilateralne ili bilateralne paralize moždanih živaca (osobito ličnoga živca), radikulopatija (Bannwarthov sindrom), periferna neuropatija, multipleksna mononeuropatija, cerebelarna ataksija (rijetko) i encefalomijelitis (rijetko).

3. Kasna lajmska bolest - obilježena je intermitentnim ili trajnim artritismom koji zahvaća jedan zglob ili nekoliko velikih zglobova, najčešće koljeno i/ili rijetko, neurološkim simptomima kao diskretna encefalopatija ili polineuropatija. Kasna lajmska bolest može se razviti nekoliko godina nakon primoinfekcije, a artritis može biti prva manifestacija bolesti, dakle bez manifestacija rane lokalizirane i rane diseminirane bolesti.

### **1.6.2. Sindrom post – lajmske bolesti i kronična lajmska bolest**

Nekoliko različitih sindroma opisano je nakon provedenog antimikrobnog liječenja lajmske bolesti. Pojam sindrom post-lajmske bolesti često se rabi za opis nespecifičnih simptoma kao što su umor, glavobolja i artralgijske, koji mogu perzistirati mjesecima nakon liječenja lajmske bolesti. U većine bolesnika, ti simptomi se ublažuju postupno nakon 6 mjeseci do jedne godine. Smatra se da se ti simptomi pojavljuju u oko 10% bolesnika i nije jasan uzrok. Pojam kronična lajmska bolest rabe neki liječnici i neke skupine bolesnika. U tipičnoj uporabi, opisani sindrom post-lajmske bolesti, kao i bolesti i skupine simptoma za koje nema dovoljno znanstvenih dokaza, podrazumijeva se da su povezani s infekcijom *B. burgdorferi*.

### **1.6.3. Krpeljni meningoencefalitis (KME)**

Krpeljni meningoencefalitis (KME) jedna je od najznačajnijih infekcija središnjega živčanog sustava. U Hrvatskoj je bolest prvi put opisana 1952. godine (dr. Josip Fališevac). Uzročnik te bolesti virus je krpeljnoga meningoencefalitisa, koji se uglavnom prenosi ugrizom krpelja. Virus KME-a prenosi se vertikalno, s odraslog oblika na potomstvo (transovarijski) ili iz jednoga razvojnoga stadija na drugi (transstadijalni prijenos). Ipak, opstanak virusa najviše ovisi o prijenosu između zaraženoga krpelja i životinja (horizontalni prijenos). Virus KME-a može se prenijeti na čovjeka svim pokretnim razvojnim oblicima krpelja (larva, nimfa ili odrasli krpelj). Najviše inficiranih krpelja ima u sjeverozapadnoj Hrvatskoj (okolica Koprivnice, Zagreba, Varaždina, Bjelovara, Našica), uglavnom sjeverno od rijeke Save, mada se posljednjih godina uočavaju i slučajevi južnije od rijeke Save.

#### **1.6.4. Humana erlihioza i anaplazmoza**

Obje te, krpeljima prenosive bolesti, iako uzrokovane različitim uzročnicima imaju slične kliničke i laboratorijske manifestacije. Humanu monocitnu erlihiozu (HME) uzrokuje *Ehrlichia chaffeensis*, dok je *Anaplasma phagocytophilum* identificiran kao uzročnik humane granulocitne anaplazmoze (HGA). Većina bolesnika u Europi ima blagu kliničku sliku i spontano ozdravi i bez specifične terapije. Kliničke manifestacije u većine bolesnika obično započinju oko 1–2 tjedna (7–30 dana) nakon ugriza krpelja, kao bolest slična gripi s povišenom temperaturom, glavoboljom, malaksalošću i bolovima u mišićima. Mučnina, povraćanje, proljev, kašalj, artralgijske i smušenosti prisutni su u manje od polovine bolesnika. Rijetko se može pojaviti makulozni, makulopapulozni ili petehijalni osip.

#### **1.6.5. Tularemija**

Tularemija je zoonoza koju uzrokuje aerobna gram-negativna bakterija *Francisella tularensis*. Čovjek se zarazi nakon kontakta sa zaraženom životinjom (zec, kunić, vjeverica, voluharica, štakor, hrčak) ili nakon uboda krpelja. Od svih načina, izloženost krpeljima tijekom ljetnih mjeseci najčešće je prepoznani put zaraze. Nakon inkubacije od tri do pet dana (raspon 1 - 21 dan) bolest obično počinje naglo s vrućicom, zimicama, slabošću i gubitkom teka. Bolesnici mogu imati glavobolju, klonulost, bolove u trbuhu, prsima i mišićima te povraćanje i proljev.

## 2. Ciljevi rada

Istraživanje na kojemu se temelji ovaj rad poduzeto je na studentsku inicijativu tj. dio je studentskoga projekta odobrenog od strane Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu te realiziranog tijekom 2021. godine. Navedeno se istraživanje sadržajno, metodološki i kronološki nastavlja na prethodna dva studentska projekta praćenja faune tvrdih krpelja na istom istraživanom području tijekom 2019. i 2020. godine.

Ciljevi ovog istraživanja bili su utvrditi sastav, strukturu, sezonsku dinamiku te visinsku distribuciju faune tvrdih krpelja (por. *Ixodidae*) u šumskim zajednicama na području Sjeverne Hrvatske (Medvednica i Gorski kotar), te Istočne Hrvatske (Papuk). Navedeni ciljevi uključivali su:

- uzorkovanje (prikupljanje) tvrdih krpelja na području istraživanja
- utvrđivanje sastava lokalnih populacija tj. zastupljenosti vrsta tvrdih krpelja na području istraživanja
- utvrđivanje zastupljenosti razvojnih stadija uzorkovanih jedinki tvrdih krpelja
- utvrđivanje sezonskih razlika u brojnosti, sastavu populacija te zastupljenosti razvojnih stadija tvrdih krpelja
- utvrđivanje razlika u visinskoj distribuciji krpelja uzorkovanih na različitim nadmorskim visinama područja istraživanja

Osim navedenih ciljeva, a u okviru aktivnosti na kojima se bazira ovaj rad, planirano je također bilo i utvrđivanje postotka inficiranost uzorkovanih krpelja uzročnicima lajmske borelioze, no, s obzirom na otežanu nabavu reagensija potrebnih za laboratorijsku analizu uzoraka u pandemijskom razdoblju, sama realizacija ovoga cilja još je uvijek u postupku.

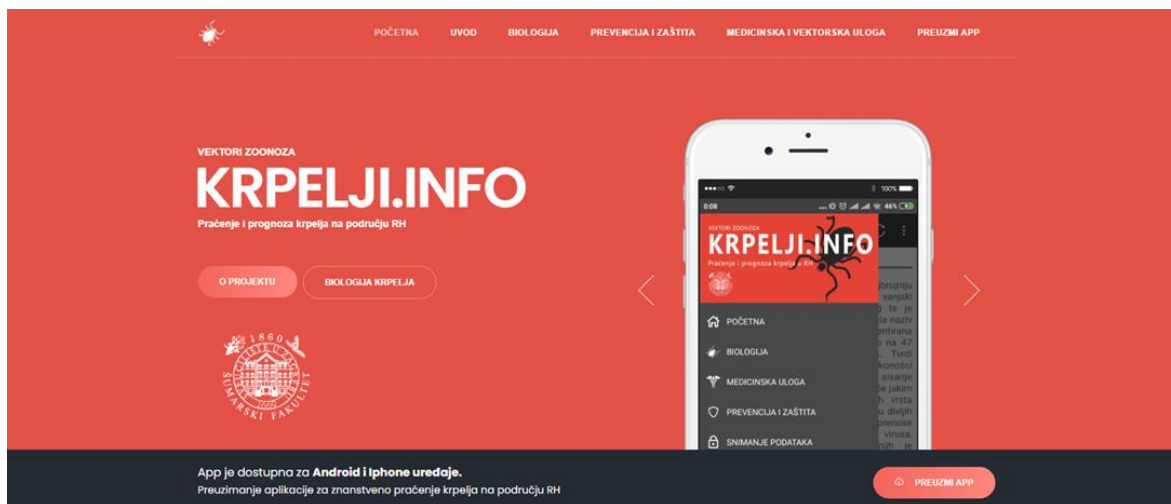
### 3. Materijali i metode istraživanja

U svrhu utvrđivanja sastava, strukture, sezonske i visinske distribucije populacija tvrdih krpelja uzorkovanje (prikupljanje) krpelja vršeno je jednom tijekom proljetnih mjeseci i jednom tijekom jesenskih mjeseci 2021. godine i to na različitim nadmorskim visinama (200, 400, 600, 800, 1000 mnv) triju lokacija na području parkova prirode Medvednica i Papuk te na području Gorskog kotara. Jedinke su prikupljane metodom krpeljne zatege na transektima dužine 100 m (dva transekta na svakoj nadmorskoj visini), povlačenjem platna od bijelog flanela (1m x 1 m) pričvršćenog na drvenu letvu. (Slika 8.). Platno je povlačeno po površini tla, preko listinca i niske vegetacije. te je pregledano svakih 10-tak metara s obje strane, a po potrebi i češće, ako je primijećen povećan ulov krpelja (Slika 13.). Krpelji su s platna sakupljani pincetom. Prilikom uzorkovanja ličinki korištena su povećala ili lupe zbog njihovih sitnih dimenzija. Krpelji su pohranjivani u plastične epruvete (eppendorf, 1.5 ml) sa sigurnosnim čepom.



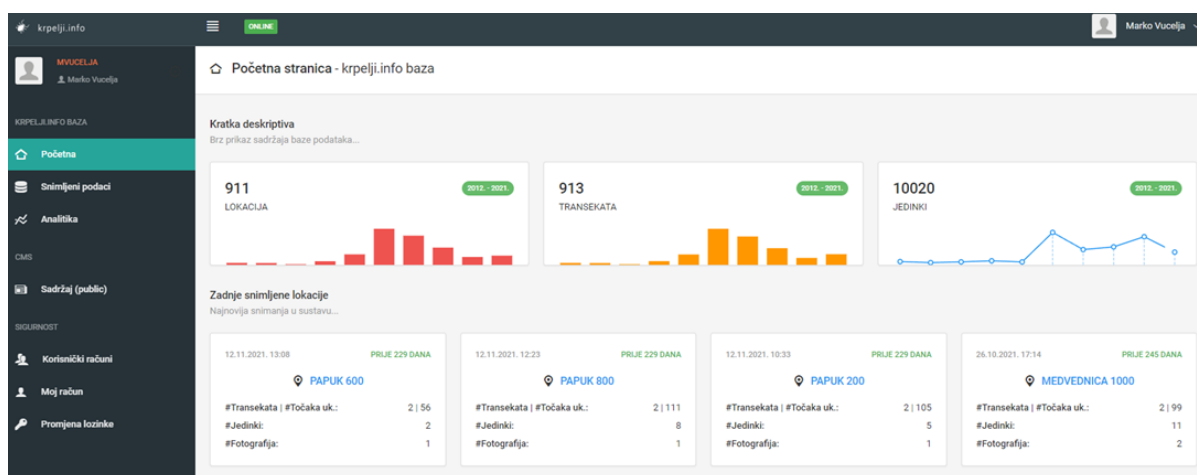
Slika 8. Korištena oprema prilikom uzorkovanja (krpeljna zatega tj. platno od flanela, GPS uređaj, pinceta, lupa, epruvetice)

Prilikom uzorkovanja tvrdih krpelja korištena je mobilna aplikacija (Slika 9.) i online baza „krpelji.info“ (<https://www.krpelji.info/>) (Slika 10.) namijenjena monitoringu tvrdih krpelja<sup>1</sup> tj. upisu broja uzorkovanih krpelja prema vrsti i razvojnom stadiju.



Slika 9. Mobilna aplikacija „krpelji.info“

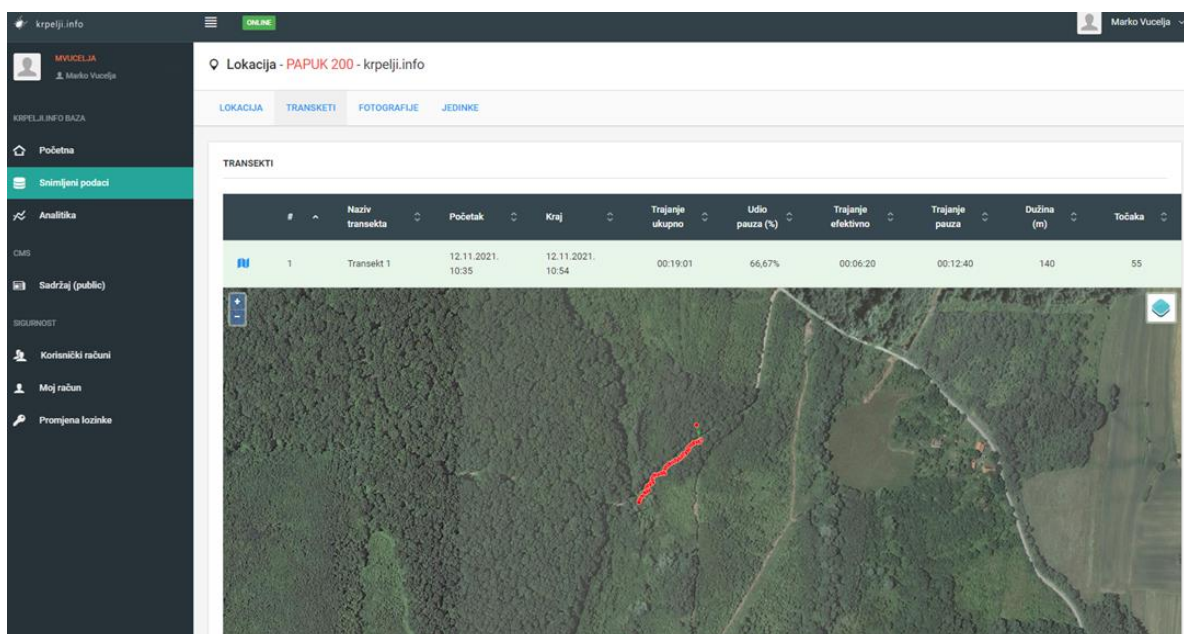
Dodatne koristi dotične aplikacije jesu bilježenje GPS pozicija lokacije uzorkovanja, te iscertavanje pozicija i dužine transekata (Slika 11.), bilježenje nadmorskih visina, metoda uzorkovanja, datuma i vremena uzorkovanja, fitocenoze, razvojnog stadija sastojine i ostalo. Osim korištenja aplikacije, podatci s terena su također upisivani u terenske obrasce (Slika 12.).



Slika 10. Online baza „krpelji.info“

<sup>1</sup> mobilna aplikacija krpelji.info jedan je od rezultata projekta „Edukacijom i informacijom do prevencije bolesti koje prenose tvrdi krpelji“ financiranog od strane grupe Adris, a čiji je nositelj bio Fakultet šumarstva i drvne tehnologije u razdoblju od 2018. do 2020. god.





Slika 11. Primjer iscrtavanja pozicije i dužine transekta iz pomoć mobilne aplikacije „krpelji.info“

Tijekom uzorkovanja korištena je zaštitna oprema; tj. jednokratne kirurške rukavice te su se primjenjivale smjernice za osobnu zaštitu od tvrdih krpelja (Slika 13.). Uzorkovani krpelji transportirani su do Laboratorija za zoologiju na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu gdje je izvršena vizualna determinacija krpelja i njihovih razvojnih stadija (ličinka, nimfa, adult) (Slika 14.). Za potrebe determinacije krpelja korišten je svjetlosni mikroskop Olympus Leica Wild m28, (povećanje 50x) opremljenim objektivnim mikrometrom zajedno s programskim paketom Quick Photo, ModellCamera 2 te Dino-Lite digitalni mikroskop (povećanja 20x – 220x) uz software DinoCapture 2.0 version 1.5.17.B. Pregledana je dorzalna i ventralna strana krpelja, a prilikom identifikacije uzimao se u obzir oblik tijela, izgled i veličina scutuma, građa i veličina kapituluma i rostruma i drugi markantni anatomske detalji. Identifikacija svih razvojnih stadija na bazi temeljnih morfoloških karakteristika vršena je prema uputama identifikacijskog ključa: Estrada-Peña i dr. 2004: Ticks of Domestic Animals in the Mediterranean Region - A Guide to Identification of Species - University of Zaragoza. Nakon determinacije vrsta i razvojnih stadija, uzorci krpelja su pohranjeni u zamrzivač ( $-80^{\circ}\text{C}$ ) za potrebe daljnjih predviđenih istraživanja, odnosno naknadnih testiranja inficiranosti krpelja uzročnicima zoonoza (lajmska boreliozna).



MONITORING I DETERMINACIJA TVRDIH KRPELJA																	
OBAVEZNO ISPUNITI SIVE ČELIJE! PREPORUČLJIVO KORISTITI MOBILNU APLIKACIJU WWW.KRPELJI.INFO																	
IME PREZIME:						KONTAKT (MAIL/MOB.):											
DATUM (upisati!)	LOKALITET (upisati!)				TIP STANIŠTA (markirati!)					GPS KOORDINATE (upisati iz app. decimalne stupnjeve npr: 45.824636 16.029787)							
	ŽUPANIJA:				ŠUMA*	RUB ŠUME	LIVADA	PARK	OKUĆNICA								
	GRAD:																
	MJESTO:																
<b>ŠUMA*</b>																	
UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA:						<b>ZAŠTIĆENO PODRUČJE*</b> (zaokružiti!) Strogi rezervat / Nacionalni park / Posebni rezervat / Park prirode / Regionalni park / Spomenik prirode / Značajni krajobraz / Park-šuma / Spomenik parkovne arhitekture											
ŠUMARIJA:																	
GOSPODARSKE JEDINICA:																	
ODJEL / ODSJEK:																	
PRIVATNA ŠUMA*																	
<b>METODA UZORKOVANJA KRPELJA</b>						<b>NAPOMENE</b>											
<input type="checkbox"/> <b>krpeljna zatega (tick dragging):</b> sakupljač svojim prolaskom kroz područje uzorkovanja iza sebe povlači zategu (zastavu 1x1m od bijelog flanela) te nakon svakih 5-10 m provjerava ima li na zastavi prikupljenih životinja, nakon čega nastoji determinirati jedinke i pohraniti ih da daljnju obradu						BR. TRANSEKATA (kom.):											
<input type="checkbox"/> <b>krpeljna zastava (tick flagging):</b> krpeljnom zastavom (1x1m od bijelog flanela) se prelazi po poniku, grmlju, imitirajući mahanje zastavom te nakon svakih 5-10 m provjerava ima li na zastavi prikupljenih životinja, nakon čega nastoji determinirati jedinke i pohraniti ih da daljnju obradu						DULJINA TRANSEKTA (m):											
<input type="checkbox"/> <b>uzorkovanje sa odjeće sakupljača (walking):</b> uzorkovanje krpelja sa odjeće sakupljača prolaskom staništem, bez korištenja krpeljne zatega te nakon svakih 5-10 m provjerava ima li na odjeći prikupljenih životinja, nakon čega nastoji determinirati jedinke i pohraniti ih da daljnju obradu						BR. TRANSEKATA (kom.):											
<input type="checkbox"/> <b>uzorkovanje sa životinja (collecting from hosts)</b>						DULJINA TRANSEKTA (m):											
<input type="checkbox"/> <b>slučajno prikupljene jedinke:</b> slučajno uočeni krpelji (na tijelu, odjeći, vegetaciji, predmetima i sl.) *u slučaju da je krpelj počeo sa hranjenjem na tijelu sakupljača, moguće je zabilježiti dimenziju nasisane jedinke, ne/uspješnost uklanjanja krpelja bez otkidanja dijelova usnog ustroja, pojavu osipa...						ŽIVOTINJSKA VRSTA/E:											
<b>UZORKOVANJE METODOM KRPELJNE ZATEGE, ZASTAVE ILI PROLASKOM SAKUPLJAČA</b>																	
<b>TRANSKET 1.</b>																	
stajalište br.	Ixodes (A)			Dermacentor (B)			Haemaphysalis (C)			Ripicephalus (D)			Hyalomma (E)			sp (?)	ličinke
	N	♀	♂	N	♀	♂	N	♀	♂	N	♀	♂	N	♀	♂		
1.																	
2.																	
3.																	
4.																	
5.																	
6.																	
7.																	
8.																	
9.																	
10.																	
Σ <sup>1</sup>																	
<b>TRANSKET 2.</b>																	
stajalište br.	Ixodes (A)			Dermacentor (B)			Haemaphysalis (C)			Ripicephalus (D)			Hyalomma (E)			sp (?)	ličinke
	N	♀	♂	N	♀	♂	N	♀	♂	N	♀	♂	N	♀	♂		
1.																	
2.																	
3.																	
4.																	
5.																	
6.																	
7.																	
8.																	
9.																	
10.																	
Σ <sup>2</sup>																	
Σ <sup>1+2</sup>																	
<b>DETERMINACIJA TVRDIH KRPELJA DO RAZINE RODA</b> (LUEVO: primjer građe hipostoma (nepravde glave) kod 5 najučestalijih rodova krpelja, DESNO: Ixodes ricinus i Dermacentor reticulatus)																	

Slika 12. Terenski obrasci za unos podataka o uzorkovanim jedinkama tvrdih krpelja



Slika 13. Postupak uzokovanja krpelja tj. pregleda zatege nakon povlačenja po vegetaciji  
(foto: iz arhive autora)

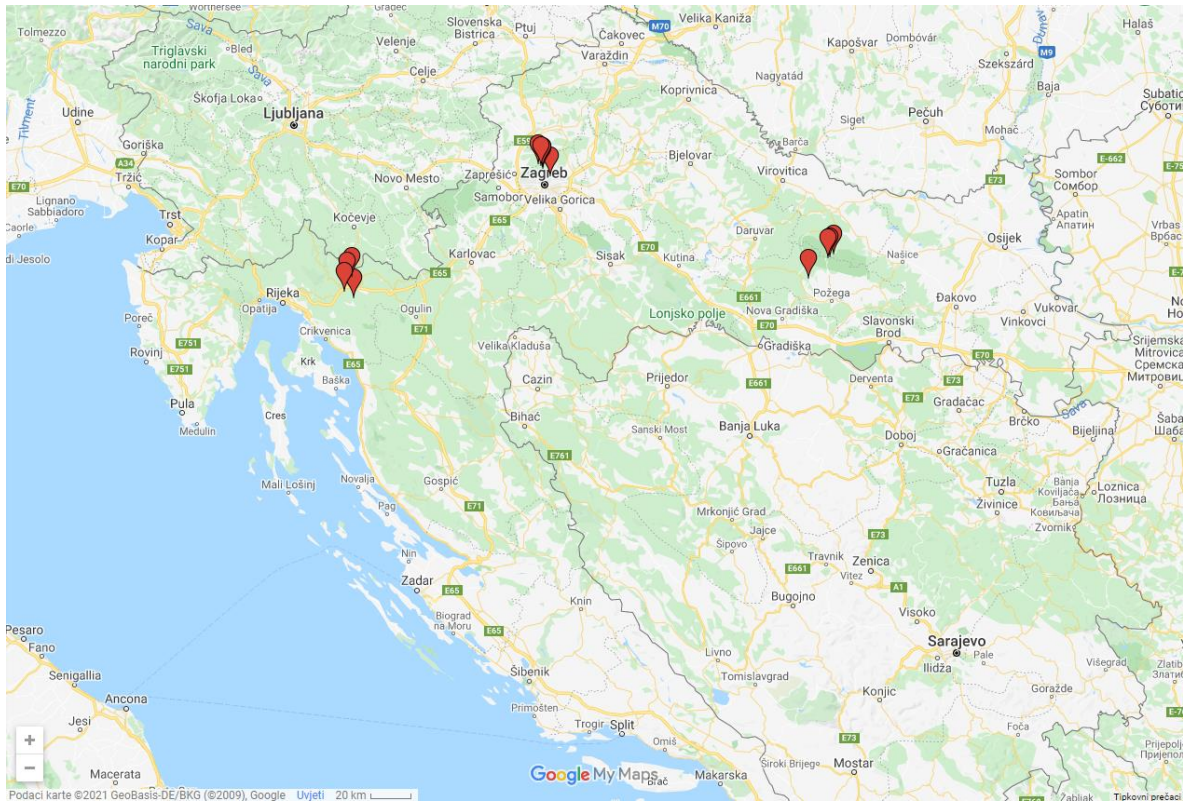


Slika 14. Morfološka determinacija krpelja (foto: iz arhive Marko Vucelja)



### 3.1. Područje istraživanja

Istraživanja faune tvrdih krpelja obuhvatilo je šumske zajednice različitih nadmorskih visina u prostoru središnje Hrvatske (Medvednica i Gorski kotar) i istočne Hrvatske (Papuk). Prostorni smještaj lokacija na kojima je provedeno uzorkovanje krpelja prikazan je na Slici 15., a detalji o pojedinačnim lokacijama (Središnja Hrvatska: Medvednica, Gorski kotar; Istočna Hrvatska: Papuk) navedeni su u nastavku.



Slika 15. Prostorni smještaj lokacija na kojima je izvršeno uzorkovanje

#### 3.1.1. Središnja Hrvatska: Medvednica (Zagrebačka gora)

Nalazi se sjeverno od Zagreba. Smjer pružanja je od jugozapada prema sjeveroistoku u dužini od 42 kilometra, a na jugozapadnom dijelu nalazi se najviši vrh Sljeme (1033 m). 1981. godine proglašena je Parkom prirode (površina zaštićenog područja iznosi oko 228.26 km<sup>2</sup>) i time su zakonski zaštićene mnoge prirodne vrijednosti. Park prirode popularno je mjesto među planinarima, rekreativnim biciklistima, skijašima i ostalim izletnicima.

Biljni pokrov Medvednice najvećim dijelom predstavljaju prirodne i očuvane šume (63% površine). Zbog razvednoga reljefa, raznovrsnih geoloških podloga i tipova tla ovdje se

pojavljuje čak 12 šumskih zajednica, koje pokazuju izrazitu zonaciju ovisno o nadmorskoj visini i ekspoziciji. U nižim i termofilnijim dijelovima planine prevladavajuće vrsta drveća su hrast kitnjak, grab i pitomi kesten najčešće tvoreći fitocenološke zajednice *Epimedio-Carpinetum betuli* i *Quercu-Castaneetum sativae*. Najveće površine zauzimaju bukove šume; na nižim nadmorskim visinama tvore zajednice s prethodnim vrstama, najčešća zajednica *Luzulo-Fagetum*, zatim kao samostalni bukov pojas *Lamio orvalae-Fagetum* i konačno u kombinaciji s jelom *Abieti-Fagetum pannonicum*. Na višim dijelovima pridolaze javor i jasen u zajednici *Chrysanthemo acrophylli-Aceretum pseudoplatani*. Popis šumskih zajednica po nadmorskim visinama na kojima je vršeno uzorkovanje tvrdih krpelja na lokalitetu Medvednica, nalazi se u Tablici 4.

Tablica 4. Šumske zajednice na lokalitetu Medvednica

Nadmorska visina	Šumska zajednica
200 m	Šuma hrasta lužnjaka s običnim grabom ( <i>Carpino betuli - Quercetum roboris</i> )
400 m	Šuma bukve s lazarkinjom ( <i>Galio odorati - Fagetum</i> )
600 m	Šuma bukve s lazarkinjom ( <i>Galio odorati - Fagetum</i> )
800 m	Šuma bukve s lazarkinjom ( <i>Galio odorati - Fagetum</i> )
1000 m	Panonska bukovo - jelova šuma ( <i>Festuco drymeiae-Abietetum</i> )

U šumama obitavaju razne vrste sisavaca, od glodavaca, do velikih papkara poput srne i divlje svinje, nekoliko vrsta zvijeri: divlja mačka, lisica, kuna i lasica. Posebno su zanimljivi šišmiši s čak 24 vrsta koje nastanjuju Park, od kojih je 7 na popisu vrsta Natura 2000. Klima na Medvednici tipična je za srednjoeuropsko gorje, humidna do perhumidna na višim nadmorskim visinama. Prosječna godišnja količina oborina je oko 1300 mm, a godišnja temperatura zraka na vrhu Medvednice je oko 7°C.

### 3.1.2. Središnja Hrvatska: Gorski kotar

Delnice su najviši grad Hrvatske, smještene u Gorskom kotaru na nadmorskoj visini 698 metara. Administrativno se nalaze u Primorsko-goranskoj županiji. Uprava šuma Podružnica Delnice gospodari sa 124 536 ha šumskog zemljišta, sastoji se od 14 šumarija, a to su: šumarija Delnice, šumarija Crni Lug, šumarija Mrkopalj, šumarija Ravna Gora, šumarija Skrad, šumarija Vrbovsko, šumarija Gomirje, šumarija Lokve, šumarija Fužine, šumarija Rijeka, šumarija Klana, šumarija Gerovo, šumarija Tršće i šumarija Prezid. Područje našeg istraživanja bile su Šumarija Ravna Gora i Šumarija Delnice. Reljef je vrlo razveden, isprekidan vrtačama, uvalama i stijenama.

Šume UŠP Delnice nalaze se u zoni jelovo- bukovih šuma. Biljne zajednice koje dolaze bukova šuma s rebračom (*Blechno-Fagetum sylvaticae*) i jelova šuma s rebračom (*Blechno-Abietetum*). Popis šumskih zajednica po nadmorskim visinama na kojima je vršeno uzorkovanje tvrdih krpelja na lokalitetu Delnice, nalazi se u Tablici 5.

Tablica 5. Šumske zajednice na lokalitetu Delnice

Nadmorska visina	Šumska zajednica
400 m	Šuma bukve s rebračom ( <i>Blechno-Fagetum</i> )
600 m	Šuma jele s rebračom ( <i>Blechno-Abietetum</i> )
800 m	Bukovo – jelova šuma dinarskog područja ( <i>Omphalodo-Fagetum</i> )
1000 m	Privatna parcela s elementima livade/skupine stabala. Pojavljuju se jela, bukva, gorski javor i obični jasen, dok dominira umjetno sađena lijeska.

Područje UŠP Delnice nalazi se u zoni srednjoeuropske klime, koju karakteriziraju dugačke i snježne zime, niska prosječna godišnja temperatura, velika zračna vlaga, obilje oborina sa dosta jakim vjetrovima sa sjeveroistoka i jugozapada. Oborine su jednoliko raspoređene kroz cijelu godinu. Najsuši dio godine je ljeto, dok maksimum oborina je na početku proljeća i u kasnoj jeseni. Prosječna temperatura najhladnijeg mjeseca niža je od -3 °C, a najtoplijeg ispod 22 °C.

### 3.1.3. Istočna Hrvatska: Papuk

Park prirode Papuk nalazi se u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske na prostoru dodira središnje i istočne Hrvatske. Prema prirodno-geografskoj regionalizaciji prostor parka pripada području Slavenskog gorja. Tu se nalaze najviše slavonske gore, koje sa svih strana okružuju Požešku kotlinu. Na sjeveru je Papuk, na sjeveroistoku Krndija, na jugozapadu Psunj, na jugu Požeška gora, a na jugoistoku Dilj. Park prirode Papuk osnovan je 1999. godine i obuhvaća prostorno najveći dio planine Papuk (33 600 ha), generalnog pružanja SZ-JI u duljini od oko 45 km. Najširi je na zapadu (oko 20 km), a najuži na krajnjem istoku (manje od 10 km). Najviši mu je vrh je Papuk visine 953 m. Orografski se može podijeliti u tri dijela: zapadni, središnji i istočni. Cjelovit šumski ekosustav je reljefno i visinski odijeljen od slavonske ravnice, tako da je najniža točka ovog područja na sjeveru 162 mnv, a najviša u središnjem dijelu, vrh Papuka 953 mnv (Samardić, 2005). Administrativno se nalazi na području dviju županija, Požeško-slavonske i Virovitičko-podravске. Općine i gradovi koje se nalaze na području Parka prirode Papuk su: Kaptol, Velika, Brestovac i grad Kutjevo (Požeško-slavonska županija), te općine Voćin, Čačinci i grad Orahovica (Virovitičko-podravska županija). Od ukupne površine Parka prirode „Papuk“ (33 600 ha), šumska staništa pokrivaju 32 699 ha, što čini udio veći od 95 %. Prema namjeni šume su razvrstane u gospodarske šume (89 %), zaštitne šume (6 %) i šume posebne namjene (5 %). Osim zaštitnih šuma, koje se nalaze na površini od 1.946 ha, izdvojene su šume s posebnom namjenom na površini od 1.443 ha.

Prema fitogeografskom raščlanjenju klimazonalne vegetacije Hrvatske (Trinajstić, 1998), šumska vegetacija Parka prirode Papuk raspoređena je u tri vegetacijska pojasa:

- brežuljkasti pojas (100-350 mnv) u kojem su zastupljene kitnjakove i grabove šume,
- brdski pojas (350-900 mnv) u kojem dominiraju bukove šume,
- gorski pojas (iznad 900 mnv) u kojem su zastupljene bukovo-jelove šume.

U PP Papuk utvrđeno je 11 šumskih zajednica koje prekrivaju oko 96% površine. Od vrsta drveća dominira bukva (*Fagus sylvatica*) s 47 %, hrast kitnjak (*Quercus petraea*) s 34 %, jela (*Abies alba*) 6 %, grab (*Carpinus betulus*) 5 % i ostale vrste s 8 %. Na sjevernoj strani zastupljena je bukva s 80 %, a na južnoj strani s 50 %. Na južnoj strani hrast kitnjak zastupljen je s 34 %, a na sjevernoj strani s 10 %. Udio ostale tvrde bjelogorice (običnoga graba, gorskoga javora, cera, hrasta medunca, divlje trešnje) viši je (4 %) na južnoj strani, naročito u šumama hrasta kitnjaka, dok je udio navedenih vrsta niži na sjevernoj strani i iznosi 1 % (Samardić,

2005). Popis šumskih zajednica po nadmorskim visinama na kojima je vršeno uzorkovanje tvrdih krpelja na lokalitetu Papuk, nalazi se u Tablici 6.

Tablica 6. Šumske zajednice na lokalitetu Papuk

Nadmorska visina	Šumska zajednica
200 m	Šuma hrasta kitnjaka s vlasuljom ( <i>Festuco drymeiae – Quercetum petraeae</i> )
400 m	Šuma bukve s lazarkinjom ( <i>Galio odorati – Fagetum</i> )
600 m	Šuma bukve s lazarkinjom ( <i>Galio odorati – Fagetum</i> )
800 m	Brdska bukova šuma s mrtvom koprivom ( <i>Lamio orvalae – Fagus sylvaticae</i> )

Klima na području Papuka je umjereno topla i kišna, da nema sušnoga razdoblja, oborine su jednoliko razdijeljene na cijelu godinu, a najsuši dio godine je zimi. Najviše je padalina u lipnju uglavnom od grmljavinskih pljuskova koji nastaju uslijed zagrijavanja tla. Za razdoblje 1981.-2001. količina padalina iznosi 798 mm. Zapadni dio ima u prosjeku više padalina, a prema istoku se prosjek padalina smanjuje. Mraz se pojavljuje od listopada do travnja, ponekad i u svibnju.

## 4. Rezultati istraživanja

### 4.1. Sastav i struktura utvrđenih populacija tvrdih krpelja/ Determinacija vrsta i razvojnih stadija tvrdih krpelja

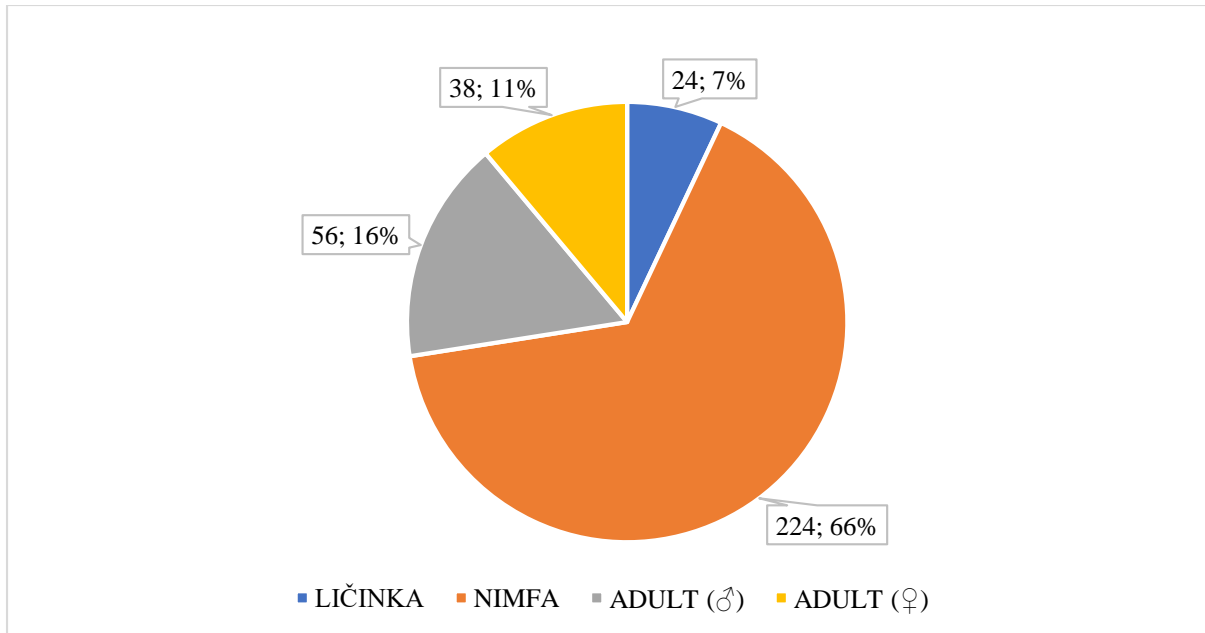
Istraživanjem faune tvrdih krpelja na tri lokaliteta na području Središnje (Medvednica, Gorski kotar) i Istočne (Papuk) Hrvatske, uzorkovanje krpelja obavljeno je u šumskim staništima tj. unutar različitih šumskih zajednica na različitim nadmorskim visinama. Tvrdi krpelji su na Medvednici uzorkovani na pet lokacija (200, 400, 600, 800, 1000 mnv) te u Gorskome kotaru (400, 600, 800, 1000 mnv) i na Papuku (200, 400, 600, 800 mnv) na četiri lokacije. Ukupno je tijekom 2021. godine uzorkovano 329 jedinki tvrdih krpelja. Determinacijom je utvrđena pripadnost svih jedinki vrsti obični ili šumski krpelj (*Ixodes ricinus*) (Slika 16.).



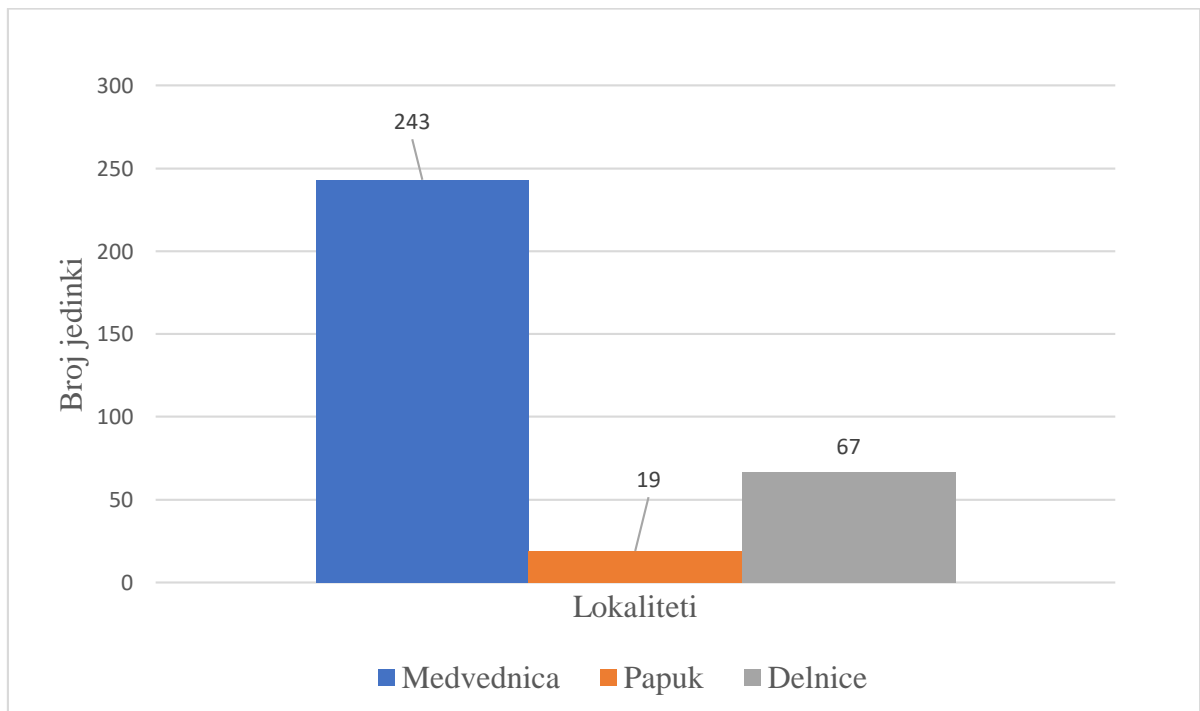
Slika 16. Obični ili šumski krpelj (*Ixodes ricinus*) i njegova tri razvojna stadija (larva; gore lijevo, nimfa; gore desno, adulti: mužjak; dolje lijevo i ženka; dolje desno)



Rezultati uzorkovanja prema razvojnim stadijima krpelja te njihovim udjelima, sumarno za sve lokalitete prikazani su na Slici 17., a ukupna brojnost prikupljenih krpelja po lokalitetima uzorkovanja na Slici 18.



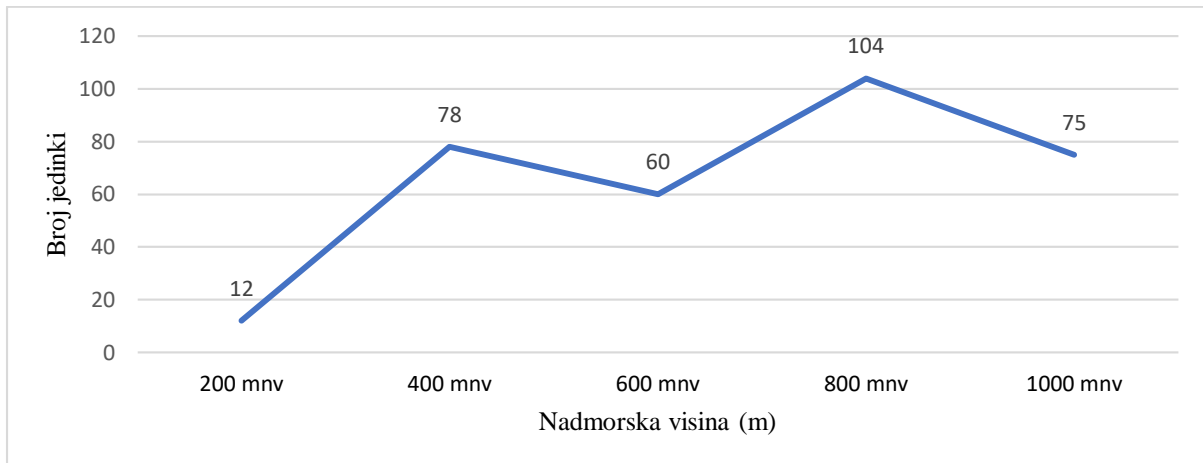
Slika 17. Razvojni stadiji tvrdih krpelja vrste šumski krpelj (*Ixodes ricinus*) uzorkovani na području šuma Središnje i Istočne Hrvatske tijekom 2021. godine



Slika 18. Broj determiniranih krpelja po lokalitetima

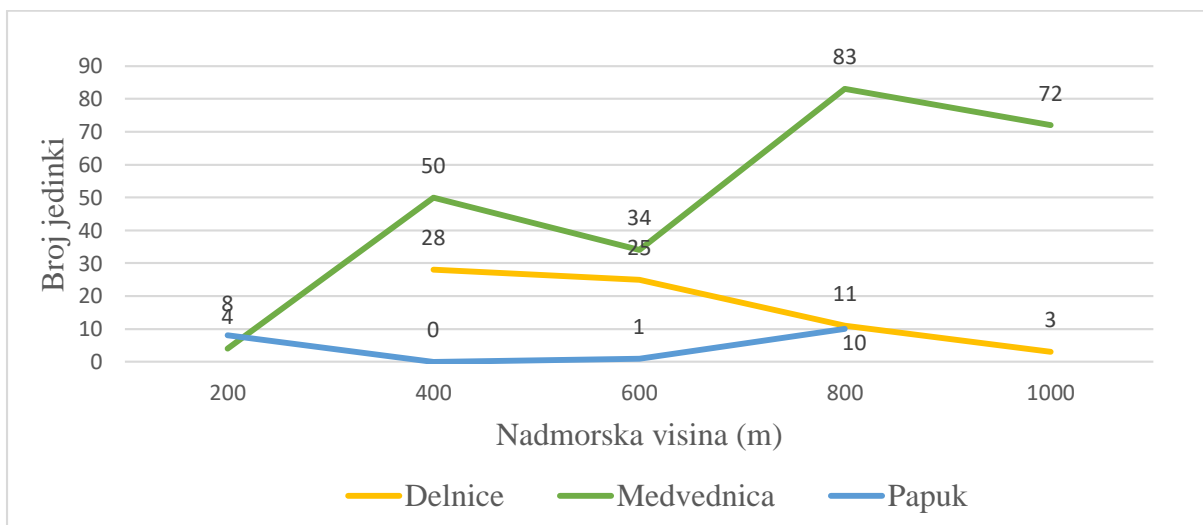
#### 4.2. Prostorna i visinska distribucija tvrdih krpelja uzorkovanih u šumama Središnje i Istočne RH tijekom 2021. god.

Visinska distribucija tvrdih krpelja vrste obični ili šumski krpelj (*Ixodes ricinus*) uzorkovanih u šumama Središnje i Istočne Hrvatske tijekom 2021. godine, za sve lokalitete sumarno, prikazana je na Slici 19.



Slika 19. Visinska distribucija tvrdih krpelja uzorkovanih u šumama Središnje i Istočne Hrvatske tijekom 2021. godine (NAPOMENA: na području Papuka nema lokaliteta na 1000 m, dok u u Gorskom kotaru nema lokaliteta na 200 m)

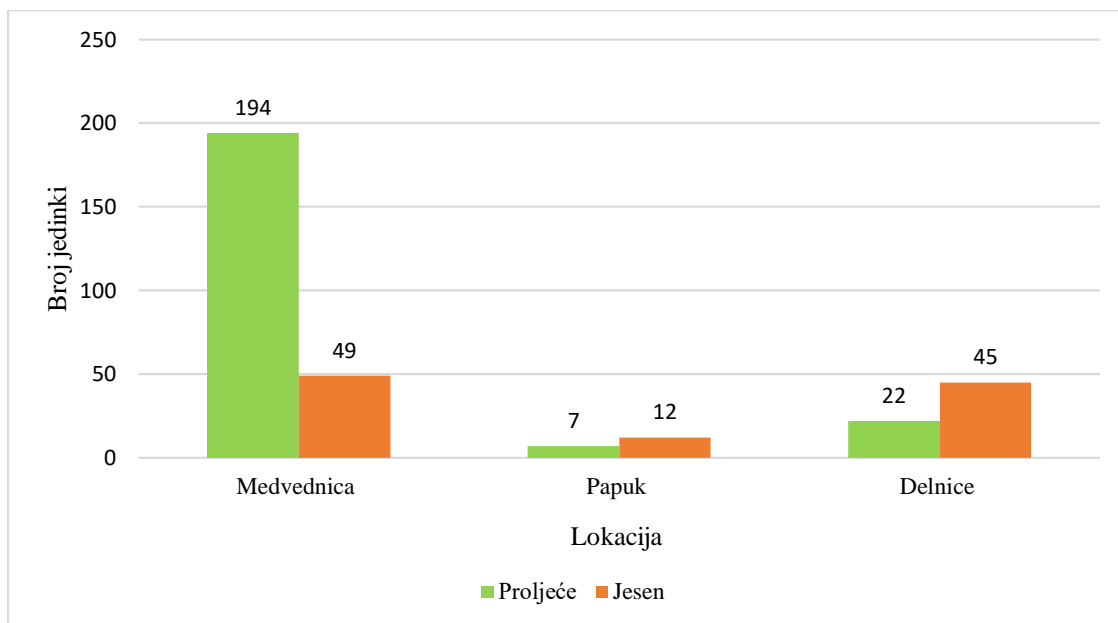
Visinska distribucija tvrdih krpelja za svaki od lokaliteta (Delnice, Medvednica, Papuk) prikazana je na Slici 20.



Slika 20. Visinska distribucija tvrdih krpelja na svakom lokalitetu zasebno, uzorkovanih tijekom 2021. godine (NAPOMENA: na području Papuka nema lokaliteta na 1000 m, dok u Gorskom kotaru nema lokaliteta na 200 m)

### 4.3. Sezonska dinamika uzorkovanih krpelja

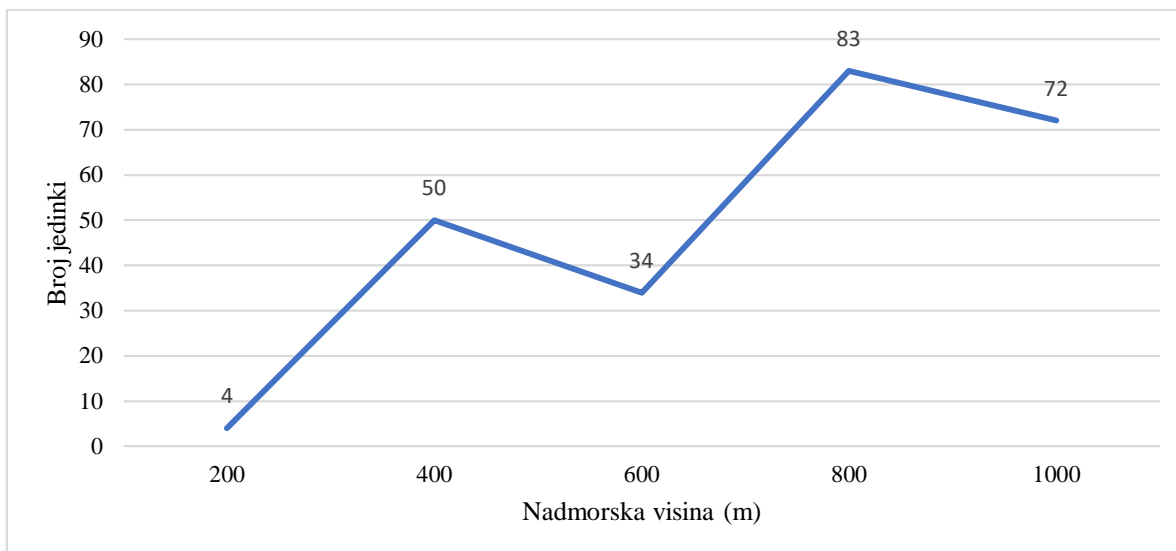
Sezonska dinamika uzorkovanih jedinki tvrdih krpelja vrste obični ili šumski krpelj (*Ixodes ricinus*) prikupljenih tijekom 2021. godine prema lokalitetima uzorkovanja, prikazana je na Slici 21.



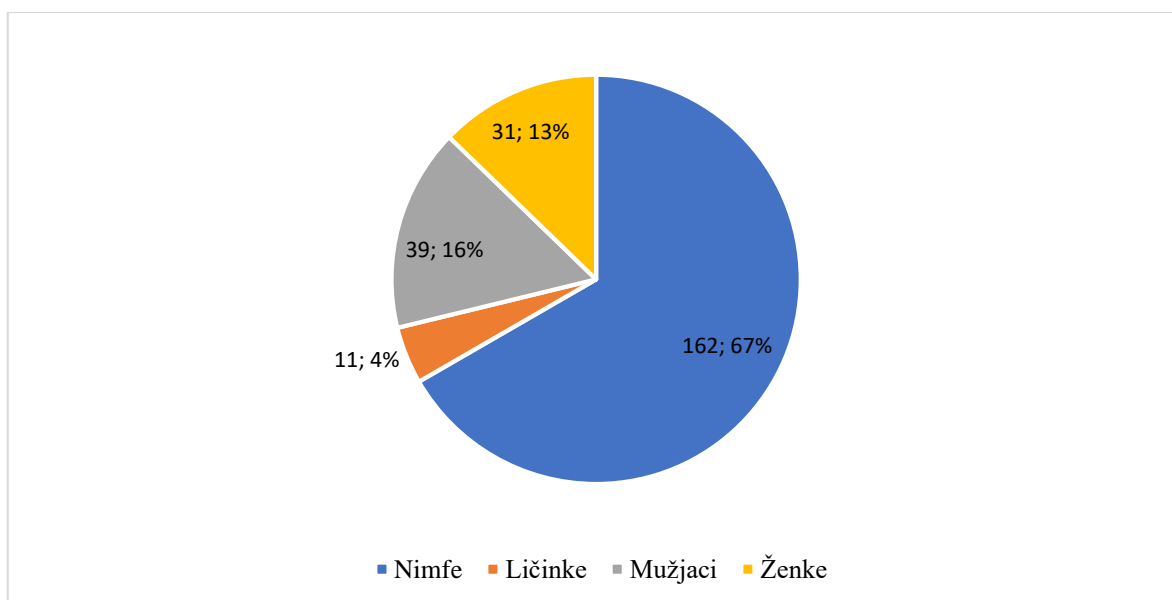
Slika 21. Sezonska distribucija uzorkovanih tvrdih krpelja u šumama Središnje i Istočne Hrvatske tijekom 2021. godine

### 4.4. Rezultati uzorkovanja tvrdih krpelja na području Središnje Hrvatske; Medvednica

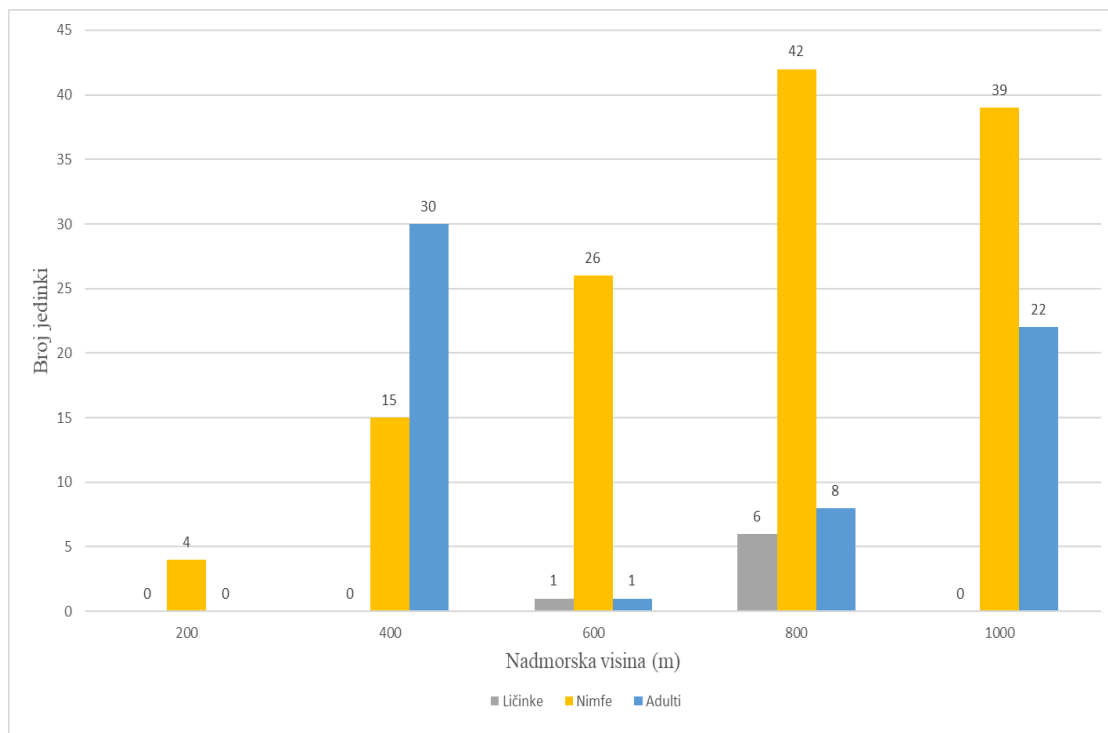
Brojnost jedinki vrste šumski ili obični krpelj (*Ixodes ricinus*) uzorkovanih na lokalitetu Medvednica tijekom 2021. godine prikazana je na Slici 22., dok je na Slikama 23., 24. i 25. moguće vidjeti rezultate utvrđivanja zastupljenosti razvojnih stadija te spolnu strukturu prikazanu sezonski te prema nadmorskim visinama na kojima je provedeno uzorkovanje.



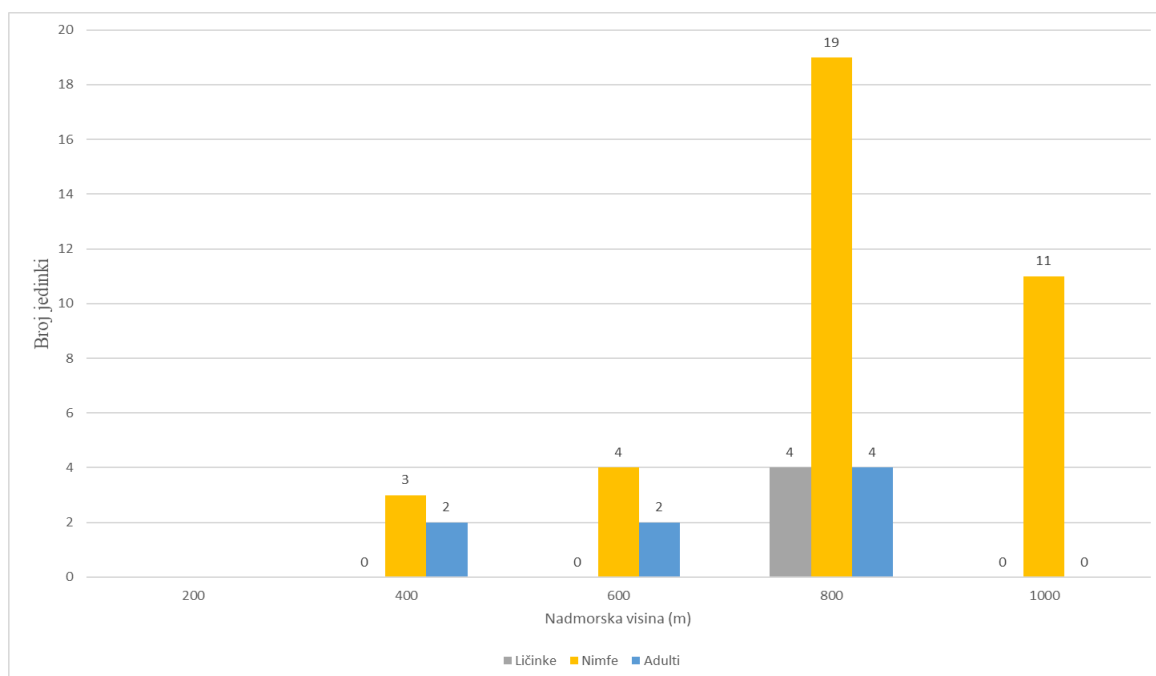
Slika 22. Visinska distribucija tvrdih krpelja uzorkovanih u šumama Medvednice tijekom 2021. godine



Slika 23. Struktura razvojnih stadija i spolova tvrdih krpelja uzorkovanih tijekom 2021. godine na lokalitetu Medvednica



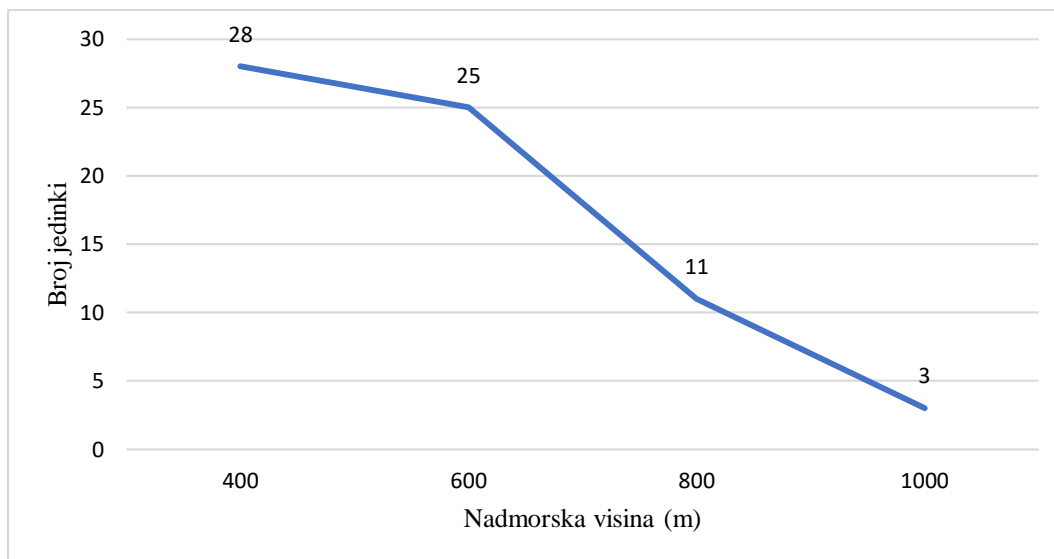
Slika 24. Struktura razvojnih stadija tvrdih krpelja po nadmorskim visinama uzorkovanih tijekom proljeća 2021. godine na lokalitetu Medvednica



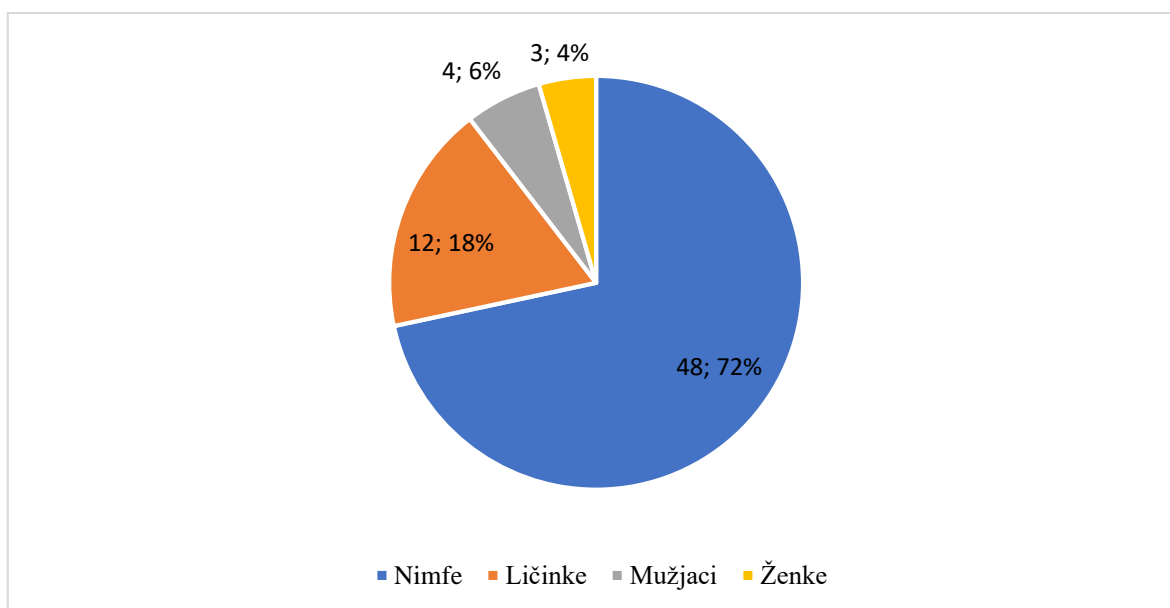
Slika 25. Struktura razvojnih stadija tvrdih krpelja po nadmorskim visinama uzorkovanih tijekom jeseni 2021. godine na lokalitetu Medvednica

#### 4.5. Rezultati uzorkovanja tvrdih krpelja na području Središnje Hrvatske; Gorski kotar

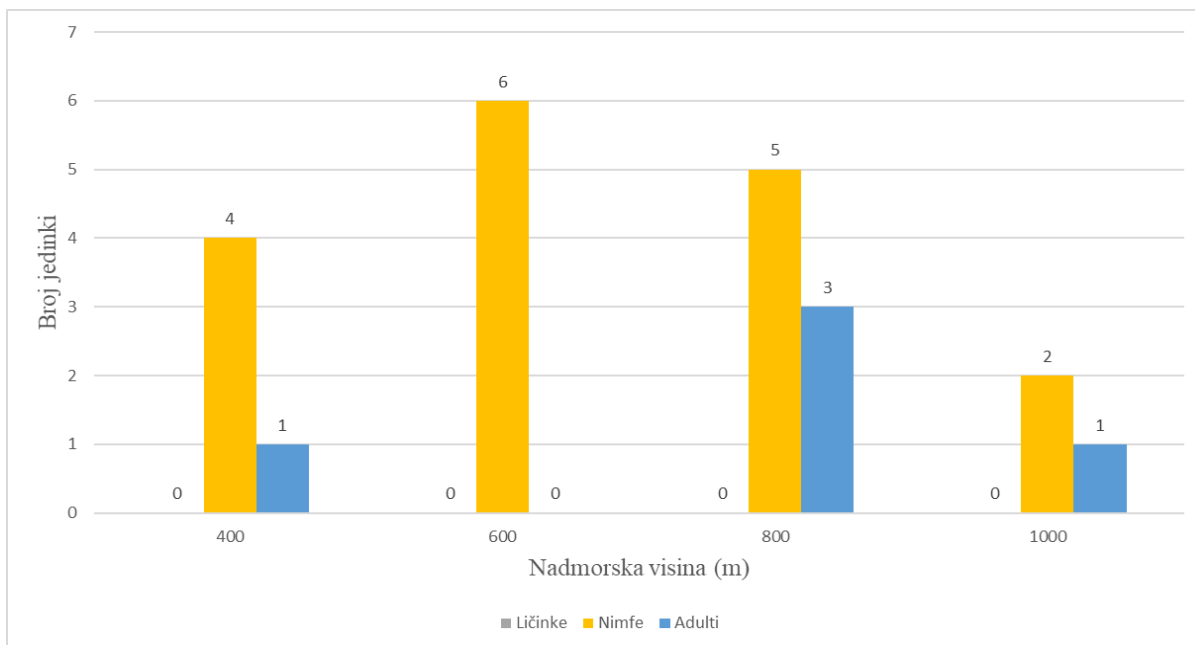
Brojnost jedinki vrste šumski ili obični krpelj (*Ixodes ricinus*) uzorkovanih na lokalitetu Gorski kotar tijekom 2021. godine prikazana je na Slici 26., dok je na Slikama 27., 28. i 29. moguće vidjeti rezultate utvrđivanja zastupljenosti razvojnih stadija te spolnu strukturu prikazanu sezonski te prema nadmorskim visinama na kojima je provedeno uzorkovanje.



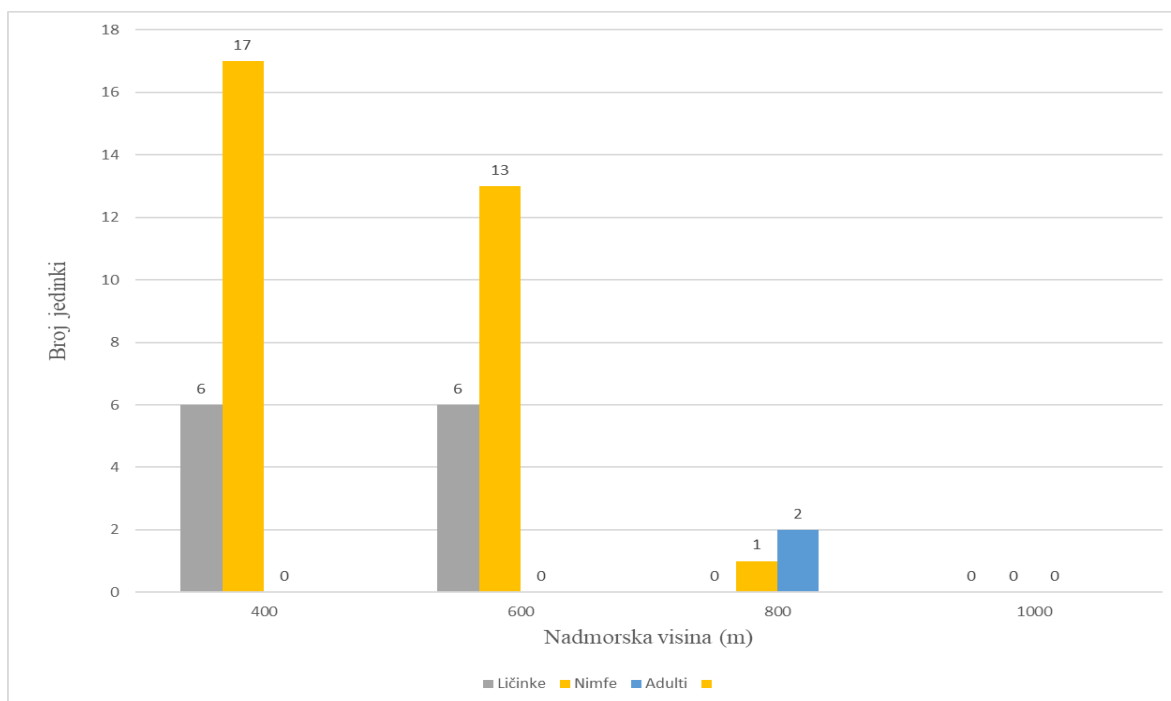
Slika 26. Visinska distribucija tvrdih krpelja uzorkovanih u šumama Gorskog kotara tijekom 2021. godine



Slika 27. Struktura razvojnih stadija i spolova tvrdih krpelja uzorkovanih tijekom 2021. godine na lokalitetu Gorski kotar



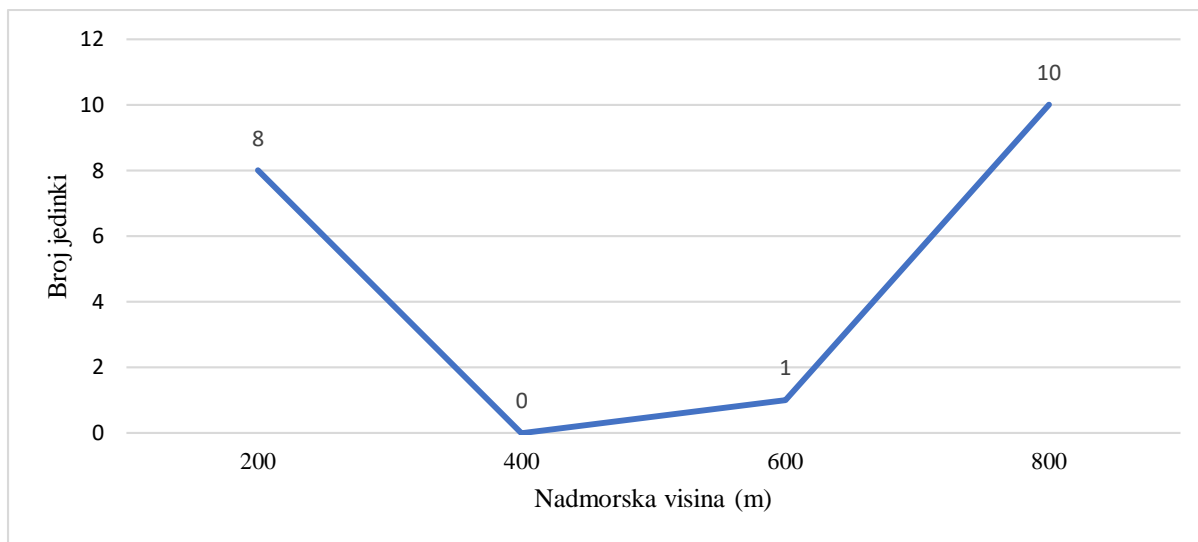
Slika 28. Struktura razvojnih stadija tvrdih krpelja po nadmorskim visinama uzorkovanih tijekom proljeća 2021. godine na lokalitetu Gorski kotar



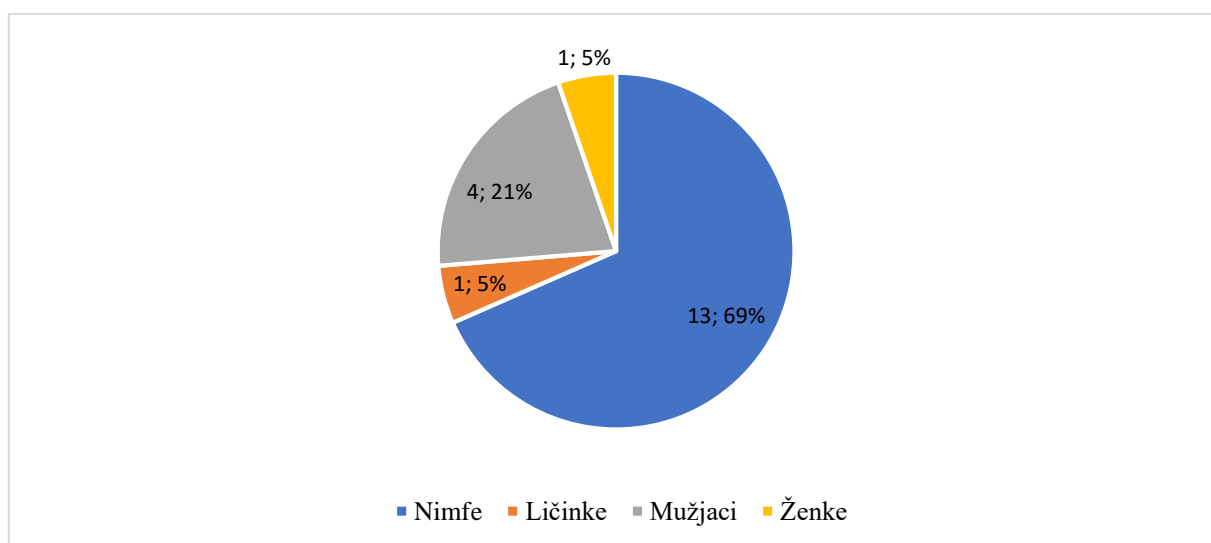
Slika 29. Struktura razvojnih stadija tvrdih krpelja po nadmorskim visinama uzorkovanih tijekom jeseni 2021. godine na lokalitetu Gorski kotar

#### 4.6. Rezultati uzorkovanja tvrdih krpelja na području Istočne Hrvatske; Papuk

Brojnost jedinki vrste šumski ili obični krpelj (*Ixodes ricinus*) uzorkovanih na lokalitetu Papuk tijekom 2021. godine prikazana je na Slici 30., dok je na Slikama 31., 32. i 33. moguće vidjeti rezultate utvrđivanja zastupljenosti razvojnih stadija te spolnu strukturu prikazanu sezonski te prema nadmorskim visinama na kojima je provedeno uzorkovanje.

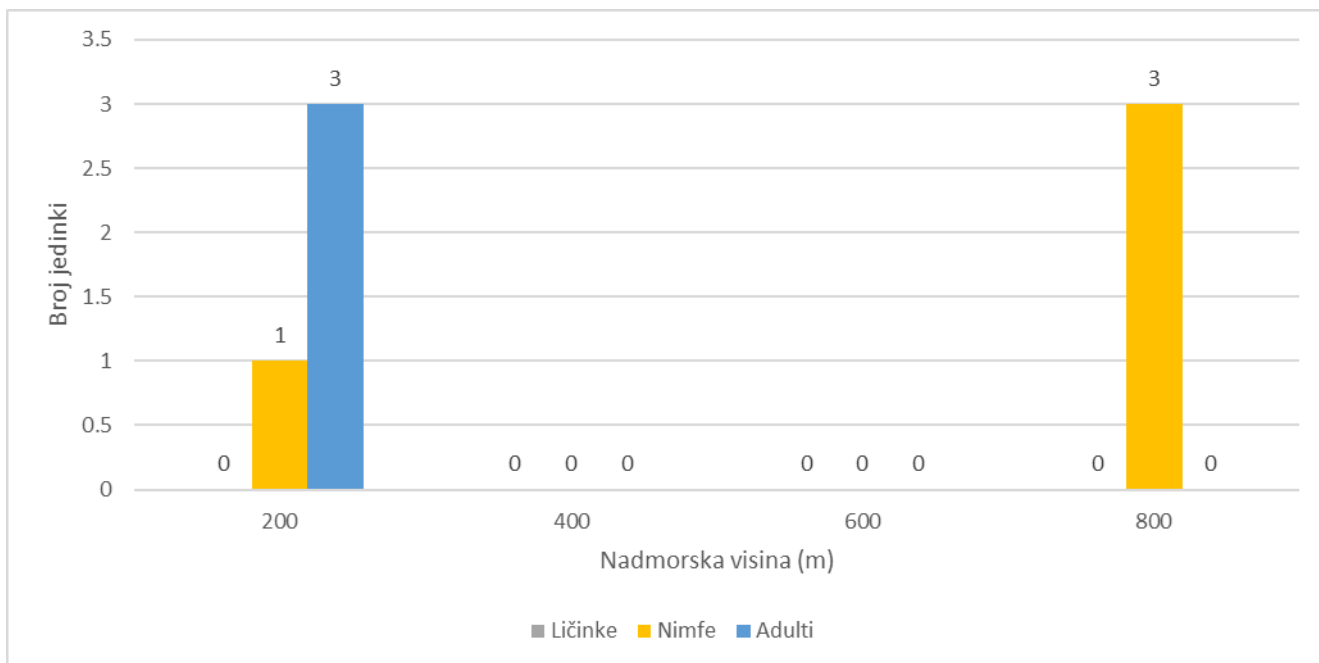


Slika 30. Visinska distribucija tvrdih krpelja uzorkovanih u šumama Papuka tijekom 2021. godine

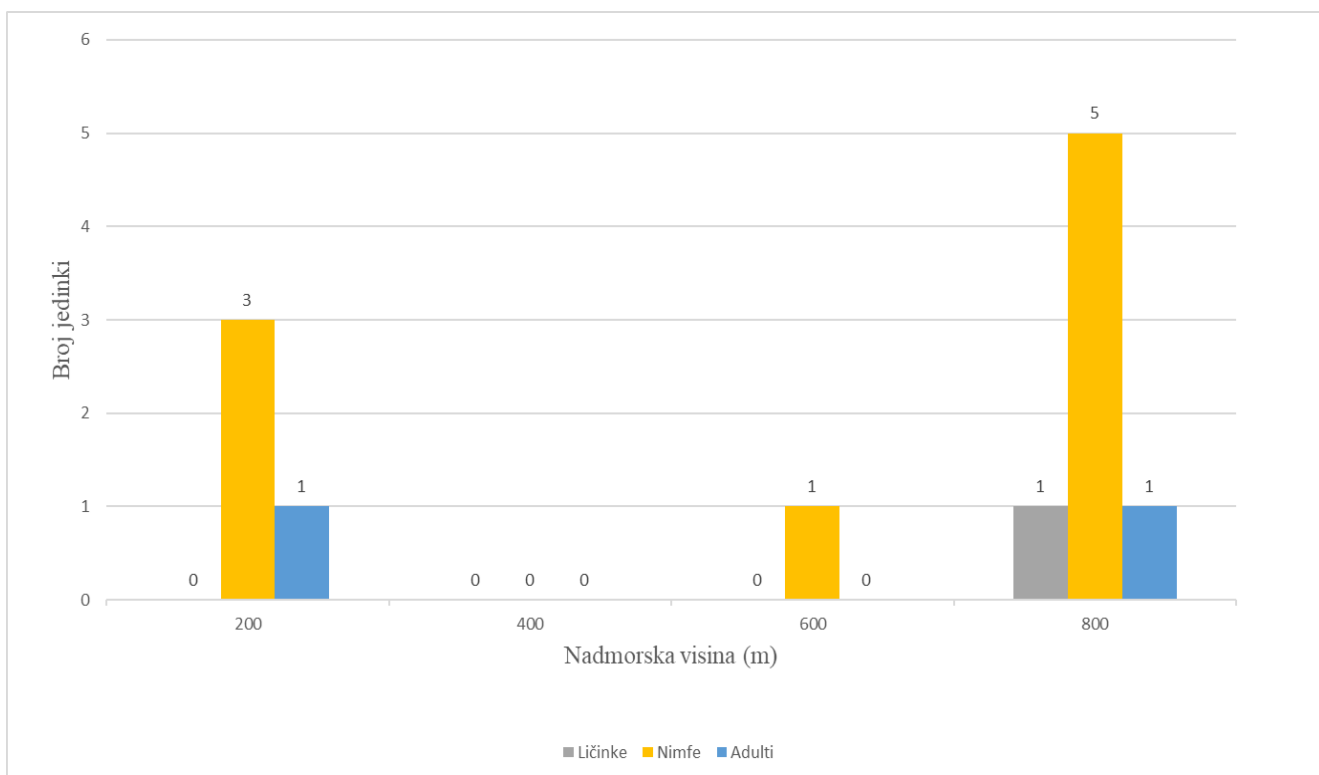


Slika 31. Struktura razvojnih stadija i spolova tvrdih krpelja uzorkovanih tijekom 2021. godine na lokalitetu Papuk





Slika 32. Struktura razvojnih stadija tvrdih krpelja po nadmorskim visinama uzorkovanih tijekom proljeća 2021. godine na lokalitetu Papuk



Slika 33. Struktura razvojnih stadija tvrdih krpelja po nadmorskim visinama uzorkovanih tijekom jeseni 2021. godine na lokalitetu Papuk

## 5. Rasprava

Prve detaljnije studije o krpeljima u Hrvatskoj učinjene su otprilike polovinom 20. st. Broj utvrđenih vrsta krpelja se povećavao do 1980-ih godina, no, dok je rasprostranjenost i sezonska dinamika dominantno praćena na otocima i obali uz Jadran (Mikačić 1949; Tovornik 1988), prostor kontinentalne Hrvatske u manjoj je mjeri bio obuhvaćen takvim istraživanjima (Krčmar 2012). U ovom istraživanju faune tvrdih krpelja, u razdoblju od travnja do studenoga 2021. godine, obuhvaćena su dva šumska lokaliteta Središnje Hrvatske; Medvednica i Gorski kotar te Papuk u regiji Istočne Hrvatske. Na sve tri lokacije ukupno je uzorkovano 329 jedinki tvrdih krpelja. Morfološkom determinacijom utvrđeno je kako sve uzorkovane jedinke pripadaju vrsti obični ili šumski krpelj (*Ixodes ricinus*). Ovakav nalaz potkrjepljuje brojne studije na području Hrvatske, susjednih zemalja, ali i na širem području Europe, prema kojima je obični krpelj najzastupljenija vrsta porodice tvrdih krpelja (*Ixodidae*) (Milutinović i sur. 2006, Jaenson i Jensen 2007, Krčmar 2014, Vucelja i sur. 2019). Mogući uzrok toga može biti u činjenici da je obični krpelj manje osjetljiv na temperaturne promjene u okolišu, dok su druge vrste osjetljive u različitoj mjeri (Ploj 2007). Pridolazak određene vrste krpelja uvelike ovisi o stanišnim uvjetima pojedinih lokaliteta, što je vidljivo i prema podacima nekih prijašnjih radova. Primjerice, Krčmar (2014) izvještava o udjelu običnog krpelja od 65,9 % utvrđenom na više lokaliteta istočne Slavonije i Baranje. Nadalje, Barišin i sur. (2011) u uzorku od 700-tinjak jedinki tvrdih krpelja prikupljenih na parkovnim površinama grada Zagreba, utvrdili su udio od 57% vrste *Ixodes ricinus* i 43% vrste ornamentirani pseći krpelj (*Dermacentor reticulatus*). S druge strane, Vucelja i sur. (2019) izvještavaju kako je u trogodišnjem periodu (2016 – 2018) obični krpelj bio jedina vrsta uzorkovana na trima parkovnim površinama u Zagrebu (Jarun, Maksimir i Bundek). No, postoje također i navodi kako je u poplavnim šumama Srednje Posavine, obični krpelj u uzorku od 400-tinjak jedinki tvrdih krpelja, bio zastupljen sa svega 3,5 %, dok su preostalih 96, 5% činile jedinke vrste ornamentirani pseći krpelj (*Dermacentor reticulatus*) (Vucelja 2013). Jedan od možebitnih razloga ovakvoj dominaciji vrste *Dermacentor reticulatus* moguće proizlazi iz sposobnosti ornamentiranog psećeg krpelja da u anaerobnim uvjetima, pod poplavnom vodom, preživi i nekoliko mjeseci (Földvári 2016). Za vrstu obični krpelj karakteristična je također sezonalnost u smislu pojavljivanja u proljeće i jesen. Tokom ljeta miruju tj. prelaze u razdoblje dijapauze zbog visokih temperatura. Zimi miruju zbog niske temperature i veće količine padalina, ali i kraćeg fotoperioda (duljina trajanja dana) - ekološki faktor koji ima značajan utjecaj na početak i kraj dijapauze. Čim se duljina dana produži i temperatura zraka poveća, krpelji počinju biti aktivni. Proljetno vrijeme idealno

im odgovara zbog razine vlage, visine temperature i izostanka temperaturnih ekstrema. Na rezultate prikupljanja krpelja utjecaj će također imati i sama metoda uzorkovanja. U ovome istraživanju korištena je metoda krpeljne zatege, kojom se uzorkuju dominantno eksofilni krpelji; tj. one vrste za koje je karakteristično „istraživačko ponašanje“ tj. njihovo pojavljivanje na otvorenim i izloženim površinama s obzirom da su aktivne su u potrazi za domaćinom, prilikom čega se uspinju na vegetaciju, dospijevaju na vršne dijelove travnatih biljaka te se sa ispruženim prvim nogama hvataju za domaćina, potom gmižu po koži domaćina, kako bi pronašli prikladno mjesto za koje će se pričvrstiti i na kojem će se hraniti. Takvo ponašanje karakteristično je za rodove kao što su: *Rhipicephalus*, *Haemaphysalis* i *Ixodes* (Vucelja i Klobučar 2019) što odgovara i rezultatima ovog istraživanja.

U okviru ovoga istraživanja, na lokalitetima Medvednica i Papuk najveći broj jedinki prikupljen je na 800 mnv, a na području Gorskog kotara na 400 mnv. Dobiveni rezultati su dijelom očekivani zbog povoljnijih sastojinskih prilika (viši udio vlage zraka, niže temperature i izostankom ekstremno visokih temperatura) na većim nadmorskim visinama. Na lokalitetu Medvednica, na 200 mnv, u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka s običnim grabom (*Carpino betuli-Quercetum roboris*), tijekom proljetnog uzorkovanja prikupljene su samo četiri jedinke vrste obični krpelj, dok u jesenskom 2021. godine nije bilo sakupljenih jedinki. Razloge niskoj brojnosti u proljetnome periodu dijelom je moguće tumačiti uvjetima nižih temperatura zraka od uobičajenih za travanj (Web 2).

Na području Medvednice unutar šume bukve s lazarkinjom (*Galio odorati-Fagetum*), na 400, 600 i 800 mnv u proljetnom uzorkovanju većina sakupljenih krpelja bila je u stadiju nimfe. Ličinke su zastupljene u vrlo malom broju na 600 i 800 mnv. Unutar zajednice *Festuco drymeiae-Abietetum* – panonske bukove jelove šume, na 1000 mnv najviše jedinki bilo je u stadiju nimfe. U jesenskom uzorkovanju, tijekom praćenja na spomenutoj visini, sakupljen je manji broj jedinki.

Analizom razvojnih stadija jedinki tvrdih krpelja ukupno uzorkovanih i determiniranih ovim istraživanjem, utvrđen je najveći broj krpelja u stadiju nimfe (66%). S obzirom da su krpelji u stadiju nimfe - zbog vrlo malih dimenzija (cca. 1.5 mm) vrlo teško uočljivi, ali i vrlo pokretljivi zbog aktivnog „vrebanja“ domaćina - podatak o njihovoj najvećoj zastupljenosti tijekom provedenog istraživanja, apostrofira značaj toga razvojnog stadija (nimfe) i njihov potencijal u pogledu širenja zoonoza na ljude te stavlja u fokus potrebu preventivnog ponašanja ljudi tijekom njihova boravka u šumskom staništu, osobito u proljetnoj sezoni. S druge strane,

krpelji su u razvojnom stadiju ličinke (iako izuzetno teško uočljivi zbog male dimenzije; cca. 0,5 mm) zbog nenapuštanja listinca i niske stope inficiranosti (osim u slučaju transovarijalnog prijenosa KME), nešto manje opasni za ljude, dok je stadij adulta zbog dimenzija koje doseže (2-3 mm) lakše uočljiv na tijelu čovjeka, čime se smanjuje realna opasnost od njihova hranjenja na čovjeku kao domaćinu.

Na području Gorskog kotara, uzorkovanje je provedeno na lokalitetu Delnice, na 400 mnv unutar zajednice bukve s rebračom (*Blechno-Fagetum*) te na 600 mnv jele s rebračom (*Blechno-Abietetum*). Na obje nadmorske visine sakupljen je podjednak broj jedinki. Iznimka je da je na ovom lokalitetu i navedenim visinama, uspješnije bilo jesensko uzorkovanje. Na 800 mnv unutar zajednice dinarske jelove – bukove šume (*Omphalodo-Fagetum*), sakupljen je najmanji broj jedinki tijekom proljetnog uzorkovanja 2021. godine. Na 1000 mnv uzorkovanje je provedeno na rubu šume okružene grupama stabala bukve, jele, običnog jasena, gorskog javora i lijeske. Na ovome lokalitetu tijekom proljetnog uzorkovanja sakupljene su samo tri jedinke, dok u jesenskom uzorkovanju nije bilo sakupljenih jedinki na ovoj nadmorskoj visini. Najveći broj sakupljenih jedinki je bio na 400 i 600 mnv. S obzirom da krpelji postaju aktivni kada je temperatura zraka viša od 7°C uz povoljnu količinu vlage, na području Gorskog kotara sakupljeno je najviše krpelja u jesenskom uzorkovanju.

Na lokalitetu Papuk, zajednica hrasta kitnjaka s vlasuljom (*Festuco drymeiae-Quercetum petraeae*) pridolazi na 200 mnv. Najviše jedinki običnog krpelja sakupljeno je u stadiju nimfe. Na 400 i 600 mnv pridolazi šuma bukve s lazarkinjom (*Galio odorati-Fagetum*). Na 400 mnv nije pronađena ni jedna jedinka, a na 600 mnv pronađena je samo jedna jedinka. Na 800 mnv uzorkovanje je provedeno u brdskoj bukovoj šumi s mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Fagetum sylvaticae*). Na navedenoj lokaciji sakupljeno je 10 jedinki.

*Ixodes ricinus* smatra se najvažnijim vektorom mnogih zoonotskih patogena virusnog i bakterijskog podrijetla u Europi (Furness and Furness 2018). Mnogi autori navode da klimatske promjene utječu na sve veću pojavnost krpelja te sukladno tome predstavljaju sve veći problem širenja zoonoza na ljude (Stone i sur. 2017, Alkische i sur. 2017, Lindgren i sur. 2000). Globalno zagrijavanje produžuje sezonsku aktivnost krpelja te samim time njihov vektorski potencijal u širenju zaraznih bolesti. Moguće je očekivati, i vrlo poželjno bilo bi usustaviti istraživanja potencijala širenja zaraznih bolesti (napose zoonoza) na više nadmorske visine ili čak mogućnost pojave tropskih bolesti na području Hrvatske. Najveća aktivnost krpelja koja je ovim istraživanjem evidentirana u proljetnim mjesecima - kada je postignut optimum temperature i vlage - potvrđuje ranije spoznaje te podcrtava važnost pravovremenog

informiranja šire javnosti o realnim ugrozama od krpelja, osobito od kraja ožujka do kraja svibnja, tj. u periodu godine kada je i aktivnost ljudi van kuće povećana.

Ovaj rad se temelji na istraživanju u sklopu studentskog projekta odobrenog od strane Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu koje je realizirano tijekom 2021. godine. Kako se istraživanje nastavlja na prethodna dva studentska projekta u kojima je praćena brojnost tvrdih krpelja na istom istraživanom području tijekom 2019. i 2020. godine zanimljivo je usporediti rezultate. Ukupan broj uzorkovanih krpelja na svim lokalitetima zajedno iznosio je 2019. godine 867 jedinki, 2020. godine 1746 jedinki, a 2021. godine 329 jedinki.

Na Medvednici je 2019. godine uzorkovana 291 jedinka, 2020. godine 595, a 2021. godine 243 jedinke. Na Papuku je 2019. godine uzorkovano 117 krpelja, 2020. godine 247 krpelja i 2021. godine tek 19 krpelja. U Gorskom kotaru 2019. godine prikupljeno je 459 jedinki, 2020. čak 904 jedinke, a u 2021. godini 67 jedinki.

Najveće razlike u broju uzorkovanih krpelja u istom godišnjem dobu, na istim lokalitetima, ali i najveća razlika ukupne brojnosti sa svih lokaliteta zajedno, vidljive su iz usporedbe proljeća 2020. godine i proljeća 2021. godine. Tako su najveće razlike u broju prikupljenih jedinki bile na Papuku kada je u proljeće 2020. godine (uzorkovana 231 jedinka) i proljeće 2021. godine (uzorkovano 7 jedinki); U Gorskom kotaru u proljeće 2020. godine (827 jedinki) u odnosu na proljeće 2021. godine (22 jedinke). Na svim lokalitetima ukupno je u proljeće 2020. godine prikupljeno 1590 jedinki, a u proljeće 2021. godine 223 jedinke. Brojevi krpelja u jesenskom uzorkovanju za ove tri godine nemaju većih međusobnih odstupanja. Prema podacima DHMZ-a (Web 2), za odstupanje srednje mjesečne temperature zraka i odstupanje količine oborina, vidljivo je da su listopadu i studenom u ove tri godine klimatske prilike bile podjednake i približno prosječne za to doba godine osim na Medvednici u jesen 2019. kada je bilo iznadprosječno toplo i suho. Za vrijeme proljetnog uzorkovanja 2020. godine srednja mjesečna temperatura zraka je bila prosječna za taj dio godine, količina oborina je bila iznad prosjeka te je bila visoka količina vlage u zraku. Godine 2021., za vrijeme proljetnog uzorkovanja, srednja mjesečna temperatura zraka je bila iznadprosječna i bilo je ekstremno toplo te vrlo sušno s ispodprosječnom količinom oborina za taj dio godine. Iz dobivenih rezultata uzorkovanja i podataka o temperaturi i vlazi zraka DHMZ-a (Web 2) može se zaključiti da klimatske prilike, prvenstveno vlaga zraka i temperatura utječu na brojnost krpelja, tj. da im ne odgovaraju visoke temperature, neposredna sunčeva svjetlost i suh zrak. Zaključak i dobiveni rezultati odgovaraju prijašnjim radovima i matrici aktivnosti običnog ili šumskog krpelja (Slika 3.). Manji broj uzorkovanih krpelja u 2021. godini posljedica je klimatskih uvjeta;

iznadprosječne srednje temperature zraka i niske količine vlage u zraku tijekom proljeća te godine. Značajnija zabilježena aktivnost krpelja na području Gorskog kotara u studenom 2021. godine u okviru ovoga istraživanja, moguće govore u prilog utjecaja klimatskih promjena na njihovu sezonsku aktivnost koja se produljuje.

Ono što je također značajno spomenuti jest da su sve jedinke tvrdih krpelja sakupljene tijekom 2021. godine na sva tri lokaliteta determinirane kao obični ili šumski krpelj (*Ixodes ricinus*), no 2019. godine na istim lokalitetima uzorkovane su još dvije vrste tvrdih krpelja; i to tri jedinke vrste *Haemaphysalis concinna* i jedna jedinka vrste *Ixodes frontalis*. Godine 2020. uzorkovana je ponovo jedna jedinka vrsta *Haemaphysalis concinna*. Zanimljivo je napomenuti i da su sve četiri jedinke *Haemaphysalis concinna* uzorkovane na Papuku.

U cilju smanjenja broja humanih slučajeva zaraze bolestima koje krpelji prenose, iznimno je važno voditi više računa o nužnosti i potrebi edukacije javnosti (i to svih dobnih kategorija!) o mogućim izvorima infekcije brojnim patogenima; a osobito uzročnicima lajmske borelioze i krpelnog meningoencefalitisa. U tom pogledu, najugroženije skupine predstavljaju stručnjaci čiji je rad vezan uz prirodna staništa (osobito šumska!), planinari, vojska, izletnici, turisti itd. Nedvojbeno postoji prostor za poboljšanje komuniciranja ove problematike; i to primjerice kroz različite vidove informiranja javnosti kroz „virtualni prostor“ (npr. kroz mobilnu aplikaciju „krpelji.info“, društvene mreže i sl.) te kroz postavljanje informativnih (edukativnih) ploča sa osnovnim podacima o krpeljima, i to osobito u području parkova prirode, park šuma te ostalih zaštićenih prirodnih objekata – kojima Hrvatska obiluje - a u kojima postoji značajan priliv ljudi. Točna informacija i trajna edukacija temelji su osvješćivanja ljudi o potencijalnim opasnostima od krpelja, odnosno preduvjet su učinkovitog preventivnog djelovanja protiv bolesti koje prenose tvrdi krpelji. U konačnici, razvidno je da je za zemlju kao što je Hrvatska - koja je iznimno turistički atraktivna te bogata brojnim prirodnim zaštićenim područjima - problematika tvrdih krpelja, njihove sezonske pojavnosti, brojnosti te stupnja inficiranosti patogenima od velike važnosti, a sustavni monitoring nedvojbeno može biti od pomoći, osobito u pogledu preventivnih mjera zaštite od zaraze bolestima koje prenose tvrdi krpelji.

## 6. Zaključak

Na temelju provedenih uzorkovanja krpelja tijekom 2021. godine na trima lokacijama Središnje (Medvednica i Gorski kotar) i Istočne Hrvatske (Papuk), moguće je donijeti sljedeće zaključke:

- Tijekom uzorkovanja na navedenim lokalitetima u periodu od svibnja 2021. do studenog 2021. godine determinirana je jedna vrsta krpelja – obični ili šumski krpelj (*Ixodes ricinus* Linnaeus 1758)
- Na brojnost krpelja veliki utjecaj imaju temperatura i vlaga
- Tijekom proljetnog uzorkovanja uočena je veća brojnost jedinki
- Najveći broj krpelja sakupljen je tokom proljetnog uzorkovanja na području Medvednice. S obzirom na klimatske uvjete na Papuku i Medvednici očekivana najveća brojnost je na 800 mnv, a u Gorskom kotaru na 400 mnv
- Analizom spolova utvrđena je dominacija mužjaka, dok je analizom razvojnih stadija utvrđena dominacija nimfi, koje i predstavljaju najveći potencijal zaraze
- Pravovremeno i organizirano informiranje i educiranje ljudi te sustavni monitoring tvrdih krpelja iznimno su važni elementi prevencije bolesti koje krpelji prenose te je tome potrebno trajno težiti

## **7. Zahvale**

Ovom prilikom želimo zahvaliti našem mentoru doc.dr.sc Marku Vucelji na izdvojenom vremenu, trudu, potpori, te pruženom povjerenju tijekom svih faza izrade ovog rada.

Također, hvala mag.ing.silv. Marku Boljfeću na savjetima, pomoći kod determinacije krpelja na terenu i pri laboratorijskoj analizi, te ustupljenim fotografijama.



## 8. Literatura

- \* Alkische AA, Peterson AT, Samy AM. Climate change influences on the potential geographic distribution of the disease vector tick *Ixodes ricinus*. PLoS One. 2017;12:e0189092.
- \* Barišin, A., Nemeth Blažić T., Jeličić P., Gjenero Margan I., Capak K., Petrović G., 2011. Prikaz istraživanja krpelja na području Grada Zagreba u 2008. godini, Zbornik radova, DDD i ZUPP 23. znanstveno-stručno-edukativni seminar, Pula: 203- 211.
- \* Beauté J., Spiteri G., Warns-Petit E., Zeller H., 2018. Tick-borne encephalitis in Europe, 2012 to 2016. Euro Surveill. 2018;23(45):pii=1800201.
- \* Beugnet , F., Chalvet-Monfray, K., Harilaos, L., 2009: FleaTickRisk: a meteorological model developed to monitor and predict the activity and density of three tick species and the cat flea in Europe. Geospatial Health 4(1), 2009, pp. 97-113
- \* Beugnet F., Chalvet-Monfray K., 2013. Impact of climate change in the epidemiology of vector-borne diseases in domestic carnivores. Comp Immunol Microbiol Infect Dis., 36: 559-566.
- \* Bowman, A. S., Ball, A., Sauer, J. R. (2008) Tick salivary glands: the physiology of tick water balance and their role in pathogen trafficking and transmission. U: Bowman, A. S., Nuttall, P. A., (ur.) Ticks: Biology, disease and control. Cambridge University Press, New York, USA, str. 73-91.
- \* Burgdorfer W., 1995. Lyme disease (borreliosis): a global perspective. Alpe Adria Microbiology journal. 4: 227-233.
- \* Danielová V., Rudenko N., Daniel M., Holubová J., Materna J., Golovchenko M., Schwarzová L., 2006. Extension of *Ixodes ricinus* ticks and agents of tick-borne diseases to mountain areas in the Czech Republic. International Journal of Medical Microbiology, 296 SI: 48-53.
- \* Estrada-Peña A., 2001. Distribution, abundance, and habitat preferences of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) in northern Spain. J Med Entomol., 38:361–370.
- \* Estrada-Peña A., Bouattour A., Camicas J. L., Walker A. R., 2004. Ticks of Domestic Animals in the Mediterranean Region. A Guide to Identification of Species. University of Zaragoza, Printed by Atalanta, Houten, The Netherlands, 18-131.

- \* Földvári G, Široký P, Szekeres S, Majoros G, Sprong H. *Dermacentor reticulatus*: a vector on the rise. *Parasit Vectors*. 2016 Jun 1;9(1):314. doi: 10.1186/s13071-016-1599-x. PMID: 27251148; PMCID: PMC4888597.
- \* Furness, R.W. and E.N. Furness. 2018. *Ixodes ricinus* parasitism of birds increases at higher winter temperatures. *J. Vector Ecol.* 43: 59-62.
- \* Golubić D., Rijepkema S., Tkalec-Malkovec N., Ružić E., 1998. Epidemiologic, ecologic and clinical characteristics of Lyme borreliosis in Northwest Croatia. *Acta Med Croat.*, 1:7.
- \* Gray J.S., Dautel H., Estrada-Peña A., Kahl O., Lindgren E., 2009., Effects of Climate Change on Ticks and Tick-borne diseases in Europe, *Interdisciplinary Perspectives Infectious Diseases*, Volume 2009; Article ID 593232: 12.
- \* Hill A. C., MacDonald F. J., 2006. The biology and medical importance of ticks in Indiana. Purdue University, Indiana, SAD
- \* Hillyard P. D., 1996. Ticks of North-West Europe. In: Kermack DM, Barnes RSK, Crothers JH (Eds) *Synopses of the British Fauna (New Series)*. The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Sciences Association, Shrewsbury, 16-52.
- \* Hornok S., Attila D. Sándor, Relja Beck, Róbert Farkas, Lorenza Beati, et al.. Contributions to the phylogeny of *Ixodes (Pholeoixodes) canisuga*, *I. (Ph.) kaiseri*, *I. (Ph.) hexagonus* and a simple pictorial key for the identification of their females. *Parasites and Vectors*, BioMed Central, 2017, 10: 545.
- \* Hornok S., Farkas R., 2009. Influence of biotope on the distribution and peak activity of questing ixodid ticks in Hungary. *Med. Vet. Entomol.*, 23: 41–46.
- \* Houseman R. M., 2013. Guide to ticks and tick-borne diseases. University of Missouri Extension, IPM 1032, Columbia str. 2-35.
- \* Hubálek Z., 2010. Biogeography of Tick-Borne Bhanja Virus (Bunyaviridae) in Europe. *Interdiscip Perspect Infect Dis*. doi: 10.1155/2009/372691
- \* HZJZ, 2019. Hrvatski zdravstveno-statistički ljetopis za 2019. godinu: <https://www.hzjz.hr/hrvatski-zdravstveno-statisticki-ljetopis/hrvatski-zdravstveno-statisticki-ljetopis-za-2019/>

- \* Jaenson, T.G.T., Jensen, J.K., 2007: Records of ticks (Acari, Ixodidae) from the Faroe islands. *Norwegian Journal of Entomology* 54: 11–15.
- \* Kaalia N., Letaief A., 2009. Characterization of rickettsial diseases in a hospital – based populations in Central Tunisia. *Ann N Y Acad Sci*, 1166:167-171.
- \* Knap N., Durmiši E., Saksida A., Korva M., Petrovec M., Aвиšić-Župan T., 2009. Influence of climatic factors on dynamics of questing *Ixodes ricinus* ticks in Slovenia. *Vet Parasitol.*164: 275-281.
- \* Kolonin G.V., 2009. Fauna of Ixodid ticks of the World (Acari, Ixodidae), Moscow
- \* Krantz, G.W., Walter, D.E., 2009. A Manual of Acarology. Texas Tech University Press. 111-117.
- \* Krčmar S., 2012. Hard ticks (Acari, Ixodidae) of Croatia. *ZooKeys* 234: 19-57.
- \* Krčmar S., Vereš M., Trilar T., 2014. Fauna of hard ticks (acari: ixodidae) in different habitats in Croatian part of Baranja. *Šumarski list*, Vol. 138 No. 5-6, 2014.
- \* Krčmar, S., Klobučar, A., Vucelja, M., Boljfečić, M., Kučinić, M., Madić, J., Cvek, M., Bruvo Mađarić, B. 2022. DNA barcoding of hard ticks (Ixodidae), notes on distribution of vector species and new faunal record for Croatia. *Ticks and Tick-borne Diseases*, Volume 13, Issue 3, May 2022, 101920
- \* Kumar, P., Chhange, L. (2015) Tick infestation of lower eyelid: a rare occurrence. *Journal of Dental and Medical Sciences* 14: 68-70.
- \* Lindgren E, Tällekint L, Polfeldt T. Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease- transmitting European tick *Ixodes ricinus*. *Environ Health Perspect.* 2000; 108: 119–123.
- \* Lindgren E., Jaenson T., 2006, Lyme borreliosis in Europe: influences of climate and climate change, epidemiology, ecology and adaptation measures
- \* Logar J., 1999. Klopi in pršice (Acarina): Parazitologija v medicini. Logar J. (ur.). Ljubljana, DZS: 157-159.
- \* Margaletić J., 2006. Sitni glodavci kao rezervoari zoonoza u šumama Hrvatske, Rad. – šumar. inst. Jastrebar. 41 (1–2): 133–140.

- \* Matoničkin I., 1981. Beskralješnjaci, biologija viših avertebrata. Školska knjiga Zagreb, 1981. 203-208.
- \* Mehlhorn H., Schein E., 1984. The Piroplasms: Life Cycle and Sexual Stages, *Advances in Parasitology*; 23: 37-103.
- \* Mikačić, D., 1949: Ixodidae of the Islands of Cres and Lošinj with a map of distribution of Ticks species in Yugoslavia. *Veterinarski arhiv* 19: 14–32.
- \* Mikačić, D., 1969: Dinamika pojavljivanja krpelja (Ixodidae) u Sjevernoj Hrvatskoj. *Vet. arhiv* 39: 183–186.
- \* Milutinović M., Radulović Ž., Tomanović S., Tomanović Ž., Seasonal distribution of *Borrelia* in *Ixodes ricinus* ticks in the Belgrade region, 2006. *Archives of Biological Sciences* 2006 Volume 58, Issue 3, Pages: 183-186.
- \* Mišić-Majerus Lj, Zaninović K, Cmrk-Kadija V, Đaković-Rode O. Globalno zatopljenje, klimatske promjene, učinak na krpelje i krpeljom prenosive patogene. *Infektol Glasn* 2008; 28: 61-68.
- \* Mrljak, V., Kuleš, J., Mihaljević, Ž., Torti, M., Gotić, J., Crnogaj M., Živičnjak, T., Mayer, I., Šmit, I., Bhide, M., Barić Rafaj R. (2017) Prevalence and geographic distribution of vector-borne pathogens in apparently healthy dogs in Croatia. *Vector Borne and Zoonotic Diseases* 17: 398-408.
- \* Mulić, R., Petković, B., Klišmanić, Z., Jerončić, I. (2011) Bolesti koje se prenose krpeljima na području Hrvatske. *Liječnički vjesnik* 133: 89–95.
- \* Nava, S., Guglielmono, A.A., Mangold, A.J. (2009) An overview of systematics and evolution of ticks. *Frontiers in Bioscience* 14: 2857-2877.
- \* Oswald B. (1940) Determination of Yugoslavian (Balkan) Ticks (Ixodoidea). *Veterinarski arhiv* 10: 297-304.
- \* Oswald B. (1941a) On Yugoslavian (Balkan) ticks and their hosts. *Veterinarski arhiv* 11: 160-165.
- \* Oswald B. (1941b) Additional notes on the morphology and classification of ticks of the genera *Dermacentor* and *Haemaphysalis*. *Veterinarski arhiv* 11: 201-205.

- \* Parola P., Raoult D., 2001. Ticks and tickborne bacterial diseases in humans: an emerging infectious threat. *Clinical Infectious Diseases*, 32: 897-928.
- \* Parola P., Socolovschi C., Raoult D., 2009. Deciphering the Relationships between *Rickettsia conorii conorii* and *Rhipicephalus sanguineus* in the Ecology and Epidemiology of Mediterranean Spotted Fever. *Ann N Y Acad Sci.*, 1166:49-54.
- \* Paulino de Alcantara, E., Ferreira-Silva, C., Waldemar Ávila, R., Campos Pacheco, R., Fernandes Martins, T., , Muñoz-leal, S., Honorio Moraes, D., 2018: "Ticks (Acari: Argasidae and Ixodidae) infesting amphibians and reptiles in Northeastern Brazil, *Systematic and Applied Acarology* 23(8), 1497-1508, (20 July 2018)
- \* Ploj, M., 2007: Occurrence of ticks (Acarina: Ixodidae) and their development in Prekmurje (Lendavsko Dolinsko). Master's thesis. Biotehnički fakultet, Ljubljana.
- \* Punda V., Milas I., Bradarić N., Kačić A., Klišmanić Z., 1984. Mediterranean spotted fever in Yugoslavia. *Liječnički vjesnik*, 106 (7-8): 286-8.
- \* Rijepkema S., Golubić D., Molkenboer M., Verbeek D.E., Kruif N., Schellekens J.F.P., 1996. Identification of four genomic groups of *B. burgdorferi sensu lato* in *Ixodes ricinus* ticks collected in a Lyme borreliosis endemic region on northern Croatia. *Exp Appl Acarol*, 20:25–30.
- \* Romanović, M., Mulić, R. 1999: Doprinos poznavanju medicinski važnih artropoda na otocima i priobalju Republike Hrvatske, Institut pomorske medicine, rukopis, str. 1-11, Split
- \* Samarđić, I. (2005.): Vaskularna flora Parka prirode Papuk. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
- \* Simmons, I. G., 2010: Globalna povijest okoliša, Disput d.o.o. za izdavačku djelatnost, Zagreb
- \* Sonenshine D. E., 1991. *Biology of Ticks. Part 1.*, New York: Oxford University Press, 231.
- \* Sonenshine D. E., 1993. *Biology of ticks, Part 2.*, New York: Oxford University Press, 488.
- \* Spielman A., Hodgson J. C., 2000. The natural history of ticks: A human health perspective. V: *Tickbourne infectious diseases: diagnosis and managment.* Cunha B.A. (ed). New York, Marcel Dekker: 1-13.

- \* Stafford C. K., 2007. Tick Management Handbook. The Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven.
- \* Stone BL, Tourand Y, Brissette C. Brave New Worlds: The Expanding Universe of Lyme Disease. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2017;17:619–629.
- \* Tovornik, D., 1988: Geographic distribution and other population parameters of *Ixodes (Exopalgiger) trianguliceps* (Birula, 1895) in Yugoslavia. *Biološki vestnik* 36: 33–54.
- \* Tovornik D. Data on ticks *Ixodes frontalis* (Panzer, 1798) and *Ixodes arboricola* Schulze et Schlottke, 1929, found on birds in Yugoslavia. *Biološki vestnik*, 1991; 39: 157–164.
- \* Trinajstić, I. (1998.): Fitogeografsko raščlanjenje klimazonalne šumske vegetacije Hrvatske. *Šumarski list*, 122(9-10): 407-421.
- \* Vesenjāk-Hirjan J, Calisher CH, Brudnjak Z, Tovornik D, Skrtic N, Lazuick JS. Isolation of Bhanja virus from ticks in Yugoslavia. *Am J Trop Med Hyg.* 1977 Sep;26(5 Pt 1):1003-8. doi: 10.4269/ajtmh.1977.26.1003. PMID: 907037.
- \* Vucelja, M.: Zaštita od glodavaca (Rodentia, Murinae, Arvicolinae) u šumama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) – integrirani pristup i zoonotički aspekt, 2013., doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Zagreb
- \* Vucelja, M. Bjedov, L., Boljfećić, M., Klobućar, A., Krćmar, S., Borak, S., Modrić, M., Jurčić, K., Peleš, V., Margaletić, J., Vilibić Čavlek, T.: Monitoring of hard ticks at urban recreational sites in the City of Zagreb from 2016 to 2018 // *Infektološki glasnik*, 39 (2019)
- \* Web 1: [https://ec.europa.eu/clima/change/causes\\_en](https://ec.europa.eu/clima/change/causes_en)
- \* Web 2: [https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_pracjenje&param=ocjena](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracjenje&param=ocjena)

## 9. Sažetak

Autori rada: Dean Ferić, Ivan Horvat, Igor Kambić, Karla Kudoić, Matea Mihalinec

Naslov rada: Istraživanje faune tvrdih krpelja (Acari: *Ixodidae*) u šumama Središnje i Istočne Hrvatske u 2021. godini

Krpelji su nekoliko milimetara veliki hematofagni paučnjaci, poznati po svome nametničkom životu i prijenosu različitih uzročnika bolesti na divlje i domaće životinje te na čovjeka. Njihov značaj kao vektora bolesti, drugi je po važnosti, odmah nakon komaraca. Pojavnost vektora i širenje zaraze u međudnosu je s klimatskim promjenama koje su dovele do sve kraćih i toplijih zima što predstavlja idealne uvjete za preživljavanje i aktivnost krpelja. To je uzrok širenja njihova staništa, ali i puteva vektorskih bolesti. Lajmska borelioza, krpeljni meningoencefalitis, i mediteranska pjegava groznica, tularemija, Q groznica, erlihioza, babezioza i rikecioze su neke od najčešćih zoonoza koje prenose krpelji. Vertikalni i horizontalni pomaci u distribuciji različitih vrsta krpelja i njihovih patogena vidljivi su već u brojnim Europskim zemljama. Bolje razumijevanje distribucije, sezonske dinamike, sastava te strukture populacija tvrdih krpelja, podizanje informiranosti i svijesti ljudi o potencijalnim ugrozama od tvrdih krpelja preduvjeti su učinkovitije prevencije bolesti čijemu održavanju i širenju pomažu upravo tvrdi krpelji.

Cilj ovog rada je istražiti faunu tvrdih krpelja kroz utvrđivanje zastupljenosti vrsta, njihovih razvojnih stadija, brojnosti te sezonske dinamike na različitim nadmorskim visinama u šumama Središnje (Medvednica, Gorski kotar) i Istočne Hrvatske (Papuk)

Krpelji su uzorkovani prikupljanjem metodom krpeljne zatege na transektima od 100 m, povlačenjem platna od bijeloga flanela (dimenzije 1 x 1 m), preko listinca i niske vegetacije na svakom odabranom lokalitetu jednom u proljeće i jednom u jesen 2021. godine. Ukupno je sakupljeno 329 jedinki krpelja, a determinacijom je utvrđena samo vrsta *Ixodes ricinus*. Od razvojnih stadija najzastupljenijesu bile nimfe. Distribucija po nadmorskim visinama pokazala je najveću brojnost na 800 m. Brojnost sakupljenih krpelja na svim lokalitetima je veća u proljeće (220 jedinki) u odnosu na jesen (109 jedinki). Najveći broj jedinki sakupljen je na Medvednici. U proljeće 2021. godine na Medvednici je sakupljeno 194 krpelja te iz toga proizlazi i da je najveća brojnost na 1000m<sup>2</sup> površine 194 jedinice što ukazuje na rizik od boravka u prirodi ukoliko nismo upoznati s opasnostima od zaraza koje prenose krpelji te prevencijom i zaštitom od istih.

Provedeno istraživanje doprinosi boljem razumijevanju raznolikosti i sastava, strukture te dinamike faune tvrdih krpelja u kontinentalnim šumama Hrvatske te ukazuje na vremensko-prostorne elemente koje valja uvažavati u pogledu prevencije bolesti čiji su vektori tvrdi krpelji.

Ključne riječi: tvrdi krpelji, obični krpelj, *Ixodes ricinus*, Papuk, Medvednica, Gorski kotar, zoonoze



## 10. Summary

Authors: Dean Ferić, Ivan Horvat, Igor Kambić, Karla Kudoić, Matea Mihalinec

Thesis title: Survey of the hard tick (Acari: *Ixodidae*) fauna in the forests of Central and Eastern Croatia in 2021

Ticks are several millimeter-sized hematophagous arachnids, known for their parasitic life and transmission of various pathogens to wild and domestic animals and to humans. Their importance as disease vectors is second in importance, right after mosquitoes. The incidence of vectors and the spread of the infection is interrelated with climate change that has led to shorter and warmer winters making it ideal conditions for tick survival and activity. This is the cause of the spread of their habitat, but also the pathways of vector diseases. Lyme borreliosis, tick-borne meningoencephalitis, and Mediterranean spotted fever, tularemia, Q fever, ehrlichiosis, babesiosis, and rickettsiosis are some of the most common zoonoses transmitted by ticks. Vertical and horizontal shifts in the distribution of different species of ticks and their pathogens are already visible in many European countries. A better understanding of the distribution, seasonal dynamics, composition and structure of ticks populations, raising awareness about the potential threats of ticks and are prerequisites for effective prevention of tick borne diseases.

Our main objective was conducting a research on fauna of hard ticks by determining the species, their developmental stages, abundances and seasonal dynamics at different altitudes in the forests of Central (Medvednica, Gorski kotar) and Eastern Croatia (Papuk).

Ticks were sampled by tick-tying on 100 m transects, by pulling a white flannel cloth (dimensions 1 x 1 m), over leaves and low vegetation at each selected site once in spring and once in autumn 2021. A total of 329 tick specimens were collected, and only castor bean tick (*Ixodes ricinus* Linnaeus 1758) was identified by morphological determination. Of the development stadiums, the most common were nymphs. The distribution by altitude showed the highest number at 800 m. The number of collected ticks at all localities is higher in spring (220 individuals) compared to autumn (109 individuals). The largest number of individuals was collected on Medvednica. In the spring of 2021, 194 ticks were collected on Medvednica, which means that the largest number per 1000m<sup>2</sup> is 194 individuals, which indicates the risk of staying in nature if we are not familiar with the dangers of tick-borne infections and their prevention and protection.

The conducted research contributes to a better understanding of the diversity and composition, structure and dynamics of hard tick fauna in the continental forests of Croatia and indicates the temporal and spatial elements that should be considered in terms of prevention of tick borne diseases.

Key words: hard ticks, castor bean tick, *Ixodes ricinus*, Papuk, Medvednica, Gorski kotar, zoonoses