

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Vliv charakteristik lesních stanovišť na abundanci klíšťat

Bc. Oldřich Kouřílek

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v oboru

Ochrana a tvorba krajiny

Vedoucí práce: doc. RNDr. Tomáš Václavík, Ph.D.

Olomouc 2023

Bibliografická indentifikace:

Kouřilek O. (2023): Vliv charakteristik lesních stanovišť na abundanci klíšťat. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 61 s., v češtině.

Abstrakt

Klíšťata jsou významným vektorem patogenů ve střední Evropě. Vlivem globálních změn klimatu a nových postupů ve využívání půdy dochází ke změnám v populacích klíšťat. Vznikají nová ohniska výskytu, postupují do vyšších nadmořských výšek a spolu s nimi se objevují i nová onemocnění a rizika. Společně mají tyto faktory za následek nárůst nakažených a negativně se projevují i doposud opomíjené patogeny. Vedle dobře známých onemocnění, jako lymeská borelióza (LB) a klíšťová encefalitida (KE) začínají být problematické i doposud méně známé choroby, kde je často hlavním vektorem přenosu klíště obecné (*Ixodes ricinus* Linnaeus, 1758). Tato diplomová práce se zabývá vlivem krajinných parametrů na abundanci, neboli početnost klíšťat v několika prostorových měřících. Parametry prostředí jsou podmínkami prostředí a krajinné indexy popisují krajinnou strukturu. Vliv jednotlivých parametrů na abundanci klíšťat byl testován s pomocí mnohonásobné lineární regrese. Z výsledků vyplývá, že vliv jednotlivých parametrů je patrný v každém z pozorovaných měřítek. Konkrétně v měřítku 250 m byl prokázán vliv aktivity zvěře, nadmořské výšky, celkové pokryvnosti a indexu rozprostření. V měřítku 500 m byl prokázán vliv aktivity zvěře, délky okrajů, nadmořské výšky a celkové pokryvnosti. V měřítku 1000 m se podařilo prokázat vliv aktivity zvěře, délky okrajů, nadmořské výšky a zastoupení travin na ploše. Nakonec byly vytvořeny mapy abundance popisující každý zkoumaný druh.

Klíčová slova: klíšťata, krajinné indexy, abundance, prostředí, hostitelský druh

Bibliographic identification:

Kouřilek O. (2023): Influence of forest habitat characteristics on tick abundance. Master thesis, Department of Ecology and Environment, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc, 61 p., in Czech.

Abstract

Ticks are an important vector of pathogens in Central Europe. Due to global climate change and new land use practices, tick populations are changing. New outbreaks are emerging, moving to higher altitudes and with them new diseases and risks. Together, these factors are resulting in an increase in infected people and the negative impact of hitherto neglected pathogens. In addition to well-known diseases such as Lyme disease (LB) and tick-borne encephalitis (KE), hitherto lesser-known diseases are becoming problematic, where the common tick (*Ixodes ricinus* L.) is often the main vector of transmission. This thesis examines the influence of landscape parameters on tick abundance, or tick numbers, at several spatial scales. Environmental parameters are environmental conditions and landscape indices describe landscape structure. The effect of each parameter on tick abundance was tested using multiple linear regression. The results show that the influence of each parameter is evident in each of the observed scales. Specifically, at the 250 m scale, the influence of game activity, elevation, total cover and dispersal index was demonstrated. At the 500 m scale, the effect of game activity, edge length, elevation and total cover was demonstrated. At the 1000 m scale, the effect of game activity, edge length, elevation and grassland cover could be demonstrated. Finally, abundance maps describing each species studied were produced.

Keywords: ticks, landscape indices, abundance, environment, host species

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Tomáše Václavíka, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci, 2. ledna 2024

.....

Podpis

Poděkování

Na prvním místě chci poděkovat svému školiteli doc. RNDr. Tomáši Václavíkovi, Ph.D. za podporu a trpělivost při vedení mé práce. Dále chci poděkovat i vedoucímu terénního sběru klíšťat, Ing. Zdeňku Vackovi, Ph.D. a všem členům týmu, kteří mi vždy poradili a pomohli.

Obsah

1. Úvod.....	1
1.1 Ixodida.....	2
1.2 Klíště obecné (<i>Ixodes ricinus</i> L.).....	2
1.3 Další významné druhy z čeledi klíšťatovití (<i>Ixodidea</i>) v ČR.....	3
klíšť lužní (<i>Haemaphysalis concinna</i>)	3
piják lužní (<i>Dermacentor reticulatus</i>).....	3
1.4 Výskyt klíšťat	4
1.4.1 Vliv prostorového uspořádání krajiny na výskyt klíšťat.....	5
1.4.2 Vliv výškového gradientu na výskyt klíšťat	8
1.4.3 Vliv hostitelských organismů na výskyt klíšťat.....	9
1.5 Člověk jako hostitel.....	12
2. Cíl práce	13
3. Materiál a metody	14
3.1 Popis zájmového území.....	14
3.2 Terénní sběr dat	14
3.3 Statistické a prostorové analýzy	17
3.4 Významné parametry prostředí	18
3.5 Mapy abundance klíšťat	20
4. Výsledky	21
4.1 Abundance klíšťat v ČR	21
4.2 Vliv parametrů krajiny na abundanci klíšťat.....	24
4.2.1 Buffer 250	25
4.2.2 Buffer 500	27
4.2.3 Buffer 1000	29
5. Diskuze.....	31
6. Závěr	37
7. Literatura.....	38

Seznam tabulek

Tabulka 1: Formulář pro terénní šetření	16
Tabulka 2: Přehled použitých indexů (McGarigal and Marks 2012).	19
Tabulka 3: Výsledné hodnoty modelu mnohonásobné regrese pro buffer 250 m.....	26
Tabulka 4: Výsledné hodnoty modelu mnohonásobné regrese pro buffer 500 m.....	28
Tabulka 5: Výsledné hodnoty modelu mnohonásobné regrese pro buffer 1000 m.....	30

Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozložení klíšťat na vegetaci podle stádia. (Braun et al. 2003)	11
Obrázek 2: Ukázka bufferů na jedné z lokalit	18
Obrázek 3: Mapa průměrné abundance klíštěte obecného (<i>Ixodes ricinus</i>)	21
Obrázek 4: Abundance pijáka lužního (<i>Dermacentor reticulatus</i>) v roce 2021	22
Obrázek 5: Abundance pijáka lužního (<i>Dermacentor reticulatus</i>) v roce 2022	22
Obrázek 6: Abundance klíště lužního (<i>Haemaphysalis concinna</i>) v roce 2021	23
Obrázek 7: Abundance klíště lužního (<i>Haemaphysalis concinna</i>) v roce 2022	23
Obrázek 8: Korelace pro buffer 250 m	25
Obrázek 9: Korelace pro buffer 500 m	27
Obrázek 10: Korelace pro buffer 1000 m	29

Seznam zkratek

AI_DLT – Index agregace z dat DLT

AI_FOREST – IndexF agregace z dat DLTF

AI_S2GLC – Index agregace z dat S2GLC

AREA_MN_DLT – Průměrná plocha políčka z dat DLT

AREA_MN_FOREST – Průměrná plocha políčka z dat DLTF

AREA_MN_S – Průměrná plocha políčka z dat S2GLC

BUSH – Zastoupení křovin na ploše

ČR – Česká republika

COHESION_DLT – Index soudržnosti políček z dat DLT

COHESION_FOREST – Index soudržnosti políček z dat DLTF

COHESION_S2GLC – Index soudržnosti políček z dat S2GLC

CONTAG_DLT – Index rozprostření plošky krajinného pokryvu DLT

CONTAG_FOREST – Index rozprostření plošky krajinného pokryvu DLTF

CONTAG_S2GLC – Index rozprostření plošky krajinného pokryvu S2GLC

D_DWELL – Vzdálenost od obydlí

DLT – Dominant Leaf Type

DLTF – Dominant Leaf Type Forest

D_FRINGE – Vzdálenost od hranice lesa

ED_DLT – Hustota okrajů plošek krajinného pokryvu z dat DLT

ED_FOREST – Hustota okrajů plošek krajinného pokryvu z dat DLTF

ED_S2GLC – Hustota okrajů plošek krajinného pokryvu z dat S2GLC

GAME – Aktivita zvěře

GPS – Globální polohový systém

GRASS – Zastoupení travin na ploše

GS LČR – Grantová služba lesů České republiky

HIGHT – Nadmořská výška

ID – identifikační číslo

In. – Index

KE – Klíšťová encefalitida

KO – Kvalifikovaný odhad

LB – Lymeská borelióza

LPI_DLT – Index největšího políčka z dat DLT

LPI_FOREST – Index největšího políčka z dat DLTF

LPI_S2GLC – Index největšího políčka z dat S2GLC

LSI_DLT – Index tvaru krajiny z dat DLT

LSI_FOREST – Index tvaru krajiny z dat DLTF

LSI_S2GLC – Index tvaru krajiny z dat S2GLC

MESH_DLT – Účinná velikost oka z dat DLT

MESH_FOREST – Účinná velikost oka z dat DLTF

MESH_S2GLC – Účinná velikost oka z dat S2GLC

m. n. m. – Metrů nad mořem

MOSS – Zastoupení mechu na ploše

PD_DLT – Hustota plošek krajinného pokryvu z dat DLT

PD_FOREST – Hustota plošek krajinného pokryvu z dat DLTF

PD_S2GLC – Hustota plošek krajinného pokryvu z dat S2GLC

Prům. – Průměrná

PR_MN – Průměrný poměr obvodu a plochy z dat DLT

PR_MN_FOREST – Průměrný poměr obvodu a plochy z dat DLTF

PR_MN_S2GLC – Průměrný poměr obvodu a plochy z dat S2GLC

S2GLC – Sentinel 2 Global Land Cover

SHDI_S2GLC – Shannonův index diverzity pro krajinný pokryv z dat S2GLC

SLOPE – sklonitost

ROAD – Vzdálenost od cesty

TBD – Tick-borne diseases

TOTAL – Celková pokryvnost na ploše

USA – United States of America

Vzd. – Vzdálenost

WATER – Typ vodního zdroje (0 = stojatá, 1 = tekoucí voda)

W_DIS – Vzdálenost od vodního zdroje

Zast. – Zastoupení

1. Úvod

Klíšťata jsou hematofágní parazité s velkým významem (Wikel, 1999), a to i přesto, že jen velmi málo druhů je schopno sát lidskou krev (Estrada-Peña & al., 2013). V našich podmínkách jsou dokonce vážnějšími přenašeči infekčních onemocnění než hmyz (Gray, 1999). Význam klíšťat a nemocí jimi přenášených si dnes uvědomuje široká veřejnost i orgány zodpovědné za ochranu veřejného zdraví. Naše znalosti o mikroorganismech, které se vyskytují v klíšťatech, a role klíšťat samotných, jako přenašečů jsou zatím neúplné (Estrada-Peña, Mihalca, and Petney 2017), protože ani zdaleka neznáme všechny mikroorganismy (Schabereiter-gurtner, Lubitz, and Ro 2003).

Z tohoto důvodu je nezbytné jejich sledování z medicínského, veterinárního i ekonomického hlediska (Jongejan and Uilenberg 2004; Wikel 1999). Velká část vážných nálezů je známá již delší dobu, ale nové výzkumné metody nám neustále odhalují další rizika a onemocnění (Wikel, 1999). Významný problém představuje šíření klíšťat do nových oblastí Evropy v posledních desetiletích (Omeragić et al. 2022), navíc v době změn klimatu a globálního propojení (Medlock et al. 2018). Navzdory příznivým klimatickým podmínkám může být potenciál určitého druhu poměrně malý (Gray et al. 2009), protože klima je multifaktoriální (Randolph and Storey 1999). Největší nebezpečí představují generalisté, kteří mohou mít přímý i nepřímý vliv na napadené ekosystémy. Existuje možnost, že budou měnit cykly přenosu onemocnění a rozšiřovat jejich oblasti výskytu (Cumming et al. 2006).

1.1 Ixodida

Klíšťata (*Ixodida*) jsou nápadně velcí, krev sající roztoči ve všech svých vývojových stádiích (Boulanger, Boyer, and Hansmann 2019; Rosický and Weiser 1952). Do řádu *Ixodida* patří čeledě klíšťatovití *Ixodidae*, klíšťáci *Argasidae* a *Nuttallidae* (Sonenshine and Roe 2013), které obsahují téměř 900 druhů (Guglielmone et al. 2010; Pfäffle et al. 2013).

Základní rozdělení je možné na tvrdá klíšťata, kam patří *Ixodidae* a měkká *Argasidae* (Boulanger et al. 2019). Klíšťákům se někdy říká také klíšťata s měkkým tělem. Ve střední Evropě je nejvýznamnější rod *Argas*, konkrétně klíšťák holubí (*Argas reflexus*), který žije skrytě a jeho odhalení není jednoduché, ale nejspíše nepřenáší žádné původce onemocnění (Braun, Hassler, and Kimmig 2003).

Z pohledu epidemiologie mají pro člověka význam jen dvě skupiny, *Ixodidae* a *Argasidae* (Hubálek and Rudolf 2014). Zástupci *Ixodida* jsou větší členovci se zavalitým a nečláňkovitým tělem (Jírovec 1977), charakterističtí proměnou dokonalou, která probíhá od vajíčka, larvy a nymfy, až po imago (Hubálek and Rudolf 2014). Názor na rozdělení řádu *Ixodida* není zcela jednotný. Nejčastěji se dělí na pět až sedm podřádů, které nemají zcela ustálené názvy (Sedlák 2002).

1.2 Klíště obecné (*Ixodes ricinus* L.)

Zástupci rodu *Ixodes* jsou rozšířeni v celé Evropě. (Boulanger et al. 2019). Areál klíštěte obecného (*Ixodes ricinus* L.) je však mnohem větší, rozprostírá se od pobřeží Středozevního moře a severní Afriky, až na hranici polárního kruhu. Západní hranici tvoří Portugalsko a východní hranici Ukrajina, kde sdílí prostředí se svým blízkým příbuzným (*I. persulcatus* S.) (ECDC 2023; Estrada-Peña, Mihalca, and Petney 2017). Klíště obecné patří do klíšťatovitých a je nejčastějším a nejvýznamnějším zástupcem této čeledi na území České republiky (Hubálek and Rudolf 2014) i Evropy (Černý et al. 2020; Egyed et al. 2012). Je nejvýznamnějším přenašečem mnoha patogenů zvířat a lidí, zejména bakterií (*Borrelia burgdorferi* s.l., *Anaplasma phagocytophilum* s.l., *Rickettsia helvetica*, *Francisella tularensis*), virů (flavivirus středoevropské klíšťové encefalitidy) a prvoků (*Babesia microti*, *B. divergens*, *B. canis*, *B. ovis*, *Trypanosoma theileri*) (Hubálek and Rudolf 2014).

K úspěšnému vývoji potřebuje tři různé hostitele. Délka vývoje závisí na podmínkách, ve kterých probíhá, obvykle trvá dva až šest let (Mannelli et al. 2011; Süß 2003). Samice *I. ricinus* má část svého těla, alloscutulum, varhánkovitě složené (Horák and Volf 2007), a po nasátí tak může až 300krát zvětšit svůj objem. Tvar jejího těla připomíná ricinový bob a právě odtud pochází druhové jméno (Chroust et al. 2003). Dospělci mají osm končetin, a také proto náleží z pohledu zoologie k pavoukvcům (*Archanida*). Od ostatních roztočů se anatomicky příliš neliší, zajímavá je jejich velikost (Braun et al. 2003).

1.3 Další významné druhy z čeledi klíšťatovití (*Ixodidea*) v ČR

klíšť lužní (*Haemaphysalis concinna*)

Výskyt klíště lužního (*Haemaphysalis concinna* C. L. Koch) je vázán na vlhčí a teplejší listnaté, až smíšené lesy. Dále také mokřady a mýtiny s vyšší vegetací (Estrada-Peña, Salman, and Tarrés-Call 2013; Hubálek and Rudolf 2014). Pro rod *Haemaphysalis* je charakteristická světle hnědá barva štítu na horní straně těla (Slovák 2014). Člověka nejčastěji napadají nymfy v průběhu května, kdy je tento druh nejaktivnější (Estrada-Peña et al. 2013).

piják lužní (*Dermacentor reticulatus*)

Rod *Dermacentor* je druhově bohatý a kosmopolitně rozšířený po celém světě. V oblasti palearktu je známo 14 druhů, v Evropě však žijí pouze dva z nich (Estrada-Peña et al. 2017). Je o něco větší než *I. ricinus* a je největším zástupcem z čeledi *Ixodidae* u nás (Horák and Volf 2007). Pro určení, alespoň do rodu, je typický zdobený štít na horní straně těla, který slouží jako rozlišovací znak pro celou skupinu *Dermacentor* (Estrada-Peña et al. 2013). Nejčastěji napadá srstnatá hospodářská i volně žijící zvířata (Slovák 2014), člověka jen výjimečně (Estrada-Peña et al. 2013). Tradiční oblastí výskytu *D. reticulatus* je povodí řek Moravy a Dunaje (Lýsek, 1969). Rozšíření se mění v poslední době, pravděpodobně vlivem GZK (Gray et al. 2009). Postupuje do vyšších nadmořských výšek a zeměpisných šířek, a to nejen u nás, ale i v celé střední Evropě (Široký et al. 2011). Areál sahá až do Eurasie, kde preferuje teplejší a vlhčí oblasti. Často se vyskytuje na okrajích lužních lesů, v místech, kde nedochází k záplavám, ale která jsou blízko vodních zdrojů (Hubálek and Rudolf 2014), v centrálních oblastech svého výskytu však obývá i sušší biotopy (Široký et al. 2011).

1.4 Výskyt klíšťat

Na výskyt klíšťat a jimi přenášených patogenů má kromě podnebí vliv i druh vegetace, způsob využívání půdy, rozšíření hostitelských druhů, socioekonomické prostředí nebo krajinný ráz a fyziogeografie celého území (Gassner et al. 2011; Randolph 2004).

Tolerance k přírodním podmínkám se navíc liší podle druhu, vývojového stádia, pohlaví i fyziologie jednotlivce (Needham and Teel 1991). Je třeba si uvědomit také to, že účinky klimatu nejsou jednosměrné. Na jedné straně může zvýšení teploty podporovat plodnost klíšťat, ale na druhé straně negativně ovlivňovat mortalitu vlivem vodního stresu (Randolph and Storey 1999). Z tohoto důvodu je potřeba znát všechny procesy, které výskyt klíšťat ovlivňují (Ferrell and Brinkerhoff 2018). Vlivem různých faktorů prostředí v kombinaci s dostupností hostitelů je výskyt klíšťat nerovnoměrný a mozaikovitý (Žáková 2000).

1.4.1 Vliv prostorového uspořádání krajiny na výskyt klíšťat

Nárůst početnosti rodu *Ixodes spp.* v Evropě úzce souvisí se změnami v zemědělství, suburbanizaci (Boulanger et al. 2019; Jones et al. 2013) i struktuře a kompozici krajiny jako celku (Gracia-quintas 2015; Michel, Burel, and Butet 2006). Vhodná stanoviště pro výskyt klíšťat vznikají v městské zeleni (Prusinski et al. 2006) a to vede ke znatelné expanzi v příměstském prostředí (Stanko et al. 2022). V podmínkách střední Evropy se klíšťata nejčastěji vyskytují v lesních biotopech, křovinách, ale také parcích a zahradách (Hubálek and Rudolf 2014), vřesovištích, zanedbaných pastvinách a lesních okrajích (Ehrmann et al. 2017).

Základním abiotickým předpokladem pro výskyt klíšťat je poměrně vysoká relativní vlhkost vzduchu, v rozmezí 80-85 % (Daniel et al. 1998; Randolph et al. 2002). Rostliny příznivě ovlivňují mikroklima klíšťat a prostředí jejich hostitelů skrze dostupnost zdrojů a úkrytů (Daniel et al. 1998). Proto se nejčastěji vyskytují v lesích, křovinách, městských parcích a na pastvinách s dostatkem vhodných hostitelů (Randolph et al. 2002).

Struktura a kompozice ovlivňuje nejen klíšťata, ale i dynamiku a populační strukturu jejich hostitelů (Gracia-quintas 2015; Michel et al. 2006). Změna ve využívání půdy se často uvádí jako hlavní příčina vzniku nových infekčních onemocnění. Skrze vektory závislé na biotických i abiotických podmínkách může ovlivňovat ekologii a přenos patogenů (Perez et al. 2016). Zvýšené riziko způsobené antropogenní změnou životního prostředí lze pozorovat celosvětově (Ferrell and Brinkerhoff 2018). Intenzifikací zemědělské výroby se dlouhodobě zvyšuje velikost výměry obdělávaných polí, ubývá polních okrajů a živých plotů. Následně se snižuje rozmanitost hostitelských druhů, zejména drobných hlodavců (Michel et al. 2006; Vacek et al. 2023), významných hostitelů klíšťat (Halos et al. 2010). Ale i extenzivní způsoby zemědělství v kombinaci s GZK mohou přispět ke zvýšení početnosti, neboli abundance klíšťat a rozšíření rizikových oblastí v Evropě (Zintl et al. 2003).

Přežívání klíšťat, především v prvních stádiích vývoje, negativně ovlivňuje nedostatek listového opadu v intenzivně obdělávané krajině (Michel et al. 2006; Perez et al. 2016). Vegetační kryt zajišťuje základní předpoklady pro přežívání klíšťat, nabízí ochranu a poskytuje lepší přístup k hostitelům (Gray et al. 1998; Jaenson et al. 2009), proto jsou zarůstající biotopy na bývalé zemědělské půdě tak příznivé (Medlock et al. 2013).

Žádoucí je také vyšší vlhkost ve fázi mimo hostitele (Childs and Paddock 2003; Randolph 2001). Nízká vlhkost a vysoká teplota na holinách je pravděpodobně důvodem nižší aktivity (Vacek et al. 2023). Vodní stres představuje největší nebezpečí pro nedospělá klíšťata (Randolph and Storey 1999), která se musí často vracet k zemi, kde je vlhkost vyšší, aby se rehydratovala. Méně času pak tráví číháním na vhodného hostitele ve vegetaci (Perret et al. 2004) a rychle spotřebovávají své tukové zásoby (Randolph and Storey 1999). Ztrátu vody klíšťata zmírňují shlukováním do tzv. agregátů, při kterém dochází i k páření (Oliver 1989). Tento princip rehydratace byl prokázán při experimentech v řízených podmínkách (Randolph and Storey 1999).

Z nejnovějších analýz (Vacek et al. 2023) prováděných na našem území vyplývá, že klíšťata preferují okrajové lesní porosty se zastoupením borovice lesní – *Pinus sylvestris* L. a vysokou aktivitou volně žijících kopytníků, kterou indikují pobytové znaky zvěře. Vysokých početností dosahují také na okrajích mladých smrkových porostů podél turistických cest s rozvinutým bylinným patrem (Daniel et al. 2009). Na jihu Evropy byly zvýšené počty nalezeny v porostech s borovicí pyrenejskou – *Pinus uncinata* L., ale zdaleka nejvyšší ve smíšených lesích s velkým množstvím ekotonů (Estrada-Peña 2001). Nízké početnosti klíšťat jsou ve starších lesích s vysokým podílem smrku *Picea* spp. (Estrada-Peña 2001; Vacek et al. 2023).

Kromě druhového složení porostů má významný vliv také fragmentace lesa (Allan, Keesing, and Ostfeld 2003; Brownstein and Skelly 2005; Halos et al. 2010; Tack et al. 2012), vzdálenost a propojenost jednotlivých ploch (Lambin et al. 2010). Doba, po kterou může klíště zůstat bez svého hostitele, závisí na stupni vývoje, množství zásob i abiotických podmínkách (Belozarov 1972).

Vnější teplota zásadním způsobem omezuje možnosti rozšíření, nejlépe to můžeme vidět na severní hranici výskytu. Larvy a nymfy, které nedosáhly vývoje ve vyšší stádium, v zimní diapauze hynou (Dautel and Knülle 1997; Gray and Weiss 2008). Kromě mortality ovlivňuje vnější teplota také aktivitu klíšťat při vyhledávání hostitele. A to dokonce i na úrovni denních cyklů (Belozarov 1982). Proto existuje velká geografická variabilita v populační dynamice samotných klíšťat i patogenů (Korenberg 2000; Ogden et al. 2002; Randolph 1998; Randolph et al. 2000).

V důsledku globálních změn klimatu se dnes objevují nová ohniska za hranicí doposud známého areálu výskytu (Černý et al. 2020) a je pravděpodobné, že dojde i k fenologickým změnám, které se budou projevovat vyšší aktivitou klíšťat v podzimních a zimních měsících (Gray et al. 2009). Klíště obecné má tzv. dvouvrcholový neboli bimodální výskyt (Stanko et al. 2022). První klíšťata je možné pozorovat už v březnu. Podle průběhu počasí v jednotlivých letech nastává první vrchol početnosti přibližně v květnu. Druhý, mírnější koncem léta, až začátkem podzimu (Gray et al. 2009; Hubálek and Rudolf 2014). Populační dynamika je dána sezonními vzorci chování, kontaktem s hostiteli a mírou úmrtnosti (Randolph et al. 2002). Obecně lze však říct, že amplituda výskytu v oblasti od nížin po pahorkatiny začíná v květnu a končí v září (Horák and Volf 2007).

Informace o výskytu klíštěte obecného podle krajů jsou pouze částečné (Anon 2018). Podobně je tomu i v zahraničí, například ve Velké Británii, kde je *I. ricinus* nejhojnějším a nejrozšířenějším druhem klíštěte. Dosavadní výzkum probíhal vždy jen ojedinele a na malém území (Lihou, Rose Vineer, and Wall 2020). Na nedostatek komplexních informací o početnosti klíšťat a pochopení klíčových faktorů, které ji ovlivňují, upozorňuje i rozsáhlá studie (Ehrmann et al. 2017), která probíhala na území Francie, Švédska a Estonska v roce 2017. Nejvíce informací máme k dispozici z veřejně dostupných dat laboratoře společnosti Protean, s.r.o na portálu <https://www.kliste.cz/>, který zkoumá stav a promořenost klíšťat skrze přítomnost patogenů způsobujících boreliózu, klíšťovou encefalitidu, ehrlichiozu a babeziózu (Anon 2018). Navíc si musíme uvědomit, že onemocnění přenášená klíšťaty i populace jejich vektorů se neustále mění (Ferrell and Brinkerhoff 2018).

1.4.2 Vliv výškového gradientu na výskyt klíšťat

Zcela stěžejním faktorem, který významně ovlivňuje výskyt klíšťat je nadmořská výška, protože ve střední Evropě s jejím růstem klesá teplota o 0,65 °C s každými sty výškovými metry (Materna 2012).

Rozšíření *I. ricinus* v Evropě se v poslední době dramaticky mění a postupuje směrem do vyšších nadmořských výšek (Medlock et al. 2013). Zajímavá je i rychlost oteplování, která je v horských oblastech ČR mnohem vyšší, než v nížinách (Daniel et al. 2009). Ještě v šedesátých letech minulého století byla klíšťata nejčastěji nalezena maximálně v 700 metrech. Po roce 2000 existují pravidelné nálezy ve výškách nad 1100 metrů nad mořem (Materna 2012) a v současné době 1300 m.n.m. (Daniel et al. 2009). Zahraniční výzkumy na obdobné téma posouvají hranici výskytu až na rozmezí 1600-1800 metrů a hodnotí většinu lesních ekosystémů do 1600 m.n.m. jako příznivé pro *I. ricinus* (Estrada-Peña, Venzal, and Sánchez Acedo 2006; Gassner et al. 2011; Mačička 1955; Stanko et al. 2022). V ČR pochází nejvýše položený nález z lokality pod Pradědem ve výšce 1300 m.n.m. na okraji dřevité vegetace. Kromě nymf byly nalezeny i larvy klíšťat. Z toho lze odvodit, že zde proběhl celý vývojový cyklus (Daniel et al. 2009). Mnohem vyšších početností však stále dosahují v podstatně nižších nadmořských výškách, okolo 700 m.n.m (Lukan, Bullova, and Petko 2010; Peřko, Bullová, and Lukáš 2011).

Spolu s celosvětovým oteplováním a vlhkostí, která je v optimu pro úspěšný vývoj klíšťat, lze očekávat další šíření (Růžek 2015), protože aktivita klíšťat má silnou sezonní fenologii, která je řízena endogenním rytmem a ten ovlivňuje především vnější teplota prostředí (Takken 2023). Se změnou podmínek úzce souvisí i prodloužení aktivity klíšťat v průběhu sezony a zrychlení vývojových cyklů i přenosu různých patogenů (Růžek 2015).

1.4.3 Vliv hostitelských organismů na výskyt klíšťat

K pravidelnému výskytu klíšťat je nutná přítomnost dostatečného množství hostitelů. Zvláště větších savců, na kterých parazitují imaga (Hubálek and Rudolf 2014). Klíšťata z rodu *Ixodes* jsou schopna sít na celé řadě dalších druhů, od hlodavců, ptáků, plazů, větších savců až po jelenovité (Mannelli et al. 2011). Larvy a nymfy druhu *I. ricinus* byly nalezeny u více než 30 druhů drobných savců a hmyzožravců, u 50 druhů ptáků a mnoha dalších volně žijících i domestikovaných savců (Stanko et al. 2022).

Pevné rozdělení hostitelů podle vývojových stadií neexistuje. Obecně však platí, že s větší velikostí klíště hledá i větší hostitele (Rosický and Weiser 1952). Larvy se kromě své velikosti liší od nymf a dospělců i tím, že mají jen šest končetin. Na svoji kořist, nejčastěji drobné hlodavce, ještěrky a hmyzožravce čekají na zemi. Nymfy číhají na svého hostitele výše na vegetaci. Parazitují na ptácích a větších hlodavcích. Nejvýš najdeme dospělé, kteří vyhledávají spárkatou zvěř, domácí zvířata a lidi (Langrová 2007). Velikost a hmotnost hostitele má vliv také na počet přisátých klíšťat (Matuschka et al. 1992).

Jak již bylo popsáno v předchozích kapitolách, prostředí neovlivňuje jenom klíšťata samotná, ale také jejich hostitele. Příkladem adaptace na pozměněné prostředí je srnec obecný (*Capreolus capreolus*) (L., 1758), který se výborně přizpůsobil otevřené kulturní krajině a jeho početní stavy v Evropě jsou dnes pravděpodobně vyšší, než kdykoliv dřív (Kałużyński, 1974). Nárůst můžeme pozorovat i v původních, lesnatých oblastech (Hague and Hansson 1994; Pielowski 1970). Společně s růstem početnosti srnčí zvěře se zvýšilo i riziko závažných onemocnění přenášovaných na člověka (Sarah E Randolph 2004). Dnes je srnec obecný rozšířen i v otevřené, zemědělské krajině východní (Hawison, Vincent, and Reby 1998; Jepsen and Topping 2004) i západní Evropy (Cibien et al. 1989). A také ve všech typech lesních porostů, od suchých borů po vlhké mokřady (Kałużyński 1974).

Klíšťata rodu *Ixodes* jsou velká skupina. Najdeme v ní druhy vysoce specializované i generalisty (Braun et al. 2003). Specialisté mají často nižší početnosti nebo úplně chybí, protože jsou závislí výhradně na svém hostiteli (Pfäffle et al. 2013). Liší se i počet hostitelských druhů potřebných k dokončení vývoje, *Boophilus spp.* stačí jediný. Některé druhy *Hyalomma spp.* využívají dva a *Ixodes spp.* až tři (Toman 2009; Václavík et al. 2020).

Hostitelské organismy jsou důležitou součástí přenosu patogenních agens. Obzvláště významní jsou z tohoto pohledu ptáci a menší hlodavci, protože mají rychlý životní cyklus (Halos et al. 2010), zvláště vysokých početností dosahují hlodavci ve fragmentované krajině. Pravděpodobně je to dáno malou konkurencí a nedostatkem predátorů (Allan et al. 2003). Malí lesní hlodavci jsou zajímaví, protože jsou pravděpodobně hlavním přírodním rezervoárem klíšťové encefalitidy (Childs, Prof. Calisher, and Prof. Griffin 2004). Při vyšší vlhkosti jsou larvy i nymfy aktivnější při hledání drobných hlodavců. A to má za následek sezonní a zeměpisné rozdíly v dynamice jednotlivých agens (Randolph and Storey 1999).

Pohyblivost klíšťat je poměrně malá, a proto jsou do velké míry odkázána na přesun pomocí hostitele. Tímto pasivním způsobem pohybu se však mohou dostat i do biotopů, kde nedokáží přežít nebo úspěšně dokončit svůj vývoj (Estrada-Peña 2005). V tomto ohledu je významný zvláště vliv ptáků, kteří často překonávají i velké vzdálenosti. Tímto způsobem mohou přenášet parazity z izolovaných oblastí, jako jsou ostrovy. Tento fakt je významným problémem při kontrole nemocí přenášených klíšťaty (Hornok et al. 2014).

Výskyt klíšťat v prostředí lesa ovlivňuje nejen struktura porostů, ale také počty jelenovitých (*Cervidae*) (Gray 1998). Jelenovití jsou nejčastějšími hostiteli imag, která na ně vyčkávají ve výšce okolo jednoho metru nad zemí (Braun et al. 2003), nejvýše ze všech vývojových stádií klíšťat a to souvisí s kořistí, kterou vyhledávají (**Obrázek 1**) (Langrová 2007). Kromě divokých zvířat imaga parazitují také na lidech a domácích zvířatech (Langrová 2007). Dospělé samice klíšťat opouští hostitele po nasátí, a kolonizují proto plochy, kde se vyskytují větší savci, jako jelenovití nebo hospodářská zvířata (Estrada-Peña et al. 2014). Preference mezi jelenovitými a domácím skotem nebyla prokázána. Výběr pravděpodobně závisí pouze na přítomnosti a dostupnosti hostitele na konkrétním stanovišti (Estrada-Peña et al. 2014).



Obrázek 1: Rozložení klíšťat na vegetaci podle stádia. (Braun et al. 2003)

Obrázek 1 schématicky zobrazuje úrovně výšky vegetace podle toho, která stádia klíšťat v nich nejčastěji čekají na svého hostitele. Na úrovni 1 bývají dospělci, na úrovni 2 nymfy, na 3. larvy a na 4. úrovni přezimující stádia (Braun et al. 2003).

1.5 Člověk jako hostitel

Hematofágní členovci představují velké riziko nejen pro volně žijící zvířata, ale také pro lidi, protože mohou přenášet různé původce nemocí (Hubálek and Rudolf 2014). Člověka velmi často napadají zástupci rodu *Ixodes* ve všech svých vývojových stádiích (Horák and Volf 2007). Infekce mohou přenášet larvy, nymfy i imaga klíšťat (Süss 2003). V posledních letech roste jejich aktivita i počet lidí nakažených onemocněními přenášenými klíšťaty v mnoha zemích Evropy (Černý et al. 2020), protože klíšťata se vyskytují v široké škále biotopů (Boulanger et al. 2019) a jsou vektory mnoha zoonóz, neboli infekcí přenosných přímo i nepřímo mezi lidmi a zvířaty (Soumarová 2012).

Význam klíšťat v Evropě v posledních letech vzrůstá v důsledku větších populací i přenosu nových onemocnění nebezpečných pro lidi a zvířata (Omeragić et al. 2022), v angličtině se tyto nemoci nazývají "arthropodborne diseases" nebo "vector-borne diseases" (Hubálek and Rudolf 2014). Značné jsou také dopady na živočišnou výrobu (Gilbert 2015; Zintl et al. 2003). Tento trend je způsoben řadou abiotických i biotických faktorů, ale také vyšším zájmem o outdoorové aktivity (Černý et al. 2020) nebo cestováním do exotických oblastí (Soumarová 2012). Lidé pohybující se v lesích jsou vystaveni vysokému riziku infekce (Cisak et al. 2005). Obzvláště tam, kde je vyšší počet nymf, u kterých je velmi vysoká míra infekčnosti (Allan et al. 2003).

Aktivita klíšťat je ovlivněna mnoha faktory. Některé z nich je možné řídit a snížit tak riziko kousnutí klíštětem (Černý et al. 2020). Obecně však platí, že riziko nákazy existuje pouze, pokud je přítomen patogen, vektor přenosu a hostitel (Lambin et al. 2010). Studie TBD v Evropě se zaměřují na patogeny s hlavním medicínským významem, jako je lymeská borelióza a klíšťová encefalitida (Václavík et al. 2020). V případě lymeské boreliózy mnoho výzkumů shoduje na vyšším počtu nakažených, některé až desetinásobně, než se v současnosti diagnostikuje (Bauhner 2014). Dalším významným a často studovaným onemocněním je klíšťová encefalitida (KE). Počet nakažených KE prudce roste v období, kdy lidé tráví více času v přírodě a zároveň nastávají příznivé podmínky pro vývoj klíšťat (Duniewicz et al. 1972). Mnohem méně informací však máme o patogenech s nižším významem. Jsou to rody *Anaplasma*, *Rickettsia*, *Babesia* a *Candidatus Neoehrlichia mikurensis* (Václavík et al. 2020).

2. Cíl práce

Hlavním cílem této práce bylo zhodnotit možný vliv krajinných parametrů v rámci lesních stanovišť na riziko výskytu klíšťat na území České republiky.

Další cíle:

- 1) Zpracovat data sběru klíšťat (za roky 2021–2022) a vytvořit mapy výskytu klíšťat
- 2) Sumarizovat data krajinných parametrů pro měřítka 250, 500 a 1000 m okolo lokalit a vypočítat pro ně krajinné indexy.
- 3) Sumarizovat data se zaměřením na stanoviště, biotop, druhové složení, zakmenění, vliv pobytových znaků zvěře a vegetaci lesních stanovišť.
- 4) Analyzovat vliv charakteristik lesních stanovišť a krajinných parametrů na abundanci klíšťat.

3. Materiál a metody

Sběr primárních dat probíhal v rámci projektu GS LČR. Do terénních výjezdů jsem byl zapojen já a další čtyři sběrači, každý z nás měl na starosti přibližně 30 lokalit. Pro sběr bylo vybráno období od dubna do června ve dvou po sobě jdoucích letech, konkrétně v roce 2021 a 2022. Z předešlých výzkumů a také obecných znalostí o fenologii klíšťat vyplývá, že aktivita klíšťat silně závisí na počasí, nejčastěji má však dva vrcholy. První v dubnu až květnu, druhý v rozmezí září a října (Stanko et al. 2022; Széll et al. 2006). Nejdůležitější podmínkou je aktuální teplota, která nesmí klesnout pod 10 °C ve dne a 0 °C v nočních hodinách (Cukor et al. 2021). První, jarní vrchol aktivity bývá silnější, a právě proto byl vybrán pro sběr klíšťat (Tkadlec et al. 2018). Kvůli možnému zkreslení byl opakován i v následujícím roce (Cukor et al. 2021), protože počet klíšťat číhajících na svého hostitele je závislý na počasí (Schulz, Mahling, and Pfister 2014).

1.1 Popis zájmového území

Pro sběr bylo předem vybráno 152 pravidelně rozmístěných lokalit na území České republiky. Byla pokryta velká variabilita výškového gradientu. Nejnižše položená lokalita ležela v nadmořské výšce pouhých 154 a nejvyšší 1341 metrů nad mořem. V průběhu analýzy bylo nutné vyřadit neúplná data. Nebylo možné spočítat například průměrnou abundanci, pokud chyběly údaje o početnosti z jednoho nebo obou let. Nakonec byla analýza provedena s údaji ze 143 lokalit, tedy s více než 94 % původních dat.

1.2 Terénní sběr dat

Sběr samotný probíhal metodou vlajkování. Vlajka, vyrobená z bílé bavlněné látky, byla vlečena po vegetaci s klíšťaty čekajícími na svého hostitele. Plátěná vlajka měla rozměry 1 × 1 m a byla připevněna na dřevěné, 150 cm dlouhé tyči (Široký et al. 2011). Vlajka byla po každém tahu přes vegetaci zkontrolována a zachycená klíšťata byla entomologickou pinzetou sbírána do zkumavky s číselným kódem lokality. Sběr vlajkováním probíhal vždy 120 minut, bez ohledu na počet zachycených klíšťat. Jen tak bylo možné objektivně srovnávat abundance mezi lokalitami.

Na každé lokalitě byla před zahájením sběru naměřena teplota a vlhkost vzduchu ve výšce 1 m nad povrchem země, teplota musela být v rozmezí 16–24 °C. Také z tohoto důvodu probíhal sběr mezi 10 až 18 hodinou. Vlhkost vzduchu musela být vždy vyšší, než 60 %. Následně bylo provedeno zhodnocení, zda jsou hodnoty v rozmezí, kdy je sběr možné provést, a také jestli na lokalitě s odstupem jednoho dne nepršelo. Pokud byly podmínky v optimu přišlo na řadu zaměření GPS polohy, data, času a povětrnostních podmínek. Optimum pro sběr bylo poměrně náročné dodržet, a proto bylo výhodné začínat se sběrem v nejnižše položených lokalitách, kde teploty v létě častěji překračovaly teplotní limit.

Poté byly zaznamenány údaje o stanovišti do formuláře (tab. 1). Nejdůležitější byly údaje pro identifikaci vzorku, tj. název lokality, souřadnice a ID. Dále byla lokalita zařazena do nižších nebo středně vysokých poloh podle nadmořské výšky, biotopu a druhového smíšení podle aktuálního stavu. Pokryvnost vegetace byla prováděna kvalifikovaným odhadem a uváděna v procentech. Tento popis probíhal na místě vlajkování, kde byla kromě pokryvnosti zapsána také průměrná maximální výška vegetace. Podle druhů na bylinné patro, traviny, kapradiny, polokeře, keřiky a keře podle metodiky ÚHÚL. Pobytové znaky zvěře byly hodnoceny na stupnici 1 až 5. Pokud jde o lokality holina a porostní okraj, byl určen i typ okolního biotopu. V případě lesního porostu byla popsána porostní struktura na ploše 20×20 m, která co nejlépe vystihovala podobu porostu. Byla hodnocena také výška pomocí výškoměru s tolerancí 0,1 m a výčetní tloušťka jednotlivých stromů s přesností 0,1 cm. Ke každé lokalitě byla nakonec pořízena fotografie, která měla co nejlépe vystihnout podobu právě popsaného stanoviště.

Tabulka 1: Formulář pro terénní šetření

ID		název lokality			
GPS souřadnice					
poloha	biotop	druhové smíšení			
NP x SVP	LP × OL × Ho	LL × JL × SL			
nadm. výška	sklon	expozice			
PLO	HS	SLT			
datum		čas			
teplota (°C)		vlhkost (%)			
les	zakmenění				
	druhá skladba (v %)				
	věk porostu (roky)				
	zásoba porostu (m ³)				
vegetace	pokryvnost (%) a max. výška (cm)				
	bylinného patra				
	mechového patra (+ lišejníky)				
	travního patra				
	kapradin a plavůní				
	keříků (borůvky, brusinky)				
	polokeřů (maliny, ostružiny)				
	keřového patra a stromové obnovy				
	pokryvnost celkem				
	bez vegetace (hrabanka)				×
vzd. od vod. zdroje (m)		stojatá × tekoucí voda			
vzdálenost od cesty/pěšiny (m)					
vzdálenost od okraje porostu (m)					
okraj lesa – louka × pole × mokřad					
přítomnost pobytočných znaků zvěře					
vzdálenost od obydlí (m)					
číslo fotografie					

1.3 Statistické a prostorové analýzy

Pro výpočet statistické analýzy byl použit snadno programovatelný nástroj RStudio ve verzi 1.2.5033, který je oproti programu R "uživatelsky přívětivější" a stejně, jako program R umožňuje programovat v R jazyce (Metereológicas et al. 2022).

Data byla analyzována pomocí korelační matice, která měla za úkol zjistit možnou korelaci mezi jednotlivými parametry. Matice výrazně pomohla při tvorbě modelu, který co nejlépe popisoval vliv parametrů na abundanci klíšťat a nevyskytovaly se v něm parametry, které by vysvětlovali stejnou část závislosti. Výpočet Pearsonova korelačního koeficientu s pomocí funkce „cor“ byl proveden pro všechna prostorová měřítka (250, 500 a 1000 m). Hranice koreficientu byla stanovena v rozpětí hodnot $p > 0,8$ a $p < -0,8$. V případě vyšší hodnoty byl vyřazen vždy jeden z parametrů (Kronthaler and Zöllner 2020).

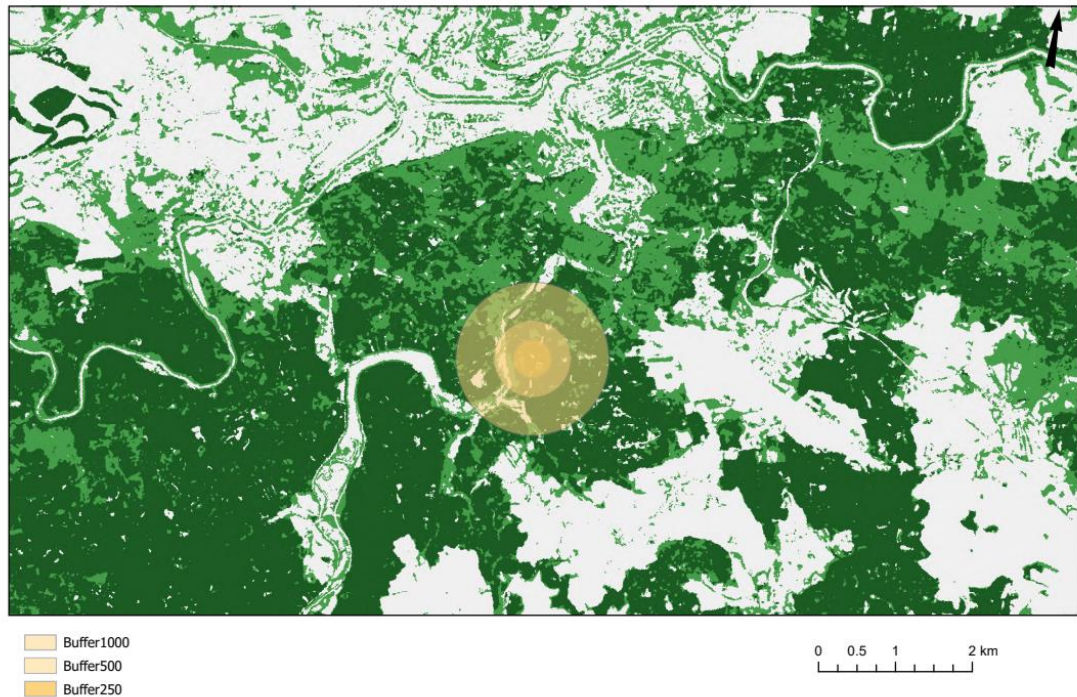
Při testu závislosti abundance na krajinných parametrech byly využity výsledky korelace. Pro samotný test byl vybrán model mnohonásobné lineární regrese, který byl do programu zadán funkcí „lm“. Abundance (y), v našem případě závislá proměnná, neměla normální rozložení dat, a proto bylo nutné jejich zlogaritmování. Nezávislá proměnná (x) byly všechny parametry. Hladina pro ověření signifikance byla $P < 0,05$.

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n$$

y – závisle proměnná, β_0 – místo protnutí s osou y (intercept), x_n – nezávisle proměnná, β_0 – parciální regresní koeficienty

1.4 Významné parametry prostředí

Původně vektorová data byla převedena do rastrového formátu nástrojem „polygon to raster“. Následné zpracování dat bylo provedeno v programu FRAGSTAT (McGarigal et al. 2012). Obrázek 2 zobrazuje buffery všech měřítek nad mapovou vrstvou DLT. Vrstva rozlišuje lesní pokryv, podle dominantního podílu dřeviny na jehličnatý (tmavě zelená) nebo listnatý (světle zelená). Bílá v okolí zobrazuje ostatní plochy.



Obrázek 2: Ukázka bufferů na jedné z lokalit

Tabulka 2: Přehled použitých indexů (McGarigal and Marks 2012).

Zkratka	Popis	Vzorec
AI	Je specifický pro danou třídu a nezávislý na kompozici krajiny. Třída s nejvyšší úrovní se skládá z pixelů sdílejících nejvíce možných hran.	$AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max \rightarrow g_{ii}} \right] (100)$
AREA_MN	Metrika plochy a okrajů, popisuje heterogenitu krajiny (např. mnoho malých vs. několik velkých ploch).	$AREA_MN = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}}{N}$
COHESION	Popisuje kompozici krajiny, protože poskytuje informaci o tom, jestli jsou plochy stejné třídy rozmístěny vedle sebe, nebo izolované.	$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sqrt{a_{ij}}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sqrt{a_{ij}}} \right] \left[1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right]^{-1} (100)$
CONTAG	Index rozptřeni je nepřímo úměrný hustotě okrajů. Měří četnost, s jakou se vyskytují vybrané atributy vedle sebe.	$CONTAG = \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{r_{ij}}{r_{i,j}} \right) \left[\ln \left(\frac{r_{ij}}{r_{i,j}} \right) \right] \right]^{-1}$
ED	Součet délek (m) všech okrajových segmentů v krajině vydělený celkovou plochou krajiny (m ²), vynásobený 10 000 (ha).	$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} (10\ 000)$
LPI	Podíl největší plochy a celkové plochy krajiny vynásobený 100 (pro přepočítání na procenta). Když se skládá celá krajina z jedné plochy, rovná se 100% krajiny.	$LPI = \frac{\max(a_{ij})_{j=1}^n}{A} (100)$
LSI	Poměr mezi skutečnou délkou hrany krajiny a hypotetickou minimální délkou hrany.	$LSI = \frac{0,25 \sum_{k=1}^m e_{ik}}{\sqrt{A}}$
MESH	Je jedním z ukazatelů fragmentace krajiny. Vhodná metoda pro kvantifikaci fragmentace, která je založena na pravděpodobnosti, že dva náhodně vybrané body budou propojeny.	$MESH = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}{A} \left(\frac{1}{10\ 000} \right)$
PARA_MN	Poměr plochy a obvodu. Je měřítkem složitosti tvarů, ale bez standardizace na jednoduchý euklidovský tvar (např. čtverec).	$PARA_MN = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{a_{ij}}}{N}$
PD	Počet ploch vydělený celkovou plochou krajiny (m ²), vynásobený 10 000 a 100 (pro přepočítání na ha)	$PD = \frac{n_i}{A} (10\ 000)(100)$
SHDI	Součet relativního množství každého druhu ploch je vynásobený jejich poměrem. Počítá růst neuspořádanosti systému s rostoucí entropií. Nejpoužívanější index diverzity.	$SHDI = -\sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i)$

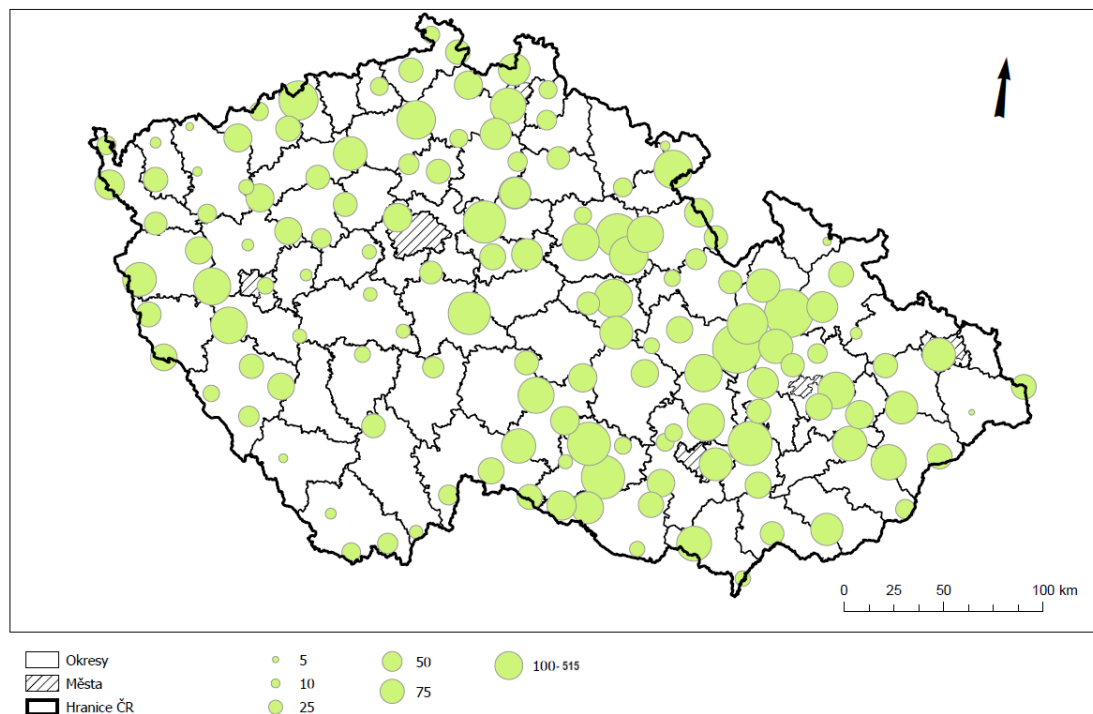
legenda: A - celková plocha krajiny; a_{ij} - velikost plošky; e_{ik} - celková délka okraje mezi třídami i a k; g_{ik} - počet sousedních pixelů odlišných plošek; g_{ii} - počet podobných sousedství (spojení) mezi pixely třídy i; n - počet typů plošek; n_i - počet typů plošek; N - celkový počet plošek; m - počet typů plošek; P_i - podíl krajiny obsazené políčky třídy i

1.5 Mapy abundance klíšťat

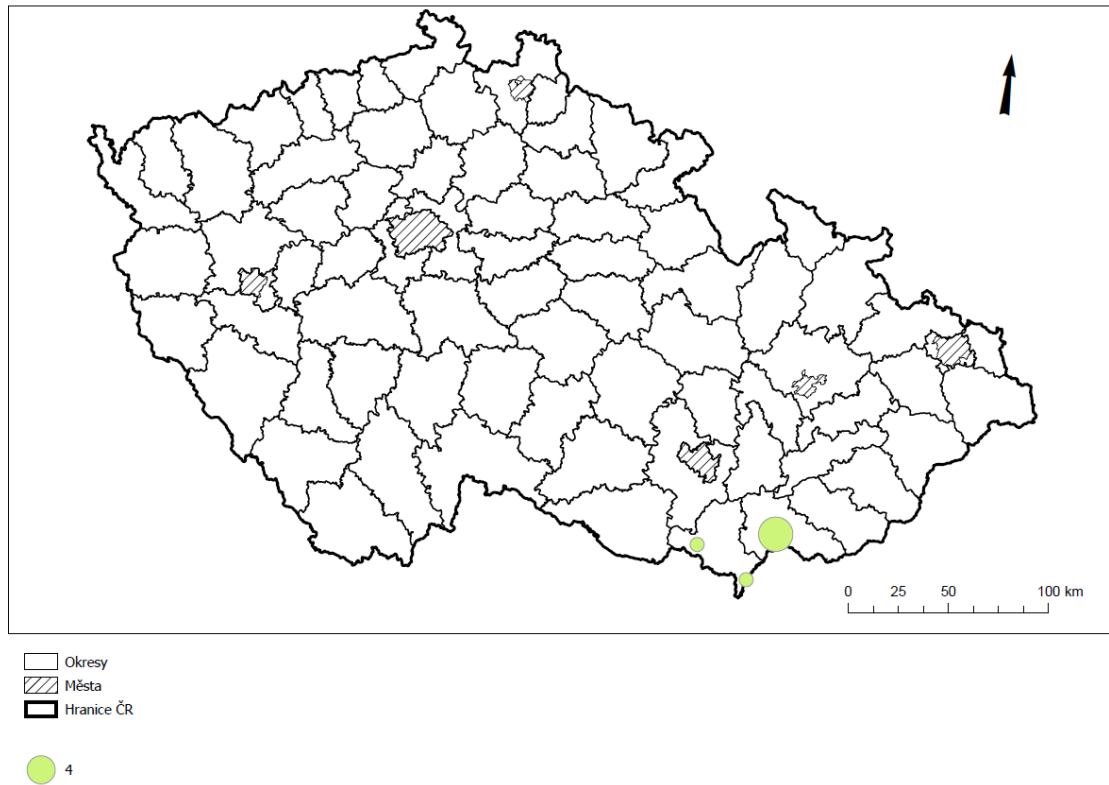
Mapy abundance klíšťat byly zpracovány z terénních dat v programu ArcMap verze 10.8. Všechny mapy pracovaly s Křovákovým obecným konformním kuželovým zobrazením (S-JTSK). Převodní souřadnic na jednotný formát bylo provedeno ručně, pomocí převodní tabulky. Mapa abundance pro klíště obecné byla vytvořena z průměrných abundancí za rok 2021 a 2022. Mapy pro zbylé dva druhy byly vytvořeny pro každý rok sběru zvlášť.

4. Výsledky

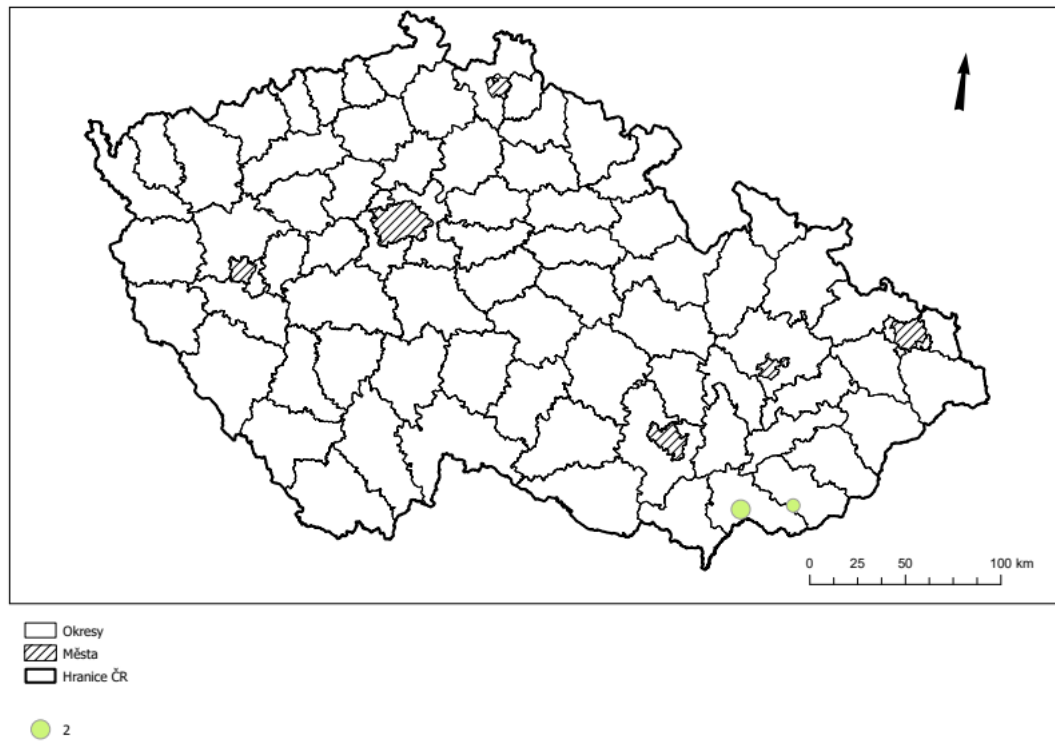
2.1 Abundance klíšťat v ČR



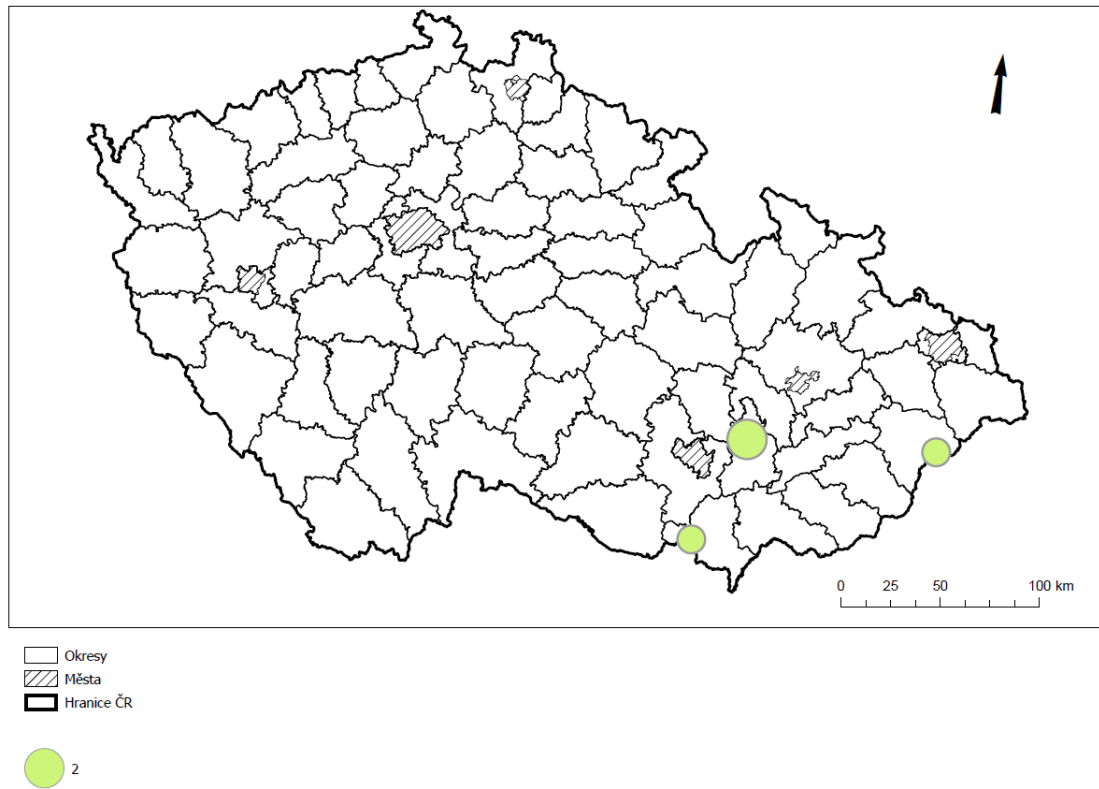
Obrázek 3: Mapa průměrné abundance klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*)



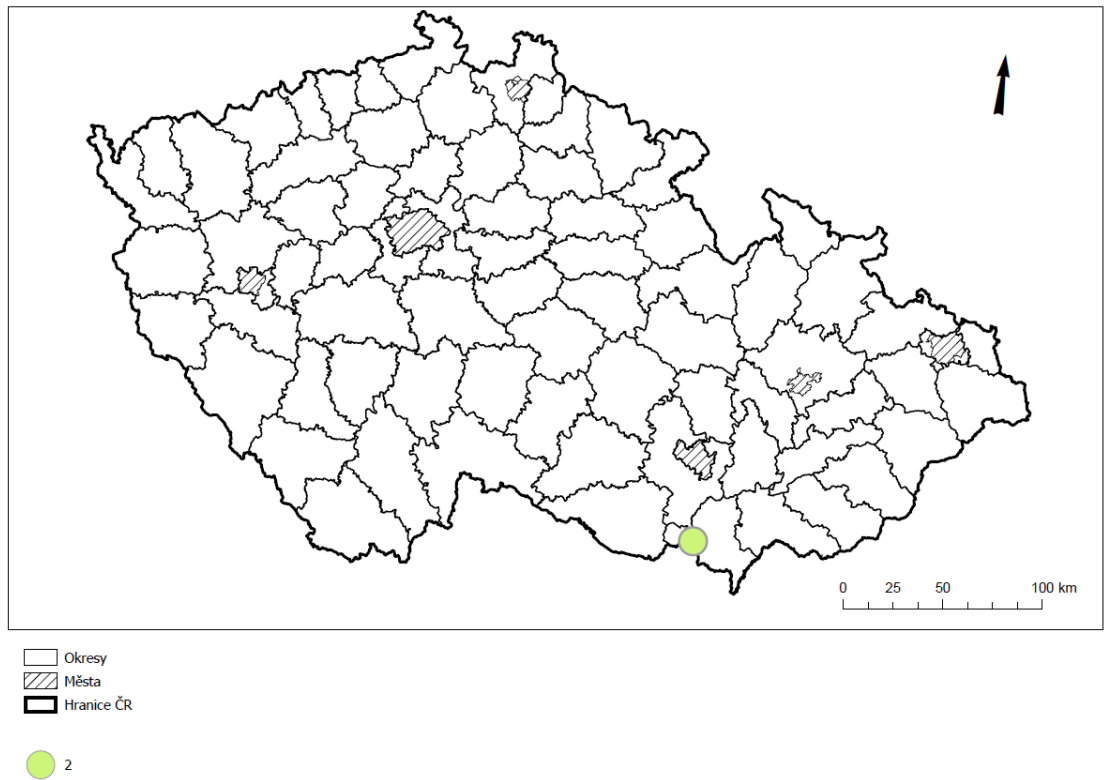
Obrázek 4: Abundance pijáka lužního (*Dermacentor reticulatus*) v roce 2021



Obrázek 5: Abundance pijáka lužního (*Dermacentor reticulatus*) v roce 2022



Obrázek 6: Abundance klíště lužního (*Haemaphysalis concinna*) v roce 2021



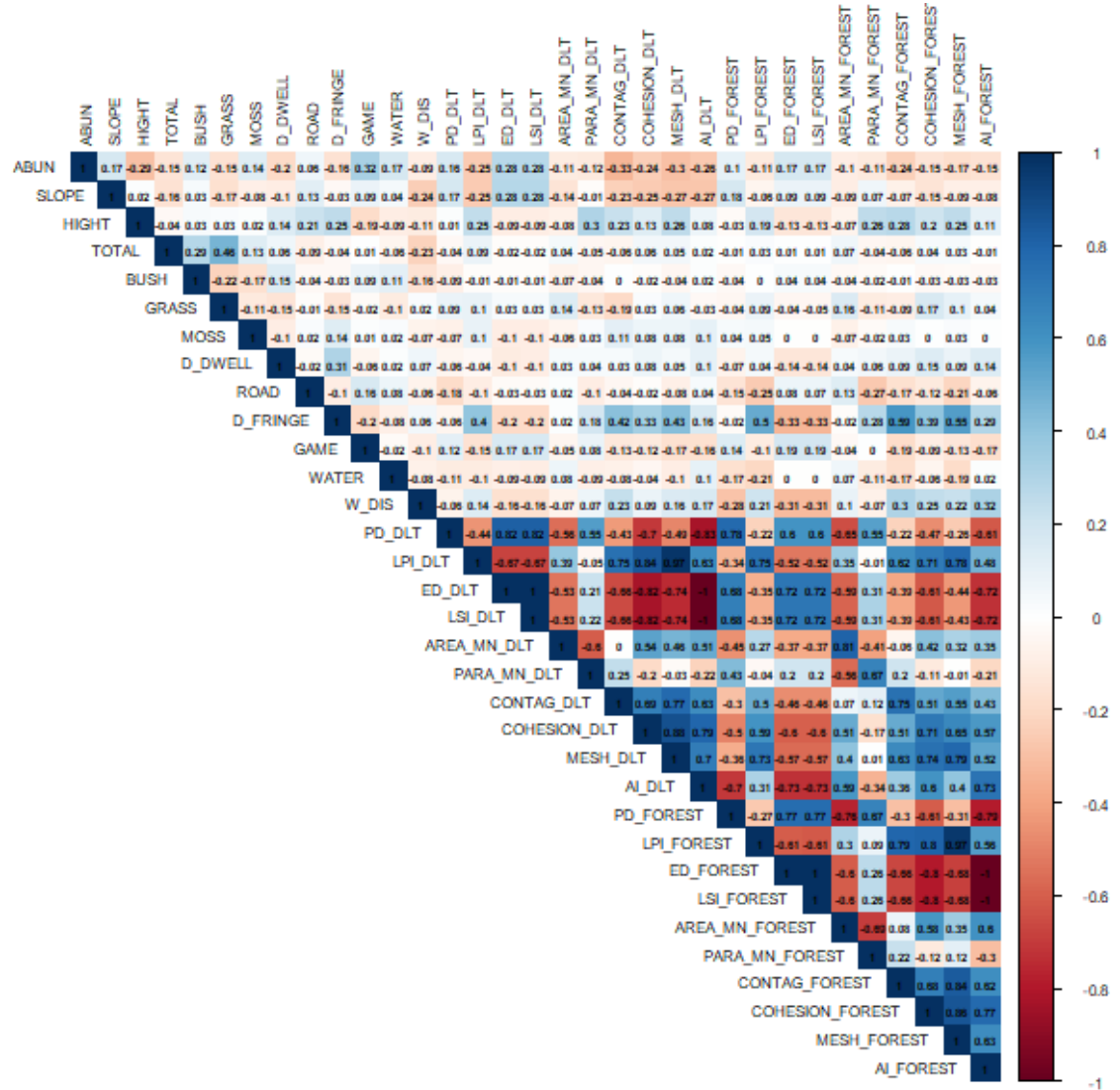
Obrázek 7: Abundance klíště lužního (*Haemaphysalis concinna*) v roce 2022

2.2 Vliv parametrů krajiny na abundanci klíšťat

Okolo každé ze 152 lokalit byly vypočítány hodnoty krajinných indexů ve třech prostorových měřících (celkem pro 456 bufferů). Před statistickou analýzou byla provedena korelace. Ta měla odhalit korelační vztahy mezi parametry. Pokud byla míra korelace vyšší, než stanovená hranice byl vždy jeden z parametrů vyřazen z další analýzy v měřítku, pro které korelační vztah platil. Poté byla provedena analýza mnohonásobnou lineární regresí. Ve výsledku jsou pouze signifikantní parametry.

2.2.1 Buffer 250

Pomocí korelační matice bylo zjištěno, které parametry jsou ve vzájemné korelaci a jejich současné použití v následném modelu mnohonásobné regrese není vhodné.



Obrázek 8: Korelace pro buffer 250 m

Výsledek regresní analýzy ukazuje negativní signifikantní vliv nadmořské výšky (HIGHT), celkové pokryvnosti (TOTAL) a indexu rozprostření (CONTAG_DLT) na abundanci. Pozitivní vliv měla pouze aktivita zvěře (GAME). Model vysvětluje více, než 32 % variability

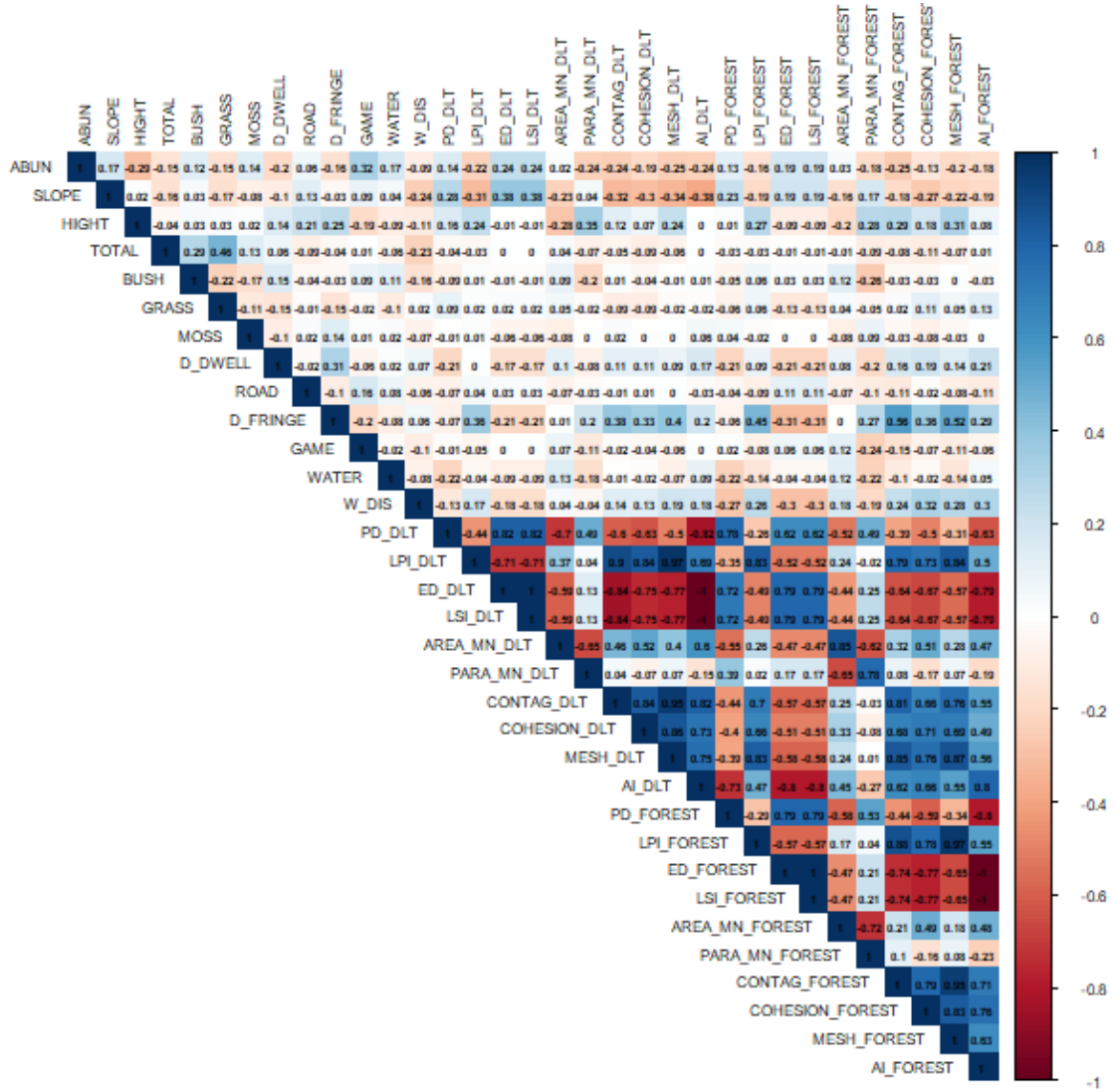
Tabulka 3: Výsledné hodnoty modelu mnohonásobné regrese pro buffer 250 m

	Estimate	<i>Pr(> t)</i>
(Intercept)	15.571026	< 2e-16
HIGHT	-0.005426	4.02e-05
TOTAL	-0.027346	0.00292
GAME	0.525910	0.00790
CONTAG_DLT	-0.062569	7.76e-05

Koeficient determinace $R^2 = 32,32 \%$

2.2.2 Buffer 500

Ve vzájemné korelaci bylo opět několik parametrů, které dále nebyly použity v regresní analýze současně.



Obrázek 9: Korelace pro buffer 500 m

Negativní signifikantní vliv byl prokázán u nadmořské výšky (HIGHT) a celkové pokryvnosti (TOTAL). Pozitivní vliv měla aktivita zvěře (GAME) a délka okrajů (ED_DLT). Model objasňuje bezmála 30 % dat.

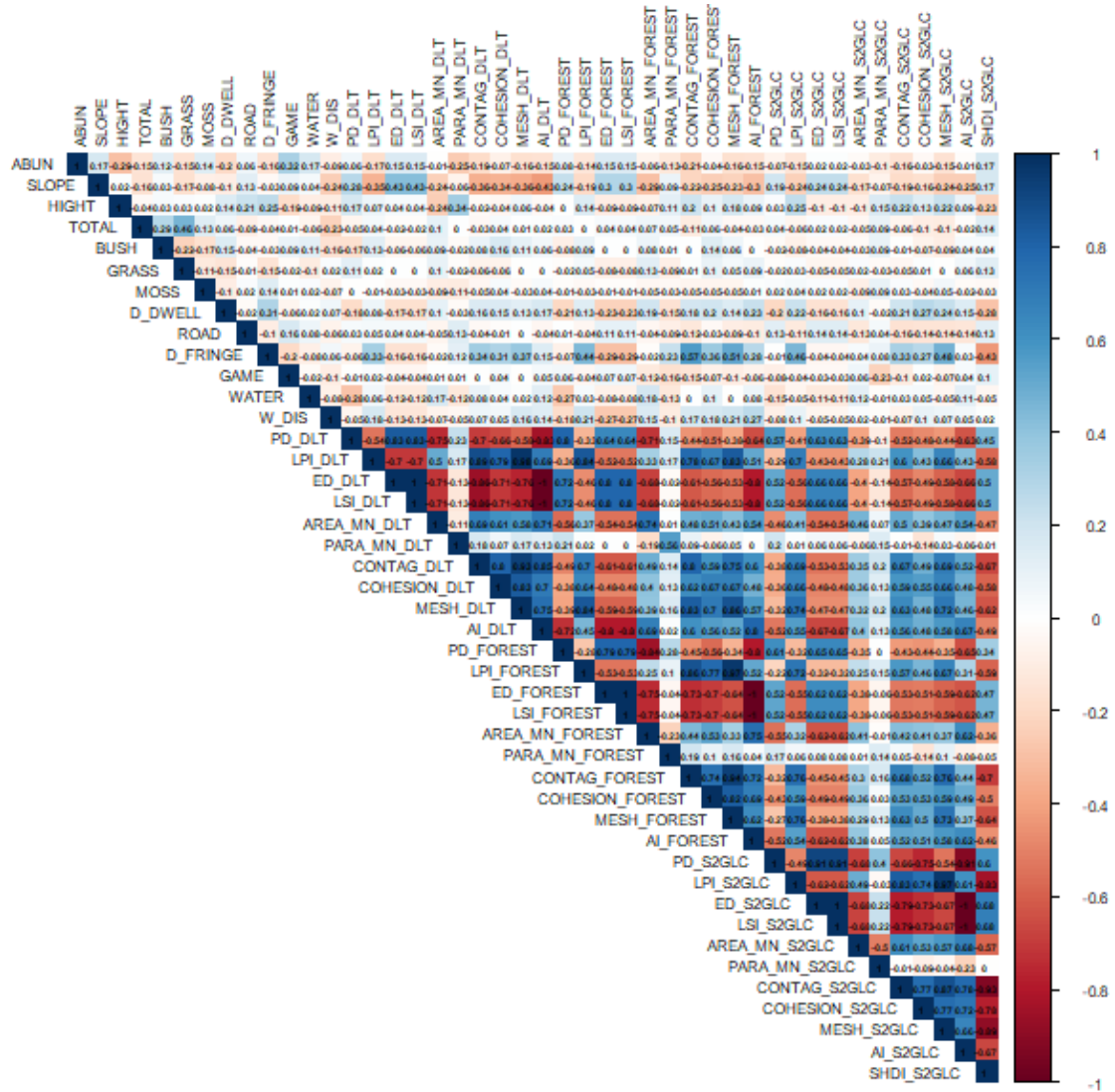
Tabulka 4: Výsledné hodnoty modelu mnohonásobné regrese pro buffer 500 m

	Estimate	<i>Pr(> t)</i>
(Intercept)	10.835854	2.55e-14
HIGHT	-0.006324	2.76e-06
TOTAL	-0.027059	0.00380
GAME	0.558823	0.00563
ED_DLT	0.013349	0.00106

Koeficient determinace $R^2 = 29,85 \%$

2.2.3 Buffer 1000

V měřítku 1 km byly indexy spočítány nejenom z dat DLT a DLTF, ale také z dat S2GLC (Sentinel 2 Global Land Cover), který bere v úvahu všechny kategorie krajinného pokryvu. Jeho použití bylo přínosné pouze v tomto měřítku, v menších nebyla dostatečně velká diverzita plošek.



Obrázek 10: Korelace pro buffer 1000 m

Velmi silný negativní signifikantní vliv měla v tomto měřítku nadmořská výška (HIGHT). Dále také zastoupení travin na vzorkovací ploše (GRASS). Pozitivní vliv měla aktivita zvěře (GAME) a délka okrajů (ED_DLT). Model objasňuje téměř 24 % dat.

Tabulka 5: Výsledné hodnoty modelu mnohonásobné regrese pro buffer 1000 m

	Estimate	<i>Pr(> t)</i>
(Intercept)	9.800853	2.55e-13
HIGHT	-0.005750	9.29e-05
GAME	0.593513	0.00566
GRASS	-0.024382	0.00805
ED_DLT	0.010598	0.02557

Koeficient determinace $R^2 = 23,74 \%$

5. Diskuze

V letech 2021 a 2022 probíhal od dubna do června sběr klíšťat na 152 lokalitách. Místa sběru byla rovnoměrně rozložena na území České republiky. Celkem bylo zachyceno 28 221 jedinců klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*), 11 pijáka lužního (*Dermaceter reticulatus*) a 7 klíště lužního (*Haemophysalis concinna*). Většinový podíl klíštěte obecného ve vzorku je dán tím, že se jedná o nejběžnější druh ze skupiny *Ixodes spp.* na území ČR i střední Evropy (Stańczak et al. 2017). Kolem lokalit byly vytvořeny buffery s několika poloměry (250, 500 a 1000 m). Pro každý z nich byly vypočteny krajinné indexy, které měly za úkol popsat krajinnou strukturu v každém z výše zmíněných měřítek. Další analýzy počítaly nejenom s indexy, ale i s hodnotami naměřenými v terénu. Možný vliv těchto parametrů (indexů a měření) na abundanci klíšťat byl testován prostřednictvím mnohonásobné lineární regrese. Model pro každé z měřítek byl vytvořen tak, aby co nejlépe popisoval potencionální vliv parametrů na abundanci klíšťat. Tento vliv byl prokázán ve všech prostorových měřících.

Z výsledků analýzy mnohonásobní lineární regrese pro všechna prostorová měřítka (250, 500 a 1000 m) je možné odvodit, že největší vliv na abundanci klíšťat má struktura krajiny v nejmenším z nich. Konkrétně s bufferem o poloměru 250 m ($P < 0,05$; $R^2 = 0,3232$). V tomto měřítku byl zjištěn signifikantní vliv u 4 parametrů. Početnost pozitivně ovlivňuje aktivita zvěře. Negativní vliv měla nadmořská výška, celková pokryvnost vegetace a index rozprostření. Prvním parametrem, který pozitivně ovlivňuje abundanci klíšťat je aktivita zvěře. Klíště obecné a další druhy klíšťat na našem území byly dlouho považovány za generalisty, kteří jako své hostitele běžně využívají mnoho druhů. Novější výzkumy však naznačují, že nezáleží jen na schopnosti z určitého hostitele sít, ale také na úspěšnosti, s jakou krmení probíhá. Ukazuje se, že někteří hostitelé jsou méně významní, než se dříve zdálo. Např. hrabaví ptáci nebo prase divoké (*Sus scrofa* L.), o kterém řada autorů (Hoogstraal et al. 1986; Mannelli et al. 1999) psala jako o jednom z hlavních hostitelů dospělých klíšťat. Úspěšnost krmení ovlivňuje nejen hostitel, ale do určité míry také prostředí. Podle Lesse a Beamenta (1948) mají pachy hostitelů menší význam oproti nesespecifickým podnětům, jako jsou například vibrace, stín nebo zdroj tepla. Proto je kontakt s určitým druhem spíše náhodný (Tolze 1933). Z toho důvodu můžeme pozorovat rozdílné strategie chování podle vývojových stádií (Langrová 2007). Dospělá klíšťata, zejména samice častěji parazitují na větších obratlovcích (Kříž

et al. 2014), jako je srnec obecný a další druhy spárkaté zvěře (Cukor et al. 2022). Podle Daniela et al. (2015) vytrvale čekají na procházející zvířata nebo člověka, ve výšce od 20ti centimetrů do 1 metru (Braun et al. 2003). Nymfy vyhledávají nejčastěji drobné savce, hmyzožravce nebo ptáky (Stanko et al. 2022) v malé výšce (Braun et al. 2003). Pro larvální stádia několik autorů označilo za hlavní hostitele hraboše polního a myšici lesní (Tälleklint and Jaenson 1998). Pro lepší a přesnější znalosti o roli hostitelských druhů je nutné pokračovat ve výzkumu, jak doporučuje Raghavan et al. (2016), který použil stejnou metodu sběru, jako v této práci.

Na abundanci v tomto měřítku má negativní vliv nadmořská výška, která ovlivňuje klíšťata skrze teplotu. Se zvýšením nadmořské výšky o 100 m klesá teplota přibližně o 0,65 °C (Materna 2012). Teplota je limitující faktor, který má velmi silný vliv na vývoj i aktivitu klíšťat (Hancock et al. 2011), která do určité míry ovlivňuje pozitivním způsobem (Kříž et al. 2015), také proto sběr probíhal v rozmezí 16–24 ° C. Výkyvy klimatu mají za následek sezonní charakter výskytu klíšťat (Ogden et al. 2005; S E Randolph 2004). Tento fenomén dokazuje i studie Qviller et al. (2014) z Norska, která zachytila úbytek klíšťat s růstem nadmořské výšky a slábnoucí druhý vrchol abundance během roku. V nejvyšších polohách tento nárůst v početnosti chyběl úplně. Nejvyšších početností dosahují, až v jarních měsících, zpravidla v květnu (Černý et al. 1965), kdy nastává první a největší vrchol abundance (Gray et al. 2009; Hubálek and Rudolf 2014). Průměrná roční teplota v ČR vrostla za posledních 60 let o 2 °C (CHMI 2022). S dopady postupující globální změny klimatu lze očekávat, že tento limitující faktor se bude měnit a s ním i rozšíření klíšťat (Gilbert 2010). V horských oblastech Švýcarska je dnes 2,5 až 3,5krát více nymf, než tomu bylo před dvaceti lety. Rychlý posun klíšťat do vyšších nadmořských výšek byl pozorován i v oblasti Apenin (Martello et al. 2014). Ke změnám v rozšíření dochází také v horizontální rovině, na severní hranici výskytu. Například v Kanadě se areál rozšiřuje každým rokem zhruba o 50 kilometrů (Talbot et al. 2019). Se změnou podmínek je pravděpodobné, že rozšíření klíšťat bude postupovat do vyšších nadmořských výšek, než tomu bylo doposud. Na druhou stranu pro ně bude těžší odolávat teplotnímu stresu v níže položených oblastech, který už dnes omezuje jejich aktivitu.

Dále má na abundanci klíšťat v měřítku 250 m negativní vliv celková pokryvnost vegetace. Což lze vysvětlit prostředím, které klíšťata preferují. Vacek et al. (2023) zjistil velmi nízké abundance na holinách, kde je vysoká pokryvnost, zejména trav, ale také

keřů. Na velké výkyvy teplot a vlhkosti se klíšťata, zejména larvy a nymfy adaptovaly aktivitou v dopoledních a večerních hodinách (Daneš and Pejčoch 2003). Pro přežití v těchto nepříznivých podmínkách využívají rehydrataci, což je proces, který je pro ně ale energeticky náročný (Rosendale et al. 2017). Porreta (2013) upozorňuje na fakt, že studie týkající se procesu rehydratace jsou staré, často desítky let a proto je nutné tuto problematiku dále zkoumat. Zejména v době rychlých změn klimatu i lesních biotopů vlivem různých disturbancí. Dalším typem prostředí, kde Vacek (2023) identifikoval jedny z nejnižších početností ve své práci byly jehličnaté monokultury. Tack et al. (2012) došel k závěru, že nově zakládáné listnaté porosty jsou pro klíšťata vhodnějším biotopem, než původní monokulturu jehličnatých dřevin. V tomto případě se zdá, že vyšší pokryvnost vegetace vede k vyšší abundanci klíšťat. To je, ale v rozporu s mými výsledky, podle kterých je vliv celkové pokryvnosti negativní. Ve své práci jsem vzal do úvahy i pokryvnost mechu a nízké vegetace, která se nachází v jehličnatých monokulturách. Signifikantní vliv mechu se regresní analýzou nepodařilo prokázat. Jedním z důvodů může být to, že byly vybírány lesy s nízkým zakmeněním a vysokým věkem, často ve fázi rozpadu vlivem své nestability. Na takových plochách podrost silně připomínal holinu. Rozpor v mých výsledcích a závěrech studie (Tack et al. 2012) přiřítám vegetaci, která v námi vybraných jehličnatých porostech nereprezentuje typický jehličnatý les se zápojem korun, ale spíše holiny s občasnými výstavky. Neboli stromy ponechanými po těžbě za účelem přirozené obnovy lesa.

Posledním parametrem prostředí, který v tomto měřítku negativně ovlivňuje abundanci klíšťat je index rozprostření. Tento krajinný index je často používaný k sumarizaci míry shlukování nebo fragmentace krajiny (Ricotta et al. 2003). Turner (1989) říká, že definuje celkovou shlukovitost v rastrových mapách. Určuje disperzi plošek a je nepřímo úměrný hustotě okrajů (McGarigal and Marks 2012). Jak již bylo popsáno v předchozích částech, v krajině s heterogenní strukturou jsou více zastoupeny bezobratlé organismy (Marino et al. 2012). Lze předpokládat, že v heterogenním prostředí s vysokými abundancemi klíšťat bude tento index dosahovat nízkých hodnot, protože bude přibývat malých plošek různého typu a krajinná matrice se bude rozpadat. Jeho nevýhoda spočívá v tom, že je závislý na rozlišení pixelů (Ricotta et al. 2003) a v případě modifikace základního vzorce je komplikované srovnání výsledků (Kurt et al. 1996).

V měřítku 500 m ($P < 0,05$; $R^2 = 0,2985$) byl prokázán pozitivní signifikantní vliv aktivity zvěře a délky okrajů. U nadmořské výšky a celkové pokryvnosti byl prokázán negativní vliv. Pozitivní vliv délky okrajů lze vysvětlit tím, že v místech, kde na sebe navazuje více různých typů vegetace (např. hranice lesa a bezlesí nebo různé typy lesa) bývá zpravidla více klíšťat (Daniel et al. 1998; Kantsø et al. 2010; Süß 2003). Lokality s vyššími abundancemi klíšťat jsou "odrazovými můstky" celé populace. Po jejich odstranění má sledovaný druh často problémy s konektivitou ostatních ploch, kde se jinak vyskytuje (Estrada-Peña 2003). Více typů stanovišť v krajině poskytuje více příležitostí nejen klíšťatům, ale také jejich hostitelům (Despommier et al. 2007). Velké rozdíly v početnosti klíštěte obecného můžeme pozorovat i v prostředí s poměrně heterogenní strukturou. S největší pravděpodobností jsou rozdíly způsobeny preferencí hostitelských druhů k prostředí (Estrada-Peña 2003). Spárkatá zvěř, důležitá pro dospělé klíšťat preferuje biotopy s bohatší strukturou, protože v běžné zemědělské krajině nenachází dostatek potravy po celý rok (Kříž et al. 2014; Malík and Karnet 2009). V podmínkách ČR je to zejména prase divoké (*Sus scrofa* L.) a srnec obecný (*Capreolus capreolus*) (Kříž et al. 2014), ale podobný způsob chování můžeme sledovat i jinde, například u jelence běloocasého (*O. virginianus*) v USA (Raghavan et al. 2016), který patří do stejné čeledi jako srnec obecný (Cap et al. 2002). Vyšší množství okrajů zvyšuje diverzitu nejen větších, ale i drobných savců (Bowers and Matter 1997) a volně žijících ptáků (Glennon and Potter 1999). Zajímavé jsou městské parky, ve kterých jsou i přes izolaci v městském prostředí hodnoty abundance a prevalence klíšťat často vyšší, než v okolní krajině. A to nejenom v Německu, ale i na Slovensku, Srbsku nebo České republice. Pravděpodobně je to způsobeno velkou členitostí a bohatou strukturou prostředí. Nakonec lze konstatovat, že délka okrajů, jako druhově bohatých biotopů je přínosná pro klíšťata a poskytuje jim dostatek zdrojů i úkrytů před nepříznivými podmínkami prostředí.

V měřítku 1 km ($P < 0,05$; $R^2 = 0,2374$) byl prokázán pozitivní vliv aktivity zvěře a délky okrajů na abundanci klíšťat. Silný negativní vliv byl prokázán u nadmořské výšky a zastoupení trav na ploše. V biotopech s výrazným, až dominantním zastoupení trav byly zjištěny nižší abundancce klíšťat. To může být způsobeno celou řadou faktorů a jejich vzájemným působením. Expanze silně kompetitivních travin, například třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth) je dobře patrná na starších holinách. Z výzkumů v NP Podyjí vyplývá, že s rostoucí depozicí dusíku je tento expanzivní druh schopen vytvořit téměř monokultury (Holub et al. 2012). V kombinaci s kolísáním teploty a vlhkosti je toto

prostředí spíše nepříznivé pro klíšťata, která tráví velkou část života v neparazitické fázi, mimo hostitele (Dautel and Knülle 1997). Negativní vliv zastoupení travin na ploše může vysvětlit také použitá metoda sběru. Z porovnání různých metod totiž vyplývá, že právě námi vybraná metoda sběru vlajkováním zachycuje převážně dospělé samice výše na vegetaci a tento efekt se zesiluje v případě husté vegetace, kdy se vlajka téměř nedotýká země (Dantas-torres et al. 2013). Pokud vezmeme v úvahu i zastoupení dospělých samic ve vzorku (6-7 %) může metoda sběru klíšťat silně ovlivnit výsledek (Carey et al. 1980; Dobson 2013). Záleží na poměru pohlaví a vývojových fází v populaci klíšťat.

Po srovnání výsledků z jednotlivých měřítek můžeme konstatovat, že největší vliv krajinné struktury na abundanci byl prokázán v měřítku 250 m a postupně klesal s tím, jak rostlo pozorované měřítko. K podobnému výsledku dospěl i Schichor (2019), v jehož práci byl nejsilnější vliv v měřítku 500 metrů a slábl podobným způsobem. Možným vysvětlením je nepřímý vliv hostitele (Bunnell et al. 2003). Zahnutí zvěře navrhoval také Schichor (2019) a popisoval tento parametr, jako jeden možných důvodů nízkého R^2 ve svých modelech. Pohyblivost klíšťat je poměrně malá (Estrada-Peña 2005), ale v případě *Ixodes spp.* jde často o generalisty, kteří mohou sát na celé řadě druhů (Cumming et al. 2006; Mannelli et al. 2011) a dobře se přizpůsobit změnám v populacích svých hostitelů (Pfäffle et al. 2013). Pokud jde o pohyblivost jsou v tomto ohledu významní zejména ptáci, kteří mohou překonávat velké vzdálenosti (Hornok et al. 2014; Olsén et al. 1995). Možný, i když spíše výjimečný je transport člověkem při cestování, například z USA do severní Evropy (Jaenson et al. 1994). Úspěšný přenos, však ještě nemusí znamenat úspěšnou kolonizaci (Estrada-Peña 2005).

Pouze jeden z modelů vysvětluje více, než 30 % variability početnosti v populacích klíšťat na všech pozorovaných lokalitách. Ve srovnání s výsledky Schichora (2019), který zkoumal abundanci a prevalenci klíšťat v ČR obdobným způsobem a jeho modely vysvětlovali pouze okolo deseti procent variability. Pomocí jeho závěrů, ve kterých popisoval možné nedostatky svých modelů a parametrů jsem do analýzy zařadil nové parametry, například aktivitu zvěře. Pokud jde o můj výzkum, jedním z důvodů nižších hodnot R^2 může být vyřazení několika lokalit s neúplnými daty z analýzy. Vyřazeno bylo 8 % z celkového množství získaných dat. Větší vliv má pravděpodobně samotná metoda sběru klíšťat. Dantas-Torres et al. (2013) porovnávali různé metody a zjistili, že metoda vlajkování zvyšuje počet dospělých samic ve vzorku. Ke zkreslení výsledku ve prospěch

dospělců, především samic může dojít na lokalitách s vysokou vegetací, kdy se tkanina prakticky nedotýká země. Při vyšším poměru nižších vývojových stádií to může značně ovlivnit pozorovanou strukturu populace (Carey et al. 1980; Dantas-torres et al. 2013) i celkový výsledek sběru (Dobson 2013). Nesmíme opomenout ani vliv počasí. Silné poryvy větru mi při výjezdech do terénu hned několikrát znemožnili provést sběr metodou vlajkováním (Dautel et al. 2016). A nakonec svou roli jistě sehrál i lidský faktor, protože pokryvnost a aktivita zvěře byla posuzována subjektivně každým ze zúčastněných výzkumníků.

6. Závěr

Jak již bylo řečeno v teoretické části, klíšťata rodu *Ixodes spp.* jsou nejvýznamnějším vektorem patogenů v Evropě. Z tohoto důvodu je nutné lépe poznat dynamiku jejich populací. Především pak u klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*), které je našim nejhojnějším druhem. Vliv krajinné struktury na abundanci klíšťat byl potvrzen ve všech prostorových měřítcích. To je další krok k lepšímu poznání dynamiky populací klíšťat. Závěry lze do budoucna použít jako součást map popisujících rizika spojená s klíšťaty. S ohledem na to, že modely zcela neobjasnily variabilitu bude žádoucí zahrnout do dalších studií nové parametry a snažit se odhalit zatím neznámé faktory, které ovlivňují abundanci klíšťat. Vzhledem k tomu, že tato diplomová práce vychází z výsledků celorepublikového projektu a zadání GS LČR, bude možné navázat a pokračovat ve výzkumu. Jen málo prací se detailně a dlouhodobě věnovalo populacím hostitelů a klíšťat v souvislosti s krajinou strukturou. Velkým omezením jsou tomto ohledu různé velikosti domovských okrsků, dlouhé období vývoje savců, odlišná hustota osídlení nebo jedinečné přírodní podmínky v každé z geografických oblastí. Také z toho důvodu jsem byl nucen častěji citovat několik málo zdrojů.

7. Literatura

- Allan, Brian F., Felicia Keesing, and Richard S. Ostfeld. 2003. "Effect of Forest Fragmentation on Lyme Disease Risk." *Conservation Biology* 17(1):267–72. doi: 10.1046/j.1523-1739.2003.01260.x.
- Anon. 2018. "Klíště." Retrieved (<https://www.kliste.cz/>).
- Bauhner, S. H. 2014. *Borelióza - Přírodní Prevence a Bylinná Léčba Lymeské Boreliózy a Jejích Koinfekcí*. Triton.
- Belozerov, V. N. 1972. "Diapause and Biological Rhythms in Ticks." *Physiology of Ticks* 7(5):469–500. doi: 10.1016/B978-0-08-024937-7.50018-4.
- Belozerov, V. N. 1982. "Diapause and Biological Rhythms in Ticks." *Parasitology of Tick* 469–500.
- Boulanger, N., P. Boyer, and Y. Hansmann. 2019. "Ticks and Tick-Borne Diseases." *Medecine et Maladies Infectieuses* 49(2):87–97. doi: 10.1016/j.medmal.2019.01.007.
- Bowers, Michael A., and Stephen F. Matter. 1997. "Landscape Ecology of Mammals: Relationships between Density and Patch Size." *Journal of Mammalogy* 78(4):999–1013. doi: 10.2307/1383044.
- Braun, Rüdiger, Dieter Hassler, and Peter Kimmig. 2003. *Klíšťata - Nepatrné Kousnutí s Neblahými Následky*. edited by Pragma.
- Brownstein, J., and A. Skelly. 2005. "Forest Fragmentation Predicts Local Scale Heterogeneity of Lyme Disease Risk." 469–75. doi: 10.1007/s00442-005-0251-9.
- Bunnell, Joseph E., Susan D. Price, Abhik Das, Timothy M. Shields, Gregory E. Glass, Joseph E. Bunnell, Susan D. Price, Abhik Das, and Timothy M. Shields. 2003. "Geographic Information Systems and Spatial Analysis of Adult Ixodes Scapularis (Acari : Ixodidae) in the Middle Atlantic Region of the U . S . A . Geographic Information Systems and Spatial Analysis of Adult Ixodes Scapularis (Acari : Ixodidae) in The." *Journal of Medical Entomology* 40(4):570–76. doi: 10.1603/0022-2585-40.4.570.
- Cap, H., S. Aulagnier, and P. Deleporte. 2002. "The Phylogeny and Behaviour of Cervidae (Ruminantia Pecora)." *Ethology Ecology & Evolution* 14(3):199–216. doi: 10.1080/08927014.2002.9522740.
- Carey, B., W. Krinsky, and J. Main. 1980. "Ixodes Dammini (Acari: Ixodidae) and Associated Ixodid Ticks in South-Central Connecticut, USA." *J Med Entomol.* 17(1):89–99. doi: 10.1093/jmedent/17.1.89.
- Černý, Jiří, Geoffrey Lynn, Johana Hrnková, Maryna Golovchenko, Natalia Rudenko, and Libor Grubhoffer. 2020. "Management Options for Ixodes Ricinus-Associated Pathogens: A Review of Prevention Strategies." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(6):1–18. doi: 10.3390/ijerph17061830.

- Černý, V., B. Rosický, J. Asmara, K. Kadlčík, V. Kobík, E. Kratchvílová, and P. Lauterer. 1965. "Výsledky Sledování Fenologie Klíštěte Obecného *Ixodes Ricinus* (L.) v Českých Zemích v letech 1960–1962." *Epidemiologie, Mikrobiologie, Imunologie* 2.:125–31.
- Childs, J. E., C. H. Prof. Calisher, and D. E. Prof. Griffin. 2004. *Emergence and Control of Zoonotic Viral Encephalitis*. Archives o. Springer-Verlag Wien, Year: 2004.
- Childs, James E., and Christopher D. Paddock. 2003. "The Ascendancy of *Amblyomma Americanum* as a Vector of Pathogens Affecting Humans in the United States." *Annu. Rev. Entomol.* 48:307–37. doi: 10.1098/rstb.2001.0893.
- CHMI. 2022. "Czech Hydrometeorological Institute." *Meteorological Historical Data*. Retrieved (<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace?l=en>).
- Chroust, K., V. Svobodová, D. Mokřý, and J. Volf. 2003. *Veterinární Entomologie*. Vydání 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, Fakulta veterinárního lékařství.
- Cibien, Catherine, S. Eric Bideau, Bernard Boisaubert, and Marie Line Maublanc. 1989. "Influence of Habitat Characteristics on Winter Social Organisation in Field Roe Deer." *Acta Theriologica* 34(14):219–26. doi: 10.4098/AT.arch.89-23.
- Cisak, E., J. Chmielewska-Badora, J. Zwolinski, A. Wojcik-Fatla, J. Polak, and J. Dutkiewicz. 2005. "RISK OF TICK-BORNE BACTERIAL DISEASES AMONG WORKERS OF ROZTOCZE NATIONAL PARK (SOUTH-EASTERN POLAND)." *Department of Occupational Biohazards, Institute of Agricultural Medicine* 12(January):127–32.
- Cukor, J., Z. Vacek, and S. Vacek. 2022. "Vliv Druhového Složení a Struktury Lesa Na Početnost Klíšťat a Vznik Mobilní Aplikace pro Veřejnost." *AGRObase* 10:42.
- Cukor, J., T. Václavík, K. Kybicová, R. Linda, and K. Mahlerová. 2021. *Distribuce Krevsajících Členovců v Lesních Ekosystémech Modifikovaných Globálními Změnami Klimatu*. Praha.
- Cumming, Graeme S., Detlef P. Van Vuuren, Graeme S. Cumming, and Percy Fitzpatrick. 2006. "Will Climate Change Affect Ectoparasite Species Ranges?" *Global Ecology and Biogeography* 15:486–97. doi: 10.1111/j.1466-822x.2006.00241.x.
- Daneš, L., and M. Pejčoch. 2003. *Přírodně Ohniskové Nákazy*. 1. Praha: Karolinum.
- Daniel, Milan, Jan Kolář, Petr Zeman, Karel Pavelka, and Jiří Sádlo. 1998. "Predictive Map of *Ixodes Ricinus* High- Incidence Habitats and a Tick-Borne Encephalitis Risk Assessment Using Satellite Data." *Experimental & Applied Acarology* 22:417–33. doi: 10.1023/a:1006030827216.
- Daniel, Milan, Marek Malý, Vlasta Danielová, K. Bohumír, and Patricia Nuttall. 2015. "Abiotic Predictors and Annual Seasonal Dynamics of *Ixodes Ricinus*, the Major Disease Vector of Central Europe." *Parasit Vectors* . 8(478):1–12. doi: 10.1186/s13071-015-1092-y.

- Daniel, Milan, Jan Materna, Václav Hönig, Ladislav Metelka, Vlasta Danielová, Josef Harčarik, Stanislava Kliegrová, and Libor Grubhoffer. 2009. “Vertical Distribution of the Tick *Ixodes Ricinus* and Tick-Borne Pathogens in the Northern Moravian Mountains Correlated with Climate Warming (Jeseníky MTS Czech Republic).” *Central European Journal of Public Health* 17(3):139–45. doi: 10.21101/cejph.a3550.
- Dantas-torres, F., Paolo Lia, Gioia Capelli, and Domenico Otranto. 2013. “Efficiency of Flaggging and Dragging for Tick Collection.” *Exp Appl Acarol* 61(1):119–27. doi: 10.1007/s10493-013-9671-0.
- Dautel, H., D. Kämmer, and O. Kahl. 2016. “How an Extreme Weather Spell in Winter Can Influence Vector Tick Abundance and Tick-Borne Disease Incidence.” *Ecology and Prevention of Lyme Borreliosis* 4:335–49. doi: 10.3920/978-90-8686-838-4.
- Dautel, H., and W. Knülle. 1997. “Cold Hardiness , Supercooling Ability and Causes of Low-Temperature Mortality in the Soft Tick , Argas Reflexus , and the Hard Tick , *Ixodes Ricinus* (Acari : Ixodoidea) from Central Europe.” *J. Insect Physiol.* 43(9):843–54.
- Despommier, Dickson, Brett R. Ellis, and Bruce A. Wilcox. 2007. “The Role of Ecotones in Emerging Infectious Diseases.” *EcoHealth* 3:281–89. doi: 10.1007/s10393-006-0063-3.
- Dobson, Andrew D. M. 2013. “Ticks in the Wrong Boxes : Assessing Error in Blanket-Drag Studies Due to Occasional Sampling.” *Parasites & Vectors* 6(1):344. doi: 10.1186/1756-3305-6-344.
- Duniewicz, M., J. Mertenovd, E. Moravcovd, H. Kulkovd, and S. Doutlik. 1972. “Mitteleuropfiische Zeckenzephalitis in Den Jahren 1969-1972 Im Kreis Mittelb6hmen.” 1–6.
- ECDC. 2023. “European Centre for Disease Prevention and Control.” Retrieved (<https://www.ecdc.europa.eu/en>).
- Egyed, L., P. Élo”, Z. Sréter-lancz, Z. Széll, Z. Balogh, and T. Sréter. 2012. “Seasonal Activity and Tick-Borne Pathogen Infection Rates of *Ixodes Ricinus* Ticks in Hungary.” 3:90–94. doi: 10.1016/j.ttbdis.2012.01.002.
- Ehrmann, Steffen, Jaan Liira, Stefanie Gärtner, Karin Hansen, Jörg Brunet, Sara A. O. Cousins, Marc Deconchat, Guillaume Decocq, Pieter De Frenne, Pallieter De Smedt, Martin Diekmann, Emilie Gallet Moron, Annette Kolb, Jonathan Lenoir, Jessica Lindgren, Tobias Naaf, Taavi Paal, Alicia Valdés, Kris Verheyen, Monika Wulf, and Michael Scherer Lorenzen. 2017. “Environmental Drivers of *Ixodes Ricinus* Abundance in Forest Fragments of Rural European Landscapes.” *BMC Ecology* 1–15. doi: 10.1186/s12898-017-0141-0.
- Estrada-Peña, A. 2003. “The Relationships between Habitat Topology, Critical Scales of Connectivity and Tick Abundance *Ixodes Ricinus* in a Heterogeneous Landscape in Northern Spain.” *Ecography* 26(5):661–71. doi: 10.1034/j.1600-0587.2003.03530.x.

- Estrada-Peña, A. 2005. "Effects of Habitat Suitability and Landscape Patterns on Tick (Acarina) Metapopulation Processes." *Landscape Ecology* 20(5):529–41. doi: 10.1007/s10980-004-3318-9.
- Estrada-Peña, A., D. Carreón, C. Almazán, and J. Fuente. 2014. "Modeling the Impact of Climate and Landscape on the Efficacy of White Tailed Deer Vaccination for Cattle Tick Control in Northeastern Mexico." 9(7):1–8. doi: 10.1371/journal.pone.0102905.
- Estrada-Peña, A., A. D. Mihalca, and T. N. Petney. 2017a. *Ticks of Europe and North Africa*. 1st ed. edited by Biomedical and Life Sciences. Springer International Publishing.
- Estrada-Peña, A., A. D. Mihalca, and T. N. Petney. 2017b. *Ticks of Europe and North Africa A Guide to Species Identification*. 1. Springer International Publishing.
- Estrada-Peña, A., M. D. Salman, and J. Tarrés-Call. 2013. *Ticks and Tick-Borne Diseases Geographical Distribution and Control Strategies in the Euro-Asia Region*. Wallingford: Wallingford, Oxfordshire, UK : CAB International.
- Estrada-Peña, A., J. M. Venzal, and C. Sánchez Acedo. 2006. "The Tick *Ixodes Ricinus*: Distribution and Climate Preferences in the Western Palaearctic." *Medical and Veterinary Entomology* 20(2):189–97. doi: 10.1111/j.1365-2915.2006.00622.x.
- Estrada-Peña, Agustin. 2001. "Distribution, Abundance, and Habitat Preferences of *Ixodes Ricinus* (Acari: Ixodidae) in Northern Spain." *Journal of Medical Entomology* 38(3):361–70. doi: 10.1603/0022-2585-38.3.361.
- Ferrell, A. Michelle, and R. Jory Brinkerhoff. 2018. "Using Landscape Analysis to Test Hypotheses about Drivers of Tick Abundance and Infection Prevalence with *Borrelia Burgdorferi*." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15(4):18–20. doi: 10.3390/ijerph15040737.
- Gassner, Fedor, Arnold J. H. Van Vliet, Saskia L. G. E. Burgers, Frans Jacobs, Patrick Verbaarschot, Emiel K. E. Hovius, Sara Mulder, Niels O. Verhulst, Leo S. Van Overbeek, and Willem Takken. 2011. "Geographic and Temporal Variations in Population Dynamics of *Ixodes Ricinus* and Associated *Borrelia* Infections in the Netherlands." *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 11(5):523–32. doi: 10.1089/vbz.2010.0026.
- Gilbert, Lucy. 2010. "Altitudinal Patterns of Tick and Host Abundance: A Potential Role for Climate Change in Regulating Tick-Borne Diseases?" *Oecologia* 162(1):217–25. doi: 10.1007/s00442-009-1430-x.
- Glennon, and Potter. 1999. "Interior Dog Range Dog SUI." *Wildlife Soc Bull* (D):646–853.
- Gracia-quintas, Ignasi Torre Laura. 2015. "Are Recent Changes in the Terrestrial Small Mammal Communities Related to Land Use Change? A Test Using Pellet Analyses." *The Ecological Research* 30(5):813–19. doi: 10.1007/s11284-015-1279-x.

- Gray, J., H. Dautel, O. Kahl, and E. Lindgren. 2009. "Effects of Climate Change on Ticks and Tick-Borne Diseases in Europe." *Hindawi Publishing Corporation* 2009:12. doi: 10.1155/2009/593232.
- Gray, J., O. Kahl, J. N. Robertson, M. Daniel, G. Gettinby, T. G. T. Jaenson, P. Jensen, and E. Korenberg. 1998. "Lyme Borreliosis Habitat Assessment." *Zentralblatt Fur Balderioloaie* 287:211–28. doi: 10.1016/S0934-8840(98)80123-0.
- Gray, J. S. 1998. "Review The Ecology of Ticks Transmitting Lyme Borreliosis." *Experimental & Applied Acarology* 22:249–58. doi: 10.1023/A:1006070416135.
- Gray, J. S., and L. M. Weiss. 2008. *Emerging Protozoan Pathogens*. edited by Khan N.A. Abingdon, UK: Emerging Protozoan pathogens.
- Guglielmone, Alberto A., Richard G. Robbins, Dmitry A. Apanaskevich, Trevor N. Petney, Agustín Estrada-peña, Ivan G. Horak, Renfu Shao, and Stephen C. Barker. 2010. "Zootaxa, The Argasidae, Ixodidae and Nuttalliellidae (Acari: Ixodida) of the World:..." *ZOOTAXA* 28:1–28. doi: 10.11646/zootaxa.2528.1.1.
- Hague, The, and Lennart Hansson. 1994. "Vertebrate Distributions Relative to Clear-Cut Edges in a Boreal Forest Landscape." 9(2):105–15.
- Halos, Le'naïg, Se'verine Bord, Violaine Cotte, Patrick Gasqui, David Abrial, Jacques Barnouin, Henri-jean Boulouis, Muriel Vayssier-taussat, and Gwenae'l Vourc'h. 2010. "Ecological Factors Characterizing the Prevalence of Bacterial Tick-Borne Pathogens in Ixodes Ricinus Ticks in Pastures and Woodlands." *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY* 76(13):4413–20. doi: 10.1128/AEM.00610-10.
- Hancock, Penelope A., Robert Brackley, and Stephen C. F. Palmer. 2011. "Modelling the Effect of Temperature Variation on the Seasonal Dynamics of Ixodes Ricinus Tick Populations." *International Journal for Parasitology* 41(5):513–22. doi: 10.1016/j.ijpara.2010.12.012.
- Hawison, A. J. M., J. P. Vincent, and D. Reby. 1998. "Social Organisation of European Roe Deer." *Scandinavian University Press* 189–219.
- Holub, Petr, Ivan Tůma, Jaroslav Záhora, and Karel Fiala. 2012. "Different Nutrient Use Strategies of Expansive Grasses Calamagrostis Epigejos and Arrhenatherum Elatius." *Biologia* 67(4):673–80. doi: 10.2478/s11756-012-0050-9.
- Hoogstraal, Harry, Hilda Y. Wassef, Frederick J. Santana, and Robert E. Kuntz. 1986. "DERMACENTOR (INDOCENTOR) TAIWANENSIS (ACARI : IXODOIDEA : IXODIDAE) : HOSTS AND DISTRIBUTION (1935), a Distinctive Member of the Oriental Sub- Adult Data from Taiwan The Only Host of Adults Recorded from Taiwan." *J. Med. Entomol.* 23(3):286–88.
- Horák, Petr, and Petr Volf. 2007. *Paraziti a Jejich Biologie.Pdf*. 1. vydání. Triton.

- Hornok, Sándor, Dávid Kovács, Tibor Csörg, Marina L. Meli, Enik Gönczi, Zsófia Hadnagy, Nóra Takács, Róbert Farkas, and Regina Hofmann-Lehmann. 2014. "Birds as Potential Reservoirs of Tick-Borne Pathogens: First Evidence of Bacteraemia with *Rickettsia Helvetica*." *Parasites and Vectors* 7(1):1–7. doi: 10.1186/1756-3305-7-128.
- Hubálek, Zdeněk, and Ivo Rudolf. 2014. *Mikrobiální Zoonózy a Sapronózy*. 3., doplně. Brno: Masarykova univerzita.
- Jaenson, T. G. T., L. Eisen, P. Comstedt, H. A. Majlon, E. Lindgren, S. Bergstro, and B. Olsen. 2009. "Risk Indicators for the Tick *Ixodes Ricinus* and *Borrelia Burgdorferi* Sensu Lato in Sweden." *Med Vet Entomol.* 23(3):226–37. doi: 10.1111/j.1365-2915.2009.00813.x.
- Jaenson, Thomas G. T., Lars Talleklint, Lars Lundqvist, Bjorn Olsen, J. A. N. Chirico, and Hans Mejlun. 1994. "Geographical Distribution, Host Associations, and Vector Roles of Ticks (Acari : Ixodidae , Argasidae) in Sweden." *J Med Entomol .* 31(2):240–56. doi: 10.1093/jmedent/31.2.240.
- Jepsen, J. U., and C. J. Topping. 2004. "Modelling Roe Deer (*Capreolus Capreolus*) in a Gradient of Forest Fragmentation: Behavioural Plasticity and Choice of Cover." *Canadian Journal of Zoology* 82(9):1528–41. doi: 10.1139/Z04-131.
- Jírovec, Otto. 1977. *Parasitologie pro Lékaře*. Avicentrum.
- Jones, Bryony A., Delia Grace, Richard Kock, Silvia Alonso, Jonathan Rushton, and Mohammed Y. Said. 2013. "Zoonosis Emergence Linked to Agricultural Intensification and Environmental Change." *PNAS* 110(21):8399–8404. doi: 10.1073/pnas.1208059110.
- Jongejan, F., and G. Uilenberg. 2004. "The Global Importance of Ticks." *Department of Parasitology and Tropical Veterinary Medicine* 129:3–14. doi: 10.1017/S0031182004005967.
- Kałużyński, Jan. 1974. "The Occurrence and Distribution of Field Ecotype of Roe-Deer in Poland." *BIAŁOWIEŻA* 19:291–300.
- Kantsø, Bjørn, Claus Bo, Per Moestrup, Jean Vennestrøm, and Karen A. Krogfelt. 2010. "Seasonal and Habitat Variation in the Prevalence of *Rickettsia Helvetica* in *Ixodes Ricinus* Ticks from Denmark." *Ticks and Tick-Borne Diseases* 1:101–3. doi: 10.1016/j.ttbdis.2010.01.004.
- Korenberg, Edward I. 2000. "Seasonal Population Dynamics of *Ixodes* Ticks and Tick-Borne Encephalitis Virus." *Experimental and Applied Acarology* 24:665–81. doi: 10.1023/a:1010798518261.
- Kříž, B., M. Daniel, C. Beneš, and M. Malý. 2014. "The Role of Game (Wild Boar and Roe Deer) in the Spread of Tick-Borne Encephalitis in the Czech Republic." 14(11):801–7. doi: 10.1089/vbz.2013.1569.
- Kříž, B., I. Kott, M. Daniel, T. Vráblík, and Beneš. 2015. "Vliv Klimatických Změn Na Výskyt Onemocnění Klíšťovou Encefalitidou v Letech 1982-2011 v České Republice." *Epidemiologie, Mikrobiologie, Imunologie* 64(1):24–32.

- Kronthaler, Franz, and Silke Zöllner. 2020. *Data Analysis with R Studio: An Easygoing Introduction*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kurt, I., N. Robert, I. James D Wickham, and J. K Bruce. 1996. "A Note on Contagion Indices for Landscape Analysis." *Landscape Ecology* 11(4):197–202.
- Lambin, Eric F., Annelise Tran, Sophie O. Vanwambeke, Catherine Linard, and Valérie Soti. 2010. "Pathogenic Landscapes : Interactions between Land , People , Disease Vectors , and Their Animal Hosts." *International Journal of Health Geographic* 9(54):1–13. doi: 10.1186/1476-072X-9-54.
- Langrová, Iva. 2007. *Zoologie.Pdf*. 10.vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Less, A. D., and J. W. L. Beament. 1948. "An Egg-Waxing Organ in Ticks." *Quart. J. Microscop, Sci.* 89(3):291–332.
- Lihou, Katie, Hannah Rose Vineer, and Richard Wall. 2020. "Distribution and Prevalence of Ticks and Tick-Borne Disease on Sheep and Cattle Farms in Great Britain." *Parasites and Vectors* 13(1):1–10. doi: 10.1186/s13071-020-04287-9.
- Lukan, Martin, Eva Bullova, and Branislav Petko. 2010. "Climate Warming and Tick-Borne Encephalitis, Slovakia." *Emerging Infectious Diseases* 16(3):524–27.
- Mačička, O. 1955. "O Výškovom Rozvrstvení Kliešť'a Obyčajného (Ixodes Ricinus L., 1758) vo Vysokých Tatrách." *Zoologické a Entomologické Listy* 4:384–88.
- Malík, V., and P. Karnet. 2009. "LETOROSTY A KŮRA LESNÍCH DŘEVIN JAKO ALTERNATIVNÍ ZDROJ POTRAVY PRO SPÁRKATOU ZVĚŘ ANNUAL SHOOTS AND TREE BARK AS ALTERNATIVE SOURCE OF FEEDING FOR CLOVEN HOOVED GAME." *ČZU ŠLP Kostelec Nad Černými Lesy*.
- Mannelli, Alessandro, Luigi Bertolotti, Lise Gern, and Jeremy Gray. 2011. "Molecular Processes and Effects of Climate Change." 1–25. doi: 10.1111/j.1574-6976.2011.00312.x.
- Mannelli, Alessandro, Domenico Cerri, Laura Buffrini, Sabrina Rossi, Sergio Rosati, Tiziana Arata, Marco Innocenti, Maria Clara Grignolo, Gerolamo Bianchi, Albertina Iori, and Francesco Tolari. 1999. "Low Risk of Lyme Borreliosis in a Protected Area on the Tyrrhenian Coast, in Central Italy." *European Journal of Epidemiology* 15(4):371–77.
- Marino, Paul C., Douglas A. Landis, Source Ecological Applications, and No Feb. 2012. "Effect of Landscape Structure on Parasitoid Diversity and Parasitism in Agroecosystems Reviewed Work (s): EFFECT OF LANDSCAPE STRUCTURE ON PARASITOID DIVERSITY AND PARASITISM IN AGROECOSYSTEMS '." *Ecological Society of America* 6(1):276–84.
- Martello, Elisa, Alessandro Mannelli, Charlotte Ragagli, Cecilia Ambrogi, Marco Selmi, Leonardo A. Ceballos, and Laura Tomassone. 2014. "Range Expansion of Ixodes Ricinus to Higher Altitude, and Co-Infestation of Small Rodents with Dermacentor Marginatus in the Northern Apennines, Italy." *Ticks and Tick-Borne Diseases* 5(6):970–74. doi: 10.1016/j.ttbdis.2014.07.021.

- Materna, Jan. 2012. “Výškové Rozšíření Klíštěte Obecného (*Ixodes Ricinus*) v Krkonoších =Altitudinal Distribution of the Common Tick *Ixodes Ricinus* in the Krkonoše Mts (Czech Republic).” *Opera Corcontica* 49:55–71.
- Matuschka, Franz-rainer, Peter Fischer, Mirjam Heiler, Dania Richter, and Andrew Spielman. 1992. “Capacity of European Animals as Reservoir Hosts for the Lyme Disease Spirochete.” *Department OfTropical Public Health*, 165:479–83. doi: 10.1093/infdis/165.3.479.
- McGarigal, L., and BJ Marks. 2012. *FRAGSTATS Manual: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure PNW-GTR-351*. Portland: U.S. Department of Agriculture.
- Medlock, Jolyon M., Kayleigh M. Hansford, Antra Bormane, Marketa Derdakova, Agustín Estrada-peña, Jean-claude George, Irina Golovljova, Thomas G. T. Jaenson, Jens-kjeld Jensen, Per M. Jensen, Maria Kazimirova, José A. Oteo, Anna Papa, Kurt Pfister, Olivier Plantard, and Sarah E. Randolph. 2013. “Driving Forces for Changes in Geographical Distribution of *Ixodes Ricinus* Ticks in Europe.” 1–11.
- Medlock, Jolyon M., Kayleigh M. Hansford, Alexander G. C. Vaux, Ben Cull, Emma Gillingham, and Steve Leach. 2018. “Assessment of the Public Health Threats Posed by Vector-Borne Disease in the United Kingdom (UK).” *Environemental Research and Public Health* 15(10):3–22. doi: 10.3390/ijerph15102145.
- Metereológicas, Estaciones, David Carrera-villacrés, David Alejandro Morales, and David Morales. 2022. “David Vinicio Carrera Villacrés.”
- Michel, Nadia, Françoise Burel, and Alain Butet. 2006. “How Does Landscape Use Influence Small Mammal Diversity, Abundance and Biomass in Hedgerow Networks of Farming Landscapes?” *Acta Oecologica* 30(1):11–20. doi: 10.1016/j.actao.2005.12.006.
- Needham, Glen R., and Pete D. Teel. 1991. “OFF-HOST PHYSIOLOGICAL.” *Annu. Rev. Entomol.* 36:659–81. doi: 10.1146/annurev.en.36.010191.003303.
- Ogden, N. H., M. Bigras-poulin, C. J. O. Callaghan, I. K. Barker, and L. R. Lindsay. 2005. “A Dynamic Population Model to Investigate Effects of Climate on Geographic Range and Seasonality of the Tick *Ixodes Scapularis*.” *International Journal for Parasitology* 35:375–89. doi: 10.1016/j.ijpara.2004.12.013.
- Ogden, N. H., A. N. J. Casey, N. P. French, K. J. Bown, J. D. W. Adams, and Z. Woldehiwet. 2002. “Natural Ehrlichia Phagocytophila Transmission Coefficients from Sheep ‘ Carriers ’ to *Ixodes Ricinus* Ticks Vary with the Numbers of Feeding Ticks.” *Department of Veterinary Preclinical Science* 127–36. doi: 10.1017/s003118200100107x.
- Oliver, James H. 1989. “Biology and Systematics of Ticks (Acari:Ixodida).” *Annu. Rev. Ecol. Syst* 20(7):397–430. doi: 10.1146/annurev.es.20.110189.002145.
- Olsén, B., T. G. Jeanson, and S. Bergström. 1995. “Prevalence of *Borrelia Burgdorferi* Sensu Lato-Infected Ticks on Migrating Birds.” *Appl Environ Microbiol* 61(8):3082–87. doi: 10.1128/aem.61.8.3082-3087.1995.

- Omeragić, Jasmin, Sabina Šerić – Haračić, Darinka Klarić Soldo, Naida Kapo, Nihad Fejzić, Vedad Škapur, and Jolyon Medlock. 2022. “Distribution of Ticks in Bosnia and Herzegovina.” *Ticks and Tick-Borne Diseases* 13(1). doi: 10.1016/j.ttbdis.2021.101870.
- Perez, Grégoire, Suzanne Bastian, Albert Agoulon, Agnès Bouju, Axelle Durand, Frédéric Faille, Isabelle Lebert, Yann Rantier, Olivier Plantard, and Alain Butet. 2016. “Effect of Landscape Features on the Relationship between Ixodes Ricinus Ticks and Their Small Mammal Hosts.” *Parasites & Vectors* 1–18. doi: 10.1186/s13071-016-1296-9.
- Perret, Author Jean-luc, Olivier Rais, Lise Gern, Jean-luc Perret, and Olivier Rais. 2004. “Influence of Climate on the Proportion of Ixodes Ricinus Nymphs and Adults Questing in a Tick Population Influence of Climate on the Proportion of Ixodes Ricinus Nymphs.” *Journal of Medical Entomology* 41(3):361–65. doi: 10.1603/0022-2585-41.3.361.
- Pet’ko, B., E. Bullová, and M. Lukáš. 2011. “Changes in the Distribution of Ixodes Ricinus Tick in Slovakia in the Past Three Decades and the Assessment of Its Causes.” *Institute of Parasitology of the Slovak Academy of Sciences* 12–13.
- Pfäffle, Miriam, Nina Littwin, Senta V Muders, and Trevor N. Petney. 2013. “The Ecology of Tick-Borne Diseases.” *INTERNATIONAL JOURNAL FOR PARASITOLOGY* 43(13):12–14. doi: 10.1016/j.ijpara.2013.06.009.
- Pielowski, Z. 1970. *Sarna: Monografia Przyrodniczo-Łowiecka*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- Porretta, Daniele, Valentina Mastrantonio, Sara Amendolia, Stefano Gaiarsa, Sara Epis, Claudio Genchi, Claudio Bandi, Domenico Otranto, and Sandra Urbanelli. 2013. “Effects of Global Changes on the Climatic Niche of the Tick Ixodes Ricinus Inferred by Species Distribution Modelling.” *Parasites and Vectors* 6(1):2–9. doi: 10.1186/1756-3305-6-271.
- Prusinski, Melissa A., Haiyan Chen, Jason M. Drobnack, Sarah J. Kogut, Robert G. Means, John J. Howard, Joanne Oliver, Gary Lukacik, P. Bryon Backenson, and Dennis J. White. 2006. “Habitat Structure Associated with Borrelia Burgdorferi Prevalence in Small Mammals in New York State Habitat Structure Associated with Borrelia Burgdorferi Prevalence in Small Mammals in New York State.” *Environ. Entomol.* 35(2):308–19. doi: 10.1603/0046-225X-35.2.308.
- Qviller, Lars, Lise Grøva, Hildegunn Viljugrein, Ingeborg Klingen, and Atle Mysterud. 2014. “Temporal Pattern of Questing Tick Ixodes Ricinus Density at Differing Elevations in the Coastal Region of Western Norway.” *Parasites & Vectors* 7(179):1–12.
- Raghavan, R. K., D. G. Goodin, M. W. Dryden, A. Hroobi, D. M. Gordon, Chuanmin Cheng, Arathy D. Nair, Laxmi U. M. R. Jakkula, Gregg A. Hanzlicek, Gary A. Anderson, and Roman R. Ganta. 2016. “Heterogeneous Associations of Ecological Attributes with Tick-Borne Rickettsial Pathogens in a Periurban Landscape.” *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 16(9):569–76. doi: 10.1089/vbz.2016.1975.

- Randolph, S. E. 1998. "Ticks Are Not Insects : Consequences of Contrasting Vector Biology for Transmission Potential." *Parasitol* 14(5). doi: 10.1016/s0169-4758(98)01224-1.
- Randolph, S E. 2004. "Tick Ecology : Processes and Patterns behind the Epidemiological Risk Posed by Ixodid Ticks as Vectors." *Department of Zoology* 129:37–65. doi: 10.1017/S0031182004004925.
- Randolph, S. E., R. M. Green, A. N. Hoodless, and M. F. Peacey. 2002. "An Empirical Quantitative Framework for the Seasonal Population Dynamics of the Tick *Ixodes Ricinus*." 32:979–89.
- Randolph, S. E., R. M. Green, M. F. Peacey, and D. J. Rogers. 2000. "Seasonal Synchrony : The Key to Tick-Borne Encephalitis Foci Identified by Satellite Data." *Parasitology* 121:15–23. doi: 10.1017/s0031182099006083.
- Randolph, Sarah E. 2004. "Evidence That Climate Change Has Caused 'emergence' of Tick-Borne Diseases in Europe?" *International Journal of Medical Microbiology Supplemets* 293(37):5–15. doi: 10.1016/S1433-1128(04)80004-4.
- Randolph, Sarah E., and Katie Storey. 1999. "Impact of Microclimate on Immature Tick-Rodent Host Interactions (Acari : Ixodidae): Implications for Parasite Transmission." *Department of Zoology* 36(6):741–48. doi: 10.1093/jmedent/36.6.741.
- Randolph, E. 2001. "The Shifting Landscape of Tick-Borne Zoonoses: Tick-Borne Encephalitis and Lyme Borreliosis in Europe." *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 356(1411):1045–56. doi: 10.1146/annurev.ento.48.091801.112728.
- Ricotta, Carlo, Piermaria Corona, and Marco Marchetti. 2003. "Beware of Contagion!" *Landscape and Urban Planning* 62(3):173–77. doi: 10.1016/S0169-2046(02)00146-9.
- Rosendale, Andrew J., Megan E. Dunlevy, Alicia M. Fieler, David W. Farrow, Benjamin Davies, and Joshua B. Benoit. 2017. "Dehydration and Starvation Yield Energetic Consequences That Affect Survival of the American Dog Tick." *Journal of Insect Physiology* 101(January):39–46. doi: 10.1016/j.jinsphys.2017.06.012.
- Rosický, Bohumír, and Jaroslav Weiser. 1952. *Škůdci Lidského Zdraví. Přírodovědecké nakladatelství.*
- Růžek, D. 2015. *Klíšťová Encefalitida*. 1. Grada Publishing a.s.
- Schabereiter-gurtner, Claudia, Werner Lubitz, and Sabine Ro. 2003. "Application of Broad-Range 16S rRNA PCR Amplification and DGGE Fingerprinting for Detection of Tick-Infecting Bacteria." *Journal of Microbiological Methods* 52:251–60. doi: 10.1016/s0167-7012(02)00186-0.
- Schichor, Bc Marcel. 2019. "Vliv Krajinných Parametrů Na Riziko Výskytu Klíšťat a Jimi Přenášených Chorob." Univerzita palackého v Olomouci.

- Schulz, M., M. Mahling, and K. Pfister. 2014. "Abundance and Seasonal Activity of Questing *Ixodes Ricinus* Ticks in Their Natural Habitats in Southern Germany in 2011." *J Vector Ecol.* 39(1):56–65. doi: 10.1111/j.1948-7134.2014.12070.x.
- Sedlák, Eduard. 2002. *Zoologie Bezobratlých. 2.*, přepra. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- Široký, Pavel, Michaela Kubelová, Marek Bednář, David Modrý, Zdeněk Hubálek, and Emil Tkadlec. 2011. "The Distribution and Spreading Pattern of *Dermacentor Reticulatus* over Its Threshold Area in the Czech Republic-How Much Is Range of This Vector Expanding?" *Veterinary Parasitology* 183(1–2):130–35. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.07.006.
- Slovák, Miro. 2014. "OBRÁZKOVÝ KLÍČ LARIEV A NÝMF KLIEŠŤOV (ACARI : IXODIDA)." *Entomofauna Carpathica* 26(1):12–18.
- Sonenshine, Daniel E., and R. Michael Roe. 2013. *Biology of Ticks Volume 1*. Oxford University Press USA.
- Soumarová, M. 2012. "Aktuální Problematika Zoonóz v ČR a Rizika s Nimi Související. (Current Problems of Zoonoses in the Czech Republic and the Risks Associated with Them.)."
- Stańczak, Joanna, Beata Biernat, Maria Racewicz, Marta Zalewska, and Anna Matyjasek. 2017. "Diseases Prevalence of *Dermacentor Reticulatus* and *Ixodes Ricinus* Ticks (Acari : Ixodidae) in North-Eastern Poland." *Ticks and Tick-Borne Diseases* 9(December):0–1. doi: 10.1016/j.ttbdis.2017.12.010.
- Stanko, M., M. Derdáková, E. Špitalská, and M. Kazimírová. 2022. "Ticks and Their Epidemiological Role in Slovakia: From the Past till Present." *Biologia* 77:1575–1610.
- Süss, Jochen. 2003. "Epidemiology and Ecology of TBE Relevant to the Production of Effective Vaccines." *Federal Institute for Risk Assessment* 21:19_35. doi: 10.1016/S0264-410X(02)00812-5.
- Széll, Z., Z. Sréter-Lancz, K. Márialigeti, and T. Sréter. 2006. "Temporal Distribution of *Ixodes Ricinus*, *Dermacentor Reticulatus* and *Haemaphysalis Concinna* in Hungary." *Veterinary Parasitology* 141(3–4):377–79. doi: 10.1016/j.vetpar.2006.06.008.
- Tack, Wesley, Maxime Madder, Lander Baeten, Margot Vanhellemont, Robert Gruwez, and Kris Verheyen. 2012. "Forest Ecology and Management Local Habitat and Landscape Affect *Ixodes Ricinus* Tick Abundances in Forests on Poor , Sandy Soils." *Forest Ecology and Management* 265:30–36. doi: 10.1016/j.foreco.2011.10.028.
- Takken, W. 2023. "Phenology of *Ixodes Ricinus* and Lyme Borreliosis Risk." *Laboratory of Entomology* 4:149–57. doi: 10.3920/978-90-8686-838-4.

- Talbot, Benoit, Andreea Slatculescu, Charles R. Thickett, Jules K. Koffi, Patrick A. Leighton, Roman McKay, and Manisha A. Kulkarni. 2019. "Landscape Determinants of Density of Blacklegged Ticks, Vectors of Lyme Disease, at the Northern Edge of Their Distribution in Canada." *Scientific Reports* 9(1):1–12. doi: 10.1038/s41598-019-50858-x.
- Tälleklint, Lars, and Thomas G. T. Jaenson. 1998. "Increasing Geographical Distribution and Density of *Ixodes Ricinus* (Acari: Ixodidae) in Central and Northern Sweden." *Journal of Medical Entomology* 35(4):521–26. doi: 10.1093/jmedent/35.4.521.
- Tkadlec, E., T. Václavík, M. Kubelová, and P. Široký. 2018. "Negative Spatial Covariation in Abundance of Two European Ticks: Diverging Niche Preferences or Biotic Interaction?" *Ecological Entomology* 43(6):804–12. doi: 10.1111/een.12668.
- Tolze. 1933. "Beiträge Zur Sinnesphysiologie Der Zecken." *Z. Vergl. Physiol.* 19:110–61.
- Toman, Miroslav. 2009. *Veterinární Imunologie - 2., Doplněné a Aktualizované Vydání*. 2. Praha: Grada Publishing a.s.
- Turner, Monica Goigel. 1989. "LANDSCAPE ECOLOGY : The Effect of Pattern on Process 1." *Annu_Rev_Ecol. Syst* 20:171–97. doi: 10.1007/bf02071810.
- Vacek, Zdeněk, Jan Cukor, Stanislav Vacek, Tomáš Václavík, Kateřina Kybicová, Jan Bartoška, Karolina Mahlerová, and Santiago Montoya Molina. 2023. "Effect of Forest Structures and Tree Species Composition on Common Tick (*Ixodes Ricinus*) Abundance—Case Study from Czechia." *Forest Ecology and Management* 529. doi: 10.1016/j.foreco.2022.120676.
- Václavík, Tomáš, Alena Balážová, Vojtech Baláž, Emil Tkadlec, Marcel Schichor, Kristína Zechmeisterová, Jaroslav Ondruš, and Pavel Široký. 2020. "Landscape Epidemiology of Neglected Tick-Borne Pathogens in Central Europe." (September):1–12. doi: 10.1111/tbed.13845.
- Wikel, Stephen K. 1999. "Tick Modulation of Host Immunity: An Important Factor in Pathogen Transmission." *International Journal for Parasitology* 29(6):851–59. doi: 10.1016/S0020-7519(99)00042-9.
- Žákovská, Alena. 2000. "Monitoring the Presence of *Borreliae* in *Ixodes Ricinus* Ticks in Brno Park Pisárky, Czech Republic." *Biologia* 55(6):661–66.
- Zintl, Annetta, Grace Mulcahy, Helen E. Skerrett, Stuart M. Taylor, and Jeremy S. Gray. 2003. "Babesia Divergens , a Bovine Blood Parasite of Veterinary and Zoonotic Importance." *American Society for Microbiology* 16(4):622–36. doi: 10.1128/CMR.16.4.622.