

## **Vliv správného managementu krajiny na aktivitu klíšťat a přítomnost klíšťaty přenášených patogenů**

**Autoři:**

RNDr. Jiří Černý, Ph.D.

Ing. Johana Hrnková

Výzkumná zpráva

## **Vliv správného managementu krajiny na aktivitu klíšťat a přítomnost klíšťaty přenášených patogenů**

vypracovaná v rámci řešení projektu

### **Šíření klíšťat a klíšťaty přenášených onemocnění: nová a opomíjená rizika pro domácí a hospodářská zvířata a člověka (QK1920258)**

zpracovaného za podpory programu ZEMĚ 3, Národní agentura pro zemědělský výzkum (NAZV), Ministerstvo zemědělství ČR



Autoři:

RNDr. Jiří Černý, Ph.D.

Ing. Johana Hrnková

Afiliace:

Centrum infekčních nemocí zvířat

Fakulta tropického zemědělství

Česká zemědělská univerzita Praha

Praha, 2022

## **Obsah:**

1. Úvod .....	5
2. O projektu Šíření klíšťat a klíšťaty přenášených onemocnění: nová a opomíjená rizika pro domácí a hospodářská zvířata a člověka (QK1920258) .....	14
3. Vliv extenzivní pastvy na aktivitu klíšťat .....	15
4. Farmově chovaná exotická zvířata v ČR jako potencionální hostitelé klíšťat a rezervoáry klíšťaty přenášených onemocnění .....	19
5. Shrnutí .....	23
6. Použitá literatura .....	24

## **Přehled tabulek:**

Tabulka 1: Přehled testovaných vzorků a pozitivních výsledků ..... 21

## **Přehled obrázků:**

Obrázek 1: Rozšíření nejvýznamnějších druhů klíšťat v Evropě ..... 6

Obrázek 2: Vývojová stádia klíštěte obecného ..... 7

Obrázek 3: Erythema migrans ..... 10

Obrázek 4: Možné strategie managementu rizik spojených s klíšťaty  
..... 13

Obrázek 5: Mapa monitorované lokality ..... 17

Obrázek 6: Rozdíl mezi počtem sebraných klíšťat na pasených a  
nepasených plochách ..... 18

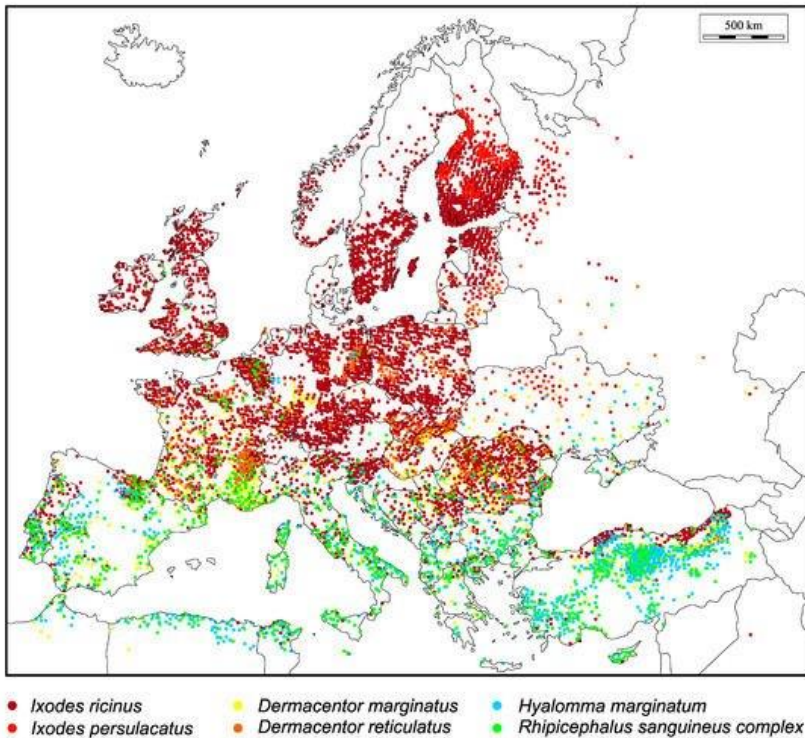
# 1. Úvod

## 1.1 Klíšťata a jejich rozšíření v Evropě a České republice

Klíšťata jsou krev sající parazitické členovci vyskytující se ve většině světových oblastí světa<sup>1</sup>. Do řádu klíšťatovití (Ixodida) řadíme čeledě klíšťata (Ixodidae), klíšťáci (Agrasidae) a Nuttalliellidae<sup>1</sup>. V Evropě i v České republice se ale vyskytují jen zástupci prvních dvou zmíněných čeledí<sup>2</sup>. Nejvíce rozšířeným druhem klíštěte v Evropě i v České republice je klíště obecné (*Ixodes ricinus*)<sup>2</sup>. Dalšími druhy klíšťat, se kterými je možné se v ČR setkat jsou piják lužní (*Dermacentor reticulatus*), klíšť lužní (*Haemaphysalis concinna*), klíště ježčí (*Ixodes hexagonus*) nebo klíště trojúhlé (*Ixodes trianguliceps*)<sup>3</sup>. Mezi další významné druhy klíšťat vyskytující se v Evropě ale ne v České republice (nebo jen ojediněle) patří klíšť obroubený (*Hyalomma marginatum*), piják hnědý (*Rhipicephalus sanguineus*), klíště sibiřské (*Ixodes persulcatus*), nebo piják stepní (*Dermacentor marginatus*)<sup>2,3</sup>. Rozšíření nejvýznamnějších druhů klíšťat v Evropě znázorňuje Obrázek 1.

Klíště obecné se v České republice vyskytuje téměř na celém území<sup>3</sup>. Jeho nejoblíbenějšími stanovišti jsou teplé a vlhké biotopy s vysokým, nesečeným travním porostem případně i křovinami<sup>4</sup>. Nachází se ale i na dalších místech. Limitujícími faktory výskytu klíštěte jsou především dostatečná relativní vlhkost a teplota spolu s přítomností vhodných hostitelů<sup>5</sup>. Klíště obecné bylo v České republice nalezeno i ve výškách kolem 900 až 1200 metrů nad mořem<sup>6</sup>, v Alpách i výše<sup>7</sup>. Bylo dokázáno, že s celkovým oteplením klimatu se výskyt klíštěte obecného posouvá do vyšších nadmořských výšek i zeměpisných šířek. V Norsku, Švédsku a Finsku byly dokonce v nedávné době popsány populace klíštěte obecného,

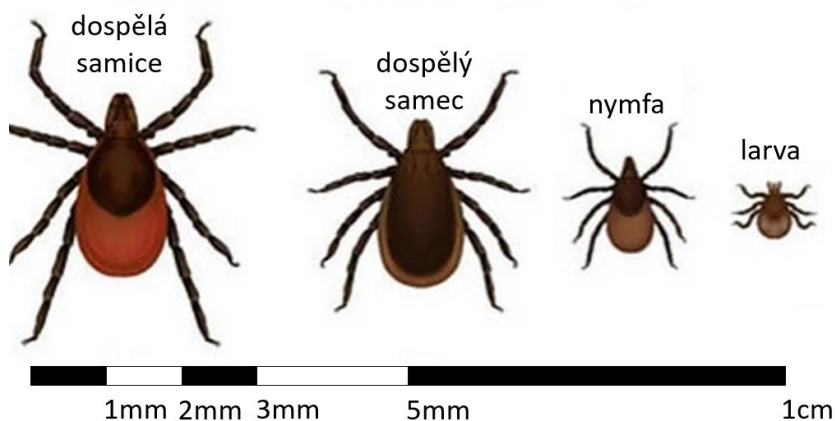
kteří přežívají nejen kolem polárního kruhu, ale i za ním (viz Obrázek 1)<sup>8</sup>.



**Obrázek 1: Rozšíření nejvýznamnějších druhů klíšťat v Evropě –** Různě druhy klíšťat jsou znázorněny různou barvou. Patrný je i přechod mezi různými druhy v rámci Středomoří a Zaalpské Evropy<sup>2</sup>.

Klíště obecně prochází během svého života čtyřmi vývojovými stádii – vajíčkem, larvou, nymfou a dospělcem<sup>1</sup>. U dospělců dále můžeme rozlišovat samce a samice. Larvy klíšťat jsou šestinohé (všechna ostatní vývojová stádia pak mají nohou osm) a velmi malé,

měří méně než jeden milimetr, a proto velmi často unikají lidské pozornosti. Nymfy jsou větší (nenasáté 1,4mm, nasáté i přes 3mm) a tmavě zbarvené. Dospělí samci měří cca 2,5mm a mají charakteristické černé zbarvení celého těla. Největším ze všech vývojových stádií jsou samice. Nenasáté dospělé samice měří cca 3,5mm. Přední třetina těla samic je kryta černým štítkem, zbytek těla je zbarven hnědočerveně. Nasáté samice ale mohou měřit až 1,5cm a jejich zbarvení se mění podle obsahu střev od světle hnědé až do tmavě šedé<sup>1</sup>. Pohlaví je u klíšťat sice určeno geneticky, ale u nedospělých vývojových stádií není morfologicky odlišitelné<sup>9</sup>. Vývojová stádia klíštěte obecného jsou znázorněna na Obrázku 2.



**Obrázek 2: Vývojová stádia klíštěte obecného** – Nasáté larvy, nymfy ani samice nejsou zobrazeny. Velikost nasátých larev zhruba odpovídá velikosti nenasáté nymfy. Velikost nasáté nymfy se pak rovná přibližně velikosti dospělého. Velikost nasáté samice může dosáhnout až 1,5cm.

Pro vývin do dalšího vývojového stádia (u samic pro produkci vajíček) se musí klíšťata vždy nasát na vhodném hostiteli. Vhodný

hostitel je charakterizován především svojí velikostí a obývaným habitatem. Raná vývojová stádia klíšťat (larvy, nymfy) se nejčastěji krmí na zástupcích drobných hlodavců jako je myšice lesní (*Apodemus flavicollis*), nebo hraboš polní (*Microtus arvalis*), ale i na zajících (*Lepus europaeus*), ježcích (*Erinaceus* spp.) a dalších drobnějších zvířatech včetně ještěrek, či hrabavých ptáků. Dospělci se nejčastěji krmí na zvířatech větších velikostí jako je srnec obecný (*Capreolus capreolus*), daněk evropský (*Dama dama*), ale i na šelmách jako jsou lišky (*Vulpes vulpes*), nebo vlci (*Canis lupus*). Člověk, nebo domácí zvířata jsou hostiteli náhodnými a ke kontaktu s klíšťaty dochází při aktivitách v přírodě na klíšťecích habitatech. Samotné sání pak probíhá na jediném hostiteli a trvá zhruba jeden týden. V průběhu této doby se může hmotnost klíšťat zvětšit až 200x<sup>1</sup>. Dospělí samci krev nesají, vyhledávají ale hostitele, protože na něm je vyšší pravděpodobnost kontaktu se samicemi než ve volném terénu. V laboratoři bylo pozorováno, že pokud je klíště v průběhu sání z hostitele odstraněno, může se opětovně přisát k novému hostiteli. Jak často k tomuto ale dochází ve volné přírodě není známo<sup>10</sup>.

## 1.2 Klíšťaty přenášená onemocnění

Krom problémů, která klíšťata způsobují svým hostitelům samotným sáním krve, mohou přenášet i celou řadu virových, bakteriálních nebo protozoálních patogenů. I přes to, že jen přibližně deset procent z téměř devíti set aktuálně známých druhů klíšťat působí jako přenašeči patogenů zvířat a lidí, představují klíšťaty přenášené nemoci celosvětově jeden z hlavních problémů lidské i veterinární medicíny<sup>11</sup>. V případě klíštěte obecného bylo prokázáno, že přenáší například různé typy viru klíšťové encefalitidy a virus vrtivky, bakterie rodu *Borrelia*, *Anaplasma*, *Ehrlichia*, *Rickettsia*, *Bartonella*, *Candidatus*, *Neoehrlichia*, *Coxiella*, či *Francisella* nebo protozoální



parazity rodu *Babesia* a *Theileria*<sup>12</sup>. V České republice je klíště obecné hlavním přenašečem spirochét Lymeské boreliózy (bakterie ze skupiny *Borrelia burgdorferi* sensu lato) a viru klíšťové encefalidity<sup>2</sup>.

### 1.2.1 Lymeská borelióza

Lymeská borelióza je infekce způsobná spirochétami komplexu *Borrelia burgdorferi* sensu lato. Nyní se používá rodové jméno *Borrelia*, pro zachování srozumitelnosti ale budeme v této práci používat starší, ale více zažitě pojmenování<sup>13</sup>. Komplex *Borrelia burgdorferi* sensu lato zahrnuje zhruba 20 různých druhů bakterií, z nichž pět je prokazatelně patogenních pro člověka<sup>13–15</sup>. Jsou to druhy *Borrelia burgdorferi* sensu stricto<sup>16</sup>, *Borrelia afzelii*<sup>17</sup>, *Borrelia garinii*<sup>18</sup>, *Borrelia bavariensis*<sup>19</sup> a *Borrelia spielmanii*<sup>20</sup>.

Zdrojem nákazy jsou, jak již bylo řečeno, infikovaná klíšťata. Možný přenos za využití jiných přenašečů (např. komárů nebo blech) je ve vědecké literatuře široce diskutován, zatím ale není prokázán<sup>21–23</sup>. Podíl klíšťat nakažených spirochétami Lymeské boreliózy může být ale velmi vysoký. Na některých místech v České republice je dokonce až v desítkách procent<sup>24</sup>.

Infekce spirochétami Lymeské boreliózy může u lidí způsobit multisystémové příznaky postihující kůži, klouby, srdce, nervový systém, endokrinní žlázy, gastrointestinální trakt a vnitřní orgány<sup>25,26</sup>. Znakem infekce může být v místě kousnutí tzv. erythema migrans, která má často podobu zarudlých kruhů (viz Obrázek 3), vyskytuje se ale jen u cca 60% infikovaných<sup>25,26</sup>. Lymeská borelióza je považována za jedno z nejrozšířenějších onemocnění přenášených klíšťaty v Evropě, severní Asii a severní Americe<sup>27</sup>. V současné době neexistuje žádná vakcína pro využití v lidské medicíně, která by chránila před Lymeskou boreliózou<sup>25,26</sup>. Léčba antibiotiky v časných fázích infekce je většinou úspěšná, v pozdějších ale komplikovaná a dlouhodobá. Důležitá je

proto prevence a včasné odstranění klíštěte, protože efektivita přenosu onemocnění z klíštěte na jeho hostitele v prvních cca 36 hodinách po nasátí je velmi malá<sup>26</sup>.



**Obrázek 3: Erythema migrans** – Typické zarudnutí ukazující na infekci spirochétami Lymské boreliózy.

Příznaky infekce spirochétami *Borrelia* u zvířat se velmi liší a to především v závislosti na druhu<sup>28</sup>. U některých zvířat probíhá infekce zcela bezpříznakově. Jiná mají příznaky podobné lidským (např. otoky kloubů nebo neurologické a kardiologické potíže)<sup>28</sup>. I u zvířat migrují spirochéty po infekci do různých tkání a orgánů. Některé z těchto orgánů se u masných zvířat využívají i v potravinářském průmyslu a

mohou být konzumována lidmi. Možný přenos spirochét Lymské boreliózy alimentární cestou ale nebyl doposud blíže studován<sup>29</sup>.

### 1.2.2 Klíšťová encefalitida

Klíšťová encefalitida je onemocnění vyvolané virem klíšťové meningoencefalitidy, který patří do rodu Flavivirus<sup>30</sup>. Jedná se o malý neobalený virus, jehož genom je tvořen jednou jednovláknovou RNA molekulou pozitivní polarity. Klíšťová encefalitida může probíhat pod jako meningitida, meningoencefalitida nebo v nejzávažnějších případech až jako encefalomyelitida. Průběh je variabilní – od abortivních forem s minimálními příznaky až po typicky dvoufázový průběh s postižením centrální nervové soustavy. Základem klinického obrazu jsou horečnaté, bolesti hlavy a neurologické příznaky<sup>31</sup>. Specifická antivirová terapie neexistuje, léčba je pouze symptomatická<sup>30</sup>. Úmrtnost na klíšťovou encefalitidu v České republice je nízká, ale poměrně časté jsou trvalé neurologické následky<sup>30</sup>. Proti klíšťové encefalitidě existuje účinné očkování<sup>30</sup>.

Klíšťová encefalitida se přenáší jak po kousnutí nakaženým klíšťem (v tomto případě dochází k přenosu velmi rychle v již řádu minut po přisátí klíšťete), tak i alimentární cestou<sup>30,32</sup>. Virus se totiž může objevit v nepasterovaném mléce některých nakažených zvířat. Konzumací takto kontaminovaného mléka se pak může virus přenést i na lidi<sup>32</sup>.

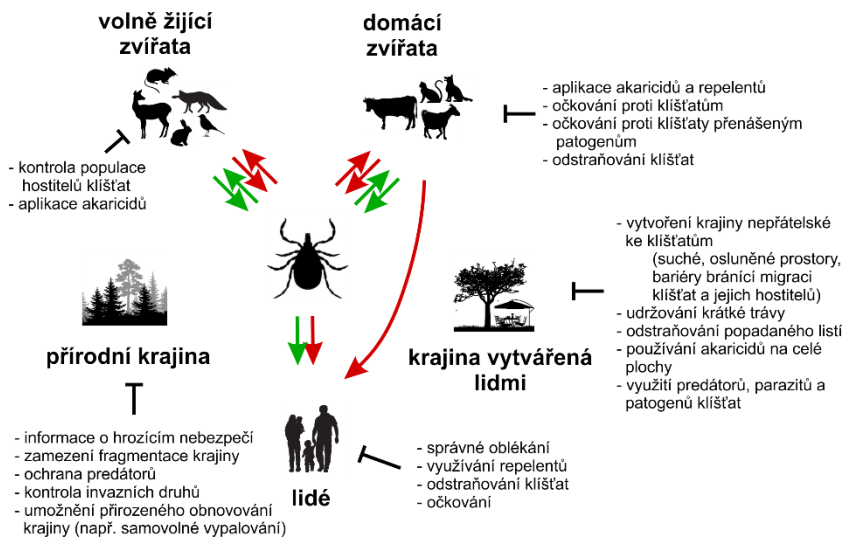
Množství klíšťat nakažených virem klíšťové encefalitidy je obvykle malé. Pohybuje se v řádu desetin nebo nižších jednotek procent. Jedná se ale o onemocnění lokalizované v přírodních ohniscích, což znamená, že podíl nakažených klíšťat se výrazně liší v závislosti na lokalitě<sup>33</sup>.

Průběh infekce virem klíšťové encefalitidy u různých zvířat se opět liší v závislosti na druhu. U některých druhů může být infekce asymptomatická nebo mohou být vůči infekci imunní. Jiné druhy naopak mohou mít těžký až fatální průběh, podobně jako u lidí<sup>34</sup>.

### **1.3 Management krajiny snižující riziko spojené s klíšťaty**

Klíčovým faktorem, který ovlivňuje úspěch v boji s klíšťaty a jimi přenášenými onemocněními je prevence. Ta zahrnuje mnoho kroků jako je například i) očkování proti klíšťaty přenášeným onemocněním ii) profylaktické (preventivní) užívání léků zabraňujících infekci klíšťaty přenášených patogenů, iii) používání akaricidních (roztoče hubících) látek a to jak plošně tak i na potencionální zvířecí hostitele nebo na lidské oblečení, iv) biologický boj s klíšťaty za využití jejich predátorů, parazitů nebo patogenů, v) správné chování při a po aktivitách v přírodě vi) využívání repelentů (látek odpuzujících klíšťata), nebo vi) správný management krajiny, vedoucí k tomu, aby takto udržovaná krajina byla pro klíšťata co nejméně vhodná a přežívalo v ní jen minimální množství klíšťat<sup>2</sup>. Příklady možných strategií řízení těchto rizik pak ukazuje Obrázek 4.

Kontrolu klíšťat a s nimi spojených patogenů je možné dobře aplikovat v krajinách spravovaných lidmi, kdy za správného managementu je možné krajinu pro vývoj a proliferaci klíšťat znehodnotit. Toho může být dosaženo mnoha způsoby. Nejčastějším je pravidelné sečení ploch, které mohou být klíšťaty zamořeny spolu s okamžitým odklizením biologického materiálu z těchto ploch. Bylo prokázáno, že na takto obhospodařovaných plochách je výrazně méně klíšťat, než na plochách neudržovaných. Na druhu stranu se jedná o poměrně drahý způsob managementu krajiny, který je navíc těžko aplikovatelný na velkých či špatně přístupných plochách<sup>2</sup>.



**Obrázek 4: Možné strategie managementu rizik spojených s klíšťaty – Zelené šipky ukazují vzájemné působení mezi klíšťaty a jejich hostiteli, červené cesty přenosu klíšťaty přenášených patogenů<sup>2</sup>.**

Podobný efekt jako pravidelné sekání porostu, má i pastva zvířat, která je výrazně levnější a může být využita i na hůře přístupných plochách<sup>35</sup>. Jedním z cílů našeho výzkumu bylo zjistit, jestli tento pozitivní efekt poskytne i extenzivní pastva původních divokých druhů velkých kopytníků, kteří se žijí jako spásáči. Tento způsob managementu krajiny je totiž levnější než využití intenzivní pasty. Navíc přítomnost těchto velkých spásáčů má celkově pozitivní vliv na krajinu, snižuje množství invazních a rychle rostoucích druhů rostlin a zvyšuje biodiverzitu<sup>42</sup>.

Dalším důležitým prvkem při vytváření krajiny nepřátelské ke klíšťatům je i využívání druhů a plemen zvířat, které jsou vůči klíšťatům a jimi přenášeným patogenům odolná. Tento efekt je výrazně zkoumán především v tropických oblastech, kde se ukazuje, že výnos z lokálních plemen zde může být vyšší, než z plemen importovaných, která mají výrazně vysoké výnosy v oblastech mírného, ale už ne tropického pásma. Důvodem je právě odolnost místních plemen zvířat k lokálním parazitům a patogenům, na které jsou naopak nepůvodní plemena velmi citlivá<sup>36–38</sup>. Může ale existovat i opačná situace? V České republice, ale i jinde ve světě, se v poslední době rozmohl farmový chov exotických druhů zvířat a to ať už za účelem produkce živočišných produktů, jako je maso, mléko nebo vejce (za tímto účelem jsou chováni např. buvoli, pštrosi nebo antilopy), tak i za účelem rekreačním, jako jsou například projížďky na velbloudech nebo lama trekking. Výzkumy ze zoologických zahrad ukázaly, že mnohá exotická zvířata se mohou stát hostiteli klíšťat žijících v České republice a mohou se nakazit klíšťaty přenášenými patogeny<sup>39–41</sup>. Jestli a v jaké míře se podobné efekty projevují i u exotických farmově chovaných zvířat zatím není známo. Druhým cílem naší práce proto bylo přinést první poznatky o této problematice.

## **2. O projektu Šíření klíšťat a klíšťaty přenášených onemocnění: nová a opomíjená rizika pro domácí a hospodářská zvířata a člověka (QK1920258)**

Projekt Šíření klíšťat a klíšťaty přenášených onemocnění: nová a opomíjená rizika pro domácí a hospodářská zvířata a člověka (QK1920258) probíhal mezi lety 2019 a 2021 za podpory Národní

agentury pro zemědělský výzkum (NAZV) zřizované Ministerstvem zemědělství České republiky. V rámci výzkumného konsorcia spolupracovali odborníci z Biologického centra Akademie věd České republiky, České zemědělské univerzity, Veterinární univerzity Brno (v době řešení projektu ještě Veterinární a farmaceutické univerzity Brno) a Výzkumného ústavu veterinárního lékařství. Cílem projektu bylo zmapovat aktuální hrozby spojené s klíšťaty a jimi přenášenými patogeny v České republice a to zejména s ohledem na současné klimatické změny a navrhnout možné postupy pro management těchto hrozeb.

Mezi úkoly, které byly řešeny odborníky z České zemědělské univerzity Praha patřilo zjistit, i) jestli má extenzivní pastva za využití velkých kopytníků pozitivní efekt na snížení počtu klíšťat na spásaných plochách ii) a jestli jsou farmově chovaná exotická zvířata vhodnými hostiteli pro klíšťata žijící v České republice a jestli se mohou nakazit klíšťaty přenášenými patogeny.

### **3. Vliv extenzivní pastvy na aktivitu klíšťat**

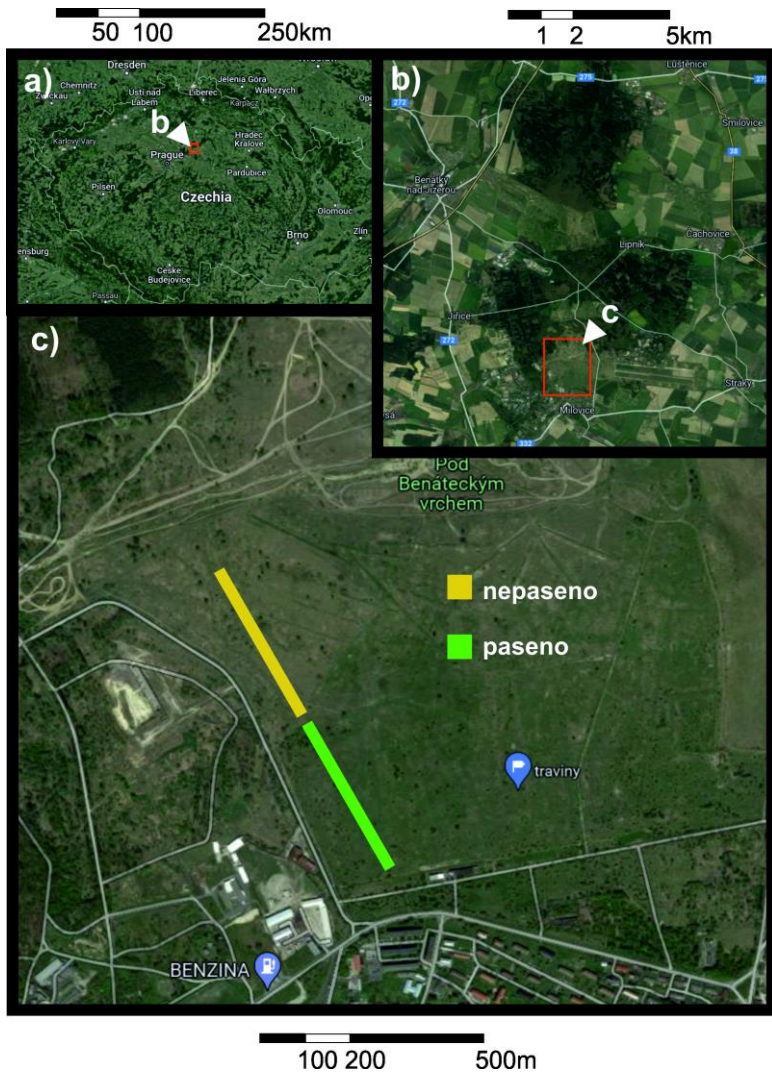
K výzkumu vlivu extenzivní pastvy na množství klíšťat byla využita Přírodní rezervace Milovice. Jedná se o soukromou rezervaci zřizovanou spolkem Česká krajina ve středních Čechách v rámci bývalého vojenského prostoru Milovice a to mezi obcemi Milovice a Benátky nad Jizerou. Ve dvou oplocených lokalitách zde žijí tři druhy velkých spásačů - zubr evropský (*Bison bonasus*), pratur (*Bos primigenius*) a divoký kůň (*Equus ferus*). Rezervace je řízena rotačním systémem spásání, a proto je zde možné nalézt oblasti jak několik let nespásané, tak spásané. Přítomnost velkých kopytníků vede po zhruba

dvou letech ke vzniku a udržování jemné krajinné mozaiky, která byla pro Evropu typická před začátkem intenzivního zemědělství a která vede k vysoké míře biodiverzity. Oblasti mimo spásané plochy je naopak většinou nevyužívána a zarůstá několika málo druhy agresivních rychle rostoucích rostlin<sup>42</sup>.

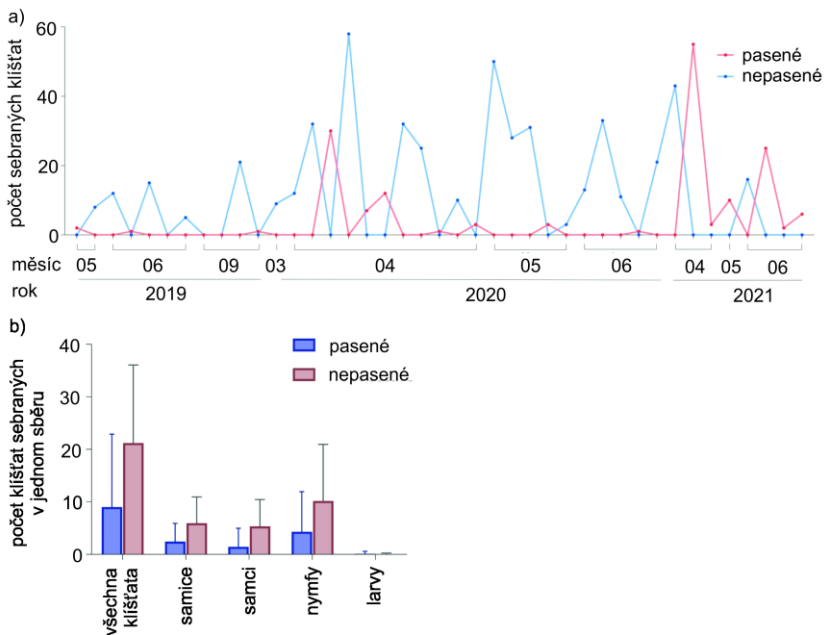
Klíšťata byla v letech 2019 a 2021 sbírána na dvou lokalitách (spásaná a nespásaná). Klíšťata byla sbírána po dobu jedné hodiny na transektu o délce zhruba 400m. Polohu studované oblasti ukazuje Obrázek 5.

Výskyt klíšťat na daných lokalitách byl monitorován několikrát za sezónu v různých meteorologických podmínkách. Protože na sběru klíšťat nepracovala vždy stejně velká skupina, byl počet klíšťat vždy nakonec normalizován na člověko-hodinu. Celkem bylo sebráno 647 klíšťat, z toho 79 z pasených oblastí a 568 z nepasených. Rozdíly mezi počtem klíšťat sebraných na jednotlivých plochách ukazuje Obrázek 6. Z něj je patrné, že na pasených plochách se vyskytuje výrazně nižší počet klíšťat, než na nepasených. Tento výsledek byl potvrzen i statistickou analýzou pomocí  $X^2$  testu, který ukazuje že na pasených plochách se vyskytuje statisticky signifikantně méně klíšťat než na nepasených ( $p=0,001$ ).





**Obrázek 5:** Mapa monitorované lokality



**Obrázek 6: Rozdíl mezi počtem sebraných klíšťat na pasených a nepasených plochách – a) rozdíl mezi počtem sebraných klíšťat v jednotlivých dobách sběru, b) průměrný počet sebraných klíšťat daného vývojového stádia.**

#### 4. Farmově chovaná exotická zvířata v ČR jako potenciální hostitelé klíšťat a rezervoáry klíšťaty přenášených onemocnění

Klíšťata a séra z exotických zvířat farmově chovaných na území ČR byla sbírána na jedné farmě v Jihočeském kraji, dvou farmách ve Středočeském kraji a na jedné farmě v Moravskoslezském kraji. Celkově byly sebrána séra ze 6 druhů zvířat. Těmito druhy byla antilopa losí (*Taurotragus oryx*), vodní buvol (*Bubalus arnee f. bubalis*), lama (*Lama glama*), velbloud dvouhrbý (*Camelus ferus*), velbloud jednohrbý (*Camelus dromedarius*) a pštros dvouprstý (*Struthio camelus*). Séra zvířat byla vyšetřena na přítomnost spirochét Lyské boreliózy a spirochét návratných horeček (*Borrelia miyamotoi*) pomocí metody PCR, za využití primerů specifických pro jednotlivé druhy borrelií.

Výsledky ukázaly poměrně vysoké zastoupení pozitivních vzorků mezi testovanými zvířaty, nejvyšší (100%) bylo mezi velbloudy jednohrbými, kde byl ale testován pouze jeden vzorek, který vyšel pozitivně. Dále bylo testováno pozitivně 50% procent vzorků odebraných z lam (2 ze 4) a pštrosů (3 ze 6). Mezi antilopami losími, kde monitoring probíhal v průběhu několika měsíců v létě 2020 byla přítomnost spirochét Lyské boreliózy zjištěna alespoň v jednom okamžiku u 11 z 25 testovaných jedinců (44%), U velbloudů dvouhrbých byly pozitivně testovány 3 vzorky z 11 (27%) Konečně u buvolů byl pozitivně testován jen jeden vzorek z 8 (13%). V rámci pozitivních vzorků bylo v průběhu další charakterizace zjištěno 5 druhů spirochét Lyské boreliózy (*Borrelia burgdorferi sensu stricto*, *Borrelia garinii*, *Borrelia afzelii*, *Borrelia bissetti*, *Borrelia americana*). Spirochétu návratné horečky druhu *Borrelia miyamotoi* byly nalezeny pouze u jednoho vzorku odebraného ze pštroso dvouprstého. V tomto případě

se nejednalo o koinfekci se spirochétami Lymské boreliózy. Výsledky studie shrnuje Tabulka 1.

Při zběžných kontrolách zvířat se podařilo najít pouze jedno přisáté klíště a to nymfu sající na jednom z buvolů. Přítomnost klíšťat ale byla zjištěna jak na farmách, tak i v jejich okolí. Překvapivá byla ale téměř úplná absence klíšťat na a v okolí farmy chovající antilopy losí. I přes to byla poměrně velká část zvířat (44%) pozitivně testována na přítomnost spirochét Lymské boreliózy. To otevírá možnost diskuze o alternativním způsobu přenosu borrelií mezi těmito zvířaty. Jelikož se ve většině případů jednalo o mladá zvířata, je zde teoreticky možný například kongenitální přenos nebo přenos mlékem. Toto tvrzení je ale nutné ještě rigorózně ověřit.

Pouze antilopy losí byly pozorovány dostatečnou dobu, aby bylo možné posoudit změny v jejich fyzické kondici spojené s infekcí spirochétami Lymské boreliózy. Některé z pozitivně testovaných antilop měly mírné příznaky infekce (např. špatná tělesná kondice), nicméně není možné rigorózně tvrdit, že tyto příznaky byly způsobené právě infekcí spirochétami Lymské boreliózy. Do budoucna je nutné tuto teorii dále otestovat.

Naše výsledky jasně ukazují, že exotická farmově chovaná zvířata přicházejí do styku s klíšťaty a mohou se nakazit klíšťaty přenášenými patogeny. Jestli ale hrají i nějakou roli v jejich ekologii nebo jestli se jedná o konečné hostitele je teprve nutné zjistit. Dále bude důležité zjistit jestli u těchto zvířat nemůže docházet k dalšímu přenosu klíšťaty přenášených onemocnění na nové hostitele nějakou alternativní cestou.

**Tabulka 1: Přehled testovaných vzorků a pozitivních výsledků**

<b>Prevalence borrelií v různých druzích zvířat</b>	<b>Pozitivně testovaná zvířata</b>	<b>Druhy borrelií nalezených v pozitivních vzorcích</b>
lama; testované: 4, pozitivní: 2, 50%	lama 1	<i>Borrelia burgdorferi sensu stricto (B.b. ss)</i>
	lama 2	<i>Borrelia garinii</i>
velbloud dvouhrbý; testováni: 11, pozitivní: 3, 27%	velbloud 1	<i>B.b. ss</i>
	velbloud 2	<i>B.b. ss</i>
	velbloud 3	<i>Borrelia afzelii</i>
velbloud jednohrbý; testován: 1, pozitivní 1, 100%	Dromedár	<i>B.b. ss</i>
antilopa losí; testováno: 25, pozitivní: 11, 44%	antilopa losí 249	<i>B.b. ss</i>
	antilopa losí 251	<i>B.b. ss</i>
	antilopa losí 253	<i>B. afzelii</i>
	antilopa losí 255	<i>B. garinii + B. bisetti</i>
	antilopa losí 258	<i>B.b. ss + B. garinii + B. bisetti</i>
	antilopa losí 259	<i>Borrelia americana</i>
	antilopa losí 261	<i>B. afzelii</i>
	antilopa losí 267	<i>B.b. ss</i>
	antilopa losí 268	<i>B. afzelii</i>

	antilopa losí 269	<i>B. afzelii</i>
	antilopa losí 272	<i>B. ss + B. bisetti</i>
bovol; testováni: 8, pozitivní: 1, 13%	buvol 18	<i>B.b. ss</i>
pštros; testováno: 6, pozitivní: 4, 67%	pštros 1	<i>B. garinii</i>
	pštros 2	<i>B. garinii</i>
	pštros 3	<i>B.b. ss</i>
	pštros 4	<i>Borrelia miyamotoi</i>

## 5. Shrnutí

Výsledky naší studie ukázaly, že **extenzivní pastva za využití velkých spásačů vede ke statisticky významnému poklesu počtu klíšťat na spásaných plochách**. Tento způsob managementu krajiny se proto ukazuje být účinným nejen z ekonomického hlediska a z hlediska udržování biologicky rozmanité krajiny, ale i z hlediska řízení rizik spojených s klíšťaty a jimi přenášenými onemocněními. Vzhledem k tomu, že se v podstatě jedná o opětovné zavedení velkých spásačů do jejich přirozených, původních ekosystémů, ze kterých byly vytlačeni člověkem, je možné použít tuto metodu i při snižování rizik spojených s klíšťaty v oblastech, ve kterých je účelné minimalizovat přítomnost lidí a lidských aktivit.

Naše výsledky dále ukázaly, že **exotická zvířata chovaná na farmách v České republice přicházejí do styku s klíšťaty a mohou se nakazit klíšťaty přenášenými patogeny**. Zatím není jasné, jakou (jestli vůbec nějakou) roli mohou exotická zvířata hrát v ekologii klíšťat a jimi přenášených patogenů, nicméně s rostoucím počtem těchto zvířat v České republice by se situace měla nadále monitorovat. Další zajímavou otázkou, která si zaslouží podrobný výzkum je i možnost alternativního přenosu klíšťaty přenášených patogenů mezi zvířaty a potencionálně i na lidi.

## 6. Použitá literatura

1. Sonenshine, DE, R., RM. *Biology of Ticks*. vol. 2014 (Oxford University Press,).
2. Černý, J. *et al.* Management Options for Ixodes ricinus-Associated Pathogens: A Review of Prevention Strategies. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **17**, E1830 (2020).
3. *Ticks of Europe and North Africa*. (Springer Berlin Heidelberg, 2017).
4. Egyed, L. *et al.* Seasonal activity and tick-borne pathogen infection rates of Ixodes ricinus ticks in Hungary. *Ticks Tick-Borne Dis.* **3**, 90–94 (2012).
5. Hönig, V. *et al.* Ticks and tick-borne pathogens in South Bohemia (Czech Republic)--Spatial variability in Ixodes ricinus abundance, Borrelia burgdorferi and tick-borne encephalitis virus prevalence. *Ticks Tick-Borne Dis.* **6**, 559–567 (2015).
6. Daniel, M. *et al.* Vertical distribution of the tick Ixodes ricinus and tick-borne pathogens in the northern Moravian mountains correlated with climate warming (Jeseníky Mts., Czech Republic). *Cent. Eur. J. Public Health* **17**, 139–145 (2009).
7. Rubel, F. & Brugger, K. Maps of ticks (Acari: Argasidae, Ixodidae) for Austria and South Tyrol, Italy. *Exp. Appl. Acarol.* **86**, 211–233 (2022).
8. Soleng, A. *et al.* Distribution of Ixodes ricinus ticks and prevalence of tick-borne encephalitis virus among questing ticks in the Arctic Circle region of northern Norway. *Ticks Tick-Borne Dis.* **9**, 97–103 (2018).
9. Kahn, J. Cytotaxonomy of Ticks. *J. Cell Sci.* **s3-105**, 123–137 (1964).
10. Tahir, D. *et al.* Interrupted Blood Feeding in Ticks: Causes and Consequences. *Microorganisms* **8**, 910 (2020).
11. Estrada-Peña, A. & de la Fuente, J. The ecology of ticks and epidemiology of tick-borne viral diseases. *Antiviral Res.* **108**, 104–128 (2014).



12. Michelet, L. *et al.* High-throughput screening of tick-borne pathogens in Europe. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* **4**, 103 (2014).
13. Gupta, R. S. Distinction between *Borrelia* and *Borrelia* is more robustly supported by molecular and phenotypic characteristics than all other neighbouring prokaryotic genera: Response to Margos' *et al.* 'The genus *Borrelia* reloaded' (PLoS ONE 13(12): e0208432). *PloS One* **14**, e0221397 (2019).
14. Johnson, R. C., Hyde, F. W. & Rumpel, C. M. Taxonomy of the Lyme disease spirochetes. *Yale J. Biol. Med.* **57**, 529–537 (1984).
15. Golovchenko, M. *et al.* A divergent spirochete strain isolated from a resident of the southeastern United States was identified by multilocus sequence typing as *Borrelia bissettii*. *Parasit. Vectors* **9**, 68 (2016).
16. Burgdorfer, W. *et al.* Lyme disease—a tick-borne spirochetosis? *Science* **216**, 1317–1319 (1982).
17. Canica, M. M. *et al.* Monoclonal antibodies for identification of *Borrelia afzelii* sp. nov. associated with late cutaneous manifestations of Lyme borreliosis. *Scand. J. Infect. Dis.* **25**, 441–448 (1993).
18. Baranton, G. *et al.* Delineation of *Borrelia burgdorferi* sensu stricto, *Borrelia garinii* sp. nov., and group VS461 associated with Lyme borreliosis. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **42**, 378–383 (1992).
19. Margos, G. *et al.* *Borrelia bavariensis* sp. nov. is widely distributed in Europe and Asia. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **63**, 4284–4288 (2013).
20. Richter, D. *et al.* Delineation of *Borrelia burgdorferi* sensu lato species by multilocus sequence analysis and confirmation of the delineation of *Borrelia spielmanii* sp. nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **56**, 873–881 (2006).
21. Kosik-Bogacka, D. I., Kuźna-Grygiel, W. & Jaborowska, M. Ticks and mosquitoes as vectors of *Borrelia burgdorferi* s. l. in the forested areas of Szczecin. *Folia Biol. (Praha)* **55**, 143–146 (2007).

22. Melaun, C. *et al.* Occurrence of *Borrelia burgdorferi* s.l. in different genera of mosquitoes (Culicidae) in Central Europe. *Ticks Tick-Borne Dis.* **7**, 256–263 (2016).
23. Hubálek, Z., Halouzka, J. & Juricová, Z. Investigation of haematophagous arthropods for borreliae--summarized data, 1988-1996. *Folia Parasitol. (Praha)* **45**, 67–72 (1998).
24. Kybicová, K., Baštová, K. & Malý, M. Detection of *Borrelia burgdorferi* sensu lato and *Anaplasma phagocytophilum* in questing ticks *Ixodes ricinus* from the Czech Republic. *Ticks Tick-Borne Dis.* **8**, 483–487 (2017).
25. *Borrelia burgdorferi: methods and protocols.* (Humana Press, 2018).
26. Shapiro, E. D. Clinical practice. Lyme disease. *N. Engl. J. Med.* **370**, 1724–1731 (2014).
27. Jongejan, F. & Uilenberg, G. The global importance of ticks. *Parasitology* **129 Suppl**, S3-14 (2004).
28. Littman, M. P. *et al.* ACVIM consensus update on Lyme borreliosis in dogs and cats. *J. Vet. Intern. Med.* **32**, 887–903 (2018).
29. Farrell, G. M. & Marth, E. H. *Borrelia burgdorferi*: another cause of foodborne illness? *Int. J. Food Microbiol.* **14**, 247–260 (1991).
30. Ruzek, D. *et al.* Tick-borne encephalitis in Europe and Russia: Review of pathogenesis, clinical features, therapy, and vaccines. *Antiviral Res.* **164**, 23–51 (2019).
31. Dobler, G., Erber, W., Schmitt, H.-J. & Broker, M. *The TBE book.* (2019).
32. Buczek, A. M., Buczek, W., Buczek, A. & Wysokińska-Miszczuk, J. Food-Borne Transmission of Tick-Borne Encephalitis Virus-Spread, Consequences, and Prophylaxis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **19**, 1812 (2022).
33. Im, J. H. *et al.* Geographic distribution of Tick-borne encephalitis virus complex. *J. Vector Borne Dis.* **57**, 14–22 (2020).

34. Springer, A., Glass, A., Topp, A.-K. & Strube, C. Zoonotic Tick-Borne Pathogens in Temperate and Cold Regions of Europe-A Review on the Prevalence in Domestic Animals. *Front. Vet. Sci.* **7**, 604910 (2020).
35. Sprong, H., Moonen, S., van Wieren, S. E. & Hofmeester, T. R. Effects of cattle grazing on Ixodes ricinus-borne disease risk in forest areas of the Netherlands. *Ticks Tick-Borne Dis.* **11**, 101355 (2020).
36. Shyma, K. P., Gupta, J. P. & Singh, V. Breeding strategies for tick resistance in tropical cattle: a sustainable approach for tick control. *J. Parasit. Dis. Off. Organ Indian Soc. Parasitol.* **39**, 1–6 (2015).
37. Cardoso, F. F. *et al.* Multiple Country and Breed Genomic Prediction of Tick Resistance in Beef Cattle. *Front. Immunol.* **12**, 620847 (2021).
38. Mkize, N., Maiwashe, A., Dzama, K., Dube, B. & Mapholi, N. Suitability of GWAS as a Tool to Discover SNPs Associated with Tick Resistance in Cattle: A Review. *Pathog. Basel Switz.* **10**, 1604 (2021).
39. Hrnková, J. *et al.* Role of Zoo-Housed Animals in the Ecology of Ticks and Tick-Borne Pathogens-A Review. *Pathog. Basel Switz.* **10**, 210 (2021).
40. Sirmarová, J. *et al.* Seroprevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato and tick-borne encephalitis virus in zoo animal species in the Czech Republic. *Ticks Tick-Borne Dis.* **5**, 523–527 (2014).
41. Ticha, L., Golovchenko, M., Oliver, J. H., Grubhoffer, L. & Rudenko, N. Sensitivity of Lyme Borreliosis Spirochetes to Serum Complement of Regular Zoo Animals: Potential Reservoir Competence of Some Exotic Vertebrates. *Vector Borne Zoonotic Dis. Larchmt. N* **16**, 13–19 (2016).
42. Dvorský, M., Mudrák, O., Doležal, J. & Jirků, M. Reintroduction of large herbivores restored plant species richness

in abandoned dry temperate grassland. *Plant Ecol.* (2022)  
doi:10.1007/s11258-022-01225-w.