

Puutiaisen (*Ixodes ricinus*) ja taigapuutiaisen (*Ixodes persulcatus*)
erot ja samankaltaisuudet

Karen Karppinen

LuK-tutkielma
Biologian tutkinto-ohjelma
Oulun yliopisto
Joulukuu 2023

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä.....	2
1 Johdanto.....	3
2 Elinkierto.....	4
2.1 Aikuiset punkit.....	5
2.2 Munat.....	6
2.3 Toukat.....	6
2.4 Nymfit.....	7
3 Isäntälajit.....	8
3.1 Taigapuutiaisen isäntälajit.....	9
3.2 Puutiaisen isäntälajit.....	10
4 Taudinaiheuttajat.....	12
4.1 Borrelia burgdorferi s.l.	12
4.1.1 Borrelian tarttuminen	13
4.1.2 B.burgdorferin alalajeja.....	14
4.2 TBE- virus.....	14
4.3 Muut patogeenit.....	16
4.4 Punkeissa saman aikaisesti esiintyvät patogeenit.....	16
4.5 Patogeenien vaikutukset punkkeihin.....	17
5 Levinneisyys.....	17
5.1 Elinympäristö ja säätekijöiden vaikutukset levinneisyyteen	17
5.2 Lämpötilan ja lumikerroksen vaikutukset.....	18
6 Tulevaisuudessa tapahtuvat muutokset.....	19
7 Lähdeluettelo.....	21

TIIVISTELMÄ

Ixodes-punkkeihin kuuluvat taigapuutiainen (*Ixodes persulcatus*) ja puutiainen (*Ixodes ricinus*) ovat parasittejä, jotka kantavat monenlaisia tauteja. Kyseiset punkit ovat levinneet laajalle Euraasian alueelle. Ne toimivat vektoreina zoonooseille ja ovat tämän takia suuri terveyshaitta ihmisille. Punkkien aiheuttamia haittoja voidaan yrittää vähentää perehtymällä niiden ekologiaan, isäntäeläimiin ja niiden kantamien tauteihin. Tässä kirjallisuuskatsauksessa perehdyn Suomessa esiintyvien *Ixodes*-punkkilajien elinkiertoon, isäntälajeihin, taudinaiheuttajiin, elinympäristöön ja levinneisyyteen sekä pohdin mahdollisia tulevaisuudessa tapahtuvia muutoksia.

Ixodes punkkien elinkierto on neljä eri vaihetta: muna, toukka, nymfi ja aikuinen. Jokaisella elinkierron vaiheella on oma elinympäristö ja käyttäytyminen. Punkit kestävät hyvin muuttuvia olosuhteita niin kauan, kun ne eivät ole äärimmäisiä ja pitkäkestoisia. Ympäristön suhteellinen kosteus on kummallekin lajille tärkeä ympäristötekijä. Pitkät kuivat kaudet voivat lisätä punkkien kuolleisuutta ja hidastaa niiden kehitystä.

Isäntäeläimet vaihtelevat elinkierron vaiheen mukaan. Puutiaisella isäntäeläinten jako ei ole niin voimakasta kuin taigapuutiaisella. Taigapuutiaisen toukilla, nymfeillä ja aikuisilla on selvä jako isäntäeläinten suhteen. Isäntäeläimet vaikuttavat siihen, mitä tauteja punkit saavat. Yleisimpiä *Ixodes*-suvun punkkien levittämät taudinaiheuttajat ovat *Borrelia burgdorferi*, TBE-virus, *Anaplasma* ja *Rickettsia*. Jokaisella taudinaiheuttajalla on luonnossa tietyt isäntäeläimet, joilta punkit saavat tartunnan veriaterian aikana. *B. burgdorferin* isäntälajeihin kuuluvat linnut ja TBE-viruksen isäntälajeja ovat pienet nisäkkäät kuten *Myodes*-suvun myyrät. Yksi punkkiyksilö voi kantaa kerralla montaa eri patogeeniä, jolloin puhutaan koinfektioista. Patogeenit voivat parantaa punkin kykyä löytää isäntäeläin lisäämällä mm. aktiivisuutta.

Ilmastonmuutos vaikuttaa punkkien levittäytymiseen. Pidentynyt kesä ja korkeammat lämpötilat auttavat punkkeja selviämään pohjoisempaan. Puutiaisella ja taigapuutiaisella on aktiivisuuskausi, jonka aikana ne etsivät itselleen isäntäeläintä. Leudot talvet pidentävät punkkien aktiivisuusaikaa ja nopeuttavat punkkien kehitystä. Ilmaston lämpenemisen myötä punkkien isäntälajit pystyvät siirtymään uusille alueille ja punkeille on tarjolla uusia elinympäristöjä. Tämä tarkoittaa, että myös levinneisyysalue laajenee pohjoiseen ja samalla niiden kantamat taudit leviävät uusille alueille punkkien mukana.

1 JOHDANTO

Iso osa ihmisten taudeista on zoonooseja, jotka tarttuvat ihmisiin muista eläimistä (Sipari ym., 2023). Zoonoosit aiheuttavat vakavia oireita ja osa zoonooseista voi johtaa kuolemaan ilman oikeanlaista hoitoa (Zakham ym., 2023). Zoonooseilla on luonnossa pääisäntälaji, mistä taudinaiheuttaja levittäytyy muihin eläimiin yleensä vertaimevien vektorieläinten avulla (Sipari ym., 2023). Hämähäkkieläimiin kuuluvat punkit ovat yleisimpiä vektoreita (Tanski, 2023). Ne ovat levittäytyneet ympäri maailmaa, ja kantavat useita taudinaiheuttajia (Guglielmone ym., 2013). Punkkien levittämät taudit aiheuttavat merkittäviä vaikutuksia ihmisten terveydelle (Dantas-Torres ym., 2012), tämän takia niiden esiintymisestä ja niiden kantamista taudeista sekä näihin vaikuttavista tekijöistä tarvitaan lisää tietoa.

Ixodes-suvun punkit käyttävät isäntäeläimen verta ravintonaan ja lisääntymiseen (Uspensky, 2016; Sipari ym., 2023). Euroopassa esiintyviä *Ixodes*-suvun lajeja ovat taigapuutiainen (*Ixodes persulcatus*) ja puutiainen (*Ixodes ricinus*). Punkkien levinneisyysalueet ovat levinneet pohjoisemmaksi ilmastomuutoksen seurauksena (Laaksonen ym., 2017). Suomi on *Ixodes*-punkkien esiintymisalueen pohjoisin maa Euroopassa (Laaksonen ym., 2017). Suomessa niitä on havaittu etelärannikolta aina pohjoiselle napapiirille (Tanski, 2023). Taigapuutiainen on levinnyt Pohjois-Suomeen ja puutiainen on levinnyt Etelä-Suomeen (Zakham ym., 2023). Kumpaakin lajia esiintyy Keski-Suomessa (Laaksonen ym., 2018).

Tunnetuimpia *Ixodes*-punkkien levittämistä zoonooseista on borrelioosi, joka seuraa *Borrelia burgdorferi* (*s.l.*) bakteerin aiheuttamasta infektiosta (Uspensky, 2016). Kumpikin punkkilaji levittää *Borrelia*-bakteeria (Laaksonen ym., 2017). Muita *Ixodes*-punkkien kantamia patogeenejä ovat bakteereihin kuuluvat *Rickettsia* spp. ja *Anaplasma* spp (Laaksonen ym., 2018) sekä puutiaisaivokuumetta aiheuttava TBE-virus (Tanski, 2023).

Tautiriskien ja zoonoosien esiintymisen ymmärtämiseen tarvitaan tietoa puutiaisiin ja taigapuutiaisiin sekä niiden kantamien tautien esiintymiseen vaikuttavista tekijöistä. Punkkien esiintymiseen vaikuttavat mm. ympäristötekijät eri elinkierron vaiheissa (muna, toukka, nymfi ja aikuinen) (Sirotkin & Korenberg, 2000). Punkkien runsauteen ja tautien esiintymiseen vaikuttavat eri elinkierron vaiheiden isäntälajit ja niiden runsauden vaihtelut (Zakham ym., 2023). Etenkin levinneisyyden kannalta isäntälajien kartoittaminen on tärkeää (Sipari ym., 2023).

Tässä kirjallisuuskatsauksessa perehdyn puutiaisen (*I. ricinus*) ja taigapuutiaisen (*I. persulcatus*) 1) elinkiertoihin, 2) isäntälajeihin, 3) taudinaiheuttajiin, ja 4) elinympäristöihin ja levinneisyyksiin. Lisäksi pohdin 5) Mahdollisia tulevaisuudessa tapahtuvia muutoksia. Taudinaiheuttajien kohdalla

perehdyn tarkemmin *B. burgdorferi* (s.l.) ja TBE-virukseen. Keskityn näihin kahteen zoonoosiin, sillä ne ovat yleisimpiä taigapuutiaisen ja puutiaisen levittämiä tauteja (Zakham ym., 2023). Selkeyden takia käytän ”punkki”-termiä kun viitataan yleisesti molempiin lajeihin. Muulloin käytän lajinimiä puutiainen ja taigapuutiainen.

2 ELINKIERTO

Ixodes-punkkien elinkiertoon kuuluu neljä eri vaihetta: muna, toukka, nymfi ja aikuinen (Tanski, 2023). Elinympäristö ja käyttäytyminen vaihtelevat elinkierron vaiheiden mukaan (Sirotkin & Korenberg, 2018). Toukka, nymfi ja aikuinen tarvitsevat veriaterian kehittymistä tai lisääntymistä varten (Kahl & Gray, 2023). Punkit ovat parasitiinä 15–29 päivän ajan elämästään (Sirotkin & Korenberg, 2018). Eri elinkierron vaiheissa punkit ovat kiinni isännässään eri pituisen ajan (Tanski, 2023). Toukat imevät verta 3–6 vuorokautta, nymfit 6–10 vuorokautta ja aikuinen naaras 7–11 vuorokautta (Sirotkin & Korenberg, 2018; Tanski, 2023; Kuvat 1 ja 2). Punkit viettävät suurimman osan elinajastaan maassa diapaussissa, muodonmuutoksessa, väijymässä isäntää tai levossa (Kahl & Gray, 2023).

Veriaterian jälkeen toukat ja nymfit käyvät läpi metamorfoosin ja siirtyvät seuraavan kehitysvaiheeseen (Tanski, 2023). Punkin kiinnittymisaika ja veriaterian suuruus riippuvat isäntälajista ja sen koosta (Uspensky, 2016). Kehitys seuraavaan vaiheeseen tapahtuu maakerroksen ylemmässä kerroksessa, missä suurin tekijä on suhteellinen kosteus (Sirotkin & Korenberg, 2018). Suhteellisen kosteuden on oltava ainakin 80 %, jotta kehitys tapahtuisi ilman ongelmia (Gray ym., 2009). Isäntälajin metsästyksen puolestaan tapahtuu kasvillisuuden pohjakerroksessa (Sirotkin & Korenberg, 2018). Naaraat tarvitsevat veriaterian lisääntymiseen, ja aterian jälkeen naarat valmistautuvat munimiseen (Tanski, 2023). Isäntälajien runsaudet vaikuttavat molempien lajien selviytymiseen ja lisääntymiseen (Sirotkin & Korenberg, 2018; Sipari ym., 2023).

Epäedulliset olosuhteet, kuten kauan jatkunut kuivakausi, häiritsevät elinkiertoa ja molemmat lajit siirtyvät karikkekerroksen suojaan (Tanski, 2023). Molemmat punkkilajit voivat vaipua diapaussiin eli talvilepotilaan (Tanski, 2023). Vaipuminen diapaussiin ei ole riippuvainen sääolosuhteista (Sirotkin & Korenberg, 2018). Diapaussin vaipuminen alkaa, kun päivät alkavat lyhenemään (Kahl & Gray, 2023). Vaipuminen diapaussiin auttaa punkkeja selviytymään epäedullisista ajoista (Grigoryeva & Stanyukovich, 2016). Diapaussi vaikuttaa muodonvaihdokseen (Tanski, 2023). Se voi siirtyä toukilla ja nymfeillä seuraavaan vuoteen, jos ne saavat veriaterian aktiivisuuskauden lopussa (Uspensky, 2016). Taigapuutiaisella yksi vaihe kestää yleensä vuoden, ja yksilön elinaika kestää kolmesta

vuodesta kuuteen vuoteen (Grigoryeva & Stanyukovich, 2016; Tanski, 2023). Puutiaisyksilön elinaika kestää neljästä vuodesta kuuteen vuoteen (Kahl & Gray, 2023).

2.1 AIKUISET PUNKIT

Aikuisten taigapuutiaisnaaraiden aktiivisuusjakso eli aika vuodesta, jonka aikana ruokkimattomat punkit etsivät aktiivisesti isäntää, vaihtelee 60–120 päivän välillä (Uspensky, 2016). Aktiivisuuteen vaikuttavat ilman suhteellinen kosteus, lämpötila ja auringonpaiste (Tanski, 2023). Suomessa aktiivisuusjakso on noin 101 päivää (Pakanen ym., 2020). Aikuisista taigapuutiaisnaaraista vain 2 % löytää itselleen sopivan isäntälajin (Uspensky, 2016). Saatuaan veriaterian naarat munivat lehtien päälle tai maan karikkekerroksen pinnalle (Tanski, 2023). Naaras munii kerralla 1500–3000 munaa (Sirotkin & Korenberg, 2018). Munien määrä on riippuvainen naaraan saaman veriaterian suuruudesta (Tanski, 2020). Naaran hedelmöitys tapahtuu ennen veriateriaa, sen jälkeen tai sen aikana (Uspensky, 2016). Naarat erittävät hormoneja, jotka edesauttavat parittelua ennen isäntäeläimeen kiinnittymistä (Uspensky, 2016). Aktiivisista naaraista jopa puolet ovat kantavia (Uspensky, 2016). Tämän perusteella voitaisiin olettaa, että naarat suosivat hedelmöitystä ennen isäntäeläimeen kiinnittymistä.

Taigapuutiaisen suotuisin aika munimiseen on, kun ilmanlämpötila on 18–20 °C asteen välillä (Sirotkin & Korenberg, 2018). Ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa munimiseen, sillä naaraat eivät muni, jos ilmasuhteellinen kosteus on alle 70 % (Sirotkin & Korenberg, 2018). Metsäbiotoopeissa ilman suhteellinen kosteus on kuitenkin yleensä hyvä, ellei vuosi ole erityisen kuiva (Sirotkin & Korenberg, 2018).

Joinakin vuosina taigapuutiaisnaaraiden kuolleisuus voi olla suuri (Sirotkin & Korenberg, 2018). Syynä voi olla naaraan myöhäinen ruokailu elokuun lopussa, jolloin munilla ei ole aikaa kehittyä (Grigoryeva & Stanyukovich, 2016; Sirotkin & Korenberg, 2018). Tällöin naaras ei voi munia eikä voi myöskään siirtyä diapaussiin (Sirotkin & Korenberg, 2018). Tällaiset naaraat eivät selviä talven yli (Kahl & Gray, 2023). Naaraiden kuolleisuus on suurta myös alueilla, missä maaperän suhteellinen kosteus on 80 % (Sirotkin & Korenberg, 2018). Tämä on yleistä alueilla, missä pohjavesi on korkealla (Sirotkin & Korenberg, 2018).

Aikuiset puutiaiset ovat aktiivisena pidempään kuin taigapuutiaiset, sillä niiden aktiivisuus vaihtelee 250–280 päivän välillä (Sirotkin & Korenberg, 2018). Aktiivisista puutiaisista 20 % löytää itselleen sopivan isäntälajin (Sirotkin & Korenberg, 2018). Aktiivisuuskauden pituus riippuu sademäärästä, auringonpaisteesta, maanpinnan lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta (Tanski, 2023). Puutiaisen suosii munimisessa taigapuutiaista korkeampaa lämpötilaa, sillä muniminen tapahtuu 15–30 °C

asteen lämpötilassa (Sirotkin & Korenberg, 2018). Puutiaisnaaraat munivat suunnilleen yhtä monta munaa kuin taigapuutiaisnaaraat (Kahl & Gray, 2023). Puutiaisnaaraat kestävät muita elinvaiheita paremmin talvia (Tanski, 2023). Selviytymistä auttaa aikuisen naaraan rasvavarannot, mitkä kasvavat aina, kun siirytään ylöspäin kehitysvaihetta (Tanski, 2023).

Aikuisten naaraiden talvehtiminen mahdollistaa puutiaisen kaksi aktiivisuusaaltoa (Tanski, 2023). Edellisen vuoden talvehtineet ja syöneet naaraat voivat aloittaa munimisen heti, kun olosuhteet ovat sopivat (Sirotkin & Korenberg, 2018). Syksyllä kuoriutuu uusia puutiaisia, jotka aktivoituvat (Kahl & Gray, 2023). Puutiainen voi selviytyä kantavana yli talven alueilla, joissa syksyt ovat pitkiä ja lämpimiä kuten Itä-Euroopan alueella (Sirotkin & Korenberg, 2018). Munimisen jälkeen kummankin lajin naaraat kuolevat (Tanski, 2023).

2.2 MUNAT

Munien kuoriutumisen tapahtuu 2–7 viikkoa munimisen jälkeen (Tanski, 2023). Taigapuutiaisen munat kehittyvät parhaiten 20–25 °C asteen lämpötilassa (Sirotkin & Korenberg, 2018). Munien kuoriutumisen todennäköisyys on 80 % hyvissä olosuhteissa (Sirotkin & Korenberg, 2018). Munat voivat kehittyä myös alhaisimmissa lämpötiloissa (esim. viiden °C asteen tienoilla), mutta kehitysnopeus on tällöin alhaisempi (Sirotkin & Korenberg, 2018). Taigapuutiaisen munat eivät selviydy talven yli, joten syksyllä munitut munat kuolevat (Kahl & Gray, 2023; Tanski, 2023).

Puutiaisilla munat kehittyvät parhaiten hieman lämpimämmässä noin 25–30 °C asteen lämpötiloissa (Sirotkin & Korenberg, 2018). Suurimpana haittana munien kehittymiselle on maaperän suhteellisen kosteuden laskeminen alle 50 %:iin (Sirotkin & Korenberg, 2018). Maaperän suhteellisen kosteuden laskeminen kuitenkin enimmäkseen vain hidastaa munien kehitystä (Sirotkin & Korenberg, 2018). Puutiaisen munien kuoriutumisen voi siirtyä seuraavaan vuoteen, sillä ne pystyvät selviytymään jopa -21 °C asteessa maaperän suojassa (Tanski, 2023; Sirotkin & Korenberg, 2018). Kummankin lajin selviytyminen talven yli riippuu maakerroksen lämpötilasta (Sirotkin & Korenberg, 2018). Maakerroksen lämpötilaan puolestaan vaikuttaa suojaavan lumikerroksen paksuus (Tanski, 2023).

2.3 TOUKAT

Kummallakin lajilla toukkavaihe on kaikista alttein kuolleisuudelle. Siihen vaikuttaa ennen kaikkea ilman suhteellinen kosteus (Sirotkin & Korenberg, 2018). Kuoriutumisen jälkeen toukkien kuivuudelta suojaava kitiinikerros ei ole vielä täysin kehittynyt, minkä takia pitkittynyt kuivuus lisää niiden kuolleisuutta (Sirotkin & Korenberg, 2018). Taigapuutiaisen toukat aktivoituvat, kun lämpötila on yhden Celsius asteen tienoilla ja pysyvät aktiivisena jopa 30 °C asteen lämpötilassa (Tanski, 2023; Sirotkin & Korenberg, 2018). Aktiivisuusaika kestää noin 90 päivää (Sirotkin &

Korenberg, 2018). Aktiivisista toukista jopa 90 % löytää isäntälajin (Uspensky, 2016). Taigapuutiaisen toukalla on monia isäntälajeja, kuten monet pienjyrsijät, mikä selittää hyvän todennäköisyyden veriaterian saamiselle (Uspensky, 2016). Taigapuutiaisen toukat selviävät vain kolmesta viiteen päivää ilman ruokaa, riippuen ilman suhteellisesta kosteudesta (Sirotkin & Korenberg, 2018). Puutiaisen toukan elinkaari on pitkälti hyvin samanlainen kuin taigapuutiaisen toukan ja se suosii hyvin samantyyppistä lämpötilaa (Sirotkin & Korenberg, 2018). Puutiaisen toukat etsivät isäntää, kun lämpötila on 10–20 °C asteen välillä (Sirotkin & Korenberg, 2018).

Taigapuutiaisen toukka käy läpi metamorfoosin 6–23 °C asteen lämpötiloissa ja ilman suhteellisen kosteuden ollessa 70–80 % (Sirotkin & Korenberg, 2018). Metamorfoosin aikana toukan suolistosolut hajottavat imetyn veren mukana tulleet aineet ja muuntavat ne itselleen sopivaksi (Sirotkin & Korenberg, 2018). Eniten metamorfoosiin vaikuttaa maaperän kuoreen kuivuminen, jolloin maaperän suhteellinen kosteus laskee (Sirotkin & Korenberg, 2018). Puutiaisen metamorfoosi tapahtuu 10–23 °C asteen lämpötiloissa (Sirotkin & Korenberg, 2018). Ilman suhteellisen kosteuden laskeminen vaikuttaa puutiaisen metamorfoosin huomattavasti enemmän kuin lämpötilan muutokset (Sirotkin & Korenberg, 2018). Suotuisten olosuhteiden aikana jopa 60 % puutiaisen toukista muuntuvat nymfiksi (Sirotkin & Korenberg, 2018).

2.4 NYMFIT

Kummankin lajin aktiivisista nymfeistä vain 20 % löytää sopivan isäntälajin, vaikka olosuhteet olisivat idylliset (Sirotkin & Korenberg, 2018). Taigapuutiaisen nymfit löytävät aikuista punkkia helpommin sopivan isäntälajin (Uspensky, 2016). Sään vaikutukset nymfeihin ovat vähäisiä, elleivät ne muutu radikaalisti, kuten pitkittynyt sadekausi tai pitkittynyt kuivuus (Sirotkin & Korenberg, 2018). Nymfit kestävät toukkia paremmin ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilojen muutoksia (Sirotkin & Korenberg, 2018). Muodonmuutos nymfistä aikuiseksi tapahtuu kummallakin lajilla kesän aikana (Sirotkin & Korenberg, 2018).

Taigapuutiaisen nymfit aktivoituvat lämpötilan ollessa 5 °C astetta ja pysyvät aktiivisena 120 päivän ajan (Sirotkin & Korenberg, 2018; Pakanen ym., 2020). Veriaterian jälkeen taigapuutiaisen nymfit siirtyvät karikkeeseen muodonmuutosta varten (Tanski, 2023). Muodonmuutoksen aloittaneista nymfeistä jopa 80 % kehittyy aikuiseksi (Sirotkin & Korenberg, 2018). Ilman suhteellisen kosteuden tippuminen suotuisan rajan alle häiritsee eniten nymfien kehittymistä aikuiseksi (Sirotkin & Korenberg, 2018). Kehitys tapahtuu kuitenkin maakerroksessa, jossa suhteellinen kosteus harvoin laskee kriittisen rajan alapuolelle (Sirotkin & Korenberg, 2018). Talven aikana nymfien kuolleisuus lisääntyy, mutta talvesta selviää ainakin 25 % talvehtivista nymfeistä (Sirotkin & Korenberg, 2018).

Puutiaisen nymfit aktivoituvat 2,2 °C asteen lämpötilassa ja joissakin paikoissa ne pysyvät aktiivisena jopa talvella, jos talvi on leuto ja lämmin (Sirotkin & Korenberg, 2018). Puutiaisen nymfin kehitys alkaa veriaterian jälkeen maapinnan karikkekerroksessa (Sirotkin & Korenberg, 2018). Kehitys aikuiseksi tapahtuu parhaiten, kun maan suhteellinen kosteus on 97 % (Sirotkin & Korenberg, 2018). Diapaussilla on suuri merkitys puutiaisen nymfin kehityksessä (Sirotkin & Korenberg, 2018). Ilman diapaussia 80 % nymfeistä kehittyy aikuiseksi ja diapaussin kanssa 40 % (Sirotkin & Korenberg, 2018). Diapaussiin menevät ne yksilöt, jotka ovat irtautuvat isännästään loppukesästä (Kahl & Gray, 2023). Puutiaisen nymfeillä on havaittu kaksi huippua, joista ensimmäinen on keväällä ja toinen loppukesällä (Tanski, 2023). Tämä johtaa siihen, että syksyn aikana on aktiivisia ruokkimattomia aikuisia, jotka talvehtivat talven yli (Kahl & Gray, 2023; Sirotkin & Korenberg, 2018).

3 ISÄNTÄLAJIT

Molempien *Ixodes*-lajien isäntiin kuuluu sekä tasa- että vaihtolämpöisiin kuuluvia herbivoreja ja karnivoreja (Tanski, 2023; Sipari ym., 2023). Molemmat lajit käyttävät isäntänään myös koiria, kissoja ja ihmisiä (Laaksonen ym., 2017). Punkkien elinkierron vaihe ja ympäristön eläimet vaikuttavat isäntälajistoon (Sonenshine & Mather, 1994, 7). Molemmilla lajeilla on elinkierron aikana kolme eri isäntää (Uspensky, 2016). Toukalla, nymfillä ja aikuisella on usein eri isäntälajit (Uspensky, 2016). Toukkavaiheen isäntinä toimivat yleisesti pienet jyrsijät molemmilla lajeilla (Sipari ym., 2023; Uspensky, 2016). Nymfvaiheen ja aikuisvaiheen isäntälajit eroavat hieman taigapuutiaisen ja puutiaisen välillä. Taigapuutiaisen nymfit käyttävät lähes yksinomaan pieniä lajeja, mutta puutiaisen nymfit käyttävät laajempaa kirjoa (Uspensky, 2016; Sonenshine & Mather, 1994; Kuvat 1 ja 2). Tämän seurauksena puutiaisen nymfit tarttuvat yleisesti ihmiseen (Laaksonen ym., 2017). Taigapuutiaisen aikuiset käyttävät suurempia isäntälajeja, ja tämän takia ne tarttuvat suuremmalla todennäköisyydellä ihmisiin (Laaksonen ym., 2017; Kuva 1).

Taigapuutiaisten ja puutiaisten selviytyminen ja lisääntyminen ovat riippuvaisia isäntälajien runsaudesta (Sirotkin & Korenberg, 2018). Isäntälajien populaatioiden pienentyminen merkitsee myös taigapuutiaisen ja puutiaisen kantojen tippumista (Tanski, 2023). Aktiivinen yksilö ei elä kauan ilman veriateriaa (Uspensky, 2016). Energiavarastojen loppumisen jälkeen yksilöt kuolevat (Tanski, 2023). Toisaalta vuosina, jolloin isäntälajeja on enemmän tarjolla, puutiaisten ja taigapuutiaisten yksilömäärä kasvaa (Tanski, 2023). Tätä tukevat tutkimukset, joiden mukaan punkkipopulaatiot seuraavat myyräkantojen vuosittaista kannanvaihtelua (Kahl & Gray, 2023).

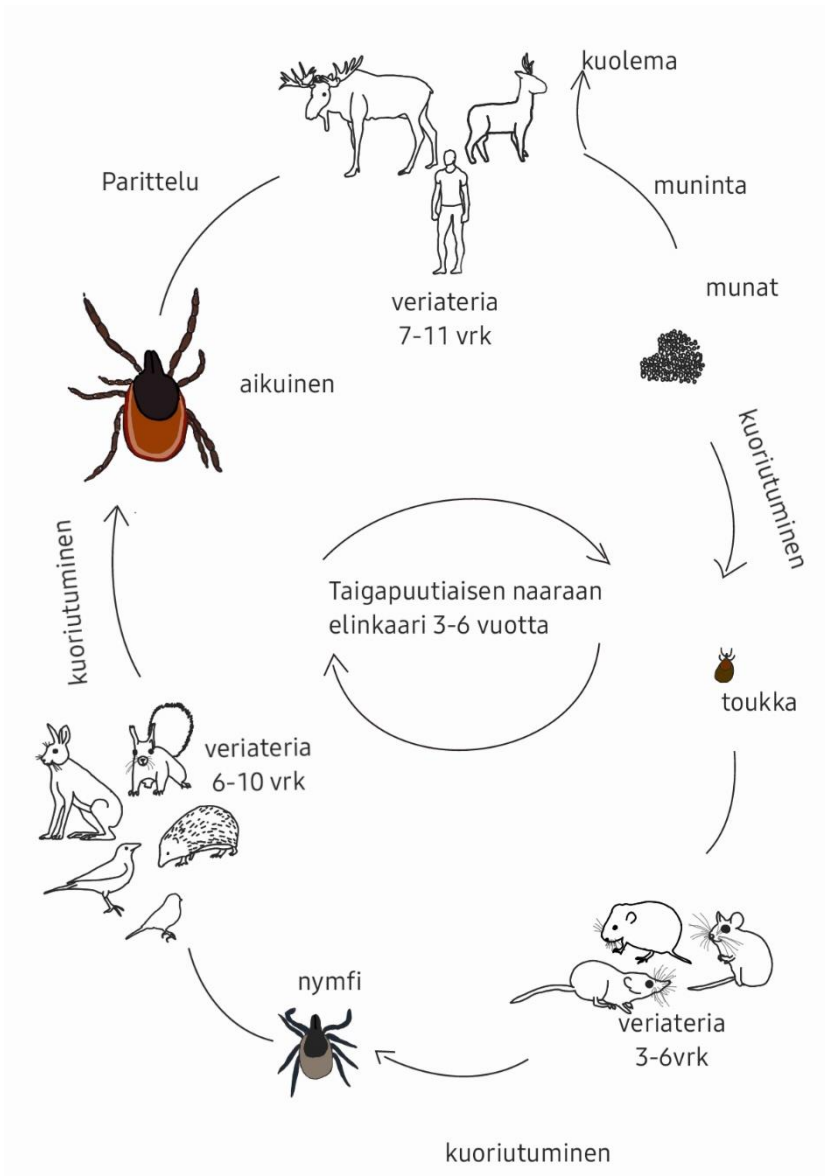
Isäntälajin väijytys tapahtuu kasvillisuuden seasta (Kahl & Gray, 2023). Isäntälaji paikallistetaan punkin selässä sijaitsevilla reseptoreilla (Uspensky, 2016). Punkit aktivoituvat, kun ne aistivat

isäntäeläimen lähellä ilmassa tapahtuvien hiilidioksidimuutosten avulla (Tanski, 2023). Aikuiset punkit pystyvät aistimaan potentiaalisen isäntälajin 5 m tai jopa 20 m etäisyydeltä, riippuen tuulen suunnasta ja voimakkuudesta (Uspensky, 2016). Punkit pystyvätkin hakeutumaan isäntälajin käyttämien polkujen läheisyyteen (Uspensky, 2016). Ne tarttuvat kiinni ohimenevään yksilöön tai jäävät odottelemaan sopivaa yksilöä (Kahl & Gray, 2023; Uspensky, 2016). Punkit eivät pysty olemaan koko ajan heinikossa, vaan niiden pitää tasaisin väliajoin laskeutua heinikosta maahan, jotta niiden vesitasapaino säilyisi (Uspensky, 2016). Karikkeessa olevat yksilöt eivät tällöin enää kykene tarttumaan isäntäeläimeen (Sirotkin & Korenberg, 2018).

3.1 TAIGAPUUTIAISEN ISÄNTÄLAJIT

Taigapuutiaisten aktiivisuus alkaa keväällä ja eniten niitä on toukokuun aikana (Pakanen ym., 2020). Yksilöt eivät aktivoitu kaikki samaan aikaan vaan hiljalleen sitä mukaa kun olosuhteet muuttuvat niille otolliseksi (Uspensky, 2016). Kuitenkin jopa 50 % punkeista aktivoituu ensimmäisten 20 päivän aikana (Korenberg, 2000). Yksilöiden määrä alkaa tämän jälkeen laskemaan, mutta aktiivisia yksilöitä on vielä elokuussa (Pakanen ym., 2020).

Taigapuutiaisen toukat, nymfit ja aikuiset ovat aktiivisia samaan aikaan, joten eri isäntälajit vähentävät lajin sisäistä kilpailua (Uspensky, 2016). Taigapuutiaisella on noin 300 eri isäntälajia, joihin kuuluu nisäkkäitä, lintuja ja matelijoita (Uspensky, 2016). Eniten isäntälajeja löytyy linnuista, joita on yli 175 lajia. Toiseksi yleisin ryhmä on nisäkkäät, joita on 100 eri lajia. Loput ovat matelijoita (Uspensky, 2016). Isäntälajin koko kasvaa sitä mukaa, kun taigapuutiaisen kehityttyä toukasta aikuiseksi (Uspensky, 2016). Toukat metsästävät pääasiassa pikkunisäkkäitä kuten myyriä (esim. kenttämyyrä, *Microtus arvalis* ja metsämyyrä, *Myodes glareolus*), hiiriä (esim. metsähiiri, *Apodemus flavicollis*) ja päästäisiä (esim. metsäpäästäinen, *Sorex araneus*) (Uspensky, 2016; Wang ym., 2023). Nymfit voivat kiinnittyä samoihin isäntälajeihin, mutta ne suosivat keskikokoisia eläimiä kuten oravia, siilejä ja lintuja (esim. pikkuvarpunen, *Passer montanus* ja räkättirastas, *Turdus pilaris*) (Uspensky, 2016; Wang ym., 2023). Aikuiset puolestaan metsästävät suuria eläimiä kuten ihmisiä, hirvieläimiä, jäniseläimiä (esim. metsäjänis, *Lepus timidus* ja rusakko, *Lepus europaeus*), lemmiä ja koiria (Uspensky, 2016; Sipari ym., 2023). Pääisäntälajeina toimivat hirvi (*Alces alces*) ja metsäkauris (*Capreolus capreolus*) (Pakanen ym., 2020). Taigapuutiaisen isännänhakukorkeus on riippuvainen siitä, minkä kokoista isäntälajia yksilöt ovat hakemassa (Uspensky, 2016).



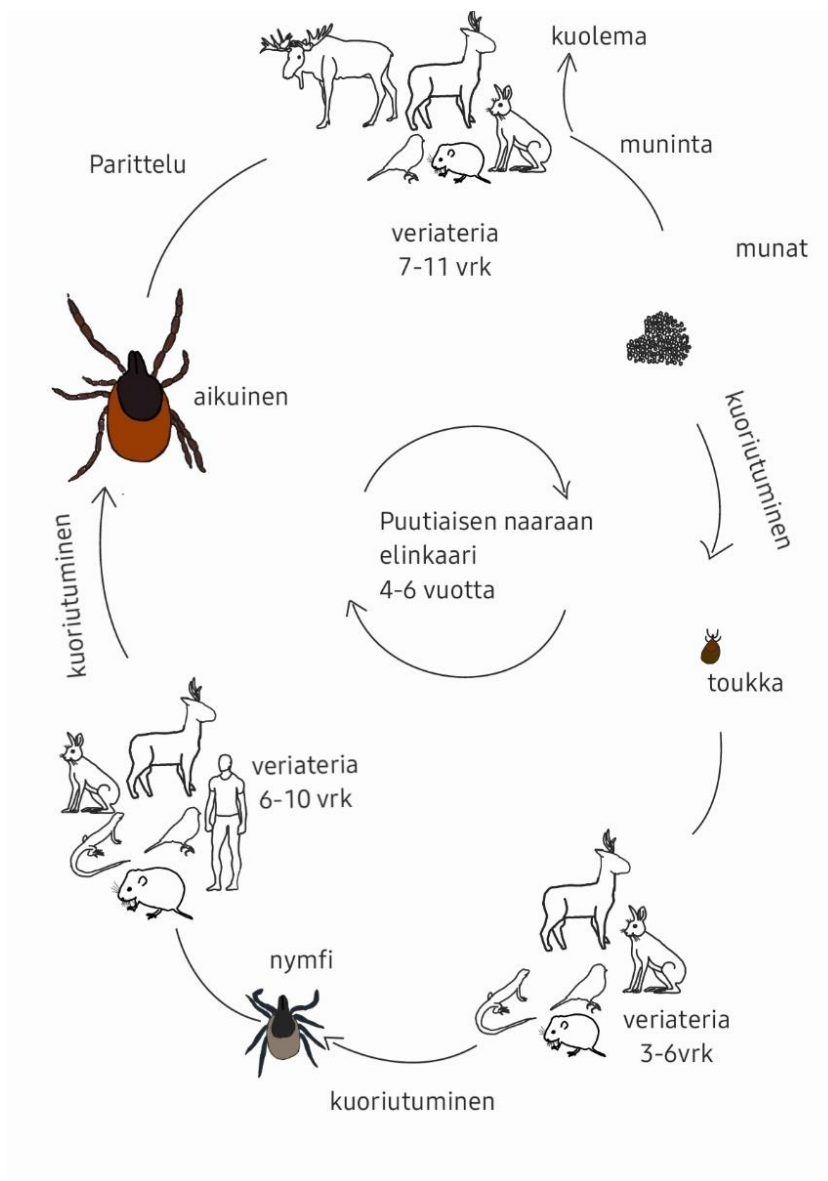
Kuva 1. Taigapuutiaisen elinkiertö ja isäntälajit Uspensky (2016) mukaan.

3.2 PUUTIAISEN ISÄNTÄLAJIT

Puutiaisen aktiivisuus alkaa keväällä ja hiljalleen hiipuu kesän loppuun mennessä (Korenberg, 2000). Puutiaisella on kuitenkin toinen aktiivisuuskausi syksyllä, kun samana vuonna ruokailleet toukat ja nymfit kuoriutuvat (Kahl & Gray, 2023). Puutiaisen aikuiset kiinnittyvät suuriin eläimiin, nymfit keskisuuriin eläimiin ja toukat pienin eläimiin (Sipari ym., 2023; Kuva 2). Jako ei ole kuitenkaan niin tarkka kuin taigapuutiaisella (Uspensky, 2016). Isäntälajin valintaan vaikuttavat isäntälajien elinympäristö ja käyttäytyminen sekä alueen mikroilmasto (Herrmann & Gern, 2015). Puutiaisen aikuiset ja nymfit ovat aktiivisina eri aikoina, jolloin ei synny lajinsisäistä kilpailua (Uspensky, 2016). Toukat ovat aktiivisia myöhemmin keväällä kuin aikuiset ja nymfit (Kahl & Gray, 2023). Puutiaisella on yli 300 isäntälajia, joihin kuuluu nisäkkäitä, lintuja ja matelijoita (Kahl & Gray, 2023).

Toukkien ja nymfien isäntälajeja ovat enimmäkseen pienet nisäkkäät kuten peltomyyrä (*Microtus agrestis*), metsähiiri ja linnut ja liskot (Kahl & Gray, 2023; Herrmann & Gern, 2015). Aikuisen puutiaisen isäntälajeja ovat keskikoiset ja isot nisäkkäät (Kahl & Gray, 2023). Pääisäntälajit ovat metsäkauris, valkohäntäpeura (*Odocoileus virginianus*) ja hirvi (Lindgren ym., 2000; Sipari ym., 2023). Muita lajeja ovat kettu (*Vulpes vulpes*), mäyrä (*Meles meles*), metsäjänis, rusakko ja siili, joka on aikuisen puutiaisen pienin isäntälaji (Sipari ym. 2023; Kahl & Gray, 2023).

Metsäjänis (*Lepus timidus*) ja rusakko (*Lepus europaeus*) ovat tärkeitä isäntälajeja kummallekin punkkilajille (Sormunen ym., 2021). Kummankin punkkilajin populaatiot pystyisivät selviytymään pelkästään metsäjänisten ja rusakoiden avulla, jos alueella ei olisi muita sopivia isäntäeläimiä (Sormunen ym., 2021).



Kuva 2. Puutiaisen elinkierto ja isäntälajit Herrmann & Gernin (2015) mukaan.

4 TAUDINAIHEUTTAJAT

Punkit saavat toukka- ja nymfivaiheen veriaterioiden yhteydessä tauteja aiheuttavia bakteereja, viruksia ja loiseläimiä ja levittävät niitä edelleen seuraaviin isäntiinsä (Laaksonen ym., 2018; Sonenshine & Mather, 1994, 7). Suomessa yleisin patogeeni molemmilla punkkilajilla on borrelioosia aiheuttava *Borrelia burgdorferi* (s.l.) bakteeri (Laaksonen 2018). Toiseksi yleisin patogeeni on bakteereihin kuuluva *Rickettsia* spp, joka aiheuttaa pilkkukuumetta (Laaksonen ym., 2018). Näiden lisäksi punkit kantavat TBE-virusta, joka aiheuttaa ihmiselle puutiaisaivokuumeen (Tanski, 2023). Alkueläimiin kuuluva *Babesia* aiheuttaa babesioosia eli naudan punatautia niin ihmisissä kuin eläimissä (Moraga-Fernández ym., 2023). Bakteereihin kuuluva *Anaplasma phagocytophilum* aiheuttaa tulehdustilan ihmisissä, kotieläimissä ja villieläimissä (Song ym., 2020). Punkkien patogeenien isäntänä toimii 97 eri lajia, joihin kuuluvat mm. ihmiset, 12 kotieläintä ja 84 villieläintä (Moraga-Fernández ym., 2023). Taudinaiheuttajien esiintyvyys riippuu pitkälti isäntälajistosta, koska vain tietyt lajit voivat olla niiden isäntiä (Moraga-Fernández ym., 2023).

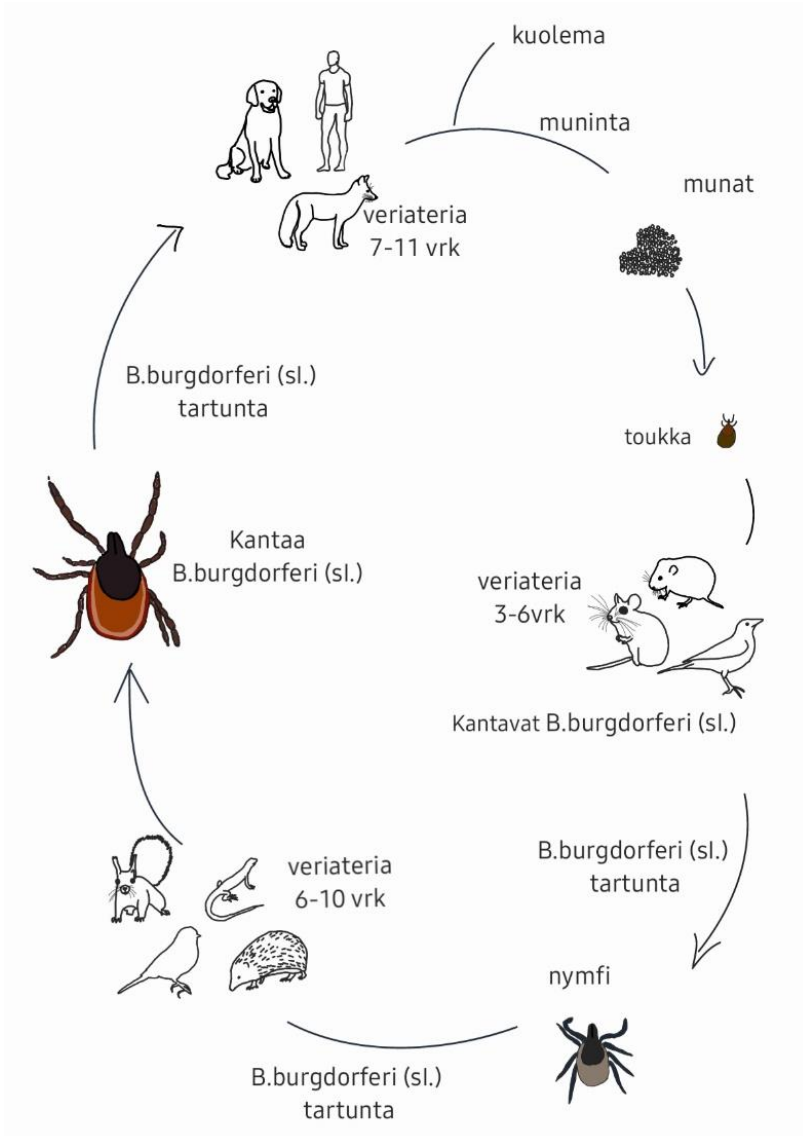
4.1 BORRELIA BURGDORFERI S.L.

Borrelia burgdorferi (s.l.) bakteeri leviää punkkeihin pääsääntöisesti pikkujyrsijöistä ja linnuista veriaterian aikana (Pakanen ym., 2020; Kuva 3). *B. burgdorferi* (s.l.) aiheuttaa ihmisissä borrelioosin eli Lymen taudin (Laaksonen ym. 2017). *B. burgdorferi* (s.l.) säilyy pääisäntäeläimessä kauan, mahdollisesti koko sen elinajan (Uspensky, 2016). Punkin veriaterian aikana *B. burgdorferi* (s.l.) kulkeutuu veren mukana toukkiin ja nymfeihin tartuttaen punkkiyksilön (Uspensky, 2016). Muodonmuutoksen jälkeen *B. burgdorferi* (s.l.) infektiio säilyy (Uspensky, 2016). Aikuisilla punkeilla on usein korkeampi *B. burgdorferi* (s.l.) infektioiden esiintyvyys (Laaksonen ym., 2017). Tämä kieli siitä, että sekä toukat että nymfit ruokailevat isäntäeläimistä, jotka kantavat *B. burgdorferia* (s.l.) (Pakanen ym., 2020). Naaraiden ja urosten välillä ei ole huomattu eroa *B. burgdorferi* (s.l.) kantamisesta (Laaksonen ym., 2017).

Laaksonen ym. 2018 tutkivat 3465 Suomesta kerättyä punkkia ja selvittivät puutiaisten ja taigapuutiaisten kantamia tauteja. Tutkituista punkeista 17 % kantoi *B. burgdorferi* (s.l.) bakteeria (Laaksonen ym., 2018). *B. burgdorferi* (s.l.) esiintyvyys Suomessa on noin 16.2 % puutiaisella ja 18.1 % taigapuutiaisella (Laaksonen ym., 2018). Esiintyvyydessä on kuitenkin suurta paikallista vaihte luv isäntälajien takia. Pakanen ym., (2020) tekemässä tutkimuksessa tutkittiin Perämeren alueelta 207 taigapuutiaista ja niiden kantamia patogeeneja. Näistä tutkituista taigapuutiaisista 62 % kantoi *B. burgdorferia* (s.l.) (Pakanen ym., 2020). Taigapuutiaisen toukat ja nymfit kummatkin ruokailevat isäntälajeissa, jotka kantavat *B. burgdorferi* (s.l.) (Pakanen ym. 2020). Tästä johtuu aikuisten taigapuutiaisten suuri *B. burgdorferi* (s.l.) infektioiden esiintyvyys.

4.1.1 Borrelian tarttuminen

Borrelia säilyy punkkien suolistossa, mistä se siirtyy punkin pureman kautta seuraavaan isäntään (Uspensky, 2016). Isäntälajin tartunnan saaminen on suoran verrannollinen punkin suoliston *B. burgdorferi* (s.l.) pitoisuuden kanssa (Uspensky, 2016). Tartunnan saamisen todennäköisyys punkilta kasvaa aina kun edetään toukasta aikuiseen (Uspensky, 2016). Isäntä voi toimia välillisenä vektorina toukan ja nymfin välillä, jos punkit sattuvat syömään samaan aikaan samasta isäntälajiyksilöstä (Uspensky, 2016). Tartunnan saaminen vaatii sen, että nymfi kantaa *B. burgdorferia* (Uspensky, 2016).



Kuva.3. *B. burgdorferi* (s.l.) kierto punkeissa ja isäntäeläimissä. Gray (1998) ja Moraga-Fernández ym. (2023) mukaan.

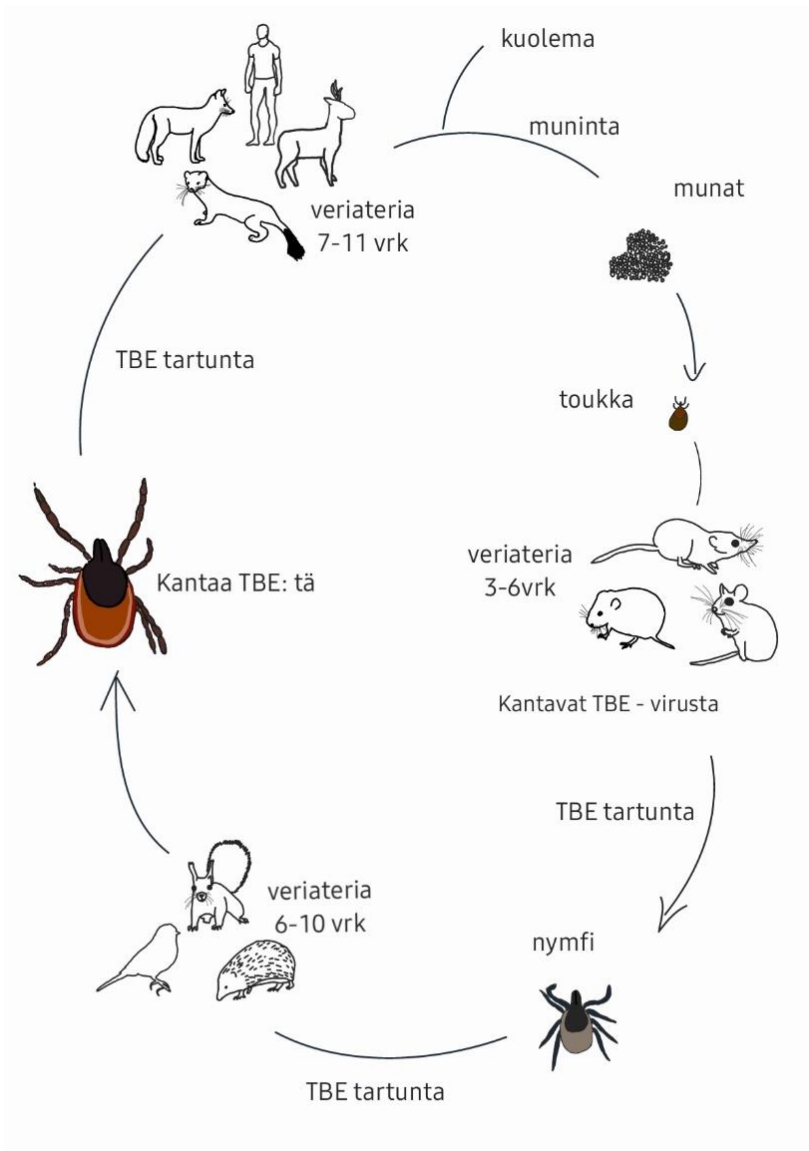
4.1.2 B.burgdorferin alalajeja

Punkit kantavat useita *B. burgdorferin* (s.l) alalajeja (Laaksonen ym., 2018). Näitä ovat *B. garinii*, *B. afzelii*, *B. valaisiana* ja *B. burgdorferi* (s.s) (Pakanen ym., 2020). Laaksonen ym. (2018) raportoi puutiaisten kantaneen *B. burgdorferi* (s.l) alalajeja seuraavasti: *B. garinii* 44.6 %, *B. afzeliini* 40.7 %, *B. valaisiana* 9.1 % ja *B. burgdorferi* (s.s) 5.6 %. Infektoituneet taigapuutiaiset kantoivat *B. burgdorferin* (s.l) seuraavasti: *B. garinii* 62.6 %, *B. afzelii* 35.0 % ja *B. valaisiana* 2.5 % (Laaksonen ym., 2018). *B. burgdorferi* (s.s) ei löydetty taigapuutiaisesta (Laaksonen ym., 2018). Sama punkkiyksilö voi kantaa samanaikaisesti monta *B. burgdorferin* (s.l) alalajia (Uspensky, 2016).

Alalajien esiintyvyys heijastaa isäntälajistoa. Linnut (esim. rastaat *Turdus*) kantavat *B. gariniin* (Laaksonen ym. 2018). Pienet jyrsijät kantavat yleisemmin *B. afzeliin* (Laaksonen ym. 2018). *B. gariniin* korkea esiintyvyys taigapuutiaisessa johtunee *Turdus* suvun lintujen ja taigapunkkien samanaikaisesta runsaudesta keväällä (Laaksonen ym. 2018). Taigapuutiaisen aktiivisuushuippu ja *Turdus* suvun lintujen migraatio tapahtuu keväällä saman aikaan, mikä edistää *B. gariniin* tartunnan saamista (Laaksonen ym. 2018).

4.2 TBE- VIRUS

Taigapuutiaisen ja puutiaisen kantavat TBE-virusta, joka aiheuttaa puutiaisivokuumetta (Tanski, 2013). Puutiaisen ja taigapuutiaisen katsotaan olevan TBE:n merkittävimmät vektorit (Gray ym., 2009). Punkit saavat TBE-virus tartunnan 1) ruokailemalla infektoituneessa isäntäeläimessä ja 2) ruokailemalla samanaikaisesti samasta eläimestä infektoituneen punkin kanssa (Kwasnik ym., 2023). Ihminen voi saada TBE:n tartunnan tunnin sisällä punkin tarttumisesta (Zakham ym., 2023). TBE-viruksen isäntälajeihin kuuluu pieniä jyrsijöitä kuten punamyyrä (*Myodes rutilus*), siili ja kettu (*Vulpes vulpes*) (Kwasnik ym., 2023; Kuva 4). TBE-viruksen esiintyvyys ihmisillä on kausittainen ja se korreloi taigapuutiaisen ja puutiaisen aktiivisuuden kanssa (Korenberg, 2000). Suomessa se on harvinainen. Laaksonen ym., (2017) tutkivat 2038 punkkia ja havaitsivat TBE:tä vain 1.6 % yksilöistä. TBE on yleisempi taigapuutiaisella kuin puutiaisella (Laaksonen ym., 2017). Tutkituista taigapuutiaisista 3 % kantoi TBE:tä ja puutiaisista puolestaan vain 0.2 % (Laaksonen ym., 2017). Suomessa TBE:tä kantavia punkkeja löytyi Itä- ja Keski-Suomesta ja Perämeren alueelta (Laaksonen ym., 2017). TBE:tä löytyi pääasiassa aikuisista yksilöistä (Laaksonen ym., 2017).



Kuva 4. TBE:n kierto punkeissa ja isäntäeläimissä. Kwasnik ym. (2023) ja Donoso-Mantke ym. (2011) mukaan.

TBE-viruksen tuotto on tehokkainta punkkien elinten ja solujen kehitysvaiheessa (Korenberg, 2000). Punkin muodonmuutoksen jälkeen TBE-viruksen tuottaminen on tehokasta, sillä punkki muodostaa silloin uusia elimiä ja soluja (Korenberg, 2000). TBE:n tuottamista edesauttaa ravinteiden riittävä saanti ja maanpinnan lämpiäminen punkin muodonmuutoksen aikana (Korenberg, 2000). TBE:n tuottavuus on suurempi yksilöissä, jotka eivät ole olleet diapaussissa (Korenberg, 2000). Tuottavuus vähenee myös punkin vanhetessa ja olosuhteiden ollessa epäsuotuisat punkille (Korenberg, 2000). Punkkien aktiivisuuskauden alussa TBE:n tuottavuus on suuri, mutta tuottavuus alkaa laskemaan aktiivisuuskauden loppua kohti (Korenberg, 2000).

TBE-viruksen siirtyminen punkista isäntäeläimeen pureman välityksellä heikkenee punkin vanhetessa (Korenberg, 2000). TBE-virus leviää juuri nuorten punkkiyksilöiden avulla sukupolvelta

toiselle (Korenberg, 2000). TBE-virus pysyykin taigapuutiaisen ja puutiaisen populaatioissa yhtä kauan, kuin populaatiossa on nuoria yksilöitä (Korenberg, 2000).

4.3 MUUT PATOGEENIT

Babesia spp. kuuluu alkueläimiin ja se on loinen (Moraga-Fernández ym., 2023). Se tartuttaa punasolut aiheuttaen naudan punatautia sekä ihmisissä että eläimissä (Kahl & Gray, 2023; Laaksonen ym., 2018). *Babesia* spp. ryhmään kuuluu monenlaisia lajeja kuten *B.bigemia*, *B. venatorum*, *B. divergens*, *B. corandae* ja *B.canis* (Moraga-Fernández ym., 2023). Isäntälajeja ovat *Babesia* lajista riippuen koirat, lepakot, ihmiset ja linnut (Moraga-Fernández ym., 2023). Etelä-Suomessa puutiaisessa esiintyy *B. venatorum* ja Keski-Suomessa *B. divergens* (Laaksonen ym., 2018). Taigapuutiaisesta ei ole löydetty *Babesia* (Laaksonen ym., 2018).

Rickettsia kuuluu gram-negatiivisiin bakteereihin ja sitä levittävät punkit, kirput ja täit (ChaparroGutiérrez ym., 2023). *Rickettsia* spp. aiheuttaa monenlaisia tauteja lajista riippuen, kuten Välimeren pilkkukuumetta ja Tick-borne lymphadenopathy (TIBOLA) (Moraga-Fernández ym., 2023). Suomessa 13.9 % puutiaisista ja 6.5 % taigapuutiaisista kantaa *Rickettsia* bakteeria (Laaksonen ym. 2018). Sen isäntälajeja ovat *Rickettsia* lajista riippuen mm. ihmiset ja jyrsijät kuten metsähiiri (Moraga-Fernández ym., 2023). *Rickettsia* lajeja ovat mm. *R. helvetica* ja *R. monacensis* (Laaksonen ym., 2018). Suomessa yleisin laji kummallakin punkkilajilla on *R. helvetica* (Laaksonen ym., 2018).

Francisella tularensis subsp. holartica aiheuttaa jänisruttoa Suomessa ja muualla Euroopassa (Sormunen ym., 2021). Se kuuluu gram-negatiivisiin bakteereihin ja isäntänä toimivat ihmiset, myyrät ja jänikset (Mansfield & Fox, 2019, 276; Sormunen ym., 2021). Sitä levittävät Suomessa pääasiassa hyttyset, vaikka muualla Euroopassa päälevittäjänä toimii puutiainen (Sormunen ym., 2021). Suomessa *F. tularensista* ei ole löydetty puutiaisesta tai taigapuutiaisesta (Laaksonen ym., 2018). Syynä tähän voi olla, että *F. tularensis* leviää Suomessa pääasiassa saastuneen veden kautta, jolloin *F. tularensis* ei pääse kontaktiin punkkien kanssa, jotka välttävät vesistöjä (Sormunen ym., 2021)

4.4 PUNKEISSA SAMAN AIKAISESTI ESIINTYVÄT PATOGEENIT

Puutiainen ja taigapuutiainen pystyvät kantamaan samanaikaisesti monta patogeeniä (Zakham ym., 2023). Patogeenit eivät häiritse toistensa toimintaa koinfektion aikana, sillä kukin patogeeni asettuu punkin eri elimiin, soluihin tai kudoksiin (Uspensky, 2016). Taigapuutiaisen aikuisella yksilöllä on havaittu jopa 17 eri patogeenin DNA:ta (Uspensky, 2016). Koinfektioiden määrä heijastaa taudinaiheuttajien esiintyvyyttä. Pohjois-Suomessa taigapunkkien yleisimmät samanaikaisesti

esiintyvät patogeenit ovat *B. gariini* ja *B. afzelii* (Pakanen ym., 2020). Suomalainen tutkimus raportoii, että 2.4 % puutiaisista kantaa kahta tai useampaa patogeeniä ja taigapuutiaisista puolestaan vain 0.8 % (Laaksonen ym., 2018). Yleisimmät samanaikaisesti esiintyvät patogeenit ovat *B. burgdorferi* s.l. ja *ricketsia* ssp (Laaksonen ym., 2018).

4.5 PATOGEENIEN VAIKUTUKSET PUNKKEIHIN

Patogeenit vaikuttavat punkkien käyttäytymiseen, jotta niiden oma lisääntyminen olisi tehokkaampaa (Zakham ym., 2023; Benelli, 2020). Patogeeneja kantavat yksilöt ovat aktiivisempia, pitkäikäisempiä ja kestävät enemmän muuttuvia olosuhteita elinympäristössään (Uspesky, 2016; Zakgham, 2023). *B. burgdorferi* (s.l.) infektio lisää rasvan varastointia ja *Anaplasma* lisää kylmän kestävyyttä, (Benelli, 2020). Koinfektio *B. burgdorferin* ja TBE:n välillä lisää liikkuvuutta, *Anaplasman* ja *B. burgdorferi* s.l. koinfektio lisää kestävyyttä ja koinfektio *B. burgdorferi* s.l., *Anaplasman* ja *Bartonellan* kesken parantaa punkin verenottamista (Benelli, 2020). Eli eri patogeenit ja koinfektiot vaikuttavat punkkiin eri tavoin parantaen niiden menestymistä. *B. burgdorferi* infektiolla ei ole nykyisten tutkimusten mukaan vaikutusta punkkiyksilön kehitykseen (Uspensky, 2016).

5 LEVINNEISYYS

Puutiaisia ja taigapuutiaisia löytyy ympäri maailmaa (Tanski, 2023). Puutiaisten levinneisyys ulottuu Euroopasta Pohjois-Afrikkaan, Turkkiin, Lähi-Itään ja Kaukaasiaan (Diuk-Wasser ym., 2015; Sirotkin & Korenberg, 2018). Taigapuutiaiset esiintyvät taigametsävyöhykkeellä koko Euraasian halki Ruotsin itäosista Japaniin asti (Diuk-Wasser ym., 2015; Sirotkin & Korenberg, 2018). Euraasian alueella punkit ovat sopeutuneet elämään monentyppisissä lauhkean vyöhykkeen metsissä ja kykenevät mukautumaan abioottisten ja bioottisten muuttujien mukaan (Sirotkin & Korenberg, 2018). Suomessa puutiaisten levinneisyys rajoittuu maan etelä- ja keskiosiin ja taigapuutiaisen esiintyy pääosin Keski- ja Pohjois-Suomessa (Laaksonen ym., 2018).

Taigapuutiaisen ja puutiaisen levittäytymistä rajoittaa oikeanlainen ilmasto (Lindgren ym., 2000). Pohjoisemmaksi levittäytymistä estävät myös isäntälajien ja oikeanlaisen kasvillisuuden puute (Lindgren ym., 2000). Keskilämpötilan pitäisi olla 5 °C astetta, jotta punkit selviytyisivät (Uspensky, 2016).

5.1 ELINYMPÄRISTÖ JA SÄÄTEKIJÖIDEN VAIKUTUKSET LEVINNEISYYTEEN

Sekä taigapuutiaisen että puutiaisen ovat sopeutuneet kestävämpään laaja-alaisiin muutoksiin niiden elinympäristössä (Sirotkin & Korenberg, 2018). Kumpikin laji on sopeutunut elämään suhteellisen laajassa lämpötilagradientissa ja kestävät suhteellisen hyvin kosteuden muutoksia, kunhan kyseiset

olosuhteet eivät heittele liikaa maksimin ja minimin välillä (Sirotkin & Korenberg, 2018). Kasvillisuudessa kumpikin laji suosii ympäristöjä, joissa on sammal- tai karikkekerros, ja sijaitsevat suurten vesistöjen äärellä (Tanski, 2023). Nämä tekijät usein suojaavat epäedullisilta olosuhteilta (Kahl & Gray, 2023).

Taigapuutiaiset viihtyvät erilaisissa taigametsissä, kuten vuoristotaigametsissä, eteläisessä taigametsissä, metsäaron reuna-alueilla ja puolitudrametsissä (Sirotkin & Korenberg, 2018). Biotooppeina toimivat myös erilaiset lehtimetsät (Uspensky, 2016). Suomessa taigapuutiaiset ovat runsaimmillaan Perämeren rantametsissä (Pakanen ym., 2020). Puutiainen viihtyy lämpimissä ilmastoissa (Sirotkin & Korenberg, 2018). Puutiaisen elinympäristöihin kuuluvat erilaiset metsät kuten lehtimetsät, sekametsät, eteläinen taigametsä ja vuoristoinen metsä (Kahl & Gray, 2023; Sirotkin & Korenberg, 2018). Avoimet biotoopit kuten laitumet ja nummet kuuluvat myös puutiaisen biotooppeihin (Sirotkin & Korenberg, 2018).

5.2 LÄMPÖTILAN JA LUMIKERROKSEN VAIKUTUKSET

Taigapuutiaiset ovat aktiivisia, kun alueen ilmalämpötila on 3 °C, mutta niiden aktiivisuus alkaa laskemaan ilmanlämpötilan ollessa yli 20 °C astetta (Sirotkin & Korenberg, 2018). Eniten aktiivisuuteen vaikuttaa kuitenkin suhteellisen ilmankosteuden tippuminen 80 prosenttiin (Gray ym., 2009). Taigapuutiainen selviytyy kylmemmillä alueilla kuin puutiainen, esimerkiksi Itä-Aasian alueilla, joissa kylmimmän kuukauden keskilämpötila on -15 °C astetta (Sirotkin & Korenberg, 2018). Taigapuutiaisen siirtymistä pohjoisemmaksi rajoittaa kuitenkin talvien ankara kylmyys ja kuivuus (Sirotkin & Korenberg, 2018).

Kummatkin lajit ovat riippuvaisia lumikerroksen tarjoamasta suojasta talvikuukausina (Tanski, 2023). Lumikerros toimii hyvänä eristeenä ja pitää maapinnan lämpötilan punkeille sopivana (Kahl & Gray, 2023). Puutiaisten elinalueella lumikerroksen paksuus on yleensä 5–50 cm (Sirotkin & Korenberg, 2018). Taigapuutiaisen elinalueella lumikerroksen paksuus on yleensä 40–90 cm (Sirotkin & Korenberg, 2018). Lumikerroksen pitää olla ainakin 75 cm paksu, jotta se suojaisi punkkeja kovilla pakkasilla (Sirotkin & Korenberg, 2018). Kummankaan lajin munat, toukat, nymfit tai aikuiset eivät selviydy talven yli, jos maapinnan lämpötila tippuu alle -1 asteen (Sirotkin & Korenberg, 2018).

Korkea lämpötila ja ilmankosteuden vähentyminen voivat olla kummallekin lajille kohtalokasta, sillä pitkäaikainen kosteuden puute lisää yksilöiden kuolleisuutta kummassakin lajissa (Tanski, 2023). Punkit viihtyvätkin elinympäristöissä, joissa sademäärä on kohtalainen tai runsas (Gray ym., 2009). Ilman suhteellinen kosteus ei saa tippua alle 80 %, jotta se olisi otollinen kaikille kehitystasolle (Kahl

& Gray, 2023). Kosteuden laskiessa alle 80 %, punkkien kuivumisriski kasvaa (Gray ym., 2009). Tällöin yksilöt siirtyvät karike- tai sammalkerrokseen turvaan (Tanski, 2023). Karikkeessa suhteellinen kosteus pysyy yleensä punkeille sopivana (Kahl & Gray, 2023). Karikekerroksessa ollessaan yksilöt eivät pysty tarttumaan isäntään, mikä voi johtaa kuolemaan (Tanski, 2023). Yksilöiden suuri kuolleisuus voi johtaa siihen, että populaation tiheys alueella laskee (Sirotkin & Korenberg, 2018).

6 TULEVAISUUDESSA TAPAHTUVAT MUUTOKSET

Taigapuutiaisten ja puutiaisten levinneisyydet ovat siirtyneet Suomessa pohjoisemmaksi 60 vuoden aikana (Laaksonen ym., 2017). Tänä aikana punkit ovat siirtyneet melkein 300 km pohjoisemmaksi (Laaksonen ym., 2017). Uusia levinneisyysalueita on Perämerellä sekä Itä- ja Keski-Suomessa (Laaksonen ym., 2017). Punkkeja on kuitenkin tavattu Perämeren rantametsissä jo 1930-luvulla, joten osa viime aikoina havaituista muutoksista voi heijastaa muutoksia runsaudessa eikä niinkään muutoksia levinneisyysalueissa (Pakanen ym., 2020). Pohjoisimmat havainnot on tehty 67 °N leveyspiirillä Lapissa (Laaksonen ym., 2017). Ei ole kuitenkaan varmaa onko niin pohjoiseen vielä muodostunut pysyvää punkkipopulaatiota, sillä alueelta on havaittu vain satunnaisia yksilöitä (Laaksonen ym., 2017). Yksilöt ovat voineet siirtyä isäntälajin mukana muualta Suomesta (Laaksonen ym., 2017).

Ilmastonmuutoksen myötä lämpötilat nousevat, jolloin isäntäeläimet pystyvät siirtymään yhä pohjoisemmaksi (Tanski, 2023). Punkeille suotuisa kasvillisuus siirtyy pohjoisemmaksi, jolloin punkeille on tarjolla myös suotuisia elinympäristöjä (Gray ym., 2009). Punkit pystyvät valtaamaan uusia alueita ja niiden populaatiot lähtevät kasvuun (Laaksonen ym., 2017). Punkkien levittäytymistä uusille alueille tarkoittaa myös niiden kantamien tautien leviämistä uusille alueille (Gray ym., 2009).

Taigapuutiainen ja puutiainen hyötyvät pidentyneestä keväästä ja syksystä (Lindgren ym., 2000). Lämpötilojen noustessa kasvukausi pitenee ja punkkien aktiivisuus kestää kauemmin (Pakanen ym., 2020). Punkit pystyvät olemaan kauemmin aktiivisena, kun talvet ovat leutoja ja talvet kestävät vähemmän aikaa (Lindgren ym., 2000). Punkeilla on enemmän aikaa etsiä sopivaa isäntälajia (Tanski, 2023). Punkit voivat välttää diapaussin, jos sääolosuhteet pysyvät niille suotuisana (Gray ym., 2009). Tällöin punkit pysyvät kehittymään ja kasvamaan nopeammin (Gray ym., 2009). Lämpötilojen muutoksen lisäksi sademäärän muutokset voivat luoda entistä edullisempia olosuhteita punkeille (Tanski, 2023). Kääntöpuolena on alueiden kuivuminen ja ilmankosteuden tippuminen (Gray ym., 2009). Ilmankosteuden tippuminen alle 75 % vahingoittaa kehittymistä (Tanski, 2023). Vahingot

kehityksessä ovat sitä suuremmat, mitä kauemmin kuivuus kestää (Tanski, 2023). Tällöin kummankin punkkilajin populaatiot voivat lähteä laskuun (Gray ym., 2009).

Ilmaston lämpeneminen vaikuttaa myös isäntäeläinten siirtymiseen pohjoisemmaksi, jolloin punkit siirtyvät niiden mukana myös pohjoisemmaksi (Laaksonen ym., 2017). Taigapuutiaisen ja puutiaisen populaatiot lähtevät kasvuun, kun tarjolla on enemmän sopivia isäntälajeja (Lindgren ym., 2000). Lintujen muuttoreitit tarjoavat punkeille otollisen väylän levittäytymiseen (Zakham ym., 2023). On otettava huomioon, että uusia isäntäeläimiä voi tulla myös ihmisten mukana, eikä pelkästään ilmaston lämpenemisen takia. Ihmiset matkustelevat paljon nykyään, jolloin mukana kulkeutuu myös eläimiä. Eläimet voivat puolestaan kantaa uusia punkkilajeja, jotka kantavat alueelle uusia tauteja (Zakham ym., 2023). Niinpä olisi hyvä, että saataisiin paljon tietoa nykyisistä *Ixodes* lajeista, jotta tulevaisuudessa ei tarvitsisi taistella useampaa lajia vastaan.

7 LÄHDELUETTELO

- Benelli, G. (2020). Pathogens Manipulating Tick Behavior- Through a Glass, Darkly. *Pathogens*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/pathogens9080664>
- Chaparro-Gutiérrez, J. J, Acevedo-Gutiérrez, L. Y., Medelle, N. L., Robayo-Sánchez, L. N., Rodríguez-Durán, A., Cortés-Vecino, J. A., Fernández, D., Ramírez-Hernández, A., & Bouyer, D. H. (2023). First isolation of *Rickettsia amblyommatis* from *Amblyomma mixtum* in Colombia. *Parasites & Vectors*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05950-7>
- Dantas-Torres, F., Chomel, B. B. & Otrabto, D. (2012). Ticks and tick-borne diseases: a One Health perspective. *Trends in Parasitology*, 28(10), 437–446. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2012.07.003>
- Diuk-Wasser, M. A., Vannier, E. & Krause, P. J. (2015). Coinfection by *Ixodes* Tick-Borne Pathogens: Ecological, Epidemiological, and Clinical Consequences. *Trends in Parasitology*, 32(1), 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2015.09.008>
- Donoso-Mantke, O., Karan, L. S. & Růžek, D. (2011). Tick-Borne Encephalitis Virus: A General Overview. Teoksessa Růžek, D. (Ed.). *Flavivirus Encephalitis*, s. 133–156. IntechOpen. <https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/65180>
- Guglielmone, A. A., Robbins, R. G., Apanaskevich, Petney, T. N., Estrada-Peña, A. & Horak, I. G. (2013). *The Hard Ticks of the World*. Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7497-1>
- Gray, J.S. (1998). Review The ecology of ticks transmitting Lyme borreliosis. *Experimental & Applied Acarology*, 22, 249–258. <https://doi.org/10.1023/A:1006070416135>
- Gray, J. S., Dautel, H., Estrada-Peña, Kahl, O. & Lindgren, E. (2009). Effects of Climate Change on Ticks and Tick-Borne Diseases in Europe. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, 2009. <https://doi.org/10.1155/2009/593232>
- Grigoryeva, L. A. & Stanyukovich, M. K. (2016). Life cycle of the taiga tick *Ixodes persulcatus* (Acari: Ixodidae) in the North-West of Russia. *Experimental and Applied Acarology*, 69, 347–357. <https://doi-org.pc124152.oulu.fi:9443/10.1007/s10493-016-0038-1>
- Herrmann, C. & Gern, L. (2015). Search for blood or water is influenced by *Borrelia burgdorferi* in *Ixodes ricinus*. *Parasites and vectors*, 8, <https://doi.org/10.1186/s13071-014-0526-2>
- Kahl, O., & Gray, J. S. (2023). The biology of *Ixodes ricinus* with emphasis on its ecology. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 14(2). <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2022.102114>

- Korenberg, E.I. (2000). Seasonal adaptation of *Ixodes* ticks and tick-borne encephalitis virus. *Experimental and Applied Acarology*, 24(9), 665–81. <https://doi.org/10.1023/A:1010798518261>
- Kwasnik, M., Rola, J. & Rozek, W. (2023). Tick-Borne Encephalitis—Review of the Current Status. *Journal of Clinical Medicine*, 12 (20). <https://doi.org/10.3390/jcm12206603>
- Laaksonen, M., Sajanti, E., Sormunen, J. J., Penttinen, R., Hänninen, J., Ruohonmäki, K., Sääksjärvi, I., Vesterinen, E. J., Vuorinen, I., Hytönen, J. & Klemola, T. (2017). Crowdsourcing-based nationwide tick collection reveals the distribution of *Ixodes ricinus* and *I. persulcatus* and associated pathogens in Finland. *Emerging Microbes & Infections*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/emi.2017.17>
- Laaksonen, M., Klemola, T., Feuth, E., Sormunen, J. J., Puisto, A., Mäkelä, S., Penttinen, R., Ruohomäki, K., Hänninen, J., Sääksjärvi, I. E., Vuorinen, I., Sprong, H., Hytönen, J. & Vesterinen, E. J. (2018). Tick-borne pathogens in Finland: comparison of *Ixodes ricinus* and *I. persulcatus* in sympatric and parapatric areas. *Parasites & Vectors*, 11. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3131-y>
- Lindgren, E., Tälleklint, L. & Polfeldt, T. (2000). Impact of Climatic Change on the Northern Latitude Limit and Population Density of the Disease-Transmitting Tick *Ixodes ricinus*. *Environmental Health Perspectives*, 108(2), 119–123. <https://doi.org/10.1289/ehp.00108119>
- Moraga-Fernández, A., Muñoz-Hernández, C., Sánchez-Shánchez, M., Fernández de Mera, I. G. & de la Fuente, J. (2023). Exploring the diversity of tick-borne pathogens: The case of bacteria (*Anaplasma*, *Rickettsia*, *Coxiella* and *Borrelia*) protozoa (*Babesia* and *Theileria*) and viruses (*Orthonairovirus*, tick-borne encephalitis virus and louping ill virus) in the European continent. *Veterinary Microbiology*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2023.109892>
- Mansfield, K. G. (Ed.) & Fox, J. G. (Ed.) (2019). Bacterial Diseases. Teoksessa Marini, R. (Ed.), Wachtman, L. (Ed.), Tardif, S. (Ed.). *The Common Marmoset in Captivity and Biomedical research*, s. 265–287. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811829-0.00016-9>
- Pakanen, VM., Sormunen, J. J., Sippola, E., Blomqvist, D. & Kallio, E. R. (2020). Questing abundance of adult taiga ticks *Ixodes persulcatus* and their *Borrelia* prevalence at the north-western part of their distribution. *Parasites & Vectors*, 13. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04259-z>

- Sipari, S., Kiljunen, M., Nylund, M. & Kallio, E. J. (2023). Identifying breeding hosts of *Ixodes ricinus* ticks using stable isotope analysis of their larvae – Proof of concept. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 15(1). <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2023.102252>
- Sirotkin, M. B. & Korenberg, E. I. (2018). Influence of Abiotic Factors on Different Developmental Stages of the Taiga Tick *Ixodes persulcatus* and the Sheep Tick *Ixodes ricinus*. *Entomological Review*, 98(4), 496–513. <https://doi.org.pc124152.oulu.fi:9443/10.1134/S0013873818040115>
- Sonenshine, D. E. (Ed.) & Mather, T. N. (Ed.). (1994). *Ecological dynamics of tick-borne zoonoses*. Oxford University.
- Song, J., Zhao, S., Li, T., Wang, H., Zhang, L., Wang, J., Ning, C. & Peng, Y. (2020). Duplex TaqMan real-time PCR assay for simultaneous detection and quantification of *Anaplasma capra* and *Anaplasma phagocytophilum* infection. *Molecular and Cellular Probes*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2019.101487>
- Sormunen, J. J., Pakanen, VM., Elo, R., Mäkelä, S. & Hytönen, J. (2021). Absence of *Francisella tularensis* in Finnish *Ixodes ricinus* and *Ixodes persulcatus* ticks. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 12(6). <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2021.101809>
- Tanski, N. (2023). Puutiaisten (*Ixodes ricinus* ja *Ixodes persulcatus*) levinneisyyteen ja runsauteen vaikuttavat tekijät Suomessa. *Terra: Maantieteellinen Aikakausikirja*, 135(1), 27–38. <http://dx.doi.org/10.30677/terra.116130>
- Uspensky, I. (2016). The Taiga Tick *Ixodes Persulcatus* (Acari: *Ixodidae*), the Main Vector of *Borrelia Burgdorferi Sensu Lato* in Eurasia. Teoksessa *Lyme Disease*. SMGroup. <https://www.researchgate.net/publication/307584073>
- Zakham, F., Korhonen, E. M., Puonti, P. T., Castrén, R. S., Uusitalo, R., Smura, T., Kant, R., Vapalahti, O., Sironen, T & Kinnunen, P. M. (2023). Molecular detection of pathogens from ticks collected from dogs and cats at veterinary clinics in Finland. *Parasites & Vectors*, 16. <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05864-4>
- Wang, SS., Liu, JY., Wang, BY., Wang, WJ., Cui, XM, Jiang, JF., S, Y., G, WB., Pan, YS., Zhou, YH., Lin, ZT., Jiang, BG., Zhao, L. & Cao, WC. (2023). Geographical distribution of *Ixodes persulcatus* and associated pathogens: Analysis of integrated data from a China field survey and global published data. *One health*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100508>

