

TARTU ÜLIKOOL
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA OSAKOND
TERIOLOOGIA ÕPPETOOL

Marlen Laanep

**PRUUNKARU (*URSUS ARCTOS*) PARASITOFAUNA EESTIS JA SELLE
HOOAJALINE DÜNAAMIKA**

Magistritöö

Juhendajad: PhD Ants Tull,

PhD Harri Valdmann, PhD Urmas Saarma

TARTU 2024

Pruunkaru (*Ursus arctos*) parasitofauna Eestis ja selle hooajaline dünaamika

Pruunkaru (*Ursus arctos*) on omnivoor ja mandrilise Euroopa suurim kiskjaline, mistõttu vajab ta palju toitu, nii taimset kui loomset. Mahukas ja mitmekesine toitumine võib aga viia ka kokkupuuteni erinevate parasiitidega. Hea liikuvuse ja võrdlemisi pika elueaga (20-30a) loomana võib karu olla parasiitidele nii pikaajaliseks reservuaariks kui ulatuslikuks levitajaks.

Tööks koguti peamiselt Kirde-Eestist 198 ekskrementi, mille peremeesliigi tuvastamiseks viidi läbi geneetiline analüüs - edasi analüüsiti vaid pruunkarude ekskremeente, mida oli 149. Kogu valimist 74% sisaldas parasiitide mune, mis jääb teistes Euroopas läbiviidud uurimustes leitud nakkusmäära (0-79%) vahemikku. Ainuraksete protistide (*Eimeria*, *Giardia*, *Coccidia*) mune leidis 16% proovidest, paelusside (*Taenia*, *Diphyllobothrium*) mune 5%, ümarusside (*Strongylidae*, *Ascarididae* (solkmed), *Capillaria*, *Baylisascaris transfuga*) mune 60% ja imiusside mune 4% proovidest. Euroopas põhjalikumalt uuritud karudele spetsialiseerunud karusolkme *B. transfuga* aastane esinemissagedus oli 51%. Võrreldes teiste Euroopa uurimustega ei leitud antud töös karu ekskrementidest kõõrpeade (*Ancylostoma* ja *Uncinaria*) mune ning leiti üks kidakärssusslase (*Acanthocephala*) muna. Üldine parasiidimunade esinemise hooajaline dünaamika järgis teiste teemakohaste uurimuste leidu, millekohaselt on kõige vähem parasiidimune kevadistes ekskrementides ja kõige enam sügistes. Ka karusolkme puhul esines selline hooajaline dünaamika. Vastupidine dünaamika esines ainuraksete protistide puhul, kelle mune leidis enim kevadel ja vähim sügisel, mis võib viitada antagonistlikule interaktsioonile ainuraksete protistide ja ümarusside vahel.

Käesolev töö on esimene uurimus Eesti pruunkarude parasitofaunast, mis täidab Euroopa tasemel lünga teadmistes Ida- ja Põhja-Euroopa karude levitatavate parasiitide kohta ja võimaldab hinnata karu rolli ka inimesi ohustavate parasiitide levitamisel.

Märksõnad: pruunkaru, parasiidid, parasitofauna, *Baylisascaris transfuga*, flotatsioon

CERCS: B320 Süstemaatiline botaanika, zooloogia, zoogeograafia, B240 (inimeste ja loomade) parasitoloogia

Parasitofauna of the brown bear (*Ursus arctos*) in Estonia and its seasonal dynamics

The brown bear (*Ursus arctos*) is an omnivore and the largest member of the order *Carnivora* in mainland Europe, which is why it needs a lot of food, both plants and animals. But eating large volumes of diverse food can lead to contacts with various parasites. As an animal with good movement and a relatively long lifespan (20-30 years), the bear can both be a long-term reservoir and an extensive spreader of parasites.

This work analysed 149 genetically confirmed bear excrements collected mainly from North-Eastern Estonia. Of all the samples, 74% contained at least one parasite's egg, which is within the range of infection rates found in other European research (0-79%). Protozoan eggs (*Eimeria*, *Giardia*, *Coccidia*), were found in 16% of samples, 5% contained cestode (*Taenia*, *Diphyllobothrium*) eggs, 60% contained nematode (*Strongylidae*, *Ascarididae*, *Capillaria*, *Baylisascaris transfuga*) eggs and 4% contained trematode eggs. The yearly prevalence for the more researched bear-specific nematode *B.transfuga* was 51%. Compared to other European research, no eggs of *Ancylostoma* and *Uncinaria* were detected, and one *Acanthocephala* egg was detected. The general seasonal dynamic for the parasite eggs followed the findings of previous research, wherein the least samples contain parasite eggs in spring and the most in the fall. *B.transfuga* also followed this seasonal dynamic. The opposite dynamic appeared with protozoa, who were present in the most samples in spring and in the least samples in the fall, which may point towards an antagonistic interaction taking place between protozoa and nematodes.

This work is the first piece of research done on the parasitofauna of brown bears in Estonia, which fills the knowledge gap on the European level regarding parasites spread by brown bears in Eastern and Northern Europe and allows us to assess the bears' role in spreading parasites that can also be dangerous to humans.

Keywords: brown bear, parasites, parasitofauna, *Baylisascaris transfuga*, flotation

CERCS: B320 Systematic zoology, zoogeography, B240 Parasitology (human and animal)

Sisukord

Sissejuhatus	6
Kirjanduse ülevaade	8
Ülevaade pruunkarust.....	8
Pruunkaru toitumine.....	9
Pruunkaru siseparasiidid	10
Varasemad uuringud	10
Varasemad uuringud Euroopas	11
Ülevaade peamistest karusid nakatavatest parasiitidest	15
Ümarussid (nematoodid)	15
Ainuraksed protistid	21
Kidakärssussid (<i>Acanthocephala</i>)	23
Paelussid (<i>Cestoda</i>)	23
Imiussid (trematoodid)	25
Materjal ja meetodika	27
Proovide kogumine	27
Proovide ettevalmistamine	28
Proovide geneetiline analüüs.....	28
Parasiidimunade määramine	29
Andmeanalüüs	30
Töö autori roll.....	30
Tulemused	31
Tuvastatud peremeesliigid.....	31
Tuvastatud parasiidimunad ja nende esinemissagedused.....	31
Parasiidinakkuste hooajaline dünaamika	33
Karusolkme hooajaline dünaamika	34

Nakkuse esinemise seos hooajaga	34
Arutelu	37
Tuvastatud parasiidid võrdluses varasemate tööde tulemustega.....	37
Üldise parasiitnakkuse hooajaline dünaamika	39
Karusolkmega nakatumise määr ja selle hooajaline dünaamika.....	40
Karu roll zoonootiliste parasiitide levitajana	40
Karu roll looduslikes ökosüsteemides parasiitide levitajana	42
Ekskrementanalüüsi eelised ja puudujäägid	42
Flotatsioonanalüüsi eelised ja puudujäägid	44
Vajadus edasisteks uuringuteks.....	45
Kokkuvõte	47
Summary	48
Tänuavaldused	49
Viited.....	50
Lisad.....	60

Sissejuhatus

Parasitoloogia on valdkond, mis jääb sageli bioloogias tahaplaanile, sest kuigi nad on zooloogia osa, nähakse neid rohkem veterinaaria alla kuuluva teemana kui klassikalise bioloogia osana, mis käsitleb botaanikat, zooloogiat ja mükoloogiat. Parasiite kiputakse käsitlema rohkem eraldiseisva haigustekitaja kategooriana. Kõrvalejättev suhtumine parasiitidesse on ilmselt põhjustatud ka sellest, et nad tekitavad inimestes evolutsiooniliselt õigustatult ebameeldivustunnet ja on üldiselt nähtamatud – nad on väga väikesed ja endoparasiitide elukeskkonnaks on teise organismi sisemus, mistõttu on lihtne nende rolli alahinnata (Preston & Johnson, 2010). Kuid parasiidid on oluline osa ökosüsteemidest ja selleks, et mõista looduslikes süsteemides toimuvaid ökoloogilisi protsesse, tuleb tunda võimalikult paljusid (kui mitte kõiki) osalisi. Nad omavad suurt mõju toiduvõrgustikele ja on leitud, et parasiitidega arvestamine muudab toiduvõrgustike topoloogiat ja selle põhjal tuleks klassikaline ökoloogiline püramiid lausa ümber kujundada, sest kui parasiidid toituvad tippkiskjatest, on nemad toiduahela tipus (Sukhdeo & Hernandez, 2005). Samuti puudutab parasitoloogia keskkonna uurimist kahes võtmes – keskkond kui see, kuhu parasiidimune väljutatakse ning keskkond kui peremeeslooma organism –, mis võimaldab teadmisi omavahel siduda laiemaks arusaamaks looduslikest süsteemidest.

Lisaks üldökoloogilistele küsimustele on parasitoloogia oluline tervishoiuga seondud valdkond, sest paljud parasiidid nakatavad ja mõjutavad negatiivselt või osutuvad hukatuslikuks inimestele majanduslikult olulistele loomadele ning ka inimestele. Geohelmintide puhul toimib nakatumine läbi parasiidimunadega saastunud pinnase, mistõttu on oluline uurida milliseid parasiite levitavad meie looduses elavad liigid ja kui saastunud võib olla meie keskkond. Üheks meetodiks nende küsimuste uurimisel on ekskrementanalüüs, mis on mitteinvasiivne ja võrdlemisi vähekulukas. See võimaldab uurijatel koguda peremeesliigi parasiidikoosluste kohta infot ilma, et peaks olema otsest kontakti uuritavate peremeesisenditega, mis teeb sellest ohutuma ja taskukohasema meetodi kui näiteks vereanalüüsid või lahkamised, kus uurija võib kokku puutuda nakatumisvõimeliste parasiitidega.

Pruunkaru on mandri-Euroopa suurim kiskjaline. Toitumiselt on ta omnivoor ja ei suuda optimaalselt seedida taimset materjali ning peab oma energiavajaduste rahuldamiseks sööma suurtes kogustes toitu (Chapman & Reiss, 1999). See aga võimaldab karul potentsiaalselt nakatuda paljude erinevate parasiitidega, sh nii nendega, kes levivad mulla

ja taimedega kui nendega, kelle vaheperemeheks on karu saakloomad. Hea liikuvuse ja võrdlemisi pika elueaga (20-30a) loomana võib karu olla parasiitidele nii pikaajaliseks reservuaariks kui ulatuslikuks levitajaks. Karu parasitofaunat mõjutab ka karudele omane füsioloogiline eripära – iga-aastane taliuinak. Selle käigus muutub karu metabolism ja muud kehalised funktsioonid, mis tähendab seal elavatele parasiitidele suurt muutust nende elukeskkonnas. Siiani pole konsensust selle kohta, mis juhtub karu endoparasiitidega talvisel ajal, kuid uurides parasiidimunade esinemise hooajalist dünaamikat, saame teha oletusi kas ja mis võib nendega toimuda, mis võib anda olulisi arusaamasid parasiitide füsioloogia kohta.

Antud töö eesmärgiks oli kaardistada Eestis elavate pruunkarude endoparasiite ja analüüsida nende esinemise hooajalist dünaamikat. Eraldi keskenduti karusolkmele *Baylisascaris transfuga*, mille hooajalise dünaamika kohta on mujal Euroopas tehtud mitu teadustööd. Varasemad Euroopas tehtud uuringud on andnud ülevaate pruunkarude parasitofaunast seitsmes riigis ning karusolkme esinemisest kolmes riigis. Käesolev töö täidab olulise lünka teadmistes, sest siiani puudusid nendel teemadel andmed Põhja- ja Ida-Euroopast ning selle töö abiga on võimalik võrrelda tulemusi Hispaaniast Eestini. Arvestades karu eluiga ja liikuvust, võimaldab antud töö hinnata ka pruunkaru rolli zoonootiliste parasiitide levitamisel. Ühtlasi paneb antud töö aluse pikemaajalistele aegridadele, mille põhjal saab olema võimalik analüüsida pruunkaru parasitofauna muutumist pikema aja jooksul ning annab võrdlusmaterjali ka teiste kiskjate parasitofauna uurimustele.

Antud magistritöö eesmärkideks olid:

1. Tuvastada ja määrata karude ekskrementides leiduvad parasiidimunad ja -ootsüstid, et kaardistada Eestis elavate pruunkarude endoparasitofaunat;
2. Kaardistada nende parasiidimunade ja -ootsüstide esinemissagedust, et hinnata keskkonna saastatust antud liikide munadega;
3. Analüüsida tuvastatud parasiidimunade ja -ootsüstide esinemise hooajalist dünaamikat;
4. Kaardistada proovides leiduvate karusolkme munade esinemise hooajalist dünaamikat.

Kirjanduse ülevaade

Ülevaade pruunkarust

Pruunkaru on põhjapoolkeral levinud üksildase eluviisiga mitteterritoriaalne suurkiskja (Vaughan et al., 2015). Tema optimaalseks elupaigaks peetakse rikkaliku alustaimestikuga sega-, okas- ja lehtmetsa, kus ei ole olulist inimhäiringut, mistõttu on paljud Euroopa karude populatsioonid asunud elama mägedesse (Curry-Lindahl, 1972). Pruunkaru eelistab püsida oma suure territooriumi piires, kuid sagedaste häiringute puhul võib ka rännata ulatuslikel aladel (Curry-Lindahl, 1972). Enamasti elavad pruunkarud üksinda ja puutuvad teiste karudega kokku sigimisperioodil (mais-juunis), kuid nad võivad ühte kohta koonduda ka siis kui mingis kindlas paigas esineb suur toiduküllus (Curry-Lindahl, 1972; Tammeleht, 2022).

Vanemate kui aastaste karude puhul on peamiseks suremusteguriks küttimine (Remm & Hindrikson, 2022), kuid karupoegade suremust võivad põhjustada hundid ja täiskasvanud isased karud (Steyaert et al., 2013). Praeguste teadmiste kohaselt ei ole haigused ja parasiidid olnud Eestis karu surma põhjuseks, kuid seda ei saa välistada, sest andmed karude loodusliku suremuse kohta on puudulikud (Remm & Hindrikson, 2022). Eestis on 2020. aasta hinnangu kohaselt 900-950 pruunkaru isendit ja ta on Euroopa Liidu loodusdirektiivi IV lisa kohaselt kaitsealune liik, keda tohib küttida vaid erandkorras, et hoida ära kahjustusi (Remm & Hindrikson, 2022).

Karu aastaring koosneb suuresti kolmest põhitegevusest: sigimisest, söömisest ja taliuinakust, saades alguse märtsis-aprillis, kui ta lõpetab taliuinaku ning väljub oma pesast (poegadega emased võivad pesast väljuda ka aprilli lõpus või mai alguses) (Tammeleht, 2022). Mai lõpust juuli alguseni on karudel jooksuaj, mille käigus proovitakse paarituda mitmete isenditega ja kuna implantatsioon on viivitusega, kestab tiinus 6-7 kuud, kuid loode ise areneb talvel ja vaid 60 päeva (Curry-Lindahl, 1972; Swenson et al., 2000). Jooksuaja järel hakkavad karud keskenduma intensiivsele toitumisele, otsides rohkem rasva- ja süsivesikurikkaid toiduobjekte nagu marjad, puuviljad ja teravili (Ogurtsov, 2018; Tammeleht, 2022). Sügisel, pärast esimest lund (Eestis sageli novembris) läheb karu oma pesasse, milleks on looduslikud koopad, kaevatud lohud, ümberkukkunud puude juurestiku all olevad kohad, suurte puujuurte all ja vahel olevad õõnsused ja alustab taliuinakut (Curry-Lindahl, 1972; Remm & Hindrikson, 2022). Taliuinaku ajal karude hingamine

aeglustub, südame löögisagedus väheneb ja kehatemperatuur langeb 4-5 kraadi võrra tavalisest madalamaks (jäädes vahemikku 29-34°C) (Curry-Lindahl, 1972; Hissa et al., 1994). Detsembris-jaanuaris sünnib 1-3 järglast, keda imetatakse regulaarselt juuni-juulini ja ema püsib oma järglastega kuni 1.5 aastat (Curry-Lindahl, 1972; Tammeleht, 2022).

Pruunkaru toitumine

Pruunkaru on toitumiselt oportunistlik omnivoor, kes pigem toitub taimedest kui on aktiivne kiskja (Curry-Lindahl, 1972; Sidorovich, 2006; Vulla et al., 2009). Segatoidulisele loomale omaselt on tal tugevad lõualuud, hästi arenenud kihvhambad ning võrdlemisi lamedad purihambad (Vaughan et al., 2015). Parasvöötme metsades elavatel pruunkarudel on kõige mitmekesisem toitumine, kus suurt rolli mängivad ka putukad (eriti sipelgad) (Sidorovich, 2006; Bojarska & Selva, 2012; Keis et al., 2019;). Võrreldes Põhja-Ameerika pruunkarudega, toituvad Euroopa pruunkarud märkimisväärselt rohkem putukatest, tõrudest ja pähklistest ja neile on eriti tähtsaks toiduobjektiks sõralised (Vulla et al., 2009; Bojarska & Selva, 2012).

Aktiivse kiskjana käitub pruunkaru pigem kevadel ja hilissügisel – kevadel, et valgurikka toitumisega uuesti ülesehitada taliuinaku käigus kaduma hakanud lihasmassi ja sügisel kuna siis pole taimset toidumaterjali enam nii vabalt kätte saada (Sidorovich, 2006; Vulla et al., 2009; Bojarska & Selva, 2012). Lisaks metskitsedele toituvad karud kevadeti ka põtradest, metsseast, kobrastest, kährikutest, pisinärilistest, ühiselulistest putukatest ja erinevatest taimede vegetatiivsetest ja maa-alustest osadest (Sidorovich, 2006; Vulla et al., 2009; Ogurtsov, 2018).

Suvel toituvad karud rohkem rohttaimedest, juurtest, marjadest ja puuviljadest ning putukatest, kuid võivad süüa ka mett, mesilasvaha, kalasid, lindusid ja mune (Curry-Lindahl, 1972; Sidorovich, 2006; Ogurtsov, 2018). Augustis-septembris algab karudel hüperfaagia periood, kus toitutakse ennekõike süsivesinikerikastest toiduallikatest (marjad, puuviljad, teraviljad), et varuda taliuinakuks vajalik rasvakiht (Sidorovich, 2006; Vulla et al., 2009; Ogurtsov, 2018).

Eesti karude puhul on leitud, et nad toituvad võrdselt taimsetest ja loomsetest toiduobjektidest (49 ja 51%), kuid täpsem toitumine sõltub siiski aastaajast (Vulla et al.,

2009). Näiteks kevadeti süüakse võrdselt imetajaid ja erinevaid õistaimi, eriti sarikalisi ja korvõielisi (harilikku naati, mets-harakputke, takjaid, seaohakaid, võililli), suvel suureneb loomse toidu osakaal ja rohkelt toitutakse ka putukatest (enneõike sipelgatest) ning sügisel toitutakse üle 50% ulatuses teraviljast, palju süüakse ka marju ja õunu (Vulla et al., 2009). Imetajatest toitus karu kõige rohkem metssigadest, kuid karu toitumisanalüüsis tuvastati ka koduveist (*Bos taurus*), metskitse (*Capreolus capreolus*), kodusiga (*Sus domestica*) ja kährikkoera (*Nyctereutes procyonoides*), sealhulgas koduveise ja kodusea puhul oli karu toitunud loomsetest jäätmetest (Vulla et al., 2009). Huvitaval kombel ei näi Eesti pruunkarud toituvat kaladest, tõenäoliselt puuduvad neil kalapüüdmise oskused ja Eestis ei leidu ka karudele püügitegevuseks sobilikke vooluveekogusid.

Pruunkaru siseparasiidid

Varasemad uuringud

Pruunkarud on omnivoorid ja selline mitmekesine toitumine võimaldab kokkupuudet ja potentsiaalset nakatumist erinevate parasiitidega, näiteks nii taimedele kinnitunud munade kui korjuste lihastes paiknevate tsüstide kaudu (Salvo & Chomel, 2020). Parasiitnakkuste levimise üheks riskifaktoriks on pruunkarude ruumikasutuse kattumine koduloomade aladega ning karude ja teiste metsloomade ühte paika kontsentreerumine läbi söödaplatside kasutamise, kus loomad puutuvad kokku teineteise ekskrementide ja nendes leiduvate parasiitidega (Borka-Vitális et al., 2017). Inimesed võivad puutuda karu ekskrementidega kokku peamiselt juhuslikult looduses viibides, kuid ka töötades karude hooldajatena loomaaedades või mõnes piirkonnas ka karude ja nende kehaosadega kaubitsedes (nt karude sapi kogumise ja edasimüümise tegelevad inimesed) (Mills & Servheen, 1994).

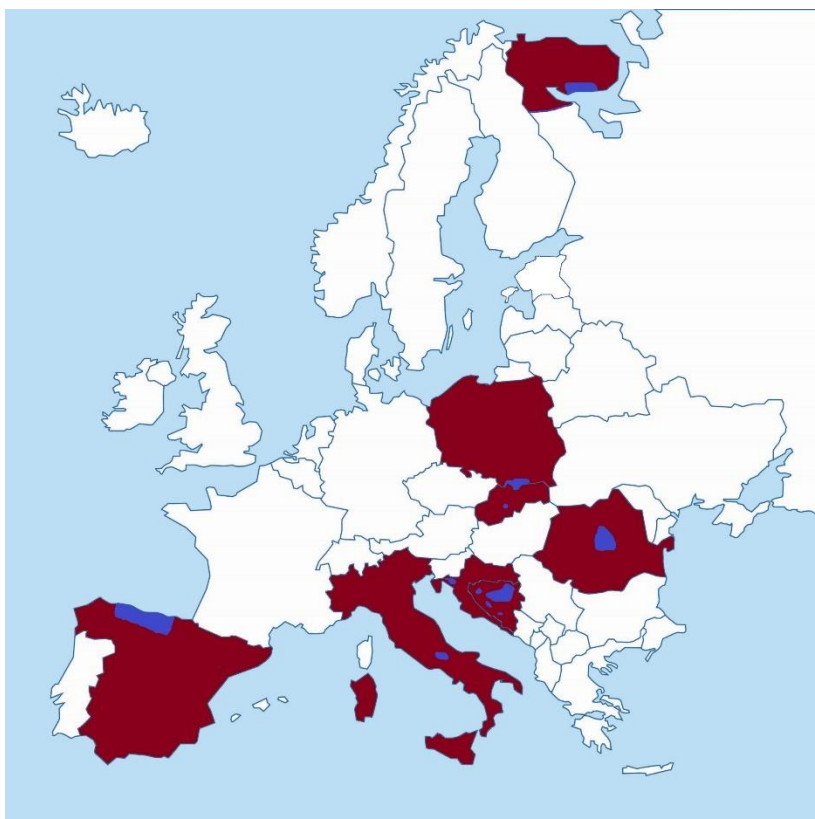
Varasemad uuringud on leidnud, et pruunkarusid nakatavad nii erinevad ainuraksed protistid kui helmintid ja leidub ka karuspetsiifilisi parasiite nagu *Baylisascaris transfuga* (Fitzgerald et al., 2008; Aghazadeh et al., 2015; Catalano et al., 2015; Orosová et al., 2016; Borka-Vitális et al., 2017; Salvo & Chomel, 2020; Costa et al., 2022; Cano, 2024). Ainuraksetest protistidest võivad teadaolevalt pruunkarusid nakatada *Cryptosporidium* spp. (sealhulgas ka inimesi nakatav *Cryptosporidium parvum*), *Coccidia* sp., *Sarcocystis* sp., *Eimeria* sp. ja *Giardia* spp. (Aghazadeh et al., 2015; Orosová et al., 2016; Borka-Vitális et al., 2017; Salvo & Chomel, 2020). Pruunkarusid nakatavad helmintid saab

üldistatult jaotada kategooriatesse nagu ümarussid (*Nematoda*), lameussid (*Platyhelminthes*) (mille alla kuuluvad paelussid (*Cestoda*) ja imiussid (*Trematoda*)) ning kidakärssussid (*Acanthocephala*) (Järvis, 2011d, 2011c).

Ümarussidest on dokumenteeritud pruunkarusid nakatavatena *Ancylostoma sp.* ja *Uncinaria sp.*, *Baylisascaris transfuga*, *Crenosoma sp.*, *Spirurida sp.*, *Trichinella sp.*, *Trichuris sp.* ning lameussidest *Taenia sp.* ja *Dicrocoelium dendriticum* (Lavikainen et al., 2011; Aghazadeh et al., 2015; Orosová et al., 2016; Borka-Vitális et al., 2017; Salvo & Chomel, 2020; Costa et al., 2022; Cano, 2024). Kanadas leidsid Catalano et al. (2015), et pruunkarusid võivad nakatada ka ümarussid *Dirofilaria ursi*, *Uncinaria rauschi*, *Uncinaria yukonensis* ja paelussid *Diphyllbothrium dendriticum* ja *Diphyllbothrium nihonkaiense*. Ameerikas leiti, et baribal (*Ursus americanus*) võib olla nakatunud ka ümarussiga *Pelodera strongyloides* (Fitzgerald et al., 2008) või ainurakse protistiga *Babesia spp.* (Shaw et al., 2015).

Varasemad uuringud Euroopas

Olemasolevate pruunkarude parasitofaunat käsitlevate uurimuste (Lisa 1) nõrkade külgedena on välja toodud aegunud andmeid (aastakümnete eest kogutud andmestikud), uurimuste mitteavaldamist eelretsenseeritud teadusajakirjades, uurimuste mittetõlkimist inglise keelde, piiratud valimeid ja vaid üksikutele parasiidiliikidele keskendumist (Borka-Vitális et al., 2017). Hetkel on Euroopas tehtud üldiseid pruunkarude parasitofaunat kirjeldavaid uuringuid vaid mõnes riigis: Rumeenias, Horvaatias, Slovakkias, Bosnia ja Hertsegoviinas, Itaalias, Hispaanias ja Venemaal (joonis 1) (Aghazadeh et al., 2015; Orosová et al., 2016; Borka-Vitális et al., 2017; Bugmyrin et al., 2017; Paoletti et al., 2017; Costa et al., 2022; Cano, 2024; Omeragić et al., 2024). Üks uurimus teostati ka Poolas, kuid selle käigus ei tuvastatud üheski karu ekskremendi proovis parasiidimune (Borecka et al., 2013). Lisaks on Soomes uuritud *Taenia sp.* esinemist kiskjates, sealhulgas ka pruunkarudes (Lavikainen et al., 2011). Spetsiifiliselt karusolkme esinemist on uuritud Slovakkias (10-91%), Horvaatias (14%) ja Poolas (16%) (Finnegan, 2009; Ambroggi, 2011; Gawor et al., 2017; Štrkolcová et al., 2018; Molnár et al., 2020).



Joonis 1: Riigid ja regioonid, mille pruunkarude parasitofauna kohta on teadlased publitseerinud ingliskeelseid artikleid. Sinisega on märgitud umbkaudsed uuringualad. Algne kaart: Printablee.

Rumeenias uuriti endoparasiitide esinemist pruunkarude ekskrementides aastatel 2011-2015 Borka-Vitalis et al. (2017) poolt. Valimiks võetud 211 väljaheite proovi koguti 11,652.6-km² uurimisalalt ning jahimeeste käest saadi analüüsiks ka 37 karu siseorganite kogu (trahhea, kopsud, süda, magu, peensool, jämesool, neerud, maks ja osa diafragmast). Nad leidsid 41% proovidest endoparasiite (38% väljaheidetest ja 57% karude siseorganitest), kes määrati *Ancylostomatidae* perekonna liikmeks, *Spirurida* sugukonna liikmeks ja parasiitideks nagu karusolge, *Crenosoma sp.*, *Trichinella sp.* ja *Trichuris sp.* Lisaks leiti liigini määramata ainurakseid protiste, kes kuuluvad alamklassi *Coccidia*, paelusse (*Taenia sp.*) ning trematood *Dicrocoelium dendriticum*. Parasiidinakkustes ja karusolkme esinemises ei tuvastatud hooajalist dünaamikat (Borka-Vitalis et al., 2017).

Horvaatias uurisid Aghazadeh et al. (2015) pruunkarude seedeelundkonna parasiite aastal 2009, kui kolmes maakonnas asuvalt kaheksalt erinevalt uurimisalalt koguti 94 karu ekskremendi proovi. Tegu oli esimese pruunkaru parasiitide uurimusega viimase kolmekümne aasta jooksul ning sellega tuvastati esimest korda *Giardia* esinemine piirkonnas. Lisaks tuvastati ja määrati proovides leiduvad parasiidid: karusolge, *Syngamus*

sp., ainuraksed protistid *Cryptosporidium sp.*, *Eimeria sp.* ja *Giardia sp.*; leiti ka täpsemini määramata jäänud *Ancylostomatidae* mune. Kolmandik (33%) proovidest sisaldasid seedeelundkonna parasiitide mune ja ainurakseid protiste esines sõltuvalt liigist 1-8.5% proovidest. Lisaks uuriti kahe rongiõnnetuses hukkunud karu ja ühe jahimehe lastud karu sisemust, kust leiti täiskasvanud karusolkme isendeid. Kuigi parasiit oli nende karude sisemuses elamas, ei olnud nende karude väljaheidetes tuvastatavaid karusolkme mune – autorid oletasid, et on tõenäoline, et *Baylisascaris transfuga* käitub nagu *B. procyonis*, mis muneb perioodiliselt ja seega alahindab flotatsiooni karusolkme nakkuse olemasolu ja intensiivsust (Aghazadeh et al., 2015).

Slovakkias uurisid Orosova et al. (2016) helmintnakkuste esinemist kaitsealusel Chko-Polana maastikualal elavatel karudel aastatel 2015-2016. Analüüsi olid kaasatud 15 ekskremendi proovi ja 2 karu seedeelundkonda ning kõigist proovidest 76% (st 13 ekskremendi 15-st) sisaldas parasiidimune. Uurijad tuvastasid viis parasiidiliiki: *Eimeria sp.*, *Cryptosporidium sp.*, *Sarcocystis sp.*, *Baylisascaris sp.* ja *Ancylostoma sp.* ning nakkustel esines hooajaline dünaamika, kus enim parasiidimune leidis sügisel ja talvel (oktoober-detsember) (Orosova et al., 2016).

Bosnia ja Hertsegoviinas uurisid Omeragić et al. (2024) aastatel 2020-2022 riigi kesk- ja lääneosas metsloomi nakatavate parasiitide esinemist ning leidsid, et karude puhul sisaldasid 16% analüüsitud ekskremendi proovidest parasiidimune. Analüüsiti 69 väljaheite proovi ning tuvastati viie parasiidiliigi mune: *Dicrocoelium dendriticum*, *Baylisascaris transfuga*, *Uncinaria spp.*, *Ancylostoma spp.* ja *Eimeria spp.* (Omeragić et al., 2024).

Itaalias uurisid Paoletti et al. (2017) helmintnakkuste esinemist nii huntide kui karude ekskrementides Kesk-Itaalias. Uurimuse jaoks koguti 80 karu ekskremendi proovi ajavahemikus mai 2013 – oktoober 2014 ning flotatsiooni tulemusena leiti, et 46% proovidest sisaldasid parasiidimune. Tuvastatud parasiitide liigid olid *Baylisascaris transfuga*, *Ancylostoma/Uncinaria* ja *E. Aerophilus* (sünonüüm *Capillaria aerophila*) (Paoletti et al., 2017).

Venemaal uurisid Bugmyrin et al. (2017) helmintide esinemist pruunkarudes Murmanski regioonis, Koola poolsaare lõunapoolses osas, aastatel 2014-2015. Transektide kogupikkuseks oli 453 km ja sealt koguti 93 ekskremendi proovi, millele teostati ka mikrosatelliitanalüüs, et identifitseerida väljaheite peremeesisendeid. Flotatsiooni ja mikroskopeerimise teel tuvastati proovidest seitse helminti: *Dicrocoelium sp.*,

Diphyllobothrium sp., *Anoplocephalidae.*, *Capillaria sp.*, *Baylisascaris transfuga.*, *Strongylida sp.* ja *Uncinaria sp.* Uuritud proovidest sisaldasid vastavalt liigile 1-38% ekskrementidest mingi parasiidi mune ning karusolkme nakkusel oli selge hooajaline dünaamika, kus nakkus oli kõige rohkem levinud suvel (Bugmyrin et al., 2017).

Hispaanias uurisid Kantaabria karupopulatsiooni helmintinakkuseid kõigepealt Costa et al. (2022) aastatel 2016-2017, seejärel Cano et al. (2024) aastatel 2018-2019 ja kõige hiljutisemalt Remesar et al. (2024) aastatel 2021-2022. Costa et al. (2022) teostasid esimese uurimuse Kantaabria karupopulatsiooni parasitofauna teemal, uurides Somiedo rahvuspargis elavalt läänepoolsemalt alampopulatsioonilt pärit 14 ekskremendi proovi. Nad leidsid, et 71% proovidest sisaldas parasiidimune ning flotatsiooni ja mikroskopeerimise teel tuvastati kaks parasiitide perekonda: *Dicrocoelium sp.* ja *Trichuris sp.* (Costa et al., 2022). Cano et al. (2024) kogusid Kantaabria mägede läänepoolsest osast 2018-2019 aastatel kaheteistkümne kuu jooksul 248 ekskremendi proovi, millest 64% sisaldas erinevaid parasiidimune: *D. dendriticum*, *Baylisascaris transfuga*, *Ancylostomatidae*, *Trichuris sp.* Tuvastati ka *Eimeria spp.* ootsüste, kuid kuna neid esines vaid üksikutel juhtudel, jäeti need analüüsist välja. Hooajaline dünaamika näitas, et kõige vähem oli parasiidimune sisaldavaid ekskremeente kevadel (56%) ja kõige rohkem sügisel (75%) (Cano, 2024). Remesar et al. (2024) kogusid Kantaabria mägede läänepoolsest osast 111 karu ekskremendi proovi ajavahemikus september 2021 – september 2022 ja leidsid, et 79% proovidest sisaldasid vähemalt ühe parasiidiliigi mune. Kõige enam esines *Dicrocoelium dendriticum* (59%), lisaks leidis ka *Baylisascaris transfuga* (43%), *Strongylidae* (19%) ja *Spirurida* (3%) mune (Remesar et al., 2024). Hooajalise dünaamika kohalt leiti, et karusolkme nakkus on rohkem levinud sügisel-talvel ja korreleerub toiduobjektide poolest puuviljade tarbimisega (Remesar et al., 2024).

Lõuna-Poolas uuriti 2011-2012. aastatel Borecka et al. (2013) poolt Zakopanese, Tatra rahvuspargis erinevate kiskjate seedeelundkonna parasitofauna ning uurimuse osana analüüsiti ka 12 karu ekskremendi proovi. Kuigi huntide, rebaste ja metsnugiste väljaheidetest leiti parasiidimune, siis kõigi karu väljaheidete proovide puhul ei tuvastatud ühtegi parasiidimuna. Autorid oletasid, et selle põhjuseks oli väike valim ja asjaolu, et suurel uurimisalal elab väike karupopulatsioon (Borecka et al., 2013).

Salvo ja Chomel (2020) teostasid 2019. aastal ülevaate ligi 90 aasta jooksul tehtud teadustöödest karu parasitofauna teemadel ja leidsid, et ekskrementidega levivatest

parasiitidest on inimestele tõenäoliselt kõige ohtlikumateks parasiitideks *Ancylostoma spp.* ja *Uncinaria spp.*, keda on leitud ka Kesk-Euroopa ja balkanimaade pruunkarudest ja kelle kohta on dokumenteeritud inimnakkuste juhte. Eraldi oht seisneb karudes, kellel on *Diphyllobothrium spp.* nakkus ja kes võivad parasiidimune levitada veekogudesse, kus parasiidivastsed nakatavad kalu, mida inimesed võivad püüda ja süüa, omakorda ise parasiidiga nakatudes (Catalano et al., 2015; Salvo & Chomel, 2020).

Ülevaade peamistest karusid nakatavatest parasiitidest

Ümarussid (nematoodid)

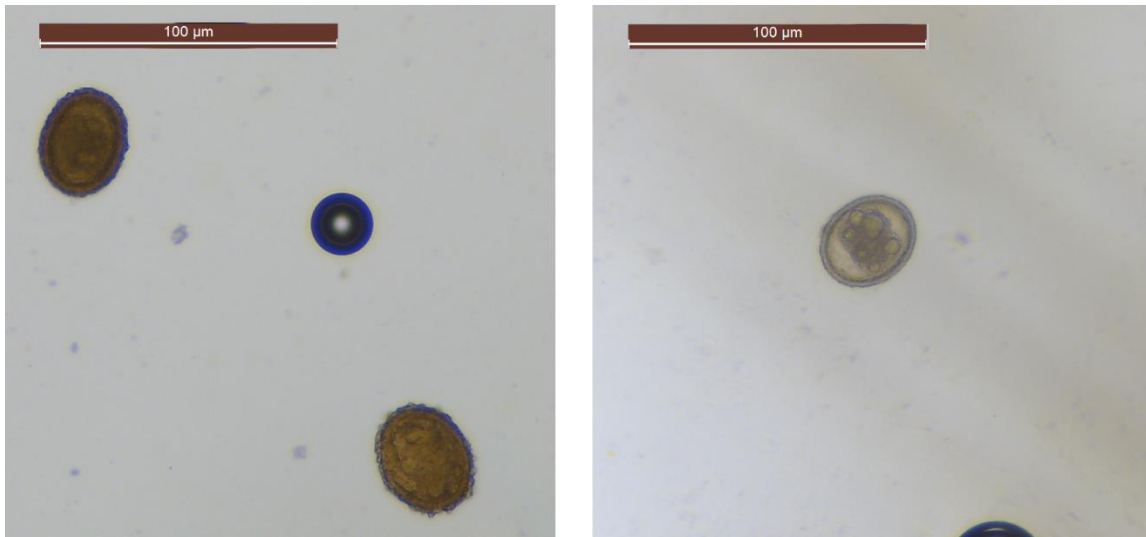
Karusolge (Baylisascaris transfuga)

Aastal 1968 klassifitseeris Sprent mõned perekond *Ascaris* ja *Toxacaris* liikmed ümber kui eraldiseisva perekonna – *Baylisascaris* – liigid ning nimetas liigiks *Baylisascaris transfuga* nematoodi, mis oli varasemalt tuntud kui *Ascaris transfuga* ja hiljem ka *Toxascaris transfuga* (Sprent, 1968). Perekond *Baylisascaris* hõlmab kümmet nematoodiliiki, millel on võrdlemisi suur peremehe spetsiifika ja fakultatiivne heteroksennoosne (mitme peremehega) elutsükel (Sapp, 2017). Euroopas on teatatud viie liigi leidumisest: kärplastes *B. devosi*, mägras *B. melis*, pesukarus *B. procyonis*, karudes *B. transfuga* ja skunkides *B. columnaris* (Bauer, 2013; Bowman, 2014; Kazacos, 2016; Štrkolcová et al., 2018). Kuna karusolget ja teisi *Baylisascaris* perekonna liikmeid on morfoloogia alusel keeruline eristada, siis sageli eristatakse neid vaid peremeesliigi alusel, mistõttu on oluline geneetiliste meetoditega kindlaks teha ekskremendi väljutanud isendi liik (Sprent, 1968).

Karusolkme elutsükel ei ole lõpuni täiesti selge, kuid on teada, et nakkus võib olla nii otsene (kui loom sööb keskkonnast muna endale sisse) kui ka toimuda läbi vaheperemeeste (pisinärilised, jäneseid, linnud jpt) (Abdelrasoul & Fowler, 1979; Moran et al., 1994; Bauer, 2013; Sapp, 2017). Karusolkme munade edasikandumist läbi emapiima või platsenta peetakse ebatõenäoliseks (Kazacos, 2001).

Keskkonda sattunud munad ei ole koheselt nakatumisvõimelised, sest need pole veel embrüoneeritud – see toimub alles keskkonnas ja munad muutuvad nakatumisvõimeliseks 2-4 nädalaga (Papini & Casarosa, 1994; Bauer, 2013). Kõigi perekond *Baylisascaris* liikide munad on kaetud kleepuva valkude kihiga, mis pakub munale tugevat kaitset

kuivamise, külmumise ja kuumutamise (kuni 62°C) ning desinfetseerimisvahendite eest, mis võimaldas nendel laboritingimustes püsida nakkusvõimelisena 15 kuud, kuid on spekulatsioon, et karusolkme munad võivad keskkonnas eluvõimelisena püsida isegi mitu aastat (Papini & Casarosa, 1994; Kazacos, 2016). Munad on ovaalsed kuni ümmargused, kuldpruuni värvi, krobeline pinnaga ning 75-90 mikromeetrise pikkuse ja 48-71 mikromeetrise laiusga (joonis 2) (Papini & Casarosa, 1994; Testini, 2011; Sapp, 2017).



Joonis 2: Karusolkme munad. Paremal on harvemini kohatud heledam variant. Allikas: erakogu.

Munade allaneelamisel kooruvad nendest tõenäoliselt teise faasi vastsed, mis hakkavad migreerima peremehe kudedes ja moonduvad kolmanda faasi vastseteks (Bauer, 2013). Vahe- ja ebatüüpiliste peremeeste puhul põhjustavad migreeruvad vastsed erinevates kudedes vigastusi ja haigusseisundeid (Bauer, 2013; Sapp, 2017). Karu puhul tungivad vastsed tema kopsudesse, kust köhitakse need suhu ja neelatakse uuesti alla, peensoolde jõudes arenevad nad täiskasvanuteks ja kinnituvad seal soole seinale ning hakkavad munema (Laaksonen, 2020). Täiskasvanud karusolge on 10-20cm pikkune valkja-pruuni kehavärvusega ümaruss, kellel on kolm prominentset huult ja tipust teravnev saba (Sprent, 1968; Laaksonen, 2020).

Kõiki perekond *Baylisascaris* liike peetakse võimeliseks põhjustama haigusseisundeid enam kui 100 liigis, sh imetajates, lindudes ja inimestes (Kazacos, 2016). Kõige ohtlikum on see parasiit ebatavalisele peremehele, kelle kehas toimub rändevastsete migratsioon (*larva migrans* sündroom) ning vastsed kahjustavad oma kiire kasvamise, migreerumise ja lihastesse, silmadesse, kesknärvisüsteemi ja/või ajusse tungimisega peremehe kudesid,

põhjustades tugevat põletikku ja kudede hävimist, mis võib viia ka potentsiaalselt surmava meningoentsefaliidi (ajukelme-ajupõletiku) tekkeni (Kazacos, 2001; Ambrogi, 2011; Testini, 2011; Bauer, 2013; Kazacos et al., 2013; Kazacos 2016). Ühes Jaapani loomaaias põhjustas karusolkme nakkus jaapani makaakide (*Macaca fuscata*) koloonias haiguspuhangu, kus loomadel tekkisid neuroloogilised haigused, sh epilepsia ja halvatus, ning lõpuks loomad hukkusid (Sato et al., 2005).

Kõige agressiivsemaks perekond *Baylisascaris* liikmeks on *B. procyonis*, millega võrreldes on *B. transfuga* vastsed väiksemad, kasvavad aeglasemalt ja suudavad vähem tungida läbi peremehe kudede ja seega vähem põhjustada tõsiseid tervisekahjustusi ebatüüpilistele peremeestele (Kazacos, 2001; Schaul, 2006). Looduses enamasti ei näi karusolge tekitavat karudele tõsiseid terviseprobleeme, kuid arvatakse, et nakkusel võivad olla kaudsed negatiivsed mõjud peremehe tervislikule seisundile toitainete kao ja sisikonna blokeerimise tõttu ning intensiivsed nakkused võivad põhjustada üldist haigestumist, kaalulangust, kõhukelmepõletikku, kõhulahtisust, soolesulgust, soole sopistumist ja nekroosi ning surma (Kazacos, 2001; Schaul, 2006; Testini, 2011; Štrkolcová et al., 2018; Laaksonen, 2020). Dokumenteeritud on üks karusolkme põhjustatud granulomatoosse peritoniidi (kõhukelmepõletiku) juhtum karupojas (Szczepaniak et al., 2012).

Karusolget peetakse väga nakkavaks ja erinevate uuringute andmetel on 50-100% karudest nakatunud selle parasiidiga (Sprent, 1968). Nakkust on tuvastatud juba viiekuustes karupoegades ja näib, et nakkuse määr langeb vanusega (Foster et al., 2004). Euroopas on Slovakkias, Horvaatias ja Poolas tehtud üksikuid uuringuid konkreetselt karusolkme nakkuse ja selle hooajalise dünaamika kohta (Finnegan, 2009; Ambrogi, 2011; Gawor et al., 2017; Štrkolcová et al., 2018; Molnár et al., 2020).

Štrkolcová et al. (2018) kogusid aastatel 2015-2016 (kevad-talv) 15 karu ekskremendi proovi Kesk-Slovakkia Polana biosfääri reservist ja leidsid, et 47% proovidest sisaldasid karusolkme munasid. Finnegan (2009) uuris Põhja- ja Kesk-Slovakkias Karpaatia mägedest kolme aasta (2002, 2007 ja 2008) jooksul kogutud 188 karu ekskremendi proovi ja leidis, et kõige vähem karusolkme mune sisaldavaid proove leidis kevadel (0- 38%), suvel suurenes mune sisaldavate proovide määr (33 – 70%) ja enim oli mune sisaldavaid proove sügisel (50-92%). Molnár et al. (2020) uurisid Kirde-Slovakkias asuvast Poloniny rahvuspargist kolme aasta (2016-2018) jooksul kogutud 524 karu ekskremendi proovi ja

leidsid samasuguse dünaamika – mune sisaldavate ekskrementide protsent oli madalaim kevadel (10-60%) ja tipnes sügisega (84%-91%).

Samasugust trendi, kus nakkuse määr tipneb sügisega, on Kanadas täheldanud Catalano et al. (2015), kuid samas on seal baribali (*Ursus americanus*) uuringutes tuvastatud ka vastupidist dünaamikat, kus kevadel esines rohkem karusolkme munadega saastunud proove kui sügisel (Frechette & Rau, 1978). Lisaks on leitud ka, et sealsed karud on karusolkme mune väljutanud nii kevadel vahetult pärast taliuinakust ärkamist kui sügisel enne taliuinakusse minemist (Sapp, 2017).

Kuna enamasti on trend siiski selline, et kevadel esineb vähem mune kui sügisel, on püsima jäänud küsimus mis saab parasiitidest taliuinaku jooksul - olemasolevad uurimused Euroopast viitavad, et kevadeti on karudel nakatumise määr väiksem, kuid siiski olemasolev, kuid ei täpsusta kas see on tingitud kogu talve seedeelundkonnas püsinud parasiitidest või pärast taliuinakust ärkamist saadud värskest nakkusest (Finnegan, 2009; Sapp, 2017; Molnár et al., 2020). Hetkel on sellel teemal kaks peamist teooriat: osad arvavad, et karud väljutavad parasiidid enne taliuinakusse minemist äärmusliku toitumise muutmisega (Rausch, 1961), teised aga, et parasiidid ei suuda taliuinaku füsioloogilist protsessi üle elada ning nad hävivad ja imendatakse karu siseelundkonna poolt (Finnegan, 2009). Keerukust lisab ka Molnár et. al (2020) leid, et ka talvel oli nakkuse määr üsna kõrge (38-49%), vaatamata karude taliuinakule (kuigi nad selgitasid seda soojema talve ja lühema taliuinaku tõenäosusega).

Toxocara sp.

Sugukond *Toxocara* ümarussid nakatavad tavaliselt koerlasi ja kaslasi, kuid ka teised imetajad võivad olla nende peremeesliikideks (Holland, 2023). Nakatumine toimub peamiselt läbi munade alla neelamise (Joonis 3) või vaheperemeeste (väikenärilised ja linnud), kuid esineb ka transplatsentaalset ülekannet (Okulewicz et al., 2012; Otranto et al., 2015; Holland, 2023).

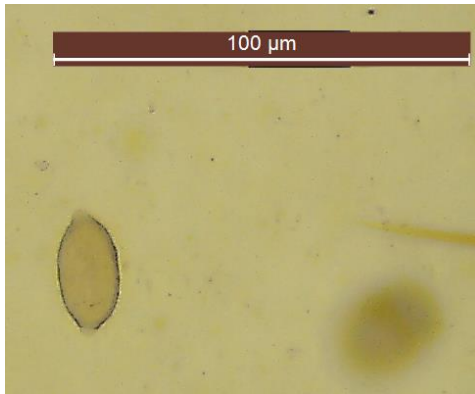


Joonis 3: *Toxocara sp.* muna. Allikas: erakogu.

Nakatumisel tekkiv toksokariaas väljendub erinevates sümptomites, mida põhjustab rändevastsete migratsioon: kõhuvalu, anoreksia, iiveldus, oksendamine, letargia, une- ja käitumishäired, kopsupõletik, köha, peavalu, valu jäsemetes, palavik, nägemise kaotus, ajukahjustus (Holland, 2017).

Capillaria sp.

Perekond *Capillaria* hulgast on karusid nakatanud *Eucoleus aerophilus* (sünonüümiga *Capillaria aerophila*) (Paoletti et al., 2017). Liigi *E. aerophilus* geograafilise paiknemise, erinevate peremeeste, zoonootilise potentsiaali, kliinilise tähtsuse jpm kohta on ebapiisavalt andmeid, et teha kindlaid järeldusi, kuid teda on peamiselt seostatud rebastega ja teda leidub ka koertes ja teistes kiskjates, harva ka inimestes (Stuart et al., 2013; Samorek-Pieróg et al., 2023). Nakatumine toimub väljaheidetega keskkonda sattunud munade alla neelamisel (Joonis 4) ning haigustunnusteks on köha, aevastamine ja tõsistel juhtudel ka kopsupõletik ja kroonilised hingamisraskused (Nevarez et al., 2005; Stuart et al., 2013). Arvatakse, et *E. aerophilus* kasutab vaheperemeestena tiguseid ja vihmausse (Stuart et al., 2013).



Joonis 4: *Capillaria* muna. Oluline tunnus on otsakorgid muna poolustel ja ovaalne kuju. Allikas: erakogu

Pihtussilised (Strongylida)

Pihtussilised (*Strongylida*) on ümarussid, keda leidub kõige sagedamini koduloomadel (Järvis, 2011d). Seltsi kuulub mh sugukond *Ancylostomatidae* ehk kidaussid, mille alla kuuluvad ka Euroopas karude väljaheidetest leitud perekonnad *Uncinaria* ja *Ancylostoma* ehk kõõrpead (Järvis, 2011d). Kidaussid on verest toituvad nematoodid, kes parasiteerivad imetajate seedeelundkonnas (Seguel & Gottdenker, 2017). Neid on kirjeldatud parasiteerimas 9 seltsi, 24 sugukonna ja 111 metslooma liigis ning kõige mitmekesisema peremeeste valikuga on *Ancylostoma pluridentatum*, *A. tubaeforme*, *Uncinaria stenocephala* ja *Necator americanus* (Seguel & Gottdenker, 2017). Pruunkarusid on teadaolevalt nakatanud neli kidaussi liiki: *Ancylostoma malayanum*, *Uncinaria rauschi*, *Uncinaria yukonensis*, *Uncinaria sp.* (Catalano et al., 2015; Seguel & Gottdenker, 2017), kuid on tõenäoline, et karusid nakatab ka teisi karnivoore nakatav *Uncinaria stenocephala* (Järvis, 2011d).

Nakatumine võib toimuda vastavalt liigile kas läbi naha või parasiidimune alla neelates (Joonis 5) ning nende säilitusperemeesteks on kas väikenärilised või närilised (Seguel & Gottdenker, 2017). Kidaussi nakkus võib põhjustada aneemiat, kängujäänud kasvu, kudede kahjustusi, põletikku ja ka suremust (Hotez et al., 2016; Seguel & Gottdenker, 2017).



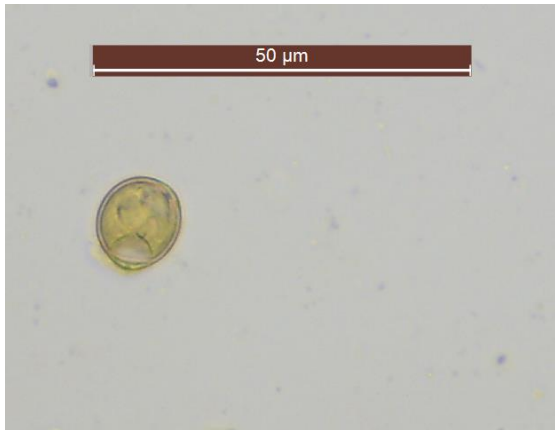
Joonis 5: Pihtussiliste munad. Mõõtkava joon on 20 mikromeetrit. Autor: Bugmyrin et al.(2017).

Ainuraksed protistid

On vähe uurimusi, mis käsitlevad metsloomade ainuraksete protistide nakkuseid, eriti karude puhul, ja sageli on olemasolevad uurimused väikese valimiga ja väga piiratud teemavalikuga, mistõttu on teadmised keskkonnas leiduvate ainuraksete protistide koosluste kohta puudulikud (Duszynski et al., 2018; Mthethwa-Hlongwa et al., 2024). Peamiste takistustena ainuraksete protistide koosluste uurimisel on välja toodud keskkonnaproovides esinevaid madalaid parasiitide kontsentratsioone, parasiitide mitmekesisuse kompleksust ning sobilike referentsandmebaaside ja standardiseeritud protokollide puudumist (Mthethwa-Hlongwa et al., 2024).

Ainuraksete protistide põhjustatud haiguste puhul räägitakse peamiselt koktsidioosidest, mille alla kuuluvad nii *Eimeria sp.* (Joonis 6) põhjustatud eimerioosid kui *Isospora sp.* põhjustatud isosporoosid (Järvis, 2011b). Koktsiidideks peetakse klassikaliselt *Eimeriidae* sugukonda kuuluvate perekondade *Eimeria* ja *Isospora* liike, kuid ka sugukondades *Cryptosporidiidae* ja *Sarcocystidae* esineb liike, mida peetakse koktsiidideks (Lindsay & Todd Jr, 1993).

Kõik koktsiidid on obligatoorselt parasiitsed ja tegu on seedeelundkonna parasiitidega (mõningate eranditega) (Lindsay & Todd Jr, 1993). Klassikalised koktsiidid on tavaliselt peremehespetsiifilised ja ka asukohaspetsiifilised oma peremehe sees ning peaaegu kõiki imetajaliike saab teadaolevalt nakatada üks või enam koktsiidiliiki (Lindsay & Todd Jr, 1993).



Joonis 6: *Eimeria* sp. ootsüst. Allikas: erakogu.

Enamus koktsiidinakkuseid on asümptomaatilised ning kliinilised haigusjuhud esinevad noortes loomades, stressis loomades või loomades, keda peetakse ülerahvastatud tingimustes (Lindsay & Todd Jr, 1993). Nakatumine toimub väljaheidetes leiduvate nakatumisvõimeliste ootsüstide allaneelamise kaudu, mis karude puhul võib toimuda ka läbi ootsüste sisaldava mullaga kaetud käppade lakkumise (Lindsay & Todd Jr, 1993; Duszynski et al., 2018). *Eimeria* perekonnast on pruunkarudel tuvastatud parasiiti *Eimeria ursi*, mille oletatavaks reservuaariks on närilised ning *Isoospora* perekonnast on tuvastatud parasiiti *Isoospora lacazei* (sünonüüm – *Isoospora fonsecai*) (Duszynski et al., 2018).

Perekond *Cryptosporidium* hõlmab parasiitseid ainurakseid protiste, mis nakatavad kalu, kahepaikseid, roomajaid, linde ja imetajaid ja kelle nakkust on tuvastatud 155 liigis, enamasti sõraliste, primaatide ja näriliste seltsidest (Fayer, 2004). Inimesi suudavad teadaolevalt nakatada seitse liiki: *C. baileyi*, *C. canis*, *C. felis*, *C. hominis*, *C. meleagridis*, *C. muris*, ja *C. parvum*, kuid primaarseks peremeheks on inimesed vaid liigi *C. hominis* jaoks ja kõige enim dokumenteeritud zoonootiline liik on *C. parvum* (Fayer, 2004).

Olemasolevate uuringute kohaselt on pruunkarudes *Cryptosporidium* spp. esinemine üsna madal, 0.6-4%, kuid on olnud ka uurimusi Poolas ja Slovakkias, kus nakkus esines enam kui 56% ja 78% analüüsitud proovidest (Ravaszova et al., 2012; Valencakova et al., 2013; Kváč et al., 2021). Arvatakse, et karud nakatuvad peamiselt läbi *Cryptosporidium* spp. nakkuse saanud pisinäriliste või muude korjuste söömise (näiteks närilistest toitunud rebase) (Ravaszova et al., 2012). Mitmed joogiveega seotud krüptosporidioosi haiguspuhangud Põhja-Ameerikas, Ühendkuningriikides ja Jaapanis viitavad, et inimeste jaoks on saastunud vesi oluliseks nakatumisallikaks (Fayer, 2004). Krüptosporidioos põhjustab haigestumist ja ka surma nii inimestes kui teistes loomades, peamiselt läbi tõsise

kõhulahtisuse ja tugeva infektsiooni immunokompromiseeritud isendites (Fayer, 2004). Tavalisteks sümptomiteks on ebamugavustunne kõhus, anoreksia, iiveldus, oksendamine, palavik, väsimus, hingamisprobleemid ja vesine kõhulahtisus, kuid on teada ka asümptomaatilisi haiguskulgusid (Jokipii & Jokipii, 1986).

Kidakärssussid (*Acanthocephala*)

Acanthocephala ehk kidakärssussid on väike monofüleetiline takson endoparasiite, kuhu kuulub umbes 1200 liiki (Smales, 2015). Nende kohta ei leidu palju infot, tõenäoliselt kuna neil on võrdlemisi väike arv liike ning nende morfoloogiline eristamine on keeruline, sest neil pole palju organeid, mille alusel võiks liike eristada ja nad on välimuselt äärmiselt sarnased (Kennedy, 2006). On teada, et kidakärssusslastel on vabalelava muna faas (Joonis 7), lüliljalgsest vaheperemees ja selgroogne lõpp-peremees ning nad on võrdlemisi vähepatogeensed, põhjustades väheseid lokaliseeritud kahjustusi soolte kudedes (Kennedy, 2006; Smales, 2015).



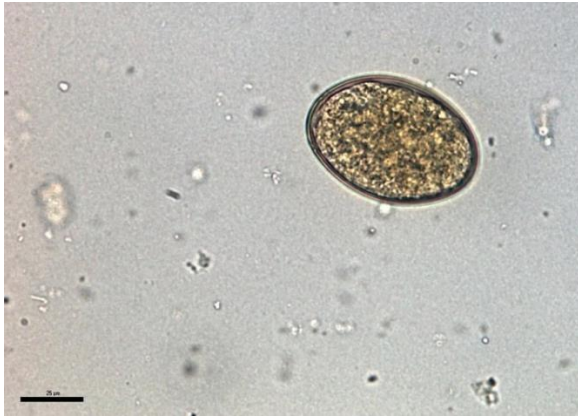
Joonis 7: Kidakärssussi muna (värviline). Oluliseks tunnuseks on paks rakukest. Mõõtkava joon on 50 mikromeetrit. Autor: Lance Wheeler.

Paelussid (*Cestoda*)

Laiussid (Diphyllbothrium)

Diphyllbothrium on paelusslaste alla kuuluv perekond laiusse (Scholz & Kuchta, 2016). Jahedas kliimas esinevad *Diphyllbothrium latum*, *D. dendriticum* ja *D. nihonkaiense* (Scholz & Kuchta, 2016). Laiusside munad (Joonis 8) levivad kaladega ning nende lõpp-peremeheks on kalasid söövad linnud (eriti kajakad) ja imetajad, sh inimesed (Scholz et

al., 2009). Eestis on *Diphyllbothrium* levinud Peipsi ja Võrtsjärve ümbruses ning Pärnumaal, kus enim nakatunud on haugid, ahvenad, lutsud ja kiisad (Järvis, 2011c). Karnivooride ja inimese peensooles parasiteerides tekitab see parasiit difüllobotrioosi, mille tunnusteks on seedehäired ja kõhnumine (Järvis, 2011c).

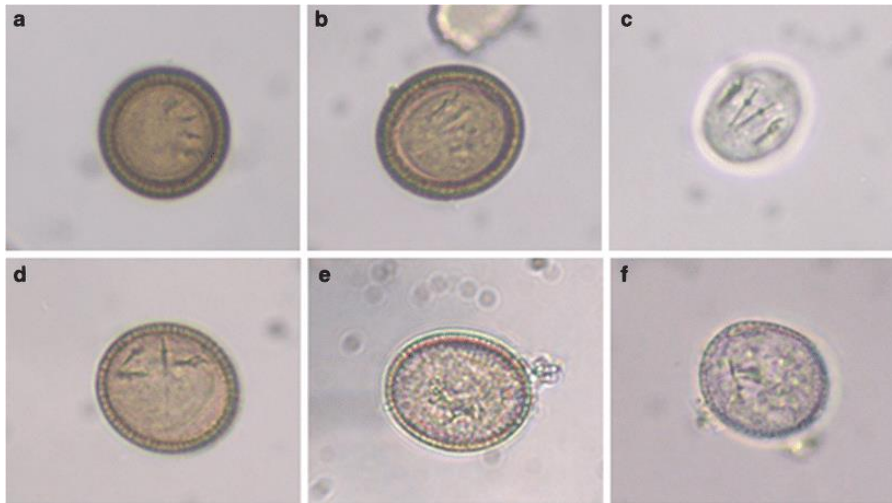


Joonis 8: *Diphyllbothrium latum* muna. Mõõtkava joon on 25 mikromeetrit pikk. Autor: Lance Wheeler.

Paelussid (Taenia sp.)

Paelussid ehk perekond *Taenia* liigid on maismaal elavate imetajate parasiidid, kelle täiskasvanud vormid esinevad lõpp-peremeheks olevates kiskjates ja vahepealseid tsüstilisi vorme leidub nende saakloomades (Jones & Pybus, 2001). Saakloomade (peamiselt sõraliste) nakatumine toimub läbi kiskjate väljaheidetega pinnasesse sattunud munade alla neelamise (Joonis 9), millest kooruvad vastsed arenevad nakkusvastseteks ja moodustavad looma lihaskudedes tsüste (Jones & Pybus, 2001; Laaksonen, 2020). Täiskasvanud loomadel on nakkus tavaliselt asümptomaatiline, kuid noorloomadel võib intensiivne nakkus põhjustada üldise tervisliku seisundi halvenemist ning muuta neid vastuvõtlikuks muudele haigustele (Laaksonen, 2020). *Taenia* liigid võivad nakatada ka inimest, nii munade alla neelamise kui haavadesse sattumise kaudu ning nakkusvastsetes võivad põhjustada tõsiseid zoonoosi (Deplazes et al., 2019).

Eestis on karudest teoreetiliselt võimalik leida *Taenia arctos*, kelle vaheperemeheks on põder ning lõpp-peremeheks karu, kuid Laaksoneni sõnul pole Eestis seda veel tuvastatud (Lavikainen et al., 2011; Laaksonen, 2020). Samas on leitud, et *T. arctos* ja *T. krabbei* on väga sarnase morfoloogiaga ning on väga tõenäoline, et varasemalt on liiki *T. arctos* ekslikult määratud hoopis liigiks *T. krabbei* (Lavikainen et al., 2011; Catalano, 2014).



Joonis 3: *Taenia sp.* munad. Oluline määramistunnus on munas asuvad embrüonaalsed noogud. A, b - küpsed nakatumisvõimelised munad, c- munakestast vabanenud onkosfäär, d- nakatumisvõimetu muna, e,f- ebaküps muna. Autorid: C. A. A. Rojas, A. Mathis, P. Deplazes.

Imiussid (trematoodid)

Väike eba-maksakaan (Dicrocoelium dendriticum)

Dicrocoelium dendriticum ehk väike eba-maksakaan on globaalse levikuga parasiit, kelle täiskasvanud vormid elavad lõpp-peremeeste (mäletsejate) sapiteedes (Cabeza-Barrera et al., 2011; Karadag et al., 2005). Nakatunud looma väljaheidetega satuvad parasiidimunad looduskeskkonda (Joonis 10), kus need neelatakse alla erinevate tigude poolt, kes omakorda nakatavad sipelgaid, kelle söömisel nakatuvad lõpp-peremehed (Karadag et al., 2005).

Inimnakkus on haruldane ja toimub tahtmatult nakatunud sipelgaid süües, näiteks juues saastunud vett või süües pesemata tooreid juurvilju või nakatunud loomade toorest maksa (Acha & Szyfres, 2003). Nakkuse sümptomiteks on kõhuvalu, naha ja silmavalgete kollaseks värvumine, külmavärinad, sügelus, kaalukaotus, anoreksia, iiveldus ja oksendamine (Karadag et al., 2005). Esialgselt põhjustab nakkus kroonilist maksa ja sapiteede ärritust, kuid ravita võib viia sapiteede ummistumise, kudede nekroosi, põletiku ja fibroosini ning progresseeruva maksatsirroosini (Karadag et al., 2005).

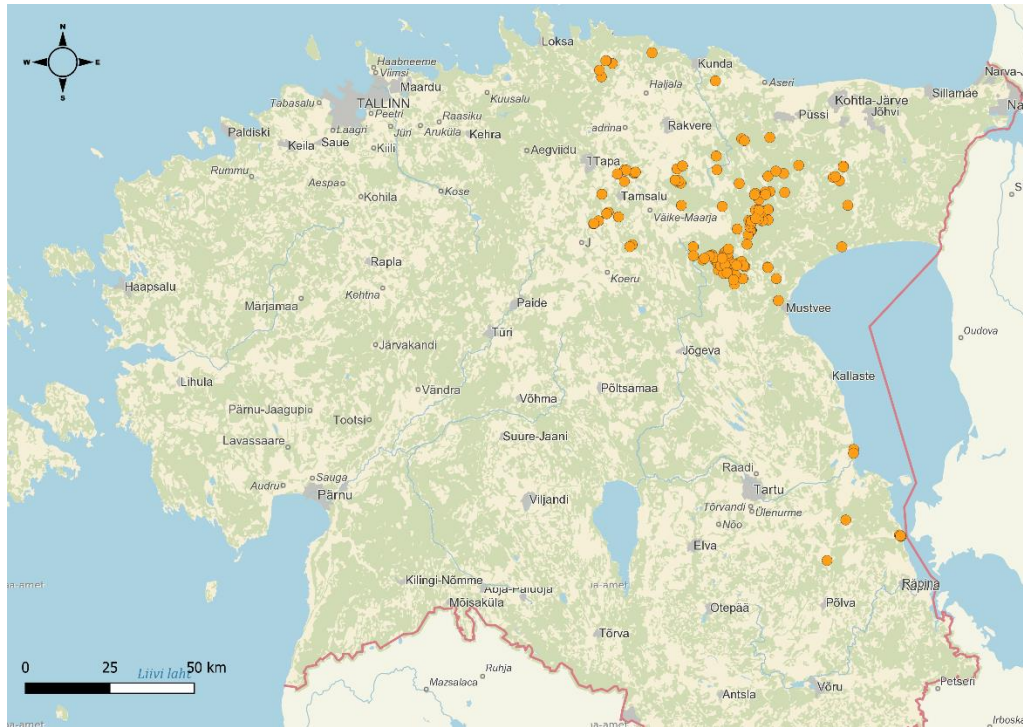


Joonis 4: *Dicrocoelium dendriticum* muna. 42µm x 26µm. Autor: Zeynep Taş Cengiz.

Materjal ja metoodika

Proovide kogumine

Antud uuringus analüüsiti 198 kiskja ekskremendi proovi, mis koguti osana õppetooli töörühma laiemast kiskjate toitumist ja parasiite käsitlevast uuringust. Proovid koguti peamiselt Kirde-Eestist (Joonis 11).



Joonis 5: Karu ekskremendi proovide kogumiskohad. Aluskaart: Maa-amet.

Proovid koguti ajavahemikus 1.mai 2022 - 1.mai 2023 ja selline ajaline raamistik valiti, et piiritleda uurimuse teemat katmaks pruunkaru parasitofauna ja selle dünaamika kirjeldust ühe aasta lõikes. Proove koguti erinevate metsateede äärest, teede ristumiskohtadest ja metsast. Iga proovi puhul koguti ekskrement nummerdatud kilekotti ning leiukoht dokumenteeriti kirjalikult, pannes kirja proovi globaalse positsioneerimissüsteemi (GPS) koordinaadid, kuupäeva, ekskremendi väljutanud liigi oletuse ja muud relevantssed märkused nagu visuaalselt hinnatud seisukord, koheselt tuvastatavad toiduobjektid jms. Kõik proovid külmutati ja talletati -80°C juures, et tagada DNA aeglasem degradeerumine ning inaktiveerida zoonootiliste parasiitide munad ja/või ootsüstid (Valdmann & Saarma, 2020; Tull et al., 2022a; Tull et al., 2022b).

Proovide ettevalmistamine

Kaks nädalat sügavkülmutatud (-80°C) ekskremendid tõsteti kuni 24 tunniks toatemperatuurile üles sulama. Seejärel lähtuti koostatud laboriprotokollist, mille põhjal:

1. Võeti 10 grammi materjali edasiseks töötlemiseks, jaotades kahte plastikust topsi 4 grammi homogeniseeritud ekskrementi, millele lisati 40ml destilleeritud vett.
2. Segu segati plastikust pulgaga 30 minutit, mille järel valati segu läbi 0,5mm võrestikuga terasest sõela 50ml Falconi tuubi. Topside seinad loputati destilleeritud veega, mis valati samuti läbi sõela Falconi tuubidesse, andes vedeliku lõppruumalaks 50ml.
3. Tuubid tsentrifugeeriti 1550g juures 5 minutit ning eraldunud vedelik valati ära. Proovide ettevalmistamise käigus saadi igast proovist edasisteks sammudeks kaks tuubi: üks, millega jätkata geneetilise analüüsiga ja teine, millega teostada parasiidimunade analüüs flotatsiooni teel.

Proovide geneetiline analüüs

Proovide kogumisel määrati igale kogutud ekskrementidele koheselt tõenäoline peremeesliik ekskrementi morfoloogia alusel, kuid et välistada eksimusi, kontrolliti geneetilise analüüsiga ekskrementi peremeesliik üle. Kuigi karu ekskrement on tavaliselt oma suuruse ning kuju järgi üsna selgelt eristatav teiste kiskjate ekskrementidest, kontrolliti algselt karuks määratud proovid siiski üle, et üheselt kinnitada valimi õigsust. Selleks isoleeriti proovide ettevalmistamisel saadud sademes leiduvatest peremeesliigi sooleepiteeli rakkudest genoomne DNA, teostati PCR-amplifikatsioon, kontrolliti saadud DNA fragmendid üle geelelektroforeesiga ja saadeti DNA sekveneerimisele Tartu Ülikooli genoomika instituudi tuumiklaborisse. Peremeesliigi tuvastamiseks saadud sekventsides järgi kasutati programmi Nucleotide BLAST (National Library of Medicine, USA).

Ekskrementidest genoomse DNA eraldamiseks kasutati NucleoSpin DNA Stool Kit-i (Macherey-Nagel, Saksamaa), järgides tootjapoolset protokolliga üksikute muudatustega:

- Proove kuumutati 98°C juures 7 minutit, et efektiivsemalt lõhkuda parasiidimunade kestad.

- Proovide sadestamist teostati 2°C juures 10 minutit, et paremini sadestada ebavajalikku materjali.

Saadud DNA-st PCR-amplifitseeriti ning sekveneeriti mitokondriaalse DNA (mtDNA) kontrollregiooni fragment, kasutades praimereid Canis7F
CCCTATGTACGTCGTGCATTA (uus praimer) ning Canis3R
TGTGTGATCATGGGCTGATT (Plumer et al., 2018), mis andsid PCR-i produkti pikkusega 361 aluspaari (bp). Analüüsis kasutatud reaktsioonisegu (kokku 20 µl) sisaldas: 1 µl puhastatud DNA-d, 1 µl praimereid (lõppkontsentratsiooniga 0.25 µM), 4 µl 5 x HOT FIREPol MultiPlex Mix-i (Solis BioDyne, Tartu, Eesti) ja 14 µl milliQ vett. PCR-i läbiviimise tingimused olid järgmised: DNA algne denaturatsioon teostati 12 minutit temperatuuril 95 °C; millele järgnes 10 tsüklit: 20 s 95°C, 30 s 55°C (alandades 0,5°C iga tsükli kohta), 45 s temperatuuril 72°C; seejärel 35 tsüklit: 20 s 98°C, 30 s 50°C, 45 s 72°C ja lõpuks 2 min 72°C. Saadud PCR-produktid puhastati ensüümidega FastAP ja ExoI (Thermo Fisher Scientific, USA), millest mõlemat lisati 1 ühik.

Puhastatud PCR-produktid saadeti Tartu Ülikooli genoomika instituudi tuumiklaborisse sekveneerimisele ning saadud DNA järjestuste alusel teostati ekskremendi peremeesliigi tuvastamine, kasutades programmi Nucleotide BLAST (National Library of Medicine, USA), mis väljastas suurima homoloogiaga vasted geneetiliste järjestuste andmebaasist. Edasi töötati vaid pruunkaru proovidega, mis osutusid kindlalt pruunkarudele kuuluvateks (>98% homoloogia) ehk 149 prooviga, millest üks jäeti statistilise erindina andmeanalüüsist välja.

Parasiidimunade määramine

Parasiidimunade tuvastamiseks ja määramiseks kasutati McMasteri rikastatud meetodit (Järvis, 2011a). Flotatsiooni teostati lahusega, mis koosnes soola ja suhkru vesilahusest ja oli tihedusega 1.28. Flotatsiooniks lisati proovide ettevalmistusest saadud sademele flotatsioonilahust kuni Falconi tuubi 5 ml üldmahuni. Segu segati läbi ja jäeti 10 sekundiks seisma, misjärel võeti suspensiooni pindmisest osast 1ml vedelikku pipetti ja täideti sellega kaks McMasteri kambrit. Proov jäeti 2 minutiks seisma ja seejärel mikroskopeeriti (mikroskoobiga Leica DM3000 LED, suurendusega 100-200x). Leitud parasiidimunad ja ainuraksete protistide ootsüstid pildistati ja tuvastati morfoloogia ja suuruse alusel.

Andmeanalüüs

Analüüsis uuriti parasiidimunade esinemise sagedust kogutud proovides hooegade ja aastaringi lõikes. Hooegade kategooriateks olid kevad (taliuinakule järgnev aktiivsuse periood), suvi (jooksuaeg) ja sügis (hüperfaagia) ning parasiidimunade ja -ootsüstide kategooriateks olid ainuraksed protistid, ümarussid, trematoodid, paelussid ja eraldi ümarussidest karusolge. Lisaks uuriti seoseid parasiidimunade esinemise hooaja ning munade tüübi vahel ja kas karusolkme munade puhul esineb statistiliselt oluline seos hooaja ning esinemissageduse vahel. Analüüs teostati nii kogu aastaringi lõikes kui ka erinevate hooegade võrdluses: kevad vs. suvi, suvi vs sügis, sügis vs kevad.

Andmeid analüüsiti programmidega MS Excel ja R Studio (versioon 2021.09.1+372, The R Foundation, 2024). MS Excelit kasutati parasiidimunade esinemise sageduse väljaselgitamiseks ning R Studiot, et läbi viia Pearsoni χ^2 - või Fisheri testid, et välja selgitada esinevate sageduste ja hooegade vaheliste seoste statistiline olulisus. Kõikide seoste kohta teostati χ^2 -test ning nende seoste puhul, mille kohta R esitas ebakorrektse tulemuse hoiatuse, teostati ka suurema tundlikkusega Fisheri testid. Statistiliselt oluliseks peeti tulemusi, mille $p < 0.05$.

Töö autori roll

Magistritöö autor osales kõigis töö valmimise etappides. Proovide kogumisel osaleti mõnel korral, suurema osa karu proovide kogumisest teostasid teised terioloogia õppetooli töörühma liikmed. Proovide ettevalmistamine ja analüüs toimus esimesed 1-2 korda juhendajate kaasabil, kuid edasi teostati ettevalmistus ja analüüs iseseisvalt. Tulemuste andmeanalüüsi teostati vastavalt juhendajate soovitudele ja nõuannetele. Töö kirjutati iseseisvalt ning täiendati ja viimistleti tuginedes juhendajate nõuannetele.

Tulemused

Tuvastatud peremeesliigid

Analüüsitud 198 ekskremendist tuvastati geneetilise analüüsi abil, et neist 149 kuulus pruunkarule. Ülejäänud proovide puhul ei andnud geneetiline analüüs tulemusi (tõenäoliselt oli DNA liigselt degradeerunud) või polnud ühemõtteliselt võimalik väita, et tegemist on karule kuulunud prooviga.

Tuvastatud parasiidimunad ja nende esinemissagedused

Proovide mikroskopeerimisel tuvastati erinevaid parasiidimune ja -ootsüste, mis juhendaja abiga määrati oletatava hõimkonna, klassi, alamklassi, seltsi, sugukonna või perekonna tasemeni; liigini määrati täie kindlusega vaid *Baylisascaris transfuga* munad, mis on morfoloogiliselt teistest parasiidimunadest selgelt eristuvad (Tabel 1). Hõimkonna tasemeni määrati kidakärssusside (*Acanthocephala*) munad, klassini *Trematoda* (imiussid), alamklassini *Coccidia* (koktsiidid), seltsini *Strongylidae*, sugukonnani *Ascarididae* (solkmed), perekonnani *Eimeria*, *Giardia*, *Diphyllbothrium* (laiussid), *Taenia* (paelussid) ja *Capillaria*. Lisaks tuvastati ka teisi määramata jäänud parasiidimune ning hõimkonna tasemeni määratud nematoode.

Mikroskopeerimisel tuvastati mitmeid taksoneid üsna üksikutes proovides, mistõttu koondati andmeanalüüsiks leiud nelja kategooriasse: ainuraksed protistid, paelussid, ümarussid ja trematoodid (Tabel 2). *Acanthocephala* oleks taksonoomiliselt samuti eraldi kategooria, kuid kuna seda leiti vaid ühest proovist, ei olnud seal mingeid seoseid analüüsida.

Üldine ainuraksete protistide nakkuse kahtlus oli 89 proovil (60%), kuid kuna polnud võimalik kindlaks teha, kas artefakti näol oli tegu ainurakse protisti muna või millegi mitteparasiitsega, jäeti selle kahtlusega edasises andmeanalüüsis arvestamata. Edasisest andmeanalüüsist jäeti välja ka proov E29, mis oli statistiliselt erind – proov sisaldas üle 200 karusolkme muna ning koguti sellisel kevadel, kus üheski teises proovis ei esinenud *B.transfuga* parasiiti. Järeldasime, et tegu võis olla üle talve seisnud ekskremendiga, mille võib erindina analüüsist kõrvale jätta, mistõttu jäi analüüsitud ekskrementide arvuks 148.

Tabel 1: Tuvastatud parasiidimunad ja -ootsüstid ning nende proovides esinemise sagedus.

Parasiit	Proovide arv	Esinemissagedus
<i>Acanthocephala</i>	1	0.7%
Ainuraksed protistid		
<i>Coccidia</i> sp.	17	11%
<i>Eimeria</i> sp.	9	6%
<i>Giardia</i> sp.	2	1%
Paelussid		
<i>Taenia</i> sp.	9	6%
<i>Diphyllobothrium</i>	1	0.7%
Ümarussid		
<i>B. transfuga</i>	76	51%
<i>Ascarididae</i>	4	3%
<i>Capillaria</i>	2	1%
<i>Strongylidae</i>	2	1%
Määramata nematood	11	3%
Trematoodid	6	7%
Määramata munad	4	3%

Tabel 2: Tuvastatud parasiidid suuremate taksonite kaupa ja nende proovides esinemise sagedus.

Tuvastatud parasiidid	Proovide arv	Esinemissagedus
Ainuraksed protistid (<i>Coccidia</i> , <i>Eimeria</i> , <i>Giardia</i>)	24	16%
Paelussid (<i>Taenia</i> , <i>Diphyllobothrium</i>)	8	5%
Ümarussid (<i>B. transfuga</i> , <i>Strongylidae</i> , <i>Ascarididae</i> , <i>Capillaria</i> , täpsustamata nematoodid)	88	60%
Trematoodid	6	4.%
Kõik määratud parasiidid kokku	110	74%

Parasiidinakkuste hooajaline dünaamika

Analüüsitud ekskrementid jaotati kogumiskuupäeva järgi kolme kategooriasse:

- kevadised: 24.04.2022 – 31.05.2022 ja 20.04.2023 - 29.04.2023
- suvised: 17.06.2022 – 26.08.2022
- sügisesed: 02.09.2022 – 18.11.2022

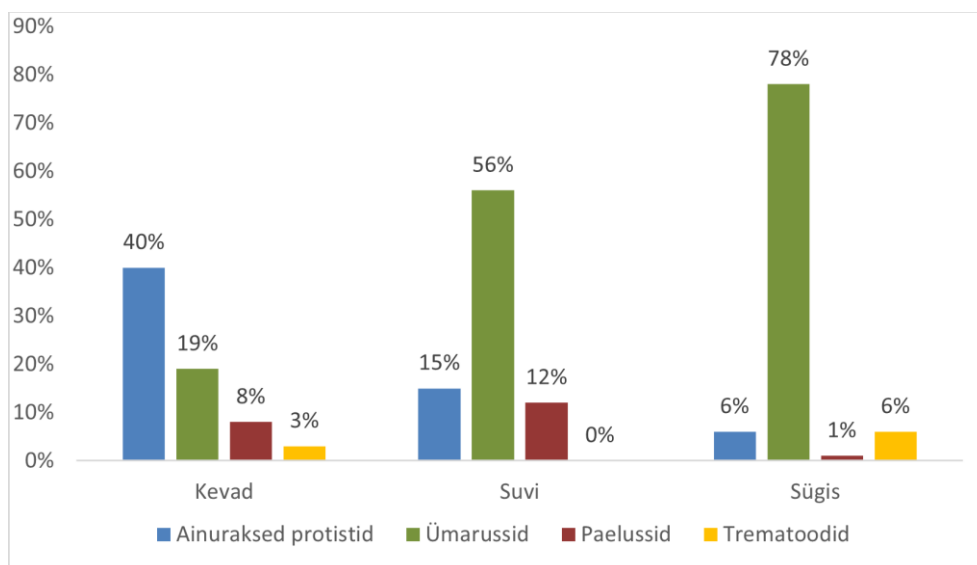
Nende kategooriate kohaselt oli analüüsis 35 kevadist proovi, 34 suvist proovi ja 79 sügisest pärit proovi ning parasiidimune sisaldavate ekskrementide osakaal oli väikseim kevadel, suurim sügisel (Tabel 3). Selged hooajalised erinevused esinemissagedustes kerkisid esile kõikide suuremate parasiiditaksonite puhul (Tabel 4; Joonis 12).

Tabel 3: Parasiidimune sisaldavate proovide arv ja % hooegade lõikes.

Hooaeg	N	%
Kevad	22	63%
Suvi	24	71%
Sügis	64	81%

Tabel 4: Suuremate parasiiditaksonite esinemine proovides hooegade lõikes.

Parasiit	Kevadel	Suvel	Sügisel
Ainuraksed protistid	14 (40%)	5 (15%)	5 (6%)
Ümarussid	7 (19%)	19 (56%)	62 (78%)
Paelussid	3 (8%)	4 (12%)	1 (1%)
Trematoodid	1 (3%)	0	5 (6%)



Joonis 6: Suuremate parasiiditaksonite hooajaline dünaamika.

Karusolkme hooajaline dünaamika

Karusolkme nakkusel esines selge hooajaline dünaamika (Tabel 5).

Tabel 5: Karusolkme mune sisaldavate proovide esinemine hooegade lõikes.

Hooaeg	N	%
Kevad	1	3%
Suvi	16	47%
Sügis	58	73%

Nakkuse esinemise seos hooajaga

Analüüsid nakkuste esinemise seost hooajaga, kasutati suurema valimiga kategooriate (ainuraksed protistid, ümarussid, karusolge) jaoks Pearsoni χ^2 -testi (Tabel 6 ja Tabel 8).

Paelusside ja trematoodide nakkuste esinemise ja hooegade esinemise seoste analüüsimiseks kasutati Fisheri testi (Tabel 7 ja Tabel 9).

Kogu aastaringi lõikes olid statistiliselt olulised seosed:

- hooegade ja ainuraksete protistide ($\chi^2 = 20.31$; $df = 2$; $p < 0.001$), ümarusside ($\chi^2 = 34.65$; $df = 2$; $p < 0.001$), karusolkme ($\chi^2 = 48.54$; $df = 2$; $p < 0.001$) ja paelusside ($p = 0.02$) vahel (tabelid 6 ja 7).
- Paarikaupa võrreldud hooegade puhul olid statistiliselt olulised seosed:
 - kevade ja suve võrdluses ümarusside ($\chi^2 = 7.99$; $df = 1$; $p = 0.005$) ja karusolkme esinemine ($\chi^2 = 18.882$; $df = 1$, $p < 0.001$) (tabel 8);
 - kevade ja sügise võrdluses ainuraksete protistide ($\chi^2 = 17.448$; $df = 1$; $p < 0.001$), ümarusside ($\chi^2 = 32.314$; $df = 1$; $p < 0.001$) ja karusolkme esinemine ($\chi^2 = 45.578$; $df = 1$; $p < 0.001$) (tabel 8);
 - suve ja sügise võrdluses ümarusside ($\chi^2 = 4.9187$; $df = 1$; $p = 0.03$), *B. transfuga* ($\chi^2 = 6.1874$; $df = 1$; $p = 0.01$) ja paelusside esinemine ($p = 0.03$) (tabelid 8 ja 9).

Tabel 6: χ^2 -testi tulemused kõigi hooegade ja ainuraksete protistide, ümarusside ning karusolkme nakkuste seoste analüüsimisel.

Seos	χ^2	df	p-väärtus
Hooajad x ainuraksete protistide esinemine	20.31	2	<0.05
Hooajad x ümarusside esinemine	34.65	2	<0.05
Hooajad x karusolkme esinemine	48.54	2	<0.05

Tabel 7: Fisheri testi tulemused kõigi hooegade ja paelusside ning trematoodide nakkuste seoste analüüsimisel.

Seos	p-väärtus
Hooajad x paelusside esinemine	<0.05
Hooajad x trematoodide esinemine	0.42

Tabel 8: χ^2 -testide tulemused paarikaupa võrreldud hooegade puhul.

Seosed	χ^2	df	p-väärtus
Kevade ja suve võrdluses			
hooajad x ainuraksed protistid	0.01	1	0.9
hooajad x ümarussid	7.99	1	<0.05
hooajad x karusolge	18.88	1	<0.05
Kevade ja sügise võrdluses			
hooajad x ainuraksed protistid	17.45	1	<0.05
hooajad x ümarussid	32.31	1	<0.05
hooajad x karusolge	45.58	1	<0.05
Suve ja sügise võrdluses			
hooajad x ainuraksed protistid	1.16	1	0.28
hooajad x ümarussid	4.92	1	<0.05
hooajad x karusolge	6.19	1	<0.05

Tabel 9: Fisheri testide tulemused paarikaupa võrreldud hooegade puhul.

Seosed	p-väärtus
Kevade ja suve võrdluses	
hooajad x paelussid	0.7
hooajad x trematoodid	1
Kevade ja sügise võrdluses	
hooajad x paelussid	0.09
hooajad x trematoodid	0.66
Suve ja sügise võrdluses	
hooajad x paelussid	<0.05
hooajad x trematoodid	0.32
hooajad x ainuraksed protistid	0.16

Arutelu

Tuvastatud parasiidid võrdluses varasemate tööde tulemustega

Võrreldes teiste Euroopas läbiviidud karu parasitofauna uuringutega (Aghazadeh et al., 2015; Orosová et al., 2016; Remesar et al., 2024) seisnes antud töö tulemuste suurim erinevus kõõrpeade (*Ancylostoma sp.* ja *Uncinaria sp.*) puudumises ning kidakärssuslase (*Acanthocephala*) esinemises. Pea kõigis eelnevalt viidatud uurimustes leiti karu ekskrementidest kõõrpeade mune, eranditeks olid Hispaanias teostatud Costa et al. (2022) ja Remesar et al. (2024) uurimused ning Poolas teostatud Borecka et al. (2013) uurimus, kus ei tuvastatud karu ekskrementidest ühtegi parasiiti.

Tekib küsimus, kas kõõrpeade puudumine võib olla tingitud nende väikesest arvukusest meie looduslikes ökosüsteemides või peitub põhjus mujal. Kui vaadata varem avaldatud parasitofauna uuringuid teistel metsikutel imetajatel, siis Laurimaa et al. (2016a) leidsid, et rebastel on sageli *Uncinaria stenocephala* nakkus ja ka Jõesuu (2023) rebaste parasitofaunat käsitleva uurimuse tulemustes esines pea 11% proovides kõõrpäid. Samuti leidsid Laurimaa et al. (2016b), et Eestis on kährikutel *Uncinaria* nakkuse määraks 98% ning Tull et al. (2022a) tuvastasid 15% hulkuvate koerte ekskrementides *Uncinaria* nakkuse. Lisaks leidsid Tull et al. (2022b), et *Uncinaria* nakkus on levinud ka rebastes (18%), šaakalites (28%), koertes (20%) ja kährikutes (43%). Arvestades, et kõõrpead on võimelised munema väga suurtes kogustes mune (tuhandeid mune 1 grammi ekskrementi kohta) (Cano, 2024), võib Eesti looduskeskond olla võrdlemisi saastunud kõõrpeade munadega, mistõttu jääb ebaselgeks, miks neid ei tuvastatud ühestki pruunkarude väljaheite proovist.

Kõik uurimused, kus ei tuvastatud kõõrpäid, olid teostatud mägedes, kus esinevad madalamad temperatuurid ja lumikate (Kantaabria ja Tatra mäestikud). Kõik Hispaanias tehtud uurimused on teostatud küll samas mäestikus, kuid erinevates piirkondades – Costa et al. (2022) ja Remesar et al. (2024) kogusid enda uurimuses proove selles Kantaabria mäestiku osas, kus esineb lumikatet, Cano et al. (2024) aga kogusid proove rohkem põhja pool, mis on lähemal merele ja kus ei pruugi lumikatet esineda (Melon-Nava et al., 2023). Kuna kõõrpeade mitteesinemine on tuvastatud vaid nendes uurimustes, kus esineb lumikatet ja võib oletada, et karud teevad taliuinakut, ei välista ma võimalust, et karude taliuinak ja metabolism mõjutab kuidagi seda kas karul on kõõrpeade nakkus või mitte.

Samas, seda hüpoteesi ei toeta Bugmyrin et al. (2017) uurimus, mis teostati Koola poolsaarel, kus karud teevad taliuinakut, kuid uurijate suvel kogutud karu ekskrementid sisaldasid siiski *Uncinaria sp.* mune.

Antud töös tuvastati ka 6 proovis trematoodide mune, mis teiste karu parasitofaunat käsitletud uurimuste põhjal võiks olla *Dicrocoelium dendriticum*. Eestis on varasemalt leitud parasiiti *D. dendriticum* Saaremaal elavates metssigades, kuid mandri metssigades seda toona ei tuvastatud (Järvis et al., 2007). Pean võimalikuks, et *D. dendriticum* esineb nüüd ka mandril leiduvates metssigades ning pruunkaru võib saada nakkust nende kaudu, arvestades, et karu toitumisanalüüsi põhjal toitub ta imetajatest kõige rohkem just metssigadest (Vulla et al., 2009). Teine võimalus on, et *D. dendriticum* ei esine ka praegu mandri metssigades ning karud saavad nakkust hoopis klassikaliste vaheperemeeste – sipelgate – söömise teel. Samas on rahvusvahelises kirjanduses välja toodud, et täiskasvanud imiussi *D. dendriticum* ei ole karudest kunagi leitud ja mõned uurijad usuvad, et kui karu sööb temaga nakatunud saaklooma, liiguvad selle parasiidi munad lihtsalt läbi karu seedetrakti, põhjustamata aktiivset nakkust (Borka-Vitális et al., 2017).

Parasiidimune ja -ootsüste sisaldavate pruunkaru ekskrementide protsent (74%) jäi teiste Euroopas varasemalt tehtud uurimuste tuvastatud nakkusmäära vahemikku (0-79%) (Lisa 1). Kõige sarnasema nakatumismääraga olid uurimistulemused Slovakiast (76%) ja Hispaaniast (71% ning 79%) (Orosova et al., 2016; Costa et al., 2022; Remesar et al., 2024). Kui võtta arvesse, et paljud uurimused ei käsitlenud või tuvastanud ainuraksete protistide mune ja ootsüste ning jätta enda uurimustulemustest kõrvale ainuraksete protistide nakkused, oleks nakatumismääraks 69%, mis on kõrgem kui enamuse teiste uuringute saadud nakatumismäär, mis jäi vahemikku 0-64%. Selle põhjal saan väita, et praeguste teadmiste kohaselt sisaldavad Eestis elavate pruunkarude ekskrementid sagedamini helmnitide mune kui mujal Euroopas. Siin võib rolli mängida asjaolu, et mida rohkem põhja pool pruunkarud elavad, seda rohkem toituvad nad ka loomsetest objektidest, mille kaudu parasiitidega nakatuda (Vulla et al., 2009), kuid sellisel juhul peaks saama eeldada kõrgemat nakatumismäära ka Koola poolsaarel teostatud Bugmyrin et al. (2017) uurimusest, kus nakatumisprotsent oli vahemikus 1-38. Samas Koola poolsaare puhul võivad kohalikud ekstreemsed ilmastikuolud omada mõju pruunkarude toitumisele ja pärssida parasiitide levikut.

Üldise parasiitnakkuse hooajaline dünaamika

Antud töös oli üldine parasiitnakkuste hooajaline dünaamika samasugune nagu Cano et al. (2024) ja Orosová et al. (2016) töödes – kõige vähem oli parasiidimune sisaldavaid ekskrementide kevadel ja kõige rohkem sügisel. Teistes varasemates töödes, kas ei uuritud hooajalist dünaamikat või ei tuvastatud olulist trendi (Borka-Vitális et al., 2017).

Statistiliselt oluliseks ($p < 0.05$) osutusid aastaaja ning ainuraksete protistide, ümarusside ja paelusside esinemise vahelised seosed, ehk võime oletada, et nende parasiidikategooriate puhul esineb hooajalisust, kus nakkus on rohkem levinud ühel hooajal kui teistel.

Ainuraksete protistide nakkused olid rohkem levinud kevadel, ümarusside nakkused olid rohkem levinud sügisel ning paelusside nakkused olid rohkem levinud suvel. Ainuraksete protistide nakkuse esinemismäär oli madalaim sügisel, ümarusside nakkuse esinemismäär oli vastupidiselt madalaim kevadel ning paelusside nakkuse esinemismäär oli madalaim sügisel. On spekulieritud, et ümarusside dünaamika kujuneb välja karu toitumusrežiimi tõttu – sügisel on rohkem parasiite, sest karud toituvad siis rohkem (Orosova et al., 2016).

Ainuraksete protistide puhul pean võimalikuks, et nende ja ümarusside vahel esineb antagonistlik interaktsioon, kus ainuraksete protistide esinemine on mõjutatud ümarusside esinemisest – mingil põhjusel ei ela täiskasvanud ümarussid talve üle karu sisemuses ning on võimalik, et vähenenud ümarusside nakkus võimaldab ainuraksete protistide nakkusel intensiivistuda, mis viib kevadel ka rohkemate ainuraksete protistide munade keskkonda sattumiseni ja uute nakkuste tekkeni. Kui ümarusside nakkus organismis hakkab tõusma, hakkab ainuraksete protistide nakkus uuesti taanduma. Seda hüpoteesi toetab ka Poolas tehtud uurimus kelgukoorte parasitofaunast, kus leiti negatiivne seos soolestikus elavate ainuraksete protistide ja helmintide esinemise vahel – võrreldes nematoodidega nakatunud koertega, oli ainuraksete protistide *Cryptosporidium spp.* ja *Giardia spp.* esinemine 2-3 korda sagedasem koertes, kes polnud nematoodidega nakatunud (Bajer et al., 2011). Samas uurimuses leiti selline negatiivne seos ka nakkuse tüübi ja koera vanuse võrdluses – mida vanem oli koer, seda väiksema tõenäosusega esines tal ümarusside nakkuseid (*Uncinaria* nakkus puudus vanimas vanuseklassis), kuid ainuraksete protistide nakkusega oli vastupidine trend, kus nakkuse tõenäosus kasvas koera vanusega. Usun, et ainuraksete protistid ja ümarussid mõjutavad teineteist negatiivselt, kuid teema vajaks edasist uurimist, et selgitada välja ka täpsemad antagoniseerimise mehhanismid ja potentsiaal selle kaudu biotõrje arendamiseks.

Karusolkmega nakatumise määr ja selle hooajaline dünaamika

Karusolkme *B. transfuga* puhul osutus üldiseks aastaseks nakatumismääraks 51%, mis on sarnane varasematele töödele Slovakkias (Finnegan, 2009; Štrkolcová et al., 2018; Molnár et al., 2020), kus aastane nakatumismäär jäi vahemikku 47-62%. Palju väiksem nakatumismäär (14-16%) oli leitud Horvaatias ja Poolas (Ambrogi, 2011; Gawor et al., 2017). Selline erinevus võib olla põhjustatud asjaolust, et teatavasti kiputakse flotatsioonitehnikaga karusolkme nakkust alahindama (kui proovis on vähe mune, on võimalik, et need munad lihtsalt ei satu loendamiskambrisse) ja kuna karusolge võib potentsiaalselt muneda perioodiliselt nagu *B. procyonis*, võis nende tööde valimisse sattuda proove, kuhu vaatamata aktiivsele nakkusele ei sattunud parasiidimune (Bugmyrin et al., 2017).

Karusolkme tuvastatud hooajaline dünaamika, kus nakatumismäär on madalaim kevadel ja tipneb sügisel, on toetatud varasemate tööde tulemuste poolt (Finnegan, 2009; Catalano et al., 2015; Štrkolcová et al., 2018; Cano, 2024; Remesar et al., 2024;). Sellel teemal on peamiseks arutluskohaks küsimus mis saab karusolkme nakkusest talvel. Üheks teooriaks on, et karu väljutab parasiidid enne taliuinaku tegemist (Choquette et al., 1969; Rogers, 1975; Molnár et al., 2020). Teiseks teooriaks on, et karusolkme vastsed suudavad karus talvituda ning kui kevadel hakkab karu sööma, arenevad neist täiskasvanud, kes hakkavad siis munema, kuid sügisel karu kehas olevad täiskasvanud ei suuda karu taliuinaku ajal elus püsida ning hukkuvad ja väljutatakse kevadel esimese väljaheitega (Frechette & Rau, 1978). Lisaks on spekulieritud, et taliuinaku põhjustatud füsioloogilised muutused karus põhjustavad solkmete hukkumise ning väljutamise asemel need imendatakse karu keha poolt (Finnegan, 2009). Leian, et kui see vastab tõe, võib sügisene kõrgem parasiidikoormus osutuda karule taliuinaku üleelamisel abistavaks faktoriks, mis julgustab ümbermõtleva parasiidi ja peremehe suhet kui ühele poolele kasulikku ja teisele poolele vaid kahjulikku interaktsiooni.

Karu roll zoonootiliste parasiitide levitajana

On teada, et karud võivad olla mitmete zoonootiliste bakterite ja parasiitsete patogeenide levitajaks ja reservuaariks (Costa et al., 2022; Salvo & Chomel, 2020; Sheikh et al., 2018) ning kõik antud uurimuses tuvastatud parasiidid (peale *Eimeria sp.*) on kas

dokumenteeritult nakatanud ka inimesi või arvatakse, et neil on see potentsiaal. Kuna karu on inimpeelglik, ei pruugi ta zoonootilisi parasiite inimestele levitada nii otseselt kui näiteks linnas liikuvad rebased, kuid läbi söödaplatside ja teiste metsloomadega kattuvate alade võivad nad nakatada teisi metsloomi, kelle kaudu jõuavad parasiidid inimestele palju lähemale. Lisaks levitavad karud oma ekskrementidega parasiidimune ka veekogudesse, mille kaudu võivad inimesed parasiitidega kokku puutuda. Näiteks peetakse ohtlikuks karusid, kellel on *Diphyllbothrium sp.* nakkus, sest nad võivad parasiidimune levitada veekogudesse, kus munast kooruvad vastsed nakatavad kalasid, kelle püüdmisel ja söömisel võivad ka inimesed parasiidinakkuse saada (Catalano et al., 2015; Salvo & Chomel, 2020).

Karude parasitofaunast on inimestele kõige ohtlikumateks parasiitideks *Ancylostoma spp.* ja *Uncinaria spp.* (Salvo & Chomel, 2020). Kuigi antud uurimuses nende parasiitide mune ei tuvastatud, ei tähenda see tingimata, et Eestis elavad karud pole nendega nakatunud – arvestades, et teiste kiskjate ekskrementidest on neid mune leitud, on teada, et need parasiidid siiski ringlevad meie loodussüsteemides ja ei saa välistada, et ka karud omavad rolli nende levitamisel ja ringluses hoidmisel. Nüüd teame ka seda, et Eestis elavad karud võivad olla nakatunud kidakärssusslastega (*Acanthocephala*), kelle puhul on viimastel aastatel inimnakkused tõusvas trendis ning üheks põhjuseks peetakse seda, et paljud meditsiinitöötajad ei ole selle taksoniga tuttavad ja varasemalt on tõenäoliselt neid valesti määratud, mistõttu on tegelik nakkuste määr inimestes tugevalt alahinnatud (Mathison et al., 2021). Seepärast ongi oluline seirata loomades esinevaid nakkuseid – see võimaldab saada aimdust ka sellest, milliseid vähemtuntud parasiidiliike tuleks otsida sümptomitega inimestest.

Antud uurimus leidis ka, et Eestis on väga levinud parasiidiks karusolge, mis võib põhjustada paljudes loomaliikides (sh inimestes) rändevastsete migratsiooni kaudu tõsiseid haigusseisundeid. Ei ole ka välistatud, et karusolkmeks peetakse tegelikult mõne teise liigi munasid, millel võib olla suurem zoonootiline potentsiaal. Seda kõike arvesse võttes võib väita, et Eestis elavad pruunkarud ei pruugi mängida väga aktiivset rolli zoonootiliste parasiitide levitamises inimestele, kuid nad võivad seda soodustada läbi oma ökoloogiliste interaktsioonide.

Karu roll looduslikes ökosüsteemides parasiitide levitajana

Arvestades karu võrdlemisi pikka eluiga, võivad nad olla pikaajaliseks reservuaariks parasiitidele ja hoida neid ökosüsteemis ringlemas pikemat aega. Lisaks võivad karud neid selle pikema aja jooksul levitada kaugemale algnakkuse punktist kui mõned lühema elueaga loomad suudaksid. Omnivoorina on karu elukeskkonnaks nii taimedelt kui saakloomadest saadavatele parasiitidele, mis tähendab, et karu võib levitada ka üsna mitmekesisest parasiitide kooslust. Leian, et karu võib olla ka parem teatud parasiitide levitaja kui väiksemad loomad, sest tema suurema mahuga ekskrementid kaitsevad seal peituvaid parasiidimune paremini nt läbikuivamise eest ja võimaldavad sellega parasiidivastsetele piisavalt aega arenemiseks.

Ekskrementanalüüsi eelised ja puudujäägid

Ekskrementidest parasiidimunade tuvastamine ja määramine aktiivse parasiitnakkuse tuvastamiseks on meetod, millel on omad hüved ja puudujäägid. Peamiseks positiivseks küljeks on meetodi mitteinvasiivsus – keskkonnas leiduvate proovide kogumine ei nõua oma uuritava peremeesliigi püüdmist ja uinutamist nagu nt vereproovide või otse pärasoolest kogutavate ekskrementide proovide puhul ning ei sõltu ka jahimeeste küttimestegevusest nagu siseorganite lahkamist nõudvad meetodid või roematerjali kogumine surnud loomade soolestikust. See tähendab, et antud meetodikaga on võimalik uurida imetajat ilma temaga kokku puutumata. Lisaks on ekskrementiproove lihtsam suuremas koguses talletada kui terveid elundeid ja nende analüüsimine on vähem ajamahukas kui lahkamise teostamine. Samuti on üheks faktoriks asjaolu, et uuritav imetaja võib olla kaitsealune liik ning uurimisi saabki teostada vaid mitteinvasiivselt, sest nende küttimeine on kas keelatud või lubatud vaid väga piiratud koguses, mis ei võimaldaks saada adekvaatset valimit. Ühtlasi võimaldab ekskrementanalüüs anda ka hinnanguid nakkuse intensiivsusele ja keskkonna parasiidimunadega saastumise ulatusele, aga ka saada infot parasiitide mitmekesisuse ning nakkuse dünaamika ja esinemissageduse kohta (Akrim et al., 2018; Rojas et al., 2024).

Antud töös kasutatud meetodika keskkonnas leiduvate ekskrementide kogumisel, talletamisel ja analüüsimisel on ka ohutum kui otse kogutud vere- või roeproovide kasutamine. Otsesel kokkupuutel värske materjaliga on suurem nakkusrisk uurijatele, sest

parasiidimunad on potentsiaalselt nakatumisvõimelised. Kogudes keskkonnas leiduvaid ekskrementide ja talletades neid -80°C kraadi juures, muudetakse parasiidimunad inaktiivseteks ning proovide edasine käitlemine on uurijatele ohutum. Samas tuleb silmas pidada, et proovide läbikülmutamine võib lõhkuda mõningaid parasiidimune (eriti ainuraksete protistide mune), mis muudab nende edasise tuvastamise võimatuks. Ühtlasi on keskkonnas leiduvate proovide analüüsimisel risk, et päikesekiirgus, vihmavesi jt looduslikud faktorid on põhjustanud peremeeslooma DNA degradeerumise tasemeni, kus peremeeslooma pole võimalik geneetiliselt kindlaks teha – antud töös esines see probleem 25 prooviga.

Üks probleemkoht on ka asjaolu, et ekskremendi peremeesliiki ei ole võimalik visuaalsete tunnuste põhjal piisava usaldusväärsusega kindlaks teha. Antud töös koguti vaid ekskrementide, mida peeti karule kuuluvaks, kuid millest geneetilised meetodid kinnitasid karu peremeesliigiks 86% proovide puhul. Ilvese ekskrementideks osutunud proovi puhul oldi kindel, et tegemist peaks olema karu prooviga, sest see koguti karude märgistuspäru juurest, mille lähistel oli rajakaamera tuvastanud ainult karude kohalolu. See tähendab, et kuigi algse proovide kogumise käigus on aja ja töö mahu kokkuhoiu huvides mõistlik koguda vaid proove, mis oma suuruselt ja morfoloogialt võiks kuuluda uuritavale peremeesloomale, tuleb siiski kõik proovid geneetilise analüüsiga üle kontrollida, kindlustamaks andmete õigsust. Samuti tuleb võrrelda geneetilise analüüsi tulemusi ekskremendi morfoloogiaga, kuna harvadel juhtudel võib analüüs üles amplifitseerida mitte peremehe DNA, vaid mõne teise imetaja DNA, kellest peremeesliik on toitunud. Seega tuleb teostada topeltkontroll ja võtta edasisse analüüsi vaid need proovid, mille puhul ollase kindlad, et need kuuluvad just antud peremeesliigile. Kuigi selline analüüs võib tähendada lisakulusid uurijatele, on see on hädavajalik, et tagada uurimistulemuste õigsust (Akrim et al., 2018; Rojas et al., 2024).

Kiskjate ekskrementanalüüsis tuleb tulemuste tõlgendamisel arvestada ka asjaoluga, et saadavad tulemused ei pruugi esindada täielikku ülevaadet looma parasitofaunast. Kuna ekskrementanalüüsi puhul tuvastatakse vaid neid parasiite, kes antud ajahetkel elavad uuritava looma soolestikus ja munevad mune, jäävad tuvastamata näiteks keeritsussid (*Trichinella*), kes on looma lihaskudedes. Samuti tuleb arvestada, et kiskjad toituvad ka teistest loomadest ja kiskja ekskrementides leiduv ebatüüpiline parasiidimuna võib olla pärit saakloomast, mitte viidata kiskja organismis elavatele parasiitidele (Bjork et al., 2000; Bowman, 2014). Sellise tõlgenduse on andnud näiteks Costa et al. (2022) nende

uuringsu pruunkaru ekskrementides leidunud *Dicrocoelium dendriticum* ja *Trichuris sp.* munadele.

Vastavalt teemapüstitusele on võimalik probleem ka autokorrelatsioon ehk kui valimisse kogutakse proove, mis on pärit ühelt ja samalt isendilt, kuid neid käsitletakse iseseisvate andmepunktidenä. Käesolevas töös on seda riski maandatud proovide kogumisel lähenemisega, millekohaselt ei kogutud välitööl liiga lähestikku asuvaid proove – varem on sama teinud Remesar et al. (2024), kes jätsid proovide vahele vähemalt 2 ruutkilomeetrit. Lisaks ei taotletud antud töös karude parasitofauna analüüsimist selles mõttes, et uurida parasitofaunat isendite kaupa, vaid keskkonnas leiduvate proovide kaudu esinevat keskkonna parasiidimunadega saastumise määra. Mõni varasem töö on uurinud parasitofaunat ka eri isenditel, kasutades indiviidide eristamiseks mikrosatelliitanalüüsi (Bugmyrin et al., 2017), kuid antud töö puhul see eesmärgiks ei olnud.

Flotatsioonanalüüsi eelised ja puudujäägid

Flotatsiooni teel on võimalik tuvastada helmintide mune, ootsüste ja ka vastseid, kuid ainuraksete protistide mune, ootsüste ja trofozoiite on keeruline tuvastada, sest proovide töötlemine muudab nende morfoloogiat (Rojas et al., 2024). Lisaks on leitud, et flotatsioonil, setitamisel ja nende kahe kombinatsiooni kasutamisel on erinev tundlikkus ning sageli saadakse mikroskopeerimisega alahinnang just paelusside esinemisele (Napoli et al., 2016; Paoletti et al., 2017). Käesolevas töös rakendati kahe meetodi kombinatsiooni, segades sadet ja lastes sellel seista kümme sekundit, mille järel koguti flotatsioonivedeliku pindmisesse kihti tõusnud munad koos vedelikuga edasiseks mikroskopeerimiseks.

Vastavalt Remesar et al. (2024) kogemusele võis selline lähenemine võimaldada antud töös tuvastada ka trematoodide mune, mis sageli jäävad just settesse.

Flotatsioonianalüüs eeldab uurijapoolset tugevat ekspertiisi parasiidimunade tuvastamisel ja määramisel. Paljude parasiidimunade puhul on keeruline neid mikroskopeerimisel tuvastada nende väikse suuruse tõttu ja kuna proovis võib leiduda ka irrelevantseid mune (nt vihmausside parasiidid), kahjutuid vabaltelavaid nematoodide ning taimeosi, mis meenutavad mune (Dangoudoubiyam et al., 2009). Lisaks on tuvastatud parasiidimune raske – kui mitte võimatu – määrata liikideni nende munade suuruse ja morfoloogia põhjal, sest olulised tunnused ei ole vaadeldavad meie kasutatavatel suurendusastmetel, muna

morfoloogia on mehaaniliste vigastuste tõttu moonutatud või kuna erinevate liikide munad on morfoloogiliselt eristamatud (näiteks *Taeniidae*, *Strongylidae* ja *Ancylostomatidae* munad) (Trachsel et al., 2007; Dangoudoubiyam et al., 2009; Bugmyrin et al., 2017). Seepärast on viimase kümne aasta jooksul hakatud ekskrementanalüüside puhul kasutama parasiitide munade tuvastamiseks ja määramiseks erinevaid molekulaarseid meetodeid nagu multipleks-PCR või metatriipkoodistamine ning konkreetsete parasiitide tuvastamisel on tulemusi andnud ka koproantigeeni testid, mis tuvastavad parasiitide antigeene ekskrementides (Trachsel et al., 2007; Brandell et al., 2022; Rojas et al., 2024).

Siiski on flotatsioonil ja parasiidimunade morfoloogilisel määramisel see eelis, et analüüsi teostamine on vähemkulukas kui geneetiliste meetodite kasutamine ja mikroskopeerimisega on võimalik tuvastada peamisi huvipakkuvaid parasiiditaksoneid, isegi kui neid ei ole võimalik liigini määrata. Lisaks on mikroskopeerimisel võimalik tuvastada kõiki proovis esinevaid parasiidimune, sh harvaesinevate liikide mune, kuid geneetiliste meetodite puhul on tulemused sõltuvad kasutatavatest praimeritest (st mingite parasiidiliikide puhul võib tulla valenegatiivseid tulemusi, sest geneetiline meetod ei katnud seda liiki). Samuti on mikroskopeerimisel võimalik hinnata ka nakkuse intensiivsust ja anda hinnanguid kas tegu on aktiivse nakkusega või juhusliku leiuga, mis võib olla pärit hoopis saakloomast või on muu juhusliku asjaolu tulemus (Kváč et al., 2021). Vaatamata olemasolevatele geneetilistele meetoditele on flotatsioon ja mikroskopeerimine siiski olulised meetodid, eriti kui tuvastada on vaja harvaesinevaid parasiidiliike (Gawor et al., 2017).

Vajadus edasisteks uuringuteks

Karude parasitofauna teemal on mitmeid võimalusi teema edasiarendamiseks ja suundasid, mida tuleks uurida. Üks peamine edasiarendus oleks kasutada parasitofauna tuvastamiseks ja määramiseks geneetilisi meetodeid nagu metatriipkoodistamine, mis võimaldaks täpsemalt määrata karudes esinevaid parasiidiliike. See oleks oluline ka selles vaates, et kuigi *B. transfuga* ei tundu praeguste teadmiste valguses olevat inimesele väga ohtlik, siis *B. procyonis* on, ning karude parasitofaunat tasub seirata juhuks kui *B. procyonis* peaks hakkama suutma ka karusid nakatada. Lisaks on Sapp et al. (2017) leidnud, et arvestades karusolkme laia levikut ning morfoloogilisi erinevusi, on võimalik, et karusolge on hoopis mitu erinevat liiki, mistõttu oleks oluline panustada kohalike geneetiliste sekventsidega

nende geneetilise mitmekesisuse uurimisse. Geneetiliste meetoditega parasiitide määramine võimaldaks meil ka uurida, kas Soomes avastatud uus paeussi liik *Taenia arctos*, mille vaheperemees on põder ja lõpp-peremees on karu (Haukisalmi et al., 2011; Lavikainen et al., 2011), on ka Eestisse jõudnud.

Geneetiliste meetodite rakendamine võimaldaks täpsemalt analüüsida ka parasiitsete ainuraksete protistide esinemist karu väljaheidetes ning panustada üldisesse ainuraksete protistide teemaliste teadustööde arendamisse, sest siiani on vähe infot keskkonnas leiduvate ainuraksete protistide kohta ja puudulikud on nii referentsandmebaasid kui standardiseeritud protokollid (Mthethwa-Hlongwa et al., 2024). Samuti võimaldaks see saada paremat ülevaadet ka *Strongyloides* ümarusside nakkustest, sest väljaheidetes esinevatest munadest kooruvad vastsed välja üsna kiiresti ning on väga keeruline morfoloogiliselt eristada täiskasvanud *Strongyloides* isendeid kahjututest vabaltelavatest nematoodidest (Viney & Lok, 2015).

Kokkuvõte

Pruunkaru (*Ursus arctos*) on mandri-Euroopa suurim kiskjaline, kuid samas on ta toitumiselt omnivoor. Suur toiduvajadus ning mitmekesine toitumine tähendab, et ta puutub kokku paljude toiduobjektidega, mis võivad potentsiaalselt olla nakatunud erinevate parasiitidega. Eestis viidi 2011. aastal läbi pruunkarude toitumise uuring, mis annab infot nende toiduobjektide kohta, kuid teadmistes on olnud lünk pruunkarudes elavate parasiitide teemal. Euroopa tasemel on siiani olnud sama teadmiste lünk kogu Ida- ja Põhja-Euroopa kohta. Antud töö annab esimesed andmed meie piirkonnas karu kaudu levivate parasiidiliikide kohta. Selleks analüüsiti peamiselt Kirde-Eestist kogutud karude ekskrementide, määrati flotatsioonanalüüsi kaudu tuvastatud parasiidimunad ja -ootsüstid erinevate taksoniteni ja analüüsiti nende esinemise hooajalist dünaamikat.

149 geneetiliselt kinnitatult karu ekskrementide analüüsimisel leiti, et kogu valimist 74% sisaldas parasiitide mune, mis jääb teistes Euroopas läbiviidud uurimustes leitud nakkusmäära (0-79%). Ainuraksete protistide (*Eimeria*, *Giardia*, *Coccidia*) mune leidis 16% proovidest, paelusside (*Taenia*, *Diphyllobothrium*) mune 5%, ümarusside (*Strongylidae*, *Ascarididae*, *Capillaria*, *Baylisascaris transfuga*) mune 60% ja trematoodide mune 4% proovidest. Karudele spetsialiseerunud karusolkme *B. transfuga* aastane esinemissagedus oli 51%. Võrreldes teiste Euroopa uurimustega ei leitud antud töös karu ekskrementidest kõõrpeade (*Ancylostoma* ja *Uncinaria*) mune ning leiti üks kidakärssusslase (*Acanthocephala*) muna. Üldine parasiidimunade esinemise hooajaline dünaamika kinnitas teiste teemakohaste uurimuste leidu, millekohaselt on kõige vähem parasiidimune kevadistes ekskrementides ja kõige enam sügistestes. Ka karusolkme puhul esines selline hooajaline dünaamika. Vastupidine dünaamika esines ainuraksete protistide puhul, kelle mune leidis enim kevadel ja vähim sügisel, mis võib viidata antagonistlikule interaktsioonile ainuraksete protistide ja ümarusside vahel. Karusolkme, ümarusside, ainuraksete protistide ja paelusside puhul oli hooajaline dünaamika statistiliselt oluline ($p < 0.05$). Edasiste uurimissuundadena tuleks kaasata ekskrementanalüüsi ka geneetilisi meetodeid, et täpsemalt määrata tuvastatud parasiitide (sh ainuraksete protistide) mune ja ootsüste ning seirata kas hiljuti avastatud liik *Taenia arctos* esineb ka Eestis.

Summary

The brown bear (*Ursus arctos*) is the largest member of the order *Carnivora* in mainland Europe, but at the same time it is an omnivore. The need for large volumes of food and a diverse diet mean the bear comes into contact with many dietary components that can potentially be infected with various parasites. In Estonia, research was done on the brown bear's diet in 2011, but there has been a gap in knowledge regarding the parasites of the brown bear. On the European level, the knowledge gap exists for all of Eastern and Northern Europe. This research gives the first data on the parasites that are spread by the brown bear in Estonia and more broadly in North-Eastern Europe. For this, bear excrements collected mainly from North-East Estonia were analysed, the eggs and oocysts that were detected via flotation analysis were identified to various taxons and the eggs' seasonal dynamics was analysed.

The analysis of 149 genetically confirmed bear excrements found that 74% of all the samples contained at least one parasite's egg, which is within the range of the other findings in Europe (0-79%). Protozoa (*Eimeria*, *Giardia*, *Coccidia*) eggs were found in 16% of samples, 5% contained cestode (*Taenia*, *Diphyllbothrium*) eggs, 60% contained nematode (*Strongylidae*, *Ascarididae*, *Capillaria*, *Baylisascaris transfuga*) eggs and 4% contained trematode eggs. The yearly prevalence for the bear-specific nematode *B.transfuga* was 51%. Compared to other European research, no eggs of *Ancylostoma* and *Uncinaria* were detected, and one *Acanthocephala* egg was detected. The general seasonal dynamic for the parasite eggs followed the findings of previous research, wherein the least parasite eggs are present in excrements in the spring and the most in the fall. *B. transfuga* also followed this seasonal dynamic. The opposite dynamic appeared with protozoa, who were present in the most samples in spring and in the least samples in the fall, which can point towards an antagonistic interaction taking place between protozoa and nematodes. The seasonal dynamics for *B. transfuga*, nematodes, cestodes and protozoa were statistically significant ($p<0.05$).

Future research should use genetic methods to identify more precisely the parasites (incl. protozoa) and to monitor if the recently discovered *Taenia arctos* is present in Estonia.

Tänuavaldused

Täna südamest oma juhendajaid Ants Tulli, Urmas Saarmad ja Harri Valdmanni, kes aitasid mind nõu ja jõuga igal sammul. Täna kahe käe ja jalaga ka kogu terioloogia õppetooli, kes julgustasid ja innustasid mind ning kellega oli hea koridorides vestelda ja liiga varajasel hommikul seminaril arutleda. Suur aitäh ja käeplaks Selen Jõesuule, kes mind julgustas ja hoidis motivatsiooni üleval ning tuju hea oma jutustamistega. Suur-suur tänu ka Margret Sisaskile, kes on mind lõputult aidanud esimesest koolipäevast alates.

Südamest täna ka Maria Eldermanni tema vankumatu toetuse, abi, lohutuse, utsitamise ja hädasti vajatud puhkepauside eest. Siiras tänu ka Kuradisilla Kollektiivile, kes võimaldasid mul lõputöö tegemisest saada vaheldust imeliste loomepausidega. Ja tuhat tänu kõigile teistele, kes mulle on kaasa elanud, sealhulgas kaasvõitlejad Anne-Liia Maido, Daria Panasiuk ja Sirle Varusk ning kaks Katrinit, kellest ma poleks kunagi lõpetamiseni jõudnud.

Viited

1. Abdelrasoul, K., & Fowler, M. (1979). Epidemiology of ascaris infection in captive carnivores. *Proceedings of the Annual Meeting of the AAZA*, 105–106.
2. Acha, P. N., & Szyfres, B. (2003). *Zoonosis and communicable diseases common to man and animals*. 246–275.
3. Aghazadeh, M., Elson-Riggins, J., Reljić, S., De, M., Huber, Đ., Majnarić, D., & Hermosilla, C. (2015). Gastrointestinal parasites and the first report of *Giardia* spp. In a wild population of European brown bears (*Ursus arctos*) in Croatia. *Veterinarski Arhiv*, 85(2), 201–210.
4. Akrim, F., Mahmood, T., Max, T., Nadeem, M. S., Qasim, S., & Andleeb, S. (2018). Assessment of bias in morphological identification of carnivore scats confirmed with molecular scatology in north-eastern Himalayan region of Pakistan. *PeerJ*, 6(e5262).
5. Ambrogi, M. D. (2011). Occurrence of *Baylisascaris transfuga* in wild populations of European brown bears (*Ursus arctos*) as identified by a new PCR method. *Veterinary Parasitology*, 179(1–3), 272–276.
6. Bajer, A., Bednarska, M., & Rodo, A. (2011). Risk factors and control of intestinal parasite infections in sled dogs in Poland. *Veterinary Parasitology*, 175, 343–350.
7. Bauer, C. (2013). Baylisascariosis—Infections of animals and humans with ‘unusual’ roundworms. *Veterinary Parasitology*, 193(4), 404–412.
8. Bjork, K. E., Averbeck, G. A., & Stromberg, B. E. (2000). Parasites and Parasite Stages of Free-Ranging Wild Lions (*Panthera leo*) of Northern Tanzania. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 31(1), 56–61.
9. Bojarska, K., & Selva, N. (2012). Spatial patterns in brown bear *Ursus arctos* diet: The role of geographical and environmental factors. *Mammal Review*, 42(2), 120–143.
10. Borecka, A., Gawor, J., & Zięba, F. (2013). A survey of intestinal helminths in wild carnivores from the Tatra National Park, southern Poland. *Annals of Parasitology*, 59(4), 169–172.
11. Borka-Vitális, L., Domokos, C., Földvári, G., & Majoros, G. (2017). Endoparasites of brown bears in Eastern Transylvania, Romania. *Ursus*, 28(1), 20–30.
12. Bowman, D. D. (2014). *Georgis' Parasitology for Veterinarians* (10th ed.). Elsevier.
13. Brandell, E. E., Jackson, M. K., Cross, P. C., Piaggio, A. J., Taylor, D. R., Smith, D. W., Boufana, B., Stahler, D. R., & Hudson, P. J. (2022). Evaluating noninvasive

- methods for estimating cestode prevalence in a wild carnivore population. *PLOS ONE*, 17(11), e0277420.
14. Bugmyrin, S. V., Tirronen, K. . F., Panchenko, D. V., Kopatz, A., Hagen, S. B., Eiken, H. G., & Kuznetsova, A. S. (2017). Helminths of brown bears (*Ursus arctos*) in the Kola Peninsula. *Parasitology Research*, 116, 1755–1760.
 15. Cabeza-Barrera, I., Cabezas-Fernandez, T., Coronas, J. S., Villegas, J. V., & Cobo, F. (2011). *Dicrocoelium dendriticum*: An emerging spurious infection in a geographic area with a high level of immigration. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 105(5), 403–406.
 16. Cano, E. V. (2024). Influence of seasonality and biological activity on infection by helminths in Cantabrian bear. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 23.
 17. Catalano, S. (2014). *Morphological and molecular insights into the biodiversity of gastrointestinal parasites from Canadian grizzly (Ursus arctos horribilis) and black bears (Ursus americanus)* [Master’s thesis]. University of Calgary.
 18. Catalano, S., Lejeune, M., Tizzani, P., Verocai, G. G., Schwantje, H., Nelson, C., & Duignan, P. J. (2015). Helminths of grizzly bears (*Ursus arctos*) and American black bears (*Ursus americanus*) in Alberta and British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 93(10), 765–772.
 19. Chapman, J. L., & Reiss, M. J. (1999). *Ecology: Principles and applications*. Cambridge University Press.
 20. Choquette, L. P. E., Gibson, G. G., & Pearson, A. M. (1969). Helminths of the grizzly bear, *Ursus arctos* L., in northern Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 47(2), 167–170.
 21. Costa, H., Hartasánchez, R., Santos, A. R., & Camarão, A. (2022). Preliminary findings on the gastrointestinal parasites of the brown bear (*Ursus arctos*) in the Cantabrian mountains, Spain. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 28.
 22. Curry-Lindahl, K. (1972). The Brown Bear (*Ursus arctos*) in Europe: Decline, Present Distribution, Biology and Ecology. *Bears: Their Biology and Management*, 2, 74–80.
 23. Dangoudoubiyam, S., Vemulapalli, R., & Kazacos, K. R. (2009). PCR ASSAYS FOR DETECTION OF BAYLISASCARIS PROCYONIS EGGS AND LARVAE. *Journal of Parasitology*, 95(3), 571–577.

24. Deplazes, P., Eichenberger, R. M., & Grimm, F. (2019). Wildlife-transmitted *Taenia* and *Versteria* cysticercosis and coenurosis in humans and other primates. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 9, 342–358.
25. Duszynski, D. W., Kvičerová, J., & Seville, R. S. (2018). Eimeriidae in the Caniformia Family Ursidae. In *The Biology and Identification of the Coccidia (Apicomplexa) of Carnivores of the World* (pp. 91–97). Academic Press.
26. Fayer, R. (2004). *Cryptosporidium*: A water-borne zoonotic parasite. *Veterinary Parasitology*, 126(1–2), 37–56.
27. Finnegan, S. (2009). *Dynamics in the Prevalence of Baylisascaris transfuga Ova in the Faeces of the Brown Bear (Ursus arctos) in Slovakia*. [Master's thesis]. University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Košice.
28. Fitzgerald, S. D., Cooley, T. M., & Cosgrove, M. K. (2008). Sarcoptic Mange and Pelodera Dermatitis in an American Black bear (*Ursus americanus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 39(2), 257–259.
29. Foster, G. W., Cunningham, M. W., Kinsella, J. M., & Forrester, D. J. (2004). Parasitic Helminths of Black Bear Cubs (*Ursus americanus*) From Florida. *Journal of Parasitology*, 90(1), 173–175.
30. Frechette, J. L., & Rau, M. E. (1978). Seasonal Changes in the Prevalence of Ova of *Diphyllbothrium ursi* and *Baylisascaris transfuga* in the Feces of the Black Bear (*Ursus americanus*). *Journal of Wildlife Diseases*, 14(3), 342–344.
31. Gawor, J., Gawor, J., Gromadka, R., Zwijacz-Kozica, T., & Zieba, F. (2017). A modified method for molecular identification of *Baylisascaris transfuga* in European brown bears (*Ursus arctos*). *Parasitology Research*, 116, 3447–3452.
32. Haukisalmi, V., Lavikainen, A., Laaksonen, S., & Meri, S. (2011). *Taenia arctos* n. Sp. (Cestoda: Cyclophyllidea: Taeniidae) from its definitive (brown bear *Ursus arctos* Linnaeus) and intermediate (moose/elk *Alces* spp.) hosts. *Systemic Parasitology*, 80, 217–230.
33. Hissa, R., Siekkinen, J., Hohtola, E., Saarela, S., Hakala, A., & Pudas, J. (1994). Seasonal patterns in the physiology of the European brown bear (*Ursus arctos arctos*) in Finland. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 109(3), 781–791.
34. Holland, C. V. (2017). Knowledge gaps in the epidemiology of *Toxocara*: The enigma remains. *Parasitology*, 144(1), 81–94.

35. Holland, C. V. (2023). A walk on the wild side: A review of the epidemiology of *Toxocara canis* and *Toxocara cati* in wild hosts. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 22, 216–228.
36. Hotez, P. J., Beaumier, C. M., Gillespie, P. M., Strych, U., Hayward, T., & Bottazzi, M. E. (2016). Advancing a vaccine to prevent hookworm disease and anemia. *Vaccine*, 34(26), 3001–3005.
37. Järvis, T. (2011a). *Veterinaarparasitoloogia 2: Diagnoosimine ja tõrje*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
38. Järvis, T. (2011b). *Veterinaar-parasitoloogia 3—Algloomtõved. Õpik kõrgkoolile*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
39. Järvis, T. (2011c). *Veterinaar-parasitoloogia 4—Lameusstõved. Õpik kõrgkoolile*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
40. Järvis, T. (2011d). *Veterinaar-parasitoloogia 5—Ümarusstõved, kidakärssusstõved, kaanid, keeleussid. Õpik kõrgkoolidele*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
41. Järvis, T., Kapel, C., Moks, E., Talvik, H., & Mägi, E. (2007). Helminths of wild boar in the isolated population close to the northern border of its habitat area. *Veterinary Parasitology*, 150(4), 366–369.
42. Jõesuu, S. (2023). *Punarebase (vulpes vulpes) sügis-talvine toitumine ja parasitofauna* [Magistritöö]. Tartu ülikool.
43. Jokipii, L., & Jokipii, A. M. (1986). Timing of symptoms and oocyst excretion in human cryptosporidiosis. *The New England Journal of Medicine*, 315(26), 1643–1647.
44. Jones, A., & Pybus, M. J. (2001). Taeniasis and Echinococcosis. In *Parasitic Diseases of Wild Mammals* (2nd ed., pp. 150–192). Manson Publishing.
45. Karadag, B., Bilici, A., Doventas, A., Kantarci, F., Selcuk, D., Dincer, N., Oner, Y. A., & Erdinciler, D. S. (2005). An unusual case of biliary obstruction caused by *Dicrocoelium dentriticum*. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*, 37(5), 385–388.
46. Kazacos, K. R. (2001). *Baylisascaris procyonis* and Related Species. In *Parasitic Diseases of Wild Mammals* (2nd ed.).
47. Kazacos, K. R. (2016). *Baylisascaris Larva Migrans*. U.S. Geological Survey Circular 1412, 122 p.
48. Kazacos, K. R., Jelicks, L. A., & Tanowitz, H. B. (2013). Chapter 20—*Baylisascaris larva migrans*. In *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 114, pp. 251–262).

49. Keis, M., Tammeleht, E., Valdmann, H., Saarma, U., & Tull, A. (2019). Ants in brown bear diet, and discovery of a new ant species for Estonia from brown bear scats. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 30(2), 112–119.
50. Kennedy, C. R. (2006). *Ecology of the Acanthocephala*. Cambridge University Press.
51. Kváč, M., Myšková, E., Holubová, N., Kellnerová, K., Kicia, M., Rajský, D., McEvoy, J., Feng, Y., Hanzal, V., & Sak, B. (2021). Occurrence and genetic diversity of *Cryptosporidium* spp. In wild foxes, wolves, jackals, and bears in central Europe. *Folia Parasitologica*, 68(2).
52. Laaksonen, S. (2020). *Ulukihaigused ja jahihügieen*. Eesti Jahimeeste Selts.
53. Laurimaa, L., Moks, E., Soe, E., Valdmann, H., & Saarma, U. (2016). *Echinococcus multilocularis* and other zoonotic parasites in red foxes in Estonia. *Parasitology*, 143(11), 1450–1458.
54. Laurimaa, L., Süld, K., Davidson, J., Moks, E., Valdmann, H., & Saarma, U. (2016). Alien species and their zoonotic parasites in native and introduced ranges: The raccoon dog example. *Veterinary Parasitology*, 219, 24–33.
55. Lavikainen, A., Laaksonen, S., Beckmen, K., Oksanen, A., Isomursu, M., & Meri, S. (2011). Molecular identification of *Taenia* spp. In wolves (*Canis lupus*), brown bears (*Ursus arctos*) and cervids from North Europe and Alaska. *Parasitology International*, 60(3), 289–295.
56. Lindsay, D. S., & Todd Jr, K. S. (1993). Coccidia of Mammals. In *Parasitic Protozoa* (2nd ed., Vol. 4, pp. 89–91). Academic Press, Inc.
57. Mathison, B. A., Mehta, N., & Couturier, M. R. (2021). Human Acanthocephaliasis: A Thorn in the Side of Parasite Diagnostics. *Journal of Clinical Microbiology*, 59(11).
58. Melon-Nava, A., Merino, A., Sanchez, J. L., Santos-Gonzales, J., Gomez-Villar, A., & Garcia-Ortega, E. (2023). Snowfall events in the Cantabrian Mountains of northwestern Spain: WRF multiphysics ensemble assessment based on ground and multi-satellite observations. *Atmospheric Research*, 288.
59. Mills, J., & Servheen, C. (1994). The Asian Trade in Bears and Bear Parts: Impacts and Conservation Recommendations. *Bears: Their Biology and Management*, 9, 161–167. <https://doi.org/10.2307/3872697>

60. Molnár, L., Königová, A., Major, P., Vasilková, Z., Tomková, M., & Várady, M. (2020). Seasonal Pattern of Prevalence and Excretion of Eggs of *Baylisascaris transfuga* in the Brown Bear (*Ursus arctos*). *Animals (Basel)*, 10(12), 2428.
61. Moran, J. F., Feliu, C., & Gomez, M. S. (1994). *Baylisascaris transfuga* (Rudolphy 1819), (Nematoda, Ascarididae); a common parasite of bears. Ecological aspects and treatment. *Proceedings International Conference of Aspects of Bear Conservation*, 1, 121–124.
62. Mthethwa-Hlongwa, N. P., Amoah, I. D., Gomez, A., Davison, S., Reddy, P., Bux, F., & Kumari, S. (2024). Profiling pathogenic protozoan and their functional pathways in wastewater using 18S rRNA and shotgun metagenomics. *Science of the Total Environment*, 912.
63. Napoli, E., Anile, S., Arrabito, C., Scornavacca, D., Mazzamuto, M. V., Gaglio, G., Otranto, D., Giannetto, S., & Brianti, E. (2016). Survey on parasitic infections in wildcat (*Felis silvestris silvestris* Schreber, 1777) by scat collection. *Parasitology Research*, 115, 255–261.
64. Nevarez, A., Lopez, A., Conboy, G., Ireland, W., & Sims, D. (2005). Distribution of *Crenosoma Vulpis* and *Eucoleus Aerophilus* in the Lung of Free-Ranging Red Foxes (*Vulpes Vulpes*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 17(5).
65. Ogurtsov, S. S. (2018). The Diet of the Brown Bear (*Ursus arctos*) in the Central Forest Nature Reserve (West-European Russia), Based on Scat Analysis Data. *Biology Bulletin*, 45(9), 1039–1054.
66. Okulewicz, A., Perec-Matysiak, A., Bu, K., & Hildebrand, J. (2012). *Toxocara canis*, *Toxocara cati* and *Toxascaris leonina* in wild and domestic carnivores. *Helminthologia*, 49, 3–10.
67. Omeragić, J., Kapo, N., Škapur, V., Softić, A., Goletić, Š., Šaljić, E., & Goletić, T. (2024). Parasites in wildlife in the federation of Bosnia and Herzegovina. *Macedonian Veterinary Review*, 47(1), 71–79.
68. Orosová, T., Goldová, M., Ciberej, J., & Štrkolcová, G. (2016). Parasitofauna of Brown Bear (*Ursus arctos*) in the Protected Landscape Area Chko-Polana. *Folia Veterinaria*, 60(4), 20–24.
69. Otranto, D., Cantacessi, C., Dantas-Torres, F., Brianti, E., Pfeiffer, M., Genchi, C., Guberti, V., Capelli, G., & Deplazes, P. (2015). The role of wild canids and felids in spreading parasites to dogs and cats in Europe. Part II: Helminths and arthropods. *Veterinary Parasitology*, 213(1–2), 24–37.

70. Paoletti, B., Iorio, R., Traversa, D., Francesco, C. E. D., Gentile, L., Angelucci, S., Amicucci, C., Bartolini, R., Marangi, M., & Cesare, A. D. (2017). Helminth infections in faecal samples of Apennine wolf (*Canis lupus italicus*) and Marsican brown bear (*Ursus arctos marsicanus*) in two protected national parks of central Italy. *Annals of Parasitology*, 63(3), 205–212.
71. Papini, R., & Casarosa, L. (1994). Observations on the infectivity of *Baylisascaris transfuga* eggs for mice. *Veterinary Parasitology*, 51(3–4), 283–288.
72. Plumer, L., Talvi, T., Männil, P., & Saarma, U. (2018). Assessing the roles of wolves and dogs in livestock predation with suggestions for mitigating human–wildlife conflict and conservation of wolves. *Conservation Genetics*, 19, 665–672.
73. Preston, D. L., & Johnson, P. T. J. (2010). Ecological Consequences of Parasitism. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 47.
74. Rausch, R. L. (1961). Notes on the black bear, *Ursus americanus*, Pallas, in Alaska, with particular reference to dentition and growth. *Z. Saugetierkd*, 26, 65–128.
75. Ravaszova, P., Halanova, M., Goldova, M., Valencakova, A., Malcekova, B., Hurníková, Z., & Halan, M. (2012). Occurrence of *Cryptosporidium* spp. In red foxes and brown bear in the Slovak Republic. *Parasitology Research*, 110, 469–471.
76. Remesar, S., Busto, C., Diaz, P., Rivas, O., Lopez-Bao, J. V., Ballesteros, F., & Garcia-Dios, D. (2024). Presence of gastrointestinal and bronchopulmonary parasites in Cantabrian brown bears. *European Journal of Wildlife Research*, 70, 23.
77. Remm, J., & Hindrikson, M. (2022). *Suurkiskjate: Hundi, ilvese ja pruunkaru kaitse ja ohjamise tegevuskava*. Keskkonnaamet.
78. Rogers, L. L. (1975). Parasites of black bears of the lake superior region. *Journal of Wildlife Diseases*, 11(2), 189–191.
79. Rojas, A., Germitsch, N., Oren, S., Sazmand, A., & Deak, G. (2024). Wildlife parasitology: Sample collection and processing, diagnostic constraints, and methodological challenges in terrestrial carnivores. *Parasites & Vectors*, 17, 127.
80. Salvo, A. R. D., & Chomel, B. B. (2020). Zoonoses and potential zoonoses of bears. *Zoonoses and Public Health*, 67(1), 3–13.
81. Samorek-Pieróg, M., Cencek, T., Labuc, E., Pac-Sosinska, M., Pieróg, M., Korpysa-Dzirba, W., Belcik, A., Bilska-Zajac, E., & Karamon, J. (2023). Occurrence of *Eucoleus aerophilus* in wild and domestic animals: A systematic review and meta-analysis. *Parasites & Vectors*, 16, 245.

82. Sapp, S. G. H. (2017). Beyond the raccoon roundworm: The natural history of non-raccoon *Baylisascaris* species in the New World. *International Journal for Parasitology*, 6(2), 85–99.
83. Sato, H., Une, Y., Kawakami, S., Saito, E., Kamiya, H., Akao, N., & Furuoka, H. (2005). Fatal *Baylisascaris* Larva Migrans in a Colony of Japanese Macaques Kept by a Safari-Style Zoo in Japan. *The Journal of Parasitology*, 91(3), 716–719.
84. Schaul, J. C. (2006). *Baylisascaris transfuga* in captive and free-ranging populations of bears (Family: *Ursidae*) [PhD Thesis]. Ohio State University.
85. Scholz, T., Garcia, H. H., Kuchta, R., & Wicht, B. (2009). Update on the Human Broad Tapeworm (Genus *Diphyllobothrium*), Including Clinical Relevance. *CLIN. MICROBIOL. REV.*, 22.
86. Scholz, T., & Kuchta, R. (2016). Fish-borne, zoonotic cestodes (*Diphyllobothrium* and relatives) in cold climates: A never-ending story of neglected and (re)-emergent parasites. *Food and Waterborne Parasitology*, 4, 23–38.
87. Seguel, M., & Gottdenker, N. (2017). The diversity and impact of hookworm infections in wildlife. *International Journal for Parasitology*, 6, 177–194.
88. Shaw, M., Kolba, N., & Huffman, J. E. (2015). *Babesia* spp. In *Ursus americanus* (Black Bear) in New Jersey. *Northeastern Naturalist*, 22(3), 451–458.
89. Sheikh, M. M., Tak, H., Fazili, M. F., Bhat, B. A., & Wani, I. N. (2018). *Baylisascaris transfuga*: A parasite with zoonotic potential. *International Journal of Advanced Scientific Research and Management*, 3(12), 174–180.
90. Sidorovich, V. E. (2006). Ecological Studies on Brown Bear (*Ursus Arctos*) in Belarus: Distribution, Population Trends and Dietary Structure. *Acta Zoologica Lituanica*, 16(3), 185–190.
91. Smales, L. (2015). *Acanthocephala*. In *Handbook of Zoology—Gastrotricha and Gnathifera* (Vol. 3). De Gruyter.
92. Sprent, J. F. A. (1968). Notes on *Ascaris* and *Toxascaris*, with a definition of *Baylisascaris* gen.nov. *Parasitology*, 58(1), 185–198.
93. Steyaert, S. M. J. G., Reusch, C., Brunberg, S., Swenson, J. E., Hackländer, K., & Zedrosser, A. (2013). Infanticide as a male reproductive strategy has a nutritive risk effect in brown bears. *Biology Letters*, 9(5).
94. Štrkolcová, G., Goldová, M., Šnábel, V., Špakulová, M., Orosová, T., Halán, M., & Mojžišová, J. (2018). A frequent roundworm *Baylisascaris transfuga* in

- overpopulated brown bears (*Ursus arctos*) in Slovakia: A problem worthy of attention. *Acta Parasitologica*, 63(1), 167–174.
95. Stuart, P., Golden, O., Zintl, A., de Waal, T., Mulcahy, G., McCarthy, E., & Lawton, C. (2013). A coprological survey of parasites of wild carnivores in Ireland. *Parasitology Research*, 112, 3587–3593.
 96. Sukhdeo, M., & Hernandez, A. D. (2005). Food web patterns and the parasite's perspective. In *Parasitism and Ecosystems* (pp. 54–67). Oxford University Press.
 97. Swenson, J. E., Gersti, N., Dahle, B., & Zedrosser, A. (2000). *Action Plan for Conservation of the Brown Bear in Europe (Ursus arctos)*. Council of Europe.
 98. Szczepaniak, K., Listos, P., Lopuszynski, W., Skrzypek, T., & Kazimierczak, W. (2012). Granulomatous Peritonitis in a European Brown Bear Caused by. *Journal of Wildlife Diseases*, 48(2), 517–519.
 99. Tammeleht, E. (2022). Pruunkaru eluolu. *Eesti Loodus*, 20–25.
 100. Testini, G. (2011). New insights into the morphology, molecular characterization and identification of *Baylisascaris transfuga* (Ascaridida, Ascarididae). *Veterinary Parasitology*, 175(1–2), 97–102.
 101. Trachsel, D., Deplazes, P., & Mathis, A. (2007). Identification of taeniid eggs in the faeces from carnivores based on multiplex PCR using targets in mitochondrial DNA. *Parasitology*, 134(6), 911–920.
 102. Tull, A., Valdmann, H., Rannap, R., Kaasiku, T., Tammeleht, E., & Saarma, U. (2022a). Freeranging rural dogs are highly infected with helminths, contaminating environment nine times more than urban dogs. *Journal of Helminthology*, 96, e19.
 103. Tull, A., Valdmann, H., Tammeleht, E., Kaasiku, T., Rannap, R., & Saarma, U. (2022b). High overlap of zoonotic helminths between wild mammalian predators and rural dogs – an emerging One Health concern? *Parasitology*, 149(12), 1565–1574.
 104. Valdmann, H., & Saarma, U. (2020). Winter diet of wolf (*Canis lupus*) after the outbreak of African swine fever and under the severely reduced densities of wild boar (*Sus scrofa*). *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 31(2), 154–156.
 105. Valencakova, A., Ravaszová, P., Počátková, O., Hasajová, A., & Goldová, M. (2013). *Prevalence of Cryptosporidium spp. In brown bear (Ursus arctos) and red foxes (Vulpes vulpes) in the Slovak Republic*. Conference: VIII. Simposium Internacional Fauna Salvaje, Španielsko.

106. Vaughan, T. A., Ryan, J. M., & Czaplewski, N. J. (2015). Mammalian diversity. Carnivora. In *Mammalogy* (Sixth, pp. 296–297). Jones & Bartlett Learning.
107. Viney, M. E., & Lok, J. B. (2015). The biology of *Strongyloides* spp. *WormBook: The Online Review of C. Elegans Biology*, 1–17.
108. Vulla, E., Hobson, K. A., Korsten, M., Leht, M., Martin, A.-J., Lind, A., Männil, P., Valdmann, H., & Saarma, U. (2009). Carnivory is positively correlated with latitude among omnivorous mammals: Evidence from brown bears, badgers and pine martens. *Annales Zoologici Fennici*, 46(6), 395–415.

Lisad

Lisa 1. Ülevaatlük tabel teistest karu parasitofaunat käsitletud töödest.

Riik	Viide	% nakatunud ekskrementide	Hooajaline dünaamika	Tuvastatud parasiidid
Rumeenia	(Borka-Vitális et al., 2017)	37.9%	Ei tuvastatud olulist trendi	<i>Ancylostomatidae</i> , <i>Baylisascaris transfuga</i> , <i>Crenosoma sp.</i> , <i>Spirurida sp.</i> , <i>Trichinella sp.</i> , <i>Trichuris sp.</i> , <i>Coccidia sp.</i> , <i>Taenia sp.</i> , <i>Dicrocoelium dendriticum</i> .
Horvaatia	(Aghazadeh et al., 2015)	33%	Ei uuritud	<i>Ancylostomatidae</i> , <i>Baylisascaris Transfuga</i> , <i>Syngamus sp.</i> , <i>Cryptosporidium sp.</i> , <i>Eimeria sp.</i> , <i>Giardia sp.</i>
Slovakkia	(Orosova et al., 2016)	76.47%	Kõige rohkem parasiitide esinemist sügisel ja talvel.	<i>Ancylostoma</i> , <i>Baylisascaris Transfuga</i> , <i>Sarcocystis</i> , <i>Cryptosporidium sp.</i> , <i>Eimeria sp.</i>
Bosnia ja Hertsegoviina	(Omeragić et al., 2024)	15.9%	Ei uuritud	<i>Dicrocoelium dendriticum</i> , <i>Baylisascaris transfuga</i> , <i>Uncinaria spp.</i> , <i>Ancylostoma spp.</i> , <i>Eimeria spp</i>

Poola	(Borecka et al., 2013)	0%	Ei uuritud	-
Itaalia	(Paoletti et al., 2017)	46.25%	Ei uuritud	<i>Ancylostoma/Uncinaria</i> , <i>Baylisascaris transfuga</i> , <i>E. Aerophilus</i> (aka <i>Capillaria aerophila</i>)
Hispaania	(Costa et al., 2022)	71%	Ei uuritud	<i>Dicrocoelium</i> sp., <i>Trichuris</i> sp.
Hispaania	(Cano, 2024)	64.1%	Kõige vähem nakatunud ekskrementede kevadel, kõige rohkem sügisel.	<i>Ancylostomatidae</i> , <i>Baylisascaris transfuga</i> , <i>Trichuris</i> sp., <i>Dicrocoelium</i> <i>dendriticum</i>
Hispaania	(Remesar et al., 2024)	79.3%	<i>B. transfuga</i> nakkus kõrgem sügisel- talvel.	<i>Dicrocoelium</i> <i>dendriticum</i> , <i>Baylisascaris transfuga</i> , <i>Strongylida</i> , <i>Spirurida</i> .
Venemaa (Koola poolsaar)	(Bugmyrin et al., 2017)	1-38%	Proove koguti ainult suvel, ei saa dünaamikat tuvastada	<i>Dicrocoelium</i> sp., <i>Diphyllobothrium</i> sp., <i>Anoplocephalidae</i> , <i>Capillariidae</i> , <i>Baylisascaris</i> <i>transfuga</i> ., <i>Strongylida</i> <i>sp. ja Uncinaria sp</i>
Kanada	(Catalano et al., 2015)	Pruunkarudel 40-100% Baribalidel 42.9-73.7%	Baribalidel on kevadel vähim <i>B.</i> <i>transfuga</i> , kõige rohkem on	<i>Dirofilaria ursi</i> , <i>Baylisascaris transfuga</i> , <i>Uncinaria rauschi</i> , <i>Uncinaria yukonensis</i> , <i>Taenia arctos</i> , <i>Diphyllobothrium</i>

sügisel enne *dendriticum*,
taliuinakut. *Diphyllbothrium*
 nihonkaiense.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Marlen Laanep

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

Pruunkaru (*Ursus arctos*) parasitofauna, mille juhendajateks on Urmas Saarma, Harri Valdmann ja Ants Tull

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Marlen Laanep

28.05.2024