

Oulujoen metsäpeuravaadinten (*Rangifer tarandus fennicus*) vuodenaikaisvaelluksiin vaikuttavat tekijät

Siina Lönni

Pro Gradu -tutkielma

Oulun yliopisto

Biologian tutkinto-ohjelma

Kesäkuu 2023

## Tiivistelmä

Metsäpeura (*Rangifer tarandus fennicus*) on Suomessa ja Venäjällä tavattava hirvieläin, joka vaeltaa keväällä vasonta-alueilleen pohjoiseen ja syksyllä etelään talvilaidunalueilleen. Harvinaisuutensa vuoksi siitä tiedetään suhteellisen vähän ja tässä tutkimuksessa on tarkoitus selvittää metsäpeuran vuodenaikaisvaelluksiin vaikuttavia tekijöitä. Työssä etsitään vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin: i) Miten kevät- ja syysvaellukset ajoittuvat, ja onko vaellusajoissa yksilöiden ja/tai vuosien välistä muuntelua? ii) Laukaiseeko vaellusten ajoittumisen jokin sisäinen ja/tai ulkoinen tekijä, kuten vaellusmatkan pituus tai sään ja lumitilanteen muutos? iii) Lisäksi työssä pohditaan ilmastonmuutoksen mahdollisia vaikutuksia vaelluskäyttäytymiseen.

Työssä analysoidaan Luomonvarakeskuksen keräämää GPS-aineistoa Oulujoen metsäpeuravaatimista, joita on pannoitettu vuosina 2014–2021. Analysoinnissa käytettiin apuna myös Ilmatieteen laitoksen sään vuorokausihavaintoja. Varsinaiset analyysit toteutettiin R-ohjelmistolla hyödyntäen varianssianalyysia, Bartlettin testiä, lineaarisia sekamalleja ja AIC-arvoja. Tulosten perusteella vaadinten ajoituksen välillä ei ollut tilastollista merkittävyyttä ja eri vuosina kevät- ja syysvaellusten ajoittuminen vaihteli selvästi. Tämä johti päätelmään, että jokin ulkoinen tekijä vaikuttaa vaellusten ajoittumiseen. Lineaaristen sekamallien ja AIC-arvojen perusteella lumitilanteen muutos vaikutti merkittävästi sekä kevään että syksyn vaelluksiin. Lämpötilan vaikutus ei ollut merkittävä, mutta sen sisällyttäminen malliin paransi AIC-arvoja sekä keväällä että syksyllä.

Metsäpeurat käyttävät talvisin samoja polkuja, jolloin energiatalouden kannalta lumitilanteen muutos vaikuttaa perustellulta. Aikaisemman karibututkimuksen perusteella myös talvea indikoivat tekijät aikaistavat syysvaellusta. Lämpötilan merkityksen ymmärtäminen vaatisi jatkotutkimuksia isommalla aineistolla, sillä sen vaikutus oli sekä keväällä, että syksyllä odotusten vastainen. Toisaalta lämpötila korreloi lumentulo- ja lähtöpäivien kanssa, mikä häiritsi sen vaikutuksen tulkintaa varsinkin syysvaelluksen osalta. Metsäpeuran harvinaisuuden huomioon ottaen tutkimusta olisi ehdottomasti lisättävä ja ilmastonmuutoksen vaikutuksia vaelluskäyttäytymiselle arvioitava tarkemmin.

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	1
1. Johdanto .....	3
1.1. Peura.....	4
1.2. Karibun vuodenaikaisvaellukset .....	5
1.3. Metsäpeura ( <i>Rangifer tarandus fennicus</i> ).....	6
1.4. Tutkimuskysymykset .....	8
2. Materiaalit ja menetelmät .....	9
2.1. Oulujoen metsäpeurapopulaatio .....	9
2.2. Maastotyöt .....	10
2.3. Aineisto .....	11
2.3. Analyysit .....	13
2.3.1. Varianssianalyysi .....	13
2.3.2. Bartlettin testi .....	13
2.3.3. Lineaarinen sekamalli ja AIC .....	13
3. Tulokset .....	14
3.1. Vaellusten ajoittuminen .....	14
3.2. Vaelluksen ajankohtaan vaikuttavat tekijät .....	16
4. Pohdinta .....	19
4.1. Kevätvaellus .....	20
4.2. Syysvaellus .....	22
4.3. Ilmastonmuutos ja vuodenaikaisvaellukset .....	23
4.4. Tutkielman kehittämiskohteet.....	25
5. Yhteenveto .....	26
6. Kiitokset.....	27
7. Lähteet .....	28

# 1. Johdanto

Vaellukset ovat eläinlajien tyypillinen tapa mukautua ympäristössä tapahtuviin muutoksiin (Tape & Gustine, 2014). Vaelluksia havaitaan monilla eri eliölajeilla ja ne voivat tapahtua kävellen, lentäen, ajelehtien tai uiden (Dingle & Drake, 2007; Tape & Gustine, 2014). Virallisesti vaellukset määritellään kausittaisiksi liikkeiksi talvehtimisalueiden ja lisääntymisalueiden välillä, mutta termiä saatetaan joskus käyttää harhaanjohtavasti kuvaamaan yleisesti ottaen liikehdintää (Dingle & Drake, 2007). Vaelluksia voidaan tutkia kahdella eri tasolla, joista ensimmäinen keskittyy yksilöiden käyttäytymiseen, kun taas toinen ottaa selkeästi laajemman näkökulman ja soveltaa populaatioekologian näkökulmia (Dingle & Drake, 2007).

Fryxellin ja Sinclairin (1988) mukaan monet suurista kasvinsyöjistä muuttavat kausiluonteisesti vuodenaikojen välisten siirtymien aikana. He ehdottavat kolmea eri hypoteesia kasvinsyöjien vaelluskäyttäytymiselle: i) vaellukset vähentävät saaliiksi jäämisen riskiä, ii) vaellukset parantavat ruuan saatavuutta ja iii) vaellukset mahdollistavat pääsyn laadukkaammille laitumille. Suurien kasvinsyöjien vaelluskäyttäytymisen lisäksi tutkijat ovat pohtineet miten esimerkiksi sorkka- ja kavioläimet tekevät päätöksiä vaellusreiteistä ja vaellusajankohdasta (Kauffman ym., 2021). Muellerin ja Faganin (2008) mukaan mekanismit voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri kategoriaan: i) ei-suuntautunut, ii) suuntautunut ja iii) muistiperusteinen. Näiden käyttö riippuu eläimen kehityshistoriasta ja resurssien dynamiikasta. Ei-suuntautuneessa reagoidaan lähellä oleviin ärsykkeisiin, kun taas suuntautuneessa yhdistellään aistihavaintoja kaukaisemmistakin kohteista. Muistiperusteisessa on jo aiempaa tietoa sijainnista.

Sorkkaeläinten kohdalla on todettu, että vaellukset ovat välttämättömiä populaatiokokojen ja ekosysteemien toiminnan kannalta ja niitä ohjaavat monet biottiset ja abioottiset tekijät (Abraham ym., 2022; Fullman, Joly, & Ackerman, 2017). Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi petojen läsnäolo ja ravinnon saatavuus sekä erilaiset loiset ja taudinaiheuttajat (Abraham ym., 2022). Veden saatavuus harvemmin rajoittaa lauhkean vyöhykkeen sorkka- ja kavioläimiä, mutta ne joutuvat usein talvisaikaan etsimään suojaa metsäisemmiltä alueilta (Fryxell & Sinclair, 1988). Tällaisilla alueilla lunta on usein vähemmän, joten ruokaa on helpommin saatavilla (Fryxell & Sinclair, 1988). Näiden lisäksi viimeaikainen tutkimus on

paljastanut, että myös lumen ja kuivuuden kausittaiset muutokset vaikuttavat vaelluksiin (Kauffman ym., 2021).

Tällä hetkellä vuodenaikaisvaelluksia uhkaa ilmastonmuutoksen lisäksi habitaattien pirstaloituminen ja erilaisten liikkumisesteiden muodostuminen (Kauffman ym., 2021). Osa sorkkaeläinten muuttoliikkeestä on jo kadonnut kokonaan, koska ihmiskunnan kehittyminen on johtanut mm. maatalouteen, asutukseen ja kattavaan infrastruktuuriin (Kauffman ym., 2021; Wilson ym., 2016). On havaittu, että jopa paimennettavien sorkka- ja kavioeläinten määrässä on tapahtunut laskua, vaikka yleisempää menehtymistä on pitkiä matkoja vaeltaville ryhmille (Kauffman ym., 2021). Näiden ympäristömuutosten takia on tärkeää, että erilaisten ympäristötekijöiden merkityksiä vuodenaikaisvaelluksille arvioidaan (Tape & Gustine, 2014).

## 1.1. Peura

Peuraa eli *Rangifer tarandus* -lajia tavataan sirkumpolaarisesti pohjoisella pallonpuoliskolla ja se on IUCN:n punaisen kirjan luokituksen mukaan tällä hetkellä vaarantunut laji (Flagstad & Røed, 2002; Gunn, 2016). Laji jaetaan kahdeksaan eri alalajiin, joita ovat tunturipeura (*Rangifer tarandus tarandus*), huippuvuortenpeura (*Rangifer tarandus platyrhyncus*), pearynkaribu (*Rangifer tarandus perayi*), alaskankaribu (*Rangifer tarandus grantii*), metsäkaribu (*Rangifer tarandus caribou*), metsäpeura (*Rangifer tarandus fennicus*), tundrakaribu (*Rangifer tarandus groenlandicus*) ja Itägrönlanninpeura (*Rangifer tarandus eogroelandicus*) (Flagstad & Røed, 2002). Suomessa elää tällä hetkellä kaksi peuran alalajia, joista toinen on tunturipeuran puolikesytetty muoto eli poro (*Rangifer tarandus tarandus*) ja toinen villinä elävä metsäpeura (*Rangifer tarandus fennicus*) (Rankama & Ukkonen, 2001).

Peuran alalajit luokitellaan vielä elinympäristöjen ja morfologisten piirteiden avulla kolmeen eri tyyppiin: arktiseen saarityppiin, mantereiseen tundratyyppiin ja metsätyppiin (Flagstad & Røed, 2002). Arktisen saarityypin edustajia ovat huippuvuortenpeura, pearynkaribu ja sukupuuttoon kuollut Itägrönlanninpeura. Nämä arktisen tyyppin edustajat ovat sopeutuneet alueen vaativiin olosuhteisiin ja ovat siksi kooltaan pieniä (Flagstad & Røed, 2002). Mantereisen tundratyyppin alalajeja ovat Alaskan karibu, tundrakaribu ja Euraasiassa elävä tunturipeura. Metsätyppiin kuuluvat Pohjois-Amerikan metsäkaribu ja Euraasiassa

elävä metsäpeura. Nämä metsätyypin edustajat omaavat usein lyhyet ja painavat sarvet ja ovat yleensä kooltaan isoja ja pitkäjalkaisia (Flagstad & Røed, 2002). Metsäpeura on todella harvinainen peuran alalajeista, jonka vuoksi sen fysiologiasta, ekologiasta ja morfologiasta tiedetään suhteellisen vähän (Soveri & Nieminen, 2007).

## 1.2. Karibun vuodenaikaisvaellukset

Lauhkean vyöhykkeen alueilla vaeltavien sorkkaeläinten vuodenaikaisvaellukset jakautuvat yleensä kevät- ja syysvaelluksiin. Kevään vaellukset ovat huomattavasti synkronoidummat kuin syksyn ja ne seuraavat selkeästi kevätkasvillisuuden tuloa (Cameron ym., 2021). Osittain lauhkealla vyöhykkeellä elävää *Rangifer tarandus* -lajia kutsutaan Euraasiassa peuraksi ja Pohjois-Amerikassa karibuksi ja tällä hetkellä alalajeista neljää tavataan Pohjois-Amerikassa (Flagstad & Røed, 2002). Yksi näistä alalajeista on metsäkaribu (*Rangifer tarandus caribou*), joka on hyvin samankaltainen kuin metsäpeura (*Rangifer tarandus fennicus*), sillä ne kuuluvat samaan metsätyyppiryhmään (Flagstad & Røed, 2002).

Fergusonin ja Elkien (2004) tutkimuksessa seurattiin 33 pannoitettujen metsäkaribujen liikehdintää vuosina 1995–2000. Tutkimus selkeästi osoitti, että suurimmat vuodenaikaisvaihtelut tapahtuivat keväällä ja alkutalvella. Le Corren ym. (2017) karibututkimuksen mukaan karibujen havaittiin lähtevän leudon talven jälkeen keväuvaellukselle aiemmin ja vastaavasti lumisen huhtikuun jälkeen myöhemmin. Metsäkaribujen keväuvaellusten on havaittu tapahtuvan huhtikuun ja kesäkuun välisenä aikana kestäen kahdesta viikosta jopa neljään viikkoon (Edmonds, 1988). Edmondsin (1988) tutkimassa populaatiossa vaatimet aloittivat keväuvaelluksen ja hirvaat lähtivät vasta myöhemmin liikkeelle. Vaatimet vaeltavat keväällä vasoakseen kauempana pedoista, sillä vaadin on vasomisen aikana ja sen jälkeen alttiimpi saalistukselle vielä huonosti liikkuvan vasan kanssa (Ferguson & Elkie, 2004). Vaatimien lisäksi myös hirvaiden keväuvaellus liittyy saaliiksi jäämisen riskin vähentämiseen, sillä monet pedot puolustavat suurta reviiriä ja huolehtivat samalla poikasistaan, joten ne eivät pysty seuraamaan saaliseläimiään pitkiä matkoja (Bergerud, Ferguson & Butler, 1990; Fryxell & Sinclair, 1988). Viikkoa ennen vasontaa vaatimet saattavat tehdä vielä nopeitakin siirtymiä paikasta toiseen, mutta vasomisen jälkeen niiden liikehdinnällä on kaikista pienin vaihtelu. Pienen vaihtelun lisäksi

vaatimet ovat myös selkeästi hajaantuneet eri alueille kauas toisistaan. Tämän oletetaan vähentävän saaliiksi jäämisen riskiä (Ferguson & Elkie, 2004).

Syysvaellusten aikana metsäkaribut palaavat takaisin talvilaitumille ja toisin kuin kevätkuulluksessa, vaatimien ja hirvaiden ajoituksessa ei ole huomattu eroavaisuuksia (Edmonds, 1988). Syysvaellusten suhteen on huomattu, että karibut säätelevät muuttokäyttäytymistään ympäristöolosuhteiden perusteella (Cameron ym., 2021). Syysmuuttoa vauhdittavat talvea indikoivat tekijät, kuten laskeva lämpötila ja lumi (Cameron ym., 2021). Varhaisen lumentulon on havaittu aikaistavan ja lyhentävän syysvaellusta selvästi, kun taas myöhäisen lumentulon tai vaihtoehtoisesti ohuen lumipeitteen on havaittu myöhäistävän syysvaellusta (Edmonds, 1988).

### 1.3. Metsäpeura (*Rangifer tarandus fennicus*)

Metsäpeura eli suomenpeura on hirvieläin, jota tavataan Suomen lisäksi myös Venäjän Karjalassa (Soveri & Nieminen, 2007). Harvinaisuutensa vuoksi siitä tiedetään suhteellisen vähän ja Suomessa se luokitellaan silmälläpidettäväksi lajiksi (Soveri & Nieminen, 2007; Kontro & Leinonen, 2011). Ensimmäiset metsäpeurat levittäytyivät idästä Etelä-Suomeen ja muualle Fennoskandiaan 7000–10 000 vuotta sitten viimeisimmän jääkauden jälkeen, kun mannerjäätikön reuna oli vetäytynyt tarpeeksi (Kontro & Leinonen, 2011). Laajimmillaan metsäpeuran levinneisyysalue oli 1600-luvun puolella, jonka jälkeen kanta alkoi selkeästi taantumaan ihmisen toiminnan seurauksena (Pulliainen & Leinonen, 1990). Suomen väkiluku jatkoi kasvuaan 1800-luvulla sodista ja nälkävuosista huolimatta ja tänä aikana maatalous ei kyennyt vastaamaan nousevaan kulutukseen. Tästä johtuen metsästyksen määrä väestön keskuudessa lisääntyi ja sen kohteena olivat niin pien- kuin suurriistakin (Pulliainen & Leinonen, 1990). Metsästyksen lisäksi Suomen peurakantaa kuritti 1750-luvun aikana vakava peurarutto, joka toistui uudestaan 1810–12 (Montonen, 1974). Metsäpeurat hävisivät Etelä-Suomesta 1800-luvun loppupuolella ja viimeisiä yksilöitä tavattiin vielä 1900-luvun puolella Kuhmossa ja Pohjois-Karjalan rajaseuduilla (Pulliainen & Leinonen, 1990).

Suomesta metsäpeura hävisi 1900-luvun alkupuolella, mutta lajia tavattiin näihin aikoihin myös Neuvosto-Karjalassa. Metsäpeurakanta oli taantunut vuosisadan alussa, mutta alkoi elpyä 1940-luvulla. Neuvosto-Karjalan kannan elpymisen johdosta metsäpeurasta tehtiin jo

1950-luvun puolella yksittäisiä näköhavaintoja Saksanlammen alueella ja 1960-luvulla se palasi virallisesti Kuhmon alueelle (Pulliainen & Leinonen, 1990). Vuoteen 2016 mennessä Suomen metsäpeurakanta oli noussut noin 2000 yksilöön (Paasivaara ym., 2018) ja viimeisen kuuden vuoden aikana kanta on jatkanut paranemistaan ja on tällä hetkellä hieman alle 3000 yksilöä (Suomen riistakeskus). Tämä kanta jaetaan osakantoihin, joista merkittävimmät sijaitsevat Suomenselällä ja Kainuussa (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007). Tässä työssä keskitytään nimenomaan Suomenselän kannasta valittuun osapopulaation, joka asuu osan vuodesta Oulujoen pohjoispuolella.

Metsäpeuran vuodenkierrosta voidaan erottaa erilaisia vaiheita, sillä sen kesä- ja talviajan ruokavalioit eroavat huomattavasti toisistaan. Tämän takia sillä on selkeästi erilaiset kesä- ja talvilaitumet ja näiden laidunten välillä tapahtuvat vuodenaikaisvaellukset, jotka ajoittuvat keväälle ja syksylle (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007). Talviaikaan ruokavalio koostuu pääasiassa jäkälistä, mutta ne saattavat syödä myös sammalia. Sammaleet kuitenkin pilkkoutuvat ruuansulatuksessa heikosti, kun taas jäkälät nopeasti (Soveri & Nieminen, 2007). Kesäaikaan metsäpeurat käyttävät ravinnokseen esimerkiksi järvikortetta, raatetta ja suoleväkköä (Montonen, 1974).

Kevätvaellus alkaa yleensä huhtikuussa ja silloin metsäpeuravaatimet aloittavat siirtymisensä talvilaitumilta vasomisalueille. Vaelluksen aikana vaatimet hajaantuvat omille kesänviettoalueilleen ja kätkeytyvät usein metsään odottamaan vasomista (Pulliainen & Leinonen, 1990). Vasominen tapahtuu yleensä suoalueilla tai niiden viereisissä metsiköissä, ja vaatimet palaavat aina vasomaan näille samoille alueille. Metsäpeuravaadin saa yleensä vain yhden vasan (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007). Vaadin saattaa jättää vastasyntyneen vasan ruokailemisen ajaksi yksin metsän suojaan, mutta jo muutaman viikon ikäisenä vasat ovat tarpeeksi nopeita ja ketteriä muuttamaan avoimille soille emojensa kanssa (Montonen, 1974). Avoimilla soilla on vähemmän hyttysiä ja mahdollisten petojen havaitseminen helpompaa (Kontro & Leinonen, 2011). Osa hirvaista elää kesäajan vaadinten tavoin erilaisilla suoalueilla, mutta ne eivät jaa samoja kesälaitumia vaan elävät erillään. Hirvaat saattavat viettää kesän myös talvilaitumilla (Montonen, 1974).

Metsäpeuran kiima-aika eli rykimä alkaa elokuussa, jonka aikana valthirvas alkaa kerätä lisääntymiskykyisiä vaatimia ympärilleen (Pulliainen & Leinonen, 1990; Kontro & Leinonen, 2011). Parittelut tapahtuvat syys- ja lokakuun aikana ja silloin valthirvas



parittelee usean naaraan kanssa (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007). Valtahirvas väsy kiiman edetessä, joten tilaisuuden tullen myös nuoremmat hirvaat voivat päästä parittelemaan (Kontro & Leinonen, 2011). Syysvaellukset alkavat yleensä rykimääjan jälkeen, jolloin lähdetään siirtymään kohti talvilaitumia, mutta ensimmäiset peurat ovat saattaneet lähteä liikkeelle jo ennen rykimän loppumista johtuen esimerkiksi pidemmästä vaellusmatkasta (Pulliainen & Leinonen, 1990).

#### 1.4. Tutkimuskysymykset

Tässä työssä perehdyn Suomenselän metsäpeurapopulaation vuodenaikaisvaelluksiin. Tavoitteenani on selvittää vuodenaikaisvaelluksiin vaikuttavia tekijöitä käyttämällä 12 GPS-pannoitetun metsäpeuravaatimen liikkumishistoriaa vuosilta 2014–2021. Työssä etsitään vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- i) Miten kevät- ja syysvaellukset ajoittuvat, ja onko vaellusajoissa yksilöiden ja/tai vuosien välistä muuttoa?
- ii) Laukaiseeko vaellusten ajoittumisen jokin sisäinen ja/tai ulkoinen tekijä, kuten vaellusmatkan pituus tai sää ja lumitilanteen muutos?
- iii) Lisäksi työssä pohditaan ilmastonmuutoksen mahdollisia vaikutuksia vaelluskäyttäytymiseen.

Aikaisemman tutkimuksen perusteella oletan, että ympäristötekijöillä on vaikutusta vaelluksen ajoittumiseen, sillä sorkkaeläinten kevätvaellukset seuraavat usein kevätkasvillisuuden saapumista ja karibuilla syysvaellukseen on havaittu vaikuttavan talvea indikoivat tekijät (Cameron ym., 2021). Vuodenaikojen välisten vaellusten ja reittien ymmärtäminen mahdollistaa lajien suojelun (Ferguson & Elkie, 2004). Kattavan tiedon avulla suojelutoimenpiteitä pystytään kohdentamaan oikein, sillä habitaattien pirstaloituminen ja erilaisten liikkumisesteiden muodostuminen saattavat vaikuttaa käytettyihin reitteihin (Kauffman ym., 2021).

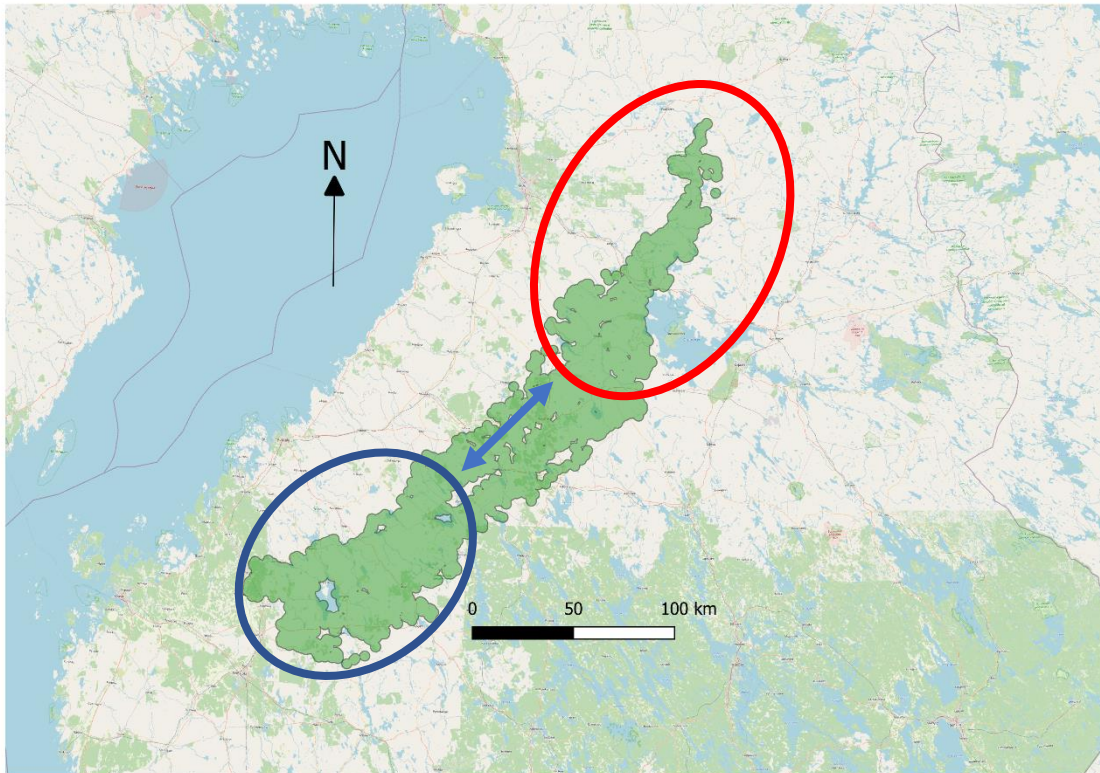
## 2. Materiaalit ja menetelmät

### 2.1. Oulujoen metsäpeurapopulaatio

Palattuaan takaisin 1960-luvulla Kuhmon alueelle, metsäpeura alkoi levittäytyä myös Suomenselälle (Pulliainen & Leinonen, 1990; Kontro & Leinonen, 2011). Tälle alueelle peurat eivät kuitenkaan itsenäisesti siirtyneet Kuhmosta, vaan Metsähallitus muiden organisaatioiden kanssa siirsi peuroja ensimmäisen kerran 1970-luvulla. Ensimmäinen siirto epäonnistui ja peuroja siirrettiin uudestaan 1980-luvun alkupuolella. Toinen siirto onnistui ja metsäpeurat alkoivat lisääntymään Suomenselän alueella (Kontro & Leinonen, 2011).

Maa- ja metsätalousministeriön mukaan (2007) ensimmäiset siirretyt peurat sijoitettiin Salamanperän metsäpeuratarhaan. 1980-luvun alussa tarhasta vapautettiin useampi naaras ja yksi uros. Näiden tarhassa syntyneiden vapautettujen peurojen lisäksi, tarhasta pääsi myös muutama metsäpeura karkaamaan luontoon. Tarhaustoiminta kesti viisi vuotta ja lopetettiin kokonaan 1984. Tänä aikana metsäpeurat tuottivat 33 vasaa, joista n. 40 % syntyi luonnossa. Tarhasta karanneet tai vapautetut yksilöt elivät alkuun tarhan lähistöllä ja hiljalleen levittäytyivät laajemmalle alueelle kattaen 2000-luvulle tultaessa jo ison osan Keski-Pohjanmaata, Keski-Suomea ja Pohjois-Pohjanmaan aluetta. Luonnonvarakeskuksen (2021) tekemän arvion mukaan Suomenselän populaatio oli n. 2000 yksilön suuruinen vuonna 2021 ja määrä on ollut viime vuosina selvästi kasvussa.

Suomenselän kasvaneesta populaatiosta osa on levittäytynyt Pohjois-Pohjanmaalle Oulujärven seudulle muodostaen sinne yli sadan yksilön osapopulaation. Tämä osapopulaatio elää kesäisin Oulujärvellä ja vaeltaa talveksi Etelä-Pohjanmaalle, jossa sijaitsevat Suomenselän populaation ensisijaiset talvilaidunalueet. Vaellusreitit kesä- ja talvilaidunten välillä ovat toistaiseksi kulkeneet Oulujärven länsipuolelta, välttämällä järven itäpuolella sijaitsevan Kainuun populaation elinalueen (Metsähallitus, 2022). Tämän työn aineisto koostuu nimenomaan Oulujärven alueella Oulujoen pohjoispuolella elävistä pannoitetuista metsäpeuravaatimista.



Kuva 1. Suomenselän metsäpeurapopulaation kesä- (punaisella) ja talvilaidunalueet (sinisellä) ja niiden välinen vaellusreititalue (nuolet). Lähde: Luonnonvarakeskus

## 2.2. Maastotyöt

Metsäpeurapopulaatioiden kokoa arvioidaan Suomessa vuosittain tai vähintään joka toinen vuosi. Laskennat suoritetaan helikopterista käsin käyttämällä kokonaislaskentamenetelmää (Danilov, Panchenko & Bljudnik, 2015). GPS:n käyttö on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi yksilöiden liikkeen tarkasteluun (Tape & Gustine, 2014). Luonnonvarakeskus eli Luke aloitti Suomen metsäpeurakannan seurannan GPS-satelliittipantojen avulla vuonna 2008. Pantojen käyttäminen ei ole kuitenkaan ongelmallista, sillä asentaminen on haasteellista ja näytekoko jää yleensä pieneksi. Lisäksi lähettimillä voi olla vaikutuksia itse eläimeen (Tape & Gustine, 2014). Turvallisuussyistä pantoja asennetaan vain metsäpeuravaatimille, sillä urosten kaulat turpoavat rykimäaikana (Montonen, 1974).

GPS-pantojen asentamiseksi luonnonvarakeskuksen henkilökunta nukkutti metsäpeuravaatimet nukutusaseella. Vaatimet saavutettiin maastossa joko helikopterin tai moottorikelkan avulla, jotta nukutusasetta pystyttiin käyttämään. Asetettu panta lähetti sijaintitietoa tietokantaan säännöllisesti ja tätä tarkasteltiin aktiivisesti, jotta tiedettiin peuran olevan hengissä. Jos panta ei lähettänyt sijaintitietoa, käytiin maastossa tarkistamassa syy. Tiedon katkeamisen on voinut aiheuttaa esimerkiksi peuran kuolema tai pannan putoaminen. Pannat putoavat myös niihin asennetun putoamistoiminnon takia 3–5 vuoden välein virtalähteen käydessä vähiin.

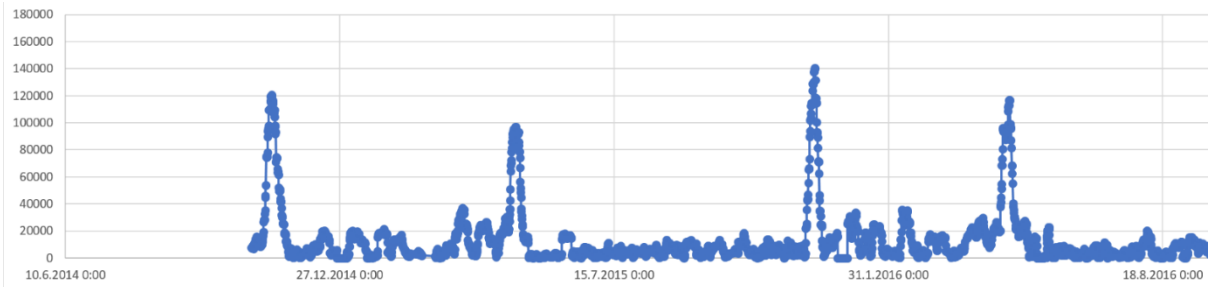
Tämän tutkielman aineistossa seurataan Suomenselällä eteläosien talvehtimisalueiden ja pohjoisosien kesälaitumien välillä liikkuvien metsäpeuravaadinten vaelluksia vuodesta 2014 vuoteen 2021. Osan havaintohistoriat alkavat myöhemmin kuin 2014 tai katkeavat aikaisemmin kuin 2021. Tähän on vaikuttanut esimerkiksi se, että metsäpeuroja on pannoitettu eri vuosina ja kaikkien peurojen pannat eivät välttämättä ole lähettäneet tietoa koko tutkimusajalta esimerkiksi edellä mainitun putoamistoiminnon takia.

### 2.3. Aineisto

Luonnonvarakeskukselta käyttöön saatu raakadata sisälsi 12 Suomenselän populaatioon kuuluvan metsäpeuravaatimen paikkatietoja vuosilta 2014–2021. Dataan oli merkitty peuran tunnus, GPS-pannan numero, lähettimen tunnus, pannoitusalue ja vuosi, havainnon kuukausi, havainnon vuosi, havainnon päivämäärä ja aika sekä pohjois- ja itäkoordinaatit KKKJ, että EUREF-FIN koordinaatistossa. Nämä koordinaatit oli tallennettu aineistoon neljän tunnin välein. Peuralle annettu tunnus (esimerkiksi `rt_fi_14_019`) muodostui sanoista *Rangifer tarandus* ja Finland sekä pannoitusvuodesta ja pannoituksen vuotuisesta järjestysnumerosta. Yksi peuroista oli pannoitettu vuonna 2014, kolme vuonna 2015, yksi vuonna 2017, kaksi vuonna 2018 ja viisi vuonna 2019.

Aineiston analysointia varten raakadatasta lähdettiin erottelemaan jokaiselle vaatimelle kevät- ja syysvaellukselle omat alkamisajankohdat. Ajankohdat määriteltiin sille päivälle, jonka jälkeen vaatimen seuraavan viikon siirtymäetäisyydet olivat selvästi pidempiä kuin aikaisemmin, so. piikki etäisyysdiagrammissa (kuva 2). Jokaiselle päivämäärälle merkittiin kalenterivuoden mukainen päivän numero helpottamaan analysointia myöhemmässä vaiheessa. Kahden peuran osalta tiputettiin havainto pois, koska riskinä oli väärä tulkinta.

Paikannusyhteys oli katkennut kriittisellä hetkellä, koska peura oli saattanut kuolla tai laite lakata toimimasta, jolloin päivämäärän tulkinta olisi ollut väärin. Jokaiselle vaatimelle laskettiin vuoden aikainen vaelluspituus, mutta lopullisessa analysoinnissa käytettiin vain niiden vaadinten vaelluspituutta, joilta oli olemassa koko vuoden GPS-tieto. Vaelluspituus laskettiin QGis-ohjelmistossa aineiston attribuuttitaulukossa \$length-funktiolla.



Kuva 2. Yhden vaatimen esimerkkiaineisto vaellusajankohdan määrittämisessä käytetystä aikasarjasta, jossa mitataan kunkin päivän (x-akselilla) kohdalla tulevan viikon siirtymäetäisyyttä (y-akselilla, metrejä). Kuvassa kaksi syys- ja kaksi kevätkuulluksen ajoittumista.

Sään vuorokausihavainnot ladattiin ilmatieteen laitoksen latauspalvelusta vuosilta 2010–2022. Havaintoasemaksi valittiin Haapaveden Mustikkamäki keskeisen sijaintinsa vuoksi vaellusreitteihin nähden. Aseman asemakoodi oli 101695 ja kaikki säähavainnot ladattiin huhtikuun 2022 aikana. Säähavainnot sisälsivät jokaisen päivän lämpötila- ja lumihavainnot. Jokaiselle päivälle oli ilmoitettu keskiarvolämpötila sekä minimi- ja maksimilämpötilat Celsius-asteina. Lumensyvyystiedot oli ilmoitettu jokaiselle päivälle senttimetreinä. Aineistossa lumentulopäiväksi valittiin päivä, jonka jälkeen oli vähintään viisi lumellista päivää. Keväällä taas lumenlähtöpäiväksi valittiin yhtenäisen lumipeitteen loppupäivä.

## 2.4. Analyysit

Aineistoa käsiteltiin alkuun Microsoft Office Excel-ohjelmistolla ja varsinaisen analysointi suoritettiin R-ohjelmiston 64-bittisellä versiolla 3.6.2 (R Core Team, 2021).

### 2.4.1. Varianssianalyysi

Aineiston analysointi toteutettiin R-ohjelmistoa käyttäen useammassa osassa. Ensimmäisessä osassa hyödynnettiin varianssianalyysia (ANOVA), jonka avulla voidaan selvittää ryhmien välisten keskiarvojen eroavaisuuksia (Kim, 2017). Varianssianalyysia käyttäen vertailtiin peurayksilöiden välisiä eroja vaellusajankohdissa sekä vuosien välisiä eroja, kun vaadinyksilö oli satunnaismuuttujana. Kaksi vuosittaista ajoitushavaintoa poistettiin aineistosta ko. vuosina tapahtuneiden paikannusyhteyksien katkeamisen vuoksi.

### 2.4.2. Bartlettin testi

Vaellusajankohtien vuosittaisen vaihtelun suuruutta keväällä ja syksyllä testattiin Bartlettin testillä. Bartlettin testi on Maurice Bartlettin vuonna 1937 luoma testi, jonka avulla arvioidaan varianssien homogeenisuutta eli tarkoituksena on tutkia nollahypoteesia populaation varianssien yhtäläisyydestä. Testi perustuu normaalijakauman todennäköisyyksien suhdeluvuille. Laskemisessa hyödynnetään khiin neliötä (chi-square), jossa vapausasteena on  $k-1$  (Arsham & Lovric, 2011).

### 2.4.3. Lineaarinen sekamalli ja AIC

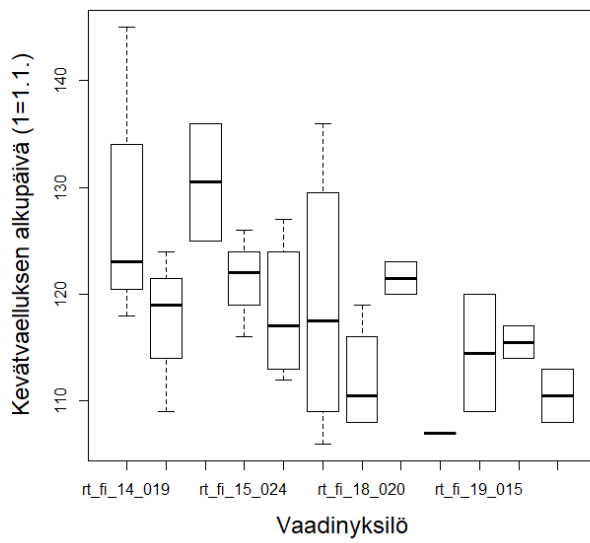
Vaellusten ajankohtaan vaikuttavia tekijöitä testattiin lineaarisilla sekamalleilla. Lineaarisia sekamalleja varten R-ohjelmaan ladattiin lmerTest- paketti. Malleja rakennettiin käyttäen Luonnonvarakeskuksen datasta laskettuja vaelluspituuksia ja sääaineiston lumi ja lämpötila-arvoja. Parhain malli valittiin AIC-arvojen eli akaiken informaatiokriteerien avulla. Pienimmän AIC-arvon saanut malli valittiin selittämään vaellusten ajankohtaa, sillä pienimmän AIC-arvon saaneen mallin oletetaan pienentävän K-L- informaation häviämistä (Burnham, Anderson, & Huyvaert, 2011). Parhaimmasta mallista piirrettiin graafiset esitykset niin, että muut kuin tarkasteltava selittävä muuttuja asetettiin keskiarvoihinsa. Näin pelkästään tarkasteltavan muuttujan oma vaikutus tulee esille. Selittävien muuttujien mahdollista multikollineaarisuutta (so. niiden välistä voimakasta korrelaatiota) testattiin vif-

testillä (Variance Inflation Factor, Fox & Weisberg, 2019), jossa kynnyksarvona käytettiin arvoa  $vif = 4$ . Tämän ylittäviä vif-arvoja ei kuitenkaan havaittu missään mallissa.

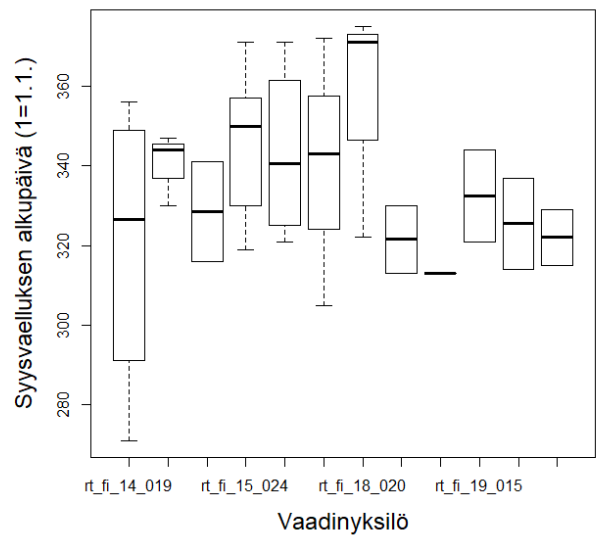
### 3. Tulokset

#### 3.1 Vaellusten ajoittuminen

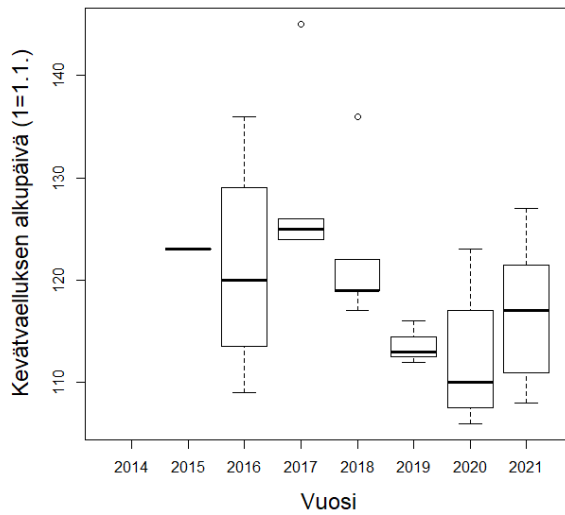
Vuosina 2014–2021 pannoitettujen vaadinyksilöiden kevätvaelluksen alku ajoittui keskimäärin huhti/toukokuun vaihteeseen (120 päivää vuoden alusta) ja syysvaelluksen alku marraskuun lopulle (n. 330 päivää vuoden alusta). Eri vaadinyksilöiden eroja ajoittumisessa testattiin varianssianalyysillä (kuvat 3 ja 4). Tulosten perusteella vaadinten ajoituksen välillä ei havaittu tilastollista merkitsevyyttä (kevät:  $F_{11,22} = 1,511$ ;  $p = 0,197$ ; syksy:  $F_{11,21} = 0,695$ ;  $p = 0,729$ ). Vuosien välisen muuntelun tarkastelusta havaittiin kuitenkin, että kevät- ja syysvaellusten ajoittuminen vaihteli selvästi eri vuosina (kuvat 5 ja 6). Varianssianalyysi, jossa vaadinyksilö oli satunnaismuuttujana, osoitti vaihtelun olevan merkitsevää sekä keväällä ( $F_{6,27} = 3,206$ ;  $p = 0,0165$ ) että varsinkin syksyllä ( $F_{6,19.6} = 10,226$ ;  $p < 0,001$ ). Bartlettin testi varianssien homogeenisuudelle osoitti, että kevätvaellukset tapahtuivat huomattavasti pienemmässä aikaikkunassa kuin syysvaellukset (kuva 7;  $K^2 = 26,029$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,001$ ). Näiden tulosten perusteella pääteltiin, että jokin ulkoinen tekijä vaikuttaisi vaellusten ajoittumiseen.



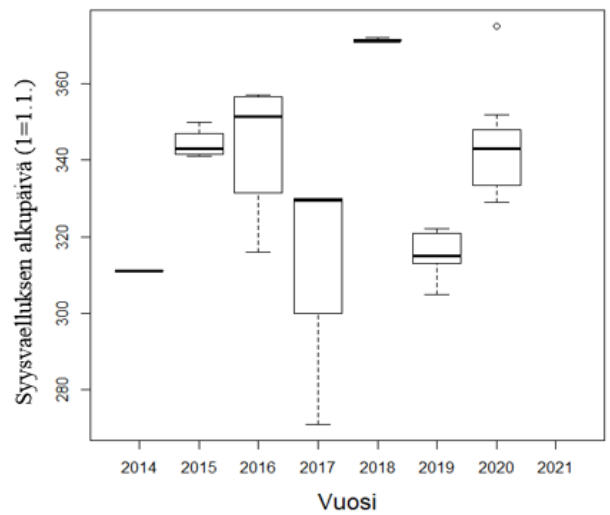
Kuva 3. Vaadinyksilöiden väliset erot kevätvaelluksen ajoittumisessa vuosina 2014–2021. N = 12 vaadinta.



Kuva 4. Vaadinyksilöiden väliset erot syysvaelluksen ajoittumisessa vuosina 2014–2021. N = 12 vaadinta.

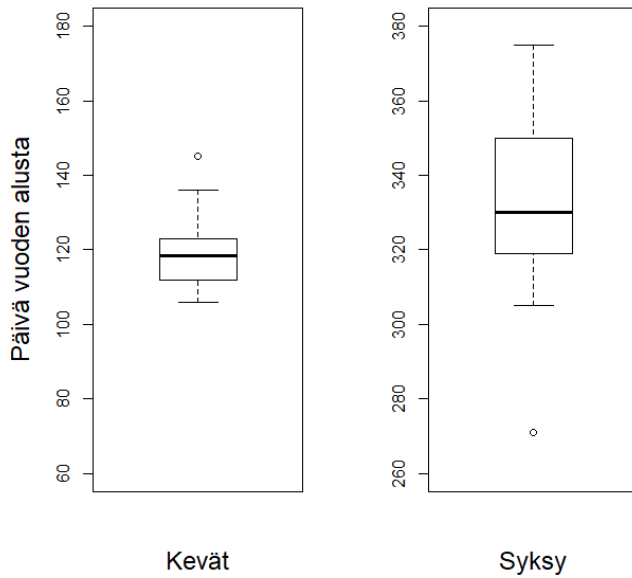


Kuva 5. Vuosien väliset erot kevätvaelluksen ajoittumisessa vuosina 2014–2021. Vuosittaiset vaadinmäärät 1–8.



Kuva 6. Vuosien väliset erot syysvaelluksen ajoittumisessa vuosina 2014–2021. Vuosittaiset vaadinmäärät 1–9.





Kuva 7. Vaelluksen aloituspäivän vaihtelu keväällä ja syksyllä vuosina 2014–2021. Vertailun helpottamiseksi y-akseleilla on yhtä pitkät, noin 4 kk skaalat.

### 3.2. Vaelluksen ajankohtaan vaikuttavat tekijät

Vuodenaikaisvaellusten ajoittumista pyrittiin selittämään muuttujilla, joiden oletettiin vaikuttavan kevät- ja syysvaellusten ajoittumiseen. Näitä tekijöitä olivat lämpötilapoikkeama kuukauden pitkänajan normaaliarvosta (Lämpötilapoikkeama,  $T$  °C, syksyllä syys-joulukuussa ja keväällä maaliskuu-toukokuussa), vaelluspituus (VM, km) ja lumen tulo- ja lähtöpäivät (L, pv vuoden alusta). Koska vaelluspituus voitiin määrittää vertailukelpoisesti vain koko vuoden pannoitettuna olleille vaatimille, ne mallit, joissa vaelluspituus on mukana, ovat otoskooltaan pienempiä (kevät:  $n = 25$ , syksy:  $n = 23$ ). Sen vuoksi mallien vertailu tehtiin ensin tällä pienemmällä kokonaisuineistolla. Malleissa naaraan yksilöllinen tunnus oli satunnaistekijänä.

Taulukossa 1 on esitetty selittävästä muuttujista tehtyjen mallien sopivuus kevään ja syksyn ajoitusaineistoon. Malleissa on sama määrä aineistoa, joten ne ovat vertailukelpoisia. Koska parhaat mallit eivät sisältäneet vaellusmatkan pituutta, tehtiin lopulliset mallit (taulukot 2 ja 3) isommalla aineistolla (kevät:  $n = 34$ , syksy:  $n = 35$ ) taulukon 1 parhaiden mallien mukaan.

Kevätvaelluksen ajoitusta selitti parhaiten malli, jossa on mukana lumenlähtöpäivä ja lämpötilapoikkeama, mutta vaellusmatka ei. Kuitenkin vain lumenlähtöpäivä vaikutti merkittävästi kevätvaelluksen ajoitukseen: mitä myöhäisempi lumenlähtö, sitä myöhäisempi vaellus (taulukko 2, kuva 8). Lämpötila ei näyttäisi vaikuttavan merkittävästi, ja kuvassa 8 sen vaikutus näyttäisi olevan odotusten vastainen: lämpimämpi sää myöhästyttäisi vaellusta.

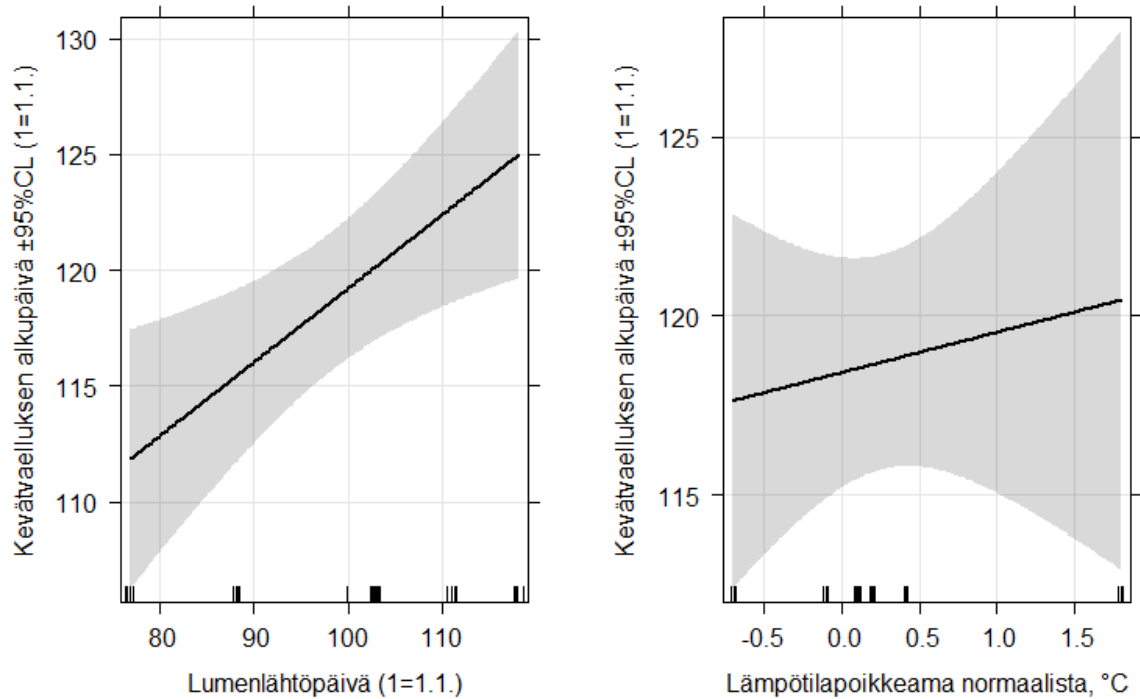
Syysvaellusten ajoitusta selitti parhaiten malli, jossa ovat mukana lumentulopäivä ja lämpötilapoikkeama, mutta vaelluspituus ei tullut mukaan (taulukko 1). Vastaavasti kuin kevään tuloksessa, vain lumentulopäivä vaikutti merkittävästi syysvaelluksen ajoitukseen: mitä myöhäisempi lumentulo, sitä myöhäisempi syysvaellus (taulukko 3, kuva 9). Kuvan 9 mukaan syksyn korkeampi lämpötila näyttäisi aikaistavan vaellusta - odotusten vastaisesti, mutta tämä tulos ei ole merkittävä.

Taulukko 1. Metsäpeuravaadinten kevät- ja syysvaelluksia selittävien mallien AIC-arvot eli Akaiken informaatiokriteerit. Sarake df kertoo mallin parametrien lukumäärän. Parhaat mallit lihavoitu. Otokoko keväällä  $n = 25$  vuosijaksoa 12 vaatimella, syksyllä  $n = 23$  vuosijaksoa 12 vaatimella. Vaatimen ID oli satunnaistekijänä malleissa.

Malli	Kevät			Syksy		
	df	AIC	$\Delta$ AIC	df	AIC	$\Delta$ AIC
Lämpötilapoikkeama (T)	4	184,826	2,8064	4	204,623	9,9667
Vaellusmatka (VM)	4	208,153	26,1333	4	231,541	36,8842
T + VM	5	205,721	23,7017	5	226,133	31,4763
Lumi (L)	4	183,556	1,5364	4	199,994	5,3374
<b>L + T</b>	<b>5</b>	<b>182,019</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>194,657</b>	<b>0</b>
L + VM	5	205,668	23,6481	5	221,814	27,1573
L + T + VM	6	204,202	22,183	6	216,243	21,5865

Taulukko 2. Kevätvaelluksen ajankohtaa parhaiten selittävän mallin (L + T, ks. taulukko 1) tulokset. Otokoko  $n = 34$  vuosijaksoa 12 vaatimella. Vaatimen ID oli mallissa satunnaistekijänä.

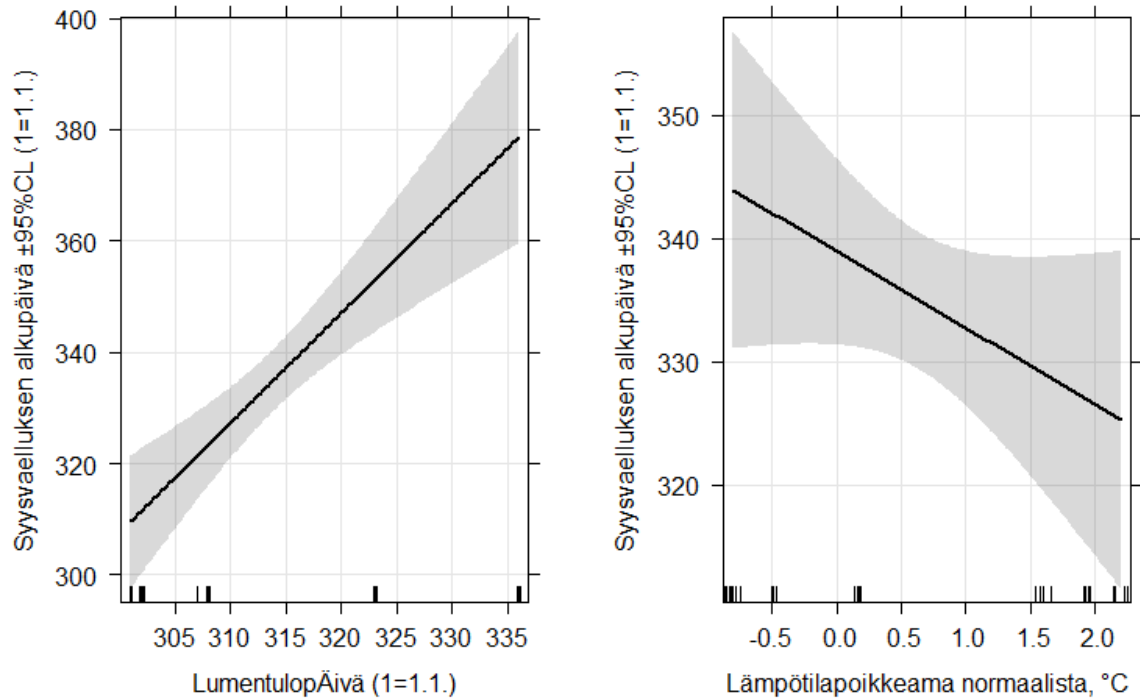
Muuttuja	Estimaatti	SE	df	t-arvo	p-arvo	
(vakio)	86,9214	11,1087	30,6157	7,825	8,59E-09	***
Lumenlähtö (pv)	0,32	0,1091	30,6528	2,933	0,00629	**
Tpoikkeama (°C)	1,1236	2,1912	30,0845	0,513	0,61186	



Kuva 8. Taulukon 2 metsäpeuravaadinten kevätvaelluksen ajoittumista parhaiten selittävän mallin graafinen esitys. Kunkin selittävän muuttujan oma vaikutus on kuvattu niin, että muut muuttujat on vakioitu keskiarvoonsa.

Taulukko 3. Syysvaelluksen ajankohtaa parhaiten selittävän mallin (L+T, ks taulukko 1) tulokset. Otokoko  $n = 35$  vuosijaksoa 12 vaatimella. Vaatimen ID oli mallissa satunnaistekijänä.

Muuttuja	Estimaatti	SE	df	t-arvo	p-arvo	
(vakio)	-279,785	124,2145	25,4051	-2,252	0,0332	*
Lumentulo (pv)	1,9713	0,4026	25,4048	4,897	4,68E-05	***
Tpoikkeama (°C)	-6,212	3,9343	23,8697	-1,579	0,1275	



Kuva 9. Taulukon 3 metsäpeuravaadinten syysvaelluksen ajoittumista parhaiten selittävän mallin graafinen esitys. Kunkin selittävän muuttujan oma vaikutus on kuvattu niin, että muut muuttujat on vakioitu keskiarvoonsa.

#### 4. Pohdinta

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, että i) milloin metsäpeuravaatimet vaeltavat ja onko vaellusajoissa yksilöiden ja/tai vuosien välistä muuntelua ja ii) mitkä sisäiset ja/tai ulkoiset tekijät mahdollisesti vaikuttavat vuodenaikaisvaelluksiin. Peurojen vuodenaikaisvaelluksia on tutkittu jonkin verran Pohjois-Amerikan karibuilla mm. (Bergerud, 1990; Cameron ym., 2021; Edmonds, 1988; Ferguson & Elkie, 2004), mutta metsäpeuran osalta tutkimusta on olemassa todella vähän. Pulliainen ja Leinonen (1990) ja Montonen (1974) ovat tehneet havaintoja ja kuvailleet metsäpeurojen fenologiaa ja historiaa Suomessa, mutta varsinaista tutkimusta Oulujoen pohjoispuolen metsäpeurojen vaelluksista ei ole aikaisemmin tehty.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella samat vaatimet eivät vaella samaan aikaan eri vuosina, vaan vaellusten ajoittumiseen vaikuttavat ympäristöolosuhteet. Kevätvaellus

tapahtuu vuosittain kuukauden aikaikkunassa ja ympäristöolosuhteista erityisesti lumenlähtöpäivä vaikuttaa merkittävästi vaelluksen ajoittumiseen. Vaelluspituudella ei ole tulosten perusteella vaikutusta, mutta lämpötilalla voidaan olettaa olevan jonkinmoista merkitystä, koska sen sisällyttäminen malliin paransi AIC-arvoa. Syysvaellus ajoittui kevätkuullukseen verrattuna huomattavasti laajemmalle aikavälille, sillä ne ovat tapahtuneet vuosien 2014–2021 aikana jopa 2,5 kk aikaikkunassa. Tulosten perusteella pysyvän lumipeitteen jääminen maahan vaikuttaa syysvaelluksen ajoittumiseen merkittävästi, mutta lämpötilalla voidaan olettaa olevan myös vaikutusta. Vaelluspituus ei vaikuttanut vaelluksen ajoittumiseen.

#### 4.1. Kevätvaellus

Tulosten perusteella havaittiin, että kevätkuullus ajoittuu huomattavasti pienempään aikaikkunaan kuin syysvaellus (kuva 7). Tämä on linjassa karibuilla tehtyihin havaintoihin, joiden mukaan karibujen kevätkuullukset ovat syksyyn verrattuna huomattavasti synkronoidummat (Cameronin ym., 2021). Yhtä yksittäistä syytä tähän on aineiston perusteella vaikea arvioida, mutta oleellisena tekijänä voidaan pitää aineiston koostumista pelkästään vaatimista. Edmondsin (1988) karibututkimuksen perusteella vaatimet aloittavat kevätkuulluksen ensimmäisenä ja hirvaat lähtevät liikkeelle vasta myöhemmin. Montosen (1974) selvityksen mukaan metsäpeuravaatimet suuntaavat keväällä tutuille vasonta-alueille, kun taas metsäpeurahirvaat saattavat jäädä koko kesäksi talvilaidunalueille. Vaatimille on tyypillistä noudattaa tiettyä aikataulua, koska vasominen ajoittuu yleensä toukokuun loppupuolelle, joten vasonta-alueilla täytyy olla riittävän ajoissa (Pulliainen & Leinonen, 1990).

Alustavien tulosten perusteella pääteltiin, että jokin ulkoinen tekijä vaikuttaisi vaellusten ajoittumiseen ja tätä hypoteesia testailtiin erilaisten selittävien mallien avulla. Kaikista merkittävimpana tekijänä mallien perusteella näyttäytyi lumenlähtöpäivä. Lumenlähtöpäivän merkittävyys kevätkuulluksen ajoittumiseen vaikuttaa järkevältä, sillä talviaikana metsäpeurat käyttävät samoja polkuverkostoja, jonka oletetaan olevan sopeutuma energian säästämiseksi (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007). Liikkeelle lähteminen keväällä vielä lumipeitteen aikaan todennäköisesti kuluttaisi paljon energiaa ja ravinnonhankinta lumipeitteen alta olisi työlästä. Le Corren ym. (2017) aiempi

kaributkimus myös tukee tätä teoriaa, sillä karibujen on havaittu lähtevän leudon talven jälkeen kevätvaellukselle aiemmin, koska liikkuminen oli helpompaa. Vastaavasti huhtikuun ollessa lumenen, kevätvaellukselle lähdettiin myöhemmin.

Lumenlähtöpäivän lisäksi normaalia lämpimämpi kevätsää näyttäisi myöhästyttävän kevätvaellusta (taulukko 2), mutta kuten kuvasta 8 näkee, tämä vaikutus kevätvaelluksen ajoittumiseen näyttää heikolta. Tuloksena tämä näyttäytyy epäloogisena, koska lumenlähtöpäivän merkitys vaellusten ajoittumiseen oli suuri. Sorkkaeläinten kevätvaellukset seuraavat usein kevätkasvillisuuden saapumista (Cameron ym., 2021). Normaalia lämpimämpi kevätsää aikaistuttaisi kasvukauden alkamista, joten vaelluksen aikaistuminen näyttäytyisi loogisempana tuloksena aikaisemman tutkimuksen perusteella. Aineistoa oli kuitenkin kahdeksalta vuodelta, jolloin lämpötilan vaikutuksen voisi olettaa näkyvän tuloksissa. Tähän on voinut tietysti vaikuttaa pieni näytekokonaisuus, sillä pannoitettuja vaatimia oli vain 12 ja kaikkien havaintohistoriat eivät olleet jatkuvasti käytössä, koska pannoituksia oli tehty eri vuosina ja muutama havainto jouduttiin aineistosta karsimaan.

Toisaalta lämpötilaa koskevat tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, mikä herättää kysymyksen metsäpeuravaadinten ruokavaliosta – eivätkö ne seuraakaan kasvillisuuden fenologista muutosta. Talviaikaan metsäpeurat syövät jäkälää, kun taas kesäaikaan ravinnoksi käytetään suoalueilta löytyvää järvikortetta ja raatetta (Montonen, 1974). Vaeltavien kasvinsyöjien ruokavaliota on vuoristoalueilla tarkkailtu ja tämän mukaan selluloosan ja ligniinin määrän lisääntyminen kasvien varsissa ja lehdistä vaikuttaa tarvittavien ravintoaineiden saantiin, koska ne sulavat hitaasti kasvinsyöjien ruuansulatusjärjestelmässä (Bauer ym., 2011). Näiden määrä kasvaa erityisesti vanhemmassa kasvillisuudessa, joten kasvinsyöjien on kannattavampaa syödä nuorempaa kasvillisuutta, jotta ravinnosta saadaan tarvittavat ravintoaineet (Bauer ym., 2011). Voisiko viileämpi kevätsää ylläpitää nuoremman kasvillisuuden määrää, jolloin vaeltavat vaatimet saisivat enemmän tarvitsemiaan ravintoaineita? Tämän todistaminen vaatisi kuitenkin ruuan saatavuuden tarkkailua vaellusreiteillä kevätvaelluksen aikana.

Lämpötilan vaikutuksen tulkintaan voi vaikuttaa myös lumenlähdön/sulamisen ja lämpötilan välinen korrelaatio ( $r = -0,487$ ), vaikka se ei aineistossa aiheuttanutkaan voimakasta multikollinearisuongelmaa ( $vif = 1,34$ ). Voi kuitenkin olla, että korrelaatio vääristää lämpötilan vaikutusta mallissa. Tämä voi näkyä ongelmana etenkin pienessä aineistossa.

## 4.2. Syysvaellus

Tulosten perusteella havaittiin, että syysvaellus tapahtuu huomattavasti suuremmassa aikaikkunassa kuin kevätvaellus (kuva 7). Tämä ajoittuu metsäpeuran elinkierrossa kiima-aikaan eli rykimään, jolloin valthirvas kerää vaatimia ympärilleen ja parittelee usean vaatimen kanssa (Pulliainen & Leinonen, 1990; Kontro & Leinonen, 2011). Parittelut tapahtuvat syyskuun ja lokakuun aikana (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007). Siirtyminen kohti talvilaitumia tapahtuu yleensä rykimäajan jälkeen ja ensimmäiset peurat saattavat lähteä liikkeelle jo ennen rykimän loppumista (Pulliainen & Leinonen, 1990). Tämä selittää osaltaan syysvaellusten tapahtumista suuremmassa aikaikkunassa, mutta myös erilaisten ympäristötekijöiden havaittiin vaikuttavan vaelluksen ajoittumiseen. Nämä tulokset ovat linjassa Cameronin ym. (2021) tutkimukseen karibujen syysvaelluksesta, jonka mukaan vuosien väliset muutokset ympäristöolosuhteissa voivat vaikuttaa syysvaelluksen ajoittumisessa tapahtuviin muutoksiin.

Syysvaelluksen ajoittumista selitti parhaiten L+T - malli (taulukko 1), jossa lumentulopäivällä oli merkittävin vaikutus (taulukko 3, kuva 9). Tulosten perusteella myöhäinen lumentulo myöhästyttää syysvaellusta. Karibujen on havaittu säätelevän muuttokäyttäytymistään ympäristöolosuhteiden perusteella ja syysmuuttoa aikaistavina tekijöinä on havaittu olevan talvea indikoivat tekijät kuten laskeva lämpötila ja lumen tulo (Cameron ym., 2021). Edmondsin (1988) tutkimuksen mukaan karibuilla aiempi lumentulo aikaistaa ja lyhentää syysvaellusta, kun taas lumentulon viivästyminen myöhäistää syysvaellusta. Näiden tulosten ja aikaisemman karibututkimuksen perusteella voidaan päätellä, että myös metsäpeuravaadinten syysvaelluksen ajoittumiseen vaikuttaa olennaisesti pysyvän lumipeitteen jääminen maahan.

Lämpötilan vaikutus tulosten perusteella ei ollut merkitsevä, mutta sen lisääminen vaelluspituuden kanssa selittävään malliin paransi AIC-arvoja (taulukko 1), joten voidaan olettaa, että lämpötilalla saattaa olla jotain vaikutusta syysvaelluksen ajoittumiseen. Tulosten mukaan normaalia lämpimämpi syysää näyttäisi aikaistavan vaelluksen alkamista. Tämä on Cameronin ym. (2021) tutkimustuloksia vastaan, jossa karibuilla laskevan lämpötilan havaittiin aikaistavan syysvaellusta. Energiatalouden näkökulmasta voisi olla mahdollista, että syysään ollessa lämmin, metsäpeuravaatimet lähtevät vaeltamaan kohti

talvilaitumia säästääkseen energiaa. Kylmemmässä säässä energiaa menisi enemmän ruumiinlämmön ylläpitämiseen ja energiaa tarvitaan jo itsessään vaelluksen taittamiseen.

Lumentulopäivän ja lämpötilan välinen korrelaatio oli kuitenkin itseisarvoltaan suuri ( $r = 0,851$ ), eli suurempi kuin yleisesti ongelmia tuottava raja-arvo  $r = 0,60$ . Tässä tapauksessa saattaa olla, että korrelaatio aiheuttaa multikollineaarisuusiongelman, vaikka sitä ei vif-analyseissä havaittu (vif = 0,382, eli alle kynnyksarvon 4). Näin ollen lämpötilan vaikutus mallissa, jossa oli myös lumentulopäivä, oli todennäköisesti vääristynyt ja tulos epäluotettava.

### 4.3. Ilmastonmuutos ja vuodenaikaisvaellukset

Metsäpeuraa tavataan vain Suomessa ja Venäjällä ja tämä sijainti tekee siitä haavoittuvan ilmastonmuutoksen vaikutuksille, koska lämpenevä Jäämeri ja pohjoiseen etenevä puuraja rajoittavat niiden levinneisyyttä (Soveri & Nieminen, 2007; Vors & Boyce, 2009). Lowreyn ym. (2020) mukaan liikkuvat populaatiot ovat usein vastustuskykyisempiä ilmastonmuutoksen vaikutuksille, mutta pohjoinen sijainti ja edellä mainitut liikkumista rajoittavat tekijät saattavat vaikuttaa metsäpeuran sopeutumiskykyyn. On tärkeää selvittää pystyvätkö vaeltavat metsäpeurat sopeutumaan muuttuvaan ilmastoon, koska peurat ovat pitkään käyttäneet perinteisiä ilmastogradientteja hyödykseen vaelluksissa (Mallory & Boyce, 2018). Esimerkiksi karibujen ja porojen kannoissa on jo havaittu muutoksia johtuen sadannassa tapahtuneista muutoksista ja nousseista lämpötiloista (Vors & Boyce, 2009).

Muuttuvalla ilmastolla saattaa olla vaikutusta vaellusten ajoittumiseen. Post ja Forchhammer (2008) selvittivät tutkimuksessaan, että ilmastonmuutoksen myötä karibujen keväuvaelluksen ajoitus ei välttämättä seuraa kevätkasvillisuuden saapumista. Tämä vaikutti olennaisesti karibujen lisääntymiseen, koska saatavilla oleva ravinto ei ollut optimaalista. Tällaisessa tilanteessa vasa syntyi vähemmän ja syntyneistä vasoista moni kuoli ennen aikaisesti. Jonkin verran todistusaineistoa he saivat siitä, että karibut voisivat jossain määrin kasvien fenologian mukaan säädellä lisääntymiskiertoaan. Le Corre ym. (2017) havaitsivat myös, että karibut voivat jossain määrin ympäristöolosuhteiden perusteella säädellä vaelluskäyttäytymistään. Hänen tutkimuksensa mukaan leutojen talvien jälkeen karibut lähtivät keväuvaellukselle aikaisemmin, koska liikkuminen oli helpompaa.



Aikaisemmasta lähdöstä huolimatta karibut eivät aina saapuneet kesälaitumille normaalia aiemmin, vaan vaellusreitien olosuhteet vaikuttivat vaellusajan pituuteen. Näiden tutkimusten ja tämän työn tulosten perusteella ilmastonmuutoksen myötä metsäpeurojen keväuvaellukset mahdollisesti aikaistuvat pysyvän lumipeitteen lähtiessä aiemmin. Tämä saattaa vaikuttaa myös lisääntymismenestykseen, jos ravinnon laatu vaelluksen aikana ei ole optimaalista.

Ilmastonmuutos saattaa pitkittää karibujen ja muiden vaeltavien lajien syysvaellusta (Cameron ym., 2021). Tämän perusteella muutokset myös metsäpeurojen syysvaelluksissa ovat todennäköisiä. Le Corren ym. (2017) havaintojen mukaan syysvaelluksen aikana vallitsevat olosuhteet voivat vaikuttaa vaelluksen pitenemiseen. Ravinnonhankinnan parantuessa syysvaellukset voivat hidastua tai pysähtyä kokonaan (Cameron ym., 2021). Aiempien tutkimusten ja tämän työn perusteella syysvaellukset todennäköisesti viivästyvät, koska lisääntyvä sadanta ja nouseva lämpötila saattavat myöhästyttää pysyvän lumipeitteen saapumista syksyllä, jolloin lumipeite ei häiritse ravinnon saatavuutta.

Ilmastonmuutoksen seurauksena metsäpeuran laidunnusalueissa ja vaellusreiteissä saattaa myös tapahtua muutoksia. Sharman ym. (2009) mukaan karibut suosivat syksyisin ja talvisin sellaisia alueita, joissa jäkälää on runsaasti ja kesäisin suosioissa ovat häiriintymättömät alueet, joissa lämpötila on viileä. Ilmastonmuutokset myötä metsäpalot yleistyvät ja niiden vaikutuksesta metsien rakenne muuttuu, ja tämä saattaa siirtää karibujen levinneisyysaluetta pohjoisemmaksi (Sharma ym., 2009). Metsäpeurojen kohdalla pohjoisempi levinneisyysalue aiheuttaisi risteytymisriskin poron kanssa, koska Pohjois-Pohjanmaalla ei ole metsäpeuroja ja poroja erottavaa peura-aitaa (Metsähallitus, 2022). Metsäpeuran perimän suojeleminen on yksi metsähallituksen tärkeistä suojelutoimenpiteistä ja siksi Kuhmon ja Suomussalmen alueelta löytyy jo peura-aita (Metsähallitus, 2022). Metsäpeuran perimän suojelemiseksi on tärkeää, että risteytymistä poron kanssa ehkäistään, mutta peura-aidan rakentaminen voi osaltaan estää sopeutumista muuttuvaan ilmastoon, kun liikkumista rajoitetaan ja levinneisyysalue ei voi edetä pohjoisemmaksi.

Metsäpeurat ylittävät vaellusreittien varrella jäätyneitä vesistöjä, kuten kaributkin (Miller ym., 2005; Maa- ja metsätalousministeriö, 2007). Latifovicin ja Pouliotin (2007) havaintojen mukaan Kanadassa makean veden jäätymisessä ja sulamisessa on jo havaittu muutoksia, sillä jäät sulavat keväällä aikaisemmin ja muodostuvat syksyllä myöhemmin. Tämä voi vaikuttaa *Rangifer*-suvun eri populaatioiden vaellusreitteihin ja aiheuttaa enemmän tapaturmia

vaellusten aikana (Mallory & Boyce, 2018). Leblondin ym. (2016) mukaan jääpeitteessä tapahtuneet muutokset johtavat todennäköisesti siihen, että karibut alkavat kiertämään vesistöjä. Vesistöjen kiertäminen kasvattaa vaelluspituutta ja sitä kautta lisää energiankulutusta ja kasvattaa vaelluksen riskejä (Mallory & Boyce, 2018). Tästä syystä metsäpeurojen käyttämät vaellusreitit tulisi tuntea tarkoin, jotta saadaan tietoa mahdollisista vesistöjen ylityksistä. Saadun tiedon perusteella voidaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia arvioida tarkemmin ja mahdolliset reittimuutokset huomioida maankäytön suunnittelussa.

Ilmastonmuutos voi vaikuttaa karibuihin suorasti tai epäsuorasti saamalla aikaan muutoksia ravinnonhankinnassa, elinalueissa ja vaelluksissa (Sharma ym., 2009). Edellä mainittuja vaikutuksia on todennäköisesti nähtävissä metsäpeurassa tulevana vuosina ja sopeutumisen avainroolissa on tutkimustiedon lisääminen vaelluksiin vaikuttavista tekijöistä. Kun näitä tekijöitä ymmärretään paremmin, ne voidaan ottaa metsäpeuran suojelutyössä huomioon ja kasvattaa sen selviytymismahdollisuuksia ilmastonmuutoksen vaikutuksista huolimatta.

#### 4.4. Tutkielman kehittämiskohteet

Luonnonvarakeskuksen metsäpeura-aineisto koostui 12 pannoitetusta vaatimesta vuosien 2014–2021 aikana. Käytössä oli siis suhteellisen pieni aineisto ja muutaman vaatimen osalta jouduttiin poistamaan havaintoja, koska gps-signaali oli katkennut kriittisellä hetkellä. Tämä pienensi vielä entisestään tutkimuksen käytössä olevaa aineistoa. Johtopäätösten ja niiden yleistäminen pienellä aineistolla osoittautuu hankalaksi, koska yleistys pienestä aineistosta ei välttämättä pidä todellisuudessa paikkaansa. Mahdollisten käsittely- tai analysointivirheiden sattuessa pienessä aineistossa tulokset saattavat vääristyä paljon. Isommalla aineistolla myös multikollinearisuusongelma voitaisiin havaita paremmin ja luotettavammin.

Sääaineiston käsittelyssä lumentulopäiväksi valittiin se päivä, kun lunta oli ollut viisi päivää ja keväällä loppupäiväksi valittiin yhtenäisen lumipeitteen päättymispäivämäärä. Yhtenäisen lumipeitteen päättymisen jälkeen on saattanut tulla vielä takatalvia, jotka ovat saattaneet vaikuttaa vaelluksen ajoittumiseen tai sen etenemiseen. Alkupalvesta pysyvä lumipeite on saattanut tulla vasta myöhemmin, sillä viiden päivän yhtenäinen lumipeite ei ole välttämättä pitänyt jokaisen vuoden kohdalla paikkaansa.

Työn sääaineisto koostui vain Haapaveden Mustikkamäen havaintoaseman tiedoista. Tämä on saattanut vääristää tuloksia hieman, vaikka asema on sijainniltaan keskeisellä alueella vaellusreitteihin nähden. Vaadinten vasonta-alueet saattavat sijaita 200 kilometrin päässä talvilaidunalueesta (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007), joten tarkempien tulosten saamiseksi sään havaintoasemia kannattaisi valita mahdollisuuksien mukaan useampia vaellusreittien varrelta. Tutkimuksen selittävinä säätekijöinä käytettiin vain lunta ja lämpötilaa. Jatkotutkimuksissa myös muiden säätekijöiden vaikutuksia voisi ottaa huomioon. Tällaisia olisivat esimerkiksi ilmanpaine, tuulen voimakkuus tai sadannan määrä.

## 5. Yhteenveto

Monet suuret kasvinsyöjät muuttavat kausiluonteisesti vuodenaikojen välisten siirtymien aikana (Fryxell & Sinclair, 1988). Sorkkaeläinten kohdalla on havaittu, että nämä vaellukset ovat välttämättömiä ja niihin vaikuttavat monet bioottiset ja abiottiset tekijät (Abraham ym., 2022; Fullman, Joly, & Ackerman, 2017). Sorkkaeläinten vuodenaikaisvaellukset ovat tällä hetkellä uhattuna ilmastonmuutoksen ja habitaattien pirstaloitumisen takia (Kauffman ym., 2021). Tästä syystä on tärkeä selvittää erilaisten ympäristötekijöiden merkityksiä vuodenaikaisvaelluksiin (Tape & Gustine, 2014).

Metsäpeura (*Rangifer tarandus fennicus*) on yksi peuran eli *Rangifer taranduksen* alalajeista, jota tavataan Suomessa ja Venäjällä (Flagstad & Røed, 2002; Soveri & Nieminen, 2007). Suomen metsäpeurakannan merkittävimmät osakannat ovat Kainuussa ja Suomenselällä (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007). Suomenselän populaatiosta osa on levittäytynyt Oulujärven seudulle Pohjois-Pohjanmaalle ja tämän tutkielman aineisto koostuu tämän osapopulaation vaatimista (Metsähallitus, 2022). Kyseinen populaatio viettää kesän Oulujärven alueella ja vaeltaa Etelä-Pohjanmaan alueelle talveksi (Metsähallitus, 2022). Tutkin GPS-aineiston avulla 12 pannoitetun metsäpeuravaatimen liikkumishistoriaa vuosilta 2014–2021 ja tavoitteenani oli selvittää vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin: i) Miten kevät- ja syysvaellukset ajoittuvat, ja onko vaellusajoissa yksilöiden ja/tai vuosien välistä muuntelua? ii) Laukaiseeko vaellusten ajoittumisen jokin sisäinen ja/tai ulkoinen tekijä, kuten vaellusmatkan pituus tai sään ja lumitilanteen muutos? iii) Lisäksi työssä pohditaan ilmastonmuutoksen mahdollisia vaikutuksia vaelluskäyttäytymiseen.

Tulosten perusteella samat vaatimet eivät vaella samaan aikaan eri vuosina, vaan vaellusten ajoittumiseen vaikuttavat ympäristöolosuhteet. Ajallisesti keväuvaellus tapahtuu huomattavasti pienemmässä aikaikkunassa kuin syysvaellus ja on usein synkronoidumpi. Molempia vaelluksia selitti parhaiten malli, joka sisälsi lumi- ja lämpötilamuuttujan. Keväällä lumenlähtöpäivä vaikuttaa merkittävästi vaelluksen ajoittumiseen ja lämpötilalla voidaan olettaa olevan jonkinmoista vaikutusta, vaikka se ei ollut tilastollisesti merkittävä. Tulokset syysvaelluksen osalta olivat samanlaiset: pysyvän lumipeitteen jääminen maahan vaikuttaa vaellukseen merkittävästi ja lämpötilan sisällyttäminen malliin paransi AIC-arvoa, mutta ei vaikuttanut merkittävästi.

Lumenlähtö- ja tulopäivän merkittävyys vaikuttaa tuloksena järkevältä, sillä energian säästämiseksi metsäpeurat käyttävät talvisin samoja polkuverkostoja (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007). Tämä on siis energiatalouden kannalta järkevää ja aikaisemman kaributkimuksen perusteella myös talvea indikoivat tekijät aikaistavat syysvaellusta (Cameron ym., 2021). Lämpötilan merkityksen ymmärtäminen vaatisi jatkotutkimuksia, sillä sen vaikutus oli sekä keväällä että syksyllä odotusten vastainen, ja lämpötilan vaikutuksen tulkintaa häiritsi korrelaatio lumen tulo- ja lähtöpäivien kanssa. Metsäpeuran harvinaisuuden huomioon ottaen tutkimusta olisi ehdottomasti lisättävä ja paikallisten sääolosuhteiden vaikutusta vaelluksille arvioitava. Tulevaisuudessa myös ilmastonmuutos voi vaikuttaa metsäpeuran selviytymiseen ja vaikuttaa vaellusten ajoittumiseen (Post & Forchhammer, 2008; Cameron ym., 2021). Kun vaelluksiin vaikuttavia tekijöitä ymmärretään paremmin, ne voidaan ottaa luonnonsuojelutyössä huomioon ja lisätä metsäpeuran selviytymismahdollisuuksia tulevaisuuden Suomessa.

## 6. Kiitokset

Haluan kiittää Oulun Luonnonystäväin yhdistystä tutkielmani rahallisesta tukemisesta. Iso kiitos ohjaajilleni Seppo Rytköselle Oulun yliopistosta ja Antti Paasivaaralle Lukesta. Ilman Sepon apua erityisesti tilastoanalyysissä olisi tutkielmaan mennyt aika paljon enemmän aikaa. Antille suurkiitos aineiston luovuttamisesta käyttööni ja rakentavista kommentteista. Kiitos kaikille työkavereille ymmärryksestä ja joustamisesta opintojeni suhteen työn ohella. Lopuksi haluan vielä kiittää ystäviäni ja puolisoani, jotka tukivat minua tämän prosessin aikana ja tekivät kaikista opiskeluvuosista ikimuistoiset.

## 7. Lähteet

- Abraham, J. O., Upham, N. S., Damian-Serrano, A., & Jesmer, B. R. (2022). Evolutionary causes and consequences of ungulate migration. *Nature Ecology & Evolution*, 1-9.
- Arsham, H., & Lovric, M. (2011). Bartlett's Test. *International encyclopedia of statistical science*, 1, 87-88.
- Bauer, S., Nolet, B. A., Giske, J., Chapman, J. W., Åkesson, S., Hedenström, A., & Fryxell, J. M. (2011). Cues and decision rules in animal migration. *Animal migration: a synthesis*, 68, 87.
- Bergerud, A. T., Ferguson, R., & Butler, H. E. (1990). Spring migration and dispersion of woodland caribou at calving. *Animal behaviour*, 39(2), 360–368.
- Burnham, K. P., Anderson, D. R., & Huyvaert, K. P. (2011). AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. *Behavioral ecology and sociobiology*, 65(1), 23–35.
- Cameron, M. D., Eisaguirre, J. M., Breed, G. A., Joly, K., & Kielland, K. (2021). Mechanistic movement models identify continuously updated autumn migration cues in Arctic caribou. *Movement ecology*, 9(1), 1–12.
- Danilov, P., Panchenko, D., & Bljudnik, L. 2015. Forest reindeer population dynamics in Karelia. *Wild forest reindeer action plan*, 14.
- Dingle, H., & Drake, V. A. (2007). What is migration?. *Bioscience*, 57(2), 113–121.
- Edmonds, E. J. (1988). Population status, distribution, and movements of woodland caribou in west central Alberta. *Canadian Journal of Zoology*, 66(4), 817–826.
- Ferguson, S. H., & Elkie, P. C. (2004). Seasonal movement patterns of woodland caribou (*Rangifer tarandus caribou*). *Journal of zoology*, 262(2), 125–134.

Flagstad, Ø., & Røed, K. H. (2003). Refugial origins of reindeer (*Rangifer tarandus* L.) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Evolution*, 57(3), 658–670.

Fox, J. & Weisberg, S. (2019). *An R Companion to Applied Regression*, 3rd edition. Sage Publications. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/index.html>

Fullman, T. J., Joly, K., & Ackerman, A. (2017). Effects of environmental features and sport hunting on caribou migration in northwestern Alaska. *Movement ecology*, 5(1), 1–11.

Fryxell, J. M., & Sinclair, A. R. E. (1988). Causes and consequences of migration by large herbivores. *Trends in ecology & evolution*, 3(9), 237–241.

Gunn, A. 2016. *Rangifer tarandus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016: e.T29742A22167140. Viitattu 20.9.2022

Kauffman, M. J., Aikens, E. O., Esmaeili, S., Kaczensky, P., Middleton, A., Monteith, K. L., ... & Goheen, J. R. (2021). Causes, Consequences, and Conservation of Ungulate Migration. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 52, 453-478.

Kim, T. K. (2017). Understanding one-way ANOVA using conceptual figures. *Korean journal of anesthesiology*, 70(1), 22–26.

Kojola, I., & Helle, T. (1993). Regional differences in density-dependent mortality and reproduction in Finnish reindeer. *Rangifer*, 13(1), 33–38.

Kontro, L., & Leinonen, A. (2011). *Metsäpeura Rangifer tarandus fennicus*. Maahenki Oy, Helsinki.

Latifovic, R., & Pouliot, D. (2007). Analysis of climate change impacts on lake ice phenology in Canada using the historical satellite data record. *Remote Sensing of Environment*, 106(4), 492–507.

Leblond, M., St-Laurent, M. H., & Côté, S. D. (2016). Caribou, water, and ice—fine-scale movements of a migratory arctic ungulate in the context of climate change. *Movement Ecology*, 4, 1–12.

Le Corre, M., Dussault, C., & Côté, S. D. (2017). Weather conditions and variation in timing of spring and fall migrations of migratory caribou. *Journal of Mammalogy*, 98(1), 260–271.

Lowrey, B., McWhirter, D. E., Proffitt, K. M., Monteith, K. L., Courtemanch, A. B., White, P. J., ... & Garrott, R. A. (2020). Individual variation creates diverse migratory portfolios in native populations of a mountain ungulate. *Ecological Applications*, 30(5), e2106.

Luonnonvarakeskus 2021: <https://www.luke.fi/fi/uutiset/metsapeurojen-maara-suomenselalla-yha-kasvussa> Viitattu 25.9.2022

Mallory, C. D., & Boyce, M. S. (2018). Observed and predicted effects of climate change on Arctic caribou and reindeer. *Environmental Reviews*, 26(1), 13–25.

Maa- ja metsätalousministeriö. (2007) Suomen metsäpeurakannan hoitosuunnitelma (Vol. 9).

Metsähallitus, 2022. Tiivistelmä: Esiselvitys metsäpeura-aidan rakentamisesta Pohjois-Pohjanmaalle: [https://www.suomenpeura.fi/media/metsapeura-tiedostot/esiselvityksen\\_tulokset/pohjois-pohjanmaan\\_metsapeura-aidan\\_esiselvitys\\_tiivistelma\\_5s\\_kuvitettu.pdf](https://www.suomenpeura.fi/media/metsapeura-tiedostot/esiselvityksen_tulokset/pohjois-pohjanmaan_metsapeura-aidan_esiselvitys_tiivistelma_5s_kuvitettu.pdf) Viitattu 28.12.2022

Miller, F. L., Barry, S. J., & Calvert, W. A. (2005). Sea-ice crossings by caribou in the south-central Canadian Arctic Archipelago and their ecological importance. *Rangifer*, 77–88.

Mueller, T., & Fagan, W. F. (2008). Search and navigation in dynamic environments—from individual behaviors to population distributions. *Oikos*, 117(5), 654–664.

Montonen, M. 1974. Suomen peura. WSOY, Porvoo-Helsinki.

Paasivaara, A., Gavrilov, M., Juntunen, A., Kokko, S., Korhonen, L., Ovaskainen, R. & Timonen, P. 2018. Suomen metsäpeurakanta 2017. Helle, P. (toim.). 2018. Riistakannat 2017. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 15/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki: 53.

Post, E., & Forchhammer, M. C. (2008). Climate change reduces reproductive success of an Arctic herbivore through trophic mismatch. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1501), 2367–2373.

Pulliainen E, Leinonen A (1990) Petra, Karjalan peura. WSOY, Porvoo 23–39.

Rankama, T., & Ukkonen, P. (2001). On the early history of the wild reindeer (*Rangifer tarandus* L.) in Finland. *Boreas*, 30(2), 131–147.

R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. In R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>

Sharma, S., Couturier, S., & Cote, S. D. (2009). Impacts of climate change on the seasonal distribution of migratory caribou. *Global change biology*, 15(10), 2549–2562.

Soveri, T., & Nieminen, M. (2007). Papillar morphology of the rumen of forest reindeer (*Rangifer tarandus fennicus*) and semidomesticated reindeer (*R. t. tarandus*). *Anatomia, histologia, embryologia*, 36(5), 366–370.

Suomen riistakeskus: <https://riista.fi/game/metsapeura/> Viitattu 25.9.2022

Tape, K. D., & Gustine, D. D. (2014). Capturing migration phenology of terrestrial wildlife using camera traps. *BioScience*, 64(2), 117–124.

Vors, L. S., & Boyce, M. S. (2009). Global declines of caribou and reindeer. *Global change biology*, 15(11), 2626–2633.

Wilson, R. R., Parrett, L. S., Joly, K., & Dau, J. R. (2016). Effects of roads on individual caribou movements during migration. *Biological Conservation*, 195, 2–8.