

Hyvät käytännöt maakotkalle aiheutuvien vaikutusten arviointiin

– esimerkkiraportti Nimettömänkankaan tuulivoimahankkeesta



Hannu Tikkanen (toim.)
Metsähallitus, Luontopalvelut
hannu.tikkanen(at)metsa.fi

Kansikuva: Jyrki Mäkelä.

Översättning: Pimma Knight.

© Metsähallitus, Vantaa, 2022

ISSN-L 1235-6549
ISSN (verkkojulkaisu) 1799-537X
ISBN 978-952-377-065-2 (pdf)
Asianro MH 10046/2022

**Hyvät käytännöt maakotkalle aiheutuvien
vaikutusten arviointiin
– esimerkkiraportti Nimettömänkankaan
tuulivoimahankkeesta**

Kuvailulehti

Julkaisija	Metsähallitus	Julkaisu-aika	13.12.2022
Toimeksiantaja	Metsähallitus		
Luottamuksellisuus	Julkinen	Diaarinumero	MH 10046/2022

Tekijä(t) Metsähallitus

Julkaisun nimi Hyvät käytännöt maakotkalle aiheutuvien vaikutusten arviointiin – esimerkkiraportti Nimettömänkankaan tuulivoimahankkeesta

Tiivistelmä

Maakotka (*Aquila chrysaetos*) on uhanalaisluokituksestaan vaarantunut (VU), rauhoitettu, lintudirektiivin liitteen I laji. Maakotkan esiintyminen on keskittynyt pohjoiseen Suomeen, noin 90 % 400 parin kannasta pesii Oulujoen pohjoispuolella.

Maaliskuuhun 2022 mennessä Suomessa oli julkaistu tuulivoimahankkeita noin 55 000 megawatin (MW) edestä. Näistä tuulivoimahankkeista muodostuvien yhteisvaikutusten arvioidaan kohdistuvan kielteisesti lintulajeistamme erityisesti maakotkaan. Tähän vaikuttavat sekä tuulivoimalle altistuvien reviirien suuri osuus että lajin ekologiset ominaisuudet. Maakotkan herkkyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. saalistusreviirien laajuus (keskimäärin noin 300 km²), lajin herkkyys ihmistoiminnan aiheuttamille häiriöille, suurten päiväpetolintujen tunnettu riski törmätä tuulivoimaloihin, alhainen vuosittainen poikastuotto ja kannan elinkelpoisuuden riippuvuus aikuisten yksilöiden pitkäikäisyydestä. Vaikutusten ehkäisemiseksi on maakotkaan kohdistuvien vaikutusten arviointia tarpeellista kehittää ja yhtenäistää.

Tässä julkaisussa on tuotu esille esimerkkien avulla hyviä käytäntöjä tuulivoimasuunnittelun yhteydessä arvioitavista vaikutuksista pesimäreviirillä oleviin maakotkiin. Menetelmät on koostettu todellisten tuulivoimahankkeiden vaikutusten arvioinneista niitä edelleen kehittäen. Selvitys on liittynyt kuvitteellisen tuulivoimahankkeen ympäristövaikutusten arviointiin (YVA) ja kaavoitukseen. Hankkeella on kaksi vaihtoehtoa ja hankealue ulottuu kolmelle maakotkareviirille. Selvityksessä on hyödynnetty suomalaisten satelliittilähettimin varustettujen maakotkien käyttäytymisen perusteella luotua elinympäristömallia, seurattu yhden reviirin naaraan liikkumista sille asetetun satelliittilähettimen avulla ja seurattu maakotkan liikkumista kahdella muulla reviirillä maastotarkkailuilla. Näiden tietojen pohjalta on arvioitu laskennallisesti mallinnusmenetelmää käyttäen kullakin reviirillä emon riski törmätä suunniteltuihin tuulivoimaloihin. Myös elinympäristön menetykset ja muut mahdolliset vaikutukset reviireihin on arvioitu. Yhteisvaikutustarkastelu on laadittu toiminnassa olevan tuulivoimapaiston kanssa.

Vaikutusten merkittävyyttä on arvioitu populaatiomallinnuksen avulla. Merkittävän haitalliseksi tuulivoiman aiheuttamaksi lisäkuolleisuudeksi määriteltiin populaatiomallinnuksin yli 0,06 törmäystä/vuosi/reviiri.

Toistaiseksi tuulivoimaloista aiheutuvien vaikutusten arviointi on puutteellisten tietojen vuoksi vielä osin epävarmaa ja teoreettista. Suomesta on vain vähän kokemuksia maakotkareviirille sijoitettujen tuulivoimaloiden todellisista vaikutuksista. Korostuneita epävarmuuksia liittyy nykyaikaisiin suuriin voimaloihin. Myös emojen elossa säilyvyyksistä ja muista populaatiomallinnuksiin tarvittavista tunnusluvuista on kotimaista tutkimustietoa vähän. Erilaisia vaikutusten lieventämiskeinoja on tarkasteltu yleisellä tasolla. Näistä syistä jatkossa on tärkeää kerätä tutkimustietoa todellisista vaikutuksista ja lievennyskeinojen toimivuudesta. Samoin olisi suositeltavaa laatia laajoja, esimerkiksi maakunnan kokoisten alueiden yhteisvaikutusarviointeja. Näin voidaan pyrkiä ohjaamaan tuulivoimasuunnittelua ja -rakentamista siten, ettei se vaaranna maakotkakannan elinkelpoisuutta.

Avainsanat tuulivoima, maakotka, ympäristövaikutusten arviointi

Sarjan nimi ja numero Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 241
ISSN-L 1235-6549 ISSN (verkkojulkaisu) 1799-537X
ISBN 978-952-377-065-2 (pdf)
Sivumäärä 59 s. Kieli Suomi
Kustantaja Metsähallitus, Luontopalvelut

Presentationsblad

Utgivare	Forststyrelsen	Utgivningsdatum	13.12.2022
Uppdragsgivare	Forststyrelsen		
Sekretessgrad	Offentlig	Diarienummer	MH 10046/2022

Författare Forststyrelsen

Publikation God praxis vid bedömning av konsekvenser för kungsörnen
– Nimettömänkangas vindkraftsprojekt som exempelrapport

Sammandrag

Kungsörnen (*Aquila chrysaetos*) klassas som en sårbar art (VU) i hotklassificeringen och är en fredad art samt ingår i bilaga I till fågeldirektivet. Kungsörnen förekommer främst i norra Finland: ca 90 % av beståndet på 400 par häckar norr om Ule älv.

Före mars 2022 hade det offentliggjorts vindkraftsprojekt med en sammanlagd effekt på ca 55 000 megawatt (MW) i Finland. De samlade konsekvenserna av dessa vindkraftsprojekt bedöms ha en negativ inverkan på speciellt kungsörnen av våra fågelarter. Det beror på såväl det stora antalet kungsörnsrevir som berörs av vindkraftsparkerna som artens ekologiska egenskaper. Faktorer som gör kungsörnen speciellt ömtålig är bl.a. att artens jaktrevir är stora (i genomsnitt 300 km²), att arten är känslig för störningar från mänsklig verksamhet, att de stora dagsrovfågarna har hög risk att kollidera med vindkraftverk och att den årliga ungproduktionen är låg och beståndets livskraft är beroende av långlivade vuxna individer. För att förebygga konsekvenserna bör man utveckla och förenhetliga bedömningen av vindkraftens konsekvenser för kungsörnen.

Med hjälp av exempel presenteras i denna publikation god praxis för bedömning av vindkraftens konsekvenser för kungsörnar i borevir. Metoderna har sammanställts utgående från verkliga vindkraftsprojekts konsekvensbedömningar och sedan utvecklats vidare. Utredningen grundar sig en på miljökonsekvensbedömning (MKB) och planläggning för ett fiktivt vindkraftsprojekt. Projektet hade två projekialternativ och projektområdet omfattade tre kungsörnsrevir. I utredningen användes en livsmiljömodell, som utarbetats utgående från beteendet hos kungsörnar försedda med satellitsändare. Därtill följdes en honas rörelser i sitt revir med satellitsändare och genom fältobservationer kungsörnens rörelser i två övriga revir. Utgående från dessa uppgifter bedömdes med en modelleringsmetod honans risk i samtliga revir att kollidera med de planerade vindkraftverken. Även förlusten av livsmiljöer och andra eventuella verkningar på reviren bedömdes. Bedömningen av de samlade konsekvenserna utarbetades med en vindkraftspark i drift.

Konsekvensernas betydelse har bedömts genom populationsmodellering. Med hjälp av populationsmodeller bestämdes att fler än 0,06 kollisioner/år/revir är gränsen för betydligt skadlig dödlighet orsakad av vindkraft.

Än så länge är bedömningen av konsekvenserna av vindkraftverk delvis osäker och teoretisk på grund av bristande uppgifter. I Finland har man endast begränsad erfarenhet av de verkliga konsekvenserna av vindkraftverk i kungsörnsrevir. De moderna stora kraftverken är förknippade med rätt stor osäkerhet. Det finns därtill endast begränsade inhemska uppgifter om honornas överlevnad och andra parametrar som behövs för populationsmodellering. Metoder att lindra konsekvenserna behandlas på ett allmänt plan. Av dessa orsaker är det viktigt att samla forskningsdata om de faktiska konsekvenserna och olika sätt att lindra dem. Därtill borde man utarbeta bedömningar om de samlade konsekvenserna för större områden, t.ex. av landskapsstorlek. På det sättet kan man försöka styra vindkraftsplaneringen och -bygget så att det inte äventyrar kungsörnsbeståndets livskraft.

Nyckelord vindkraft, kungsörn, miljökonsekvensbedömning

Seriens namn och nummer Forststyrelsens naturskyddspublikationer. Serie A 241

ISSN-L 1235-6549 ISSN (online) 1799-537X

ISBN (pdf) 978-952-377-065-2 (pdf)

Sidantal 59 s. Språk Finska

Förlag Forststyrelsen, Naturtjänster

Esipuhe

Tämä julkaisu, Hyvät käytännöt tuulivoimahankkeista maakotkalle aiheutuvien vaikutusten selvittämisessä ja arvioinnissa, on laadittu esimerkiksi tuulivoimahankkeiden suunnittelijoille ja toteuttajille sekä hankkeiden vaikutusten arviointeja käsitteleville viranomaisille.

Julkaisu on laadittu kuvitteellisen Nimetömänkankaan tuulivoimahankkeen maakotkavaikutusten arviointiraportin muotoon, ja siinä on kuvattu vaikutusten selvittämisen ja arvioinnin hyvät käytännöt perustuen parhaaseen saatavilla olleeseen tutkimustietoon. Laatimisesta on vastannut Metsähallituksen Luontopalvelut.

Tarve esimerkkiraportille on noussut kasvavan tuulivoimarakentamisen myötä etenkin ympäristövaikutusten arviointimenettelyjen yhteysviranomaisena toimivien elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten (ELY-keskus) ja maakotkakannan seurannasta vastaavan Metsähallituksen taholta. Myös tuulivoimatoimijat ovat kaivanneet selkeyttä arviointimenetelmiin ja periaatteisiin, mikä edistää sekä ennakkosuunnittelua että YVA- ja kaavavaiheeseen edenneiden hankkeiden arviointia. Hankkeiden eteenpäin vieminen kotkien esiintymisalueilla on usein todettu haasteelliseksi ja aikaa vieväksi.

Tuulivoimalat pyritään sijoittamaan etäälle asutuksesta mm. melu- ja välkevaikutusten vuoksi. Tämä lisää alkuperäiseen luontoon kohdistuvia vaikutuksia, etenkin ihmistoiminoista häiriintyvillä lajeilla. Tällaisia ovat mm. häiriöttömiä pesimis- ja saalistusalueita edellyttävät suuret petolinnut kuten maakotka. Kaikkiaan maakotkareviireille sijoittuu vuoden 2022 alussa noin 125 kaavoitettua, vireillä tai suunnitteilla olevaa tuulivoimahanketta yhteensä noin 350 Suomen tuulivoimayhdistyksen rekisteröimästä hankkeesta.

Ilmastonmuutos on valtava uhka maapallon luonnon monimuotoisuudelle. Hiilidioksidivapaan energian tuotanto tuulivoimalla on tärkeä osa ilmastonmuutoksen torjuntaa, millä on siten luonnonsuojelun kannalta myönteisiä vaikutuksia. Valitettavasti tuulivoimarakentamisesta, kuten kaikesta muustakin energian tuotannosta, aiheutuu luonnolle myös kielteisiä vaikutuksia, joita on pyrittävä minimoimaan.

Tämän julkaisun on toimittanut erikoisuunnittelija, biologi Hannu Tikkanen Metsähallituksesta Pohjanmaan–Kainuun Luontopalveluista. Hänen lisäksi kirjoittajina ovat olleet FT Veli-Matti Pakanen Oulun yliopistosta, FM biologi Ville Suorsa FCG Finnish Consulting Group Oy:stä ja linnustoasiantuntija Heikki Tuohimaa Ramboll Finland Oy:stä. Työn aikana on saatu kommentteja ja parannusehdotuksia seuraavilta tahoilta: Lapin, Pohjois-Pohjanmaan, Etelä-Pohjanmaan ja Keski-Suomen ELY-keskukset ja Kainuun sekä Pohjois-Pohjanmaan maakuntaliitot, Ympäristöministeriö, BirdLife Suomi ry, Suomen luonnonsuojeluliitto, Suomen tuulivoimayhdistys ry ja Metsähallitus Lapin Luontopalvelut.

12.12.2022

Metsähallitus, Luontopalvelut

Sisällys

1 Johdanto	9
2 Hankkeen kuvaus.....	11
3 Käytettävät menetelmät	13
3.1 Olemassa olevat aineistot ja niiden saatavuus	13
3.2 Lentoaikojen selvittäminen hankealueilla.....	16
3.3 Törmäysmalli	23
3.4 Populaatiomalli	25
4 Tulokset ja arviot vaikutuksista.....	28
4.1 Kotkien liikkuminen reviireillään ja tuulivoima-alueilla	28
4.2 Törmäysriskit	34
4.3 Häiriöiden ja elinympäristömuutosten vaikutukset.....	42
4.4 Vaikutukset poikastuottoon ja reviirin elinkelpoisuuteen.....	45
5 Yhteisvaikutukset	47
5.1 Paikalliset vaikutukset yhdessä sähkönsiirtolinjojen ja muiden hankkeiden kanssa	47
5.2 Tuulivoiman kokonaisvaikutukset maakunnan kotkapopulaatioon	48
6 Vaikutukset Natura-alueen suojelun perusteisiin.....	49
7 Epävarmuustekijät	50
8 Vaikutusten lieventämiskeinot.....	51
9 Yhteenveto ja johtopäätökset	53
10 Vaikutusten seuranta	55
11 Suositukset vaikutusten arvioinnin kehittämiseksi	56
Lähteet.....	57

1 Johdanto

Maakotka (*Aquila chrysaetos*) on uhanalaisluokituksestaan vaarantunut (VU), rauhoitettu, lintudirektiivin liitteen I laji. Maakotkan esiintyminen on keskittynyt pohjoiseen Suomeen, noin 90 % kannasta pesii Oulujoen pohjoispuolella. Maakotkan eteläisintä levinneisyysaluetta ovat Etelä-Pohjanmaa, Pohjois-Karjala ja Varsinais-Suomi. Pesivien parien määrä on 351–482 paria (Ollila 2021).

Ympäristöministeriön ohjeissa (Ympäristöministeriö 2016 a ja b) todetaan muun muassa, että suurten petolintujen, kuten merikotkan, maakotkan, kiljukotkan ja kalasääsken, pesäpaikkojen suojelutarve on otettava huomioon tuulivoimarakentamista suunniteltaessa. Keskeistä on selvittää häiriövaikutukset ja törmäysriskit.

Maakotkan riskialttius tuulivoimatuotannon vaikutuksille on tuotu esille mm. tuoreessa suomalaisessa tutkimuksessa (Balotari-Chiebao ym. 2021). Tähän vaikuttavat sekä tuulivoimalle altistuvien reviirien suuri osuus että lajin ekologiset ominaisuudet. Maakotkan herkkyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. saalistusreviirien laajuus (noin 300 km²) (Tikkanen ym. 2018), lajin herkkyyks ihmistoiminnan aiheuttamille häiriöille (mm. Ponnikas 2014), petolintujen tunnettu riski törmätä tuulivoimaloihin (mm. Meller 2017), alhainen vuosittainen poikastuotto ja kannan elinkelpoisuuden riippuvuus aikuisten yksilöiden pitkäikäisyydestä. Näin ollen jo vähäinen lisäkuolleisuus heikentäisi kannan elinkykyä.

Maakotkaan kohdistuvien vaikutusarviointien kehittämis- ja yhdenmukaistamistarpeeseen vaikuttavat useat seikat, mm. kotkareviireille sijoittuvien hankkeiden runsaus, lajin suojelullinen status ja lainsäädäntö, lajin herkkyyks ihmistoiminnan aiheuttamille muutoksille, maastonselvitysten haasteellisuus ja myös tiedon hidas leviäminen, johtuen arviointiraporttien ja reviiritiedon salassa pidetävyydestä.

Tässä julkaisussa on tuotu esille esimerkkihankkeen avulla hyviä käytäntöjä koskien tuulivoimasuunnittelun yhteydessä arvioitava vaikutuksia pesimäreviirillä oleviin maakotkiin. Uusimmassa uhanalaisuusarvioinnissa (Tiainen ym. 2019) maakotka on arvioitu Suomessa vaarantuneeksi (VU). Kotkien pesäpaikkatiedot ovat viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) mukaan salassa pidettäviä, jos tiedon luovuttaminen vaarantaisi lajin suojelua (24 §:n 1 momentin 14 kohta). Tästä syystä **tämä arviointi on tehty kuvitteellisille reviireille ja tuulivoimahankkeelle, mutta käytetyt menetelmät on koostettu todellisista YVA-hankkeista** (FCG Finnish Consulting Group ja Ramboll Finland).

Esimerkki on nimeltään Nimettömänkankaan tuulivoimapuistosta pesiville maakotkille aiheutuvien vaikutusten arviointi. Arviointi on liittynyt hankkeen ympäristövaikutusten arviointiin (YVA) ja kaavoitukseen. Hankkeessa suunnitellaan kahdelle erilliselle alueelle yhteensä 49 tuulivoimalaa. Osa alueesta sijoittuu maakuntakaavaan merkitylle tuulivoima-alueelle. Suunnitellun tuulivoimapuiston lähialueelle sijoittuu yhteensä kolme maakotkareviiriä, jotka on nimetty Kokkoaavan, Tuolinevan ja Selkäkankaan reviireiksi. Kotkien ydinreviirit on huomioitu jo hankkeen esisuunnittelun aikana siten, että reviirien viime vuosina käytössä olleet pesäpaikat sijoituvat tuulivoima-alueilla lähimmillään noin 2–4 km:n etäisyydelle suunnitelluista voimalapaikoista. Yksi kotkareviireistä on kuvitteellisella Kokkoaavan Natura 2000 -alueella ja laji lukeutuu Natura 2000 -alueen suojelun perusteisiin, mikä on huomioitu arvioinnissa.

Selvityksessä on hyödynnetty suomalaisten satelliittilähtimin varustettujen maakotkien käyttäytymisen perusteella luotua elinympäristömallia (Tikkanen ym. 2018 ja Tikkanen ym. 2022). Mallin avulla on tuotettu en-

nuste maakotkien liikkumisesta kaikilla kolmella reviirillä. Lisäksi on seurattu yhden reviirin naaraan liikkumista satelliittilähettimen avulla ja kahden muun reviirin kotkaparien liikkumista maastotarkkailuilla. Näiden tietojen pohjalta on arvioitu laskennallisesti mallinnusmenetelmää käyttäen kullakin reviirillä emon riski törmätä suunniteltuihin tuulivoimaloihin. Myös muut mahdolliset vaikutukset reviireihin on arvioitu. Yhteisvaikutustarkastelu on tehty samalle kotkareviirille sijoittuvan toiminnassa olevan tuulivoimapuiston kanssa.

Arvioinnissa on noudatettu varovaisuusperiaatetta. Johtopäätöksenä esitetään näkemys hankkeen toteuttamiskelpoisuudesta ja vaikutuksia lieventäviä toimenpiteitä.

Tavallisesti esimerkin kaltainen maakotka-arviointi toimitetaan hanketta valvoville viranomaisille sekä muille asianomaisille tahoille, mutta sitä ei aseteta julkisesti nähtävälle hankkeen ympäristövaikutusten arvioinnin ja kaavamateriaalin yhteydessä.

Selvityksessä viitataan yksityiskohtaisemman tiedon löytyvän liitteestä x, jota tässä kuvitteellisessa esimerkissä ei ole mukana. Tällaiset yksityiskohtaisemmat tiedot ovat hyvän käytännön mukaisia todellisissa selvityksissä.



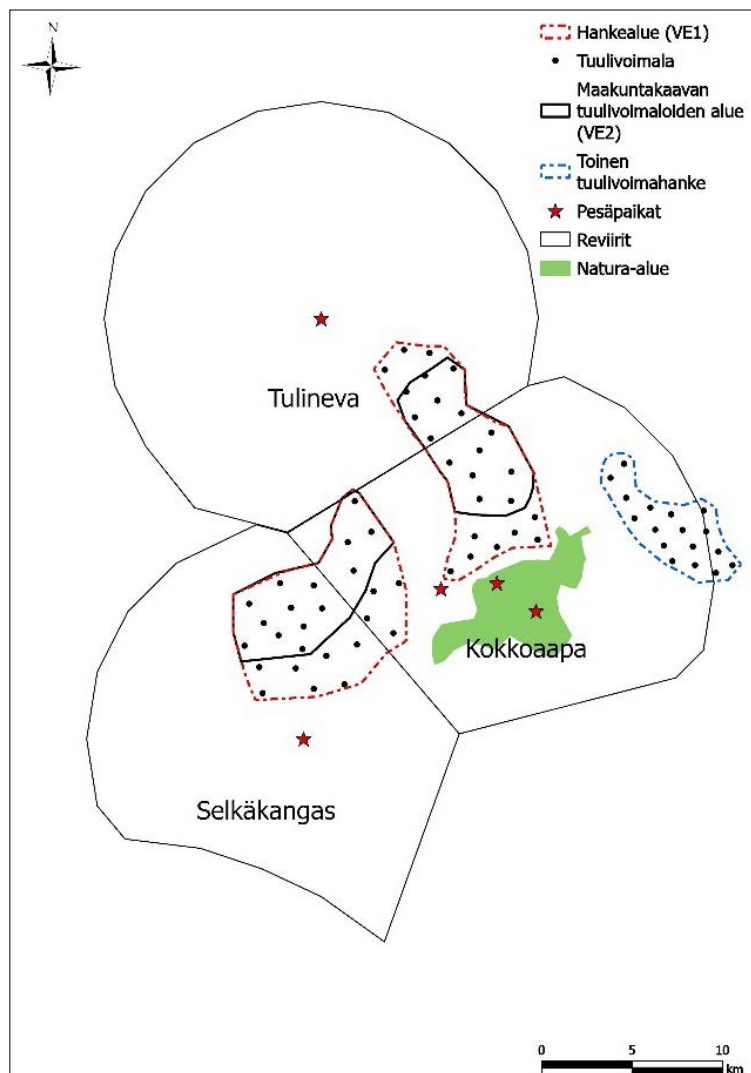
Kuva: Hannu Tikkanen.

2 Hankkeen kuvaus

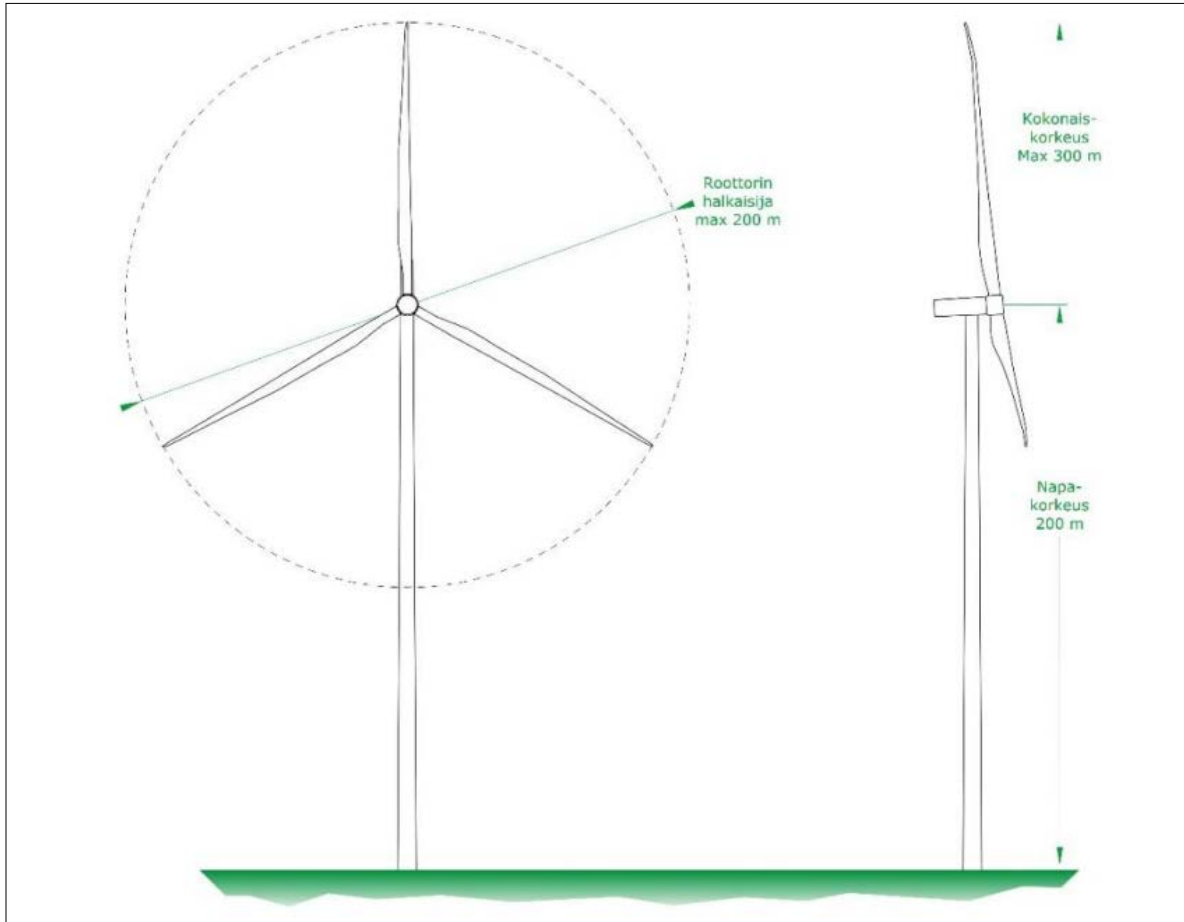
Hankkeessa toimijana on Nimettömänkaan Tuulivoima Oy. Hankkeessa on tarkoitus rakentaa kahdelle erilliselle hankeosa-alueelle enimmillään 49 tuulivoimalaa (VE1). Toisena vaihtoehtona (VE2) tarkastellaan 28 voimalan hanketta, joka sijoittuu kokonaisuudessaan maakuntakaavan mukaisille tuulivoima-alueille (kuva 1).

Hankkeen laajemman vaihtoehdon (VE 1) pinta-ala on noin 130 km² ja pienemmän (VE 2) vaihtoehdon noin 74 km².

Tuulivoimapuistossa käytettävä tuulivoimalatyyppejä ei ole vielä selvillä. Vaikutusten arviointi on laadittu kahdelle voimalatyypille. Voimaloiden yksikköteho on noin 6–10 MW. Kokonaiskorkeus enintään 300 metriä, napakorkeus enintään 200 metriä ja roottoriympyrän halkaisija enintään 200 metriä (kuva 2).



Kuva 1. Hankevaihtoehtojen ja voimaloiden sijainti maakotkareviireillä. VE 1 = kaikki 52 voimalaa toteutuvat ja VE 2 = maakuntakaavan rajauksen mukaiset 28 voimalaa toteutuvat. Kokkoaavan Natura 2000 -alue on merkitty vihreällä ja jo rakennettu tuulivoima-alue sinisellä rajauksella.



Kuva 2. Arvioinnissa tarkasteltava voimalatyyppi, joka on enintään 300 metrin korkuinen.



Kuva: Hannu Tikkanen.

3 Käytettävät menetelmät

3.1 Olemassa olevat aineistot ja niiden saatavuus

3.1.1 Pesäpaikka- ja pesintätulosrekisteri

Kokkoaavan reviirillä kotkan käytössä olevat pesäpaikat sijoittuvat hankevaihtoehdossa VE1 lähimmillään noin 1,1 km:n etäisyydelle itäisemmän osa-alueen voimaloista ja hankevaihtoehdossa VE2 noin 4,7 km:n etäisyydelle itäisemmän osa-alueen voimaloista. Hankevaihtoehdossa VE1 pesät sijoittuvat lähimmillään noin 2,3 km:n etäisyydelle läntisemmän osa-alueen voimaloista ja hankevaihtoehdossa VE2 noin 4,9 km:n etäisyydelle läntisemmän osa-alueen voimaloista. Selkäkankaan reviirillä suunnitellut tuulivoimalat sijoittuvat lähimmillään noin 2,8 km:n (VE1) ja 5,0 km:n (VE2) etäisyydelle pesästä. Tulinevan reviirillä suunnitellut tuulivoimalat sijoittuvat lähimmillään noin 4,4 km:n (VE1) ja 6,2 km:n (VE2) etäisyydelle pesästä.

Tarkasteltavana olevista reviireistä on tietoja Selkäkankaalta vuodesta 1998 alkaen yhdestä pesästä, Kokkoaavalta vuodesta 1988 alkaen kolmesta pesästä ja Tulinevalta vuodesta 2010 alkaen yhdestä pesästä. Maakotkalle tyypillisesti pesintätulos on vaihdellut huomattavasti sekä vuosien että reviirien välillä. Tuottoisin on ollut Kokkoaavan reviiri, jonka keskimääräinen poikastuotto 2000-luvulla on ollut 0,6 poikasta/vuosi, mikä on selvästi Suomessa havaittua keskimääräistä poikastuottoa (0,42 poikasta/asuttu reviiri/vuosi) parempi. Selkäkankaalla on varttunut keskimäärin 0,44 poikasta/vuosi ja Tulinevalla 0,2 poikasta/vuosi. Kaikilla reviireillä on ollut seuranta-aikana vuosia, jolloin pesintöjä ei ole todettu. Välivuosien jättäminen pesinnöissä on tyypillistä maakotkille, esimerkiksi huonon ravintolanteen tai sääolosuhteiden vuoksi. Mahdollista on, että joinakin vuosina kotkat ovat pesineet myös tuntemattomissa pesäpaikoissa.

Reviirien pitkäaikainen aineisto on esitetty liitteessä x. (Ei tässä esimerkkiraportissa mukana).

Maakotka lukeutuu ympäristöministeriön vahvistamiin Metsähallituksen seuranta-vastuulajeihin. Metsähallitus vastaa lajin seurannan valtakunnallisesta koordinoimisesta ja toimii asiantuntijaviranomaisena sekä käyttää asiantuntijaroolissa puhevaltaa erityisvastuulajeja koskevilla asioissa, kuten maankäytön suunnittelussa myös suojelualueiden ja valtionmaiden ulkopuolella.

Metsähallituksen Luontopalveluilta on saatavilla tiedot maakotkan pesäpaikoista sekä pesintöjen onnistumisesta. Aineiston luovutuksen yhteydessä tiedon saaja sitoutuu olemaan julkaisematta lajin suojelua vaarantavia tietoja ja siihen, ettei tietoja luovuteta eteenpäin. Vastuu-

henkilöinä tietojen luovutuksessa toimivat Stefan Siivonen Lapissa ja Hannu Tikkanen muualla Suomessa.

Rekisterissä on tiedot Suomen noin 560 reviiristä, joilla on todettu vähintään kerran merkkejä maakotkan asumisesta 1970-luvulta lähtien.

Tiedot ovat saatavilla lajitietokeskuksen (Laji.fi) kautta. Tietojen pyytäminen edellyttää rekisteröitymistä.

Omatoimisesti pesintätilanteita ei saa maastossa tarkistaa häirintävaaran vuoksi, mutta niistä voi tehdä tarvittaessa epäsuoria havaintoja kauempaa tarkkailemalla. Metsähallituksen valtuuttama pesätarkastaja selvittää pesintätilanteen turvallisena ajankohtana.

3.1.2 Elinympäristömalli reviirin käytöstä ja lentoajoista

Maakotkien liikkeitä, lentoaikoja sekä lintujen suosimia ja välttelemiä ympäristöjä on tutkittu satelliittilähettimillä varustettujen ”satelliittikotkien” avulla. Vuoden 2021 loppuun mennessä maakotkia on eri tuulivoimahankkeisiin liittyen varustettu satelliittilähettimeillä yhteensä 24 emoa, 1 pesäpoikanen sekä 1 esiaikuinen pesimätön. Kotkat kantavat satelliittilähetintä, joka taltioi määrävälein (yleensä puolen tunnin tai tunnin välein) sijainnin, lentokorkeuden ja nopeuden. Kaikkiaan lähettimet ovat tuottaneet jo satoja tuhansia paikannuksia. Tietoa on saatu muun muassa siitä, kuinka kotkat liikkuvat reviirillä, mitä alueita ne käyttävät sekä kuinka paljon ja millä korkeudella ne lentävät.

Kotkien lentoaktiivisuudessa ja reviirin koossa on yksilökohtaista ja muun muassa pesintätilanteesta johtuvaa vuosien välistä vaihtelua (Tikkanen ym. 2022). Oulun yliopiston ja Metsähallituksen yhteistyönä aineistosta on laadittu matemaattisten analyysien avulla kaikille Suomen kotkareviireille elinympäristömalli, joka ennustaa keskivertokotkien liikkeitä, elinpiirin käyttöä ja lentoaikoja. Mallin periaatteet ja sen tieteellinen tausta julkaistiin 2018 (Tikkanen ym. 2018) ja mallin tuottaman ennusteen luotettavuutta

ja sovellettavuutta eri seuduille parannettiin 2019 analysoimalla useamman kotkan aineistoja. Mallin parametrit sekä satelliittiaineistosta saatavia muita tuulivoimasuunnittelussa hyödynnettäviä tietoja, kuten kotkien lentoaikoja, -korkeuksia sekä reviirinkokoja, esitetään suomenkielisessä julkaisussa (Tikkanen ym. 2022).

Malli perustuu yhdeksän suomalaisen satelliittikotkan paikannustietoihin viime vuodelta. Jokaisesta yksittäisestä paikannuspisteestä on laskettu paikkatietoanalyysiin perustuen elinympäristön ominaisuusarvoja. Elinympäristön ominaisuusarvot on saatu yhdistämällä paikannuspisteisiin erilaisia avoimia paikkatietoaineistoja, kuten Maanmittauslaitoksen ja Luonnonvarakeskuksen (LUKE) aineistoja sekä Suomen ympäristökeskuksen Corine-maanpeiteaineistoja.

Elinympäristömallissa jokaisella rasterikartan pikselillä on tietty, logistisen regressioanalyysin kautta laskettu ominaisuusarvo, joka kertoo, suosiiko kotka tiettyjä maastonkohtia vai vältteleekö se tiettyjä maastonkohtia verrattuna satunnaispisteisiin. Mallissa todennäköisyyttä kuvaavat ominaisuusarvot ovat odds-arvoina. Arvoa 1 suuremmat arvot ovat alueita, joita kotka käyttää mallin mukaan satunnaispisteitä enemmän, ja vastavasti tätä pienempien arvojen alueita kotka käyttää vähemmän.

Metsähallitukselta on saatavissa suunnittelukäyttöön pelkistetyt elinympäristö- ja lentoaikamallit rasterimuotoisina paikkatietoaineistoina koko Suomesta. Aineistoa voidaan luovuttaa tuulivoimasuunnitteluun hankekohtaisesti. Malli ennustaa kohtuullisen luotettavasti kotkien liikkeitä verrattuna satunnaisotantaan. Aineisto päivitetään kerran vuodessa pesätarkastusten tietojen pohjalta. Mallinnus laaditaan huomioiden kaik-

ki asutuksi todetut pesät (pesässä pesitty tai pesää koristeltu) viimeisen kymmenen vuoden ajalta. Pudonneita tai yli kymmenen vuotta asumattomana olleita pesiä ei huomioida mallinnuksessa. Koko Suomen aineisto on esitetty 100 x 100 metrin pikselikoossa. Pelkistyksestä johtuen aineisto soveltuu useiden voimaloiden muodostamien alueiden tarkasteluihin ja alueiden vertailuun, ei niinkään yksittäisiin voimalakohtaisiin arviointeihin.

Lopulliseen elinympäristömalliin valikoituvat seuraavat muuttujat: etäisyys pesäpaikalle, etäisyys vakituisen asutukseen, asutuksen määrä kilometrin vyöhykkeellä, maaston kaltevuuskulma, puuston ikä, harvapuustoitien alueiden määrä, vesistöt ja soiden reuna-alueiden määrä. Tulosten mukaan kotkat suosivat pesän läheisyyttä, soiden reunoja, jyrkkiä rinteitä sekä harvapuustoisia ja iäkkäitä metsiä. Kotkat välttelevät selkeimmin asutusta, vesistöjä ja naapurireviiriä.

On huomioitava, että maakotkan suosimat alueet muuttuvat jossain määrin myös metsätaloustoimista. Maakotka käyttää hakkuuaukeita saalistamiseen. Pian tämän jälkeen sama alue muuttuu kuitenkin lajille pitkäksi aikaa epäedulliseksi, ollessaan tiheäkasvustoista taimikkoa tai nuorta metsää.

Lentoaikojen ennustamiseksi halutulla alueella, esimerkiksi reviirillä, malliin on lisätty kotkaparin keskimääräinen vuotuinen lentoaika, joka on noin 1 150 tuntia (Tikkanen ym. 2022). Lentoaika jaetaan mallin tuottaman todennäköisyysarvon (odds) mukaisesti kullekin rasterikartan pikselille, jolloin kartta kuvaa kotkan lentoaikaa reviirin eri osissa.

3.1.3 Malli pesimäympäristön piirteistä

Kotkien lentokäyttäytymistä kuvaavan mallinnuksen lisäksi Suomessa on tehty Oulun yliopistossa maakotkan reviirin maisemaekologinen mallinnus (Ponnikas 2014). Malli kuvaa 2 x 2 kilometrin ruutujen soveltuvuutta kotkareviiriksi koko Suomessa. Mallinnuksen mukaan esiintymistodennäköisyys laskee nopeasti nolnaan, kun ihmisen voimakkaasti muokkaaman ympäristön (asutus, viljelykset) osuus nousee yli 5 prosenttiin pesimäympäristön ydinalueella. Mallin tuottama rasterimuotoinen paikkatietoaineisto on saatavilla Metsähallitukselta. Lisäksi on käytettävissä Metsähallituksen (Pelkonen ym. 2022) laatima edellistä tarkemmalla resoluutiolla (100 x 100 m) tehty pesäpaikkojen ja ydinreviirien mallinnukset koko Suomesta. Malleja voidaan hyödyntää mm. pesien ja uusien reviirien etsimiseen sekä kannan levittäytymisen ennustamiseen.

Aineistojen julkisuus

Elinympäristömallien tulosteita ja hankkeiden salassa pidettäviä raportteja koskee viranomaisen toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n 1 momentin, kohta 14, jonka mukaan salassa pidettäviä asiakirjoja ovat asiakirjat, jotka sisältävät tietoja uhanalaisista eläin- tai kasvilajeista tai arvokkaiden luonnonalueiden suojelusta, jos tiedon antaminen niistä vaarantaisi kysymyksessä olevan eläin- tai kasvilajin tai alueen suojelun.

Näitä salassa pidettäviä raportteja ja muita aineistoja on mahdollista saada perustellusti suunnittelukäyttöön, erikseen niitä pyydetessä Metsähallitukselta tai YVA-yhteysviranomaisena toimivilta ELY-keskuksilta, kunhan saaja sitoutuu noudattamaan salassa pidettävien aineistojen käyttöehtoja.

3.2 Lentoaikojen selvittäminen hankealueilla

3.2.1 Yleistä

Tuulivoimahankkeiden vaikutusten arvioinnissa maakotkan kaltaisilla kaartelevilla petolinnuilla on keskeistä selvittää lentoaika tutkittavalla alueella. Luotettavin lentoaika saadaan varustamalla emo paikannuslaitteella, joka tallentaa linnun sijainnin sekä lentonopeuden ja korkeuden. Paikannusaineistojen tulkinnessa on huomioitava sekä sukupuolten että vuosien väliset huomattavat erot lentojen sijoittumisessa ja määrissä.

Lentoaikoja voidaan selvittää myös elinympäristömallilla ja maastotarkkailuilla. Elinympäristömallin on todettu kohtalaisen luotettavasti ennustavan maakotkien reviirin käyttöä ja sitä on suositeltavaa lähtökohtaisesti hyödyntää kaikissa reviireille sijoittuvissa hankkeissa. Mallin etuina ovat sen helppokäyttöisyys ja keskimääräisen tilanteen kuvaaminen. Maastotarkkailut ovat varsin työläitä ja vaativia. Mikäli pesimäpaikkojen suhteen hyvin tiedossa olevan reviirin kohdalla on ilmeistä, ettei kotkille tule aiheutumaan todennäköisesti merkittävää haittaa, vaikutukset voidaan arvioida

mallinnusten pohjalta ja tällaisessa tapauksessa laajoihin maastotarkkailuihin ei ole tarvetta.

Maastotarkkailujen tarve korostuu tilanteessa, jossa pesäpaikka ja reviirin ydinalue eivät ole luotettavasti tiedossa tai tuulivoimahanketta suunnitellaan reviirin keskeisille alueille. **Maakotkan varustamista paikannuslaitteella tulee lähtökohtaisesti välttää pyydystämisooperaation ja laitteen aiheuttaman haitan vuoksi.** Maakotkien tyypillinen lentokäyttäytyminen reviireillä tunnetaan kohtalaisen hyvin jo nykytiedoilla. Paikannuslaitetta voidaan tarvita, kun reviirin olosuhteet poikkeavat selvästi keskimääräisestä tilanteesta esimerkiksi ympäristössä, naapurireviirin läheisen sijainnin tai pesintätilanteen vuoksi (esimerkiksi käytössä oleva pesäpaikka ei ole varmuudella tiedossa). **Jatkossa paikannuslaitteiden tarve liittyy ennen kaikkea luotettavan seurantatiedon saamiseen tuulivoimahankkeiden rakentamis- ja toimintavaiheissa.**

3.2.2 Satelliittiseuranta ja paikannusaineisto

Satelliittiseuranta tuottaa tarkinta tietoa kotkien liikkeistä reviirillä. Reviirin ja ns. ydinreviirin kokoa ja muotoa voidaan kuvata laskemalla paikkatieto-ohjelmalla esim. MCP (mean convex polygon) -arvot prosenttiarvoilla 95 ja 50. Tieto esittää sen, kuinka laajalle alueelle 95 % ja 50 % paikannuksista sijoittuvat. MCP-95-arvoa voidaan käyttää reviirin kokona ja MCP-50-arvoa ns. ydinreviirin kokona.

Satelliittilaitteen tuottamista paikannustiedoista ja niistä tehdystä ns. "heatmapista" voidaan suoraan visuaalisesti arvioida esimerkiksi tuulivoimapuiston hankealueen merkitystä kotkalle. Tarkempi arvio saadaan vertaamalla hankealueelle sijoittuvien pisteiden osuutta (%) koko reviirille sijoittuvista lentopaikannuksista.

Yleispiirteinen arvio hankealueella lentävien kotkien lentoajoista saadaan kertomalla em. hankealueelle sijoittuvien

paikannusten osuus tutkimuksissa havaitulla keskivertokotkan lentoajoilla (Tikkanen ym. 2018 ja Tikkanen ym. 2022). Tarkempi arvio saadaan selvittämällä ko. kotkan lentoajat yksilöllisesti satelliittiaineistosta esim. Tikkanen ym. 2022 tapaan. Siinä huomioidaan ko. kotkan lentopaikannusten osuus kaikista paikannuksista ja lentoaktiivisuuden erot vuoden- ja vuorokaudenajoittain.

Lintuyksilöillä tiedetään olevan myöskin selkeitä eroja sukupuolten ja vuosien välillä, riippuen esimerkiksi siitä, onko reviirillä kyseisenä vuotena pesintää (Tikkanen ym. 2022.). Satelliittiseurannan yhden vuoden tietojen arvioidaan kuitenkin kuvaavan keskimäärin riittävän hyvin kotkien reviirin käyttöä suhteessa suunnitteilla oleviin tuulivoimahankkeisiin, mutta edellä mainittuja vaihteluita ja niiden mahdollisia vaikutuksia arviointiin on hyvä tuoda esille raportoinnissa.

Nimettömänkankaan tuulivoimahankkeesta Kokkoavaan reviiriin ja Natura-alueelle aiheutuvien vaikutusten selvittämiseksi pyydytettiin ja varustettiin reviirin naaras satelliittilähetimellä. Kennettiin "selkätälähetimenä toimii CTT (*Cellular Tracking Technologies*) 1000a Series (2nd Generation) aurinkokenokäyttöinen satelliitti-GSM-lähetin. Lähetin säädettiin keräämään paikannustietoa 30 minuutin välein seitsemänä päivänä viikossa. Lähetimen toimintavarmuus ja paikannustarkkuus olivat erinomaisia, ja linnun liikkeitä on saatu kokonaisuudessaan erittäin hyvää aineistoa.

Tässä raportissa käsitellään reviirin toisen emon liikkumista kahdella pesimäkaudella, perustuen satelliittilähetimen tuottamaan paikannusaineistoon. Paikannusaineisto kä-

sittää kahdelta vuodelta yhteensä yli 22 000 paikannusta. Lähetin on naaraslinnulla, jonka tiedetään liikkuvan koirasta vähemmän, etenkin haudonnan aikana.

Kotkan paikannuksia kuvaavat kartat tässä raportissa on tuotettu QGIS-paikkatieto-ohjelmistolla (versio 3.12.3), ja paikannusten tiheyttä kuvaavat kartat on tehty QGIS-ohjelman HeatMap-lisäosan (*Kernel Density Estimation*) avulla. HeatMap-lisäosan tuottamat kartat kuvaavat satelliittipaikannusten tiheyttä tietyllä alueella (mitä tummempi väri, sitä enemmän ja tiheämmin paikannukset sijoittuvat alueelle). HeatMap-analyysin kautta tuotetuissa kartoissa paikannusten tiheyttä kuvaava väri kartoilla liioittelee havainnollistettavuuden vuoksi alueen laajuutta yksittäisiin paikannuspisteisiin nähden, mutta pai-



Kuva: Mikko Oivukka.

kannusten tihentymät kuvaantuvat kartoille todellisen mukaisesti. HeatMap-analyysi tehtiin arvoilla säde = 2000 m ja pikselikoko = 10 m.

Reviirin koko laskettiin QGIS-ohjelmalla ”konvekssi peite” -algoritmilla, mikä tuottaa aluerajauksen halutulle pistejoukolle, tässä tapauksessa kuvaamaan aluetta, jolle sijoittuu 95 % kaikista paikannuksista alkaen paikannusten keskipisteestä (Mean Convex Polygon, MCP 95).

Paikannusaineistosta laskettiin myös kotkan todelliset lentokorkeudet perustuen satelliittilähettimen tuottamaan korkeusaineistoon (metriä merenpinnan yläpuolella) ja Maanmittauslaitoksen tuottamaan ilmaiseen korkeusmalli10m-aineistoon (maaston todellinen korkeus). Raportissa esitetyt kotkan lentokorkeudet ovat lentokorkeuksia maanpinnan yläpuolella, jotka on laskettu Excel-taulukkolaskentaohjelmistolla satelliittilähetti-

men paikannusten korkeuksista (metriä merenpinnan yläpuolella) ja korkeusmalli10m-aineiston todellisista maaston korkeuksista paikannuspisteessä. Kotkan lentohavainnoiksi määritettiin paikannukset, joissa tallentunut lentonopeus on ollut vähintään 2 solmua (yli 3,7 km/h) (vrt. Tikkanen ym. 2022).

3.2.3 Lentoaika elinympäristömallilla

Nimettömänkankaan tuulivoimahankkeen läheisten kotkareviirien elinympäristömalliin pohjautuvat lentoaikaennusteet (ks. luku 2.1.2) kullekin voimala-aluevaihtoehdolle laskettiin Metsähallitukselta saatavasta rasteriaineistosta. Aineistosta on nähtävissä ennuste kotkaporin lentoajoista (h/v) 100 x 100 metrin pikselikoossa. Lentoajat tuulivoimalueille summattiin QGIS-ohjelman ”vyöhyketilastot” (zonal statistics) -liitännäisellä.

3.2.4 Maastossa tehdyt havainnoinnit

3.2.4.1 Havainnointipaikat ja ajankohta

Pesivien maakotkien lentojen maastohavainnoinnit ja niiden analysoinnit ovat kokemusta ja kärsivällisyyttä edellyttävää työtä. Havainnointi poikkeaa tavanomaisesta muuttavien tai muiden lentävien lintujen tarkkailusta. Keskeistä on saada selville kotkien viettämä aika tutkittavalla alueella. Luotettava tulos edellyttää riittävää ajankäyttöä ja havainnointia pesimäkauden eri vaiheissa. Vaatimus tarkkailun kokonaisajalle vaihtelee tilanteen mukaan. Havainnointitarvetta lisää hankkeen sijoittuminen elinympäristömallin mukaan kotkien suosimille alueille tai se, että on perusteltu oletus reviirin tuntemattomista pesäpaikoista tai kun suunniteltu tuulivoimahanke on suuri. Havainnointitarvetta selvästi vähentää, mikäli reviirin emo on varustettu satelliittilähettimellä. Mikäli maastotarkkailulle todetaan olevan tarve, riittävän havainnointimäärän voidaan katsoa olevan noin 100 ja 200 tunnin välillä.

Toisinaan pesäpaikkojen selvittäminen voi edellyttää laajempia maastokartoituksia tai satelliittiseurantaa, mikäli maakotkia havaitaan alueella ja niiden käyttäytyminen viittaa pesintään eikä aiempaa tietoa reviiristä ja/tai pesäpaikoista ole. Tuulivoimahankkeissa tulee toteuttaa aina asianmukaiset linnustoselvitykset. Näin ollen esimerkiksi päiväpe-

tolintuselvitysten pitää olla kattavia, jotta myös mahdollinen ennestään tuntematon kotkareviiri tulee havaituksi. Mikäli sellaisesta saadaan viitteitä, toteutetaan esitetyn kaltainen varsinainen kotkaselvitys.

Havainnointipaikat valitaan siten, että niiden yhteinen havaittavuusalue kattaa riittävällä tavalla tutkittavan alueen. Parhaat havainnointipaikat ovat tyypillisesti avoimia tai ympäristöään korkeampia maastonkohtia, esimerkiksi soita, peltoja, turvetuotantoalueita, hakkuuaukeita, mäen tai vaaran rinteitä ja näköala- tai lintutorneja. Soveliaita havainnointipaikkoja ei ole aina tarjolla. Tällaisessa tilanteessa on harkittava henkilönostimen tms. käyttöä tai havainnointitornin rakentamista onnistuneen selvityksen takaamiseksi. Havainnointi ajoitetaan maakotkan pesimäkaudelle, noin maaliskuun ja syyskuun välille. Tarkemmat ajankohdat riippuvat mm. sääolosuhteista ja pesinnän etenemisestä reviirillä. Vuorokauden sisällä havainnointi kohdistetaan satelliittiseurannoilla havaitun lentoajan mukaisesti, klo 8–18 välille (kesäaikana, UTC+3). Sään tulisi olla poutainen ja näkyvyyden hyvä. Vain todellinen havainnointiaika kirjataan ylös: esimerkiksi evästauot ym. katkokset poistetaan havainnointiajasta.

Nimettömänkankaan hankkeen maastohavainnoinnin tärkeimpänä tavoitteena oli Selkäkankaan reviirin lentokäyttämisen selvittäminen. Kokkoavaan reviirille ei katsottu olevan tarkkailutarvetta, sillä kyseisen reviirin toinen emo oli varustettu paikannuslaitteella. Tulinevan reviirin pesäpaikat olivat verraten kaukana hankealueesta (luku 3.1.1), ja elinympäristömallin mukaan alueella ei sijaitse kotkan erityisesti suosimia elinympäristöjä.

Selkäkankaan reviiriä havainnointiin yhteensä 150 tuntia aikavälillä 1.4.–2.9. Havainnointi tapahtui klo 8–18 kotkien lentoa suosivilla säillä. Havainnointipaikat on esitetty kartalla (ks. kuva 3). Havainnointiajat on esitetty taulukossa 1, tarkemmin tulokset on esitetty liitteessä x (ei mukana tässä esimerkkiraportissa). Hankealueen pohjoispuoleista Tulinevan reviiriä havainnointiin 50 tuntia aikavälillä 4.4.–3.9. Siellä havaintopisteinä käytettiin Marjajarjua. Paikannuslaitteella varustettua Kokkoavaan reviirin lintuja ei erikseen havainnointi maastossa, joskin reviirin linnuista tehtiin tarkkailuissa havaintoja muissa tarkkailupisteissä.

3.2.4.2 Havaittavuusalueen määrittely

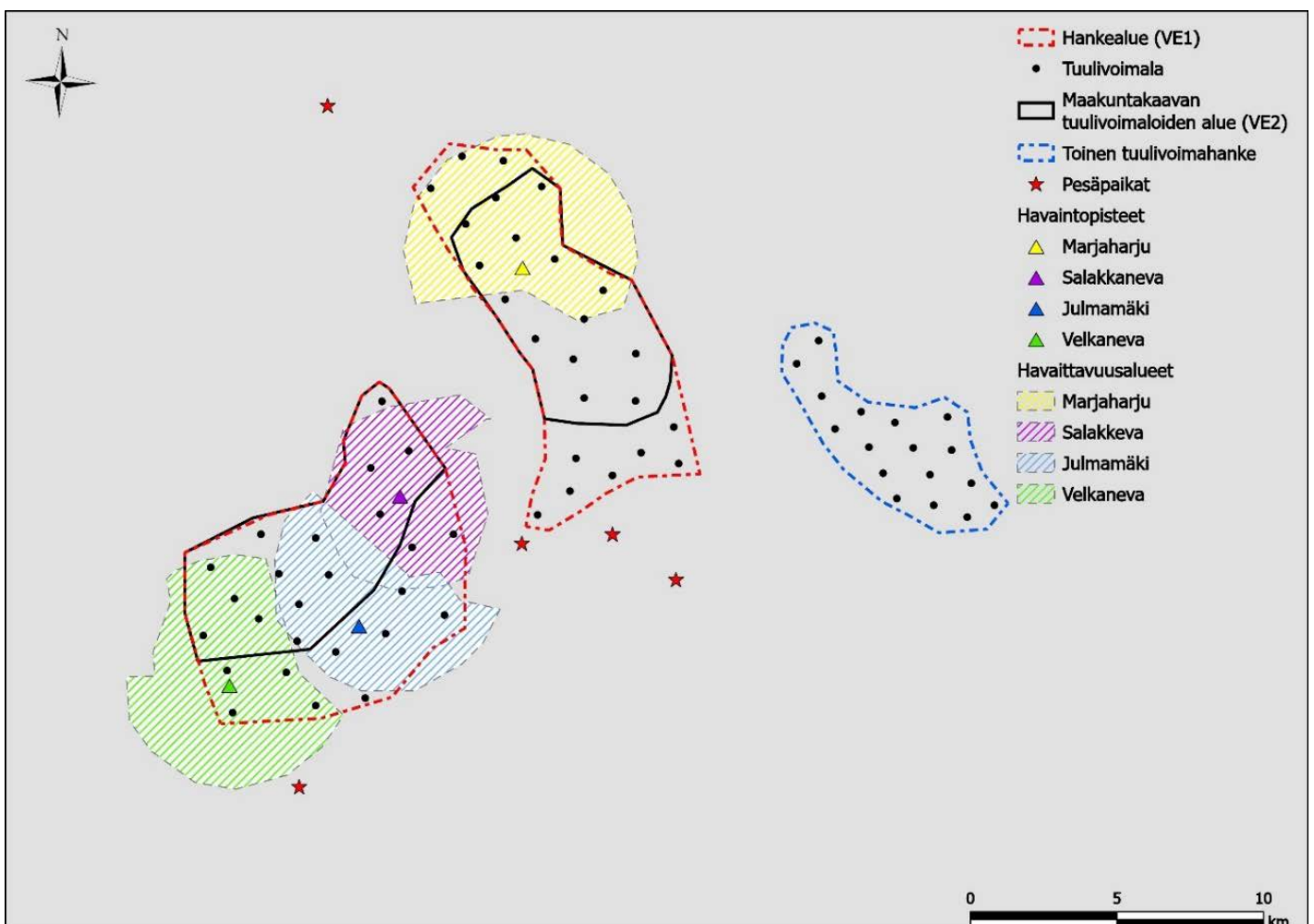
Havainnot suhteutetaan havainnointiajan lisäksi pinta-alaan. Pinta-alaan käytetään havainnointipaikkojen ns. havaittavuusalueita, jotka raporteissa esitetään karttapohjalla. Teoriassa havaittavuusalue ajatellaan alueeksi, jossa tietyllä vähimmäiskorkeudella (esim. 50 m) lentävä kotka tulisi havaituksi havainnointipaikalta. Todellisuudessa tällaisen havaittavuusalueen määrittely ei ole yksiselitteistä, mm. sääolosuhteet, kotkan käytös ja sattuma vaikuttavat siihen, tulee kotka havaituksi. Epävarmuuksista huolimatta tavoitteesta itsessään ei ole syytä tinkiä. Raporteissa havaittavuusalueiden määrittelyn periaatteet tulisi selostaa. Havaintopaikoilta tehtävän havaittavuusalueen määrittelyyn voidaan käyttää kulmamittausta sekä hyödynittää paikkatietopohjaista näkymäanalyysiä, esimerkiksi metsän korkeudesta ja maastonpinnan korkeuksista. Valokuvat eri suuntiin (esim. panoraamakuva) havaintopisteeltä parantavat lukijalle käsitystä havaittavuudesta.

Taulukko 1. Maastohavainnoinnin jakautuminen kuukausittain havaintopaikoilla ja reviireillä.

Havainnointi- kuukausi	Selkäkankaan reviiri Salakkaneva	Selkäkankaan reviiri Julmamäki	Selkäkankaan reviiri Velkaneva	Tulinevan reviiri Marjajarju
Huhti	6 h/1 pv	12 h/2 pv	18 h/3 pv	6 h/1 pv
Touko	6 h/1 pv	6 h/1 pv	8 h/1 pv	12 h/2 pv
Kesä	6 h/1 pv	6 h/1 pv	12 h/2 pv	6 h/1 pv
Heinä	4 h/1 pv	4 h/1 pv	8 h/1 pv	8 h/1 pv
Elo	10 h/2 pv	11 h/2 pv	21 h/4 pv	12 h/2 pv
Syys	6 h/1 pv	6 h/1 pv	-	6 h/1 pv
Yhteensä	38 h/7 pv	45 h/8 pv	67 h/11 pv	50 h/8 pv

Nimettömälläkankaalla kunkin havainnointipaikan havaittavuusalueen (kuva 3) määrittämisessä käytettiin työvälineinä kaltevuuskulma- ja suuntakulmamittareita. Lisäksi huomioitiin karttatarkasteluna maaston pinnan muodot. Kaltevuuskulmamittarilla määritettiin eri suunnista näköesteiden korkein kohta, tyypillisesti metsän reunan puiden latvukset. Huomioimatta jätettiin yksittäiset lähemmät puut, jotka eivät estäneet havainnointia. Havaittavuusalueen maksimietäisyytenä käytettiin tässä 4 km ja korkeusrajana 50 m. Tarkkailuissa saadut käytännön kokemukset osoittavat, että neljän kilometrin päässä kotkien havaitseminen vaikeutuu, vaikka toisinaan lentävä kotka on mahdollista havaita kaukoput-

kella yli 10 kilometrin etäisyydeltä. Ilman kiihkareita havainnointia voidaan toteuttaa vain noin kilometrin etäisyydelle luotettavasti. Nimettömälläkankaalla kaikissa käytetyissä havainnointipaikoissa havaittavuus oli hyvä tai kohtuullinen ainakin johonkin suuntaan. Havaittavuusalueet kattoivat riittäväällä tavalla hankealueen ja mahdollistivat kotkien lentoaktiivisuuden ja sen painottumisen tunnistamisen. Huomattava osa tehdyistä havainnoista kertyi määriteltyjen havaittavuusalueiden ulkopuolelta. Maastohavainnoinnin pohjalta tehdyissä hankealueen lentoaika-arvioissa havaittavuusalueiden ulkopuolisia lentoja ei huomioitu.



Kuva 3. Havainnointipaikat ja arvioidut havaittavuusalueet 50 metrin korkeudella lentävälle kotkalle, kun maksimietäisyytenä oli 4 kilometriä.

3.2.4.3 Havainnointimenetelmät ja havaintojen kirjaaminen

Maastohavainnoinnin tulokset voidaan raportoida esimerkiksi karttapohjalla ja taulukkona. Kullakin taulukon havaintorivillä on viittaus karttamerkintään ja tarkemmat yksityiskohtaiset tiedot. Käytännössä lentoreittejä, siirtymisiä ja kaarteita on mahdollista esittää kartalla kovinkaan tarkasti. Karttamerkintöjen tulisi kuitenkin olla riittävän tarkkoja, jotta niiden avulla saadaan selville lennon painottumista myös ajallisesti eli miten pitkään kotka vietti aikaa missäkin kohdin. Havaintoja siirtäessä kartalle on erityisesti varottava systemaattista virhettä (esimerkiksi toistuvat samansuuntaiset ylitai aliarviointit etäisyydestä).

Vaihtoehtoinen tapa jatkuvalla havainnoinnille on havainnoinnin toteuttaminen eräänlaisina otantoina. Tässä "otantamenetelmässä" kukin otanta sisältää havainnointisektorin huolellisen hitaan kerroksellisen selauksen esimerkiksi laadukkailla kiikareilla jalustaan tai ns. "staijikeppiin" tuettuna noin 15 asteen kulmaan saakka, kun horisontti on 0 astetta. Tätä korkeammalta (ja havainnoijan yläpuolelta) kotkat havainnoidaan paljain silmin. Otantoja tulee toistaa säännöllisin väliajoin, esimerkiksi noin viiden minuutin välein. Otannoissa havaittujen

kotkien sen hetkinen sijainti arvioidaan pisteenä karttapohjalle. Lopputuloksena on aineiston kasvaessa lentojen painotumista kuvaava ryhmä pisteitä. Lentoaika-arvio havaittavuusalueelle saadaan havaintojen suhteesta otosten kokonaismäärään. **Tällainen menetelmä on suositeltavaa erityisesti alueilla, joissa kotkia on toistuvasti useita yksilöitä kerrallaan lennossa niin, että kaikkien yksilöiden samanaikainen havainnointi käy mahdolliseksi.** Lisäksi otantamenetelmää voidaan keskeyttää ja jälleen jatkaa myöhemmin, kun kotkatarkkailu keskeytyy jostakin syystä. Huonona puolena voi olla mahdollinen informaation menettäminen lintujen käyttäytymisestä verrattuna jatkuvaan havainnointiin. Tarvittaessa tarkkailu voidaan toteuttaa em. menetelmien yhdistelmänä.

Aineiston käsittely toteutetaan tarkoituksenmukaisina kokonaisuuksina. Pienissä hankkeissa on usein järkevintä laskea vuosittainen lentoaika-arvio koko selvitysalueelle, isommissa hankkeissa on syytä tarkastella lentoaktiivisuuden vaihtelua myös selvitysalueen sisällä. Lähtökohtaisesti lentoaika-arvioissa on pyrittävä erottelemaan mahdolliset hankevaihtoehdot.

Nimettömänkankaan hankkeessa kotkien maastohavainnointit toteutettiin kullakin havainnointipisteellä yhden kokeneen havainnoijan toimesta. Havainnointiin käytettiin kiikareita ja kaukoputkea. Havainnointi keskittyi edellä määritellylle havaittavuusalueelle. Kun kotkayksilö havaittiin, sitä seurattiin niin pitkään kuin se oli näköpiirissä. Tarvittaessa linnun reitti ja yksityiskohtaisia tietoja siitä saneltiin puhelimeen. Lentoreitit hahmoteltiin kartalle ja taulukoitiin yksityiskohtaisesti.

Karttamerkinnöissä ja taulukossa eroteltiin tunnistetut/oletetut eri yksilöt (koiras/naaras/vieras naapurireviiriltä jne.). Kotkan lentoaika mitattiin ja/tai arvioitiin. Kustakin havainnosta kirjattiin myös käyttäytymistä mahdollisuuksien mukaan, kuten lentokorkeuksia, soidinlentoja, saaliinkantoja, laskeutumisia/nousuja yms. Yksittäisellä reviirillä saattoi olla useita lentäviä kotkia (koiras, naaras ja poikaset) ja alueella liikkui vieraita kotkia. Yksilöitä valokuvattiin mahdollisuuksien mu-

kaan. Iän ja puvun yksityiskohtien perusteella aluetta säännöllisesti käyttävät kotkat pyrittiin tunnistamaan. Lentoaikalaskelmissa yksilöllisesti tunnistamatta jääneet yksilöt tulkittiin lähimmän reviirin yksilöiksi.

3.3 Törmäysmalli

Törmäysmallinnukseen käytettiin Bandin ns. tilamallia, joka sopii reviirillään liikkuvien lintujen törmäysten mallintamiseen (ks. tarkempi teoria, Band ym. 2007). Päiväpetolintujen osalta tarvitaan arvio siitä, kuinka kauan yksilöt viettävät aikaa tutkittavassa (esim. tuulivoimalan roottorin läheisyys) ilmatilassa ja millä korkeudella ne liikkuvat suhteessa tuulivoimaloihin (Ympäristöministeriö 2016b, s. 14). Törmäysmallissa tutkittavan alueen ilmatilavuus (V_w) suhteutetaan tutkittavan ilmatilan sisällä olevien tuulivoimaloiden roottorien yhteistilavuuteen (V_r) (kuva 4), minkä lisäksi malli huomioi linnun lentoon käyttämän ajan tutkittavassa ilmatilassa (t_{bs}), linnun lentonopeuden (v) sekä ajan (t), joka linnulla menee sen lentäessä roottoritulavuuden (V_r) läpi. Mallin ensimmäisen vaiheen lopputuloksena saadaan estimaatti ($p(l)$) niiden lentojen lukumäärästä, jotka kulkevat tietynä aikana (esim. yksi vuosi) roottorien yhteistilavuuden läpi.

$t = (d + l) / v$, missä d = roottorin syvyys,
 l = linnun pituus ja v = linnun
 lentonopeus

$V_r = nr \times \pi r^2 \times (d + l)$; missä
 nr = tuulivoimaloiden lukumäärä

$p(l) = n \times (V_r / V_w) / t_{bs}$; missä
 n = lintujen lukumäärä tutkittavassa
 tilassa

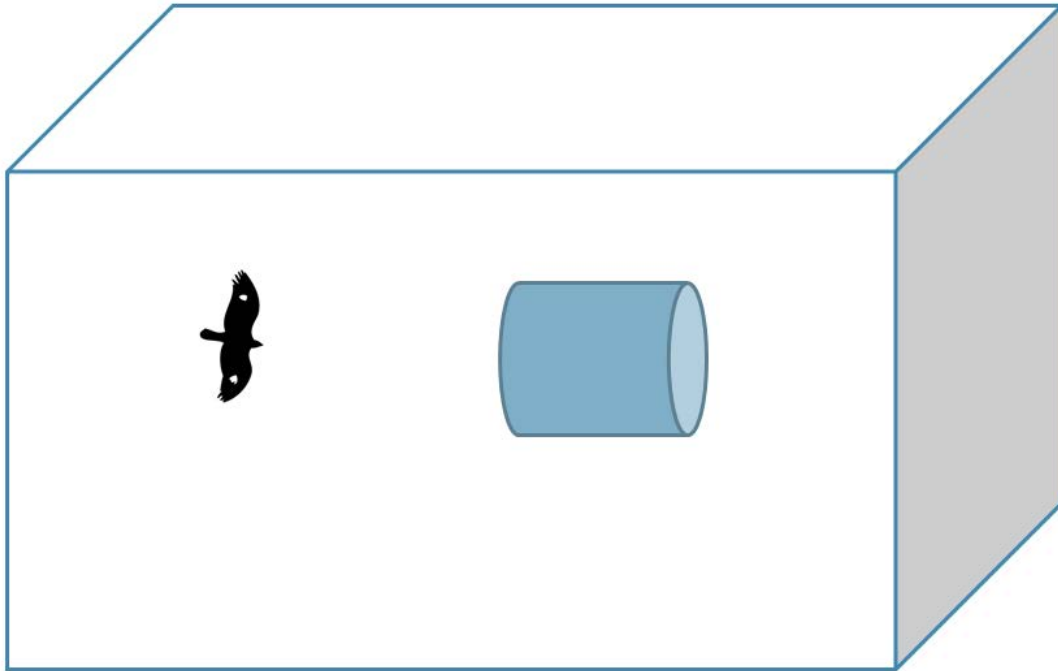
Tilamallilla siis arvioidaan linnun todennäköisyyttä lentää roottorien ilmatilan läpi linnun lentäessä tutkittavan alueen ilmatilassa satunnaisesti tietyn ajan tietyllä nopeudella (kuva 4). Todennäköisyys, jolla lintu lentää

roottorien ilmatilan läpi, muodostuu tutkittavan alueen ilmatilavuuden sekä roottorien yhteenlasketun ilmatilavuuden suhteesta (kuva 4) sekä mm. linnun koosta ja lentonopeudesta. Tässä törmäysmallinnuksessa tutkittavan ilmatilan muodostavat määriteltyjen reviirirajojen mukaisesti hankevaihtoehdot.

Törmäysmallinnuksen toisessa vaiheessa lasketaan linnun todennäköisyys törmätä alueelle suunniteltuihin tuulivoimaloihin. Siinä estimaatti roottorien yhteistilavuuden läpi kulkevista lennoista ($p(l)$) kerrotaan linnun todennäköisyydellä törmätä tuulivoimalaan. Mallissa käytetty laskennallinen törmäystodennäköisyys perustuu lintujen fyysisiin mittoihin sekä lentonopeuteen ja tuulivoimaloiden teknisiin ominaisuuksiin. Törmäystodennäköisyys on laskettu mallintamiseen kehitetyn Excel-taulukon avulla (Scottish Natural Heritage 2000, Band 2007, 2012).

Mallin kolmannessa vaiheessa lopputulokseen lisätään vielä erilaisia mallin realismuutta parantavia muuttujia, kuten törmäyskorkeudella lentävien lintujen osuus, lintujen väistökerroin (Scottish Natural Heritage 2010) sekä oletus tuulivoimaloiden vuotuisesta käyttöasteesta.

Mallinnuksessa tulee käyttää suunniteltujen voimaloiden tietoja, koska voimalakohtaiset parametrit (etenkin roottorin koko) vaikuttavat mallinnuksen lopputulokseen. Tässä mallissa hyödynnetään parasta käytettävissä olevaa tietoa kokonaiskorkeudeltaan 300 m korkeasta tuulivoimalasta, jollaisia ei tällä hetkellä ole vielä rakennettu, mutta kokoa käytetään yleisesti suunniteltaessa ja kaavoitettaessa uusia tuulivoima-alueita. Mallissa roottorin halkaisija on 200 m, lavan maksimileveys 5,4 m ja maksimipyörimisnopeus 10,5 kierrosta minuutissa. Vertailuna olevan pienemmän tuulivoimalan korkeus on 200 m, roottorin halkaisija on 120 m, lavan maksimileveys 4,0 m ja pyörimisnopeus 10 kierrosta minuutissa. Lavan tasokulmaksi (*blade pitch*) määriteltiin 25°. Mallin kolmannessa vaiheessa lasketaan on lisätty arvio tuulivoimaloiden käyttöasteesta, jonka tässä tapauksessa



Kuva 4. Havainnekuva Bandin ns. tilamallista, jossa kotka lentää tutkittavassa ilmatilassa (kuutio) lentokäyttäytymismalliin/havainnointiin perustuvan ajan, joka suhteutetaan kotkan viettämään aikaan tuulivoimalan roottorien yhteistilavuutta kuvaavassa tilassa (lieriö).

on oletettu olevan 75 %. Törmäysmallissa voidaan tarpeen mukaan hyödyntää myös muita muuttujia tuulivoimaloiden käyttöasteesta ja roottorin pyörimisnopeudesta, jos niistä on saatavilla tarkempaa tietoa esimerkiksi vastaavasta toiminnassa olevasta tuulivoimahankkeesta. Muuttujia voidaan tarkastella myös ajallisesti esimerkiksi kotkien pesimäkaudella erikseen, jolloin kotkat ovat lennossa enemmän aikaa, mutta tuulivoimaloiden käyttöaste on usein alhaisempi (talvikaudella tilanne on päinvastainen). Käytettävyyden vuoksi törmäysmallinnukset olisi syytä pyrkiä pitämään kuitenkin mahdollisimman yksinkertaisena.

Maakotkan pituutena käytettiin mallinnuksessa 0,8 m ja siipien kärkivälinä 2,2 m (vaihteluväli 1,8–2,34 m; Wikipedia/golden eagle). Maakotkan lentonopeutena käytettiin 13 m/s (Alerstam ym. 2007). Törmäysmallissa kotkien oletettiin lentävän noin 27 % ajasta tuulivoimaloiden törmäyskorkeudella eli 100–300 m korkeudella. Tämä perustuu suomalaisten satelliittimaakotkien todellisiin lentokorkeuk-

siin (Tikkanen ym. 2022). Vertailuna olevan pienemmän tuulivoimalan (törmäyskorkeus 80–200 m) kohdalla kotka lentää 20,5 % ajasta törmäyskorkeudella. Tässä raportissa on käytetty maakotkan väistökertoimenä 99 %, joka on ulkomaalaisten tutkimusten perusteella suositeltu väistökerroin (kuva tuulivoimapuistoa ja yksittäisiä rottoreita väistävien lintujen osuutta) (Whitfield 2009).

Kotkareviirien lentoaika hankealueella arvioitiin elinympäristömallilla tai tilanteesta riippuen satelliittiseurannan ja maastohavainnointien tuloksista. Törmäyslaskelma tehtiin erikseen jokaiselle reviirille ja eri hankevaihtoehdoille sekä toiminnassa olevalle viereiselle hankkeelle yhteisvaikutusten osalta. Törmäysmallinnuksessa on mahdollista osoittaa ne tuulivoimalapaikat, jotka poistamalla tai siirtämällä törmäysmallinnuksen tulos jää alle määritellyn merkittävien vaikutusten raja-arvon ja tuulivoimahanke olisi siten tätä tulkin-
ta käyttäen maakotkaan kohdistuvien vaikutusten osalta toteuttamiskelpoinen.

3.4 Populaatiomalli

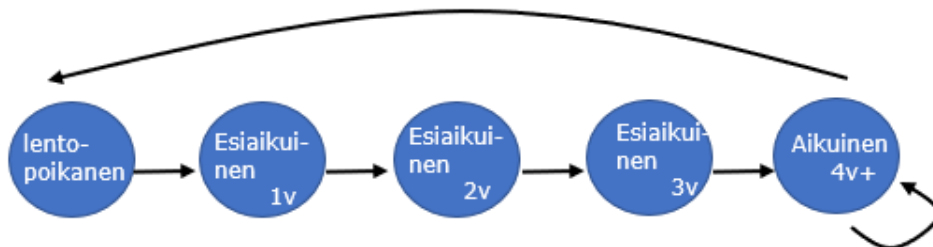
Kun törmäysmallinnuksen avulla on saatu arvio lisääntyneestä kuolleisuudesta tietyn alueen maakotkapopulaatiolle, voidaan tuulivoimaloiden aiheuttaman lisäkuolleisuuden merkitystä tarkastella populaatiotasolla poikastuoton ja eri luokkien säilyvyysarvoista johdetun populaatiomallin avulla.

Maakotkan elinkiertoa voidaan kuvata kaaviolla (kuva 5), jossa on viisi ikäluokkaa. Ensimmäinen luokka on poikaset ja sitä seuraavat kolme ikäluokkaa ovat esiaikuisia. Vanhin luokka on aikuiset. Linnut saavuttavat tämän luokan neljävuotiaana ja pysyvät siinä lopun elämänsä. Malli olettaa, että kaikki elossa olevat aikuiset pesivät. Tämä ei kuitenkaan aina toteudu maakotkalla.

Mallinnusta varten käytettiin säilyvyys-estimaatteina maailmalla tehtyjen tutkimusten keskiarvoja. Kaikille esiaikuisille ikäluokille käytettiin samaa arviota. Suomen kotkannalle ei ollut saatavilla säilyvyysestimaatteja. Taulukon 2 säilyvyysarvojen perusteella noin 40 % maakotkista saavuttaa määritellyn neljän vuoden aikuisiän (saatu kertomalla taulukon 2 mukaiset nuorten ikäluokkien säilyvyysarvot).

Kun matriisimallin parametrit (matriisin tilasiirtymätodennäköisyydet) oli saatu estimoitua tai haettua sopivat arviot tieteellisestä kirjallisuudesta, ne lisättiin matriisiin. Alla on kuvattu matriisi, joka heijastaa kuvan 5 kaltaista elinkiertoa.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0.21 \\ 0.736 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.837 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.837 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.837 & 0.938 \end{bmatrix}$$



Kuva 5. Maakotkan elinkiertokaavio, jossa kuvataan hetkeä pesinnän jälkeen, eli ensimmäinen tila on lentopoikanen. Nuolet kuvaavat siirtymiä ikäluokkien välillä. Pelkästään aikuisten luokka lisääntyy.

Taulukko 2. Maakotkalle rakennetun matriisin tilasiirtymien arvot (säilyvytydet eri ikäluokissa). Sarakkeessa "Keskiarvot" esitetty jälkeläistuotto eli naaraan tuottamien naaraspoikasten määrä on Suomen maakotkien reviireiltä havaittu arvio. Sarakkeessa "keskiarvot" esitetyt säilyvytydet saatiin kirjallisuudessa esiintyvien arvioiden keskiarvojen avulla (Pakanen & Tikkanen 2022). Lopuksi kaikkia säilyvytyksiä kasvatettiin 0,85 %, jotta populaation kasvukerroin on sama kuin on havaittu Suomen kotkilla vuosien 2006 ja 2020 välillä (Sarake "Matriisiin").

Selite	Keskiarvot	Matriisiin
Naaraan tuottamien naaraspoikasten määrä	0,21	0,21
Poikasten säilyvyys 1-vuotiaaksi	0,73	0,736
Säilyvyys 1-vuotiaasta 2-vuotiaaksi	0,83	0,837
Säilyvyys 2-vuotiaasta 3-vuotiaaksi	0,83	0,837
Säilyvyys 3-vuotiaasta 4-vuotiaaksi	0,83	0,837
Säilyvyys aikuisena	0,93	0,938

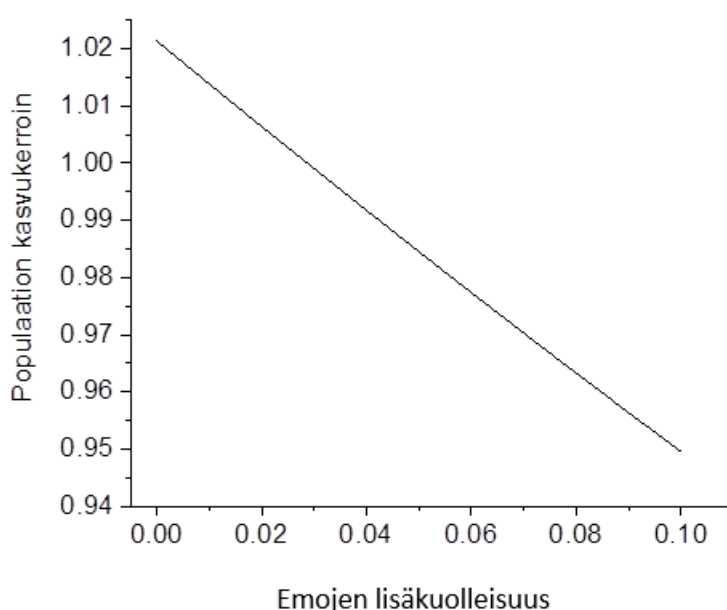
Matriisin avulla voidaan laskea mm. populaation kasvukerroin, joka saavutettaisiin näillä arvoilla. Kun kasvukerroin on 1, populaatio on vakaa eli ei kasva tai pienene. Maakotkan matriisista laskettu kasvukerroin on 1,021. Tämä tarkoittaa, että populaatio kasvaa 2,1 % vuodessa. Säilyvyyksiä skaalattiin hieman (0,85 % ylöspäin), jotta kasvukerroin olisi sama kuin Suomen maakotkapopulaation havaittu kasvukerroin (2,1 %) vuosien 2006 ja 2020 välillä laskettuna Metsähallituksen seurantatietojen perusteella asuttujen reviirien vuotuisista määristä (mm. Ollila & Koskimies 2008, Ollila 2019, Ollila 2021). Matriisin antama kasvukerroin toteutuu silloin, kun populaatiossa yksilöiden ikäjakauma on samanlainen kuin matriisin antama vakaa ikäjakauma. Vaikka luonnon populaatio ei olisi-kaan vakaassa ikäjakaumassa, voidaan mallia käyttää parhaana saatavissa olevana työkaluna tutkittaessa lisäkuolleisuuden vaikutuksia populaatioon.

Kotkien törmäykset tuulivoimaloihin aiheuttavat populaatiossa lisäkuolleisuutta. Tämän vaikutusta tarkasteltiin mallin avulla lisäämällä kuolleisuutta eli vähentämällä aikuisten säilyvyyttä ja laskemalla kasvukerroin uudestaan. Matriisi antaa ennusteen kasvukertoimesta.

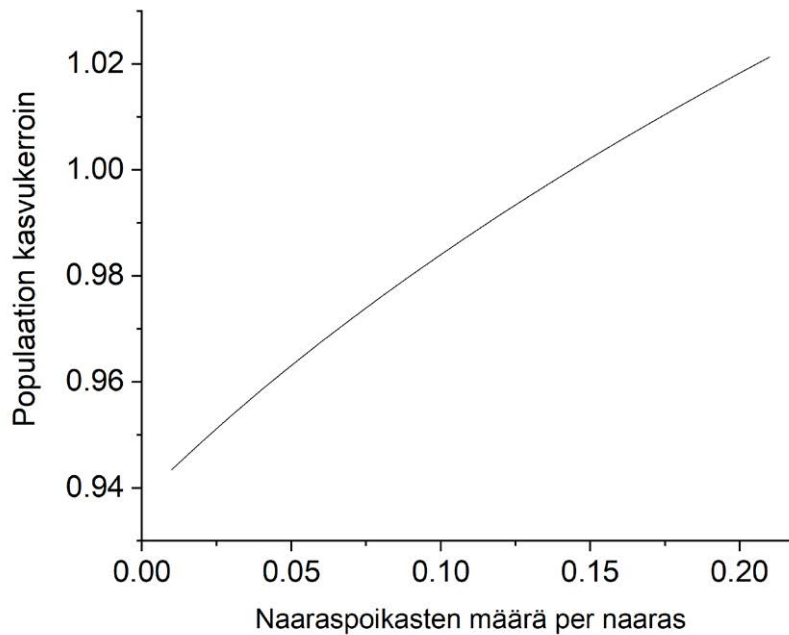
Maakotkan kaltaisella pitkäikäisellä lajilla aikuisten säilyvyydellä on parametreista suurin vaikutus kasvukertoimeen. Pienikin lisäkuolleisuus aiheuttaa heti voimakkaan vähenemisen populaation kasvukertoimessa. Kun matriisimalli on parametrisoitu taulukon 2 arvoilla, kasvukerroin laskee alle yhden eli populaatio alkaa vähentyä yksilökohtaisen kuolleisuuden lisääntyessä 0,03 yksilöä/vuodessa (3 %) tai yli. Jos lisäkuolleisuus olisi 10 %:n luokkaa ja kohdistuisi vain pesiviin emoihin, populaation koko vähenisi jo 5 % vuosittain (kuva 6).

Vastaavalla mallinnusmenetelmällä voidaan tarkastella poikastuoton pienemisen vaikututusta. Jos muiden ikäluokkien säilyvyys pysyisi samana, vuosittaisen naaraspoikastuoton naarasta kohden laskiessa 0,21:sta noin 0,15:een kanta säilyisi vielä vakaana. Vähennys vuosittaisessa naaraspoikasten tuotossa olisi 0,06 poikasta yhtä naarasta kohden (noin 30 %). Mikäli poikastuotto laskee tätä enemmän, kanta alkaa pienentyä (kuva 7).

Kun yksittäinen reviiri pysyy elinvoimaisena eli reviiri pystyy tuottamaan poikasia vakaan maakotkakannan edellyttämällä tavalla, reviirin suojelutasoa voidaan pitää suotuisana. Vakaassa tilassa kukin pari pystyy tuottamaan



Kuva 6. Emojen lisäkuolleisuuden (yksilöä kohden/vuosi) vaikutus populaation kasvukertoimeen.



Kuva 7. Poikastuoton ja populaation kasvukertoimen suhde.

elinaikanaan vähintään kaksi aikuiseksi varttuvaa poikasta.

Mallintamisen ongelmana on, että mallit ovat aina yksinkertaistuksia luonnosta. On tärkeää ymmärtää mallien oletukset, ja sitä kautta suhteuttaa tulokset johtopäätöksiä tehtäessä. Malli ei huomioi, miten emon kuolema vaikuttaa pesimämenestykseen tai miten puolison menetys vaikuttaa eloon jäävän emon pesimistodennäköisyyteen tulevaisuudessa. Maakotkapopulaatioissa on usein aikuisia pesimättömiä lintuja, joiden voidaan olettaa ylläpitävän populaation vakautta mm. korvaamalla pesivään kantaan syntyneitä tyhjiöitä (Watson 2010). Tämä tarkoittaa sitä, et-

tä esimerkiksi tuulivoimalaan törmännyt reviirin pesivä lintu voisi korvautua populaatiossa olevalla pesimättömällä linnulla, jolloin reviiri säilyisi törmäyksestä huolimatta. Elinvoimainen kanta pystyy todennäköisesti ylläpitämään yksittäisiä elinolosuhteiltaan heikentyneitä reviirejä. Tarkastelussa käytetty malli ei huomioi emojen mahdollisia siirtymisiä reviirien välillä. Kotkien elossa säilyvydet voivat myös heikentyä jonkin muun ympäristötekijän vuoksi. Todennäköisyydet toimivat paremmin suuremmissa populaatioissa, kun taas pienessä populaatiossa ja luonnollisesti yhden reviirin kohdalla sattumalla voi olla suuri vaikutus.

Matriisimallien soveltamiseen on olemassa useita erilaisia vaihtoehtoja. Mallinnusta voi tehdä mm. erilaisilla R-ohjelman paketeilla (esim. Popbio; Stubben & Milligan 2007) tai Matlab-ohjelmalla (esim. Morris & Doak 2002). Näiden ohjelmien käyttäminen voi olla vaativaa, jos ei ole aikaisempaa kokemusta. Tämän takia pa-

rempia vaihtoehtoja ovat valmiit Windows-ympäristössä toimivat ohjelmat kuten RAMAS (ramas.com). Ohjelman saa käyttöönsä lisenssin avulla. Siinä on hyvä käyttöohje, joka auttaa mallien rakentamisessa. Mallintamista varten tulee ymmärtää populaatioekologian perusteet.

4 Tulokset ja arviot vaikutuksista

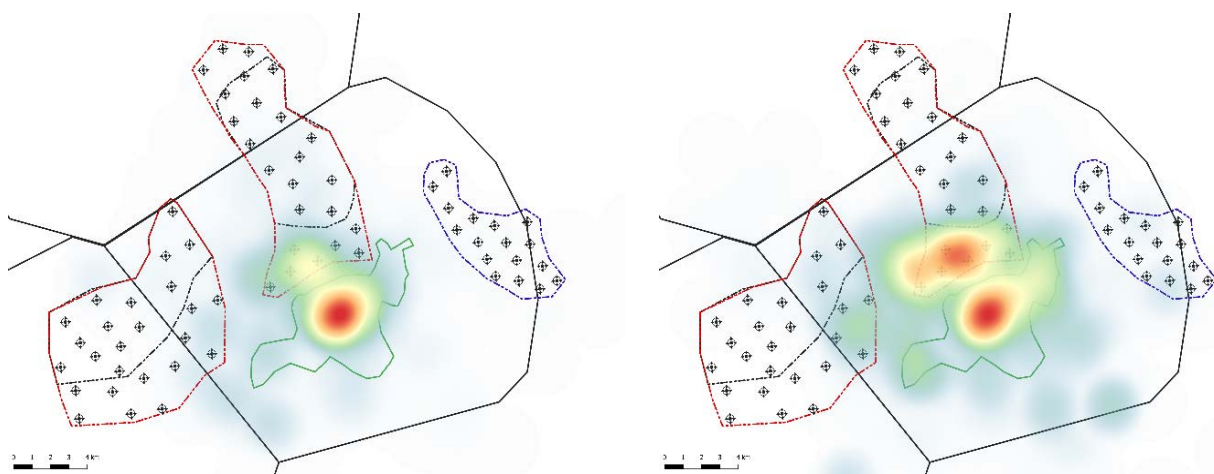
4.1 Kotkien liikkuminen reviereillään ja tuulivoima-alueilla

4.1.1 Kokkoavaan reviirin satelliittiseurannan tulokset

Satelliittiaineiston mukaan kotkan liikkuminen Kokkoavaan reviirillä painottuu selvästi pesimäkaudelle maaliskuu-lokakuulle, ja talvikaudella se on liikkunut selvästi vähemmän. Vuosien välillä kotkan liikkumisessa havaittiin vähän eroavaisuuksia, mikä johtuu osaltaan siitä, että reviirillä ei havaittu pesintää kumpanakaan vuotena. Satelliittiseurannasta tiedetään, että reviirin käytössä ja etenkin lentoaktiivisuudessa on suuria eroja riippuen siitä, pesivätkö linnut vai eivät (Tikkanen ym. 2022). Kaikista paikannuksista vajaa 10 % sijoittui alle 500 m:n etäisyydelle kotkan pesäpaikasta. Pesinnässään onnistunut naaraslintu pysyttelisi selvästi enemmän pesällä ja sen lähistöllä.

Paikannusaineiston mukaan Kokkoavaan reviirin naaras linsi pesintäaikaan keskimäärin 1 h 8 min vuorokaudessa, mikä on hieman pesimättömien naaraiden havaittua keskiarvoa (1:18, Tikkanen ym. 2022) vähemmän.

Satelliittilähtimellä varustetun naarakotkan paikannuspisteet hajaantuivat laajasti koko reviirin alueelle (kuva 8). Satelliittiaineistosta tulkittu reviirin koko (MCP 95 %) on 305 km². Toisin sanoen 95 % paikannuksista sijoittui edellä mainitulle alueelle. Paikannuksia tuli koko reviirin laajuudelta käytännössä jokaisena kuukautena, mutta helmikuussa paikannukset sijoituivat suppeimmalle alueelle reviirin ydinosiin ja pesäpaikkojen ympäristöön. Huhtikuun ja heinäkuun välisenä aikana paikannuksia sijoittui merkittävästi myös itäisen hankealueen eteläosaan suunniteltujen tuulivoimaloiden alueelle, ja myös vuosien välinen ero paikannusten sijoittumisessa hankealueen eteläosaan on merkittävä. Kuitenkin sekä vuoden 2019 että vuoden 2020 aineiston perusteella hankealueen itäisen osa-alueen eteläosan alueella on tulkittava olevan kotkalle merkittäviä saalistus- tms. alueita (kuva 8).



Kuva 8. HeatMap-analysin tulos satelliittilähtimellä varustetun naaraslinnun kaikista paikannuksista ensimmäisenä vuotena (vasemmalla) ja toisena vuotena (oikealla).

4.1.2 Elinympäristömallin tulokset

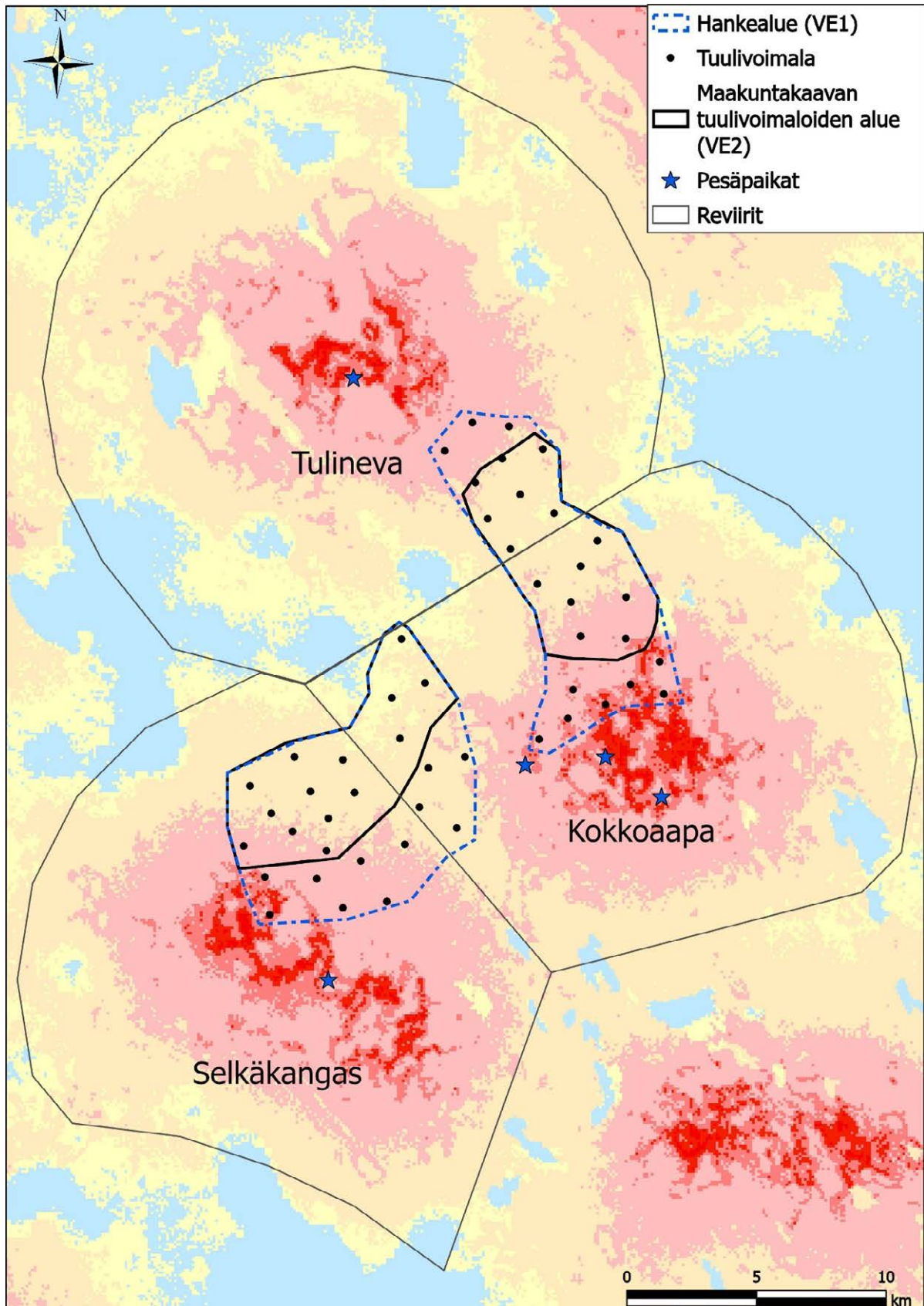
Reviirien rajat elinympäristömallissa määriteltiin siten, että rajan etäisyys viimeksi todetusta pesästä oli maksimissaan 12 km:n etäisyydellä tai puolessa välissä kohti naapurireviirin pesää. Näin laskien Selkäkankaan reviiirin kooksi määräytyi 295 km², Tulinevan reviiiriksi 410 km² ja Kokkoavaan reviiiriksi 302 km². Reviirien keskikoko oli tällöin 335 km². Määritelty reviiirin koko ja muoto täsmää kohtalaisen hyvin todelliseen, satelliittiaineiston mukaiseen tilanteeseen. Satelliittipaikannuksista noin 91 % sijoittuu kuvan 9 mukaiselle Kokkoavaan reviiirin rajaukselle.

Elinympäristömallin mukaan kotkien liikkeet painottuvat reviiirin ydinalueille ja soiden reunoille sekä harvapuustoisille alueille (kuva 9).

Mallin avulla voidaan vertailla myös yksittäisten voimaloiden sijoittumista reviiirillä. Ennusteen mukaan kotkien lentoajoissa on huomattavia eroja voimalapaikkojen läheisyydessä (500 metrin säteellä), joissa vaihteluväli on 0,7–15 tuntia/vuodessa). Tällä perusteella voidaan hahmottaa suuntaa-antavasti myös riskialtteimmat voimalapaikat sekä arvioida yksittäisten tuulivoimalapaikkojen poiston tai siirron vaikutusta törmäysmallinnuksen lopputulokseen.



Kuva: Ville Suorsa.



Kuva 9. Maakotkan elinympäristömallin tulos tutkittavilla reviireillä. Sinisellä värillä on osoitettu kotkien välttelemät ja punaisella kotkien suosimat ympäristöt verrattuna satunnaispisteisiin.

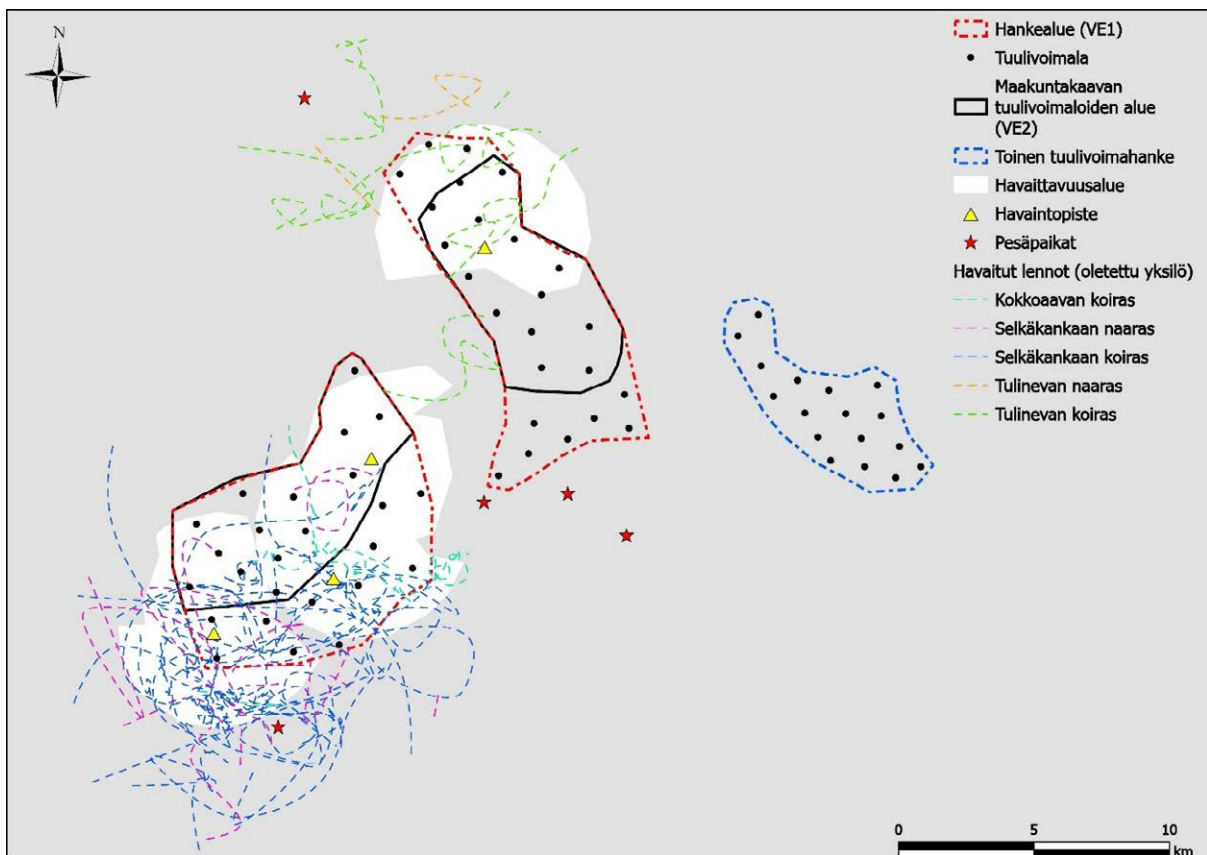
4.1.3 Elinympäristömallin ja satelliittiseurannan vertailua Kokkoavaan reviirillä

Kokkoavaan reviirin satelliittiaineiston mukaan kotkan lennoista sijoittuu Nimettömänkankaan hankealueen itäiselle osa-alueelle 10 % ensimmäisenä vuonna ja 11 % toisena vuonna. Vastaavasti läntiselle osa-alueelle kohdistuvien lentojen osuus oli 7 % sekä ensimmäisenä vuonna että toisena vuonna. Elinympäristömallin mukaan itäiselle osa-alueelle sijoittuu lennoista 13 % ja läntiselle osa-alueelle 6 %. Vertailussa on huomattava se, että malli kuvastaa "keskivertokotkan" liikkeitä reviirillään ja satelliittipaikannusaineisto juuri kyseisen reviirin lintujen liikkumista. Kuten aiemmin mainittiin, reviirin käytössä on huomattavia eroja sukupuolten ja vuosien välillä, riippuen etenkin ravintolanteesta, pesintätilanteesta ja pesäpaikas-

ta. Tässä tapauksessa malli ennustaa hieman suurempia lentoaikoja kuin paikannusaineisto, mikä voi johtua esim. siitä, että paikannuslaite on naaraalla, jonka lentoaikojen on todettu yleensä olevan selvästi koirasta vähäisemmät (Tikkanen ym. 2022). Malli tukee myös sitä satelliittidatan osoittamaa seikkaa, että Nimettömänkankaan itäisen osa-alueen eteläosat ja läntisen osa-alueen kaakkoisosat ovat Kokkoavaan reviirille tärkeitä alueita.

4.1.4 Selkäkankaan ja Tulinevan reviirin maastotarkkailujen tulokset

Nimettömänkankaan suunnitellun tuulivoimapuiston läntinen osa-alue sijoittuu osittain Selkäkankaan reviirille. Havaittujen kotkien lennot keskittyivät odotetusti pesän suuntaan hankealueen lounaispuolelle (kuva 10), mutta myös hankealueen lounaisin osa kuu-



Kuva 10. Havaitut lennot maastotarkkailujen perusteella. Havaitut nuoret ja esiikuiset, jotka selvästi olivat muita kuin seudulla pesiviä yksilöitä, on jätetty kartalta pois.

lui havaintojen perusteella Selkäkankaan reiviin kotkien säännöllisesti käyttämään alueeseen. Muutama havainto tehtiin myös aikuisesta kotkasta, jonka yksilöllisten tuntomerkkien perusteella saattoi päätellä olevan muualta, useimmiten Kokkoaavan reviiriltä. Lisäksi havaittiin joitakin kertoja kierteleviä tai muuttavia esiaikuisia kotkia. Havainnot koskivat pääasiassa yksittäistä kotkaa, joka tunnistettiin tai jonka arvioitiin olevan useimmiten Selkäkankaan reiviin koiras. Aina havaittua kotkaa ei voitu tunnistaa varmuudella. Hankealueen läntisellä osa-alueella, varovaisuusperiaatteen mukaisesti, yksilö oletettiin Selkäkankaan reiviin kotkaksi, mikäli sitä ei voitu tunnistaa ulkonäöstä tai käytöksestä muuksi yksilöksi. Näin tulkittuna läntisellä osa-alueella havaitusta kokonaislentoajasta 82 % koski oletettuja Selkäkankaan reiviin aikuisia kotkia.

Havainnot on yksityiskohtaisesti esitetty liitteessä x, jossa on selostettu kunkin tehdyn havainnon päivämäärä, oletettu yksilö, havainnon kellonaika, käyttäytymisen yksityiskohdat ja viittaus karttamerkintään (liitettä ei ole esitetty tässä esimerkkihankkeessa).

Yhden havainnoijan havainnointiteho ei ole koskaan sataprosenttista ja joskus havainnoinnin ollessa käynnissä kotka on voinut jäädä havaitsematta. Toisaalta havainnointi on painottunut kotkien lentelylle suosioisille säille, kuten aurinkoisille/poutaisille säille. Näistä syistä tuloksia voidaan pitää varsin luotettavina.

Nimettömänkankaan läntisen osa-alueen havainnot käsiteltiin erikseen laajemmalle vaihtoehdolle (VE1) ja maakuntakaavaa vastaavalle alueelle (VE2) (taulukko 3).



Kuva: Hannu Tikkanen.

Satelliittiseurannolla on saatu selville, että noin 80 % maakotkien koko vuoden lentoajasta reviiireillä tapahtuu maaliskuun ja lokakuun välillä klo 8–18. Havainnointi kohdistettiin tässä hankkeessa tälle aikavälille. Edelleen nämä ehdot toteuttava kokonaisaika vuodessa on noin 2 400 h (8 kk x 30 päivää/kk x 10 h/päivä).

Selkäkankaan reviirien maakotkien hankealueella lentämä aika arvioitiin laskemalla kunkin havainnointipaikan havaittavuusalueen osuus tutkittavasta alueesta sekä havainnointipaikkojen havainnointiajan osuus mainitusta 2 400 tunnista. Tämän jälkeen suhdeluilla kerrottiin oletettujen reviirikotkien havaitut lentoajat (taulukko 3), jotka olivat VE1: 5,5 tuntia (yhteenlaskien 3,0 tuntia ja 2,2 tuntia) ja VE2:ssa 2,2 tuntia. Lopuksi huomiointiin muun vuorokausiajan ja vuodenajan tyypillinen lentoaika kertomalla saadut lentoajat vielä luvulla 1,25 (vertaa edellä: 100 % / 80 %). Tällä menetelmällä saatiin arvioksi vuosittaisesta lentoajasta 100 tuntia (VE1) ja 31 tuntia (VE2).

Tulinevan reviiirin kotkia havainnoitiin Marjaharjun tarkkailupaikalta yhteensä 50 tunnin ajan. Siellä kotkia havaittiin lennossa yhteensä 1,4 tunnin ajan. Valtaosin kotkien havaittiin lentävän kaukana havaintopisteen pohjoispuolella (kuva 10), jossa pesä on. Samalla suuri osa havainnoista muodostui määritellyn havaittavuusalueen ulkopuolelta. Hankealueen rajojen sisäpuolella kotkia havaittiin arviolta 48 minuutin ajan. Marjaharjulla tunnistamattomat kotkayksilöt tulkittiin Tulinevan reviiirin kotkiksi. VE1:tä ja VE2:ta ei tässä kohdassa ollut tarpeen erotella, sillä Tulinevan reviiirin lentotiheys pysyi samalla matalalla tasolla alueiden välillä. Edellä kuvatulla laskutavalla Tulinevan reviiirin lentoajaksi Nimettömänkankaan itäiselle osa-alueelle muodostui 34 tuntia vuodessa. Laskelma perustuu oletukseen, että Tulinevan reviiirin kotkat eivät liikkuisi käytännössä lainkaan hankealueen eteläpuoliskolla, joka on jo yli 10 km:n etäisyydellä pesästä.

Taulukko 3. Maastotarkkailun keskeiset tulokset Selkäkankaan reviiirille.

Havainnointi	Velkaneva	Julmamäki	Salakkaneva	Yhteensä
Havainnointiaika (h)	67	45	38	150
Havaittavuusalue yhteensä (km ²)	37,8	30	29,2	97
Havaittavuusalue VE1:n sisällä maakuntakaavan ulkopuolella (km ²)	8,2	13,6	7,1	28,9
Havaittavuusalue VE2 (maakuntakaava)	10,4	12,8	14,9	38,1
Havaittu lentoaika (h), yhteensä	12,6	5,4	1,9	19,9
Havaittu lentoaika (h), havaittavuusalueella	5,9	3,0	0,5	9,4
Havaittu lentoaika (h), havaittavuusalueella VE1:n sisällä, mutta maakuntakaavan VE2:n ulkopuolella	1,3	1,7	0,0	3,0
Havaittu lentoaika (h), havaittavuusalueella VE2:n sisällä	1,0	0,9	0,4	2,2

4.2 Törmäysriskit

4.2.1 Törmäysmallinnus

Rakennettujen tuulivoimapuistojen alueella on maailmalla yleisesti todettu, että kaartelevat linnut, kuten päiväpetolinnut, ovat yksi tuulivoimaloihin runsaimmin törmäävistä lajiryhmistä (Ympäristöministeriö 2016b, Meller 2017, Watson ym. 2018, Allision ym. 2019). Tähän vaikuttaa moni seikka, kuten tuulivoimaloiden rakentaminen lintujen muuttoreiteille tai erityisesti petolintujen osalta vuorenrinteille, missä petolinnut yleisemmin kaartelevat. Ulkomaalaisista tutkimuksista löytyy esimerkkejä etenkin merikotkan, hanhikorppikotkan ja isohaarahaukan törmäyksistä tuulivoimaloihin. Euroopassa on huomattu, että myös melko tasaisilla avomaa-alueilla ja viljelysalueilla petolintuja on törmännyt tuulivoimaloihin (mm. Saksa, Etelä-Ruotsi). Suomessa tuulivoimapuistoja rakennetaan kuitenkin etupäässä hyvin erityyppiseen ympäristöön eli metsäisille maa-alueille, eikä muualta maailmasta saatavia tutkimustietoja pystytä siten suoraan soveltamaan suomalaisiin tuulivoimahankkeisiin.

Petolinnuilla törmäysten syyksi on esitetty, että kaartelun aikana ne eivät välttämättä tarkkaile yhtä aktiivisesti edessä olevaa ilmatilaa vaan tähyilevät saalista myös muualle, verrattuna suoraviivaisesti lentäviin lintuihin, jotka pääasiassa tarkkailevat edessä olevaa ilmatilaa. Maakotkan riski törmätä tuulivoimaloihin on ollut Suomessa toistaiseksi vähäinen, koska pesimäreviireille ei ole juurikaan vielä rakennettu tuulivoimaloita. Tulevaisuudessa tuulivoimaa tullaan rakentamaan myös maakotkareviireille, jolloin voidaan ennustaa, että maakotkien törmäysriski kasvaa.

Maakotka näyttäisi olevan vähemmän altis laji törmäämään tuulivoimaloihin kuin toinen suuri petolintulaji, merikotka. Merikotkien riskialttius on havaittu myös Suomessa toteutetuissa rakennettujen tuulivoimapuistojen linnustovaikutusten seurannoissa (Suorsa 2019). Suomesta merikotkalla tunnetaan 45 törmäystä tuulivoimaloihin (Stjernberg, s.posti 12.9.2022, tilastointi puutteellinen), kun taas maakotkalla ei tiedetä yhtään törmäystä tuulivoimalaan. Sinänsä merikotkalla törmäyksen uhri myös löytynee todennäköisemmin,

koska lajin esiintyminen painottuu tiheästi asutulle rannikkoseudulle. Saksalaisessa koosteessa mainitaan Euroopasta 26 tunnettua maakotkan törmäystä tuulivoimaloihin vuosina 2002–2020 (Langgemach & Dürr 2022). Yhdysvalloissa Altamontpassin alueella maakotkien on havaittu törmäävän säännöllisesti tuulivoimaloihin, mutta siellä tuulivoimalat rakennettiin maakotkan kannalta erittäin riskialttiiseen paikkaan (mm. Katzner ym. 2017). Sekä Yhdysvalloissa että muualla Euroopassa maakotkien käyttäytyminen, alueiden olosuhteet ja voimalatyytit poikkeavat kuitenkin selvästi Suomesta. Kokemukset Skotlannista (Fielding & Haworth 2010, Fielding ym. 2021a ja 2021b) ja myös Ruotsista, Suomen kaltaisista olosuhteista osoittavat, että maakotkat välttelevät voimaloita (Hedfors 2014). Esimerkiksi tässä selvityksessä käytetyssä törmäysmallinnusmenetelmässä suositellaan käytettäväksi väistökerrointa 99 % (Fielding & Haworth 2010), kun taas vertailun vuoksi merikotkalla suositellaan väistökerrointa 95 %. (Scottish Natural Heritage 2010b). Em. tutkimustiedot Skotlannista viittaavat siihen, että maakotkalla välttämiskäyttäytyminen on suurempaa. Toisaalta lintujen käyttäytymisessä on todennäköisesti olosuhteista johtuvia eroja. Tutkimustiedot nykyaikaisista kookkaista voimaloista myöskin puuttuvat. Maakotkan kohdalla on kuitenkin perusteltua olettaa, että väistökertoimen 99 % käyttö on varovaisuusperiaatteen mukaista.

Kuten edellä on kerrottu maakotkan alhainen vuosittainen poikastuotto ja aikuisten pitkäikäisyys tekevät populaation erityisen haavoittuvaksi lajiksi aikuiskuoilleisuuden kasvulle. Suomessa rengastettujen maakotkien löytöaineistojen mukaan kuolleena löydettyjen kotkien yleisimmät kuolinsyyt ovat olleet tappaminen 34 %, sairaudet 26 %, liikenne 11 % ja voimajohdot 20 % (Saurola ym. 2013). Osa linnuista on löydetty kuolleina muualta kuin Suomesta. Muutoinkin maakotkan on todettu olevan altis laji kärsimään ihmistoimintojen vaikutuksista mm. pesäpaikan elinympäristöjen erityisvaatimuksista, pienestä populaatiokoosta sekä häiriöherkkyydestään johtuen.

Nimettömänkankaan hankkeen törmäysriskiarvioinnissa käytetyn Bandin törmäysmallin lähestymistavan mukaisesti kokonaiskorkeudeltaan 300 m olevien tuulivoimaloiden kohdalla lentävän maakotkan riski törmätä tuulivoimalaan on 8,9 %. Tämä tarkoittaa, että 91,1 % toiminnassa olevan tuulivoimalan roottorialan läpi lentävistä linnuista lentää roottorin läpi vahingoittumattomana ja 8,9 % linnuista osuisi lapoihin. Osuman oletetaan aina olevan linnulle tappava. Kokonaiskorkeudeltaan 200 m olevien voimaloiden kohdalla maakotkan riski törmätä tuulivoimalaan on 8,5 %. Seuraavassa riskiä on mallinnettu suuremman voimalatyyppin mukaan.

Kokkoavaan reviirille törmäyskuolleisuus arvioitiin satelliittiseurannan tuloksista ja elinympäristömallinnuksella (taulukko 4). Lentoajaksi hankealueelle muodostui 197–210 tuntia vuodessa (VE1) tai 85–92 tuntia vuodessa (VE2). Törmäyskuolleisuusriskiksi muodostui noin 0,09–0,1 (VE1) tai noin 0,03–0,04 (VE2) vuodessa. Tämä tarkoittaisi törmäystä kerran noin kymmenessä vuodessa (= 1/0,1 VE1) tai kerran noin 33 vuodessa (= 1/0,03 VE2).

Viereisen, toiminnassa olevan tuulivoimahankkeen törmäysvaikutukset Kokkoavaan reviirille on laskettu elinympäristömallista hankkeiden yhteisvaikutusten vuoksi. Hankkeen törmäyskuolleisuusriski on 0,013 vuodessa.

Selkäkankaan reviirin maakotkien arvioitiin käytetyillä menetelmillä lentävän hankealueen läntisellä osa-alueella 100–119 tuntia (VE1) tai 26–31 tuntia (VE2) vuodessa (taulukko 5). Maastohavainnoista lasketun lentoajan perusteella läntisen osa-alueen suunnitellut voimalat aiheuttaisivat vuotuisen törmäyskuolleisuuden riskiksi 0,049 (VE1) tai 0,016 (VE2). Elinympäristömallinnuksen tuloksista laskettu törmäyskuolleisuusarvio on 0,059 yksilöä vuodessa (VE1) tai 0,014 yksilöä vuodessa (VE2). Selkäkankaan reviirin linnut eivät käytännössä liiku hankealueen itäisellä osa-alueella, eikä sitä huomioitu laskelmasa. Tarkemmassa tarkastelussa havaittiin, että riskiä nostavat läntisen osa-alueen lounaisimmat kaksi voimalapaikkaa, joiden läheisyydessä reviirin maakotkat sekä maastohavaintojen että elinympäristömallin mukaan viettävät runsaasti aikaa.

Tulinevan reviirin kotkat liikkuvat vuodessa itäisellä hankeosa-alueella maastohavainnoinnista tehdyn arvion ja elinympäristömallinnuksen mukaan 34–54 tuntia vuodessa (VE1) tai 24–25 tuntia (VE2) (taulukko 6). Törmäyskuolleisuusarvioksi muodostuu vuodessa 0,02–0,034 (VE1) tai 0,01–0,02 yksilöä vuodessa (VE2).

Taulukko 4. Kokkoavaan reviirille eri menetelmillä arvioidut lentoajat ja niistä mallinnusmenetelmää käyttäen johdettu törmäysarvio.

VE	Voimalat reviirillä (kpl)	Lentoaika (h) Satelliitti- aineisto	Lentoaika (h) Maasto- havainnot	Lentoaika (h) Elinympäristö- mallinnus	Törmäyskuollei- susarvio (yksilöä vuodessa) Satelliittiaineisto	Törmäyskuollei- susarvio (yksilöä vuodessa) Maastohavainnot	Törmäyskuollei- susarvio (yksilöä vuodessa) Elinympäristömalli
VE1	22	205	Ei arviota	210	0,095	Ei arviota	0,097
VE2	11	85	Ei arviota	92	0,033	Ei arviota	0,035

Taulukko 5. Selkäkankaan reviirille eri menetelmillä arvioidut lentoajat ja niistä mallinnusmenetelmää käyttäen johdettu törmäysarvio.

VE	Voimalat reviirillä (kpl)	Lentoaika (h) Satelliitti- aineisto	Lentoaika (h) Maastoha- vainnot	Lentoaika (h) Elinympäristö- mallinnus	Törmäyskuollei- susarvio (yksilöä vuodessa) Satelliittiaineisto	Törmäyskuollei- susarvio (yksilöä vuodessa) Maastohavainnot	Törmäyskuollei- susarvio (yksilöä vuodessa) Elinympäristömalli
VE1	17	Ei arviota	100	119	Ei arviota	0,049	0,059
VE2	10	Ei arviota	31	26	Ei arviota	0,016	0,014

Taulukko 6. Tulinevan reviirille eri menetelmillä arvioidut lentoajat ja niistä mallinnusmenetelmää käyttäen johdettu törmäysarvio.

VE	Voimalat reviirillä (kpl)	Lentoaika (h) Satelliitti- aineisto	Lentoaika (h) Maastoha- vainnot	Lentoaika (h) Elinympäristö- mallinnus	Törmäyskuollei- susarvio (yksilöä vuodessa) Satelliittiaineisto	Törmäyskuollei- susarvio (yksilöä vuodessa) Maastohavainnot	Törmäyskuollei- susarvio (yksilöä vuodessa) Elinympäristömalli
VE1	10	Ei arviota	34	54	Ei arviota	0,021	0,034
VE2	7	Ei arviota	24	25	Ei arviota	0,017	0,018

4.2.2 Törmäysvaikutusten merkittävyys

Vaikutuksen merkittävyyden tulkinta mallinnusten kautta ei ole yksiselitteistä. Emojen lentokäyttäytyminen voi poiketa olennaisella tavalla keskimääräisestä, ja reviirien ja reviirin sisällä olevien pesien käyttöaste vaihtelee. Esimerkiksi tilapäiset huonotuottoiset reviirit ja pesäpaikat eivät käytännössä ole yhtä arvokkaita populaation elinkyvyllä kuin pitkäikäiset ja tuottavat reviirit ja pesäpaikat. Käytännössä törmäysmallinnuksessa käytettäviin parametreihin liittyy epätarkkuuksia, jotka kaikki vaikuttavat lopputulokseen, mikä on pidettävä mielessä merkittävyyttä pohdittaessa. Edelleen tarkoissa elinympäristöanalyseissä (esim. Miller 2019) ja tutkimusten kautta voidaan yksittäisille tuulivoimaloille osoittaa siirtoja ja poistoja, joiden voidaan olettaa pienentävän vaikutuksia enemmän kuin tässä käytetyt mallinnukset näyttäisivät. Tutkimusten kautta saadaan jatkuvasti uutta tietoa Suomesta ja maailmalta, ja arviointitoissa on syytä pyrkiä hyödyntämään

laajasti tuoreinta saatavilla olevaa tutkimustietoa. Näistä syistä tässä esimerkissä käytetystä merkittävyyden raja-arvosta voidaan perustellusti poiketa. Suomessa maakotkakannan eri alueilla populaation sietokyky törmäysten kautta tapahtuvalle lisäkuolleisuudelle voi olla erilainen ja sitä kautta myös merkittävien vaikutusten raja-arvo voi olla eri esimerkiksi lajin päälevinneisyysalueella ja harvemman kannan alueella. Lisäksi tulee huomioida, että törmäysmallinnuksen ja populaatiovaikutusten arvioinnin kautta saatava numeerinen merkittävyyden raja-arvo osoittaa vain vaikutusten arvioinnin yhden osa-alueen merkittävyyttä. Vaikutusten arviointi koostuu useammasta eri vaikutusmekanismista, joiden kokonaisuudesta muodostetaan lopullinen vaikutusten arviointi. Kussakin arviointityössä vaikutuksen merkittävyys ja sen perustelut on syytä tuoda esille hyvän käytännön mukaisesti.

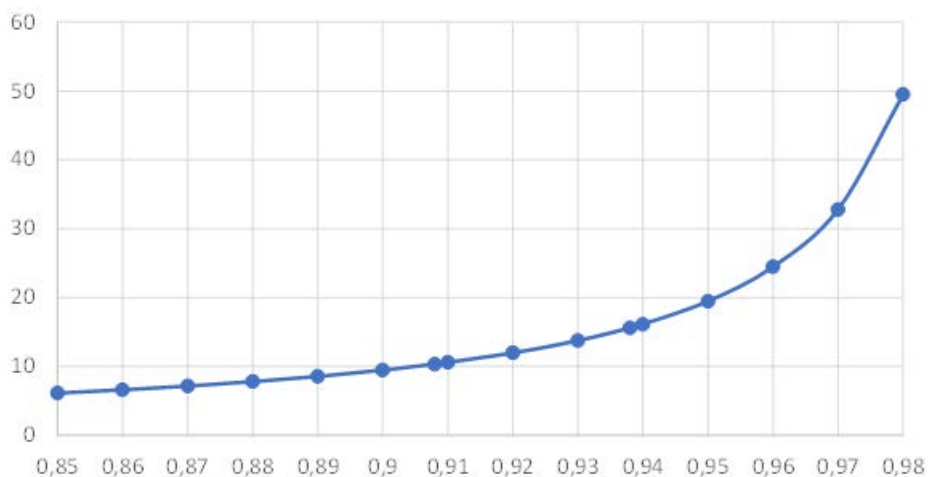
Nimettömänkankaan hankkeen törmäysvaikutusten merkittävyyttä arvioitiin laskennallisesti populaatiomallin avulla. Lähtökohtana merkittävyyden tulkinnalle oli, että yksittäinen reviiri pysyy elinvoimaisena ja että sen suojelutaso on suotuisa, mikäli reviiri pystyy tuottamaan poikasia vakaan maakotkakannan edellyttämällä tavalla. Tämä tarkoittaa sitä, että kukin kotkapari pystyisi keskimäärin tuottamaan odotettavissa olevan lisääntymisajan aikana (15,6 vuotta 0,938 säilyvyydellä) vähintään kaksi aikuiseksi varttuvaa jälkeläistä. Mallinnuksen (kuva 11) mukaan säilyvyys saa laskea 0,03 / vuosi emoa kohden ja 0,06 / vuosi paria kohden. Tätä käytetään merkit-

tävän vaikutuksen rajana. Luku vastaa populaatiomallin tuloksen mukaista 3 %:n lisäkuolleisuutta yksilöä kohden (säilyvyys laskee 0,938:sta 0,908:iin, ks. luku 2.4), mikä laskisi kasvukertoimen 1:een. Tämä tarkoittaisi laskennallisesti törmäystä kerran 16,6 vuodessa eli noin kahta törmäystä tuulivoimahankkeen tyypillisen reilun 30 vuoden mittaisen elinkaaren aikana. Tuolloin emojen keskimääräinen odotettavissa oleva lisääntymisajan kesto laskisi noin kolmanneksen (5,2 vuotta). Käytettyjen parametrien mukaan lisäkuolleisuuden ylittyessä tästä keskimääräisen kotkareviirin suojelutaso ei olisi vakaan kannan edellyttämällä tasolla.

Vaikutukset luokiteltiin taulukon 7 mukaisesti. Nimettömänkankaan tuulivoimapuiston hankevaihtoehdon VE1 aiheuttaman laskennallisen törmäyskuolleisuuden vaikutus Kokkoaavan reviirille ylittää merkittävien vaikutusten rajan (0,06 yksilöä/vuosi) (kuva 12). Nimettömänkankaan tuulipuiston laskennalliset törmäysvaikutukset Selkäkankaan reviirille ja Tulinevan reviirille jäävät merkittävien vaikutusten rajan alapuolelle ja vaikutukset luokitellaan kohtalaiseksi (kuva 12). Mallinusten perusteella maakuntakaavan (VE2)

mukainen toteutus ei ylitä merkittäviä vaikutuksia yhdelläkään reviirillä. Johtopäätöksenä todetaan, että maakotkan kannalta hanke on toteuttamiskelpoinen maakuntakaavan (VE2) mukaisena hankkeena ja lisäksi osittain pohjois- ja länsiosastaan hankealueen (VE1) mukaisena (maakuntakaavarajausta laajempaan) ilman merkittäväksi tulkittavia vaikutuksia maakotkareviireille. Lisäksi Selkäkankaan reviirin suojelemiseksi suositellaan kahden pesää lähimpänä olevan voimalapaikan poistamista tai siirtämistä.

Lisääntymisajan kesto (v)



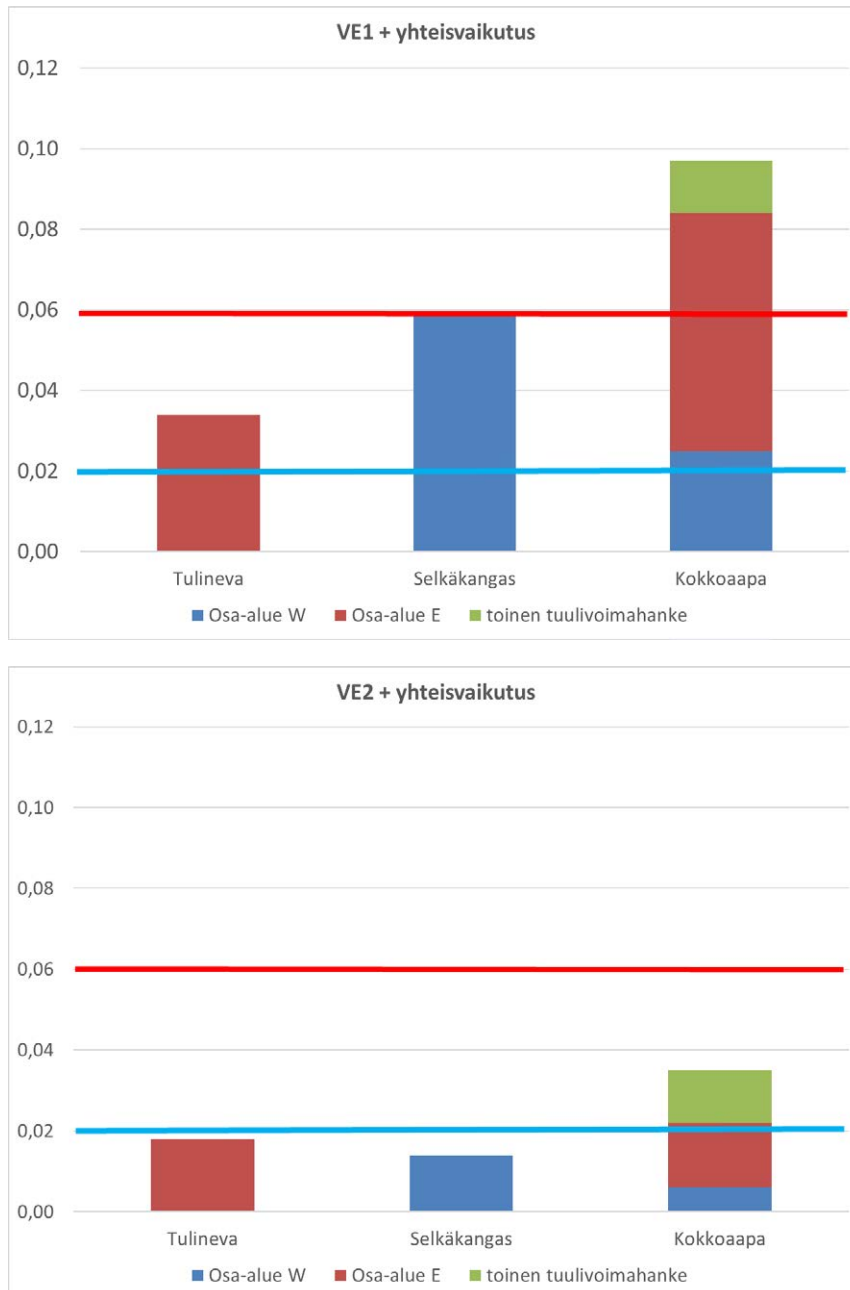
Kuva 11. Odotettavissa olevan lisääntymisajan keston (y-akseli) muuttuminen elossa säilyvyyden mukaan (x-akseli). Laskettu kaavalla: lifespan = $1/(-\ln(\text{säilyvyys}))$ (Cooch & White 2022).

Taulukko 7. Vaikutusten merkittävyyden tulkinta eri kuolleisuuksilla.

Vaikutukset	Törmäyksiä paria kohden (yks.)/vuosi	Törmäyksiä yksilöä kohden (yks.)/vuosi	Vuosittain elossa säilyvyys	Ennustettu lisääntymisaika (vuosia)	Ennustettu kuolinikä (vuosia)
Ei vaikutuksia	0	0	0,938	15,6	20,6
Vähäiset (<0,015)	0,01	0,005	0,933	14,4	19,4
Kohtalaiset	0,02	0,01	0,929	13,5	18,5
Kohtalaiset	0,03	0,015	0,924	12,6	17,6
Kohtalaiset	0,04	0,02	0,919	11,8	16,8
Kohtalaiset	0,05	0,025	0,915	11,1	16,1
Merkittävät (>0,06)	0,06	0,03	0,910	10,5	15,5
Merkittävät	0,1	0,05	0,891	8,6	13,6

Tässä tarkastelussa kotkien kannalta kaikkein riskialtteinat tuulivoimalapaikat sijoittuvat hankealueen itäisemmän osa-alueen eteläosaan, maakuntakaavan mukaisen alueen ulkopuolelle. Kyseiset voimalapaikat ovat lähimpänä Kokkoavaan reviirin keskeisiä osia, alueella, jossa sekä elinympäristömallin mukaan että reviirin naaraan satelliittipaikan-

nusten mukaan kotkat liikkuvat runsaasti. Kyseiset tuulivoimalapaikat siirtämällä tai poistamalla reviiriin kohdistuvat vaikutukset jäävät mallinnusten mukaan kohtalaiselle tasolle, ja hanke voidaan katsoa maakotkiin kohdistuvien törmäyskuolleisuusvaikutusten osalta toteuttamiskelpoiseksi.



Kuva 12. Törmäysmallinnuksen tulokset reviireittäin ja hankkeittain elinympäristömallilla. Punainen viiva = merkittävien vaikutusten raja (ks. edellinen luku; 0,06 törmäystä / pari / vuosi) ja sininen viiva = kohtalaiset vaikutukset (0,02 törmäystä / pari / vuosi).



Kuva: Ville Suorsa.

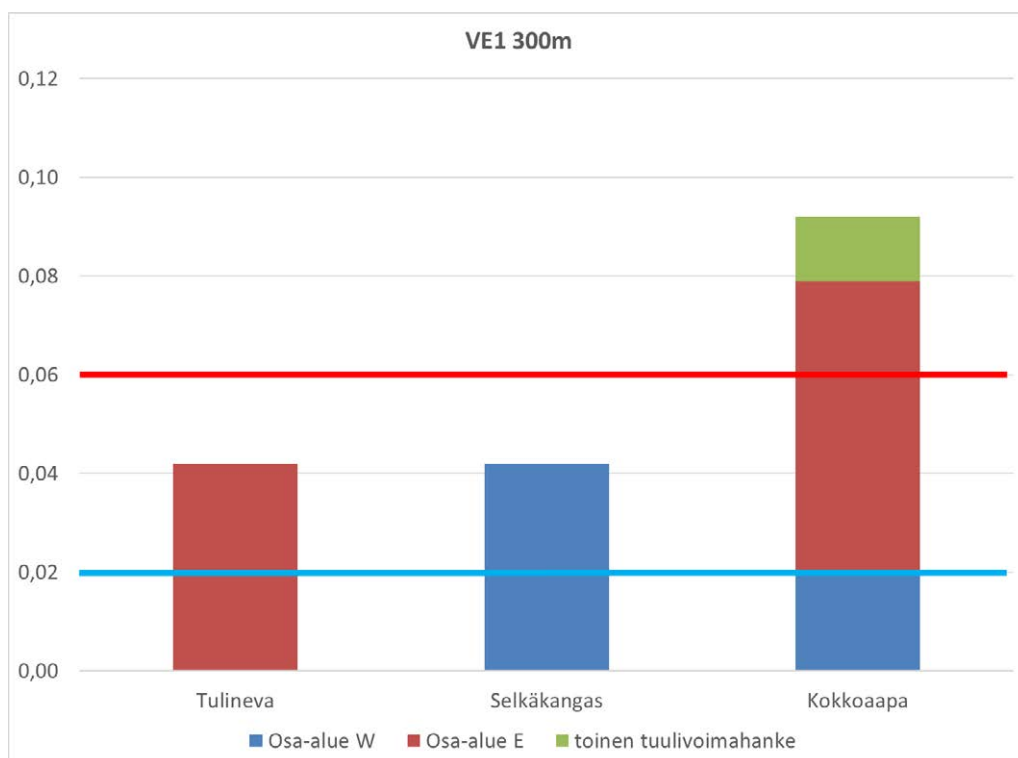
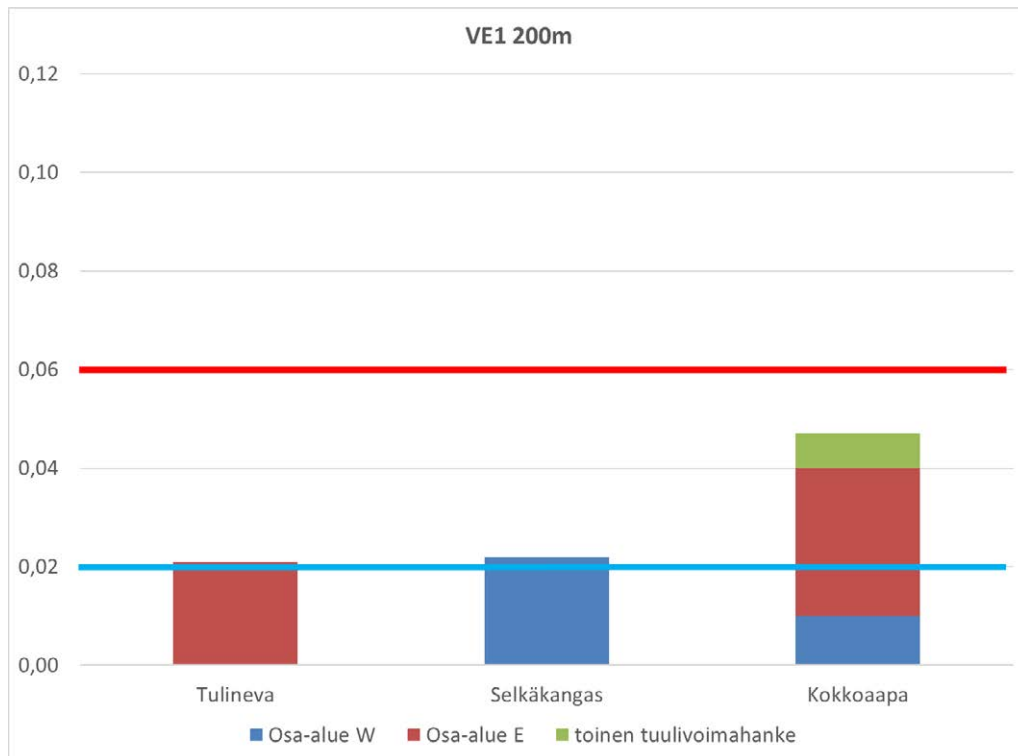
4.2.3 Voimalakoon vaikutus mallinuksissa

Tässä työssä vertailtiin mallintamalla myös tuulivoimaloiden kokonaiskorkeuden muutoksen vaikutusta törmäystodennäköisyyteen. Kokonaiskorkeudeltaan 200 m korkeassa tuulivoimalassa roottorin halkaisija on 120 m ja kokonaiskorkeudeltaan 300 m korkeassa tuulivoimalassa roottorin halkaisija on 200 m, jolloin roottorin pyyhkäisyala kasvaa lähes kolminkertaiseksi pienempään tuulivoimalaan verrattuna. Tässä tarkastelussa tuulivoimaloiden lukumäärä, niiden sijainti ja hankealueen koko eivät muutu. Kotkan lentokorkeus huomioidaan siten, että matalampien tuulivoimaloiden roottorikorkeudella kotka lentää vähemmän kuin korkeampien voimaloiden roottorikorkeudella.

Tuulivoimaloiden roottorikoon muutos 120 metristä 200 metriin kasvattaa törmäysmallinnuksen lopputulosta noin kaksinkertaiseksi. Pelkästään roottorikoon muutos kasvattaa mallinnuksen lopputuloksen eli arvion tuu-

livoimaloihin törmäävien kotkien yksilömäärästä merkittäväksi, vaikka pienemmällä tuulivoimaloilla lopputulos olisi ollut merkittävyydeltään vain kohtalainen (kuva 13). Tämä esitys on vain esimerkinomainen havainnollistus roottorin koon vaikutuksesta mallinnuksessa, koska nykyisin rakennettavat tuulivoimalat ovat kooltaan jo suurempia kuin 120 m:n roottorilla varustetut tuulivoimalat. Huomattava on sekin, että tuulivoimaloiden lukumäärä hankealueella yleensä vähenee niiden koon kasvaessa, mikä pienentää mallinnusmenetelmän arviota törmäävien yksilöiden lukumäärästä.

Todellisuudessaakin joissakin selvityksissä päiväpetolintujen kuolleisuuden on havaittu olevan suurempaa korkeudeltaan ja roottorien kooltaan suuremmissa tuulivoimaloissa (Meller 2017). Suomeen tällä hetkellä suunniteltavat tuulivoimalat ovat kuitenkin vielä huomattavasti suurempia kuin näiden tutkimusten suurimmat voimalat.



Kuva 13. Törmäysmallinnuksen tulokset hankevaihtoehdossa VE1 vertailuna kokonaiskorkeudeltaan 200 m korkealla tuulivoimalalla (roottorin halkaisija 120 m, ylempi kuva) ja 300 m korkealla tuulivoimalalla (roottorin halkaisija 200 m, alempi kuva), kun reviirien lentoaika perustuu elinympäristömalliin.

4.3 Häiriöiden ja elinympäristömuutosten vaikutukset

4.3.1 Tuulivoimaloiden aiheuttamat häiriövaikutukset

Tuulivoimarakentamisen keskeinen vaikutus maakotkareviirillä voi olla mahdollinen voimaloiden toiminnasta johtuva häiriövaikutus. Reviirille rakennettujen tuulivoimaloiden välttelyllä ja sitä kautta menetetyllä saalistusalueella ja edelleen mahdollisella ravintovaran heikentymisellä voi olla vaikutusta sekä aikuisten lintujen elinkykyyn että reviirin poikastuottoon. Välttely voimistaa häiriövaikutuksia, joskin samanaikaisesti pienentää merkittävästi törmäysriskiä. Joissakin tutkimuksissa maakotkat eivät ole osoittaneet erityistä rakennetun tuulivoimapuiston välttelyä (esim. Johnston ym. 2014). Sen sijaan Skotlannissa useassa tutkimuksessa on havaittu voimakasta rakennettujen tuulivoimapuistojen välttelyä (Fielding & Haworth 2010, Fielding ym. 2021a ja 2021b).

Ruotsissa on havaittu myös vertikaalista välttelyä, ts. tuulivoimaloiden kohdalla lintujen keskimääräisen lentokorkeuden on havaittu kasvavan (Hedfors 2014). Välttelyn voimakkuuteen on havaittu vaikuttavan mm. alueen houkutte-

levuus kotkalle ja vallitsevat sääolosuhteet, kuten tuulen voimakkuus. Välttelyn on havaittu vaihtelevan suuresti yksittäisen voimalan kohdalla sen sijoituspaikasta riippuen. Skotlannissa maakotkat vaikuttivat välttelevän ennen kaikkea tornia ja lensivät keskimäärin lähempänä roottorin siipiä niiden pituuden kasvaessa (Fielding ym. 2021b).

On epäselvää, kuinka paljon kookkaat tuulivoimalat voisivat vaikuttaa maakotkien liikkumiseen Suomen metsäisillä alueilla. Maailmalla tehtyjen tutkimusten valossa voidaan arvioida, että maakotkat tulevat vähentämään mutta eivät lopettamaan liikkumista tuulivoima-alueilla niiden rakentamisen jälkeen. Toisaalta metsäisillä alueilla tuulivoimapuistojen tiet ja nostoalueet lisäävät avoimuutta, mikä voi osaltaan olla myös houkutteleva piirre saalisteleville maakotkille. Nykyaikaisten kookkaiden tuulivoimaloiden välimatkat toisiinsa ovat pitkiä, mikä todennäköisesti mahdollistaa kotkien liikkumisen myös voimaloiden välisillä alueilla.

Nimettömänkankaan tuulivoimaloiden toiminnan aikaista häiriövaikutusta hahmotettiin laskennallisesti. Tässä tarkastelussa Nimettömänkankaan hankkeelle käytettiin häiriöalueena 500 metrin sädettä suunniteltujen voimalaryhmien uloimmista voimalatorneista ja niiden sisäpuolelle jääviä alueita. Elinympäristömalli kuvastaa riittävän tarkasti revii-rien saalistuslentojen suuntautumista. Voimaloista aiheutuva häiriö saalistukselle (mallin tuottama lentoaikaosuus häiriöalueella) olisi VE1:ssä revii-ristä suurin Kokkoaavan revii-ri-llä, missä häiriöalueelle sijoittui elinympäristömallinnuksen mukaan noin 17 % lentoajasta, ja pienin Tulinevan revii-ri-llä, jonka revii-riin lentoajasta noin 5 % suuntautui häiriöalueelle (taulukko 8). Maakuntakaavan VE2:n mukaisella toteutuksella lentoajan osuudet häiriöalueella kaikilla revii-ri-illä olisivat noin 5 %:n tuntumassa tai sen alle.

Elinympäristömallin mukaan pinta-alaosuuttaan tärkeämpiä ovat Nimettömänkankaan itäisen osa-alueen eteläosa Kokkoaavan revii-ri-llä ja läntisen osa-alueen lounaisosa Selkäkankaan revii-ri-llä. Kokkoaavan revii-ri-llä on vielä huomioitava, että häiriötä ja samalla mahdollista saalistusalueen menetystä aiheutuisi viereisestä toiminnassa olevasta tuulivoimapuistosta.

Tuulivoimalat todennäköisesti muuttasivat kotkien liikkumista voimaloiden läheisyydessä vähentäen mm. saalistusalueiden määriä, mutta muutoksen suuruutta ja sen merkittävyyttä on vaikea arvioida. Skotlan-nissa satelliittiseuratuilla maakotkilla todennäköisyys olla roottorin halkaisijan etäisyydellä tuulivoimalasta oli noin kahdeksasosa verrattuna voimalattomaan alueeseen (Fielding ym. 2021b). Siellä kuitenkin ympäristöolosuhteet ovat erilaiset ja voimaloiden koko keskimäärin huomattavasti pienempi. Mikä-li Nimettömänkankaan hankkeen maakotkat täydellisesti välttelisivät voimaloita, Kokkoaavan ja Selkäkankaan revii-ri-illä VE1:n mukainen toteutus olisi todennäköisesti merkittä-vän haitallinen kyseisille revii-ri-ille. Vaikutus voi muodostua revii-riin poikastuoton alenemi-sen kautta (vrt. luku 4.4). Täydellinen vältte-ly on kuitenkin epätodennäköistä. Tulinevan revii-ri-llä vaikutus on VE1:n mukaisella toteu-tuksella vähäinen. Maakuntakaavan mukaisel-la VE2:n toteutuksella kaikilla kotkarevii-ri-illä vaikutusta voidaan arvioida vähäiseksi.

Taulukko 8. Voimaloiden aiheuttama laskennallinen häiriöalue ja lentojen osuus häiriöalueella eri vaihtoehdoissa revii-ri-ille elinympäristömallia käyttäen.

Kohde	Häiriöalueen pinta-ala (km ²)	Häiriöalueen osuus revii-riin pinta-alasta (%)	Lentoajan osuus häiriöalueella elinympäristömallin mukaan (%)
Kokkoaavan revii-ri, VE1	41	13,5	17,5
Kokkoaavan revii-ri, VE2	20	6,7	5,3
Kokkoaavan revii-ri, viereinen hanke	14	4,6	1,5
Selkäkankaan revii-ri, VE1	33	11,3	15,3
Selkäkankaan revii-ri, VE2	13	4,5	3,1
Tulinevan revii-ri, VE1	15	3,6	4,6

4.3.2 Muut häiriövaikutukset ja suorat elinympäristövaikutukset

Nimettömällekankaalle suunnitellut tuulivoimalat sijoittuvat kaikissa hankevaihtoehdoissa niin etäälle kotkien pesäpaikoista, että suoria elinympäristöihin kohdistuvia vaikutuksia ei aiheudu pesäpaikoille tai niiden läheisyyteen. Myöskään ihmisen aiheuttamia häiriövaikutuksia ei suoraan ulottuisi pesäpaikoille edes lähimpänä olevalle Kokkoavan reviidille, jossa tuulivoimaloiden ja pesäpaikkojen välinen etäisyys (VEI) on luokkaa 2,0–2,4 km. Muutoin reviereillä elinympäristöjen muutoksia aiheutuu voimaloista, teistä ja muista rakenteista. Häiriövaikutuksia aiheutuu ihmisten ja koneiden liikkeestä sekä melusta.

Ihmisten ja työkoneiden liikenne reviereillä kasvaa, mikä saattaa aiheuttaa lisääntyviä häiriöitä, vaikka rakentaminen ei tapahtuisikaan reviidin keskeisillä alueilla. Huoltoteiden rakentamisessa pyritään mahdollisimman pitkälle hyödyntämään jo olemassa olevaa metsäautotieverkostoa. Kuitenkin parannettujen teiden vuoksi metsien käyttö tuulivoimapaistojen alueella ja niiden lähiympäristössä yleisesti voimistuu, mikä aiheuttaa häiriöiden lisäksi elinympäristöjen muutoksia. Myös ihmisten virkistyskäyttöön liittyvä liikkuminen ja siitä aiheutuvat tahattomat häiriöt reviidillä saattavat jossain määrin yleistyä. Monella kotkareviirillä on jo nykytilassa tiheä metsäautotieverkosto ja paikoitellen runsaastikin ihmistoimintoja, joten häiriön määrän todellista lisääntymistä ja sen merkitystä reviidille on hankala arvioida.



Kuva: Jyrki Mäkelä.

4.4 Vaikutukset poikastuottoon ja reviirin elinkelpoisuuteen

Maakotkan kaltaisella pitkäikäisellä lajilla emon törmäminen voimalaan olisi todennäköisesti reviirin poikastuoton ja elinkelpoisuuden kannalta kielteisillä seurauksilla, joka vähentäisi lisääntymisvuosia ja pahimmillaan autioittaisi reviirin. Yksittäiselle reviirille ja laajemmin koko populaation elinkyvyllä aikuiset sukukypsät yksilöt ovat arvokkaampia kuin nuoret yksilöt, joista luonnostaankin kuolee suuri osa ennen ensimmäistä pesintää. Reviirin olosuhteiden muut heikennykset, esimerkiksi saalistusalueissa, eivät todennäköisesti johtaisi reviirin autioitumiseen, mutta voivat vaikuttaa reviirin poikastuottoon. Edelleen reviirille rakennetut tuulivoimalat voivat kotkasukupolven vaihtuessa vähentää reviirin houkuttelevuutta tulla asutuksi uudestaan.

Poikastuotto voi heikentyä, mikäli emojen saatavilla olevat ravintovarot heikkenevät. Myös lentämistä harjoittelevalla poikasella on vaara törmätä voimalaan. Tätä riskiä voi lisätä se, että poikasen lentotaito ei ole kehittynyt aikuisen tasolle. Ruotsissa satelliittilähettimin varustettujen lentokäykyisten poikasten havainnoista 50 % sijoittui alle 1,2 km:n etäisyydelle ja 90 % havainnoista alle 5 kilometrin etäisyydelle pesästä (Falkdalen ym. 2013). Tähän peilaten Selkäkankaan ja Kokkoaavan reviirin poikaset saattaisivat liikkua Nimettömänkankaan hankealueella ja niillä olisi siten riski törmätä voimalaan hankevaihtoehdossa VE1, jossa lähimmät voimalat olisivat 2–3 kilometrin etäisyydellä pesästä, mikäli lentopoikaset liikkuisivat tuulivoimapuiston alueella sen rakentamisen jälkeen. Maakuntakaavan mukaisella toteutuksella (VE2) lähimmät voimalat ovat jo lähes 5 kilometrin etäisyydellä pesästä. Näin kaukana pesästä poikaset todennäköisesti liikkuisivat enää harvoin, jolloin myös niiden törmäysriski olisi hyvin pieni. Täytyy huomioda, että tutkimukset poikasten liikkumisesta pesän ympäristössä sijoittu-

vat tavanomaiseen metsäympäristöön, jossa tuulivoimaa ei ole vielä rakennettu. Tuulivoimaloiden rakentamisen jälkeen poikaset todennäköisesti välttävätkin liikkumista voimaloiden läheisyydessä samaan tapaan kuin mitä aikuisten lintujen tutkimuksissa on todettu.

Voidaan katsoa, että mikäli reviirin aikuiset linnut säilyvät elossa ja reviiri pysyy myös muutoin elinvoimaisena (reviiri pystyy tuottamaan poikasia vakaan kotkakannan edellyttämällä tavalla), on reviirin suojelutaso suotuisa. Maakotkan kaltaisella pitkäikäisellä lajilla poikastuotto voi alentua huomattavasti ennen kuin kannan kasvu hiipuisi. Tässä työssä käytetyillä parametreillä populaatiomallin mukaan keskimääräisen poikastuoton pitäisi laskea noin 30 % (0,45 poikasta / asuttu reviiri → 0,28 poikasta / reviiri) ennen kuin kanta alkaisi vähentyä, mikäli aikuisten säilyvyys pysyisi ennallaan. Aiemmin kerrotun mukaisesti aikuisten elossa säilyvyydessä vastaava raja tulee vastaan jo 3 %:n kohdalla.

Emojen kuolleisuuden vaikutusta poikastuottoon ei voida arvioida luotettavasti saatavissa olevilla tiedoilla. Tässä esitetään teoreettinen tulkinta käytettävissä olevan tiedon perusteella. Reviirin oletetaan pysyvän asuttuna ilman tuulivoiman rakentamista. Reviirille rakennetut tuulivoimalat ovat tarkastelussa ainoa tekijä, joka lisäisi kotkien kuolleisuutta ja aiheuttaisi välivuotia pesinnöissä. Reviirin poikastuotto olisi suoraan riippuvainen parin lisääntymisvuosista. Todellisuudessa emojen kuolleisuuden lisäksi pesintöjen onnistumiseen vaikuttaa moni muukin tekijä, kuten emojen kunto ja kokemus, ravintotilanne, säätekijät ja erilaiset häiriöt.

Jos oletetaan, että tuulivoimahankkeen aiheuttama törmäystodennäköisyys kotkaparille olisi 0,06 yksilöä/vuosi, niin tapahtuma toteutuisi suunnilleen kahdesti hankkeen elinkaaren aikana (noin 30 vuotta). Törmäyksen johtaessa toisen emolinnun kuolemaan arvioidaan reviirille tulevan kolme välivuotta, jolloin pesintää ei tapahdu. Hankkeen aikana tämä tarkoittaisi kuutta vuotta ilman poikastuottoa. Se tarkoittaisi noin 20 %:n alene-

maa lisääntymisvuosissa. Huomioitaessa sekä aikuisten elossa säilyvyyden aleneminen että siitä seuraava poikastuoton aleneminen, kahden emon törmääminen (0,03 yksilöä/vuosi) hankkeen aikana aiheuttaa sen, että reviirin elinvoimaisuus laskee alle suotuisan suojelutason rajan.

Edellä kuvattuun laskelmaan liittyy paljon oletuksia ja yksinkertaistuksia. Törmäysmallinnuksessa käsitellään todennäköisyyksiä, ja pienessä populaatiossa (yksi reviiri) laskennallisesti vähäisenkin todennäköisyyden omaava tapahtuma saattaa toteutua sattuman kautta. Kotkat ovat pitkäikäisiä ja pääosin reviiriuskollisia lintuja, ja parit ovat usein yhdessä koko elämänsä. Vaikka kotkat ovat reviiriuskollisia, on satunnaisia siirtymiä reviiriltä toiselle havaittu mm. GPS-seuratuilla kotkilla. Yksittäisen reviirin säilymiselle on olennaista, että reviirin toinen emo säilyy hengissä ja pariutuu uudestaan. Tämä on mahdollista erityisesti vakaassa tai kasvavassa laajemman alueen kotkapopulaatiossa (esim. koko Suomi, tietty maakunta), jossa populaatiossa on pesimättömiä esiaikuisia ja aikuisia lintuja, jotka pystyvät paikkaamaan kuolleiden lintujen jättämiä "aukkoja".

Laskelma ei huomioi sitä, että myös reviirin jäljelle jäänyt yksilö voi menehtyä ennen kuin ehtii pariutua uudelleen. Erityisesti tällaisessa tilanteessa vaarana on reviirin autioituminen pitkäksi aikaa. Reviirin uudelleen asuttamisen todennäköisyys riippuu kannan tiheydestä ja kehityksestä lähialueilla. Nykyisellä kasvavalla kannalla on todennäköistä, että laadukkaat reviirit tulevat asutetuksi uudestaan. Toisaalta tiedossa ei ole, mikä on voimailoiden häiriöetäisyys reviirin valintavaiheessa ja kelpuuttavatko maakotkat ydinreviirikseen aluetta, jolle sijoittuu tuulivoimaloita. On kuitenkin hyvinkin mahdollista, että myös uusia reviirejä tai pesäpaikkoja sijoittuu tuotantokäytössä olevien tuulivoimapuistojen alueelle, kuten esimerkiksi merikotkalla on paikoin tapahtunut.

Nimettömälläkankaalla eri hankevaihtoehtojen vaikutusten kunkin kotkareviirin poikastuottoon ja reviirin elinkelpoisuuteen katsotaan merkittävyydeltään vastaavan samoja luokitteluja kuin aiemmin esitettiin kohdassa törmäysvaikutusten merkittävyys (ks. luku 4.2.2).

5 Yhteisvaikutukset

5.1 Paikalliset vaikutukset yhdessä sähkönsiirtolinjojen ja muiden hankkeiden kanssa

Tuulivoimarakentamisesta linnustoon kohdistuvia yhteisvaikutuksia arvioitaessa on otettava huomioon kaikkien vaikutusalueella olemassa olevien ja suunniteltujen tuulivoimaloiden yhdessä aiheuttamat kaikkien eri vaikutustyyppien mukaiset vaikutukset alueella pesivään ja alueen läpi muuttavaan linnustoon (Ympäristöministeriö 2016b).

Vaikutusten arviointi laaditaan lähtökohtaisesti 0-vaihtoehtoon verraten, ts. arvioidaan muutoksia nykytilanteeseen. Yhteisvaikutuksia arvioidaan tulevien, tiedossa olevien muiden, maakotkan reviirin laatua ja elinvoimaisuutta mahdollisesti heikentävien hankkeiden kanssa. Näitä ovat etenkin muut tuulivoimahankkeet.

Lähtökohtana yksittäisten hankkeiden arvioinnissa on se, että yhteisvaikutukset selvitetään rakennettujen ja muissa kaavoissa osoitettujen tuulivoima-alueiden kanssa (Mäkelä & Salo 2022).

Muita tarkasteltavia maakäyttömuotoja voivat olla mm. maa-ainesten otto, kaivostoiminta, turvetuotanto, tiestöt tai sähkönsiirron voimalinjat. Kaikista eri hankkeista ja maankäytön muodoista ei todennäköisesti ole käytettävissä yhtä kattavia tietoja kuin suunnitteilla olevasta hankkeesta, jolloin arviointi tulee perustaa aina parhaaseen saatavilla olevaan tietoon sekä YVA-menettelyn mukaiseen hankkeiden arviointijärjestykseen.

Tässä Nimettömänkankaan tuulivoimahankkeen tapauksessa yhteisvaikutuksia on arvioitu toiminnassa olevan viereisen tuulivoimahankkeen kanssa luvussa 3.2.2.

Tuulivoimahankkeessa on yleensä tarvetta käsitellä myös sähkönsiirtolinjojen vaikutuksia, koska YVA- ja kaavahankkeessa tulisi lähtökohtaisesti sisällyttää arviointiin myös kaikki siihen keskeisesti liittyvät liitännäishankkeet (YVA-laki ja MRL). Voimajohtojen tiedetään olevan riskitekijä myös maakotkille sekä Suomessa että muualla. Rengastettujen maakotkien löytöaineistojen mukaan voimajohtot ovat olleet yksi yleisimpiä kuolinsyitä maakotkille (vrt. luku 4.2.1) (Saurola ym. 2013). Maakotkalla on mahdollista joko törmätä johdintimiin ja vammautua tai kuolla tai kuolla suoraan sähköiskun kautta.

Tässä esimerkkiraportissa ei esitetä tarkemmin sähkönsiirron voimajohtojen vaikutuksia kotkareviireille. Voimajohtojen sijoittamista kotkien reviirille ja niiden mahdollisia vaikutuksia reviirin laatuun voidaan arvioida mm. elinympäristömallin avulla. Voimajohtojen vaikutuksesta ei ole olemassa vastaavia törmäysmalleja kuin tuulivoimaloiden vaikutuksesta on käytetty. Voimalinjojen luomat korkeat istumapaikat ja saalistuksen mahdollistavat avoimena pidettävät johtoaukeat saattavat muodostaa myös maakotkaa houkuttelevia piirteitä maisemassa. Nämä piirteet voivat lisätä maakotkan liikkumista voimajohtojen alueella verrattuna aikaan ennen rakentamista. Mahdollisen liikkumisen lisääntyminen voimajohtojen alueella lisäisi myös riskiä kielteisille seurauksille, vaikkakin toisaalta saalistamisen helpottumisesta voi olla maakotkalle myös hyötyä.

5.2 Tuulivoiman kokonaisvaikutukset maakunnan kotkapopulaatioon

Lähtökohtaisesti tuulivoimapuistojen yhteisvaikutukset maakunnan kotkakan- taan arvioidaan maakuntakaavoituksen selvityksissä ja tuulivoima-alueet osoi- tetaan siten, ettei merkittäviä vaikutuk- sia muodostu yksittäisille reviireille eikä maakuntatasolla.

Maakuntakaavasta voidaan tarkem- massa hankesuunnittelussa jossain mää- rin poiketa (hyväksyttävä eroavaisuus maakuntakaavasta). Usein hankkei- ta myös suunnitellaan varsin pitkälle-

kin ennen maakuntakaavatason koko- naissuunnittelua. Pienet (yleensä alle 7–10 voimalan) tuulivoimahankkeet eivät myöskään yleensä edellytä maakunta- kaavan aluevarausta.

Kun yksittäinen hanke suunnitellaan siten, ettei merkittäviä yhteisvaikutuksia muodostu vaikutusalueen kotkareviir- reille, ei hankkeesta tällöin arvioida muodostuvan myöskään merkittäviä maakunnallisia vaikutuksia.

Tässä Nimettömänkankaan hankkeen selvi- tyksessä on todettu, että hanke on mahdol- lista toteuttaa maakuntakaavarajauksen mu- kaisena ilman, että merkittäviä vaikutuksia aiheutuu Kokkoaavan reviirille. Tulinevan ja Selkäkankaan reviireillä on todettu, että tuu- livoimala-alue on mahdollista toteuttaa myös

maakuntakaavarajausta laajempaan, ilman että reviireihin kohdistuu merkittäviä vaiku- tuksia. Näin ollen hanke ei yhdessä muiden tiedossa olevien tuulivoima-alueiden kans- sa aiheuta merkittäviä kokonaisvaikutuksia maakunnan kotkapopulaatioon.

6 Vaikutukset Natura-alueen suojelun perusteisiin

Maakotka on yksi Kokkoavaan Natura-alueen suojeluperusteista, joiden vuoksi alue on liitetty Natura 2000 -verkostoon lintudirektiivin mukaisena SPA-kohteena (SPA = Special Protected Areas). Läheisen Natura-alueen sekä sen suojeluperusteisiin kohdistuvien, ennalta arvioiden todennäköisten vaikutusten vuoksi hankkeessa on toteutettu erillinen luonnonsuojelulain 65 §:n mukainen Natura-arviointi.

Natura-arvioinnin tavoitteena on selvittää, heikentääkö hanke yksin tai yhdessä muiden reviirille sijoittuvien hankkeiden ja toimintojen kanssa merkittävästi maakotkan elinmahdollisuuksia Kokkoavaan Natura-alueella. Arvioinnissa pidetään merkittävänä vaikutuksena sitä, jos hanke todennäköisesti heikentää olosuhteita siinä määrin, että reviirin elinvoimaisuus (poikastuotto ja emojen säilyvyys) laskee luvuissa 3.2 ja 3.4 kuvattujen merkittävien vaikutusten raja-arvojen alle ja/tai hankkeella on merkittäviä vaikutuksia kotkien saalistusalueisiin ja sitä kautta reviirin elinvoimaisuuteen.

Tässä raportissa on tarkasteltu Nimettömänkankaan tuulivoimahankkeen vaikutuksia Kokkoavaan Natura-alueella pesivään kotkaan. Tarkastelun perusteella hankevaihtoehto VE1 (erityisesti itäisemmän osa-alueen eteläisimmät tuulivoimalat, jotka sijoittuvat reviirin keskeisille alueille) aiheuttaa merkittäviä vaikutuksia Natura-alueen suojeluperusteena luetellulle maakotkalle. Myös läntisen osa-alueen voimalat lisäävät jossain määrin reviiriin kohdistuvia kokonaisvaikutuksia, vaikka ne eivät yksistään riitä aiheuttamaan merkittäviä vaikutuksia. Reviiriin kohdistuvassa kokonaisvaikutusten arvioinnissa on huomioitu myös toiminnassa oleva 17 voimalan viereinen tuulivoimapuisto reviirin itäosassa.

Arvioinnin perusteella tuulivoimahankkeen toteuttaminen maakuntakaavan mukaisena alueena ei todennäköisesti aiheuta Kokkoavaan kotkareviirille merkittäviä vaikutuksia. Edelleen tarkastelun mukaan hanke on mahdollista toteuttaa osittain maakuntakaavaa laajempaan ilman merkittäviä vaikutuksia Kokkoavaan reviirille. Myös yhteisvaikutukset viereisen toiminnassa olevan tuulivoimapuiston kanssa jäävät merkittävän tason alapuolelle sekä törmäysvaikutusten (ks. luku 3.2.3) että reviirin saalistusalueisiin kohdistuvien elinympäristön muutosten vaikutusten kautta. Näin toteutettuna maakotkaan kohdistuvat vaikutukset arvioidaan merkittävyydeltään enintään kohtalaisiksi. Natura-alueen eheyteen liittyvän merkittävän haitan kynnyksen ei arvioida ylittyvän tässä selvityksessä arvioidun tuulivoima-alueen osalta, ja tuulivoimahankkeen arvioidaan olevan toteuttamiskelpoinen VE2:n mukaisena ja osittain sitä laajempaan hankkeena Kokkoavaan reviiriin ja Natura-alueen kannalta.

Vaikutukset on arvioitu asiantuntija-arviointina, parhaan käytettävissä olevan aineiston mukaisesti ja varovaisuusperiaatetta noudattaen, jolloin vaikutusten ei odoteta muodostuvan arvioitua suuremmiksi.

Tässä raportissa tarkasteltu maakotka on vain osa koko Natura-alueen suojeluperusteita, ja Natura-alueen kokonaistarkastelu on toteutettu erillisessä Suomen luonnonsuojelulain 65 §:n mukaisessa Natura-arvioinnissa (hankkeen YVA-menettelyn erillisraportti).

7 Epävarmuustekijät

Tämä arviointi on toteutettu parhailla käytävissä olevilla tiedoilla ja menetelmillä. Maakotkan elinympäristö-, törmäys- ja populaatiomallinnuksiin liittyy epävarmuuksia, sillä kaikkia tarvittavia parametreja ei tiedetä luotettavasti. Samoin maastohavaintojen tuloksiin liittyy aina epävarmuutta liittyen mm. kotkien havaittavuuteen sekä lentokorkeuksien ja etäisyyksien arviointiin.

Mallinuksissa suurin yksittäinen epävarmuustekijä on törmäysmallinnuksessa käytettävä väistökerroin, joka tässä pohjautuu erilaisista olosuhteista ja erityyppisiltä huomattavasti pienemmiltä voimaloilta tehdyistä havainnoista. Vaikutusarvioinnin luotettavuutta kotkan kaltaisilla harvalukuisilla lajeilla heikentävät yksilölliset erot ja muut satunnaisuutta aiheuttavat tekijät. Yksittäisiin pareihin kohdistuvien riskien arviointi on aina epävarmempaa kuin isompiin populaatioihin kohdistuvien vaikutusten arviointi.

Epävarmuutta liittyy myös voimalakoon kasvun vaikutuksiin mm. välttämiskäyttäytymiseen ja törmäysriskeihin. On epäselvää, voivatko esimerkiksi reviiirille sijoittuvat suuret voimalat heikentää reviiirin uudelleen asuttamisen todennäköisyyttä toisen tai molempien kotkaemojen vaihtuessa.

Yleisesti ottaen maailmalla tehdyt tutkimukset tuulivoimaloiden vaikutuksista maakotkaan painottuvat avomaille sijoitettuihin tuulivoimaloihin. Vaikutukset metsäalueille rakennettavista tuulipuistoista tunnetaan huonommin, mikä vaikeuttaa vaikutusten arviointia. Tulevaisuudessa tieto tuulivoimpuistojen vaikutuksista maakotkaan tulee lisääntymään. Tällä hetkellä selvityksissä ja vaikutusten arvioinneissa on syytä noudattaa varovaisuusperiaatetta, jonka mukaisesti myös tämä selvitys on toteutettu.

8 Vaikutusten lieventämiskeinot

Lähtökohtaisesti hanke tulee suunnitella siten, ettei maakotkalle aiheudu merkittäviä vaikutuksia. Varmuudella toimiva lievennyskeino on tuulivoimaloiden poistaminen tai niiden siirtäminen kauemmas reviirin keskeisiltä osilta. Yksittäisillä tuulivoimaloilla toimiva lievennyskeino on voimaloiden siirtäminen pois sellaisilta alueilta, joita kotka käyttää yleisesti kaarteluun ja saalistamiseen (esim. vaarojen rinteet, suonlaitteet). Elinympäristömallinnusta ja törmäyslaskelmien riskianalyseja voidaan käyttää suunnittelutyökäkaluna tuulivoimaloiden sijoittelussa (Tikkanen ym. 2018 ja 2022, Miller 2019).

Joissakin tapauksissa toimiva lievennysratkaisu on yhden tai useamman tekopesän rakentaminen etäämmälle tuulivoimapuistosta. Tällä kotkien reviirin käyttöä voidaan onnistua ohjaamaan tuulivoimapuiston ulkopuolisille alueille. Tekopesällä voidaan turvata myös nykyistä pesäpaikkaa, rakentamalla pesä sen läheisyyteen. Tällöin käytössä olevan pesän rapistuessa tai tuhoutuessa vaikka myrskyissä, olisi kotkilla edelleen olemassa laadukas pesäpaikan vaihtoehto samalla alueella. Kotkat voivat ottaa pesän käyttöön muutamassa kuukaudessa sen rakentamisesta, mutta helposti tähän kuluu vuosikautia tai voi olla, ettei se kelpaa koskaan. Tämä vaikeuttaa lievennysratkaisun toimivuuden osoittamista. Tekopesän rakentaminen edellyttää aina myös maanomistajan lupaa. Pesintöjen ohjaamista suojelualueiden ulkopuolelle tulee välttää. Tiheän kotkakanan alueella tai alueella, jossa on useita tuulivoimahankkeita, tekopesän rakentaminen tulee suunnitella erityisen huolellisesti. Tekopesän rakentamisesta on tarpeen keskustella Metsähallituksen tai ELY-keskuksen lajiasiantuntijoiden kanssa.

Petolintujen törmäysten välttämiseksi yksi toimiva tekniikka etenkin petolintujen törmäysten vähentämisessä voi olla tuulivoima-

lan yhden lavan maalaaminen mustaksi. Norjalaisessa tutkimuksessa (May ym. 2020) yhden lavan mustaksi maalaaminen vähensi lintujen törmäyksiä yli 70 % verrattuna viereiseen kontrollialueeseen. Menetelmä tekee tuulivoimalan lavoista linnuille näkyvämpiä, jolloin lintujen on helpompi väistää tuulivoimalan pyöriviä lapoja. Menetelmä aiheuttaa samalla myös ihmiselle voimakkaampia maisemavaikutuksia, eikä menetelmän toimivuudesta ole vielä riittävästi kokemuksia sen laajamittaisempaan hyödyntämiseen. Jatkossa on tärkeää selvittää erilaisten teknisten apuvälineiden (mm. kamera- ja tutka-avusteinen roottorien pysäytysautomaatiikka) toimivuutta mahdollisten törmäysten ehkäisyssä ja todentamisessa. Niiden on todettu vähentävän kotkien törmäyksiä, joskaan ei kokonaan niitä poistaen (McClure ym. 2021).

Voimajohtolinjojen aiheuttamien vaikutusten osalta keskeinen keino on estää sähköisku ja törmäyksiä. Voimajohtopylväälle voidaan rakentaa sähköiskuriskiä pienentäviä istumaorsia tai vaihtoehtoisesti ratkaisuja, jotka estävät linnun laskeutumisen pylvälle. Muualla johtimien merkitseminen näkyväksi esimerkiksi ns. lintupalloilla tai muilla ratkaisuilla vähentää todennäköisesti kotkan riskiä törmätä johtimiin ja sähköiskuriskiä.

Lieventävien toimenpiteiden kohdalla myös reviirin pesimämenestyksen ja lintujen käyttäytymisen seuranta tuulivoimaloiden rakentamisen jälkeen antaa tärkeää tietoa tuulivoimaloiden vaikutuksesta reviirillä. Seuranta voi mahdollisuuksien mukaan toteuttaa ihmisen tekemänä maastotarkkailuna tai GPS-seurantana. Seuranta on tärkeä osa lievennystoimenpiteitä sitä kautta, että vain sen avulla voidaan reagoida mahdollisiin tapahtumiin reviirillä. Samalla saadaan arvokasta tietoa myös tulevien tuulivoimahankkeiden suunnitteluun.

Tässä tarkastelussa käytettyjen menetelmien mukaan Nimettömänkankaan tuulivoimahankkeesta vaihtoehdossa VE1 voi aiheutua merkittäviä vaikutuksia Kokkoaavan kotkareviirille, minkä vuoksi voimaloiden määrää on tarpeellista vähentää suunniteltuun enimmäismäärään verrattuna. Vähennystarve koskee itäisellä osa-alueella maakuntakaava-alueen eteläpuolelle suunniteltuja voimaloita, jotka sijoittuvat Kokkoaavan reviirin ydinalueelle. Lisäksi Selkäkankaan reviiriin kohdistuvien vaikutusten vähentämiseksi kaksi lähimpänä sen reviirin ydinaluetta olevaa voimalapaikkaa suositellaan poistettavaksi tai siirrettäväksi.

een eteläpuolelle suunniteltuja voimaloita, jotka sijoittuvat Kokkoaavan reviirin ydinalueelle. Lisäksi Selkäkankaan reviiriin kohdistuvien vaikutusten vähentämiseksi kaksi lähimpänä sen reviirin ydinaluetta olevaa voimalapaikkaa suositellaan poistettavaksi tai siirrettäväksi.



Kuva: Hannu Tikkanen.

9 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä julkaisussa on tuotu esille esimerkkien avulla hyviä käytäntöjä tuulivoimasuunnittelun yhteydessä arvioitavista vaikutuksista pesimäreviirillä oleviin maakotkiin. Menetelmät on koostettu todellisten tuulivoimahankkeiden vaikutusten arvioinneista niitä edelleen kehittämiseksi. Selvitys on liittynyt kuvitteellisen tuulivoimahankkeen ympäristövaikutusten arviointiin (YVA) ja kaavoitukseen. Selvityksessä on hyödynnetty suomalaisten satelliittilähtöisin varustettujen maakotkien käyttäytymisen perusteella luotua elinympäristömallia, seurattu yhden reviiirin naaraan liikkumista sille asetetun satelliittilähtöimen avulla ja seurattu maakotkien liikkumista kahdella muulla reviiirillä maastotarkkailuilla. Näiden tietojen pohjalta on arvioitu laskennallisesti mallinnusmenetelmää käyttäen kullakin reviiirillä emon riski törmätä suunniteltuihin tuulivoimaloihin. Myös elinympäristön menetykset ja muut mahdolliset vaikutukset reviiireihin on arvioitu. Yhteisvaikutustarkastelu on laadittu toiminnassa olevan tuulivoimapuiston kanssa.

Kuvitteellinen tuulivoimapuisto sijoittuu kolmen eri kotkareviirin alueelle. Törmäysmallinnuksen ja populaatiomallinnuksen tuloksia on tarkasteltu yhdessä kotkareviireiltä käytössä olevien tietojen kanssa. Tämän työn toteuttamisessa ja vaikutusten arvioinnissa on hyödynnetty varovaisuusperiaatetta noudattaen parasta saatavilla ollutta tietoa kotkien käyttäytymisestä suhteessa rakennettuun tuulivoimaan sekä kotkien elinympäristöistä ja niiden liikkumisesta reviiireillä.

Nimettömänkankaan hankkeen törmäysvaikutusten merkittävyyttä arvioitiin laskennallisesti populaatiomallin avulla. Lähtökohdaksi merkittävyyden tulkinnalle oli, että yksittäinen reviiiri pysyy elinvoimaisena ja että sen suojelutaso on suotuisa, mikäli reviiiri pystyy tuottamaan poikasia vakaan maakotkakannan edellyttämällä tavalla. Tämä

tarkoittaa sitä, että kukin kotkapari pystyisi keskimäärin tuottamaan odotettavissa olevan lisääntymisajan aikana vähintään kaksi aikuseksi varttuvaa jälkeläistä. Mallinnuksen mukaan säilyvyys saa laskea 0,03/vuosi emoa kohden ja 0,06/vuosi paria kohden. Tätä käytetään merkittävän vaikutuksen rajana. Tämä tarkoittaisi laskennallisesti törmäystä kerran 16,6 vuodessa eli noin kahta törmäystä tuulivoimahankkeen tyypillisen reilun 30 vuoden mittaisen elinkaaren aikana.

Tuulivoimahankkeessa on tarkasteltu kahden eri toteutusvaihtoehtoa, joista laajemmassa vaihtoehdossa VE1 suunnitellaan yhteensä 49 tuulivoimalan rakentamista ja pienemmässä, maakuntakaavoituksen mukaiselle alueelle sijoituvassa vaihtoehdossa VE2 28 tuulivoimalan rakentamista. Tuulivoimalat sijoittuisivat Tulinevan, Selkäkankaan ja Kokkoavaan maakotkareviireille. Kokkoavaan reviiirillä pesäpaikat sijoittuvat lisäksi Kokkoavaan Natura-alueelle, jonka suojeluperusteena maakotka on mainittu. Yhteisvaikutuksia Kokkoavaan reviiirille muodostuu myös toiminnassa olevasta viereisestä tuulivoimapuistosta.

Tuulivoimahankkeen vaikutukset Kokkoavaan kotkareviirille arvioitiin merkittäviksi hankkeen laajemmassa toteutusvaihtoehdossa VE1. Kokkoavaan reviiirille sijoittuva toiminnassa oleva tuulivoimapuisto lisää reviiirille kohdistuvia yhteisvaikutuksia. Sekä elinympäristömallinnuksen että satelliittiaineiston perusteella reviiirin kotkat liikkuvat säännöllisesti Nimettömänkankaan itäisemmän hankkealueen eteläosassa, jonne hankkeessa on suunniteltu tuulivoimaloita. Käytettävissä olevien tietojen perusteella nämä voimalat eivät olisi toteutettavissa Kokkoavaan reviiiriin kohdistuvien merkittävien vaikutusten vuoksi. Suunnitellun tuulivoimahankkeen vaikutukset Tulinevan ja Selkäkankaan reviiireille jäävät kohtalaiselle tasolle hankevaihtoehdossa VE1. Selkäkankaan reviiirillä kaksi lähimpänä

reviirin ydintä olevaa voimalapaikkaa nousevat kuitenkin riskialttiiksi, joten niiden siirtäminen tai poistaminen on suositeltavaa. Maakuntakaavan mukaisessa suppeammassa hankevaihtoehdossa VE2 vaikutukset Kokkoavaan reviirille laskevat kohtalaiselle tasolle. Hankevaihtoehdossa VE2 vaikutukset Tulinevan ja Selkäkankaan reviireille laskevat vähäisiksi. Maakuntakaavan mukaisessa hankevaihtoehdossa ei suunnitella tuulivoimaloita reviirien keskeisille osille.

Törmäysmallinnuksessa käsitellään todennäköisyyksiä, ja pienessä populaatiossa vähäisenkin todennäköisyyden omaava tapahtuma saattaa toteutua sattuman kautta. Kotkat ovat pitkäikäisiä ja reviiriuskollisia lintuja, ja parit ovat usein yhdessä koko elämänsä. Tämän vuoksi yksittäisen reviirin säilymiselle on olennaista, että reviirin toinen lintu säilyy elossa ja pariutuu uudelleen. Tämä on mahdollista vakaassa tai kasvavassa laajemman alueen kotkapopulaatiossa, jossa populaatiossa on pesimättömiä esiakuisia ja aikuisia lintuja, jotka pystyvät paikkaamaan kuolleiden lintujen jättämiä "aukkoja". Näin ollen suurin riski koko reviirin autoitumiselle on se, että reviirin molemmat linnut menehtyisivät ennen kuin ne ehtivät pariutua uudelleen. Kuitenkin myös autoituneen elinolosuhteiltaan laadukkaan reviirin on mahdollista tulla uudelleen asutetuksi. Toisaalta tutkimustietoa ei vielä ole siitä, vaikuttaisivatko tuulivoimalat reviirille asettumisen todennäköisyyteen.

Tuulivoimalat todennäköisesti muuttaisivat kotkien liikkumista voimaloiden läheisyydessä, mikä aiheuttaisi saalistusalueiden vähene mistä reviirillä, mutta muutoksen suuruutta ja sen merkittävyyttä on vaikea arvioida. Suoria elinympäristöihin kohdistuvia vaikutuksia tai häiriövaikutuksia ei kohdistuisi nykyisille pesäpaikoille tai niiden läheisyyteen, sillä suunnitellut tuulivoimalat sijoittuvat kaikissa hankevaihtoehdoissa riittävän etäälle.

Mikäli Nimettömänkankaan hankkeen kohdalla maakotkat täydellisesti välttelisivät voimaloita, Kokkoavaan ja Selkäkankaan reviireille VE1:n mukainen toteutus olisi todennäköisesti merkittävän haitallinen. Vaikutus voi muodostua reviirin poikastuoton alenemisen kautta. Täydellinen välttely on kuitenkin epätodennäköistä. Tulinevan ja Selkäkankaan reviireillä vaikutukset jäivät merkittävän tason alapuolelle myös hankkeen laajemmassa vaihtoehdossa VE1.

Tärkein reviiriin kohdistuvien vaikutusten ehkäisykeino on voimaloiden sijoittaminen riittävän etäälle kotkille tärkeistä elinympäristöistä, kuten pesimäpaikoista ja saalistusalueista. Lähtökohtaisesti voimalat on sijoitettava niin, ettei merkittäviä vaikutuksia todennäköisesti aiheudu. Kohtalaisia vaikutuksia voidaan pyrkiä lieventämään mm. tekopesillä. Myös teknisten ratkaisujen avulla, kuten pysäytysautomaatioilla tai roottorien värjäyksin, voidaan vähentää vaikutuksia. Tulevaisuudessa tiedon lisääntyessä teknisten ratkaisujen merkitys tulee kasvamaan.

Nimettömänkankaan hankealueella on voimassa maakuntakaava, jonka laadinnan yhteydessä on aikanaan huomioitu yleispiirteisemmällä tasolla myös alueen maakotkareviirit. Kaavan suunnittelumääräyksissä reviirien elinvoimaisuuteen ohjataan kiinnitettävän huomiota tuulivoima-alueiden suunnittelussa. Tämän vaikutusten arvioinnin mukaisessa lähestymistavassa reviirien arvioidaan säilyvän elinvoimaisina, kun vaikutukset jäävät merkittävän tason alapuolelle. Tässä arvioinnissa ja maakuntakaavoituksen arvioinnissa on hieman poikkeava lähestymistapa ja oletukset, mutta tämänkään arvioinnin perusteella maakuntakaavan VE2 mukaisilla tuulivoima-alueilla maakotkalle ei arvioida aiheutuvan merkittäviä yhteisvaikutuksia läheisten tuulivoimahakkeiden kanssa eikä siten todennäköisesti laajemmalla alueella koko maakunnan tasolla.

10 Vaikutusten seuranta

Tuulivoimahankkeessa voidaan laatia seurantasuunnitelma kotkareviireille kohdistuvien vaikutusten seurantaan ja suositeltavien lieventämistoimenpiteiden toteuttamiseen sekä niiden tarpeellisuuden ja toimivuuden havaitsemiseen. YVA-selostuksessa on YVA-asetuksen 4 §:n kohdan 11 mukaan esitettävä tapauksen mukaan ehdotus mahdollisista merkittäviin haitallisiin ympäristövaikutuksiin liittyvistä seurantajärjestelyistä. Hankkeesta vastaava voi ehdottaa arviointiselostuksessa vapaaehtoisia seurantatoimia, joista yhteysviranomaisen lausuu perustellussa päätelmässä ja joihin otetaan kantaa hankkeen luvituksen yhteydessä.

Vaikutusten seuranta on erityisen tärkeää silloin, kun Natura-alueen suojeluperusteena olevalle kotkalle arvioidaan aiheutuvan vaikutuksia hankkeen toteuttamisesta. Seurannalla pyritään havait-

semaan mahdolliset törmäyskuolemat, muutokset lentokäyttäytymisessä ja saalistusalueissa sekä reviirin asuttamisessa ja pesintämenestyksessä. Lisäksi Natura-arvioinnissa seuranta liittyy olennaisena osana lieventävien toimenpiteiden toimivuuden seurantaan.

Tuulivoimahankkeisiin suositeltavia seurantamuotoja ovat mm. lintujen käyttäytymisen muutosten seuranta tuulivoimaloiden läheisyydessä, törmäysuhrien seuranta sekä poikastuoton seuranta. Maakotkalla keskeistä on etenkin käyttäytymismuutosten ja niiden vaikutusten seuranta. Törmäysuhrien seuranta on haasteellista niiden oletetun harvinaisuuden vuoksi. Esimerkiksi tässä selvityksessä merkittävänä pidettävä 0,06 lisäkuolleisuus reviirillä tarkoittaisi törmäystä kerran 17 vuodessa.

Nimettömälläkankaalla seuranta suunnitellaan toteutettavan yhteensä viitenä vuonna. Ne ajoittuvat ajalle ennen rakentamista (kesto 1 vuosi), rakentamistöiden ajalle (kesto 1 vuosi) sekä hankkeen 1., 2. ja 5. toimintavuosille (kesto yhteensä 3 vuotta). Metsähallitus seuraa lisäksi reviirin pesintämenestystä normaalien käytäntöjen mukaisesti koko hankkeen elinkaaren ajan.

Kokkoavaan reviirin lentokäyttäytymistä suunnitellaan seurattavan jatkossakin satelliittiseurannan avulla. Mikäli seuranta jostakin syystä keskeytyy, tavoitteena on pyrkiä varustamaan seurantatiedon keräämistä varten sama tai uusi yksilö satelliittilähettimellä. Muita reviirejä seurattaisiin maastohavaintojen avulla. Erityisesti pyritään selvittämään, min-

kä verran lentoaktiivisuus ja käyttäytyminen muuttuvat tuulivoimaloiden vaikutuksesta. Maastossa ihmisen toimesta tehtävien lentojen tarkkailun tarpeen arvioidaan olevan noin 100 tuntia vuosittain yhtä reviiriä kohden.

Maakotkan esiintyminen reviireillä selvitetään vuosittain. Mikäli on syytä epäillä lajilla olevan uusi pesäpaikka, se paikannetaan maastokartoituksilla. Lisäksi varmistetaan yhteistyössä Metsähallituksen kanssa, että kyseisten lajien pesimämenestyksestä saadaan joka vuosi luotettava käsitys.

Tulokset esitetään vuosittaisina raportteina, jotka toimitetaan lajin suojelusta vastaaville viranomaisille ja tuulivoimapuiston toiminnasta vastaavalle.

11 Suositukset vaikutusten arvioinnin kehittämiseksi

Tällä hetkellä voidaan selvittää varsin luotettavasti maakotkien lentoaktiivisuus tuulivoimatuotantoon suunnitellulla alueella sekä hahmottaa alueen merkitys mahdollisille vaikutusalueella sijaitseville maakotkareviireille. Sen sijaan tuulivoimaloista aiheutuvien vaikutusten arviointi on puutteellisten tietojen vuoksi vielä osin epävarmaa ja teoreettista. Arviointeihin joudutaan sisällyttämään oletuksia, myös sellaisia, jotka tulevaisuudessa voivat osoittautua virheellisiksi.

Suomesta on vain vähän kokemuksia maakotkareviirille sijoitettujen tuulivoimaloiden vaikutuksista. Maailmalla saadut kokemukset osoittavat maakotkien välttelevän voimaloita. Toisaalta kielteisiäkin vaikutuksia on todettu. Lisäksi korostuneita epävarmuuksia liittyy nykyaikaisten suurten voimaloiden vaikutuksiin ja Suomen olosuhteisiin. Näistä syistä tuulivoiman sijoittaminen maakotkareviirille tulee olla tarkkaan harkittua.

Tulevaisuudessa tutkimus- ja kokemustiedon karttumisen myötä myös vaikutusten arviointien tarkkuus paranee. Keskeiset kehittämis- ja tutkimustarpeet liittyvät toteutuneiden vaikutusten seurantaan, välttämiskäyttäytymiseen ja sitä kautta mahdollisiin saalistusalueiden muutoksiin sekä törmäysriskeihin ja reviirin elinvoimaisuuteen kohdistuviin kokonaisvaikutuksiin. Kokemusperäisen tiedon lisäämiseksi jatkossa olisi tärkeää keskittyä kotkareviireille sijoittuvien hankkeiden seurantoihin sekä paikannuslaitteilla että maastotarkkailuilla.

Tärkeää olisi saada kokemusta myös haittojen vähentämiseen tähtäävien toimenpiteiden toimivuudesta, kuten tutkattai kuva-avusteisen roottorien pysäytys-

automaatiikan ja reviirin käytön ohjauksesta tekopesiä rakentamalla.

Vaikutusten merkittävyyden arvioinnissa keskeistä on vaikutusten tarkastelu sekä yksittäisillä reviireillä että laajemmin populaatiossa. Tuulivoimahankkeita on suunnitteilla/esiselvityksessä lähes puolelle Suomen tiedossa olevista maakotkareviireistä. Mahdollista on, että tulevaisuuden tuulivoimarakentamisen laajimmat populaatiotason vaikutukset kohdistuvat Suomen lintulajeista juuri maakotkaan. Yhteisvaikutusten tarkastelu olisi tarpeen toteuttaa samanaikaisesti lajin koko levinneisyysalueella Suomessa. Laajempi tarkastelu mahdollistaa tarvittaessa myös maakunnallisten erityispiirteiden huomioimisen vaikutusten arvioinneissa. Populaatiotason vaikutusten arvioinnin tarkentamiseksi tärkeätä olisi saada myös demografiset tutkimukset kotimaisista säilyvyyksistä yms. arvoista.

Maakotkapopulaation elinkyvyn kannalta levinneisyysalueen reunalla ja harvan kannan alueella tuottavaksi todettuja reviirejä ja pesäpaikkoja voi olla perusteltua suojella vahvemmin kuin tiheän kannan alueella heikosti tuottavia pesäpaikkoja ja reviirejä. Tarkempi yhteisvaikutusten arviointi valtakunnallisesti ja maakunnallisesti mahdollistaisi tuulivoimahankkeiden ja maakotkan elinalueiden yhteensovittamisen tiheän kannan alueilla. Tämä mahdollistaisi populaation hyvin/heikosti tuottavien reviirien aseman tarkoituksenmukaisen huomioimisen. Tätä kautta olisi perusteltua laatia maakotkan levinneisyysalueella esimerkiksi ELY-kohtaisesti suositukset tuulivoimatuotannon ja maakotkareviirien yhteensovittamisesta.

Lähteet

- Alerstam, T., Rose´n, M., Backman, J., Ericson, P. G. P. & Hellgren, O. 2007: Flight speeds among bird species: Allometric and phylogenetic effects. – *PLoS Biol* 5(8): e197. <doi:10.1371/journal.pbio.0050197>.
- Allison, T. D., Diffendorfer, J. E., Baerwald, E. F., Beston, J. A., Drake, D., Hale, A. M., Hein, C. D., Huso, M. M., Loss, S. R., Lovich, J. E., Strickland, D., Williams, K. & Winder, V. 2019: Impacts to wildlife of wind energy siting and operation in the United States. – *Issues in Ecology* 21: 1–24.
- Band, W. 2012: Using a collision risk model to assess bird collision risk for offshore wind farms. Guidance Document. – British Trust for Ornithology & The Crown Estate. 62 s.
- Band, W., Madders, M. & Whitfield, D. P. 2007: Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. – *Teoksessa: de Lucas, M., Janss, G. F. E. & Ferrer, M. (toim.), Birds and wind farms: Risk assessment and mitigation. Quercus, Madrid. S. 259–275.*
- Balotari-Chiebao, F., Valkama, J. & Byholm, P. 2021: Assessing the vulnerability of breeding bird populations to onshore wind-energy developments in Finland. – *Ornis Fennica* 98: 59–73.
- Coch, E. & White, G. 2022: Program MARK a gentle introduction. – <phidot.org/software/mark/docs/book>.
- Falkdalen, U., Falkdalen Lindahl, L. & Torgeir, N 2013: Fågelundersökning vid Storruns vindkraftanläggning Jämtland. Naturvårdsverket, Rapport 6574. 120 s.
- FCG Finnish Consulting Group 2021: Rakenettujen tuulivoimapuistojen linnustovai-
kutusten seurannat 2014–2021. – FCG Finnish Consulting Group.
- Fielding, A. H. & Haworth, P. 2010: Eagles and windfarms: A review of the possible effects of windfarms on golden eagles in Scotland. – *Haworth Conservation*. 56 s.
- Fielding, A. H., Anderson, D., Benn, S., Dennis, R., Geary, M., Weston, E. & Whitfield, D. P. 2021a: Non-territorial GPS-tagged Golden Eagles *Aquila chrysaetos* at two Scottish wind farms: Avoidance influenced by preferred habitat distribution, wind speed and blade motion status. – *PLoS ONE* 16(8): e0254159. <doi.org/10.1371/journal.pone.0254159>.
- Fielding, A. H., Anderson, D., Benn, S., Dennis, R., Geary, M., Weston, E. & Whitfield, D. P. 2021b: Responses of dispersing GPS-tagged Golden Eagles (*Aquila chrysaetos*) to multiple wind farms across Scotland. – *Ibis*. <doi: 10.1111/ibi.12996>.
- Hedfors, R. 2014: Movement ecology of Golden eagles (*Aquila chrysaetos*) and risks associated with wind farm development. – Department of Wildlife, Fish, and Environmental studies Umeå. 37 s.
- Johnston, N. N., Bradley, J. E. & Otter, K. A. 2014: Increased flight altitudes among migrating Golden Eagles suggest turbine avoidance at a Rocky Mountain wind installation. – *PLoS ONE* 9: e93030. <doi.org/10.1371/journal.pone.0093030 PMID: 24671199>.
- Katzner, T. E., Nelson, D. M., Brahan, M. A., Doyle, J. M., Fernandez, N. B., Duerr, A. E., Bloom, P. H., Fitzpatrick, M. C., Miller, T. A., Culver, R. C. E., Baswell, L. & Dewoody, J. A. 2017: Golden Eagle fatalities and the continental-scale consequences of local wind-energy generation. – *Conservation Biology* 31: 406–415.
- Langgemach, T & Dürr, T: 2022: Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. - Stand 17. Juni 2022, Aktualisierungen außer Fundzahlen hervorgehoben. – Staatliche Vogelschutzwarte. Brandenburg. <lfu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Dokumentation-Voegel-Windkraft.pdf>. 150 s.

- May, R., Nygård, T., Falkendalen, U., Åström, J., Hamre, Ø. & Stokke, B. G. 2020: Paint it black: Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. – *Ecology and Evolution* 10 (16): 8927–8935.
- McClure, C. J., Rolek, B. W., Dunn, L., McCabe, J. D., Martinson, L. & Katzner, T. 2021: Eagle fatalities are reduced by automated curtailment of wind turbines. – *Journal of Applied Ecology* 58 (3): 446–452. <doi.org/10.1111/1365-2664.13831>.
- Meller, K. 2017: Kirjallisuusselvitys tuulivoimaloiden vaikutuksista linnustoon ja lepakoihin. – Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 27/2017. 68 s.
- Miller, T. A. 2019: Assess risk of individual turbines to Golden Eagles. – *Conservation Science Global*. 28 s.
- Morris, W. F. & Doak, D. F. 2002: Quantitative conservation biology: Theory and practice of population viability analysis. – Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA. 480 s.
- Mäkelä, K. & P. Salo, P. 2021: Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi. Opas tekijälle, tilaajalle ja viranomaiselle. – Suomen ympäristökeskuksen raportteja 47/2021. 346 s.
- Ollila, T. & Koskimies, P. 2008: Maakotkan ja muuttohaukan suojelutaso Suomessa. – *Linnut-vuosikirja 2007*: 8–17.
- Ollila, T. 2019: Suomen maakotka 2018. Onko pesintämenestys huonontumassa? – *Linnut vuosikirja 2018*: 104–109.
- Ollila, T. 2021: Raportti maakotkan, muuttohaukan, tunturihaukan sekä Oulun ja Lapin läänien merikotkien pesinnöistä vuonna 2021. – Metsähallitus, Vantaa. 14 s.
- Pelkonen, P., Lensu, A., Ponnikas, S. & Tikkanen, H. 2022: Using Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) species distribution models for territory simulations and carrying capacity estimation. – Käsikirjoitus 15.11.2022.
- Ponnikas, S. 2014. Establishing conservation management for avian threatened species. – Väitöskirja, Oulun yliopisto. Universitatis Ouluensis A 621. 70 s.
- Saurola, P., Valkama, J. & Velmala, W. 2013: Suomen Rengastusatlas 1. – Luomus, Helsinki. 549 s.
- Scottish Natural Heritage 2000: Windfarms and birds: Calculating a theoretical collision risk assuming no avoiding action. – Guidance. 10 s. <[nature.scot/sites/default/files/2017-09/Guidance%20Note%20-%20Windfarms%20and%20birds%20-%20Calculating%20a%20theoretical%20collision%20risk%20assuming%20no%20avoiding%20action.pdf](https://www.nature.scot/sites/default/files/2017-09/Guidance%20Note%20-%20Windfarms%20and%20birds%20-%20Calculating%20a%20theoretical%20collision%20risk%20assuming%20no%20avoiding%20action.pdf)>.
- Scottish Natural Heritage 2010: Use of avoidance rates in the SNH wind farm collision risk model. – SNH Avoidance Rate Information & Guidance Note. 10 s.
- Suorsa 2019: Linnustovaikutusten seuranta suomalaisissa tuulivoimapuistoissa. – *Linnut vuosikirja 2018*.
- Stubben, C. J. & Milligan, B. G. 2007: Estimating and analyzing demographic models using the popbio package in R. – *Journal of Statistical Software* 22: 11.
- Tiainen, J., Mikkola-Roos, M., Below, A., Jukarainen, A., Lehtikainen, A., Lehtiniemi, T., Pessa, J., Rajasärkkä, A., Rintala, J., Sirkiä, P. & Valkama, J. 2016: Suomen lintujen uhanalaisuus 2015. – Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 49 s.
- Tikkanen, H., Rytönen, S., Karlin, O.-P., Ollila, T., Pakanen, V.-M., Tuohimaa, H. & Orell, M. 2018: Modelling Golden Eagle habitat selection and flight activity in their home ranges for safer wind farm planning. – *Environmental Impact Assessment Review* 71: 120–131.
- Tikkanen, H., Ekblad, C., Karlin, O.-P. & Pakanen, V.-M. 2022: Suomen maakotkien elinympäristöjen, lentokäyttäytymisen ja populaation mallintaminen tuulivoimasuunnittelun avuksi. – Käsikirjoitus 1.1.2022, Metsähallitus, Vantaa.
- Watson, J. 2010: The Golden Eagle. 2. painos. – T & AD Poyser, London. 464 s.

- Watson, R. T., Kolar, P. S., Ferrer, M., Nygård, T., Johnston, N., Hunt, W. G., Smit-Robinson, H. A., Farmer, C. J., Huso, M. M. & Katzner, T. E. 2018. Raptor interactions with wind energy: case studies from around the world. – *Journal of Raptor Research* 52: 1–18.
- Whitfield, D. P. 2009: Collision avoidance of Golden Eagles at wind farms under the 'Band' collision risk model. – Report to Scottish Natural Heritage. 35 s.
- Ympäristöministeriö 2016a: Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. – Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016. 121 s.
- Ympäristöministeriö 2016b: Linnustovaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa. – *Suomen Ympäristö* 6/2016. 25 s.

Uusimmat Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisut

Sarja A

- No 233 Arponen, H., Keskinen, E., Lanki, M. & Nieminen, A. 2021: EMMAt esitellyssä – Katsaus Suomen ekologisesti merkittäviin vedenalaisiin meriluontoalueisiin. 334 s.
- No 234 Niemi, M., Rautiainen, M., Kilpeläinen, P. & Turtinen, E. 2021: Metsäpeuran rotupuhtaustyö ja sen kehittäminen 2017–2019. 38 s.
- No 235 Haapasalo, T. 2021: Tavoitteena kestävä virkistyskalastus – Oulanka-, Kitka- ja Kuusinkijoen kalastajakyselyn 2020 tuloksia. 54 s.
- No 236 Konu, H., Neuvonen, M., Mikkola, J., Kajala, L., Tapaninen, M. & Tyrväinen, L. 2021: Suomen kansallispuistojen virkistyskäyttö 2000–2019. 131 s.
- No 237 Puikkonen, L., Niemi, M., Rautiainen, M., Pietarila, J., Hiedanpää, J. & Pellikka, J. 2022: Esiselvitys metsäpeura-aidan rakentamisesta Pohjois-Pohjanmaalle. 146 s.
- No 238 Haapamäki, J., Haavisto, F., Hoikkala, J. & Riihimäki, A. (toim.) 2022: Suomen meriluonnonsuojelualueiden hoidon tehokkuuden arviointi – Menetelmän pilotointi. 79 s.
- No 239 Toivola, M. 2022: Luonnonhoidollinen vieraspetopyynti saaristossa – Sotka-hankkeen tuloksia. 58 s.
- No 240 Toivola, M. 2022: Naturvårdsmässig jakt av främmande rovdjur i skärgården – Sotka-projektets resultat. 58 s.

Sarja B

- No 263 Martikainen, M. 2021: Hiidenportin kansallispuiston kävijätutkimus 2021. 69 s.
- No 264 Malinen, M. 2021: Leivonmäen kansallispuiston kävijätutkimus 2021. 78 s.
- No 265 Martikainen, M. 2022: Hiidenportin, Hossan, Oulangan, Riisitunturin ja Syötteen kansallispuistojen kävijätutkimusten vertailu 2021. 41 s.
- No 266 Latja, P. 2022: Pallas–Yllästunturin kansallispuiston kävijätutkimus 2021. 111 s.
- No 267 Puranen, T. & Mikkola, M. 2022: Torronsuon kansallispuiston kävijätutkimus 2020–2021. 60 s.

Sarja C

- No 180 Metsähallitus 2022: Tulliniemen linnustonsuojelualueen ja Bengtsårin lehdon hoito- ja käyttösuunnitelma. 132 s.
- No 181 Metsähallitus 2022: Selkämeren kansallispuiston ja Natura 2000 -alueiden hoito- ja käyttösuunnitelma. 199 s.
- No 182 Metsähallitus 2022: Helvetinjärven kansallispuiston hoito- ja käyttösuunnitelma. 109 s.
- No 183 Metsähallitus 2022: Pinkjärven ja Las-tensuon hoito- ja käyttösuunnitelma. 99 s.



ISSN-L 1235-6549
ISSN (VERKKOJULKAISU) 1799-537X
ISBN 978-952-377-065-2 (PDF)
JULKAISUT.METSA.FI