

Vastaanottaja
ABO Wind Oy

Asiakirjatyyppi
Törmäysmallinnus

Päivämäärä
4.9.2023

Viite
1510068828

Murskemäen tuulivoima- hanke

Kurjen törmäysmallinnus 2022–2023



Murskemäen tuulivoimahanke

Kurjen törmäysmallinnus 2022–2023

Projekti **Murskemäen tuulivoimahanke**
Projekti nro **1510068828**
Vastaanottaja **Abo Wind Oy**
Asiakirjatyyppi **Törmäysmallinnusraportti**
Päivämäärä **4.9.2023**
Laatija **Aku Kalliomäki, Ramboll Finland Oy**
Tarkastaja **Tiina Virta, Heikki Tuohimaa, Ramboll Finland Oy**
Hyväksyjä **Annika Rossi, ABO Wind Oy**
Kuvaus **Murskemäen kurjen törmäysmalli**
Kansikuva **Kurkia liidossa © Juho Jolkkonen, Ramboll Finland Oy**

Ramboll
Kansikatu 5B
33100 TAMPERE

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201

Sisältö

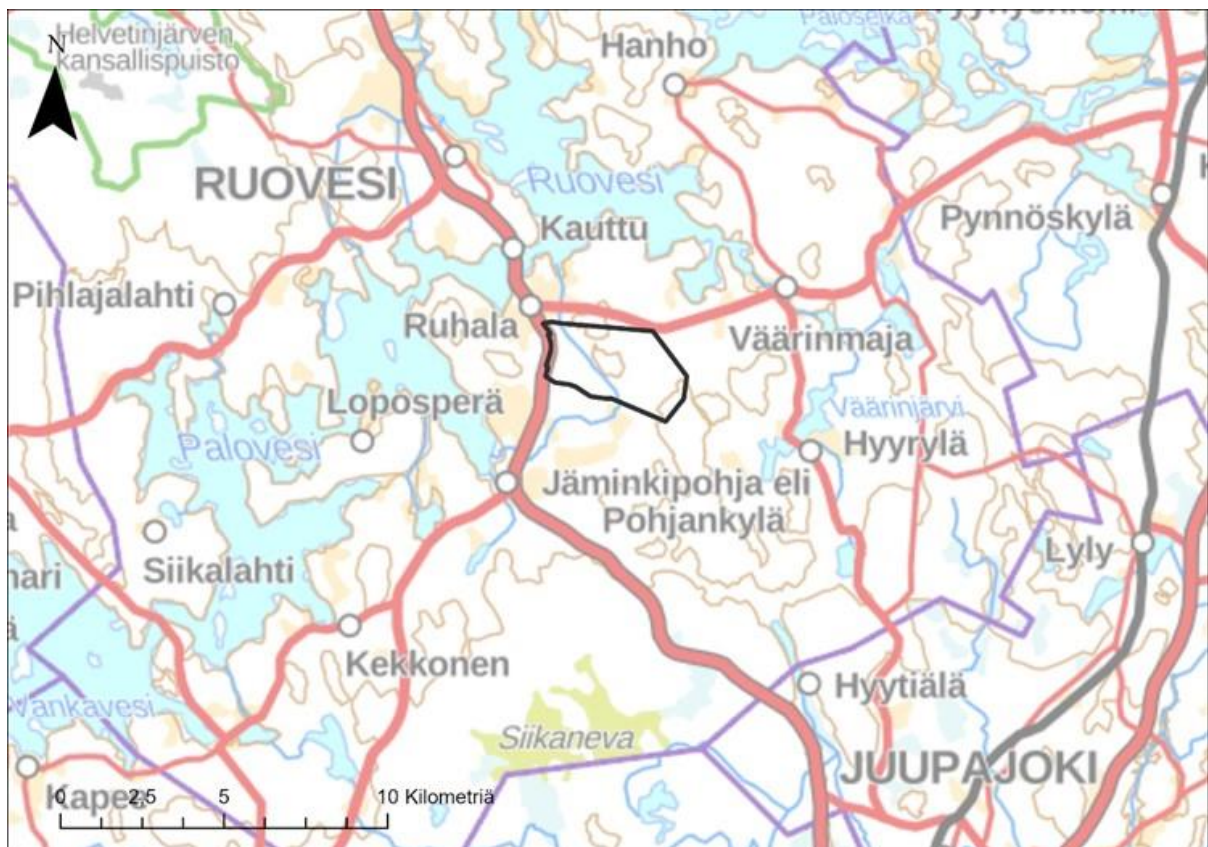
1.	Johdanto	2
2.	Aineisto ja menetelmät	3
2.1	Lähtötiedot	4
2.2	Kurkien muuttomäärä	5
2.3	Muuttomäärän arviointiin liittyvät epävarmuustekijät	7
2.4	Törmäysmallinnuksen epävarmuustekijät	8
3.	Tulokset	8
4.	Johtopäätökset	9
5.	Viitteet	10

1. Johdanto

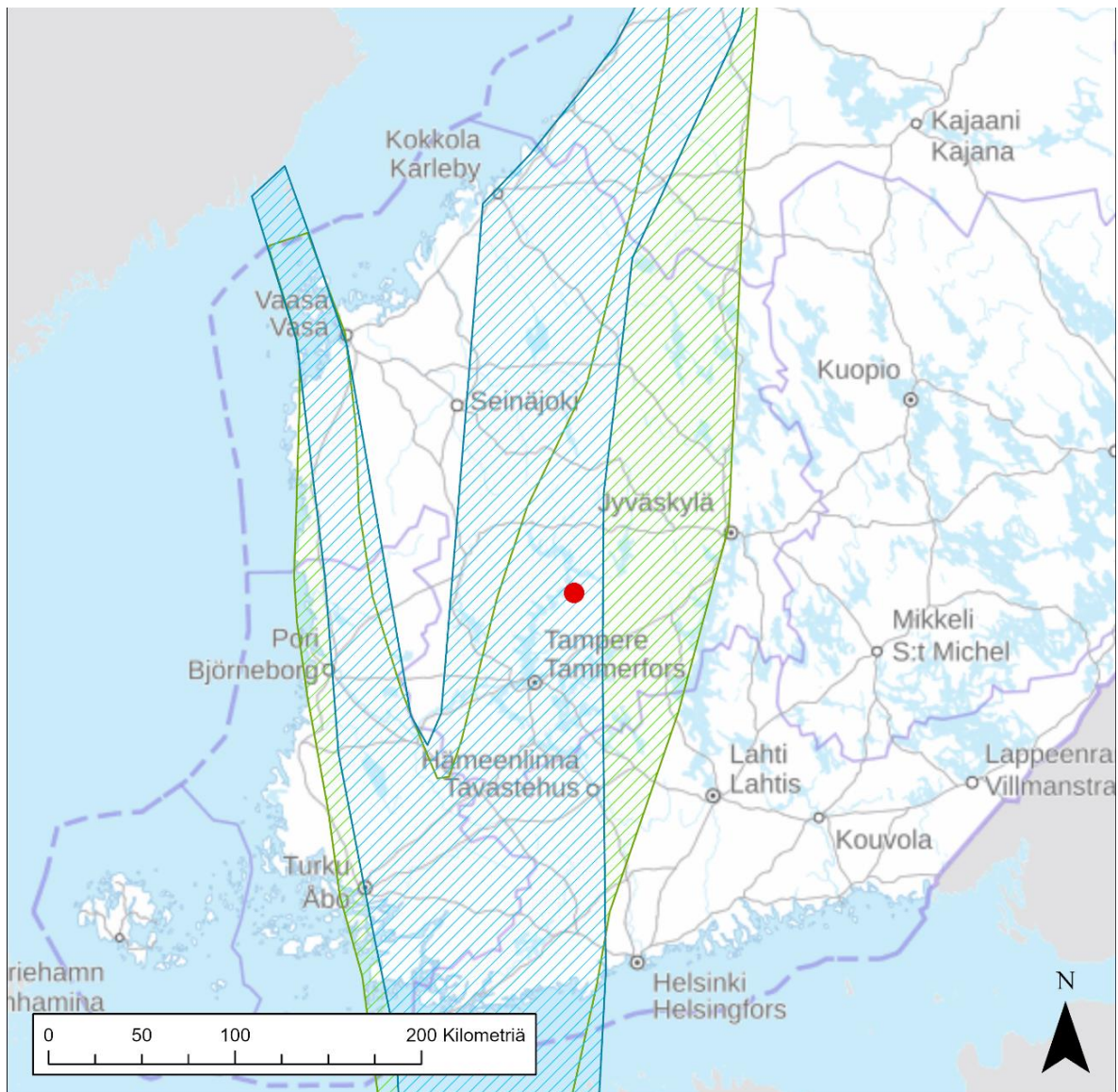
Tämä kurjen törmäysmallinnus tehtiin osana ABO Wind Oy:n Ruoveden alueelle sijoittuvan Murskemäen tuulivoimahankkeen YVA-menettelyä. Ympäristövaikutusten arviointiin liittyen Ramboll Finland Oy laati hankealueella linnuston syys- ja kevätmuutonseurannan (Ramboll Finland 2023a, Ramboll Finland 2023b), joiden tulosten perusteella nähtiin tarpeelliseksi mallintaa kurjen törmäysriskiä.

Hankealue sijoittuu Pirkanmaan pohjoisosaan, Ruoveden keskustan kaakkoispuolelle (Kuva 1–1). Hankealueelle on suunnitteilla enintään 5 voimalan tuulipuisto. Voimalat ovat kokonaiskorkeudeltaan 300 metriä, josta roottorin halkaisija 200 m. Hankealue sijaitsee kurjen päämuuttoreittien varrella sekä syys- että kevätmuutolla (Kuva 1–2) (Lehtiniemi & Toivanen 2023). Kurkia havaittiinkin runsaasti alueella tehdyissä muuttolintuseurannoissa. Kurki on suurikokoisena lintuna erityisen altis tuulivoimatörmäyksille. Kurki on lisäksi EU:n lintudirektiivin I-liitteen laji.

Törmäysmallinnuksen laati Aku Kalliomäki Ramboll Finland Oy:stä. Työn tarkastajina toimivat Tiina Virta ja Heikki Tuohimaa Ramboll Finland Oy:stä.



Kuva 1-1. Hankealueen sijainti on osoitettu mustalla rajauksella. Maastokartta, MML 2023.



Kuva 1-2. Kurkien päämuuttoreittien sijoittuminen Murskemäen hankealueeseen nähden. Sininen alue kuvaa kevätmuuttoreittiä ja vihreä syysmuuttoreittiä. Hankealueen sijainti on merkitty punaisella ympyrällä.

2. Aineisto ja menetelmät

Läpimuuttavien kurkien törmäysriskiä arvioitiin ns. Bandin tasomallilla (Band ym. 2007) ja arviota korjattiin kurjen lajikohtaisella väistökertoimella. Arviointimenetelmä on kaksivaiheinen: Ensimmäisessä vaiheessa arvioidaan maastohavaintoihin perustuvan muuttovuon avulla todennäköisyys, jolla suunnittelualueen kautta lentävä lintulaji kohtaisi tuulivoimalan roottorin. Laskelma ottaa huomioon riskikorkeudella lentävien lintujen lukumäärän ja tuulivoimaloiden roottorien muodostaman yhteispinta-alan. Toisessa vaiheessa arvioidaan todennäköisyys, jolla roottorin läpi lentävä lintu osuu roottorin lapaan. Osumistodennäköisyyteen vaikuttavat linnun lentonopeus ja lentotapa, linnun koko sekä tuulivoimaloiden tekniset ominaisuudet (roottorin pyörimisnopeus, lavan mitta, lapakulma). Törmäämistodennäköisyys laskettiin törmäysmallinnukseen tarkoitetulla Excel-työkälulla.

2.1 Lähtötiedot

Törmäysmallinnus tehtiin hankkeesta saaduilla tiedoilla (Taulukko 2–1), jossa voimalakorkeus on 300 m (5 kpl), roottorin halkaisija 200 m ja lavan maksimihalkaisija 4,8. Koska roottorit eivät pyöri jatkuvasti maksiminopeudella, mallinnuksessa käytettiin tuulivoimalan pyörähdysajasta arvoa 6,06 s, mikä on maksimipyörimisnopeus alennettuna 10 prosentilla. Keskimääräisenä lapojen tasokulmana käytettiin 25 astetta.

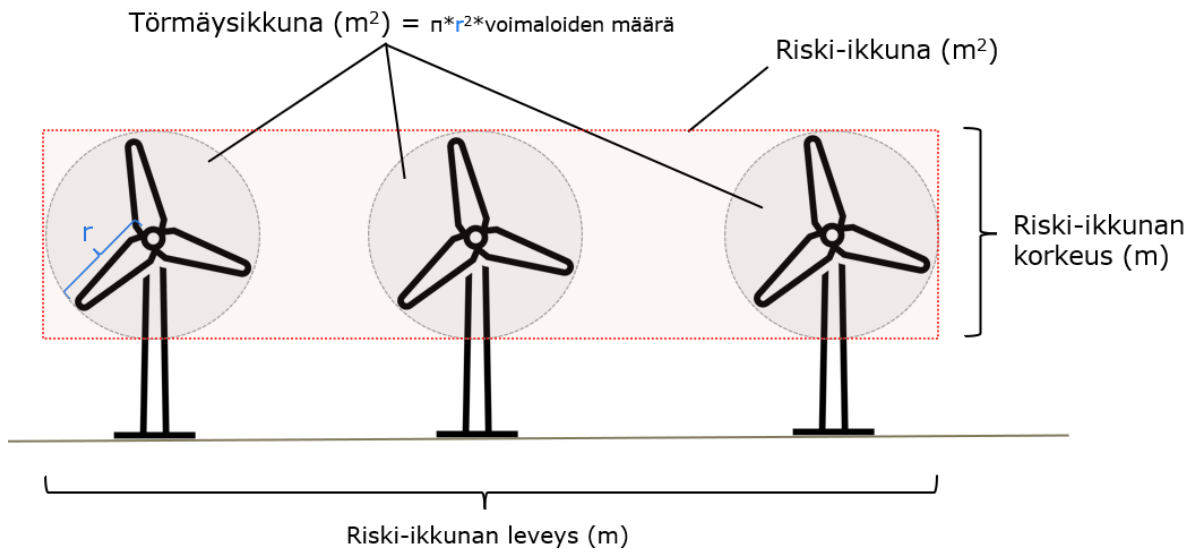
Törmäysmallinnus laskettiin sillä oletuksella, että roottorit pyörivät keskimäärin 85 % ajasta. Muina aikoina tuuli on joko liian alhainen tai voimakas tai voimala on pysähdyksissä huollon tai vian vuoksi. Laskennallisen käyttöasteen muuttaminen nostaisi tai laskisi mallinnettuja törmäyskuolemia samassa suhteessa. Mallinnuksen oletuksena oli, että arvioidut lintulajit eivät törmää paikallaan olevaan roottoriin.

Taulukko 2-1. Törmäysmallinnuksessa käytetyn voimalatyyppin mitat.

Roottorin halkaisija (m)	200
Napakorkeus (m)	200
Riskikorkeuden yläraja (metriä maanpinnasta)	300
Riskikorkeuden alaraja (metriä maanpinnasta)	100
Voimaloiden lukumäärä	5
Voimaloiden käyttöaste	0,85
Lapojen lukumäärä (per voimala)	3
Lavan maksimileveys (m)	4,8
Lapakulma (astetta)	25
Roottorin pyörimisnopeus (sekuntia/kierros)	6,06

Tuulivoimapuisto on reunimmaisten voimalapaikkojen välillä enimmillään 2420 metriä leveä, voimaloiden lapojen pituuden huomioon ottaen 2620 metriä. Jälkimmäistä lukua käytetään törmäysmallinnuksessa riski-ikkunan leveytenä. Riski-ikkuna on tuulivoimala-alueen kokonaisleveyden ja roottoripinta-alan (törmäysikkuna) muodostama alue, minkä läpi lentäessään linnulla on riski törmätä tuulivoimalaan (Kuva 2–1). Suunnitellut voimalat sijoittuvat hankealueelle itä-länsisuuntaisesti, eli voimala-alue on leveimmillään kurkien päämuuttosuuntaan nähden. Riski-ikkunan korkeus on 200 metriä, eli sama kuin voimaloiden roottorin halkaisija.

Lisäksi mallin lähtöarvoina käytettiin lentävän kurkiyksilön mittoina pituus 1,15 m, siipien kärkiväli 2,32 m, lentonopeus 14,3 m/s ja lentotapana liitely.



Kuva 2-1. Havainnekuva riski-ikkunasta.

2.2 Kurkien muuttomäärä

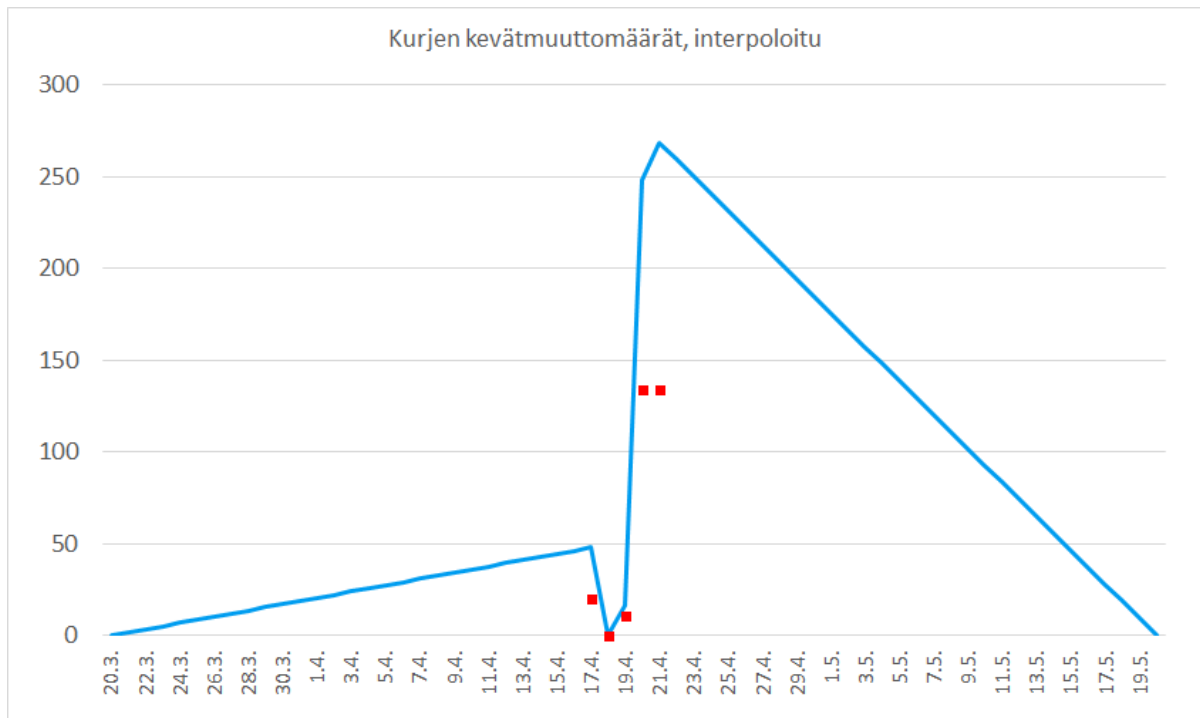
Selvitysalueen kautta lentävien kurkien määrää arvioitiin syksyllä 2022 sekä keväällä 2023 suoritettujen muuttolintuseurantojen perusteella (Ramboll Finland 2022a, Ramboll Finland 2023b). Syysmuuttokautena havainnointia tehtiin 5.9.2022 ja 22.10.2022 välisenä aikana 12 päivänä ja kevätmuuttokautena 17.4.2023–21.4.2023 havainnointia tehtiin viitenä päivänä. Havainnointia tehtiin yhteensä 117,5 tunnin ajan.

Törmäysmallinnuksessa kurkien lennon riskikorkeudeksi on asetettu suunniteltujen voimaloiden mittojen perusteella 100–300 m. Havaittujen kurkien lentokorkeus arvioitiin sen perusteella, lensikö kurki yli (300 m) vai alle (100 m) riskikorkeuden. Syksyllä 2022 havaittiin yhteensä 3598 muuttavaa kurkea, joista 14 (0,4 %) lensi riskikorkeudella. Keväällä 2023 havaittiin 299 muuttavaa kurkea, joista 68 (22,7 %) lensi riskikorkeudella. Kaikki keväällä havaitut kurjet lensivät korkeintaan 4 kilometrin etäisyydeltä havaintopisteeltä, eli yhteensä 8 kilometrin kaistalla. Syysmuuttohavainnoista ei ole saatavilla etäisyystietoja, mutta kaikkien kurkien on oletettu muuttaneen saman levyisellä kaistalla kuin keväällä. Vaikka kurjet muuttivat pääosin riskikorkeuden yläpuolella, on tässä törmäysmallinnuksessa oletettu varovaisuusperiaatteen mukaisesti, että 50 % kurjista lentäisi riskikorkeudella. Tämän voi katsoa edustavan mahdollista ääritilannetta.

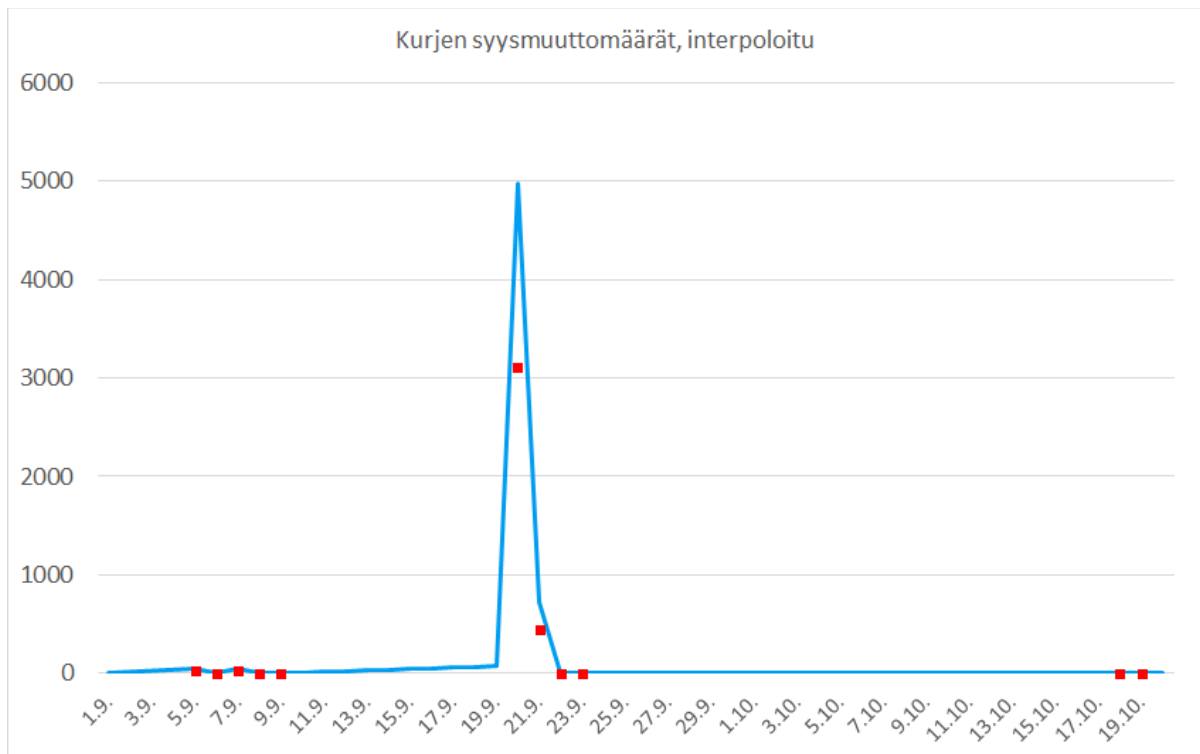
Kun 8 kilometrin kaistalta lentäneet kurjet suhteutetaan voimala-alueen leveyteen (2620 metriä) ja oletetaan 50 % kurjista lentäneet riskikorkeudella, saadaan riski-ikkunan kautta lentäneiden kurkien osuudeksi koko havainnoinnin ajalta noin 638 kurkea. Arvio koko vuoden aikana riski-ikkunan läpi lentäneiden kurkien määrästä saatiin interpoloimalla lineaarisesti havainnoimattomat päivät edellisen ja seuraavan havainnointipäivän perusteella sekä kevään että syksyn osalta. Näin saadaan mallinnettua, kuinka paljon yksilöitä olisi havaittu koko muuttokauden aikana, jos havainnointia olisi tehty joka päivä 12 tunnin ajan. Syysmuuton huippupäivä aiheutti laskennallisen vääristymän interpolointiin, koska huipun ja sitä edeltäneen havainnointipäivän välissä oli 10 päivää, jolloin ei havainnoitu. Tämä nosti väliin jäävien päivien arvioidun kurkimäärän huomattavan korkeaksi. Vääristymän vuoksi interpolointiin tehtiin manuaalinen korjaus, jossa huippumuuttopäivää edeltävälle päivälle (19.9.2022) asetettiin arvoksi 72,77, mikä on keskimääräinen havaittu kurkimäärä kaikilta paitsi huippumuuttopäivältä. Kevätmuuttokauden pituudeksi asetettiin 20.3.–20.5.

ja syysmuuttokauden pituudeksi 1.9.–20.10. Kummankin muuttokauden ensimmäisen ja viimeisen päivän arvoksi asetettiin oletuksena 0, sillä muuttoa ei laskettu tapahtuvan näiden päivämäärien ulkopuolella.

Interpoloinnin tuloksena koko vuoden aikana 8 kilometrin kaistalta arvioitiin lentäneen noin 11 207 kurkea. Näistä riski-ikkunan läpi lentäneiden osuudeksi laskettiin 1835. Kun otetaan huomioon mallinnuksessa käytetty riskikorkeudella lentäneiden suuri osuus, voi vuosittain riski-ikkunan läpi lentävien kurkien määräksi arvioida enimmillään 1000-3000 kurkea.



Kuva 2-2. Interpolointi kevään kurkimuuttomääristä. Punaiset pisteet kuvaavat muuton seuranta päivien tuloksia. Sininen viiva on interpoloitu kunkin päivän (12 tuntia) arvioidun kokonaismuuttomäärän perusteella.



Kuva 2-3. Interpolointi syksyn kurkimuuttomääristä. Punaiset pisteet kuvaavat muonon seuranta päivien tuloksia. Sininen viiva on interpoloitu kunkin päivän (12 tuntia) arvioitun kokonaismuuttomäärän perusteella. Huippumuuttopäivän aiheuttamaa vääristymää on korjattu pienentämällä edeltävän päivän arvoa manuaalisesti.

Koska lintujen on havaittu herkästi kiertävän tuulivoimapuistoja ja niiden läpi lentäessäänkin väistävän yksittäisiä tuulivoimaloita, mallin antamaa tulosta korjattiin lajikohtaisilla väistökertoimilla. Kurjen väistöprosenttina käytettiin ensimmäisessä skenaariossa arvoa 98 %, mikä on suositusarvo kaikille lajeille siinä tilanteessa, että tarkempaa tutkimusta ei ole käytettävissä (Scottish Natural Heritage 2017). Pohjois-Ruotsissa on tutkittu kurkien muuton sijoittumista ennen ja jälkeen tuulivoimapuiston rakentamista, ja kurjella kaikkien yksilöiden todettiin kiertävän rakennettu tuulivoimapuisto kokonaisuudessaan (Granér ym 2011). Tanskassa tehdyssä tutkimuksessa kurjen väistöprosentiksi laskettiin yhden tuulivoimapuiston osalta kahden vuoden seurannan perusteella vähintään 99,88 % (Drachmann ym 2021). Suomessa tehdyissä seurannoissa on havaittu vain yksi kurjen törmäys tuulivoimalaan (Suorsa 2019). Väistöprosenttia 99,88 käytetään törmäysmallinnuksen toisessa skenaariossa. Näiden tutkimusten perusteella kurjelle ei ole perusteltua käyttää oletusarvoa (98 %) alhaisempaa väistökerrointa, kun taas todellinen väistävien yksilöiden osuus saattaa olla oletusarvoa vieläkin suurempi.

2.3 Muuttomäärän arviointiin liittyvät epävarmuustekijät

Kurjen muuttoaktiivisuuden vaikuttaa merkittävästi vallitsevat sääolosuhteet. Koska havainnointi on keskittynyt muuttosään puolesta hyvälle muuttopäiville, on interpoloimalla laskettu kurkimäärä todennäköisesti todellista korkeampi. Mitä vähemmän seuranta päiviä on, sitä epävarmempi arvio interpoloimalla saadaan. Malli lisäksi olettaa, että kurkien muutto jakautuu päivän aikana tasaisesti 12 tunnille. Näin ei kuitenkaan käytännössä tapahdu, vaan kurkien aktiivisin muutto keskittyy yleensä tiettyyn aikaan vuorokaudesta. Jos päivän havainnointitunnit ovat ajoitettu kurkimuuton vilkkaimpaan aikaan, koko 12 tunnin jaksolle suhteutettu arvio on helposti liian korkea.

Huomionarvoista on syksyinen kurjen päämuuttopäivä 20.9.2022, jolloin muuton seurannassa havaittiin 7,5 tunnin aikana 3106 kurkea. Samana päivänä Suomessa laskettiin ennätysellisen voimakasta kurkimuuttoa, joten myös Murskemäen muuton seurannassa tuona päivänä laskettu määrä on mahdollisesti normaalia runsaampi. Toisaalta kevätkuultokaudella havainnointi hankealueella aloitettiin vasta 17.4., kun kurkien päämuutto tapahtui jo 11.–12.4. Lyhyen havainnointijakson vuoksi myös tuloksen virhemarginaali on suurempi. Keskimäärin epävarmuustekijöiden aiheuttamat virheet kasvattavat laskettuja törmäyksiä.

2.4 Törmäysmallinnuksen epävarmuustekijät

Bandin mallin mukaisessa törmäysmallinnuksessa lintujen oletetaan kohtaavan roottorin aina kohtisuoraan, eli linnut lentäisivät suoraan myötätuuleen tai vastatuuleen. Malli ottaa huomioon eri roottorin kohtaamisnopeudet myötä- tai vastatuulesta johtuen ja laskee näiden mukaisen keskiarvon. Koska todellisuudessa linnut muuttavat tuuleen suuntaan nähden usein hieman viistottain, roottorin muodostama riskiala pienenee roottorin sijoituessa enemmän vinoon kohtaamissuuntaan nähden. Toisaalta niissä tapauksissa, joissa lentorata johtaa kuitenkin roottorin läpilentoon, viistossa kulmassa läpilento on riskialttiimpaa, sillä riskiväyhykkeen läpäisyyn kuluu enemmän aikaa.

Mallinnus olettaa turbiinien olevan 85 % ajasta toiminnassa lähes täydellä nopeudella (90 % maksiminopeudesta). Kyseessä on siten hyvin lähellä ns. pahinta mahdollista tilannetta oleva arvio, joka on todennäköisesti yliarvio vuoden aikana toteutuvista törmäyksistä.

Bandin malli ei huomio lavan paksuutta, ja lavan leveyden vaikutus ei ole mallinnuksessa merkittävä käytettäessä hyvin alhaista lapakulmaa (tilanne suurilla kierrosnopeuksilla). Fernley ym. (2006) osoittivat, että Bandin malli tuottaa läpilentojen törmäyksiin 10–30 % aliarvion, koska malli ei huomioi lavan paksuutta. Tämän virhelähteen merkitys pienenee käytettäessä Bandin mallin kanssa suositeltuja lajikohtaisia väistökertoimia, jotka perustuvat havaintoihin lintujen törmäyksistä verrattaessa ennen tuulivoimahanketta alueen läpi muuttaneiden lintujen määriin. Väistökerronin ottaa siis tosiasiaassa huomioon myös Bandin mallissa olevat matemaattiset rajoitteet, sillä väistökerronin on tarkoitettu korjaamaan Bandin mallin antamaa törmäysten määrää vastaamaan havaittua.

Käytettävä väistökerronin vaikuttaa mallinnuksen lopputulokseen huomattavasti voimakkaammin kuin varsinaisen matemaattisen törmäyslaskennan erot. Esimerkiksi $\pm 20\%$ ero törmäyslaskennan tuloksessa vastaa samaa kuin väistökertoimissa ero 99,80 ja 99,76 % välillä. (Fernley ym. 2006)

3. Tulokset

Väistöprosentti (98 %), voimaloiden käyttöaste (85 %) ja epävarmuustekijät huomioiden kurkien vuosittaisiksi törmäyksiksi mallinnettiin keskimäärin 0,42–1,26 törmäystä vuodessa, kun riski-ikkunan läpi lentäneiden kurkien määrän arvioitiin olevan enimmillään 1000–3000 yksilöä vuodessa. Tulokset laskettiin myös korkeammalla väistöprosentilla 99,88 (Drachmann ym. 2021), jolloin törmäyksien määräksi saatiin 0,03–0,08 törmäystä vuodessa, eli törmäys tapahtuisi harvemmin kuin kerran vuosisadassa. Todellinen väistöprosentti saattaa olla tätäkin korkeampi, jolloin törmäyksiä tapahtuu vielä harvemmin. Törmäysmallinnuksen tulokset ovat nähtävillä taulukossa 3–1.

Taulukko 3-1. Törmäysmallinnuksen tulokset.

Kurkien kokonaismäärä havaintokaudella (arvio)	11 207
Riski-ikkunasta lentävät kurjet/v	1000–3000
Törmäykset/v käyttöaste huomioiden (väistö% 98)	0,42–1,26
Törmäykset/v käyttöaste huomioiden (väistö% 99,88)	0,03–0,08

4. Johtopäätökset

Törmäysmallinnuksessa väistöprosentilla 98 arvioitu kurkien tuulivoimalatörmäyksen määrä (0,42–1,26 törmäystä vuodessa) on korkea, sillä se edustaa laskennallisesti äärimmäistä tilannetta. Havaintojen pohjalta näyttää epätodennäköiseltä, että väistöprosentti ainakaan jatkuvasti olisi koskaan näin alhainen. Korkeammalla väistöprosentilla 99,88 laskettu törmäysten määrä (0,03–0,08 törmäystä vuodessa) on mahdollisesti lähempänä todellista törmäysten ylärajaa, sillä tässäkin skenaariossa mm. tuulivoimalan korkea käyttöaste, korkea pyörimisnopeus ja riski-ikkunan läpi lentäneiden kurkien määrä arvioitiin kaikki ääritilanteita ajatellen. Kurjen todellista väistökerrointa ei ole vielä riittävästi tutkittu, joten tässä mallinnuksessa käytetyt väistöprosentit ovat suuntaa antavia. Olemassa olevien tutkimusten ja havaintojen perusteella kurjet välttelevät tuulivoimaloita tehokkaasti, ja törmäysten määrä ääritilanteissakaan on tuskin koskaan merkittävän suuri. Murskemäen tuulivoimapuiston sijaitseminen kurjen päämuuttoreiteillä kuitenkin nostaa törmäysriskiä verrattuna muuttoreittien ulkopuolella sijaitseviin tuulivoimapuistoihin, samoin kuin mahdolliset kurjille tärkeät levähdyspaikat lähistöllä. Kurjen taipumus väistää tuulivoimaloita voi toisaalta heikentää lähialueen levähdyspaikkojen houkuttelevuutta ja ohjata kurkien muuttoreittejä ja siten levähdyspaikkoja kauemmas tuulivoimaloista. Kurjen kannan vahvistuminen voi myös tulevaisuudessa kasvattaa hankealueen läpi muuttavien kurkien lukumäärää.

5. Viitteet

Band W., Madders M. & Whitfield D. P. 2007: *Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms.*

Drachmann J., Waagner S. R., Nielsen H. H. 2021: *Pink-footed Goose and Common Crane exhibit high levels of collision avoidance at a Danish onshore wind farm.* Dansk Orn. Foren. Tidsskr. 115 (2021): 253-271

Fernley J., Lowther S. & Whitfield P. 2006: *A review of goose collisions at operating wind farms and estimation of the goose avoidance rate.* Natural Research Ltd, West Coast Energy and Hyder Consulting report. West Coast Energy, Mold, UK.

Granér A., Lindberg N. & Bernhold A. 2011: *Migrating birds and the effect of an onshore wind farm.* Posterisitys konferenssissa "Conference on wind energy and wildlife impacts, 2-5 May 2011". Norwegian Institute for Nature Research (NINA).

Lehtiniemi T., Toivanen T. 2023: *Lintujen päämuuttoreitit Suomessa - päivitys 2023.* Birdlife Suomen julkaisu.

Ramboll Finland 2023a: *Murskemäen tuulivoimahanke – Linnuston kevätmuutonseuranta 2022–2023.* Kevätmuuttoselvityksen raportti.

Ramboll Finland 2023b: *Murskemäen tuulivoimahanke - Linnuston syysmuutonseuranta 2022.* Syysmuuttoselvityksen raportti.

Scottish Natural Heritage 2017: *Avoidance Rates for the onshore SNH Wind Farm Collision Risk Model.* Haettu 15.8.2023 osoitteesta <https://www.nature.scot/sites/default/files/2018-09/Wind%20farm%20impacts%20on%20birds%20-%20Use%20of%20Avoidance%20Rates%20in%20the%20SNH%20Wind%20Farm%20Collision%20Risk%20Model.pdf>

Suorsa V. 2019: *Linnustovaikutusten seuranta suomalaisissa tuulivoimapuistoissa.* Linnut-vuosikirja 2028: 148–155.