

Vastaanottaja  
**Satawind Oy**

Asiakirjatyyppi  
**Törmäysmallinnusraportti**

Päivämäärä  
**7.9.2023**

Viite  
**1510030635**

# Törmäysmallinnus

## Ahlaisten Lammin tuulivoimahanke



## Törmäysmallinnus

### Ahlaisten Lammin tuulivoimahanke

Projekti **Ahlaisten Lammin tuulivoimahanke**  
Projekti nro **1510030635**  
Vastaanottaja **Satawind Oy**  
Asiakirjatyyppi **Törmäysmallinnus**  
Versio **1**  
Päivämäärä **7.9.2023**  
Laatija **Juho Jolkkonen**  
Tarkastaja **Aku Kalliomäki**  
Kuvaus **Ahlaisten Lammin tuulivoimahankeen päivitetty törmäysmallinnus**  
Kansikuva **Muuttavia kurkia**

Ramboll  
Kansikatu 5B  
33100 TAMPERE

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

## Sisältö

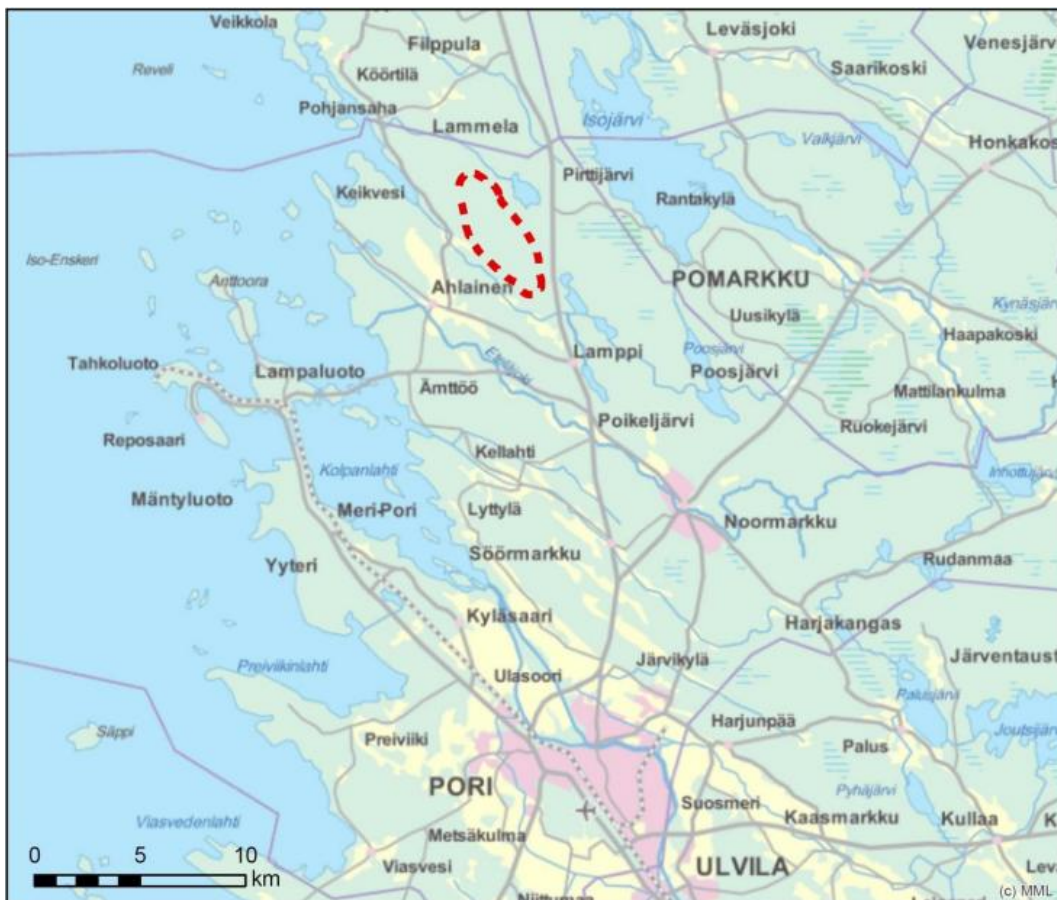
1.	Johdanto	2
2.	Aineisto ja menetelmät	3
2.1	Lajikohtaiset läpimuuttomäärät hankealueella	3
2.1.1	Läpilentojen ja riskilentojen määrien arviointi vuonna 2015	3
2.1.2	Merikotkan lentomäärien arvio vuonna 2015	5
2.1.3	Vuoden 2023 törmäysmallin päivitys, riskilentojen määrän arvio	5
2.2	Törmäysmallinnus	6
2.3	Epävarmuustekijät	7
3.	Tulokset	8
4.	Johtopäätökset	9
5.	Viitteet	11

## 1. Johdanto

Tämä muuttolinnuston törmäysmallinnuksen päivitys tehtiin Satawind Oy:n Ahlainen Lammin tuulivoimahankkeen osayleiskaavaa varten. Hankealue sijaitsee Porin kaupungin alueella, Ahlaisten kylässä, noin 25 km Porin keskustasta pohjoiseen (Kuva 1-1). Hankealue sijaitsee laulujoutsenen, metsähanhen, merikotkan, piekanan ja kurjen kevään päämuuttoreitillä sekä sepelkyyhkyn, kurjen ja merikotkan syksyn päämuuttoreitillä (Lehtiniemi & Toivanen 2023). Hankealueella toteutettiin muutonseurantaa keväällä ja syksyllä 2014 (Ahlman & Luoma 2014a, Ahlman & Luoma 2014b), joiden tulosten perusteella muuttolintujen törmäysriskiä on mallinnettu osana vuonna 2015 laadittua ympäristövaikutusten arviointia (Ramboll Finland Oy 2015).

Ympäristövaikutusten arvioinnin jälkeen hankkeen voimaloiden korkeus, määrä ja sijoittelu hankealueella on muuttunut. Voimalakorkeus on kasvanut 180 metristä (pyyhkäisykorkeus) 250 metriin, voimaloiden napakorkeuden ollessa 160 metriä ja roottorin halkaisijan 180 metriä. Voimaloiden määrä on vähentynyt enintään 20 voimalasta 14 voimalaan. Lisäksi uloimpien turbiinien etäisyys toisistaan lintujen muuttosuuntaan nähden on kasvanut noin 4000 metristä noin 5640 metriin. Koska tuulivoimaloiden määrä, sijoittelu ja koko vaikuttavat lintujen törmäysriskiin, laadittiin hankkeelle törmäysmallinnus päivitetyillä hanketiedoilla.

Törmäysmallinnuksen päivityksen laati FM biologi Juho Jolkkonen Ramboll Finland Oy:stä. Työn tarkastajana toimi ympäristösuunnittelija (AMK) Aku Kalliomäki Ramboll Finland Oy:stä.



Kuva 1-1. Suunnittelualan sijainti suhteessa Porin kaupungin keskustaan.

## 2. Aineisto ja menetelmät

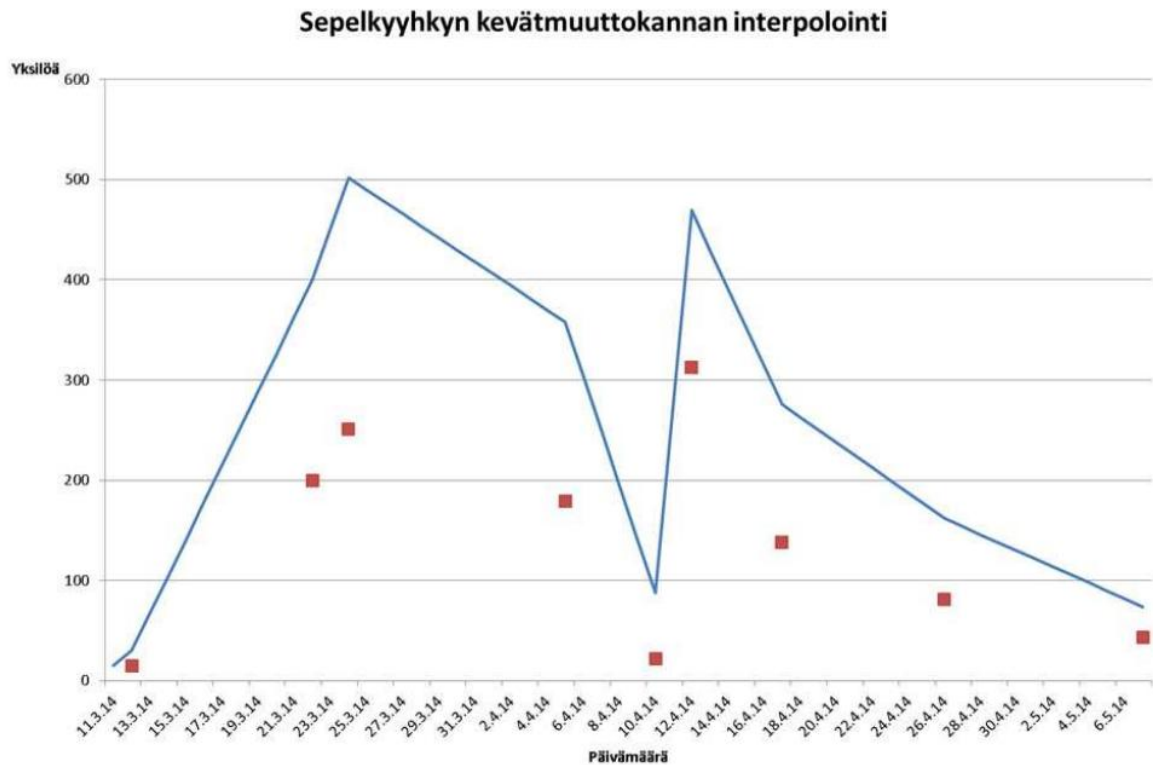
Muuttolintujen sekä paikallisten ja muuttavien merikotkien törmäyksen todennäköisyyttä laskettiin Band et. al (2007) tasomallin avulla. Mallin avulla esitetään arviot törmäysmääristä lajeittain, mikäli alueelle sijoitettaisiin hankkeen mukainen 14 voimalan tuulipuisto. Arvio tehtiin petolinnuille ja muille suurille lintulajeille, joita yleensä pidetään törmäysalttiimpina, ja joilla kulkee Selkämeren rannikkoa pitkin tärkeä muuttoreitti.

### 2.1 Lajikohtaiset läpimuuttomäärät hankealueella

Päivitettyjen hanketietojen mukaan laadittavaa törmäysmallinnusta varten arvioitiin hankealueen läpilentojen määrää lajikohtaisesti. Arviossa käytettiin lähtötietoina YVA-selostusta (Ramboll Finland Oy 2015) varten laskettuja läpimuuttajien määriä, jotka oli arvioitu hyödyntämällä vuoden 2014 Lammin hankkeen kevät- ja syysmuuttolaskennan havaintoaineistoa, Peittoon tuulivoimapuiston läpimuuttoarvioita (FCG 2011) sekä muita kirjallisuustietoja. Alkuperäisiä lajikohtaisia läpilentojen määriä kasvatettiin päivitetystä törmäysmallinnuksessa 1,5-kertaiseksi, hankealueessa tapahtuneiden muutosten (turbiinien määrä, koko ja sijoittelu) vuoksi (ks. kappale 2.1.3).

#### 2.1.1 Läpilentojen ja riskilentojen määrien arviointi vuonna 2015

YVA-selostusta varten laaditun törmäysmallinnuksen läpimuuttoarvion ensimmäisessä tarkastelussa hyödynnettiin vuoden 2014 Lammin havaintoaineistoa (Ahlman & Luoma 2014a, Ahlman & Luoma 2014b), jonka avulla luotiin matemaattiset arviot (Taulukko 2-1) muuttokauden aikana hankealueen läpi muuttavista lintumääristä interpoloimalla lineaarisesti havainnoimattomat päivät edellisen ja seuraavan laskentakerran perusteella. Alla olevassa kuvassa esimerkkinä sepelkyyhkyn kevätmuuttomäärien interpolointi (Kuva 2-1). Laskelmassa lajien oletettiin muuttavan keväällä 12 tunnin ajan vuorokaudessa, havaitun taajuuden (yksilömäärä suhteessa havainto aikaan) mukaisesti. Syksyllä laskelma tehtiin vastaavasti, mutta muuttoajan pituutena käytettiin 10 tuntia vuorokaudessa. Näin saatiin karkeat numeeriset arviot siitä, kuinka paljon kyseistä lajia olisi havaittu muuttokauden aikana, jos havainnointia olisi suoritettu joka päivä valoisa aika tarkkailujakson ajan.



Kuva 2-1. Esimerkkinä sepelkyyhkyyn kevään läpimuuttoarvion kuvaaja interpolointimenetelmällä. Punaiset neliöt kuvaavat havaittujen muuttavien yksilöiden määrää havainnointipäivinä. Sininen viiva kuvastaa arvioitua muuttajien määrää eri päivinä, kun oletetaan että muutto jatkuu yhtä voimakkaana 12 tuntia päivässä ja seurannan välipäivinä muuton voimakkuus on suhteessa edelliseen ja seuraavaan havainnointipäivään.

Läpimuuttajien arvion toisessa tarkastelutavassa hyödynnettiin lähistöllä sijaitsevan Peittoon tuulivoimapuiston läpimuuttoarvioita (FCG 2011). Peittoon tuulivoimapuiston leveydeksi määritettiin 1,9 km, jonka läpi kulkevat lintumäärät oli arvioitu. Vastaavan Lammin tuulivoimapuiston leveydeksi (rannikon suuntaisesti) noin pohjois-eteläsuunnassa määritettiin noin 4 km (alkuperäisen VE1:n mukainen sijoittelu). Täten sama lintutiheys Peittoon ja Lammin tuulivoimapuistojen kohdalla tarkoittaa Lammin kohdalla hieman yli kaksi kertaa suurempia lukuja (4/1,9). Lopullisen läpimuuttoarvion otettiin huomioon vielä muut taustatiedot, esimerkiksi kuinka hyvin tarkkailu oli kohdistunut lajin muuttokauteen. Esimerkiksi metsähänhen ja sepelkyyhkyjen kevään muuttokuiput oli todennäköisesti havaittu, jolloin todellinen läpimuuttajamäärä oli todennäköisesti pienempi kuin mitä laskelmalla saadaan.

Taulukko 2-1. Läpimuuttoarviot (lentoja Lammin tuulivoimapuiston hankealueen läpi). Merikotkan (\*) vuoden lentomäärä on arvioitu erikseen.

Laji	Kevät			Syksy		
	Laskelma	VRT Peitto	Lopullinen arvio	Laskelma	VRT Peitto	Lopullinen arvio
<b>Kanahaukka</b>	281		300	46		100
<b>Varpushaukka</b>	338		400	593		700
<b>Merihanhi</b>	3808	421	1000	0		0
<b>Metsähanhi</b>	10666	3642	4000	107		200
<b>Hiirihaukka</b>	197		200	68		100
<b>Piekana</b>	104	295	200	39		50
<b>Sinisuoehaukka</b>	11		20	29		30
<b>Sepelkyyhky</b>	14888		12000	11102		12000
<b>Laulujoutsen</b>	1647	1053	2000	1593		2000
<b>Kurki</b>	1230		1500	912	5726	3000
<b>Merikotka*</b>	256			219		
<b>Sääksi</b>	34		40	28		40

Tämän jälkeen Lammin aineistosta (Ahlman & Luoma 2014a, Ahlman & Luoma 2014b) havaitun lajikohtaisen lentokorkeusjakauman perusteella laskettiin roottoreiden törmäysriskikorkeudella lentävien yksilöiden määrä vuodessa (Taulukko 3-1). Muista poiketen kurjen kohdalla riskikorkeudella lentävien lintujen osuudeksi käytettiin 70 %, sillä havaitun 97 % arvioitiin olevan liikaa kurjen normaali muuttolentokorkeus huomioiden.

### 2.1.2 Merikotkan lentomäärien arvio vuonna 2015

Merikotka on arvioitu Suomessa elinvoimaiseksi (Hyvärinen ym. 2019). Laji kuuluu Euroopan Unionin lintudirektiivin (Neuvoston direktiivi 2009/147/EC) liitteen I lajeihin. Ahlaisten Lammin hankealue sijoittuu lajin kevään ja syksyn päämuuttoreiteille. Lajin kanta alueella on melko tiheä ja runsastunut viime vuosina.

Muista lajeista poiketen merikotkan kohdalla törmäysriskiä arvioitiin koko vuoden lentojen osalta, mukaan lukien muuttavien kotkien lisäksi myös paikallisten yksilöiden tekemät lennot hankealueen läpi (Ramboll Finland Oy 2015). Ahlaisten Lammin petolintuseurannassa (Ahlman 2014) oli havaittu 94,5 tunnin aikana 12 merikotkalentoa, joista yhdeksän (9) tapahtui hankealueen läpi, törmäyskorkeudella. Muuton seurannan aikana merikotkan nähtiin lentävän suunnittelualueen läpi 52 kertaa 214 havainnointitunnin aikana (Ahlman & Luoma 2014a, Ahlman & Luoma 2014b). Lintujen lentomäärä eri ajankohtina yleistettiin tehtyjen havaintojen ja valoisan ajan pituuden perusteella. Kaikki hankealueen läpi lentävät linnut oletettiin havaitun. Tällöin saatiin koko vuoden lentomääräksi 920 kappaletta. Maastohavainnoissa havaituista merikotkista 68 %:n arvioitiin lentävän riskikorkeudella, jonka perusteella riskilentojen määräksi vuodessa laskettiin 460.

### 2.1.3 Vuoden 2023 törmäysmallinnuksen päivitys, riskilentojen määrän arvio

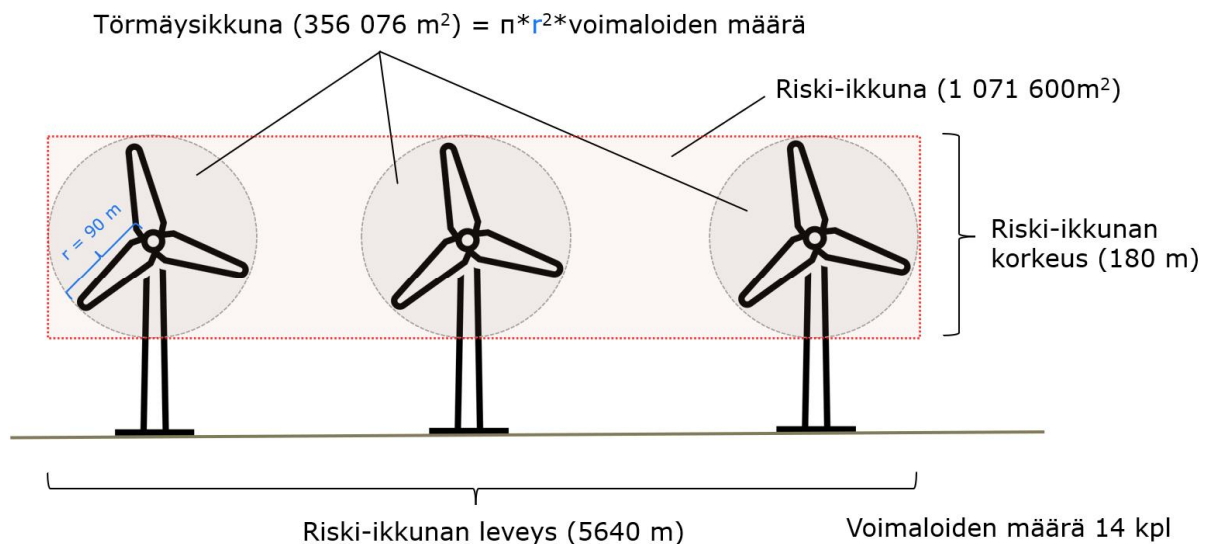
Hankealueen voimalasijoittelu on muuttunut niin, että uloimpien voimaloiden etäisyys toisistaan muuttosuuntaan nähden on kasvanut 1,4-kertaiseksi, noin 4000 metrillä noin 5640 metriin. Lisäksi voimaloiden roottorin halkaisija on kasvanut 120 metrillä 180 metriin. Roottorikoon muutoksen seurauksena törmäysten riskikorkeuden alaraja ei juurikaan muutu (alkuperäinen 60 m, päivitetty 70 m), mutta riskikorkeuden yläraja kasvaa 180 metrillä 250 metriin, mikä lisää riskikorkeudella lentävien lintujen määrää (linnut, jotka lentävät 180-250 m korkeudessa).

Vuoden 2014 seurantajaksolla havaittiin melko niukasti yli 180 m korkeudessa tapahtuvia läpilentöjä, mutta useiden lajien (mm. kurki) muuttokorkeus vaihtelee vuosittain esimerkiksi sääolosuhteiden seurauksena. Kyseisiin voimalasijoittelussa ja -koossa tapahtuneisiin muutoksiin perustuen, päivitetystä törmäysmallinnuksessa riskilentöjen määrää kasvatettiin 1,5-kertaiseksi alkuperäiseen riskilentöjen määrän arvioon (Ramboll Finland Oy 2015) verrattuna. määrää 5640 m leveän hankealueen läpi riskikorkeudella (70–250 m) lentävien lintujen määrää

## 2.2 Törmäysmallinnus

Törmäysriskin laskeminen koostuu kolmesta vaiheesta/todennäköisyydestä: 1) hankealueen läpi riskikorkeudella lentävän linnun todennäköisyys kohdata voimalan roottori, 2) roottorin läpi lentävän linnun todennäköisyys osua roottorin lapaan, 3) tutkimuksissa havaittu lajikohtainen väistötodennäköisyys.

Ensimmäisessä vaiheessa arvioidaan todennäköisyys, jolla hankealueen kautta riskikorkeudella lentävä lintulaji kohtaisi tuulivoimalan roottorin. Tämä todennäköisyys lasketaan ns. riski-ikkunan ja törmäysikkunan suhdeluvun avulla. Riski-ikkunalla tarkoitetaan hankealueen ilmatilaa voimaloiden pyyhkäisykorkeudella (70–250 m) linnun lentäessä kohtisuoraan tutkittavan alueen läpi. Riski-ikkunan koko laskettiin mallinnuksessa hankealueen leveyden ja suunniteltujen voimaloiden roottorin halkaisijan (180 m) mukaan. Riski-ikkunan leveydeksi laskettiin 5640 m (reunimmaisten voimaloiden välinen etäisyys voimaloiden lapaan huomioon ottaen). Riski-ikkunan pinta-alaksi muodostui täten 1 071 600 m<sup>2</sup>. Törmäysikkuna puolestaan on kohtisuoraan lentosuuntaan oleva ilmatila, jonka tuulivoimaloiden roottoreiden pyörimispinta-ala peittää. Törmäysikkuna muodostuu hankealueen turbiinien (14 kpl) yhteispinta-alasta (356 076 m<sup>2</sup>). Törmäysikkunan ja riski-ikkunan suhde, eli roottorien peittämä osuus havaintoikkunasta on tällöin 33,2 %.



Kuva 2-2. Havainnekuva riski-ikkunasta ja törmäysikkunasta voimalakohtaisilla mitoilla.

Toisessa vaiheessa arvioidaan todennäköisyys sille, että roottorin läpi lentävä lintu osuu roottorin lapaan. Osumistodennäköisyyteen vaikuttavat linnun lentonopeus ja lentotapa, linnun koko sekä tuulivoimaloiden tekniset ominaisuudet (roottorin pyörimisnopeus, lavan mitta, lapakulma). Törmäystodennäköisyys laskettiin törmäysmallinnukseen tarkoitettulla Excel-pohjaisella laskurilla (Scottish Natural Heritage 2014), johon lintujen lajikohtaiset tiedot sekä hankkeen

voimalakohtaiset tekniset tiedot syötettiin. Laskelmaa varten lintujen lajikohtaiset tiedot (ml. pituus, siipikärkiväli ja lentonopeus, Taulukko 3-1) haettiin kirjallisuudesta (mm. Jonsson 1995, Alerstam ym. 2007). Hankkeesta saadut voimalakohtaiset tiedot on esitelty taulukossa (Taulukko 2-2). Tuulivoimaloiden (14 kpl) voimalakorkeutena käytettiin 250 metriä, roottorin halkaisijana 180 metriä ja lavan maksimihalkaisijana 4,5 metriä. Mallinnuksessa käytettiin tuulivoimalan pyörähdysajasta arvoa 5,13 sekuntia, mikä on maksimipyörimisnopeus alennettuna 10 prosentilla. Keskimääräisenä lapojen tasokulmana käytettiin 15 astetta. Törmäysmallinnus laskettiin sillä oletuksella, että roottorit pyörivät keskimäärin 75 % 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 2-2. Törmäysmallinnuksessa käytetyn voimalatyyppin mitat.**

Roottorin halkaisija (m)	<b>180</b>
Napakorkeus (m)	<b>160</b>
Riskikorkeuden yläraja (metriä maanpinnasta)	<b>250</b>
Riskikorkeuden alaraja (metriä maanpinnasta)	<b>70</b>
Voimaloiden lukumäärä	<b>14</b>
Voimaloiden käyttöaste (%)	<b>75</b>
Lapojen lukumäärä	<b>3</b>
Lavan maksimileveys (m)	<b>4,5</b>
Lapakulma (astetta)	<b>15</b>
Roottorin pyörimisnopeus (sekuntia/kierros)	<b>5,13</b>

Kolmannessa vaiheessa törmäysriskin arviota korjattiin lajikohtaisilla väistökertoimilla (Scottish Natural Heritage 2010, 2017), sillä lintujen tiedetään yleensä ottaen väistävän lentoreitilleen osuvat voimalat. Mikäli lajikohtaista tarkkaa tietoa väistökertoimesta ei ole, törmäysmallinnuksessa oletusarvona käytetään yleisesti 98 % väistökerrointa (Scottish Natural Heritage 2010, 2017), mikä on varovainen arvio. Tutkimusten mukaan merikotkan törmäysriski on tuntemattomista syistä selvästi muita petolintulajeja suurempi (Dahl ym. 2013). Merikotka onkin raportissa tarkastelluista lajeista ainoa, jonka osalta väistökertoimena käytettiin alhaisempaa 95 %. Kurjen, laulujoutsenen sekä metsä- ja merihanhen osalta mallinnuksessa käytettiin kahta eri väistökerrointa. Ensin törmäysriskiä mallinnettiin vuoden 2015 törmäysmallinnuksessa käytetyllä 98 % oletusväistökerroimella, jotta hankkeen muutosten vaikutusta voitiin vertailla ja arvioida paremmin. Tämän lisäksi kurjen osalta käytettiin melko tuoreen tutkimuksen (Drachmann ym. 2021) suosittelemaa väistökerrointa 99,88 %. Laulujoutsenen sekä metsä- ja merihanhen osalta käytettiin oletusväistökerroimen (98 %) lisäksi tutkimustulosten perusteella päivitettyä lajikohtaista väistökerrointa (Scottish Natural Heritage 2017). Lajikohtaiset väistökertoimet on esitetty taulukossa (Taulukko 3-1).

### 2.3 Epävarmuustekijät

Törmäysmallinnuksen eri vaiheisiin sisältyy epävarmuustekijöitä ja huomattava on, että mallin lähtöoletukset vaikuttavat arvion suuruuteen. Muuttujista keskeisin on arvio väistävien lintujen osuudesta, mutta epävarmuutta sisältyy muihinkin lukuihin. Epävarmuustekijöistä johtuen mallinnusta on pidettävä suuntaa antavana. Esimerkiksi  $\pm 20$  % ero törmäyslaskennan tuloksessa vastaa samaa kuin väistökertoimissa ero 99,80 ja 99,76 % välillä (Fernley ym. 2006). Käytetyt

väistökertoimet edustavat kuitenkin parasta olemassa olevaa tietoa, varovaisuusperiaatetta noudattaen.

Havaintojankohta, sääolosuhteet, muuttokauden ajoittuminen sekä havainnointipaikka vaikuttavat hankealueen läpi muuttaviin lintumääriin sekä niiden havainnointiin. Esimerkiksi lentokorkeus saattaa vaihdella osalla lajeista tuuliolosuhteiden mukaan. Lisäksi läpimuuttajien määrät ja lentokorkeudet voivat vaihdella vuosittain, minkä vuoksi lukumäärien arvioinnissa ja törmäysmallinnuksessa on käytetty varovaisuusperiaatetta.

Bandin törmäysmallissa lintujen oletetaan kohtaavan roottori aina kohtisuoraan, eli linnut lentäisivät suoraan myötä- tai vastatuuleen. Malli ottaa huomioon eri roottorin kohtaamisnopeudet myötä- tai vastatuuleessa ja laskee näiden mukaisen keskiarvon. Todellisuudessa linnut muuttavat tuuleen suuntaan nähden usein hieman viistottain, minkä vuoksi roottorin muodostama riskiala pienenee roottorin sijoituessa enemmän vinoon kohtaamissuuntaan nähden. Toisaalta viistossa kulmassa läpilento on riskialttiimpaa, sillä riskivyohtyksen läpäisyyn kuluu enemmän aikaa. Todellisuudessa roottorien suunnat vaihtelevat myös tuuliolosuhteiden mukaan, mutta tässä mallinnuksessa laskelmat on tehty sillä olettamuksella, että turbiinien suunnat eivät vaihtele ja linnut lentävät kohtisuoraan niitä päin. Lisäksi malli ei huomio sitä, että turbiinit ovat osittain limittäin toisiinsa nähden, mikä todellisuudessa pienentää törmäysikkunan kokoa. Mallissa myös oletetaan, että törmäys lapan johtaa aina linnun menehtymiseen.

Mallinnus olettaa turbiinien olevan 75 % ajasta toiminnassa lähes täydellä nopeudella (90 % maksiminopeudesta), mutta todellisuudessa pyörimisnopeus jää usein alhaisemmaksi, mikä laskee törmäysriskiä. Bandin malli ei myöskään 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 kuitenkin pienenee käytettäessä Bandin mallin kanssa suositeltuja lajikohtaisia väistökertoimia, jotka perustuvat tuulivoimala-alueen läpi muuttavien lintujen ja havaittujen törmäysten suhteeseen. Väistökertoimella pyritään huomioimaan Bandin mallin matemaattiset rajoitteet ja korjaamaan matemaattisesta todennäköisyyttä törmäysten määrästä vastaamaan empiirisiä havaintoja.

### 3. Tulokset

Lajikohtainen väistöprosentti, voimaloiden käyttöaste (75 %) ja epävarmuustekijät huomioiden törmäysmallinnuksen mukaan eniten törmäyksiä tapahtuu sepelkyyhkyllä ja merikotkalla sekä varovaista 98 % väistökerrointa käytettäessä kurjella, laulujoutsenella ja metsähanhella (Taulukko 3-1). Sepelkyyhkyllä törmäyksiä tapahtuisi laskennallisesti noin viisi kertaa vuodessa, kun taas merikotkalla törmäyksiä tapahtuisi noin kahden vuoden välein. Käytettäessä vuoden 2015 mallinnuksen tapaan väistökertoimena oletusarvoa 98 %, kurjella törmäyksiä tapahtuisi laskennallisesti noin kaksi vuodessa, metsähanhella kerran 1-2 vuodessa, sekä merihanhella kerran kolmessa vuodessa. Kurkien, laulujoutsenten ja hanhien on kuitenkin tutkimustulosten perusteella havaittu väistävän voimaloita tehokkaammin, ja korkeampaa väistökerrointa 99,88 % (Drachmann ym. 2021) käytettäessä kurkien törmäysten todennäköisyys laskee noin yhteen törmäykseen kahdeksassa vuodessa. Vastaavasti tutkimustulosten perusteella päivitettyjä lajikohtaisia väistökertoimia (Scottish Natural Heritage 2017) käytettäessä laulujoutsenen törmäysriski laskee yhteen törmäykseen kahdeksassa vuodessa, metsähanhilla yhteen törmäykseen 14 vuodessa ja merihanhilla yhteen törmäykseen 25 vuodessa. Törmäyslaskelmaan

valikoitujen 12 lajin yhteenlaskettu törmäysmäärä on 7,1–11,59 yksilöä vuodessa. Lajikohtaiset tulokset vuoden 2015 ja 2023 törmäysmallinnuksesta on raportoitu taulukossa (Taulukko 3-1).

Vuoden 2015 YVA-selostuksen mallinnukseen nähden laskennallinen vuotuisten törmäysten määrä on lajista riippuen laskenut tai noussut. Törmäysten määrää on kasvattanut vuotuisten riskilentojen suurempi määrä, mikä johtuu voimaloiden sijoittelusta laajemmalle rintamalle muuttosuuntaan nähden sekä roottorikoon kasvusta. Voimaloiden välisen etäisyyden kasvu kuitenkin laskennallisesti pienentää riskikorkeudella lentävän linnun todennäköisyyttä lentää roottoria kohti, mikä pienentää törmäysriskiä. Voimaloiden pienempi määrä sekä osalla lajeista lisääntyneen tutkimustiedon seurauksena päivitetty korkeammat väistökertoimet (laulujoutsen, hanhet ja kurki, Drachmann ym. 2021, Scottish Natural Heritage 2017) laskevat vuotuisten törmäysmäärien ennustetta.

**Taulukko 3-1. Törmäysmallinnuksen lajikohtaiset tulokset voimaloiden käyttöaste ja lajikohtainen väistöprosentti huomioiden.**

Laji	Linnun pituus (m)	Siipien kärkiväli (m)	Lentonopeus (m/ s)	Lentojen määrä riskikorkeudella vuodessa (2015/ 2023)	Väistävien osuus (%) (2015/ 2023)	Törmäyksiä vuodessa (2015/ 2023)
Laulujoutsen	1,6	2,3	17,3	2300 / 3450	98 / 98-99,5	1,5 / 1,59-0,13
Metsähanhi	0,75	1,6	17,3	1500 / 2250	98 / 98-99,8	0,6 / 0,70-0,07
Merihanhi	0,8	1,6	17,1	700 / 1050	98 / 98-99,8	0,3 / 0,39-0,04
Kurki	1,2	2,15	14,3	3100 / 4650	98 / 98-99,88	1,9 / 2,35-0,14
Merikotka	0,8	2,2	13,6	460 / 690	95 / 95	0,9 / 0,64
Sinisuohtaukka	0,56	1,21	9,1	40 / 60	98 / 98	< 0,1 / 0,03
Varpushaukka	0,35	0,7	11,3	600 / 900	98 / 98	< 0,1 / 0,36
Kanahaukka	0,6	1,1	12	200 / 300	98 / 98	< 0,1 / 0,13
Hiirihaukka	0,52	1,21	11,6	200 / 300	98 / 98	< 0,1 / 0,10
Piekana	0,58	1,4	10,5	100 / 150	98 / 98	< 0,1 / 0,06
Sääksi	0,6	1,6	13,3	70 / 105	98 / 98	< 0,1 / 0,04
Sepelkyyhky	0,4	0,7	16,3	8600 / 12900	98 / 98	2,8 / 5,20
<b>Yhteensä</b>				<b>17870 / 26805</b>		<b>8,3 / 11,59-7,1</b>

## 4. Johtopäätökset

Törmäyslaskelmien tuloksia tarkastellessa tulee huomioida, että ne perustuvat vain yhden kevät- ja syysmuuttokauden otantaan. Vuosien väliset erot lintujen muuttokäyttäytymisessä voivat olla varsin merkittäviä, mutta mallinnuksen avulla on siitä huolimatta pyritty tuottamaan mahdollisimman todenmukainen kuva törmäysriskeistä. Epävarmuustekijöiden vuoksi esimerkiksi läpimuuttajien määrän arvioissa noudatetaan varovaisuusperiaatetta, todellisten muuttomäärien ollessa todennäköisesti pienemmät. Läpimuuttavien yksilöiden interpolointi muuttoaineiston perusteella myös ennustaa todennäköisesti hieman liian suuria muuttomääriä, minkä vuoksi

laskelman rinnalla on hyödynnetty myös Peittoon tuulivoimahankkeen läpimuuttoarviota (FCG 2011) sekä asiantuntija-arviota. Osa läpimuuttohavainnoista saattaa sisältää myös paikallisten yksilöiden liikehdintää hankealueella (mm. kanahaukka, varpushaukka, sepelkyyhky).

Merikotkan osalta hanke luo korkean vuosittaisen törmäysriskin (0,64 yksilöä/v), sillä hanke on lajin päämuuttoreitillä, minkä vuoksi riskilentojen määrä on varsin suuri. Lisäksi alueen merikotkakanta on tiheä ja runsastuva, minkä vuoksi törmäysriskin mallinnuksessa on otettu huomioon myös petolintuseurannassa havaitut paikallisten yksilöiden läpilennot. Merikotkan on myös havaittu tuntemattomasta syystä väistävän tuulivoimaloita monia muita lajeja huomattavasti, ja lajin väistökertoimena käytetään yleisesti 95 % (Dahl ym. 2013, Scottish Natural Heritage 2017). Merikotkan on havaittu olevan törmäysten kannalta yksi riskialttiimmista lajeista Suomessa (Suorsa 2019).

Kurjen osalta törmäysriski on suuri (noin kaksi törmäystä vuodessa), kun väistökertoimena käytetään 98 %, joka on yleisesti käytetty oletusarvo eri lajeille, mikäli tarkkaa tutkimustietoa lajin törmäysriskistä ei ole saatavilla (Scottish Natural Heritage 2010, 2017). Tuoreiden seurantatutkimusten perusteella kurjet kuitenkin väistävät tuulivoimaloita erittäin hyvin, jolloin lajin todellinen väistöprosentti on todellisuudessa suurempi. Drachmann ym. (2021) laskivat tutkimuksessaan kurjen väistötodennäköisyydeksi 99,88 %, jota käyttämällä Ahlaisten Lammin tapauksessa kurkien törmäysten määräksi malli ennustaa 0,13 törmäystä vuodessa. Tämä tarkoittaisi yhtä törmäystä noin kahdeksassa (8) vuodessa, joka on todennäköisesti lähempänä lajin todellista törmäysriskiä alueella. Päämuuttopäivinä kurkiparvienv lentokorkeus on yleisesti törmäysriskikorkeuden yläpuolella, minkä vuoksi törmäysmäärät ovat myös todennäköisesti yliarvioita.

Sepelkyyhkyn osalta vuotuinen törmäysten lukumäärä on lajeista korkein (noin viisi yksilöä vuodessa), mutta lajin populaatiokokoon suhteutettuna (300 000 paria Suomessa) törmäysten määrä on jää alhaiseksi. Lajin populaation, metsähanhen sekä merihanhen osalta törmäysriski on laskenut vuoden 2015 mallinnuksesta huomattavasti, sillä lisääntyneen tutkimustiedon perusteella on perusteltua käyttää näille lajeille korkeampaa väistökerrointa kuin 98 % (Scottish Natural Heritage 2017). Vuoden 2015 mallinnuksessa käytettyä 98 % oletusväistökerrointa käytettäessä lajin törmäysriski on hieman noussut. Lajikohtaisilla, tarkennetuilla väistökertoimilla mallinnetut tulokset kuitenkin vastaavat todennäköisemmin todellista törmäysriskiä. Varpushaukan osalta malli ennustaa noin yhtä törmäystä kolmessa vuodessa, mikä on jokseenkin suuri aiempiin seurantaluksiin suhteutettuna (Suorsa 2019). Muiden mallinnettujen lajien osalta törmäysriskin sekä populaatiotason vaikutusten ennustetaan jäävän varsin alhaisiksi.

Törmäysmalli sisältää epävarmuustekijöitä, joita on kuitenkin pyritty huomioimaan lajikohtaisilla väistökertoimilla sekä varovaisuusperiaatetta noudattaen. Väistökertoimet perustuvat parhaaseen olemassa olevaan tietoon, mutta niiden tutkimuksessa on edelleen aukkoja. Oletusväistökerroin 98 % noudattaa varovaisuusperiaatetta, ja todellinen lajikohtainen väistöprosentti saattaa olla käytettyä korkeampi, jolloin törmäyksiä tapahtuu harvemmin. Joutsenten, hanhien ja kurjen taipumus väistää tuulivoimaloita vähentää huomattavasti törmäysriskiä, mutta voi toisaalta heikentää lähialueen levähdyspaikkojen houkuttelevuutta ja uudelleenohjata lajien muuttoreittejä.

Tuulivoimalahankkeiden törmäysriskiä arvioidessa on myös hyvä huomioida, että voimaloiden roottoreiden lisäksi linnut saattavat törmäätä voimaloiden runkoihin, mitä tapahtuu melko runsaasti esimerkiksi kanalinnuilla. Suomessa esimerkiksi metsojen törmäysriski tuulivoimaloiden runkoihin on havaittu varsin suureksi (Suorsa 2019). Lisäksi törmäysriskiä aiheuttavat sähkönsiirtoreittien ilmajohtot, joihin on arvioitu törmäävän vuosittain noin 0,7 lintua johtokilometriä kohden (Koistinen 2004).

## 5. Viitteet

Ahlman, S. 2014. *Porin Ahlaisten Lammin tuulivoimapuiston kaakkuri- ja petolintuseuranta 2014*. Ahlman Group Oy

Ahlman, S. & Luoma, S. 2014a. *Porin Ahlaisten Lammin tuulivoimapuiston lintujen kevätmuuttoselvitys 2014*. Ahlman Group Oy

Ahlman, S. & Luoma, S. 2014b. *Porin Ahlaisten Lammin tuulivoimapuiston lintujen syysmuuttoselvitys 2014*. Ahlman Group Oy

Alestam T., Rosén M., Bäckman J., Ericson Per G. P. & Hellgren, O. 2007: *Flight Speeds among Bird Species: Allometric and Phylogenetic Effects*.

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

Dahl E., May R., Hoel P., Bevanger K., Pedersen H., Røskaft E., Stokke B. 2013. *White-tailed eagles (Haliaeetus albicilla) at the Smøla wind-power plant, Central Norway, lack behavioral flight responses to wind turbines*. Wildlife Society Bulletin 37(1): 66–74.

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: 253-271

FCG Oy. 2011. *Porin Peittoon tuulivoimapuisto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus*. Tuuliwatti 20.1.2011.

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.

Jonsson L. 1995. *Euroopan linnut: Eurooppa, Pohjois-Afrikka ja Lähi-Itä*. 559 s. Tammi.

Koistinen J. 2004. *Tuulivoimaloiden linnustovaikutukset*. Suomen ympäristö 721. Ympäristöministeriö. Helsinki. 42 s.

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

Neuvoston direktiivi 2009/147/EC

Ramboll Finland Oy. 2015. *Ahlaisten Lammin tuulivoimahanke Ympäristövaikutusten arviointiselostus*. A. Ahlström Kiinteistöt Oy, Satawind Oy.

Scottish Natural Heritage. 2010. *Use of Avoidance Rates in the SNH Wind Farm Collision Risk Model*. SNH Avoidance Rate Information & Guidance Note. 10 s

Scottish Natural Heritage. 2017. *Avoidance Rates for the onshore SNH Wind Farm Collision Risk Model*. Haettu 23.8.2023 osoitteesta <https://www.nature.scot/sites/default/files/2018-09/Wind%20farm%20impacts%20on%20birds%20>

da-DK – Törmäysmallinnus

%20Use%20of%20Avoidance%20Rates%20in%20the%20SNH%20Wind%20Farm%20Collision%  
20Risk%20Model.pdf

Suorsa V. 2019. *Linnustovaikutusten seuranta suomalaisissa tuulivoimapuistoissa*. Linnut vuosikerta 2018.