

UUDENMAAN LIITTO

UUDENMAAN 4. VAIHEMAAKUNTAKAAVAN EHDOTUS, LAUSUNNOILLA 1.12.2015-29.2.2016

TUULIVOIMA-ALUEIDEN YHTEISVAIKUTUKSET MUUTTOLINNUS- TOON, NATURA-ALUEISIIN SEKÄ SUURIIN PETOLINTUIHIN



5.10.2016

Hannu Tikkanen, Heikki Tuohimaa ja Juha Kiiski

LUKIJALLE

Uudenmaan 4. vaihemaakuntakaavassa yhtenä käsiteltävänä teemana on tuulivoiman tuotantoon soveltuvat alueet. Maakunnalliseen tuulivoimatuotantoon soveltuvien alueiden valintaa on tehty kaavatyön edetessä useassa vaiheessa mm. paikkatietotarkasteluihin, selvityksiin ja sidosryhmätyöskentelyyn perustuen.

Tässä selvityksessä tavoitteena on arvioida maakunnallisten tuulivoima-alueiden kokonaisvaikutuksia muuttolinnustoon ja Natura-alueisiin. Selvityksessä tarkastelun kohteena ovat lausunnoilla 1.12.2015-29.2.2016 olleessa maakuntakaavaehdotuksessa esitetyt viisi tuulivoiman tuotantoon soveltuvaa aluetta: maa-alueilla sijaitsevat Övre-Rikeby, Röjsjö ja Lapinjärvi-Loviisa sekä Inkoon-Raaseporin ja Porvoon edustan merialueet. Lisäksi kokonaisarviossa on huomioitu myös Loviisassa sijaitseva Vanhakylän tuulivoima-alue, jonka osayleiskaavaluonnos on ollut nähtävillä elokuussa 2016.

Selvitys on laadittu toukokuun-lokakuun 2016 aikana ja sen laadinnasta on vastannut Ramboll Finland Oy. Selvityksen tulokset huomioidaan nähtäville asetettavassa Uudenmaan 4. vaihemaakuntakaavan ehdotuksessa.

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	1
2.	Tarkasteltavat tuulivoima-alueet	2
3.	Päämuuttoreittien ja muuttajamäärien arviointi	5
3.1	Tuulivoima-alueiden kautta muuttavat lintumäärät	13
4.	Törmäysmallinnukset	18
4.1	Yleistä törmäysriskistä	18
4.2	Menetelmät	21
4.3	Tulokset	23
5.	Populaatiotason vaikutukset	26
6.	Muut vaikutukset muuttolintuihin	32
7.	Johtopäätökset muuttolintuihin kohdistuvista vaikutuksista	36
8.	Natura-tarveharkinta	37
8.1	Tarkasteltavat Natura-alueet	37
8.2	Vaikutukset luontotyyppeihin	40
8.3	Vaikutukset luontodirektiivin lajeihin	40
8.4	Vaikutukset lintudirektiivin lajeihin	41
8.5	Johtopäätökset Natura-tarveharkinnasta	48
9.	Muut petolinnut ja maali-alueet	49
10.	Yhteisvaikutukset muiden maakuntien ja maiden tuulivoima-alueiden kanssa	51
11.	Haittojen vähentämismahdollisuudet	53
12.	keskeiset epävarmuustekijät	54
13.	Yhteenveto ja johtopäätökset	55
14.	Lähteet	62

1. JOHDANTO

- Uudenmaan liitto laatii 4. vaihekaavaa, missä yhtenä aiheena on maakunnallisesti merkittävien tuulivoima-alueiden osoittaminen. Tässä työssä arvioidaan 4. vaihemaakuntakaavaehdotuksen tuulivoima-alueiden kokonaisvaikutuksia muuttolintuihin ja Natura-alueisiin. Työn sisältö määriteltiin neuvottelussa (Uudenmaan liitto ja konsultti) 11.5.2016. Työn sisällössä on huomioitu ympäristöviranomaisien Uudenmaan 4. vaihemaakuntakaavaehdotusta koskevat lausunnot (YM 3.3.2016 ja UUDELY 3.3.2016).
- Natura-arvio on ns. tarveharkinta, missä arvioidaan onko merkittävien haittojen esiintyminen todennäköistä ja tarvitaanko hankkeesta LsL:n mukaista Natura-arviota.
- Tarkastelussa on huomioitu Uudenmaan 4. vaihemaakuntakaavaehdotuksen lausuntoaineistossa esitetyt viisi tuulivoima-aluetta. Lisäksi kokonaisarviossa on huomioitu myös Vanhakylän tuulivoima-alue (osayleiskaavaluonnos ollut nähtävillä 8/2016).
- Sekä kokonaisvaikutusten arviossa että Natura-arvion tarveharkinnassa lähtökohtana on arvioida voidaanko kaavaehdotuksessa osoitetuille alueille toteuttaa maakunnallisesti merkittävää tuulivoimatuotantoa.
- Uudenmaan liitto on määritellyt aluekohtaisesti voimalamäärille teoreettiset minimi- ja maksimivaihtoehdot.
- Tarvittava tietämys muuttolintujen reiteistä ja lintumääristä on saatu Helsingin ja Porvoon seudun lintuyhdistyksiltä (Tringa ja PSLY, koonnut Timo Metsänen 2016).

2. TARKASTELTAVAT TUULIVOIMA-ALUEET

- Tarkastelussa on yhteensä 6 voimala-alueita (5 maakuntakaavan sekä 1 osayleiskaavatason alue).
- Maksimimitoitus: Tuulivoimaloiden enimmäismäärä alueella, kun käytetään sijoittelussa teoreettista, tasavälistä verkkoa huomioimatta maasto-olosuhteita. Voimalavälit ovat merialueilla 1000 m, maa-alueilla 600-700 m. Voimalavälit perustuvat Uudenmaan tuulivoimaselvityksessä (Uudenmaan liitto), käytettyihin etäisyyksiin. Tuulivoima-alueiden rajaukset ovat osin tarkentuneet kyseisen selvitysvaiheen jälkeen.
- Minimimitoitus: 1/3 maksimimitoituksesta (luku pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun). Lisäksi voimalat sijoitellaan linnuston kannalta edullisesti.
- Voimaloiden kokonaiskorkeus maa-alueilla 210 m, merialueilla 140 m (perustuu tuulivoimaselvityksessä, osa 3, käytettyyn mitoitukseen).
- Alueiden sijainti on esitetty kuvassa 1.

Mitoitus merialueilla

- Inkoo-Raasepori (voimassa olevan maakuntakaavan tv-alue ja 4. vaihemaakuntakaavaehdotuksen lausuntoaineiston tv-alue)
 - maksimi 100 kpl voimaloita
 - minimi 33 kpl
 - voimalaväli 1000 m

- Porvoon merialue (4. vaihemaakuntakaavaehdotuksen lausunto-aineiston tv-alue)
 - maksimi 43 kpl voimaloita
 - minimi 14 kpl voimaloita
 - voimalaväli 1000 m

Mitoitus maa-alueilla

- Övre-Rikeby (4. vaihemaakuntakaavaehdotuksen lausunto-aineiston tv-alue)
 - maksimi 32 kpl voimaloita
 - minimi 11 kpl
 - voimalaväli 600 m

- Röjsjö (4. vaihemaakuntakaavaehdotuksen lausunto-aineiston tv-alue)
 - maksimi 48 kpl voimaloita
 - minimi 16 kpl
 - voimalaväli 700 m

- Lapinjärvi-Loviisa (4. vaihemaakuntakaavaehdotuksen lausunto-aineiston tv-alue)
 - maksimi 100 kpl voimaloita
 - minimi 33 kpl
 - voimalaväli 700 m

- Vanhakylä (Tuulivoimaosayleiskaava, kaavaluonnos nähtävillä 8/2016)
 - Maks. ja min. 9 voimalaa



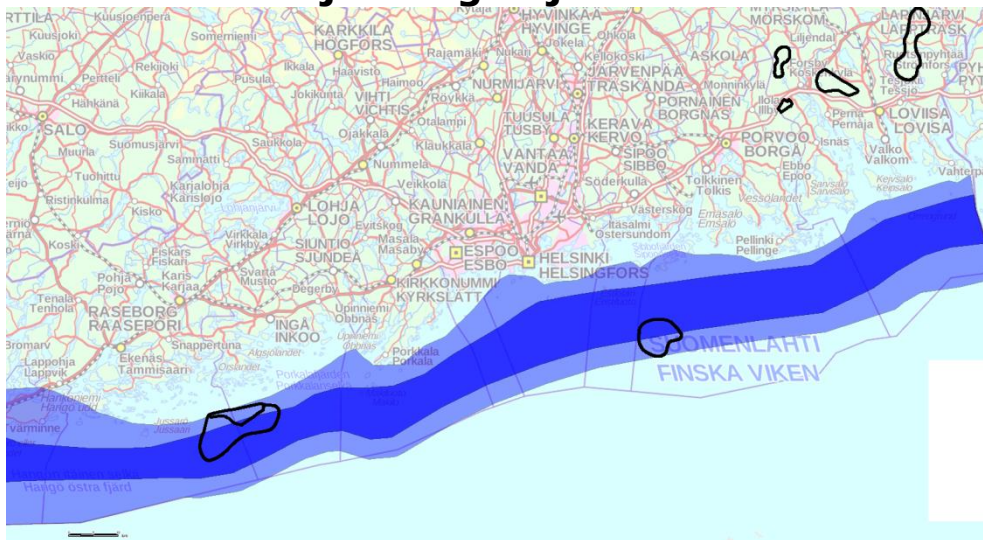
Kuva 1. Tarkasteltavien tuulivoimala-alueiden sijainti ja voimaloiden teoreettinen maksimimäärä.

- Kokonaisvaikutusten laajuuteen ja merkittävyyteen vaikuttavat tuulivoima-varausten todellinen toteutuminen. Kokonaisarvio laaditaan kahdelle eri skenaariolle:
 - VE1: Kaikki tuulivoima-alueet toteutuvat maksimivoimalamäärällä
 - VE2: Minimimäärä voimaloita toteutuu, voimalat sijoittuvat linnuston kannalta edullisesti
- Teoreettinen maksimi voimalamäärä on esitetty kuvattu kuvassa 1.
- Voimaloiden minimimäärän sijoittumista ei kuvata kartalla. Voimaloiden sijoittelu määräytyy tarkempien ympäristöselvitysten perusteella.
- Tavoitteena selvittää onko maakunnallisesti merkittävää tuulivoimatuotantoa mahdollista sijoittaa tv-alueille ilman merkittäviä muuttolinnustoon, Natura-alueisiin tai petolintuihin kohdistuvia haittoja.

3. PÄÄMUUTTOREITTIIEN JA MUUTTAJAMÄÄRIEN ARVIOINTI

- Helsingin (Tringa ry) ja Porvoon seudun (PSLY ry) lintutieteelliset yhdistykset koostivat arvion Uudenmaan liitolle (Metsänen 2016.).
- Aineistona Tiira-lintutietopalvelun havainnot ja muut olemassa olevat linnustotiedot
- Päättavoitteet:
 - 1) kuinka suuria yksilömääriä suunniteltujen tuulivoima-alueiden ja/tai tunnistettavissa olevien maakunnallisesti tärkeiden muuttoreittien läpi kulkee ja
 - 2) sijoittuuko tuulivoima-alueiden läheisyyteen (merellä <15 km ja mantereella <10 km) maakunnallisesti merkittäviä lintujen kerääntymä- tai ruokailualueita.
- Muuttotarkastelussa ovat mukana BirdLife Suomen julkaiseman ”Lintujen päämuuttoreitit Suomessa” -raportin sisältämä tuulivoimasuunnittelun kannalta merkittävin lintulajisto (laulu- ja pikkujoutsen, metsä-, tundra-, valkopoiki- ja sepelhanhi, all, mustalintu, pilkkasiipi, lapasotka, haahka, kuikka, kaakkuri, merimetso, mehiläishaukka, merikotka, varpus- ja hiirihaukka, piekana, maakotka ja kurki)
- lisäksi tarkastelussa mukana isoista kahlaajista meriharakka.
- Lopputuloksena raportti ja paikkatietomuodossa olevat kartat muuttoreiteistä
- Kartoilla esitetyt muuttoreitit sisältävät päämuuttoreitin (tummansininen) ja puskurivyöhykkeet (vaaleansininen)
- Päämuuttoreitti kuvaa aluetta, jonka kautta muuttokaudessa muuttaa noin 80 % kaikista muuttoreitin linnuista
- Puskurivyöhykkeet kuvaavat aluetta, jonka kautta muuttokaudessa muuttaa noin 20 % kaikista muuttoreitin linnuista.
- Lajikohtaiset kartat ovat esillä osoitteessa: <http://www.tringa.fi/muuttoreitit/>

Esimerkkejä Tringan ja PSLY:n laatimasta selvityksestä (Metsänen 2016):



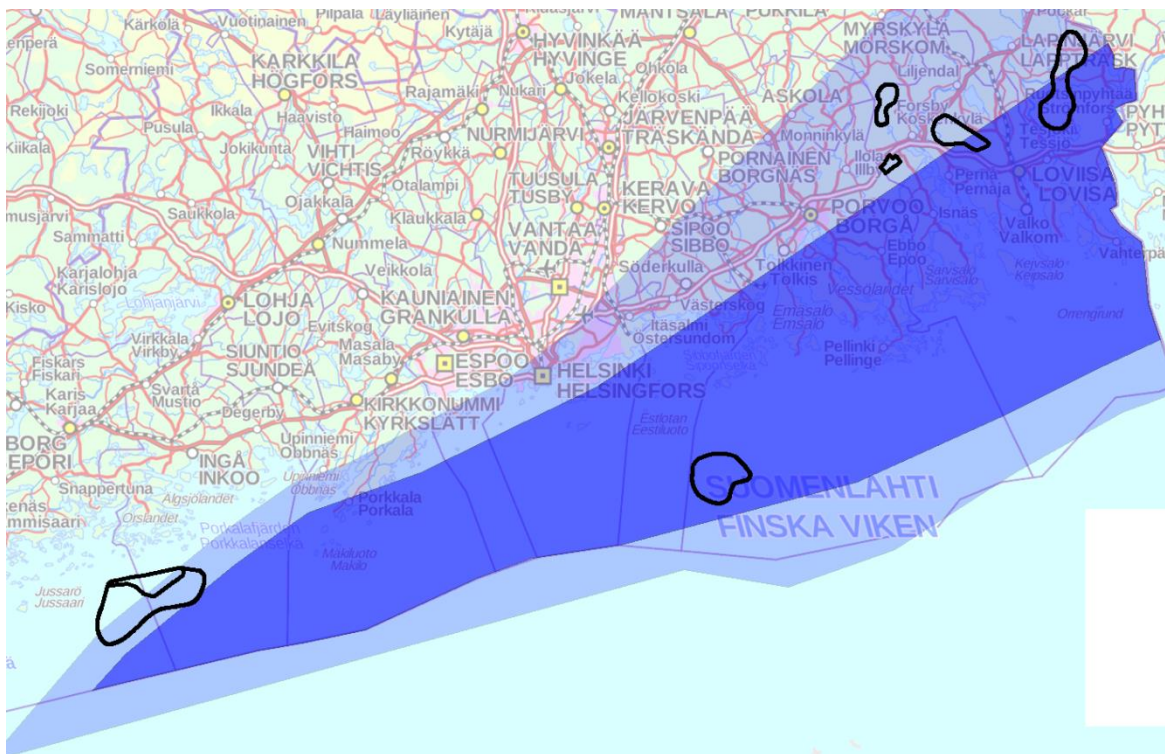
Vesilinnut kevät (alli, mustalintu, pilkkasiipi, sotkat)

Alli

	Hanko		Santahamina		Söderskär	
	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy
Havaitut ka	5 800	33 000	-	-	300 000-630 000	100 000-200 000
Arvio	11 600	66 000	-	-	500 000-1 000 000	200 000-300 000
Koko reitti	Kevät 600 000-1 100 000		Syksy 300 000-500 000			

Mustalintu

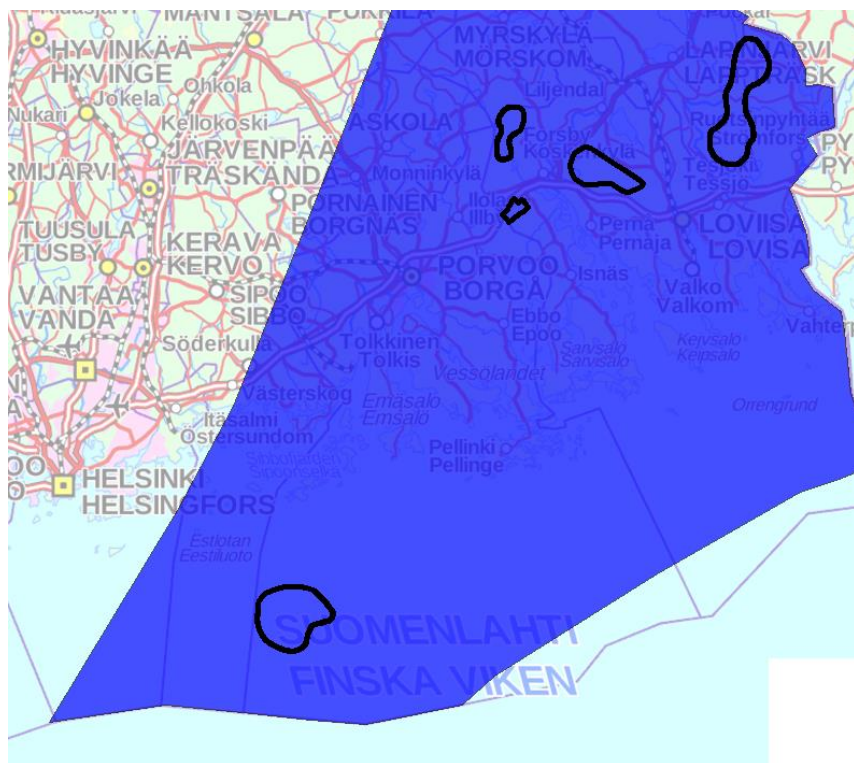
	Hanko		Santahamina		Söderskär	
	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy
Havaitut ka	6 800	1 200	2 100	370	300 000-700 000	300-500
Arvio	13 600	2 400	5 000	1 000	500 000-1 100 000	3 000
Koko reitti	Kevät 550 000-1 200 000		Syksy 10 000			



Valkoposkihanhi kevät

Valkoposkihanhi

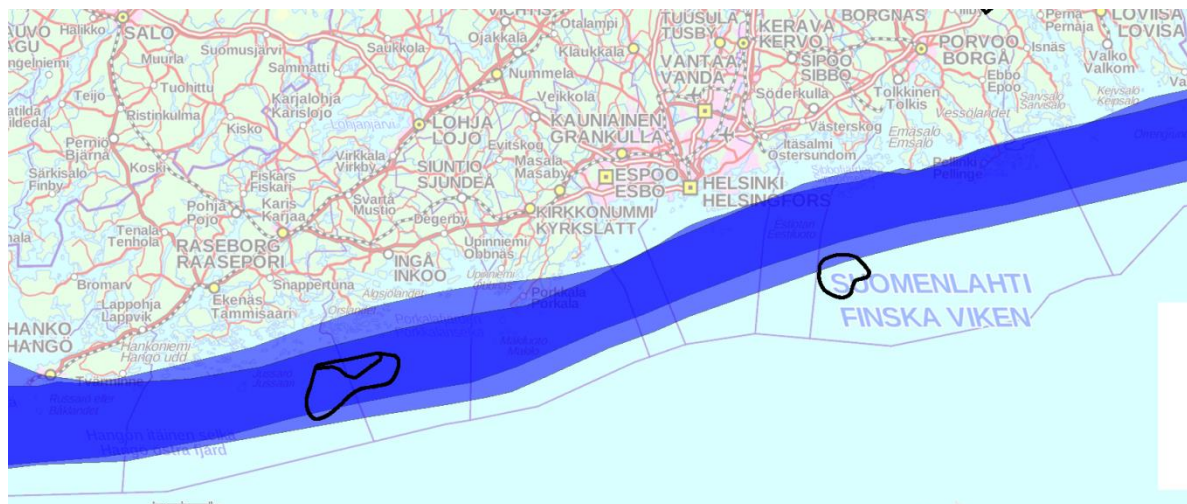
	Hanko		Santahamina		Söderskär	
	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy
Havaitut ka	10 000	13 000	36 000	10 000	60 000-175 000	7 500- 40 000
Arvio	20 000	26 000	50 000-80 000	20 000	150 000-200 000	40 000-80 000
Koko reitti	Kevät 150 000-300 000		Syksy 150 000-400 000			



Harmaahanhet syksy

Metsähanhi

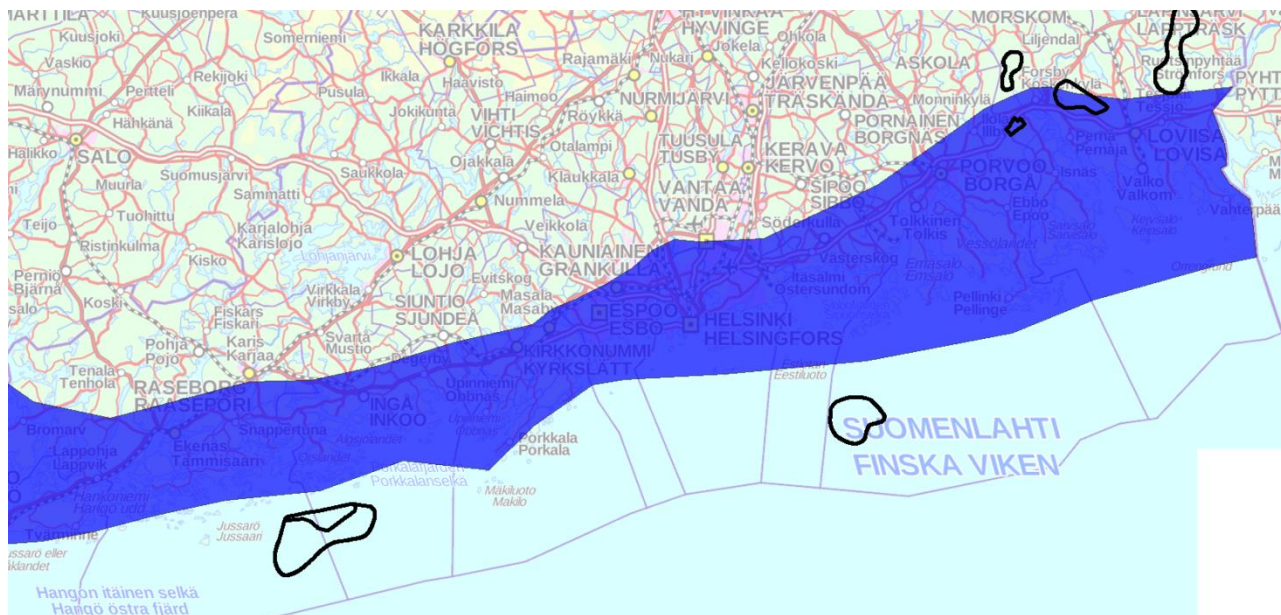
	Hanko		Santahamina		Söderskär	
	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy
Havaitut ka	45	225	325	115	150-1 000	400- 2 000
Arvio	90	450	500-1 000	500-1 000	1 000-2 000	1 000-3 000
Koko reitti	Kevät 5 000- 15 000		Syksy 5 000-10 000			



Merimetso, syksy ja kevät

Merimetso

	Hanko		Santahamina		Söderskär	
	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy
Havaitut ka	3 700	11 000	3 200	7 500	-	500-1 500
Arvio	7 400	22 000	6 000-8 000	10 000-15 000	3 000-6 000	5 000
Koko reitti	Kevät 20 000		Syksy 40 000			



Merikotka syksy

Merikotka

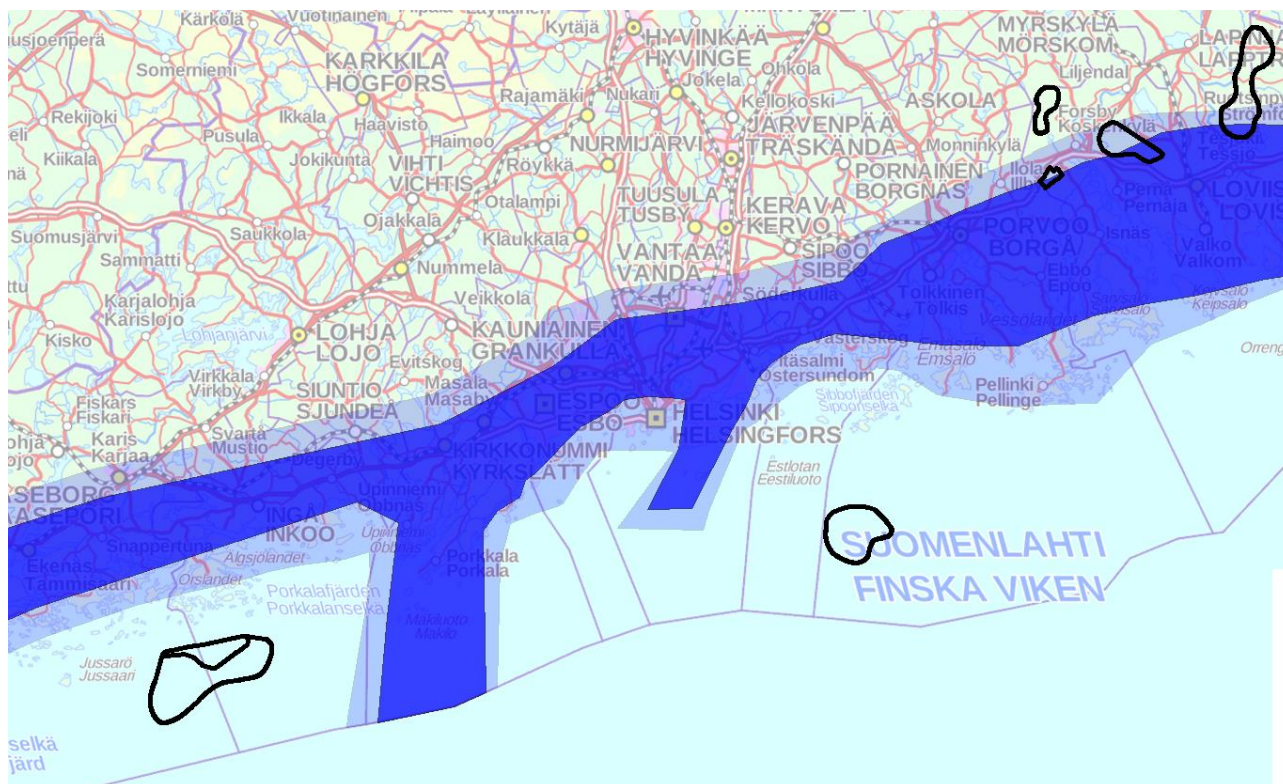
	Hanko		Santahamina		Söderskär		Vuosaari	
	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy
Havaitut ka	13	20	-	33	-	-	-	35
Arvio	26	40	-	50-100	-	-	-	50-100
Koko reitti	Kevät		Syksy					
	-		150-250					



Maakotka syksy

Maakotka

	Hanko		Santahamina		Söderskär		Vuosaari	
	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy
Havaitut ka	0	12	-	-	-	-	-	25
Arvio	0	24	-	-	-	-	-	40-70
Koko reitti	Kevät		Syksy					
	-		70-90					



Hiirihaukka syksy

Hiirihaukka

	Hanko		Santahamina		Söderskär		Vuosaari	
	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy
Havaitut ka	25	620	30	110	-	-	-	410
Arvio	50	1 240	60	200-250	-	-	-	1 500-3 000
Koko reitti	Kevät 400-500		Syksy 2 000-5 000					

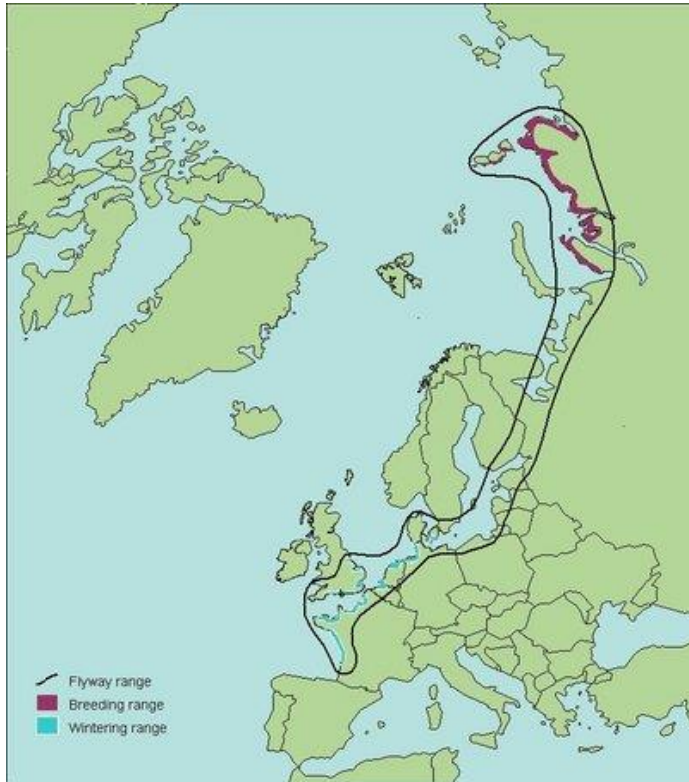
3.1 Tuulivoima-alueiden kautta muuttavat lintumäärät

Menetelmät:

- Tuulivoima-alueiden kautta muuttavien lintujen määrät arvioitiin Metsäsen (2016) muuttoreittejä koskevan raportin tietojen (muuttoreittien sijoittuminen ja muuttavien määrät) perusteella seuraavasti:
- Muuttoreitin leveys kunkin tuulivoima-alueen kohdalla >> keskimääräinen muuttotiheys ko. kohdalla (yks./km) erikseen päämuuttoreitillä ja bufferilla >> voimala-alueen leveys päämuuttoreitillä ja erikseen bufferilla >> läpimuuttavien määrät voimala-alueella.
- Mikäli voimala-alue sijoittuu muuttoreittien ulkopuolelle keskimääräisenä tiheytenä on käytetty joko 1/2 bufferin tiheydestä tai 1/8 päämuuttoreitin tiheydestä, mikäli bufferia ei ole lainkaan määriteltä.
- Muuton painottuminen merialueella Suomenlahden itä-/länsiosaan lajista riippuen huomioitu interpoloimalla arvot Hangon ja Söderskärin lukujen perusteella, oletuksena, että arvioitu maksimi toteutuu reitin jommassakummassa päässä lajeista riippuen.
- Muuttoreitin leveyden määrittämisessä on huomioitu laji-/lajiryhmäkohtainen päämuuttosuunta suhteessa tuulivoima-alueeseen.
- Metsäsen raportin arviot kuvaavat valoisan ajan (päivämuuton) määriä
- Yömuutto törmäyslaskelmissa on huomioitu kirjallisuudesta saadulla tiedolla eri lajien yöaktiivisuudesta (King 2009).
- Yömuuton lisäys läpimuuttoarvioihin on 0-100 % verrattuna päivämuuttoon, ollen suurin hanhilla, vesilinnuilla ja kahlaajilla. Vastaavasti se on pienin päiväpetolinnuilla, kuikkalinnuilla ja merimet-solla.

Tulokset

- Voimala-alueet sijoittuvat usean lajin kansainvälisesti merkittävälle muuttoreitille
- Suomenlahden kautta muuttavat etenkin useat arktiset vesilintulajit (esimerkkinä sepelhanhen muuttoreitti kuvassa 2).
- Uudenmaan tuulivoima-alueilla esiintyy usean lajin kohdalla suurimmat yksilötiheydet koko Suomen tuulivoima-alueista
- Tarkastelluista lajeista tuulivoima-alueiden kautta vuositasolla runsaimmin arvioitiin muuttavan alaja (500 000 yks.), mustalintuja (460 000), valkoposkiahia (90 000), sepelanhia (90 000), haahkoja (80 000) ja merimetsoja (37 000) (taulukko 1).
- Tarkastelluista petolinnuista alueiden kautta arvioitiin muuttavan eniten hiirihaukkoja (noin 1800) (taulukko 2).
- Maa- ja merikotkia alueiden kautta arvioitiin muuttavan yli 120.



Kuva 2. Sepelhanhen muuttoreitti sekä pesimis- ja talvehtimisalueiden sijainti

Lähde: <http://monitoring.wwt.org.uk/our-work/goose-swan-monitoring-programme/species-accounts/dark-bellied-brent-goose/>

Taulukko 1. Tarkasteltavien lajien merituulivoima-alueiden arvioidut läpimuuttavat yksilömäärät vuodessa.

Voimaloita	min.	Porvoo 14	Inkoon-Raasepori 33	Summa 47
	max.	43	100	143
alli	min.	309544	167560	477105
	max.	551211	297805	849016
	ka.	430378	232683	663061
allihahka	min.	177	95	271
	max.	353	190	543
	ka.	265	142	407
haahka	min.	1938	75153	77091
	max.	1938	75153	77091
	ka.	1938	75153	77091
kaakkuri	min.	1583	844	2428
	max.	1756	840	2596
	ka.	1670	842	2512
kuikka	min.	11015	6156	17172
	max.	19585	10947	30532
	ka.	15300	8552	23852
kurki	min.	618	7677	8295
	max.	749	9308	10058
	ka.	684	8493	9176
lapasotka	min.	861	584	1445
	max.	861	584	1445
	ka.	861	584	1445
meriharakka	min.	589	3877	4466
	max.	982	6461	7443
	ka.	785	5169	5954
merikotka syksy	min.	12	19	30
	max.	20	31	51
	ka.	16	25	41
merimetso	min.	8253	28342	36595
	max.	8253	28342	36595
	ka.	8253	28342	36595
metsähanhi	min.	1316	135	1451
	max.	3453	355	3808
	ka.	2384	245	2629
mustalintu	min.	197429	94387	291816
	max.	426905	203918	630823
	ka.	312167	149153	461320
pilkkasiipi	min.	3476	4566	8042
	max.	4888	6388	11276
	ka.	4182	5477	9659
sepelhanhi	min.	45105	28271	73375
	max.	64789	39080	103869
	ka.	54947	33675	88622
tundrahanhi	min.	1035	207	1242
	max.	2915	584	3499
	ka.	1975	396	2370
valkoposkivanhi	min.	48214	7173	55387
	max.	107143	16036	123179
	ka.	77679	11605	89283

Taulukko 2. Tarkasteltavien lajien mannertuulivoima-alueiden arvioidut läpimuuttavat yksilömäärät vuodessa.

Voimaloita	Tuulivoima-alue min. max.	Övre-Rikeby	Vanhakylä	Röjsjö	Lapinjärvi-Loviisa
		11 32	9 9	16 48	33 100
hiirihaukka	min.	59	134	406	452
	max.	140	328	1007	1118
	ka.	99	231	707	785
kurki	min.	145	155	166	287
	max.	176	188	202	348
	ka.	161	171	184	317
maakotka	min.	5	8	10	14
	max.	6	10	13	18
	ka.	5	9	11	16
mehiläishaukka	min.	56	99	303	337
	max.	76	134	406	452
	ka.	66	117	354	394
merikotka syksy	min.	6	10	14	15
	max.	10	16	23	25
	ka.	8	13	19	20
metsähanhi	min.	580	204	996	840
	max.	1439	521	2545	2147
	ka.	1009	363	1771	1493
piekana	min.	59	32	86	98
	max.	103	55	150	172
	ka.	81	43	118	135
tundrahanhi	min.	386	149	911	1145
	max.	933	395	2390	2998
	ka.	660	272	1651	2072
valkoposkihanhi	min.	10761	5343	32984	42243
	max.	26295	13114	77825	95914
	ka.	18528	9229	55404	69079
varpushaukka syksy	min.	265	110	350	525
	max.	530	220	700	1050
	ka.	398	165	525	788

4. TÖRMÄYSMALLINNUKSET

4.1 Yleistä törmäysriskistä

- Törmäyskuolleisuus aiheutuu lintujen törmäämisestä roottoreihin tai tolppaan tai roottorin turbulenssin aiheuttamasta vahingoittumisesta. Suurimpia törmäysvaikutukset ovat yleensä rannikolle ja suurien vesistöreittien rantavyöhykkeille rakennetuissa tuulivoimapuistoissa (keskimäärin 15,5 lintua/voimala/vuosi, (Rydell 2012,), kun taas esimerkiksi avoimilla maatalousalueilla törmäysriskit ovat huomattavasti pienempiä (1,4 lintua/voimala/vuosi, Rydell ym. 2012)
- Törmäysriski on suurin lajeilla, jotka lentävät riskikorkeudella, lentomäärät ovat suuret ja joiden voimaloiden kiertäminen/väistäminen on vähäisintä.
- Merellä tällaisia lajeja ovat mm. monet lokit ja merikotka. Pienen riskin lajeihin lukeutuvat täällä esiintymistä linnuista mm. ruokit, alli, mustalintu, pilkkasiipi (Furness, Wade & Masden 2013.). Vastaavasti maa-alueilla petolintu- ja metsäkanalintulajien arvioidaan olevan muita lajeja herkempiä törmäämään tuulivoimaloihin (Hötter ym. 2006).
- Sääolosuhteet vaikuttavat törmäystodennäköisyyksiin, mm. lentokorkeuden kautta.
- Linnut pyrkivät välttämään huonoja näkyvyysolosuhteita ja tarvittaessa nostamaan tai laskemaan lentokorkeuksia (Poot ym. 2011.). Myös tuulen on todettu vaikuttavan: myötätuulella linnut lentävät keskimäärin korkeammalla kuin vastatuulella (Krijgsveld ym. 2011.).
- Lentokorkeuksiin vaikuttavat säiden lisäksi myös vuorokauden aika, saalistuskäyttäytyminen, muuttokäyttäytyminen ym. (Johnston, Bradley & Otter 2014., Ainley ym. 2015.).
- Merilintujen on todettu nostavan lentokorkeutta huonoissa sääoloissa ja maalintujen vastaavasti alentavan, mikä lisää merialueilla törmäysriskiä. Muuttavilla linnuilla lentokorkeuksien on

todettu olevan keskimäärin suurempia kuin ruokailevilla (Johnston *ym.* 2014., Wright *ym.* 2012.).

- Turbiinien koon kasvattaminen vähentää etenkin kerääntyvillä, ruokailevilla merilinnuilla riskitilan läpi lentävien lintujen määriä roottorin alareunan kohotessa ylemmäksi merenpinnasta sekä voimaloiden etäisyyksien kasvaessa. Riskien vähenemisen on arvioitu olevan noin 30 % voimalakoon kasvaessa 3:sta 5:een MW:iin (Johnston, Bradley & Otter 2014.).
- Eri lajien suhtautuminen voimaloihin vaihtelee:
- Pohjanmerellä monet merilinnut kuten kuikat, ruokkilinnut, vesilinnut sekä hanhet ja joutsenen selvästi välttelevät voimala-alueita ja merimetsot ja lokit sekä petolinnut suhtautuivat välinpitämättömimmin tai jopa suosivat voimala-alueita (Krijgsveld 2014.). Tiirat yleensä välttelivät voimala-alueita, mutta eivät merkittävässä määrin. Kahlaajat lentävät yleisesti voimaloiden yläpuolella, mutta ne jotka lentävät riskikorkeudella eivät erityisesti karta voimala-alueita.
- Lintujen väistökyvyn on todettu useilla lajeilla olevan suurta. Ilmoitetut väistämisprosentit (avoidance rate) sisältävät sekä tuulivoimapuistojen välttelyn/kiertämisen (macro avoidance) sekä yksittäisen voimalan väistämisen (micro avoidance).
- Mm. muuttavista merisorsista 90 % on todettu väistävän tuulivoimapuistoja (Cook *ym.* 2012.)
- Hollannissa laajassa tutkimuksessa todettiin linnuista keskimäärin 28 %:n kiertäneen voimala-alueen (macro avoidance) .Suurinta väistäminen on merilinnuista sorsalinnuilla, kuikilla sekä hanhilla ja joutsenilla ja pienintä lokeilla, tiiroilla ja merimetsoilla. Yksittäisen voimalan väisti tuulivoima-alueelle saapuneista linnuista keskimäärin 97,6 % (micro avoidance) (Krijgsveld *ym.* 2011.)
- Myös Etelä-Ruotsissa on todettu muuttolintujen selkeästi väistävän tuulivoimala-aluetta merellä Öresundissa (Nilsson & Green 2011.)

- Nystedissä Tanskassa haahkoista ja hanhista lensi yöllä 0,9 % ja päivällä 0,6 % roottorin muodostamalla riskialueella (Desholm & Kahlert 2005.)
- Muuttavien hanhien todettiin väistävän sekä voimala-alueita sekä horisontaalisesti että vertikaalisesti, ja 94,46 % parvista kiersi tuulivoima-alueen (Plonczkier & Simms 2012.)
- Em. väistämis- sekä törmäystutkimusten perusteella eri lajeilla on annettu suosituksia törmäysmallinnuksissa käytettävistä väistävien osuuksista (Cook *ym.* 2012., Maclean *ym.* 2009.)
- Esimerkiksi joutsenille suositellaan laskelmissa väistöprosentiksi 99,7 ja 99,8 ja hanhille olosuhteista riippuen (Whitfield & Urquhart 2015.) 99,8 % (Douse 2013.).
- Suomessa Iin Olhavan mannertuulivoimapuistossa linnustovaikutusten seurannan (FCG 2015 ja FCG 2016) kahden ensimmäisen vuoden tulokset tukevat hyvin vahvasti muualla maailmassa suoritettujen vastaavien linnustonseurantojen tuloksia, joiden perusteella muuttavat linnut pyrkivät kiertämään tuulivoimapuistoja ja väistämään tuulivoimaloita.
- Pienintä väistöprosenttia laskelmissa suositellaan käytettävän merikotkalla (95 %), (SNH 2010.)
- Maakotkilla sekä muuttavilla että pesivillä todettu lentokorkeuksien kasvua voimala-alueilla (Johnston, Bradley & Otter 2014., Hedfors 2015.). Muuttavien kotkien on todettu lentävän keskimäärin korkeammalla kuin paikallisten (Katzner *ym.* 2012.).
Väistävien osuus kuitenkin vaihtelee myös paikallisten maasto- ja sääolosuhteiden mukaan

4.2 Menetelmät

- Syntyvää törmäysriskiä mallinnettiin ns. Bandin (2007 ja 2013) tasomallilla.
- Mallinnus perustuu muuttolentoon, siten esim. lepäily- ja yöpymispaikkojen välistä liikehdintää ei ole huomioitu. Merialueella levähtäjäliikenne on harvoin roottorien tasolla.
- Mukaan otetut petolintulajit tarkasteltu maatuulipuistoissa.
- Merikotka, kurki ja hanhet sekä maa- että meripuistoissa (lko. sepelhanhea jota ei tarkasteltu maatuulipuistoissa, aineiston puutteen vuoksi).
- Muut vesi- ja rantalintulajit tarkasteltu merituulipuistoissa.
- Riskikorkeudella lentävien osuudet määritetty kirjallisuustiedoista varovaisuusperiaatteiden mukaisesti. Tämä tarkoittaa, että tutkimuksissa todetut (jotka yleensä koskevat ruokailijoita/levähtäjiä) osuudet ovat yleensä selvästi pienempiä. (Cook *ym.* 2012.).
- Riskikorkeusvyöhyke (alarajan ja ylärajan väli) määritettiin laskelmassa laskelmiin valitun roottorin korkeudeksi (= 130m).
- Tarvittavat lentonopeudet ja lintujen kokotiedot perustuivat kirjallisuuteen (Alerstam *ym.* 2007.) ja <http://app.bto.org/birdfacts/results/bob710.htm>.
- Roottoreiden halkaisijana käytettiin 130 metriä ja pyörimisnopeutena 10 sekuntia/kierros. Eri lajeilla väistävien osuutena käytettiin tutkimustuloksiin perustuvia tietoja (mm. SNH 2010). Roottoreiden oletettiin pyörivän 75 % ajasta.
- Törmäysmallinnuksissa oletettiin riskikorkeudella lentävien lintujen jakautuvan tasaisesti ko. korkeusvälille. Näin ei käytännössä useinkaan ole. Esimerkiksi merellä lennot painottuvat

useilla lajeilla matalalle, jolloin laskelmien "riskikorkeudella" lentävistä vain osa on todellisella riskivyyhykkeellä (tolpan kohdalla, jossa roottorin kärki on alimmillaan), mikä voi pienentää törmäysriskiä kymmenillä prosenteilla. Bandin mallissa on korjausmahdollisuus lajeille, joille lentokorkeusjakauma on tiedossa (Band & Band 2012.). Tiedon puutteen vuoksi korjausta ei ole käytetty tässä työssä.

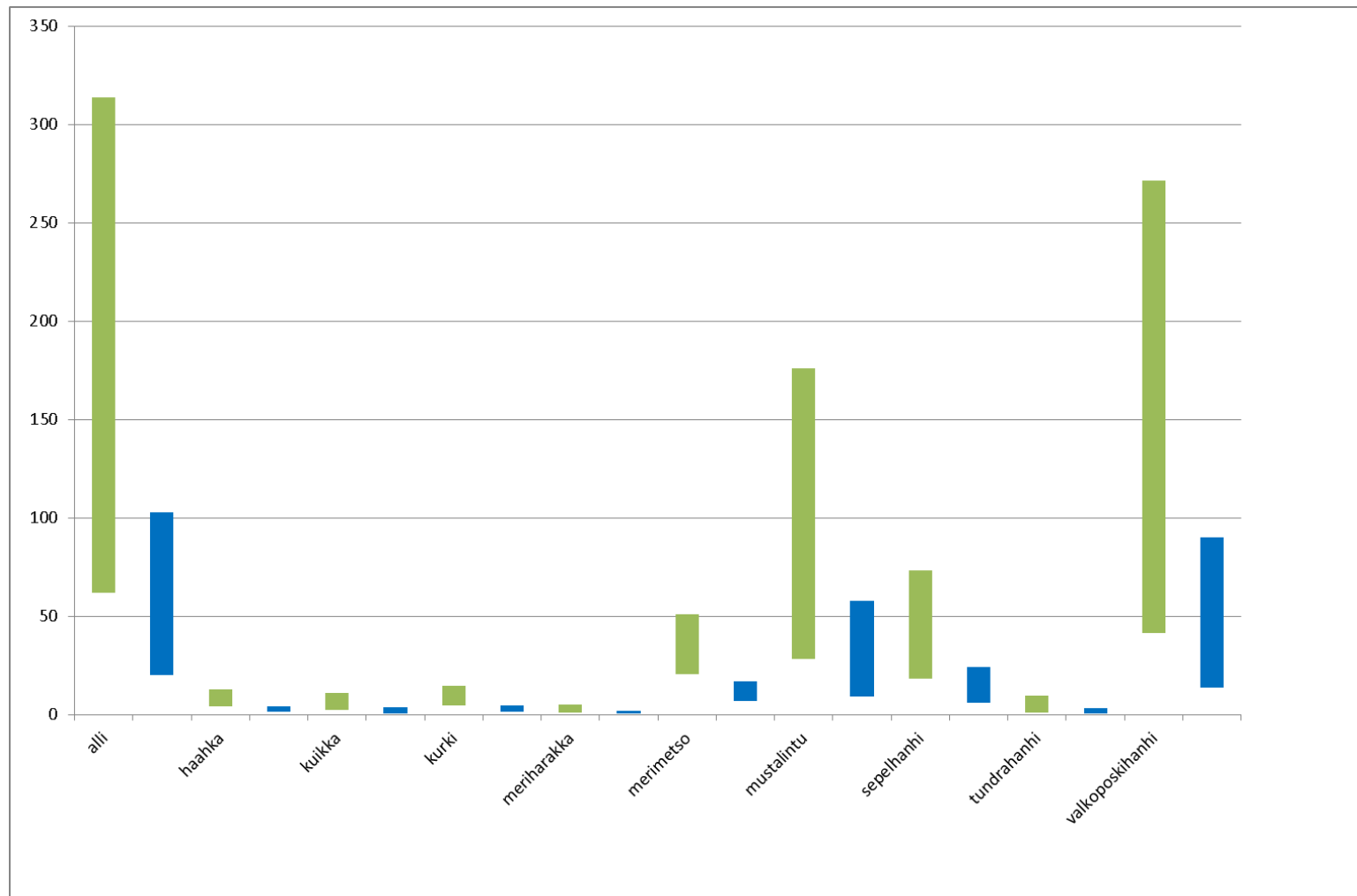
- Yömuutto otettiin huomioon törmäysriskilaskelmassa (King *ym.* 2009.) mukaisesti.
- Kuolleisuusennuste laskettiin kaikilla lajeilla kahdella väistökertoimella ja tuulivoimatoteutuksen kahdella skenaariolla (VE1 ja VE2).
- "Odotettu" laskettiin kirjallisuudesta saatavilla väistökerroinsuosituksilla ja alemmilla ilmoitetuilla lintutiheyksillä. Vastaavasti "Maksimi" laskettiin kirjallisuutta selvästi matalammilla väistökertoimilla, suurimmilla voimalamäärillä ja korkeammilla lintutiheyksillä. Näin ollen maksimi toteuttaa varovaisuusperiaatteet.

4.3 Tulokset

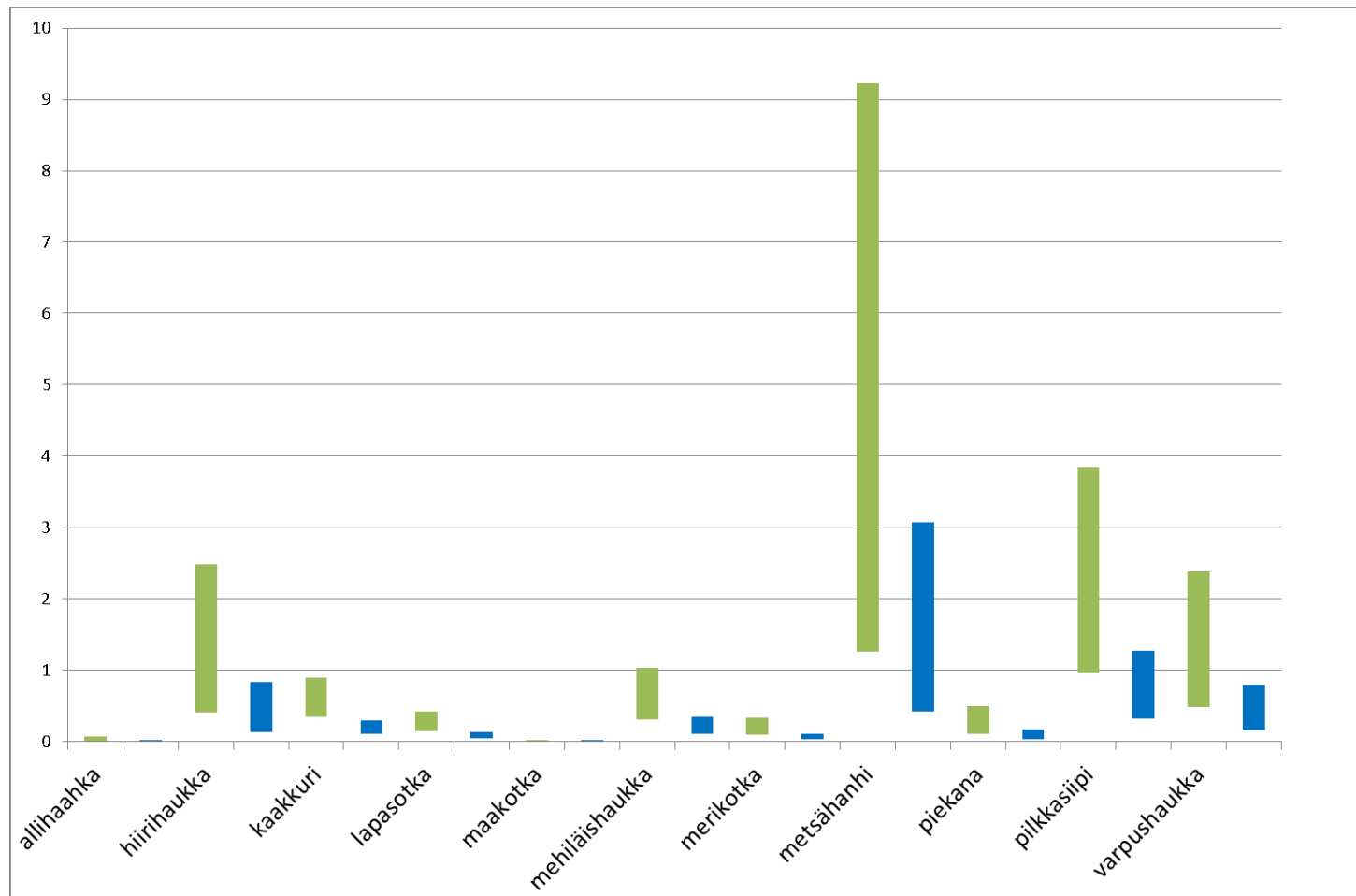
- Mallinnuksella saatu kokonaiskuolleisuus tarkastelussa olleilla lajeilla on 0,5-3 törmäystä/voi-mala.
- Tutkimuksista saatujen kokemus-ten perusteella ja taustatekijät huomiodien odotettu kuolleisuus on todennäköisesti lähempänä mallinnuksen ala- kuin ylärajaa.
- Odotetuksi törmäysmääräksi saa- daan mallinuksilla 62 (VE2) - 188 yks. (VE1). Mallinnuksen maksimikuolleisuus olisi 960 yksi- löä (VE1), jossa lukumäärällisesti mallinnuksen mukaan eniten tör- mäisi lajeista alleja (314 yks.) ja valkoposkiahania (271 yks.) (taulukko 3 sekä kuvat 3 ja 4).

Laji	Väistävien osuus (odotettu-maks.)	Osuus riskikorkeudella	Yömuuttolisä	Mallissa törmäystoden näköisyys roottoriin	VE2 Kuolleisuus (odotettu - maks).	VE1 Kuolleisuus (odotettu - maks).
alli	0,993-0,98	30 %	100 %	5,3 %	20,2-102,8	61,7-313,7
allihahka	0,993-0,98	10 %	100 %	5,3 %	0-0,02	0,01-0,07
haahka	0,993-0,98	10 %	50 %	6,0 %	1,4-4,1	4,4-12,6
hiirihaukka	0,98-0,95	50 %	0 %	6,3 %	0,1-0,8	0,4-2,4
kaakkuri	0,992-0,98	50 %	0 %	6,0 %	0,1-0,2	0,3-0,8
kuikka	0,992-0,98	50 %	0 %	6,2 %	0,8-3,6	2,4-11
kurki	0,98-0,95	50 %	25 %	8,0 %	1,6-4,8	4,8-14,7
lapasotka	0,993-0,98	30 %	50 %	5,4 %	0-0,1	0,1-0,4
maakotka	0,99-0,95	50 %	0 %	7,8 %	0-0,02	0,01-0,06
mehiläishaukka	0,98-0,95	50 %	0 %	6,4 %	0,1-0,3	0,3-1
meriharakka	0,98-0,95	30 %	0 %	6,0 %	0,4-1,7	1,2-5,3
merikotka	0,95-0,90	50 %	0 %	7,3 %	0-0,1	0,1-0,3
merimetso	0,98-0,95	50 %	0 %	7,4 %	6,7-16,8	20,4-51
metsähanhi	0,993-0,98	50 %	100 %	6,8 %	0,4-3	1,2-9,2
mustalintu	0,993-0,98	30 %	50 %	5,5 %	9,3-57,6	28,5-176
piekana	0,98-0,95	50 %	0 %	6,9 %	0-0,1	0,1-0,4
pilkkasiipi	0,993-0,98	30 %	50 %	5,7 %	0,3-1,2	0,9-3,8
sepelhanhi	0,993-0,98	50 %	100 %	6,0 %	5,9-24	18,2-73,4
tundrahanhi	0,993-0,98	50 %	100 %	6,8 %	0,4-3,1	1,2-9,5
valkoposkiahani	0,993-0,98	50 %	100 %	6,4 %	13,6-90	41,2-271,3
varpushaukka	0,98-0,95	50 %	0 %	5,9 %	0,1-0,7	0,4-2,3

Taulukko 3. Törmäysmallinnuksen tulokset



Kuva 3. Mallinnuksella saadut törmäyskuolleisuudet tarkastetuilla runsaslukuisemmilla lajeilla (yks./vuosi) (VE1 = vihreä, VE2 = sininen). Pylväen alareuna mallinnuksen odotettu kuolleisuus ja yläreuna maksimikuolleisuus.



Kuva 4. Mallinnuksella saadut törmäyskuolleisuudet tarkastelluilla harvalukuisemmilla lajeilla (yks./vuosi) (VE1 = vihreä, VE2 = sininen). Pylvään alareuna mallinnuksen odotettu kuolleisuus ja yläreuna maksimikuolleisuus.

5. POPULAATIOTASON VAIKUTUKSET

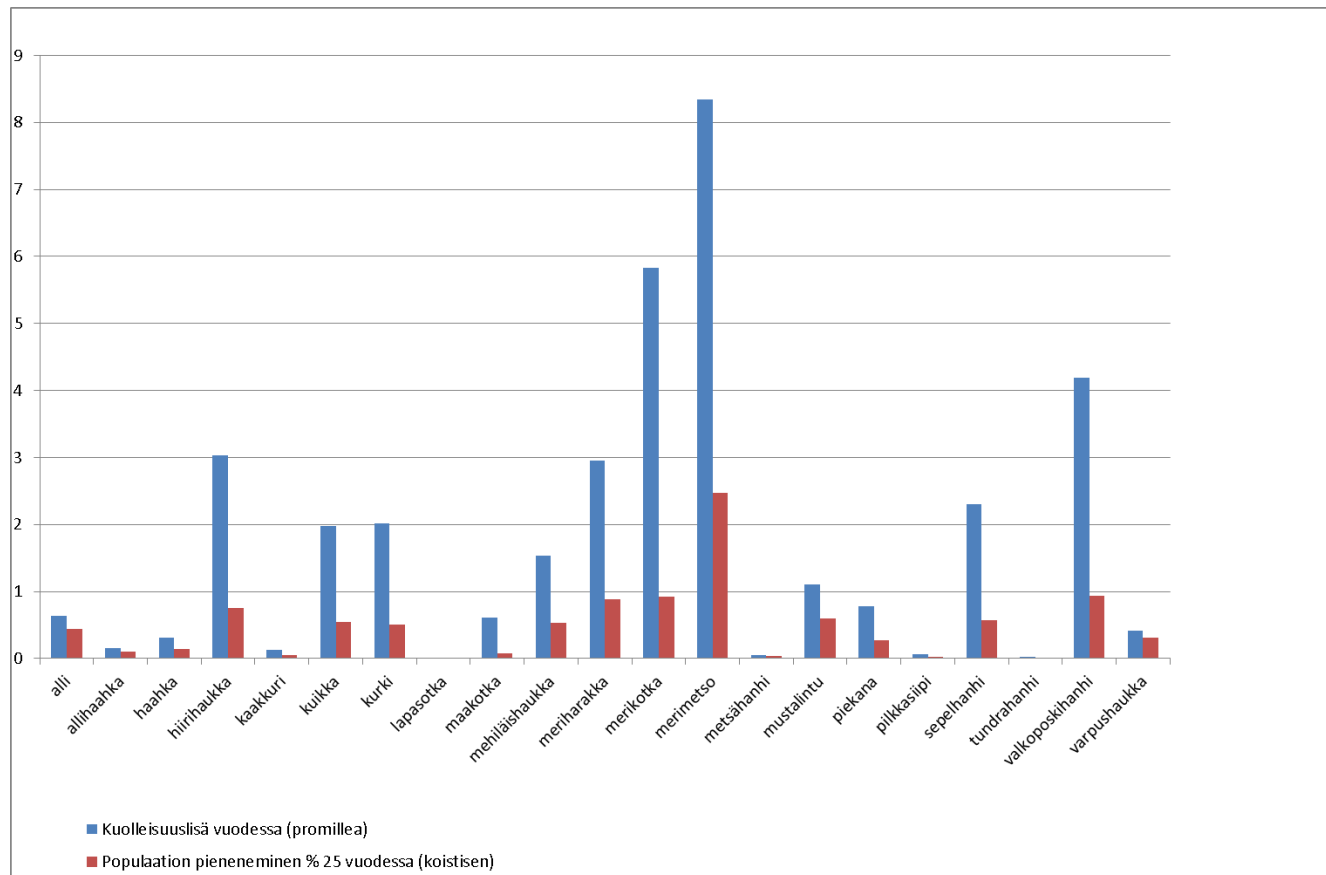
- Populaatiotason vaikutuksia hahmotettiin kahdella tavalla:
 1. arvioimalla tuulivoimaloiden aiheuttaman lisäkuolleisuuden vaikutusta lajikohtaiseen, kirjallisuudesta saatavilla olevaan keskimääräiseen kuolevuuteen.
 2. arvioimalla tuulivoiman elinkaaren (noin 25 v) aikaista, törmäysten aiheuttamaa populaation muutosta. Tämä laskettiin Koistisen (2004) mukaisesti suoraan törmäyskuolleisuudesta.
- Populaatiokokoina käytetty arktisilla lajeilla EU:n alueella talvehtivaa, Suomenlahden kautta muuttavaa kantaa (<http://bd.eionet.europa.eu/article12/summary?period=1&subject=A075>) ja muilla lajeilla Suomen pesivää kantaa.
- Poikkeuksina kuikka ja meriharakka, joilta ei ollut saatavilla arviota Itämeren kautta muuttavista kannoista.
- Meriharakalla käytettiin populaatiokokona arvioita Vianmeren muuttajamääristä (Metsänen 2016., Lambeck ym. 1995.) ja kuikalla Selkämeren (Nousiainen & Tikkanen 2014.) ja Suomenlahden pohjoisosan läpimuuttavien määräarvioita.

TULOKSET

- Tuulivoiman arvioitu, vuotuista kuolleisuutta nostava vaikutus olisi lajeista riippuen 0,83-0 %, ollen suurin merimetsolla (0,83 %) merikotkalla (0,58 %) ja valkoposkihanhella (0,41 %) (taulukko 4 ja kuva 5).
- Pahimmillaan populaatio olisi 25 vuoden kuluttua, Koistisen (2004) menetelmällä arvioituna, 2,5 % pienempi verrattuna tilanteeseen ilman tuulivoimaa. Tämä koskisi merimetsoa, jolle muutos voimakkaasti runsastuneena lajina arvioidaan kuitenkin merkityksettömäksi. Muilla lajeilla muutos olisi alle 1 % (taulukko 4).
- Suhteutettuna populaatioihin odotettu kuolleisuus (edes maksimina) ei ole merkittävä minkään lajin osalta, huolimatta tuulivoima-alueiden sijoittumisesta osin kansainvälisestikin hyvin merkittäville muuttoreiteille.
- Kuolleisuus on todennäköisesti lähempänä mallinnuksen odotettua arvoa kuin populaatiovaikutuksessa käytettyä maksimiarvoa, jolloin populaatiovaikutukset olisivat pienemmät kuin laskennalliset.
- **HUOM ! Tässä yhteydessä ei tarkasteltu yhteisvaikutuksia muualle Suomeen tai muihin maihin sijoittuvien tuulivoima-alueiden kanssa (kts. luku 10).**

Taulukko 4. Arvioitu populaatiomuutos törmäysennusteen (VE1 maksimi) toteutuessa

Laji	populaatio-koko	Populaatio	Kannan viimeajan muutos (%)	ajassa (v)	Vuosittainen elosssäilyvyys	Populaation kuolleisuus vuodessa	Tuulivoiman aiheitt. vuosittaiseen kuolevuuteen (%)	Kannan muutos 25 vuodessa (%) (koistinen 2014)
alli	1220000-2280000	Euroopan talvikanta	-60	32	0,72	490000	0,06	-0,4
alluhaahka	820-2300	EU:n talvikanta	-40	12	0,72	437	0,02	-0,1
haahka	188000-265200	Suomen kanta	-50	32	0,82	40788	0,03	-0,1
hiirihaukka	8400	Suomen kanta	-33	32	0,9	820	0,30	-0,8
kaakkuri	43700-42200	EU:n talvikanta	0		0,84	6872	0,01	-0,1
kuikka	34700-66500	kevätmuuttomäärä	0		0,89	5566	0,20	-0,5
kurki	46000-100000	suomen kanta	114	12	0,9	7300	0,20	-0,5
lapasotka	151000-275000	EU:n talvikanta	-45	32	0,48	110760	0,00	0,0
maakotka	800	suomen kanta	36	12	0,95	40	0,06	-0,2
mehiläishaukka	4800	suomen kanta	-30	14	0,86	672	0,15	-0,5
meriharakka	10000-20000	Luoteis-Venäjän kanta	- ?		0,88	1800	0,29	-0,9
merikotka	900	suomen kanta	80	12	0,936	58	0,58	-0,9
merimetso	51000	suomen kanta	2369	12	0,88	6120	0,83	-2,5
metsähanhi	622000-826000	EU:n talvikanta	+ ?		0,77	166520	0,01	0,0
mustalintu	673000-793000	EU:n talvikanta	0		0,783	159061	0,11	-0,6
piekana	1000-8000	suomen kanta	-		0,86	630	0,08	-0,3
pilkasiipi	311000-519000	EU:n talvikanta	-		0,84	66400	0,01	0,0
sepelhanhi	307000-330000	EU:n talvikanta	-		0,9	31850	0,23	-0,6
tundrahanhi	1410000-2260000	EU:n talvikanta	+		0,724	506460	0,00	0,0
valkoposkihanhi	633000-804000	EU:n talvikanta	+		0,91	64665	0,42	-0,9
varpushaukka	18700	EU:n talvikanta	0		0,69	5797	0,04	-0,3



Kuva 5. Mallinnuksella saadut populaatiovaikutukset maksimitörmäyskuolleisuuden toteutuessa.

- Tuloksia voidaan verrata kehitettyihin menetelmiin, joilla kuolleisuuden merkittävyyttä luokitellaan numeerisilla raja-arvoilla (taulukko 5).
- Tanskassa tuulivoiman vaikutusten tarkastelussa käytetyssä menetelmässä (Energinet.dk 2015.) raja-arvon laskennassa otetaan huomioon lajin uusiutumisvauhdin, populaatiokoon ja lajin kannan kehityssuunnan.
- Tarkastelu pohjautuu PBR-menetelmään (Potential Biological Removal), millä voidaan arvioida ihmisen aiheuttaman lisäkuolleisuuden kestäviä määriä populaatioille (Wade 1998., Niel & LEBRETON 2005.)
- Tarkastelu huomioi lajin kannan kehityssuunnan siten, että merkittävän lisäkuolleisuuden raja-arvo on taantuville lajeille kymmenen kertaa pienempi verrattuna lisääntyviin lajeihin, mikäli muut huomioitavat suureet pysyvät samoina.
- Varovaisuusperiaatteiden mukaan tehtyjen maksimikuolleisuuden vaikutukset suhteessa ko. "merkittävän vaikutuksen rajaan" jäävät kaikille lajeille hyvin pieneksi. Korkeimmat suhteelliset arvot (kuitenkin maksimissaan vain noin 4 % raja-arvosta) (taulukko 5) saavat hiirihaukka, mehiläishaukka, sepelhanhi ja piekana, jotka kaikki ovat taantuvia lajeja.
- Tanskan tutkimuksen tarkastelutavalla varovaisuusperiaatteita noudattaen kuolleisuus suhteessa populaatioon määriteltiin suureksi (kuolevien määrä $\geq 0,5\%$ populaatiosta), kohtalaiseksi ($\geq 0,1\%$ and $< 0,5\%$), vähäiseksi ($\geq 0,01\%$ and $< 0,1\%$) ja ei vaikutuksia ($< 0,01\%$).
- Tässä tarkastelussa merimetsolle muodostuu juuri ja juuri kohtalaiset vaikutukset, muille lajeille korkeintaan vähäiset.
- Ottaen huomioon kaikissa laskelmissa käytetyt varovaisuusperiaatteet, ja merimetsan voimakkaan runsastumisen, maakuntakaavan tuulivoiman törmäyskuolleisuuden vaikutukset on perusteltua arvioida tarkasteltuihin lajeihin muuttolennon osalta enimmilläänkin vähäisiksi.

Taulukko 5. Arvio tuulivoiman aiheuttaman lisäkuolleisuuden merkittävyydestä.

Laji	populaatio kokoon	1. pesin- tävuo- den ikä	vuosittai- nen elossa säilyvyys	PBR "Merkittä- vän kuolleisuu- den raja"	VE1- maksimi- kuolleisu- us	Suhteessa "merkittä- vän kuolleisuu- den rajaan"	suhteessa koko populaatio- on	Maksimivai- kutuksen luokittelu suhteessa populaatioon
alli	1750000	2	0,72	27183	313,7	1,2 %	0,02 %	Vähäinen
allahaahka	1560	2	0,72	24	0,1	0,3 %	0,00 %	Ei vaikutuksia
haahka	226600	3	0,82	2178	12,7	0,6 %	0,01 %	Ei vaikutuksia
hiirihaukka	8200	3	0,9	62	2,5	4,0 %	0,03 %	Vähäinen
kaakkuri	42950	3	0,84	1972	0,9	0,0 %	0,00 %	Ei vaikutuksia
kuikka	50600	3	0,89	2002	11,0	0,6 %	0,02 %	Vähäinen
kurki	73000	4	0,9	4563	14,7	0,3 %	0,02 %	Vähäinen
lapasotka	213000	2	0,48	4220	0,4	0,0 %	0,00 %	Ei vaikutuksia
maakotka	800	4	0,95	38	0,1	0,2 %	0,01 %	Ei vaikutuksia
mehiläishaukka	4800	3	0,86	42	1,0	2,5 %	0,02 %	Vähäinen
meriharakka	15000	4	0,88	502	5,3	1,1 %	0,04 %	Vähäinen
merikotka	900	4	0,936	47	0,3	0,6 %	0,04 %	Vähäinen
merimetso	51000	3	0,88	4181	51,1	1,2 %	0,10 %	Kohtalainen
metsähanhi	724000	3	0,77	38126	9,2	0,0 %	0,00 %	Ei vaikutuksia
mustalintu	733000	2	0,783	51233	176,0	0,3 %	0,02 %	Vähäinen
piekana	4500	3	0,86	39	0,5	1,3 %	0,01 %	Vähäinen
pilkkihiipi	415000	2	0,84	5097	3,9	0,1 %	0,00 %	Ei vaikutuksia
sepelhanhi	318500	2	0,9	3185	73,5	2,3 %	0,02 %	Vähäinen
tundranhanhi	1835000	3	0,724	206401	9,6	0,0 %	0,00 %	Ei vaikutuksia
valkoposkihanhi	770000	3	0,91	56127	271,3	0,5 %	0,04 %	Vähäinen
varpushaukka	18700	1	0,69	2603	2,4	0,1 %	0,01 %	Vähäinen

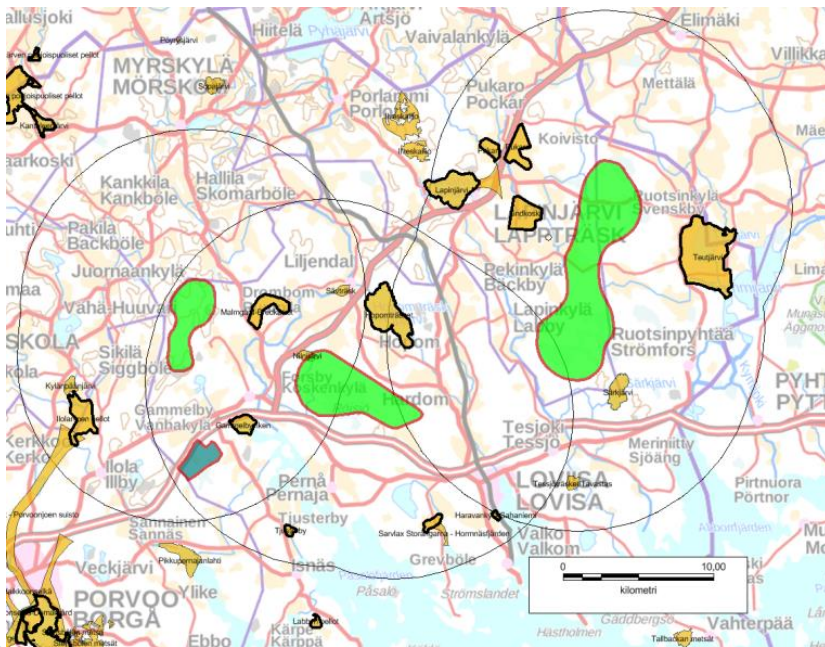
6. MUUT VAIKUTUKSET MUUTTOLINTUIHIN

- Muita vaikutuksia muuttolinnuille voi aiheutua muuttomatkan pidentymisestä tai häiriöistä ja lentoesteistä lepäileville ja ruokaileville linnuille.
- Voimala-alueiden kiertäminen lisää lentomatkaa, mutta sillä on todettu energiatalouden kannalta olevan vain vähäisiä vaikutuksia (Masden *ym.* 2009.).
- Merialueella voimala-alueet vähentävät jonkin verran lepäilyyn ja ruokailuun soveltuvien alueiden määriä, mutta koko Suomenlahden mittakaavassa vaikutus on todennäköisesti vähäinen johtuen siitä että mahdollinen ruokailuhabitaatin menetyksen osuus on hyvin pieni ja useiden lintulajien on huomattu tottuvan voimala-alueisiin (mm. allin, haahka, mustalintu).
- Mm. mustalintujen todettiin esiintyvän runsaana voimala-alueella muutaman vuoden rakentamisen jälkeen (Petersen & Fox 2007.).
- Joillakin alueilla kerääntyvien lajien lentoreitit voivat läpäistä voimala-alueita, mikä lisää törmäysennustetta. Etenkin merellä yleisesti ottaen ruokailulentojen lentokorkeudet ovat roottoreiden alapuolella, mikä vähentää törmäysriskiä olennaisesti.
- Vaikutuksia voi aiheutua yksittäisille kerääntymisalueille.
- Inkoon-Raaseporin tuulivoima-alueesta esiintyy todennäköisesti häiriövaikutusta Tammisaaren-Inkoon mereiseen IBA-alueeseen, joka IBA-alueeksi on valittu mm. haahkan ja allin kerääntymisalueina (Metsänen *ym.* 2016.) (kuva 6).
- Este- ja törmäysvaikutukset ovat myös mahdollisia.
- Vaikutuksia vähentävät merkittävästi etäisyyden kasvattaminen ja voimalamäärän supistaminen
>> VE2 on todennäköisesti mahdollinen ilman merkittäviä vaikutuksia tiedossa oleviin kerääntymisalueisiin.

- Muut merialueen kerääntymisalueet sijoittuvat yli 10 km:n etäisyydelle, mikä todennäköisesti riittää ehkäisemään merkittävät vaikutukset ko. alueille.
- Voimaloiden lisäksi häiriötä ja habitaatin menetyksiä aiheuttaa lisääntynyt vesi- ja helikopteriliikenne tv-alueille. Herkkyys häiriöihin vaihtelee lajeittain.
- mm. kuikilla, alleilla ja mustalinnuilla on todettu olevan pitkät pakoetäisyydet, mistä johtuen häiriöt voivat aiheuttaa näillä lajeilla suuremmat habitaatin menetykset verrattuna esim. haahkaan, joka on sietokykyisempi laivaliikenteelle (Schwemmer ym. 2011.)
- myös ruokkien ja kiislojen on todettu selvästi välttelevän voimala-alueita ((Dierschke & Garthe 2006., Vanermen ym. 2015.).
- Etelä-Ruotsin Lillgrudnin tuulivoimapuiston seurannat eivät osoittaneet suuria muutoksia tapahtuneen talvehtivien vesilintujen määrissä voimala-alueilla. (Nilsson & Green 2011.).
- Saksassa haahkojen ja merimetsojen on havaittu ruokailevan tuulivoima-alueilla (Ludeke 2015.)
- Maa-alueiden tärkeisiin muuttolintujen kerääntymisalueisiin ei todennäköisesti aiheudu suoria häiriövaikutuksia yli 2 km:n etäisyyksistä johtuen.
- Este- ja törmäysvaikutuksia voi aiheutua lähistön suurikokoisten vesilintujen (hanhet, joutsenet) käyttämille lepäily- ja ruokailualueille (kuva 7).
- Tällaisia ovat: Teutjärvi, Lindkoski, Lapinjärvi, Hopomträsket, Malmgård-Bredkäret.
- Vaikutusten suuruuden selvittäminen edellyttäisi tarkempia tietoja, mm. lintujen käyttämistä lentoreiteistä.
- Vaikutuksia vähentävät merkittävästi etäisyyden kasvattaminen ja voimalamäärän supistaminen
>> VE2 on todennäköisesti mahdollinen ilman merkittäviä vaikutuksia

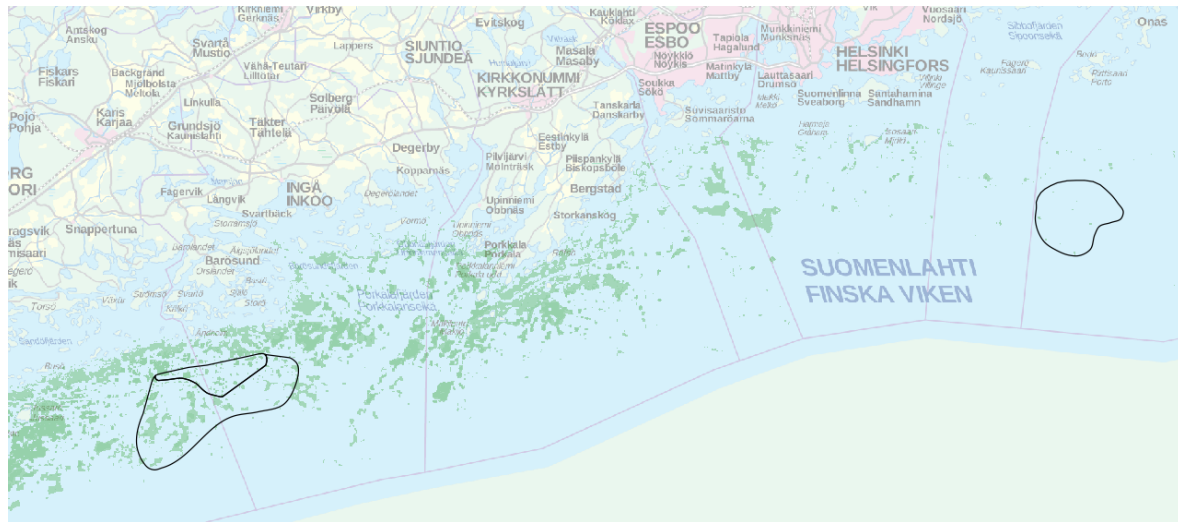


Kuva 6. Maakunnallisesti arvokkaat linnustoalueet (ns. maali-alueet) (keltainen) sekä uudet IBA-alueet (musta reunaviiva) merituulivoima-alueiden (vihreä) lähistöllä, joiden ympärillä 10km puskuri (viiva).



Kuva 7. Porvoon seudun maali-alueet (keltainen), joista kerääntymisalueet merkitty mustalla reunaviivalla. tuulivoima-alueiden (vihreä) ympärillä 10km puskuri (viiva).

- Merialueen kerääntymisalueiden yhtenä tärkeänä indikaattorina on (etenkin haahkalle ja allille) sinisimpukkayhteisöjen esiintyminen.
- Kerääntymisalueet ja simpukkayhteisöt keskittyvät Suomenlahden länsiosiin. Porvoon tuulivoima--alueella laajoja esiintymiä ei ole (kuva 8).
- Inkoon-Raaseporin alueella simpukkayhteisöjä on yleisesti, muttei yhtenäisesti.



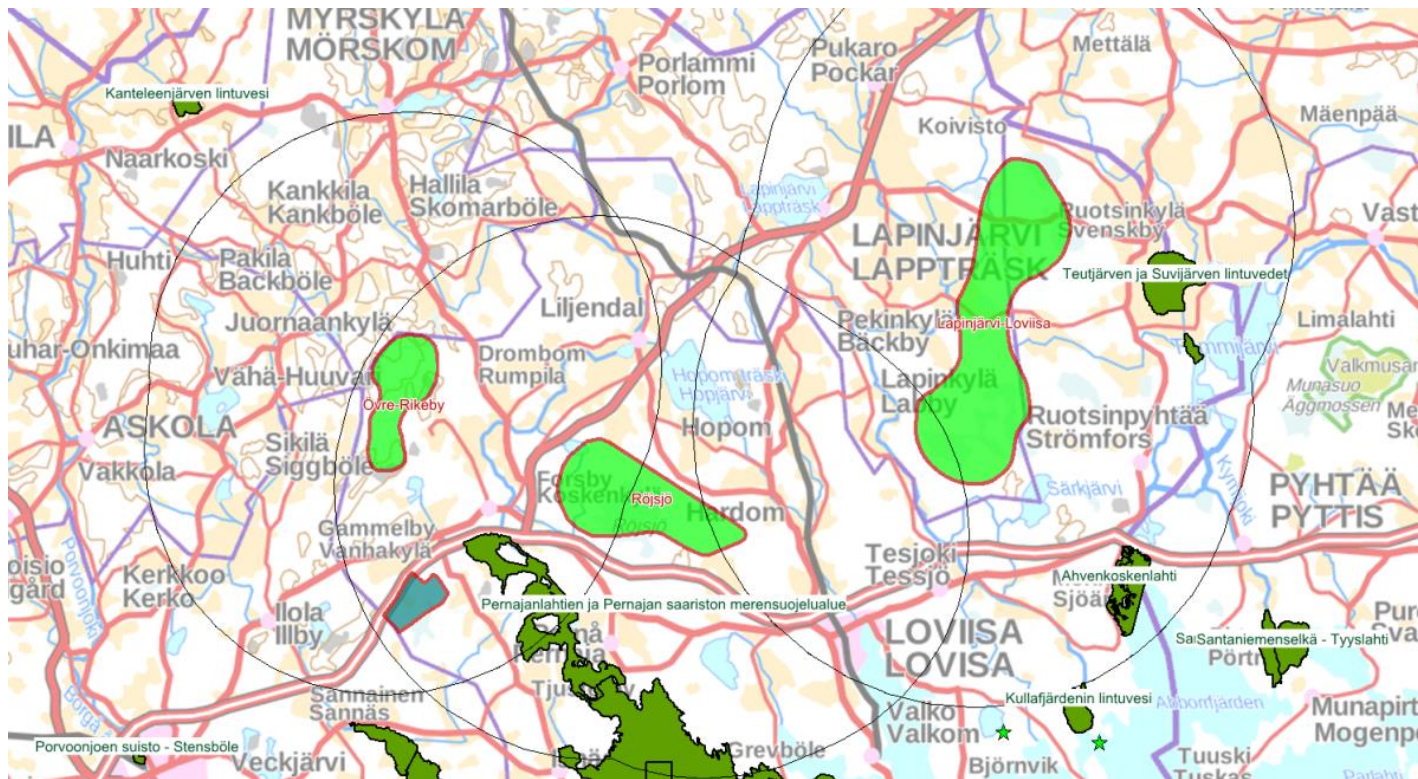
Kuva 8. Mallinnettujen sinisimpukkayhteisöjen (vihreä, VELMU, aineistot) sekä tuulivoima-alueiden sijainti (mustat viivat)

7. JOHTOPÄÄTÖKSET MUUTTOLINTUIHIN KOHDISTUVISTA VAIKUTUKSISTA

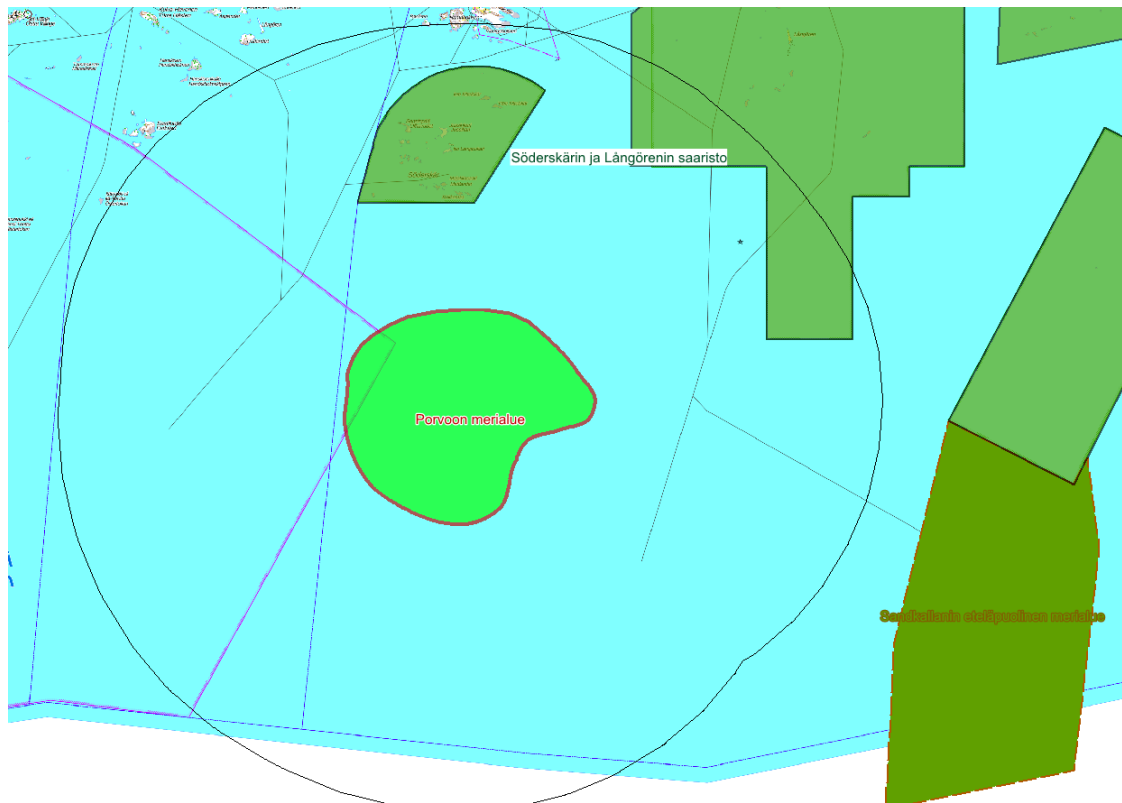
- Tehtyjen tarkastelujen ja mallinnusten mukaan merkittäviä populaatiotason vaikutuksia ei ole odotettavissa.
- On kuitenkin huomioitava, että tuulivoima-alueet sijoittuvat usean lajin kansainvälisesti merkittävälle päämuuttoreiteille.
- Tarkasteluun liittyy epävarmuuksia, mistä syystä on suositeltavaa huomioida muuttolinnut rajausten muodossa ja/tai aluekohtaisissa kaavamääräyksissä.
- Käytettävissä olevin tiedoin merkittävien vaikutusten mahdollisuutta ei voida täysin poissulkea yksittäisille kerääntymisalueille vaihtoehdossa VE1.
- Rajaustarvetta etenkin Inkoon-Raaseporin tuulivoima-alueella, joka osittain sijoittuu IBA-alueelle.
- VE2:n mukaiset voimalamäärät ovat todennäköisesti mahdollista toteuttaa ilman merkittäviä vaikutuksia linnuston huomioivilla sijoitusratkaisuilla >> kaavamääräystarve kaikilla tuulivoima-alueilla.

8. NATURA-TARVEHARKINTA

8.1 Tarkasteltavat Natura-alueet



- Teutjärven ja Suvijärven lintuvedet FI0100082, SPA
- Pernajanlahtien ja Pernajan saariston merensuojelualue FI0100078, SPA,SCI
- Ahvenkoskenlahti, FI0416005, SPA



- Söderskärin ja Långörenin saaristo, FI0100077, SPA/SCI
- Sandkallanin eteläpuoleinen merialue, FI0100106, SCI



- Tammisaaren ja Hangon saariston ja Pohjanpitäjänlahden merensuojelualue, FI0100005, SPA JA SCI
- Inkoon saaristo, FI0100017, SPA, SCI
- Kirkkonummen saaristo, FI0100105, SPA
- Kirkkonummen saaristo FI0100026, SCI
- Kallbådanin luodot ja vesialue, FI0100089, SCI
- Hangon itäinen selkä, FI0100107, SCI

8.2 Vaikutukset luontotyyppeihin

- Inkoon-Raaseporin tuulivoimala-alue on lähimmillään 0,6 km:n etäisyydellä Inkoon saariston ja 1,5 km:n etäisyydellä Tammisaaren ja Hangon saariston Natura-alueista.
- Rakentamisaikainen vaikutus, esim. veden samentumisen kautta on mahdollista.
- Vaikutuksen kohdentumisen ja suuruuden määrittely edellyttäisi lisätietoja mm. lähimmistä luontotyypeistä.
- Natura-alueisiin kohdistuvat merkittävät suorat vaikutukset kuitenkin epätodennäköisiä laajimmasakin vaihtoehdossa.
- Muille Natura-alueille etäisyydet riittäviä estämään suorat vaikutukset.

8.3 Vaikutukset luontodirektiivin lajeihin

- Ainut luontodirektiivin laji, johon vaikutuksia voi muodostua on harmaahylje, joka on suojelun perusteena Tammisaaren-Hangon (etäisyys 1,5 km), Kallbådanin (12,2 km) sekä Söderskärin (3,7 km) Natura-alueille.
- Voimalat voivat aiheuttaa suoria häiriövaikutuksia ja karkottumista Tammisaaren ja Hangon Natura-alueiden hylkeisiin etenkin rakentamisen aikana. Vaikutusten kohdentumisen ja suuruuden selvittäminen edellyttäisi tarkempia tietoja mm. Natura-alueen itäosan merkityksestä hylkeille.
- Lajin esiintyminen ei laajalla Natura-alueella todennäköisesti ole uhattuna laajimmassakaan mitoitusvaihtoehdossa.
- Vaikutukset VE2:ssa todennäköisesti vähäisiä ja epäsuoria.
- Muilla Natura-alueilla etäisyydet ovat riittävät estämään merkittävät vaikutukset. Vaikutukset todennäköisesti korkeintaan kohtalaisia ja epäsuoria laajimmassakin vaihtoehdossa.

8.4 Vaikutukset lintudirektiivin lajeihin

8.4.1 Yleistä

- Vaikutukset Natura-alueella esiintyviin lintuihin voivat aiheutua ruokailu- lepäily- ja pesimishabitattien vähenemisistä, estevaikutuksista tai populaatioiden pienenemistä törmäyksistä johtuen.
- Vaikutukset Natura-alueille ovat mahdollisia lähinnä siten, että linnut liikehtivät suunniteltujen tuulivoima-alueiden ja Natura-alueiden välillä.
- Natura-alueelle kohdentuvat suorat häiriövaikutukset voimaloista mahdollisia vain lähimmillä, alle kilometrin etäisyydellä sijaitsevilla Voimala-alueilla. Tarkastelluista alueista suoria vaikutuksia voi aiheutua Inkoon saariston ja Tammisaaren-Hangon Natura-alueilla laajimmalla mitoitusvaihtoehdolla (VE1).
- Natura-alueen ulkopuolella vaikutukset kohdistuvat lajeihin, jotka joko ruokailevat tuulivoima-alueilla tai joko muuttavat tai lentävät ruokailu-/lepäilyalueelle tuulivoima-alueen kautta
- Merellä ruokailualueiden laajuudet vaihtelevat lajien välillä tyypillisesti (Thaxter *ym.* 2012.) muutamista neliökilometreistä jopa satoihin neliökilometreihin.
- Esimerkiksi räyskän on todettu ruokailevan 30-40 kilometrin etäisyydellä pesintäaikaan (ruokailuetäisyyden mediaani myöhäiseen pesintäaikaan 7,7 ja 16,9 km (Lyons, Roby & Collis 2005.).
- Vaikutuksia voi aiheutua usean kilometrin etäisyydellä Natura-alueesta sijoittuvasta tuulivoima-alueesta.
- Kaikilla alle viiden kilometrin etäisyydellä sijaitsevilla Natura-alueilla on sellaista lajistoa, jotka todennäköisesti liikkuvat aktiivisesti myös Natura-alueen ulkopuolella ja osin myös tuulivoima-alueilla>> vaikutukset ovat mahdollisia useille Natura-alueille.
- Natura-vaikutuksissa tarkastelun kohteena ("populaationa") ovat yksittäisen Natura-alueen kannan koko. >>>

- Vaikka tarkastelluista Uudenmaan tuulivoima-alueista ei ole odotettavissa merkittäviä Suomen tai sitä laajemman alueen lintupopulaatioihin, ovat merkitykselliset vaikutukset mahdollisia yksittäisiin Natura-alueisiin.

8.4.2 Merilinnut

- Natura-alueiden suojelun perusteina olevista lajeista riskialttiita ovat etenkin Natura-alueella pesivät ja ulapalla säännöllisesti ruokailevat lajit, kuten haahka, räyskä, lapintiira, selkälokki, ruokki ja riskilä.
- Lokkilinnuilla (lokeilla ja tiiroilla) kyse on todennäköisemmin törmäysriskistä, kun taas ruokki- ja sorsalinnuilla ruokailuhabitaatin menetyksistä.
- Merialueen Natura-alueisiin kohdistuvia merkittäviä vaikutuksia ei voi käytettävissä olevin tiedoin poissulkea vaihtoehdossa VE1. Tammisaaren-Inkoon ja Kirkkonummen SPA-alueisiin
- Myös kerääntyville lajeille kuten haahkalle, kuikalle ja pilkkasiivelle voi aiheutua huomattavia vaikutuksia etenkin rakentamisaikana.
- Vaikutuksia voidaan hyvin paljon ehkäistä keskittämällä voimalat etäämmälle Natura-alueista ja supistamalla voimaloiden määrää>> Merkittävät vaikutukset eivät ole todennäköisiä VE2:ssa.

8.4.3 Törmäysmallinnus räyskälle

- Tuulivoiman mitoitusvaihtoehtojen (VE1/VE2) välisiä eroja testattiin teoreettisesti vertaamalla vaikutuksia Natura-alueen läheiselle ”räyskäluodolle”.
- Myös räyskäluoto valittiin teoreettisesti (lähin pesimiseen soveltuva)
- Räyskä valittiin esimerkkilajiksi, sillä se lentää paljon ja oletettavasti muiden lokkilintujen tavoin se ei välttele merituulivoimapuistoja yhtä paljon kuin monet muut lajit. Tällä perusteella tuulivoima saattaa olla aiheuttamassa törmäyskuolleisuutta.
- Mallin teoreettinen voimala oli samanlainen kuin muuttolintujen kohdalla. Väistävien osuutena käytettiin laskelmassa 98 %.
- Räyskät lentävät saalistuslennoillaan keskimäärin korkeammalla kuin muut tiirat, mutta matalammalla kuin suuret lokit (mm.harmaalokki). Riskikorkeudella lentävien osuutena käytettiin laskelmassa 15 % varovaisuusperiaatteiden mukaisesti, mikä on todellista korkeampi.
- Kirjallisuudessa on kerrottu räyskän keskimääräinen saalistuslentoajaksi 47min (Anderson *ym.* 2005.) ja, että se on saalistamassa puolet valoisasta ajasta (Lyons, Roby & Collis 2005.). Tässä teoreettisessa mallissa pesimäaikana (noin 75 vrk) saalistuslentoja olisi siten yhdellä räyskällä noin 860 kertaa.
- Ruokailulentoliikkeen kuvaamiseksi kehitetyssä mallissa räyskien ruokailulentomäärän oletetaan vähenevän lineaarisesti saavuttaen nollan 30 km päässä. Tätä voidaan pitää varsin todenmukaisena verrattuna tutkimustulokseen, jossa räyskän on todettu ruokailevan 30-40 kilometrin etäisyydellä pesintäaikaan (ruokailuetäisyyden mediaani myöhäiseen pesintäaikaan 7,7 ja 16,9 km (Lyons, Roby & Collis 2005.). Teoreettisessa mallissa ruokailuetäisyyden mediaani on 15 km.
- Lentojen ajatellaan mallissa suuntautuvan satunnaisesti. Tällöin mallinnuksessa voidaan korvata Bandin (2012) mallin tutkimusikkuna tutkimuskehillä. Tutkimusikkunan leveys (kehän pituus) riippuu siis etäisyydestä pesimäpaikkaan.

- Etäisyyden kasvaessa voimalan ja pesäpaikan välillä voimalan aiheuttama teoreettinen törmäysriski pienenee kahdesta syystä. Ruokailutaajuus sekä todennäköisyys kohdata voimala vähenee. Saatujen tulosten perusteella varovaisuusperiaatteiden mukaisesti laskettuna merituulivoimapuistojen kohdalla ei voida poissulkea merkittävää törmäysriskiä laajemmissa vaihtoehtoisissa.
- Esimerkissä räyskäluodon kuolleisuus kasvaisi mallin mukaan enimmillään 28 % Inkoon-Raaseporin tuulivoimaloiden johdosta ja noin 19 % Porvoon tuulivoimaloiden johdosta.
- Mallinnusmenetelmällä Raasepori-Inkoossa tuulivoimalamäärän pienentäminen 100->33 pienentää törmäysriskiä lähes 80 %, kun valitaan kaukaisimmat voimalat
- Vastaavasti Porvoossa tuulivoimalamäärän pienentäminen 43->14 pienentää törmäysriskiä reilut 80 %, kun valitaan kaukaisimmat voimalat >>
- Varovaisuusperiaatteiden toteutettu räyskäesimerkki osoittaa, että pienemmällä mitoituksella tuulivoima-alueet on todennäköisesti mahdollista toteuttaa ilman merkittäviä vaikutuksia, etenkin kun huomioidaan se, että räyskät oletettavasti hyödyntävät avomerialuetta yleisemmin rannikon läheisiä lahtia ja vesialueita.

8.4.4 Suuret vesilinnut

- Mannertuulivoima-alueiden läheisistä Natura-alueista riskialttiimpia ovat hanhien ja joutsenten kerääntymisalueina sekä suurten petolintujen ruokailualueina toimivat kohteet.
- Teutjärvi sekä Pernajanlahti toimivat lähiseudun pelloilla ruokailevien hanhien ja joutsenten lepäily- ja yöpymisalueina.
- Esim. Teutjärvelle kerääntyvien tuhansien valkoposkihanhien yhteen lasketut lentomäärät lähiseudulle voivat olla sadoissa tuhansissa - miljoonissa.
- Kerääntymisalueiden väliin sijoittuvat voimala-alueet voivat muodostaa törmäysriskin tai toimia esteenä lentoreiteillä
- Vaikutusten suuruuden ja kohdentumisen arviointi edellyttäisivät tarkempia tietoja mm. lentoreiteistä ja -korkeuksista.
- Merkittävien vaikutusten esiintyminen on kuitenkin epätodennäköistä etenkin suppeammissa vaihtoehtoisissa, johtuen voimala-alueiden sijoittumisesta kerääntymisalueiden välisille metsäalueille todennäköisten lentoreittien ulkopuolelle ja toisaalta siitä, että paikallisten hanhien törmäysriskit on todettu hyvin pieniksi mm. talvehtimisalueilla (Douse 2013.).

8.4.5 Merikotka ja sääksi

- Kookkaiden vesilintujen lisäksi voimalat muodostavat törmäysriskin mm. Natura-alueilla esiintyville suurille petolinnuille, tällä seudun erityisesti merikotkalle ja sääkselle.
- Alle viiden kilometrin etäisyydelle maakuntakaavan tuulivoima-alueista sijoittuvista Natura-alueista merikotka ja sääksi ovat lepäilijöinä/ruokailevina sekä pesivänä suojelun perusteena Teutjärven ja Pernajanlahden Natura-alueilla. Merikotka on suojelun perusteena talvehtivana Tammisaaren ja Hangon saariston Natura-alueella.

- Natura-alueilla pesiviin sääksiin ja merikotkiin tuulivoima-alueet eivät todennäköisesti aiheuta merkittäviä vaikutuksia pitkien yli 8 km etäisyyksien vuoksi, mutta vaikutuksia voi ilmetä lähistöllä pesiviin Natura-alueilla ruokaileviin sääksiin.
- Natura-alueilla ruokailevat ja lepäilevät sääkset ja kotkat voivat olla joko lähistöllä pesiviä tai kauempaa tulleita kierteleviä tai muuttavia lintuja.
- Muuttomatkalla oleviin merikotkiin kohdistuvat törmäysriskit todettiin vähäisiksi törmäysmallinnuksissa. Voimalat sijoittuisivat riittävän etäälle Natura-alueista estämään merkityksellisten vaikutusten muodostumisen Natura-alueiden muuttaviin kotkiin.
- Natura-alueilla ruokaileville, lähistöllä pesiville sääksille voimalat voivat muodostaa uhkatekijän (törmäys ja estevaikutus) kolmella sääksireviirillä, joilla voimala-alueet sijoittuvat pesän läheisyyteen (Eläinmuseon sääksirekisteri 2015).
- Riskin suuruutta pienentää se, että tuulivoima-alueet eivät sijoitu pesien ja oletettujen pääasiallisten ruokailuvesistöjen väliin.
- Vanhakylän tuulivoima-alueen viereisen sääksen pesän tiedetään kaatuneen vuosien 2015-2016 aikana. Reviirin vaihtopesä ei ole tiedossa.
- Riskin tarkempi määrittely edellyttäisi lentotarkkailuja.
- Näillä tiedoin laajimmalla mitoituksella ja rajauksilla merkittävien vaikutusten ilmenemistä sääkseen ei voida poissulkea.
- Kaikki voimala-alueet ovat Vanhakylää lukuun ottamatta niin laajoja, että sääksien lennot on mahdollista huomioida voimala-alueiden suunnittelussa. Siten vaihtoehto VE2 on todennäköisesti mahdollista toteuttaa ilman merkittäviä vaikutuksia.
- Sääksen suojeluun ja tutkimukseen keskittynyt Sääksisäätiö suosittelee tuulivoiman rakentamisessa voimaloiden ja pesäpaikan väliseksi minimietäisyydeksi 2 km, joka on yhtenevä WWF Suomen merikotkaa koskevan suosituksen kanssa. [http://www.saaksisaatio.fi/index.php/saeae\(WWF_Suomi_2015.\)ksisaeaetioe/suojelutoiminta#Tuulivoimasuositus](http://www.saaksisaatio.fi/index.php/saeae(WWF_Suomi_2015.)ksisaeaetioe/suojelutoiminta#Tuulivoimasuositus) (WWF Suomi 2015.) <http://wwf.fi/mediabank/7087.pdf>).

- Voimalat voivat muodostaa vähäisiä vaikutuksia myös muille suojelun perusteena oleville lajeille. Ennakolta arvioituna vaikutukset näille ovat kuitenkin selvästi pienemmät kuin sääksille ja merikotkille, eivätkä merkittävät vaikutukset ole todennäköisiä.
- Laaditussa Natura-tarveharkinnassa Röjsjön alueen pohjoisosaan sijoittuvan 9 voimalan Tetomin tuulivoimahankkeen ei todettu aiheuttavan merkittäviä vaikutuksia lähistön Natura-alueisiin (Ramboll Finland Oy 2015.).
- Laaditussa Natura-tarveharkinnassa Vanhakylän 8 voimalan tuulivoimahankkeen ei todettu aiheuttavan merkittäviä vaikutuksia lähistön Natura-alueisiin (Ramboll Finland Oy 2016.)

8.5 Johtopäätökset Natura-tarveharkinnasta

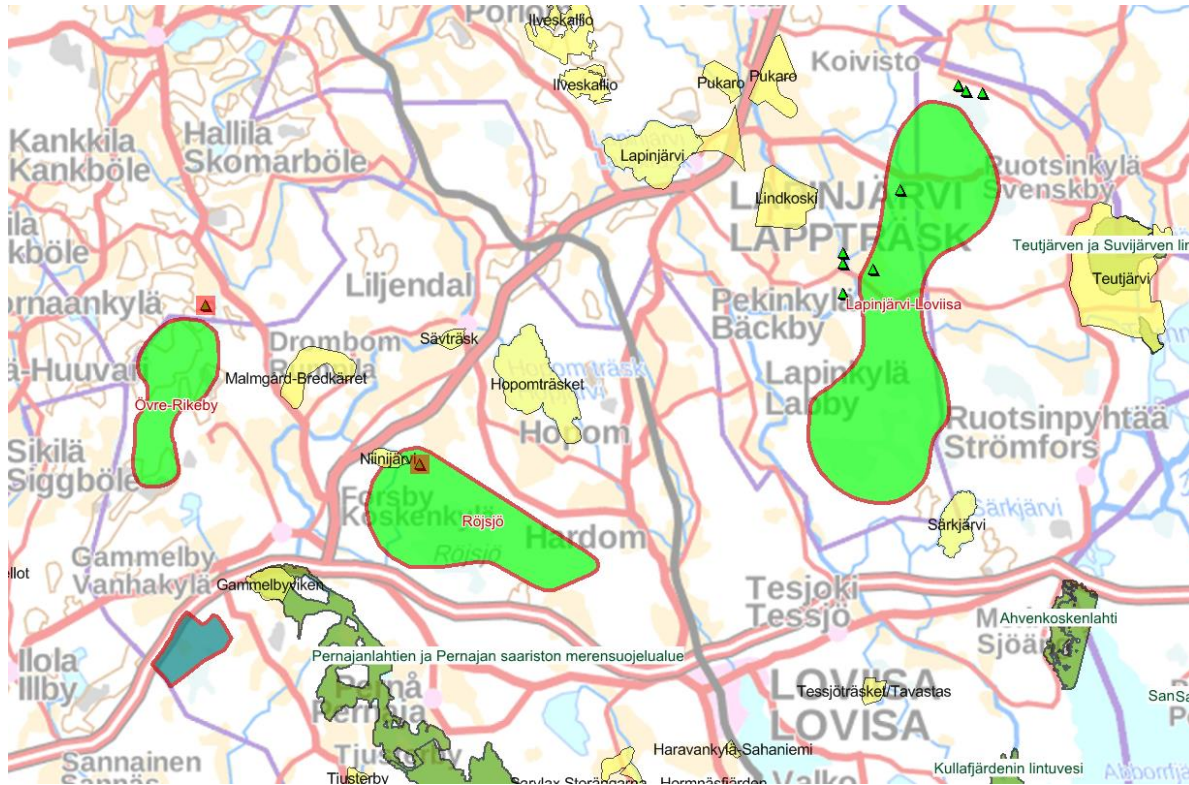
- Suunnitellut tuulivoima-alueet voivat aiheuttaa vaikutuksia usealle Natura-alueelle.
- Luontodirektiivin luontotyypeille ja lajeille vaikutuksia voi aiheutua Hangon-Tammisaaren sekä Inkoon Natura-alueelle, joka sijoittuvat alle 1,5 km etäisyydelle tuulivoima-alueista.
- Merkittävät vaikutukset luontotyypeihin ja lajeihin eivät ole todennäköisiä ja vaikutukset on mahdollista huomioida tarkemmassa suunnittelussa
- Lintudirektiivin lajeihin vaikutuksia voi aiheutua usean kilometrin etäisyydelle.
- Suojelun perusteena olevista lajeista riskialttiimpia merkittävälle vaikutuksille ovat: sääksi, merilinnut kuten haahka, pilkkasiipi, räyskä, ruokki, selkälokki ja tiirat sekä Natura-alueille kerääntyvät suuret vesilinnut hanhet ja joutsenet.
- Suurimmilla voimalamäärillä ja rajauksilla merkittävien vaikutusten esiintymistä ei voida poissulkea neljälle Natura-alueelle (Tammisaaren-Hangon merialue, Inkoon merialue, Teutjärvi, Pernajalahti).
- Muilla Natura-alueilla merkittävien vaikutusten esiintyminen on epätodennäköistä.
- Tuulivoima-alueita ja voimalamääriä supistamalla vaikutusten todennäköisyyksiä ja suuruuksia voidaan oleellisesti pienentää.
- Maakunnallisesti merkittävät tuulivoima-alueet (VE2:n mukaiset) on todennäköisesti mahdollista toteuttaa ilman merkittäviä vaikutuksia.
- Inkoon-Raaseporin tuulivoima-alueen supistaminen suositeltavaa
- Kohdennetuille kaavamääräyksille on tarvetta kaikilla tv-alueilla.

9. MUUT PETOLINNUT JA MAALI-ALUEET

- Luonnontieteellisen keskusmuseon petolinturekisterin mukaan kaikille maatuulivoima-alueille sijoittuu petolintujen reviireitä (kuva 9). Lapinjärvi-Loviisan alueella on tiedossa kaksi tuulihaukan pesää, Röjsjön alueella hiirihaukan ja Övre-rikebyn alueella huuhkajan reviiri. Lajeista huuhkaja on erittäin uhanalainen ja hiirihaukka vaarantunut laji.
- Röjsjön alueen reunalle sijoittuu Maali-alueista Niinijärvi, joka on kalanviljelykseen käytetty matala allas. Sen lintuja keräävä vaikutus riippuu vedenpinnan korkeudesta. Normaalikorkeudella paikalla pesii mm. pikku- ja naurulokkeja sekä härkälintu ja mustakurkku-uikku. Järvi voi toimia myös läheisten sääksien ja alueella kiertelevien merikotkien ruokailupaikkana.
- Alle kahden kilometrin etäisyydelle sijoittuva Maali-kohde on myös Lapinjärven-Loviisan-tuulivoima-alueen kaakkoispuolella Särkjärvi jonka maakunnallinen arvo perustuu kuikkien pesimiseen. Tuulivoima-alueen vaikutukset kuikkiin jäänee hyvin vähäiseksi, koska sen suunnassa ei sijaitse mahdollisia ruokailuvesistöjä.

Johtopäätökset

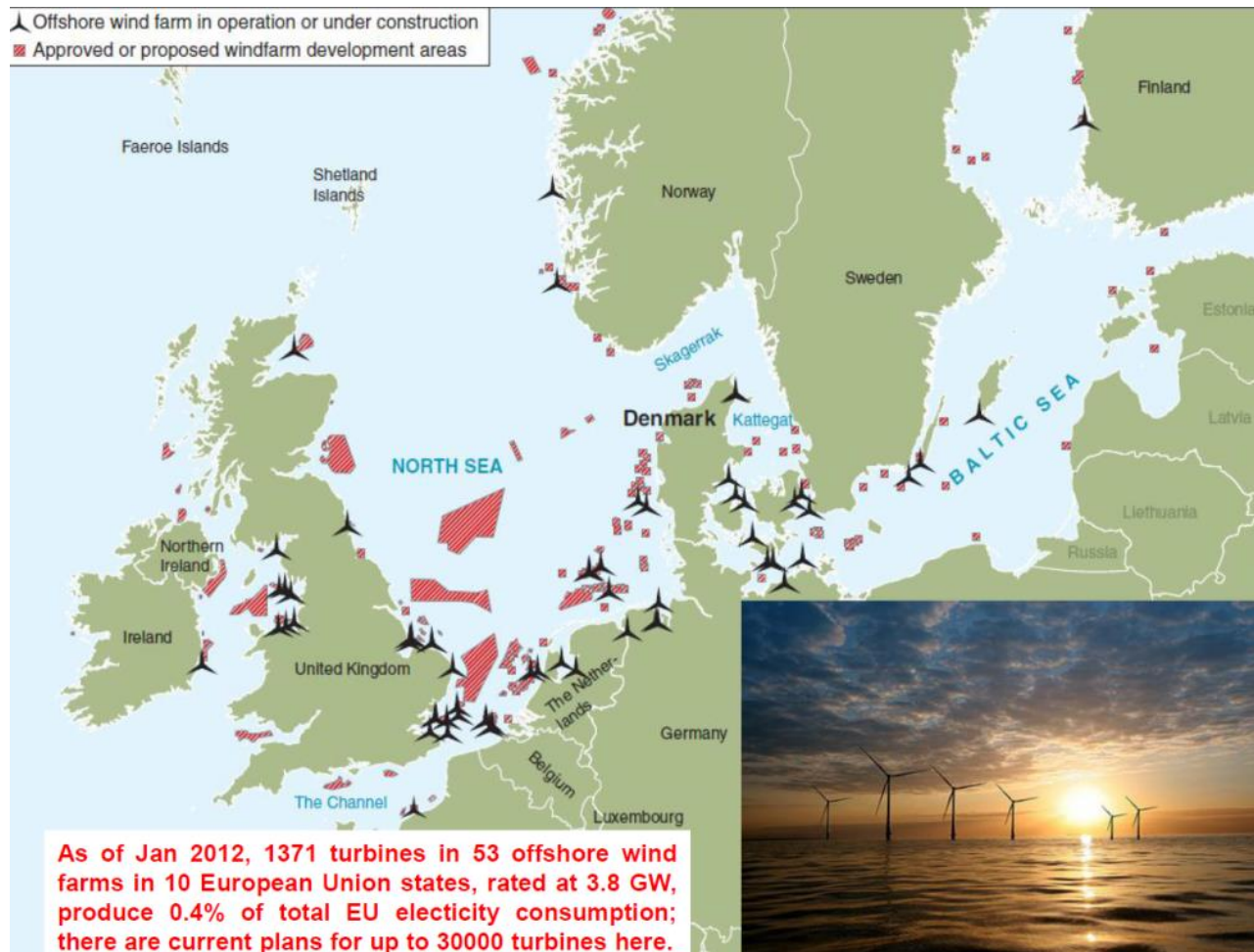
- Tuulivoima-alueiden laajuudesta johtuen tuulivoima-alueet on todennäköisesti mahdollista toteuttaa siten, ettei merkittäviä vaikutuksia ko. lajeihin aiheudu, mutta em. lajien huomiointi todennäköisesti vähentää tuulivoimaloille käytettävissä olevaa pinta-alaa>> **kaavamääräystarve**



Kuva 9. Eläinmuseon rekisterin mukaiset petolintujen esiintymistiedot sekä Maali-alueet tuulivoima-alueiden lähistöllä.

10. YHTEISVAIKUTUKSET MUIDEN MAAKUNTIEN JA MAIDEN TUULIVOIMA-ALUEIDEN KANSSA

- Uudenmaan tuulivoiman kanssa kumulatiivisia vaikutuksia voi aiheutua muualle Suomeen ja muihinkin maihin rakennettavasta tuulivoimasta muuttolintureiteillä.
- Huomionarvoisia tarkasteltavia kumulatiivisia vaikutuksia Suomessa ovat etenkin merikotkalla (Pohjanlahden rannikon voimala-alueet) ja maakotkalla (pesimisreviireiden ja Pohjanlahden muutoreittien voimala-alueet).
- Vastaavasti muiden maiden kanssa huomionarvoista on etenkin arktisten vesilintujen päämuuttoreiteille ja talvehtimisalueille sijoittuvilla merituulivoimaloilla (kuva 10).
- mm. Suomessa pesivät haahkat talvehtivat wattimerellä (Masden *ym.* 2009.)
- Itämeren merialueelle on suunnitteilla yli 50 voimala-aluetta vuoteen 2050 mennessä (HELCOM 2011)
- Kumulatiivisia populaatiotason vaikutuksia on seikkaperäisemmin selvitetty Hollannissa (Poot *ym.* 2011.). Siellä rannikolle tai etäämmälle avomerelle rakennettavilla voimaloilla ei todettu merkittäviä vaikutuksia.
- Mutta esim. Pohjanmerelle suunnitelluilla noin 10 000 voimalalla on arvioitu olevan populaatiotason merkittäviä vaikutuksia joillekin lajeille, esim. selkä- ja merilokeille (Brabant *ym.* 2015.).
- Pohjanmaan maakuntien yhteisvaikutusselvityksissä on todettu merkittävien populaatiotason vaikutusten olevan mahdollista etenkin merikotkalle, mikäli kaikki maakuntakaavoihin suunnitellut voimala-alueet toteutuisivat (Tikkanen, Tuohimaa & Hölttä 2013.)



Kuva 10. Rakennetut ja suunnitellut merituulivoimala-alueet Pohjanmerellä ja Itämerellä (Petersen ym. 2012)

<http://www.noordzeewind.nl/wp-content/uploads/2012/11/pdf/OWE%202012%20Petersen%20Overview%20of%20effects%20on%20birds.pdf>.

11. HAITTOJEN VÄHENTÄMISMAHDOLLISUUDET

- Tuulivoimaloiden ja tuulivoimapuistojen linnustolle aiheuttamiin riskeihin voidaan vaikuttaa erilaisilla ratkaisuilla sekä varsinaisten tuulivoimaloiden että muun tuulipuistoinfrastruktuurin sijoittelussa, rakentamisessa ja teknisissä ratkaisuissa.
- Vaikutusten lieventämiskeinot ovat kolmen tasoisia: 1. maakuntatasoisia tuulivoimala-alueiden sijaintiin, muotoon ja kokoon liittyviä (maakuntakaavat), 2. voimala-alueitasoisia, voimaloiden sijoitteluun liittyviä (yleiskaavat) tai 3. Voimalakohtaisia rakenteisiin (asemakaava, ympäristölupa) ja käyttöön sekä rakentamiseen liittyviä.
- Maakuntakaavan keinovalikoima rajoittuu lähinnä voimala-alueiden sijoittumisen, koon ja muodon ohjaamiseen.
- Voimala-alue- ja voimalakohtaisesti voidaan monin tavoin ehkäistä linnustovaikutusten muodostumista. Näitä ovat mm. roottoreiden pysäyttäminen muuttohuippujen ajaksi, Valaistuksen suunnittelu, lintujen vaikeasti kierrettävien voimala-muodostelmien välttäminen ja voimaloiden sekä ties-tön ”täsmäsijoittelu” välttäen luontoarvoiltaan tärkeitä kohteita.
- Käytössä on myös teknisiä tutka- ja kameratoimisia menetelmiä, jotka tunnistavat lintujen lähestymisen ja voivat tarvittaessa pysähdyttää roottoreiden pyörimisen ja estää siten törmäykset (esim. Marques 2014, Ross McNally 2015). Toistaiseksi näiden toimivuudesta eri olosuhteissa on vähän tutkimustietoa, mutta tulevaisuudessa ne voivat olla tärkeitä apuvälineitä haittojen ehkäisyssä.

12. KESKEISET EPÄVARMUUSTEKIJÄT

- Arviointiin liittyy useita epävarmuuksia, joista keskeisimmät ovat:
- Työ on tehty perustuen olemassa oleviin linnustotietoihin, eikä sitä varten ole tehty erillisiä lisäkartoituksia maastossa.
- Kaikkiin mallinnuksiin liittyy epävarmuustekijöitä, eikä käytettyjä parametreja tunneta luotettavasti.
- Muuttavien lintujen määrien arviointia hankaloittavat vuosien väliset suuret erot sekä yksilömäärissä että muuttoreiteissä.
- Muuttajamäärien arviot perustuvat harrastajien heterogeeniseen aineistoon.
- Esitetyille muuttoreiteille keskittyvän muuton lisäksi monilla lajeilla esiintyy ns. rintamamuuttoa, (etenkin öisin), minkä suuruudesta ei ole tietoa.
- Tarkemmissa selvityksissä (esim. maastossa) todennäköisesti löytyisi uusia tietoja, joilla olisi vaikutusta merkittävyysien pohdinnassa.
- Joillakin maakuntakaavan tuulivoima-alueilla maastotarkkailuja on tehty suunniteltuihin hankkeisiin liittyen. Esim. Röjsön alueen havainnot osoittavat seudulla olevan muuttoa ohjaavia maastomuotoja ja mm. valkoposkihanhiin todettiin seurailevan jokilaaksoja, mistä johtuen voimala-alueen valoisan ajan läpimuuttajamäärän arvio vaikuttaisi olevan liian suuri (Juha Kiiski, henkilökohtainen tieto).
- Vastaavasti merikotkan läpilentojen määrä, mikä on tässä selvityksessä laskettu muuttavien lintujen perusteella, on todennäköisesti liian alhainen, johtuen kiertelevien lintujen suuresta osuudesta.
- Ulkomerellä sijaitsevien kerääntymisalueiden tuntemus on puutteellista. Tutkimustiedon valossa Suomen alueiden matalikkojen merkitys tulee tulevaisuudessa lisäksi korostumaan ilmaston muutosten vuoksi muuttavien ja talvehtivien vesilintujen levähdys- ja ruokailualueina (Lehikoinen ym. 2013.)

- Käytetyt populaatiovaikutusten arviointimenetelmät ovat yksinkertaistettuja ja suuntaa-antavia. Lajien populaatioiden kehitys on monien tekijöiden summa, jossa tuulivoimarakentaminen on vain yksi osa.
- Törmäyslaskennoissa ja populaatioihin kohdistuvissa vaikutusarvioinneissa on noudatettu nk. varovaisuusperiaatetta. Tarkasteltuihin lajeihin kohdistuvat todelliset vaikutukset tulisivat todennäköisesti jäämään pienemmiksi, kuin tässä yhteydessä arvioidut vaikutukset.
- Esitettyihin törmäysarvioihin ja niiden populaatiovaikutusennusteisiin ei kuitenkaan pidä suhtautua tarkkoina lukumäärinä johtuen epävarmuustekijöistä.
- Tarkastelusta puuttuvat kumulatiiviset vaikutukset tarkasteltujen lajien muuttoreiteiltä ja talvehtimisalueilta.

13. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

- Tässä työssä arvioidaan Uudenmaan 4. vaihemaakuntakaavaehdotuksen tuulivoima-alueiden kokonaisvaikutuksia muuttolintuihin ja Natura-alueisiin.
- Natura-arvio on ns. tarveharkinta, missä arvioidaan onko merkittävien haittojen esiintyminen todennäköistä ja tarvitaanko hankkeesta LSL:n mukaista Natura-arviota.
- Tarkastelussa on huomioitu Uudenmaan 4. vaihemaakuntakaavaehdotuksen lausuntoaineistossa esitetyt viisi tuulivoima-aluetta. Lisäksi kokonaisarviossa on huomioitu myös Vanhakylän tuulivoima-alue (osayleiskaavaluonnos ollut nähtävillä 8/2016).
- Kokonaisarviossa huomioitu myös alueellisesti merkittävän Vanhakylän tuulivoima-alue.
- Uudenmaan liitto on määritellyt aluekohtaisesti voimalamäärille minimi (VE2) ja maksimivaihtoehto (VE1).
- Tarvittava tietämys muuttolintujen reiteistä ja lintumääristä on saatu Helsingin ja Porvoon seudun lintuyhdistyksiltä (Tringa ja PSLY, koonnut Timo Metsänen 2016).

Muuttajamäärät

- Voimala-alueet sijoittuvat usean lajin kansainvälisesti merkittävälle muuttoreitille
- Uudenmaan tuulivoima-alueilla esiintyy usean lajin suurimmat lintutiheydet Suomen tuulivoima-alueista:
- Tarkastelluista lajeista runsaimmin tuulivoima-alueiden kautta arvioitiin muuttavan alleja (noin 0,5 milj.), mustalintuja (460 000), valkoposkiahania (90 000), sepelanhia (90 000), haahkoja (80 000) ja merimetsoja (37 000).
- Tarkastelluista petolinnuista alueiden kautta arvioitiin muuttavan eniten hiirihaukkoja (noin 1800).
- Maa- ja merikotkia alueiden kautta arvioitiin muuttavan yli 120.

Laskennalliset törmäysmäärät

- Suurista muuttajamääristä huolimatta törmäysmäärien arvioidaan jäävän melko vähäisiksi.
- Tämä arvio perustuu tutkimustietoihin tuulivoiman vaikutuksista tarkastelussa oleviin lajeihin tai niiden kaltaisiin lajeihin.
- Eri lajien suhtautuminen tuulivoimapuistoihin vaihtelee. Kaikki linnut kuitenkin pyrkivät väistämään roottoreita, useimmat lajit myös voimala-alueita.
- Eri lajeilla on annettu suosituksia törmäysmallinnuksissa käytettävistä väistävien osuuksista.
- Pienin väistävien osuus on suosituksissa merikotkalla ja kurjella (95 %).
- Muilla tutkituilla lajeilla 98-99,8 %.
- Väistöosuuden lisäksi mallinnuksissa on huomioitu keskimääräiset lentokorkeudet ja – nopeudet sekä lintujen fyysiset ominaisuudet.
- Törmäysmääristä laskettiin sekä odotettu määrä että varovaisuusperiaatteella arvioitu maksimallinen törmäysmäärä.
 - Mallin mukaan tarkasteltuja lajeja törmäisi vuosittain voimaloihin yhteensä 0,5-3 lintua/voimala.

- Odotetun törmäysmäärän arvioidaan olevan 62 (VE2) - 188 yks (VE1). Laskennallinen maksimaalinen törmäyskuolleisuus olisi 960 yksilöä (VE1), jossa lukumäärällisesti mallinnuksen mukaan eniten törmäisi lajeista alleja (maks. 313 yks.) ja valkoposkiahania (maks. 271 yks.)

Törmäysten vaikutus populaatioihin

- Populaatiotason vaikutuksia hahmotettiin kahdella tapaa:
 - 1.arvioimalla tuulivoimaloiden aiheuttaman lisäkuolleisuuden vaikutusta lajikohtaiseen, kirjallisuudesta saatavilla olevaan keskimääräiseen kuolevuuteen.
 - 2.arvioimalla tuulivoiman elinkaaren (noin 25 v) aikaista, törmäysten aiheuttamaa populaation muutosta.
- Tuulivoiman arvioitu vuotuista kuolleisuutta nostava vaikutus lajeista riippuen 0,83-0 %, ollen suurin, merimetsolla (0,83) merikotkalla (0,58) ja valkoposkiahanhella (0,41 %).
- Maksimissaan populaatio olisi 25 vuodessa Koistisen (Koistinen 2004.) menetelmällä enimmillään on 2,5 % pienempi verrattuna tilanteeseen ilman tuulivoimaa. Tätä voidaan pitää voimakkaasti runsastuneella merimetsolla merkityksettömänä. Muilla lajeilla muutos olisi alle 1 %.
- Populaatiovaikutus ei olisi merkittävä minkään tarkastelussa olleen lajin kohdalla, huolimatta tuulivoima-alueiden sijoittumisesta osin kansainvälisestikin hyvin merkittäville muuttoreiteille.

Muut vaikutukset muuttolintuihin

- Tuulivoimaloista aiheutuvia muita vaikutuksia muuttolinnuille voi aiheutua muuttomatkan pidentymisestä tai häiriöistä tai lentoesteistä lepäileville ja ruokaileville linnuille.

- Voimala-alueet vähentävät jonkin verran lepäilyyn ja ruokailuun soveltuvien alueiden määriä, mutta koko Suomenlahden mittakaavassa vaikutus on todennäköisesti vähäinen johtuen siitä, että mahdollinen ruokailuhabitaatin menetyksen osuus on hyvin pieni ja useiden lintulajien on huomattu tottuvan voimala-alueisiin (mm. alli ja haahka).
- Joillakin alueilla kerääntyvien lajien lentoreitit voivat läpäistä voimala-alueita, mikä lisää törmäysennustetta. Etenkin merellä yleisesti ottaen ruokailulentojen lentokorkeudet ovat selvästi roottorikorkeuden alapuolella, mikä vähentää törmäysriskiä merkittävästi.
- Vaikutuksia voi aiheutua yksittäisille kerääntymisalueille.
- Inkoon-Raaseporin tuulivoima-alueesta esiintyy todennäköisesti häiriövaikutusta Tammisaaren-Inkoon mereiseen IBA-alueeseen, joka valittu lähinnä haahkan ja allin kerääntymisalueina. Este- ja törmäysvaikutukset ovat myös mahdollisia.
- Maa-alueiden merkittäviin kerääntymisalueisiin ei todennäköisesti aiheudu suoria häiriövaikutuksia yli 2 km:n etäisyyksistä johtuen.
- Este- ja törmäysvaikutuksia voi aiheutua lähistön suurikokoisten vesilintujen (hanhet, joutsenet) käyttämille lepäily- ja ruokailualueille. Tällaisia ovat: Teutjärvi, Lindkoski, Lapinjärvi, Hopomträsket, Malmgård-Bredkäret
- Vaikutuksia vähentävät olennaisesti etäisyyden kasvattaminen ja voimalamäärän supistaminen >> VE2 on todennäköisesti mahdollinen ilman merkittäviä vaikutuksia tiedossa oleviin kerääntymisalueisiin.

Johtopäätökset ja suositukset muuttolintujen huomioimiseksi

- Törmäysarvioiden mukaan merkittäviä populaatiotason vaikutuksia ei ole odotettavissa
- Tuulivoima-alueet kuitenkin sijoittuvat usean lajin kansainvälisesti merkittävälle päämuuttoreiteille
- Tarkasteluun liittyy huomattavia epävarmuuksia>>>

- Suositeltavaa on huomioida muuttolinnut rajausten muodossa tai koossa tai aluekohtaisissa kaavamääräyksissä.
- Käytettävissä olevin tiedoin merkittävien vaikutusten mahdollisuutta ei voida täysin poissulkea yksittäisille kerääntymisalueille vaihtoehdossa VE1.
- Rajaustarvetta etenkin Inkoon-Raaseporin tuulivoima-alueella, joka osittain sijoittuu IBA-alueelle.
- VE2:n mukaiset voimalamäärät on todennäköisesti mahdollista toteuttaa ilman merkittäviä vaikutuksia hyvillä sijoitusratkaisuilla.>> kaavamääräystarve kaikilla tuulivoima-alueilla.

Natura-vaikutusten arviointitarve

- Tarkasteltavia Natura-alueita oli 11.
- Luontodirektiivin luontotyyppeihin ja -lajeihin voi kohdistua vaikutuksia kahteen Natura-alueeseen, mutta merkittävät vaikutukset eivät todennäköisiä.
- Lintudirektiivin lajeille vaikutuksia voi aiheutua usean kilometrin etäisyydellä Natura-alueesta sijoittuvasta tuulivoima-alueesta.
- Kaikilla alle 5 km:n etäisyydellä sijaitsevilla Natura-alueilla on sellaista lajistoa, jotka todennäköisesti liikkuvat aktiivisesti myös Natura-alueen ulkopuolella ja osin myös tuulivoima-alueilla>> vaikutukset ovat mahdollisia useille Natura-alueille.
- Suojelun perusteina olevista lajeista riskialttiita ovat etenkin Natura-alueella pesivät ja ulapalla säännöllisesti ruokailevat lajit kuten haahka, räyskä, lapintiira, selkälökki, sekä ruokki ja riskilä.
- Lokkilinnuilla kyse on lähinnä törmäysriskistä ja ruokki- ja vesilinnuilla ruokailuhabitaatin menetyksistä.
- Räyskälle tehtiin teoreettinen törmäystarkastelu kirjallisuustietojen pohjalta.
- Saariston Natura-alueisiin kohdistuvia merkittäviä vaikutuksia ei voi käytettävissä olevin tiedoin poissulkea vaihtoehdossa VE-1. Tammisaaren-Inkoon ja Kirkkonummen SPA-alueisiin.
- Myös kerääntyville lajeille kuten haahkalle, kuikalle ja pilkkasiivelle voi aiheutua huomattavia vaikutuksia etenkin rakentamisaikana.

- Vaikutuksia voidaan merkittävästi vähentää keskittämällä voimalat etäämmälle Natura-alueista ja supistamalla voimaloiden määrää.
- Mannertuulivoima-alueilla läheisistä Natura-alueista riskialttiimpia ovat hanhien ja joutsenten kerääntymisalueina sekä suurten petolintujen ruokailualueina toimivat kohteet.
- Merkittävien vaikutusten esiintyminen on kuitenkin epätodennäköistä etenkin suppeammissa vaihtoehtoisissa, johtuen voimala-alueiden sijoittumisesta kerääntymisalueiden välisille metsäalueille todennäköisten lentoreittien ulkopuolelle ja toisaalta siitä, että paikallisten hanhien törmäysriskit on todettu hyvin pieniksi mm. talvehtimisalueilla (Douse 2013).
- Kookkaiden vesilintujen lisäksi voimalat muodostavat riskin Natura-alueilla esiintyville suurille petolinnuille merikotkalle ja sääkselle.
- Natura-alueilla pesiviin sääksiin ja merikotkiin tuulivoima-alueet eivät todennäköisesti aiheuta merkittäviä vaikutuksia pitkien yli 8 km etäisyyksien vuoksi, mutta vaikutuksia voi ilmetä lähistöllä pesiviin Natura-alueilla ruokaileviin sääksiin.
- Natura-alueilla ruokaileville, lähistöllä pesiville sääksille voimalat voivat muodostaa uhkatekijän (törmäys ja estevaikutus) kolmella sääksireviirillä, joissa voimala-alueet sijoittuvat pesän läheisyyteen (alle 2km) (eläinmuseon sääksirekisteri 2015). Voimalat voivat muodostaa vaikutuksia myös muille suojelun perusteena oleville lajeille. Riskit näille ovat kuitenkin merkittävästi pienemmät kuin sääksille ja merikotkille, eivätkä merkittävät vaikutukset ole todennäköisiä.

Johtopäätökset ja suositukset Natura-alueiden huomioiseksi

- Suurimmilla voimalamäärillä ja rajauksilla merkittävien vaikutusten esiintymistä ei voida poissulkea neljälle Natura-alueelle (Tammisaaren-Hangon merialue, Inkoon merialue, Teutjärvi, Pernajanlahti) >> LSL:n mukainen Natura-arvio on tarpeen.
- Muilla Natura-alueilla merkittävien vaikutusten esiintyminen on epätodennäköistä.
- Alueita ja voimalamääriä supistamalla merkittävien vaikutusten todennäköisyyttä voidaan oleellisesti pienentää >>

- Maakunnallisesti merkittävät tuulivoima-alueet on todennäköisesti mahdollista toteuttaa ilman merkittäviä vaikutuksia.
- Inkoon-Raaseporin tuulivoima-alueen supistaminen suositeltavaa
- Kohdennetuille kaavamääräyksille tarvetta kaikilla tuulivoima-alueilla.

Muut petolinnut ja MAALI-alueet

- Röjsön ja Övre-Rikebyn tuulivoima-alueilla tiedetään pesivän uhanalaisia petolintuja.
- Röjsjön alueen läheisyyteen sijoittuu maalialueista Niinijärvi, joka on kalanviljelykseen käytetty matala allas.

-

Johtopäätökset ja suositukset

- Alueiden laajuudesta johtuen tuulivoima-alueet on todennäköisesti mahdollista toteuttaa, siten ettei merkittäviä vaikutuksia uhanalaisiin petolintuihin (haukat, pöllöt) ei aiheudu, mutta em. lajien ja Maali-alueen huomiointi todennäköisesti vähentävät tuulivoimaloille käytettävissä olevaa pinta-alaa>>
- Kohdennetuille kaavamääräyksille tarvetta Röjsön ja Övre-rikebyn tuulivoima-alueille.

14. LÄHTEET

- Ainley, DAVID G., Porzig, ELIZABETH, Zajanc, DAVID & Spear, LARRY B. (2015). Seabird flight behavior and height in response to altered wind strength and direction. *Marine Ornithology* 43: 25-36.
- Alerstam, Thomas, Rosén, Mikael, Bäckman, Johan, Ericson, Per GP & Hellgren, Olof (2007). Flight speeds among bird species: allometric and phylogenetic effects. *PLoS Biol* 5(8): e197.
- Anderson, Scott K., Roby, Daniel D., Lyons, Donald E. & Collis, Ken (2005). Factors affecting chick provisioning by Caspian Terns nesting in the Columbia River estuary. *Waterbirds* 28(1): 95-105.
- Band, W. & Band, B. (2012). Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore windfarms. *Guidance document.SOSS Crown Estate*
- Brabant, Robin, Vanermen, Nicolas, Stienen, Eric WM & Degraer, Steven (2015). Towards a cumulative collision risk assessment of local and migrating birds in North Sea offshore wind farms. *Hydrobiologia* 756(1): 63-74.
- Cook, ASCP, Johnston, A., Wright, LJ & Burton, NHK (2012). A review of flight heights and avoidance rates of birds in relation to offshore wind farms. *BTO Research Report* 618: 1-61.
- Desholm, M. & Kahlert, J. (2005). Avian collision risk at an offshore wind farm. *Biology letters* 1(3): 296-298.
- Dierschke, Volker & Garthe, Stefan (2006). Literature review of offshore wind farms with regard to seabirds. *Ecological Research on Offshore Wind Farms: International Exchange of Experiences* : 131.
- Douse, A. (2013). Avoidance Rates for Wintering Species of Geese in Scotland at Onshore Wind Farms. *SNH Guidance, May*
- Energinet.dk (2015). Vesterhav syd offshore windfarm, EIA – background report - Migrating birds and bats. :<http://naturstyrelsen.dk/media/136721/atr-10b_vesterhav_syd_migrating-birds-and-bats_april-2015.pdf>
- Furness, Robert W., Wade, Helen M. & Masden, Elizabeth A. (2013). Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of environmental management* 119: 56-66.
- Hedfors, Rebecka (2015). Movement ecology of Golden eagles (*Aquila crysaetos*) and risks associated with wind farm development.
- Helcom (2011). HELCOM Red List of Species and Habitats/Biotopes: Red List of Baltic Breeding Birds.Helsinki Commission. Baltic Marine Environment Protection Commission.
- Johnston, Alison, Cook, Aonghais SCP, Wright, Lucy J., Humphreys, Elizabeth M. & Burton, Niall HK (2014). Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 51(1): 31-41.

- 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(3): e93030.
- Katzner, Todd E., Brandes, David, Miller, Tricia, Lanzone, Michael, Maisonneuve, Charles, Tremblay, Junior A., Mulvihill, Robert & Merovich, George T. (2012). Topography drives migratory flight altitude of golden eagles: implications for on- shore wind energy development. *Journal of Applied Ecology* 49(5): 1178-1186.
- King, Sue, Maclean, IMD, Norman, Tim & Prior, Andrew (2009). Developing guidance on ornithological Cumulative Impact Assessment for offshore wind farm developers.
- Koistinen, Jarmo (2004). Tuulivoimaloiden linnustovaikutukset. Suomen ympäristö 721. *Ympäristöministeriö.Helsinki*
- Krijgsveld, KL (2014). Avoidance behaviour of birds around offshore wind farms. *Overview of knowledge including effects of configuration.Report Bureau Waardenburg* : 13-268.
- Krijgsveld, KL, Fijn, RC, Heunks, C., Van Horssen, PW, De Fouw, J., Collier, M., Poot, MJM, Beuker, D. & Dirksen, S. (2011). Effect studies offshore wind farm Egmond aan Zee. *Flux, flight altitude and behaviour of flying birds.Bureau Waardenburg report* : 10-219.
- Lambeck, RHD, Bianki, VV, Schekkerman, H., Wessel, EGJ, Herman, PMJ & Koryakin, AS (1995). Biometrics and migration of Oystercatchers (*Haematopus ostralegus*) from the White Sea region (NW Russia). *Ringling & Migration* 16(3): 140-158.
- Lehikoinen, Aleks, Jaatinen, Kim, Vähätalo, Anssi V., Clausen, Preben, Crowe, Olivia, Deceuninck, Bernard, Hearn, Richard, Holt, Chas A., Hornman, Menno & Keller, Verena (2013). Rapid climate driven shifts in wintering distributions of three common waterbird species. *Global Change Biology* 19(7): 2071-2081.
- Ludeke, J. (2015) A Review of 10 Years of Research of Offshore Wind Farms in Germany: The State of Knowledge of Ecological Impacts. A Review of 10 Years of Research of Offshore Wind Farms in Germany: The State of Knowledge of Ecological Impacts. *Proceedings of the WSEAS Conferences*, s. 25-37.
- Lyons, Donald E., Roby, Daniel D. & Collis, Ken (2005). Foraging ecology of Caspian terns in the Columbia River estuary, USA. *Waterbirds* 28(3): 280-291.
- Maclean, IMD, Wright, LJ, Showler, DA & Rehfisch, MM (2009). A review of assessment methodologies for offshore windfarms.
- Masden, Elizabeth A., Haydon, Daniel T., Fox, Anthony D., Furness, Robert W., Bullman, Rhys & Desholm, Mark (2009). Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 66(4): 746-753.
- Metsänen, T., Mikkola-Roos, M., Aintila, A., Ellermaa, M. & Rusanen, P. (2016). Merellisiä IBA-alueita täydennettiin kerääntymisalueilla. *Linnut vuosikirja*(2015): 152-158.
- Metsänen, Timo (2016). Uudenmaan lintujen päämuuttoreitit ja tuulivoima-alueiden läheiset levähdys- ja ruokailualueet. Tringa, PSLY. Uudenmaan liitto. : 39.
- Niel, Colin & LEBRETON, JEAN- DOMINIQUE (2005). Using demographic invariants to detect overharvested bird populations from incomplete data. *Conservation Biology* 19(3): 826-835.

- Nilsson, Leif & Green, Martin (2011). Birds in southern Öresund in relation to the windfarm at.
- Nousiainen, Ismo & Tikkanen, Hannu (2014). Selkämeren merkitys lintujen muuttoväylänä.
- Petersen, IK & Fox, AD (2007). Changes in bird habitat utilisation around the Horns Rev 1 offshore wind farm, with particular emphasis on Common Scoter.
- Plonczkier, Pawel & Simms, Ian C. (2012). Radar monitoring of migrating pink- footed geese: behavioural responses to offshore wind farm development. *Journal of Applied Ecology* 49(5): 1187-1194.
- Poot, MJM, van Horssen, PW, Collier, MP, Lensink, R. & Dirksen, S. (2011). Effect studies offshore wind Egmond aan Zee: cumulative effects on seabirds. *A modelling approach to estimate effects on population levels in seabirds. Bureau Waardenburg bv*
- Ramboll Finland Oy (2016).
Loviisan Vanhakylän tuulivoimahanke. Natura-arvioinnin tarveharkinta. Suomen tuulivoima Oy. : 16 s.
- Ramboll Finland Oy (2015).
Loviisan Tetomin tuulivoimapuisto – Natura-tarveharkinta. Ilmatar Windpower Oyj. : 14 s.
- Rydell, Jens (2012). *The effect of wind power on birds and bats: A synthesis.* : Naturvårdsverket.
- Schwemmer, Philipp, Mendel, Bettina, Sonntag, Nicole, Dierschke, Volker & Garthe, Stefan (2011). Effects of ship traffic on seabirds in offshore waters: implications for marine conservation and spatial planning. *Ecological Applications* 21(5): 1851-1860.
- SNH (2010). Use of avoidance rates in the SNH wind farm collision risk model. *Scottish Natural Heritage: Avoidance Rate Information & Guidance Note*
- Thaxter, Chris B., Lascelles, Ben, Sugar, Kate, Cook, Aonghais SCP, Roos, Staffan, Bolton, Mark, Langston, Rowena HW & Burton, Niall HK (2012). Seabird foraging ranges as a preliminary tool for identifying candidate Marine Protected Areas. *Biological Conservation* 156: 53-61.
- Tikkanen, H., Tuohimaa H. & Hölttä H. (2013)
Pohjanmaan uusiutuvat energiavarat. 2. vaihemaakuntakaavan tuulivoima-alueiden vaikutukset Natura 2000 alueisiin. Pohjanmaan liito. Ramboll Finland Oy.
- Vanermen, Nicolas, Onkelinx, Thierry, Courtens, Wouter, Verstraete, Hilbran & Stienen, Eric WM (2015). Seabird avoidance and attraction at an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. *Hydrobiologia* 756(1): 51-61.
- Wade, Paul R. (1998). Calculating limits to the allowable human-caused mortality of cetaceans and pinnipeds. *Marine Mammal Science* 14(1): 1-37.
- Whitfield, D. Philip & Urquhart, Blair (2015). Deriving an avoidance rate for swans suitable for onshore wind farm collision risk modelling. Natural research information note 6.

Wright, LJ, Ross-Smith, VH, Austin, GE, Massimino, D., Dadam, D., Cook, ASCP, Calbrade, NA & Burton, NHK (2012). Assessing the risk of offshore wind farm development to migratory birds designated as features of UK Special Protection Areas (and other Annex 1 species). *BTO Research Report 592*

WWF Suomi (2015). *Ohje merikotkien huomioon ottamiseksi tuulivoimaloita suunniteltaessa*