

Laulujoutsenen (*Cygnus cygnus*) kevät- ja syysmuutto Pohjanlahdella.



Kuva 1. Kaksi laulujoutsenta venyttelemässä kohti pohjoista. Kuva: Ulrik Lötberg

Ulrik Lötberg, Sandra Sjöstrand, Henrik Bergendal,
Natalie Isaksson ja Susanne Åkesson.

Deep Wind Offshorea varten laadittu tutkimus, 2025-05-14.

Tiivistelmä

Laulujoutsen (*Cygnus cygnus*) on suuri valkosorsa, jonka Luoteis-Euroopan populaatiosta suurin osa kulkee keväisin ja syksyisin Ruotsin kautta matkalla Suomen ja Venäjän pesimäalueille tai sieltä pois. Juuri näiden muuttomatkojen aikana katsotaan olevan riski vuorovaikutuksesta tuulivoimaloiden kanssa, lähinnä törmäämällä tuulivoimaloihin sekä siirtymä- ja estevaikutusten vuoksi. Laulujoutsen on yksi niistä lajeista, joiden muuttoaikaisista liikkumistottumuksista ei ole pitkään ollut riittävästi tietoa, ja on olemassa vain vähän tutkimuksia siitä, miten merituulipuistot vaikuttavat niihin. Seuraavassa raportissa esitellään ainutlaatuinen aineisto, joka koostuu GPS-merkityistä joutsenista sekä kevät- että syysmuuton aikana Pohjanlahden yli vuosina 2023 ja 2024. Aineisto osoittaa, että laulujoutsenilla on kevät- ja syysmuuton aikana taipumus ylittää Pohjanlahti Olof Skötkonungin tuulivoimapuiston suunnitellun alueen ympärillä; 20 yksilöä (65 % aineistosta) kulki tuulivoimapuiston rajojen sisäpuolella tutkimusjakson aikana, suurin osa niistä keväällä. Joutsenet ylittivät kuitenkin Pohjanlahden pääasiassa merenpinnan tasolla, mikä merkitsi hyvin pientä törmäysriskiä sekä kevät- että syysmuuton aikana kahdessa eri puistoskenaariossa (0 ja 1 yksilö). Olof Skötkonungin tuulivoimapuisto merkitsee sitä, että laulujoutsenet joutuvat kiertämään tuulivoimapuiston ja lentämään sen yli erityisesti kevätmuuton aikana.



Kuva 2. Levähtävät laulujoutsenet Tämnaressa Nordupplandissa. Kuva: Ulrik Lötberg

Sisältö

Tiivistelmä.....	2
Sisällysluettelo	3
Johdanto kertomukseen	4
Menetelmät	5
GPS-seuranta	5
Pyydystäminen ja kiinnittäminen	5
GPS-tietojen käsittely ja korkeusanalyysi	5
Törmäysriskin laskeminen	6
Analyysin tulokset	8
GPS-tiedot	8
Korkeustiedot	13
Törmäysriski.....	18
Keskustelu ja suositukset	19
Kertomuksen laatijat	20
Kiitokset	21
Viitteet	22

Johdanto kertomukseen

Laulujoutsen (*Cygnus cygnus*) on suuri valkoinen sorsa, jonka kanta on elinvoimainen. Se jakautuu viiteen eri populaatioon: Islannin, Luoteis-Euroopan, Mustanmeren, Kaspianmeren ja Itä-Aasian populaatioihin. Osa Luoteis-Euroopan populaatiosta pesii Ruotsissa (noin 12 000 paria), ja sen määrä on ollut kasvussa viime vuosikymmeninä (SLU Artdatabanken 2025). Luoteis-Euroopan manner-Euroopan populaatioon kuuluvien joutsenten kokonaismääräksi arvioidaan 138 448 yksilöä (Brides ym. 2022), joista suurin osa kulkee keväisin ja syksyisin Ruotsin kautta matkalla Suomen ja Venäjän pesimäalueille tai sieltä pois. Juuri näiden muuttomatkojen aikana katsotaan olevan riski vuorovaikutukseen tuulivoimaloiden kanssa, lähinnä törmäämällä tuulivoimaloihin sekä siirtymä- ja estevaikutusten kautta (Piggott ym. 2021). Laulujoutsen on yksi niistä lajeista, joiden muuttoaikaisista liikkumistottumuksista ei ole riittävästi tietoa, joten on suurta epävarmuutta siitä, miten merituulipuistot vaikuttaisivat niihin. Seuraavassa raportissa esitellään ainutlaatuinen aineisto, joka koostuu GPS-merkityistä joutsenista sekä kevät- että syysmuuttojen aikana vuosina 2023 ja 2024. Muuttojen törmäysriski lasketaan näiden tietojen perusteella, ja kartoissa esitetään niiden lentoreitit niiden kulkiessa Pohjanlahden ja suunnitellun Olof Skötkonungin tuulivoimapuiston ympäristön läpi.



Kuva 3: Laulujoutsenet laiduntavat laajalti viherpelloilla, toisin kuin joutsenet, jotka laiduntavat vain vedenalaisia kasveja. Kuva: Ulrik Lötberg

Menetelmä

GPS-tiedot kerättiin muuttavista laulujoutsenista. Tietoja käytettiin muuttoreittikarttojen laatimiseen ja niiden perusteella analysoitiin lentokorkeuksia Pohjanlahden yllä.

GPS-seuranta

Yhteensä 32 laulujoutsenelle asennettiin GPS-lähettimet syksyllä 2023-2024. Tunnisteet olivat mallia OT-N60-4GEC (Ornitela), joka tallentaa linnun sijainnin ja lähettää kerätyt tiedot olemassa olevan puhelinverkon kautta. Laitteessa on myös sisäinen akku ja aurinkokennoja, joiden ansiosta se voi toimia useita vuosia.

Kaappaus ja asennus



Kuva 4. Laulujoutsenia pyydystetty tykkiverkolla Ledsjärsvikenissä Norupplandissa. Kuva: Ulrik Lötberg

Hanhet pyydystettiin Ledsjärsvikenissä niin sanotulla tykkiverkolla, minkä jälkeen lintuihin asennettiin GPS-lokit kaulapannan muodossa. Pyynnissä saimme apua Niklas Liljebäckiltä Ruotsin metsästäjäliitosta ja Gerard Muskensilta, sorsasiantuntijalta Alankomaista.

GPS-tietojen käsittely ja korkeusanalyysi

Kunkin yksilön tiedot ladattiin kevät- ja syysmuuton ajalta. Korkeustiedot esikäsiteltiin ensin Rueda-Uriben (2023) mukaisesti eräin korjauksin. Lyhyesti sanottuna tämä tarkoitti sitä, että tiedot, joiden koordinaatit olivat epäluotettavia (0,0), joissa oli vähemmän kuin 5 satelliittia, hdop yli 10 ja joissa oli epärealistinen nousu- tai laskunopeus, suodatettiin pois. Lajien maksimipystynopeus laskettiin morfologisista parametreista käyttäen *afpt-pakettia* (KleinHeerenbrink, 2023). Tämän jälkeen käytettiin symmetristä liukuvaa keskiarvoa suodattamaan poikkeamat, joissa tämä teoreettinen maksiminopeus muuten ylittyisi. Lopuksi käytettiin nopeuskynnystä (joka perustui nopeuksien histogrammiin, 5 km/h) lajittelemaan ulos

pisteet, joita ei katsottu lennon aikana tallennetuiksi. Koska kiinnostuksen kohteena oli ensisijaisesti lentokorkeus Pohjanlahden yläpuolella, tämän alueen ulkopuoliset tiedot suodatettiin pois ennen lentokorkeusanalyysia.

Esikäsittelyn jälkeen jäljelle jäi vielä huomattava osa pisteistä (49 % kevätmuuton aikana, 40 % syksyllä), joiden korkeusarvot olivat negatiivisia. Ei ole harvinaista, että tämän tyyppiset korkeustiedot sisältävät negatiivisia arvoja (Schaub *et al.*, 2024), sillä GPS:n korkeustarkkuus on huomattavasti alhaisempi kuin vaakatasossa. Mittausvirheiden jakautuminen voi johtaa negatiivisiin arvoihin, jos todellinen lentokorkeus on lähellä nollaa.

Tämän vuoksi suoritimme ylimääräisen tietojenkäsittelyn negatiivisten ja poikkeavien korkeusarvojen käsittelemiseksi. Käytimme menetelmää, joka mallintaa korkeustiedot jatkuva-aikaisena stokastisena liikkeenä, joka sisältää mittausvirheet (Péron *et al.*, 2017). Käytimme tilaavaruusmallia, jolla erotimme tiedot järjestelmällisesti prosessikomponenttiin (todellinen pystysuuntainen liike, joka mallinnettiin äärelliseen alueeseen sidottuna Ornstein-Uhlenbeck-prosessina) ja otoskomponenttiin (mittausvirhe, jonka oletettiin kuuluvan yleistettyyn Studentin t-jakaumaan, jonka keskipisteenä on linnun todellinen korkeus). Template Model Builder (TMB; Kristensen *ym.* 2014) -ohjelmalla sovitettiin tilamalli korkeustietoihin erikseen kunkin yksilön osalta todennäköisyysoptimoinnilla, jossa lähtöarvona oli keskimääräinen lentokorkeus. Kytkeäntäfunctio on määriteltä siten, että lentokorkeudet eivät voi ottaa negatiivisia arvoja (määritelmä ja perustelut löytyvät Péron, 2017).

Törmäysriskin laskeminen

Niiden laulujoutsenten määrän laskemiseksi, joilla on riski törmätä tuulipuiston roottorin lapoihin alueen läpi tapahtuvan muuton aikana, käytettiin laajennettua Bandin muuttomallia (Band, 2012). Mallia käytetään kansainvälisesti muuttolintujen törmäysriskin laskentamenetelmänä. Laskelmissa käytetään tuulipuiston tuulivoimaloita ja lintuja koskevia tietoja, kuten muuttavien lintujen määrää, muuttoväylän kokoa, linnun kokoa, lentokorkeutta, lentonopeutta ja sitä, missä määrin linnut väistävät yksittäisiä voimaloita.

Tuulivoimaloita ja tuulipuistoa koskevat parametrit esitetään taulukossa 1. Tarkasteltavana on kaksi skenaariota, joista skenaario 1 sisältää 70 20 MW:n turbiinia, joiden enimmäiskorkeus on 350 metriä, ja skenaario 2 sisältää 65 25 MW:n turbiinia, joiden enimmäiskorkeus on 370 metriä. Käyttövarmuuden oletettiin olevan 98 prosenttia.

Taulukko 1: Tuulivoimaloihin liittyvien parametrien syöttöarvot. Skenaariot perustuvat kuulemisasiakirjaan.

Lisäksi arvioitiin pyörimisnopeus ja lapojen leveys (Vestas) ja kallistus (Sudhamshu *et al.*, 2016).

Parametri	Skenaario 1	Skenaario 2
Turbiinien lukumäärä	70	65
Navan korkeus (m)	185	195
Roottorin alueen säde (m)	165	175
Lapojen lukumäärä	3	3
Pyörimisnopeus (rpm)	10	10
Suurin terän leveys (m)	10	11
Kaltevuus (astetta)	10	10
Leveysaste (astetta)	60.86	60.86

Keväällä ja syksyllä muuttavien laulujoutsenten määrän osalta oletettiin, että koko Luoteis-Euroopan joutsenpopulaatio muuttaa, eli 138 448 yksilöä (Brides 2022). Muuttokäytävän pituudeksi arvioitiin 230 km. Roottorikorkeudella lentävien yksilöiden osuus laskettiin GPS-tietojen perusteella mallinnetuista korkeuksista, ja se oli keväällä 2 % ja syksyllä 25 %. Yöaktiivisuuskerroin laskettiin yöaikaan tapahtuneiden lentopisteiden osuudesta. Näitä laskelmia varten analysoitiin kaikkien GPS-loggereilla varustettujen yksilöiden tiedot. Scottish Natural Heritage (2025) ehdottaa, että laulujoutsenten välttämistä laajennetun kaistamallin avulla olisi 99,5 prosenttia. Malli antaa viitteitä törmäysten määrästä tuulipuistossa kevät- ja syysmuuton aikana.

Morfologiaa ja käyttäytymistä koskevat parametrit otettiin kirjallisuudesta, ks. taulukko 2. **Error! Viitelähdettä ei löytynyt.**

Error! Viitelähdettä ei löydy.

Parametri	Arvo (m)
Linnun pituus (m)	0,75
Linnun siipiväli (m)	2,2
Lentonopeus (m/s)	19,6
Yöaktiivisuuskerroin (1-5)	2
Lentokäyttäytyminen	Aktiivinen lento
Tuuleen päin suuntautuvien lentojen osuus (%)	50

Tulokset

GPS-tiedot

Tiedot kerättiin 31:stä 32:sta GPS-lähettimellä varustetusta joutsenesta vuosina 2023-2024, ks. taulukko . Kaikki olivat aikuisia (4Cy+) lukuun ottamatta 5P04:ää, joka tunnistettiin subadultiksi (3Cy). GPS-pisteitä kerättiin yhteensä 1174940, joista 346472 19 yksilöstä kevätmuutolta 2023, 163082 12 yksilöstä syysmuutolta 2023 ja 163082 12 yksilöstä syysmuutolta 2023.

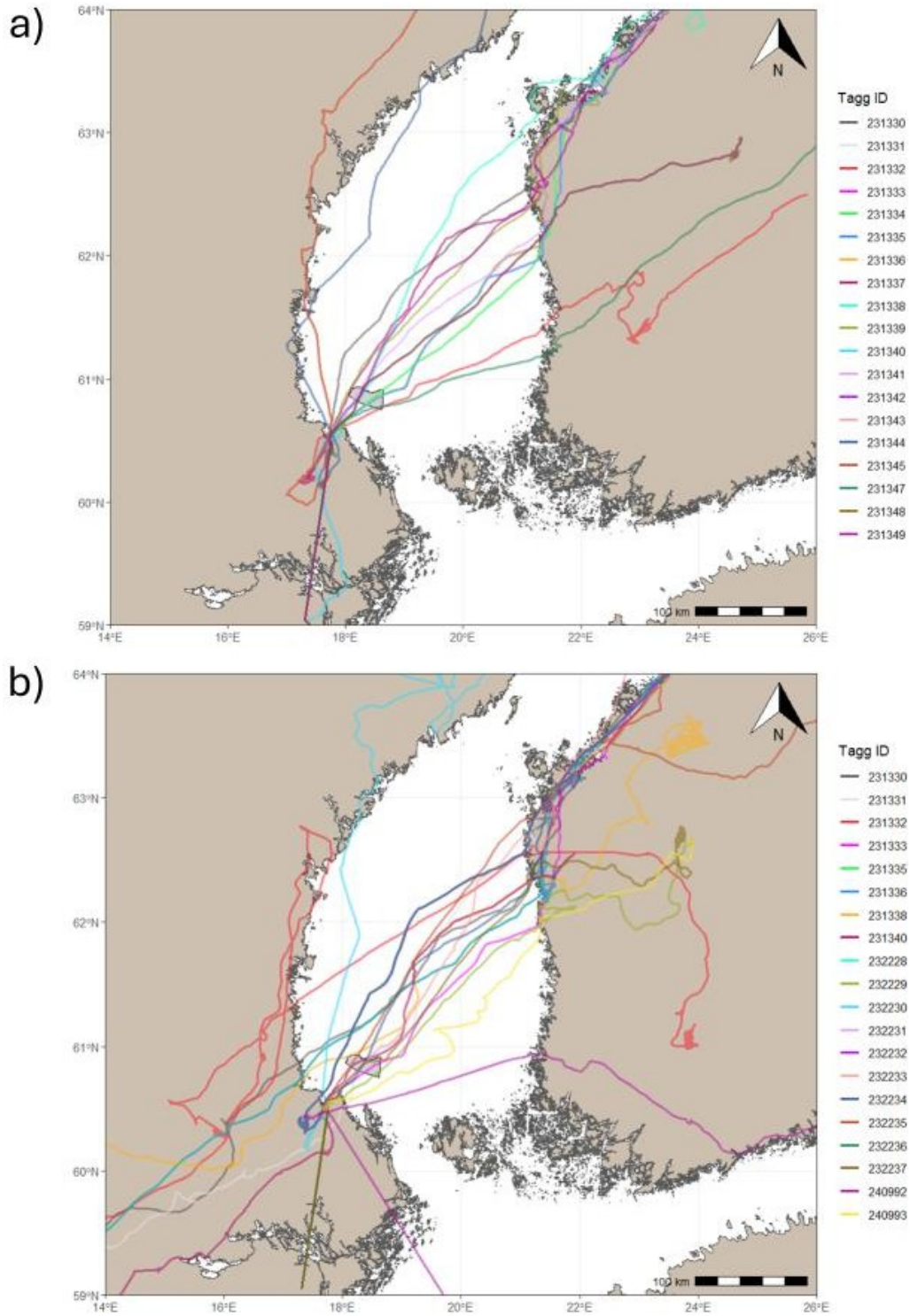
2023, 420147:ää 20 yksilön kevätmuutolta 2024 ja 245239:ää 11 yksilön syysmuutolta 2024.

2024.

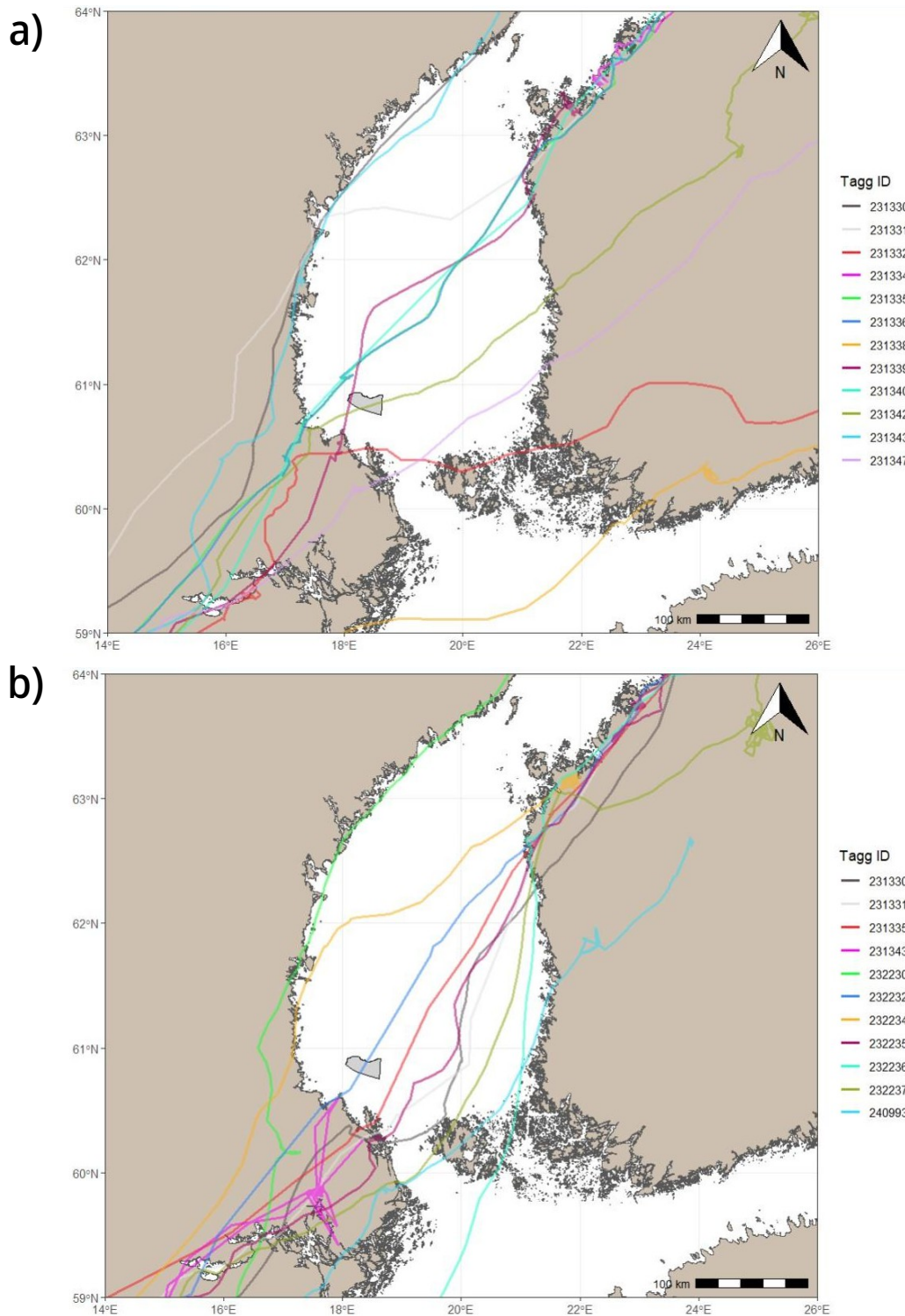
Taulukko 3. Yhteenveto vuosina 2023 ja 2024 merkityistä laulujoutsenista saatavilla olevista tiedoista.

Värirengas	Merkin tunnus	Kevät 2023	Syksy 2023	Kevät 2024	Syksy 2024	Yhteensä
5P02	231330	19260	23439	26015	23259	91973
5P03	231331	19260	23152	24806	16539	83757
5P04	231332	19255	7625	20825	-	47705
5P05	231333	19244	-	46849	-	66093
5P06	231334	19251	13836	-	-	33087
5P07	231335	18649	7867	24415	16302	67233
5P08	231336	18820	8453	11349	-	38622
5P09	231337	15433	-	-	-	15433
5P10	231338	19241	9436	25692	-	54369
5P11	231339	18796	14086	-	-	32882
5P12	231340	19702	9541	22105	-	51348
5P13	231341	9817	-	-	-	9817
5P14	231342	19117	16740	-	-	35857
5P15	231343	19238	23128	-	833	43199
5P16	231344	18508	-	-	-	18508
5P17	231345	19233	-	-	-	19233
5P18	231346	-	-	-	-	0
5P19	231347	18891	5779	-	-	24670
5P20	231348	19076	-	-	-	19076
5P21	231349	15681	-	-	-	15681
5P30	232230	-	-	19788	17517	37305
5J01	232231	-	-	17421	-	17421
5P22	232232	-	-	19841	20789	40630
5P23	232233	-	-	13692	-	13692
5P24	232234	-	-	19196	38783	57979
5P25	232235	-	-	20249	41414	61663
5P26	232236	-	-	20029	23496	43525
5P27	232237	-	-	20204	22521	42725
5P28	232228	-	-	19404	-	19404
5P29	232229	-	-	18401	-	18401
5P01	240992	-	-	11581	-	11581
5P02	240993	-	-	18285	23786	42071
yhteensä	32	346472	163082	420147	245239	1174940

GPS-merkittyjen yksilöiden (ennen korkeustietojen mallintamista) etäisyydet Pohjanlahden yllä kevätmuuton aikana vuosina 2023 ja 2024 on esitetty kuvassa 1 ja syysmuuton aikana vuosina 2023 ja 2024 kuvassa 2.

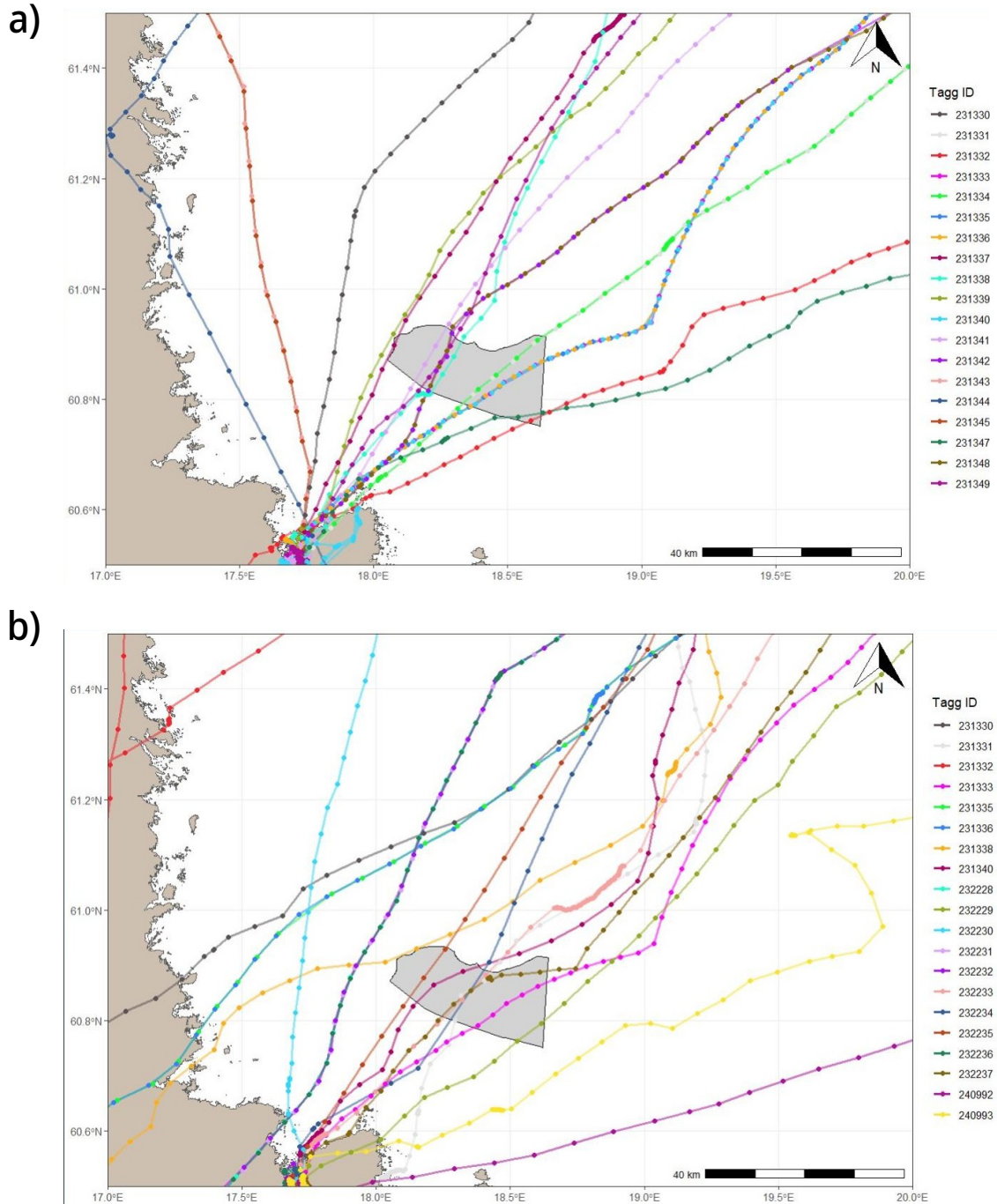


Kuva 1: Kartta, jossa näkyy laulujoutsenten kevätmuutto Pohjanlahden yli vuosina 2023 (a) ja 2024 (b).

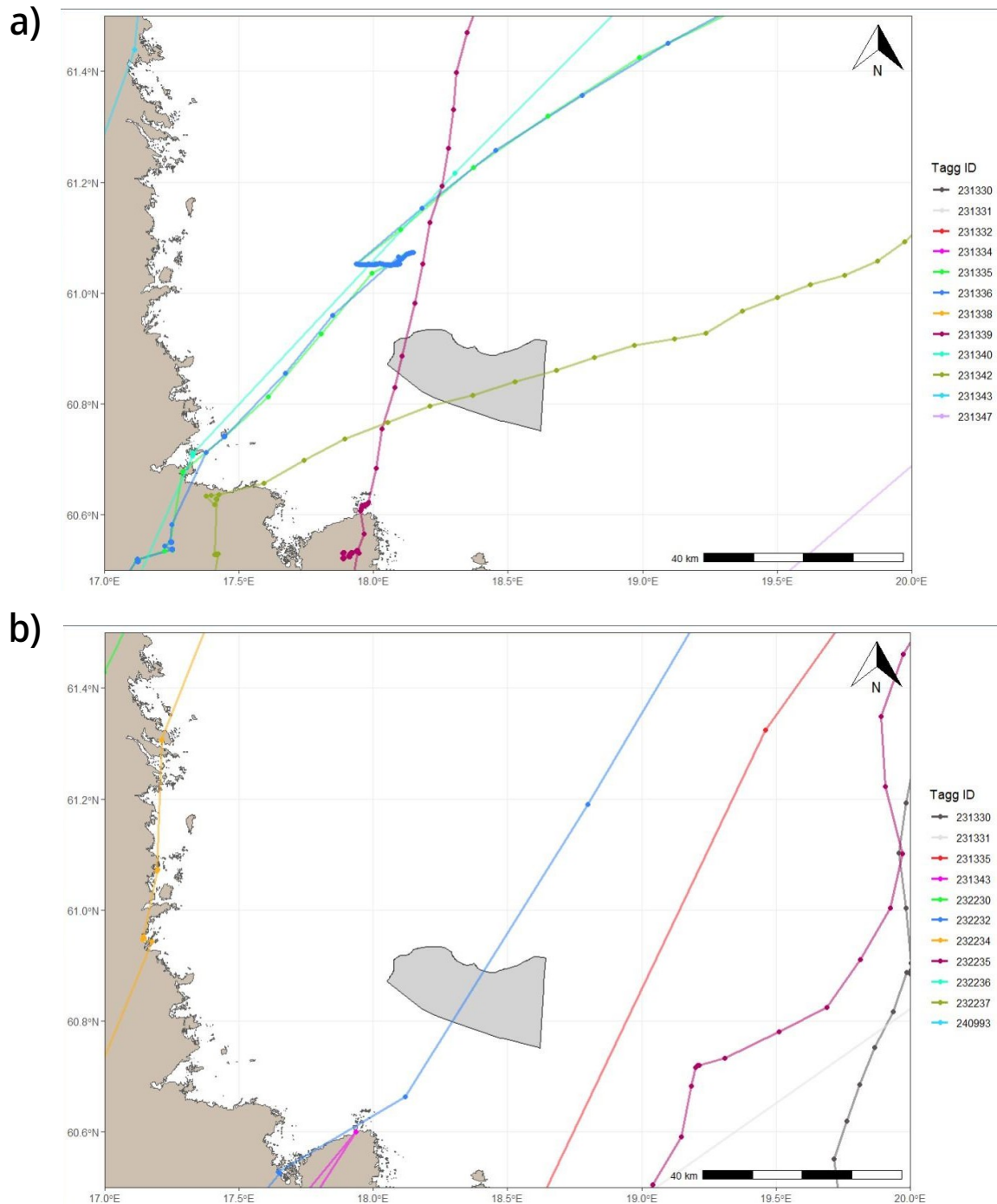


Kuva 2: Kartta, josta käy ilmi laulujoutsenten syysmuutto vuosina 2023 (a) ja 2024 (b) Pohjanlahden yli.

Kuvassa 3 on esitetty GPS-merkittyjen yksilöiden (ennen korkeustietojen mallintamista) kevätmuuton aikana vuosina 2023 ja 2024 Olof Skötkonungin ympärillä olevien pisteiden linjat; syysmuutto vuosina 2023 ja 2024 on esitetty alla olevassa kuvassa 4.



Kuva 3: Kartta, jossa näkyy laulujoutsenten kevätmuutto vuosina 2023 (a) ja 2024 (b) Olof Skötkonungia lähinnä olevalla alueella.



Kuva 4: Kartta, josta käy ilmi laulujoutsenten kevätmuutto vuonna 2023 (a) ja 2024 (b) Olof Skötkonungia lähinnä olevalla alueella.

Yhteensä 20 yksilöä ylitti Olof Skötkonungin kevät- ja syysmuuton aikana vuosina 2023 ja 2024. Kevätmuuton aikana vuonna 2023 oli 13 yksilöä, syysmuuton aikana vuonna 2023 oli kaksi yksilöä, kevätmuuton aikana vuonna 2024 oli 9 yksilöä ja syysmuuton aikana vuonna 2024 oli yksi yksilö. Liitteessä 1 esitetään tarkat tiedot siitä, mitkä yksilöt ja miten ne ylittivät rajan.

Korkeustiedot

Korkeusmallinnusanalyysin jälkeen 31 yksilöä antoi yhteensä 1158 pistettä korkeustietoja, ja pisteiden määrä yksilöä ja vuodenaikaa kohti on esitetty taulukossa 2. Taulukko 2 osoittaa, kuinka monta pistettä yksilöä ja vuodenaikaa kohti oli kerätty.

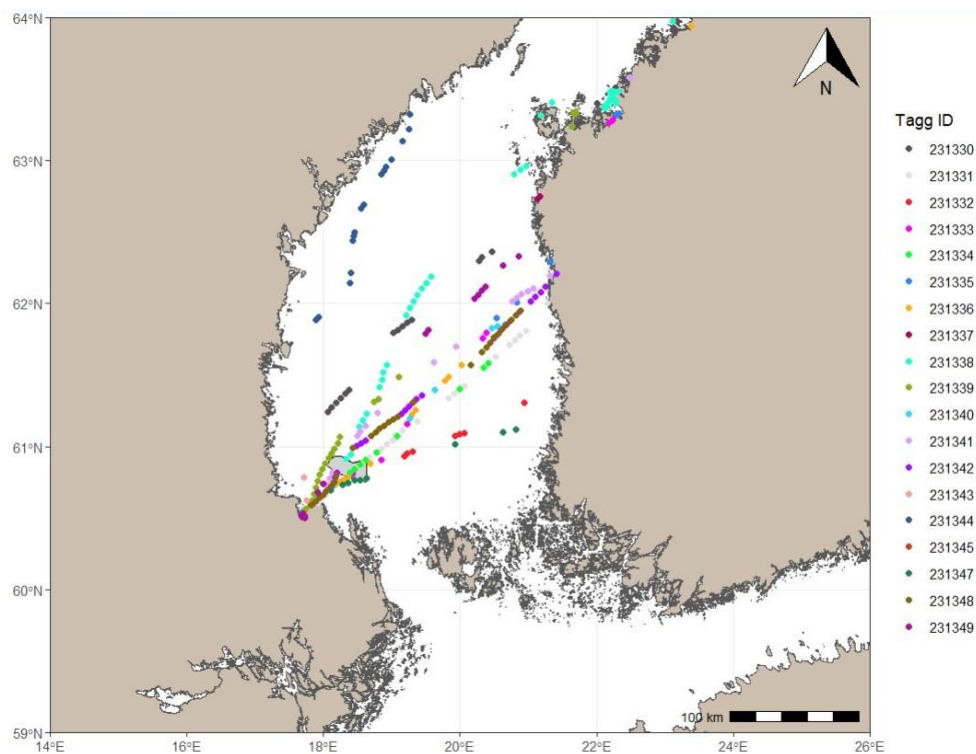
Yhteenveto vuosina 2023 ja 2024 merkittyjen laulujoutsenten korkeustiedoista.

Värirengas	Merkin tunnus	Kevät 2023	Syksy 2023	Kevät 2024	Syksy 2024	Yhteensä
5P02	231330	59	24	20	26	129
5P03	231331	40	18	27	11	96
5P04	231332	8	-	1	-	9
5P05	231333	25	-	25	-	50
5P06	231334	19	31	-	-	47
5P07	231335	16	8	13	1	38
5P08	231336	16	4	20	-	40
5P09	231337	5	-	-	-	5
5P10	231338	56	-	20	-	76
5P11	231339	87	16	-	-	103
5P12	231340	12	-	24	-	36
5P13	231341	25	-	-	-	25
5P14	231342	27	1	-	-	28
5P15	231343	34	33	-	-	900
5P16	231344	17	-	-	-	17
5P17	231345	19	-	-	-	19
5P18	231346	-	-	-	-	0
5P19	231347	15	-	-	-	15
5P20	231348	28	-	-	-	28
5P21	231349	26	-	-	-	26
5P30	232230	-	-	51	2	51
5J01	232231	-	-	31	-	31
5P22	232232	-	-	5	6	11
5P23	232233	-	-	28	-	28
5P24	232234	-	-	19	7	26
5P25	232235	-	-	36	12	48
5P26	232236	-	-	38	2	40
5P27	232237	-	-	3	-	3
5P28	232228	-	-	20	-	20
5P29	232229	-	-	13	-	13
5P01	240992	-	-	4	-	4
5P02	240993	-	-	14	3	17
<i>Kokonaislukumäärä</i>		534	142	412	70	1158

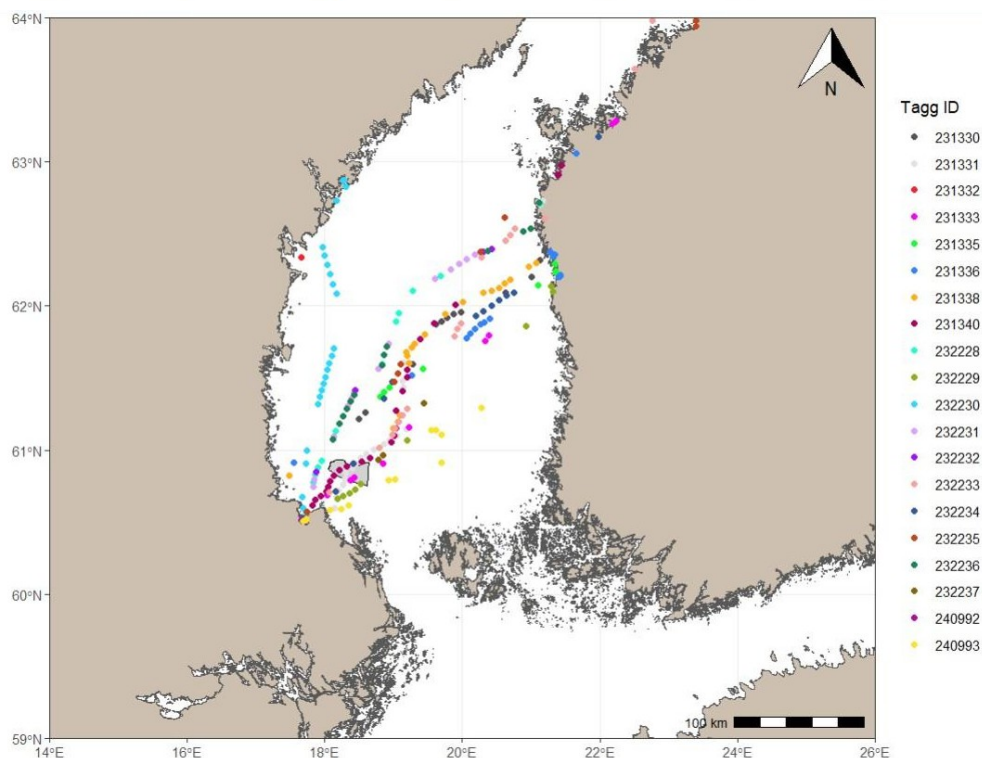
Kuvassa 5 esitetään Pohjanlahden yläpuolella sijaitsevat pisteet, joista on saatu korkeustiedot kevätkuuton aikana vuosina 2023 ja 2024, ja kuvassa 6 esitetään syysmuutto vuosina 2023 ja 2024.



a)



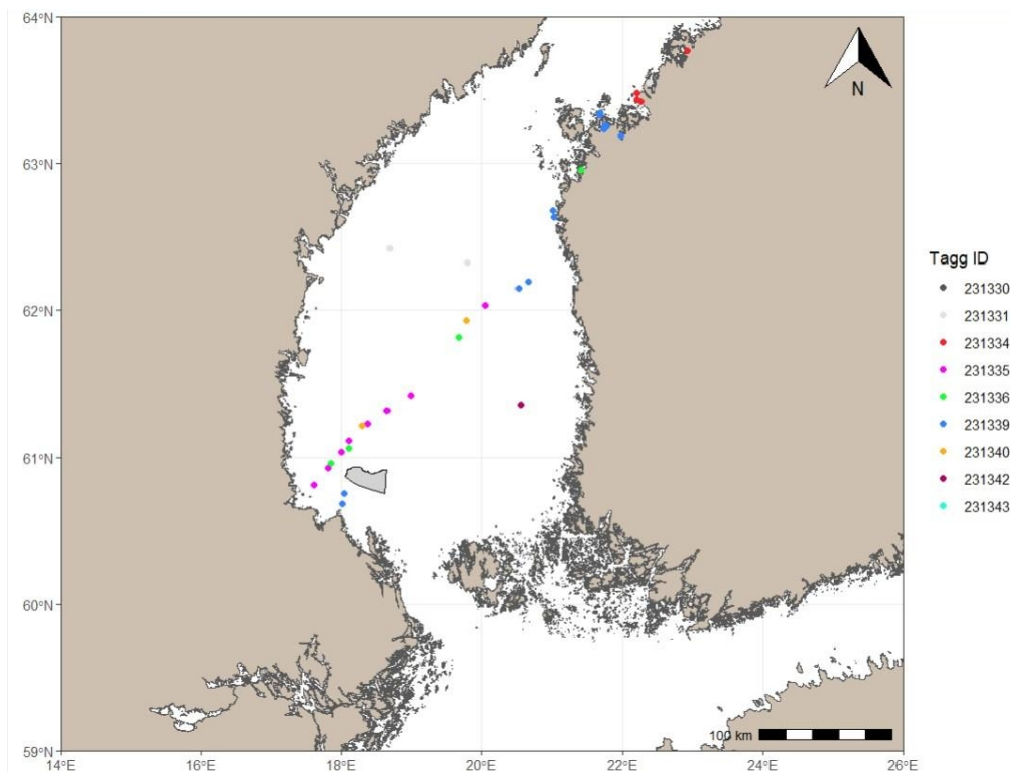
b)



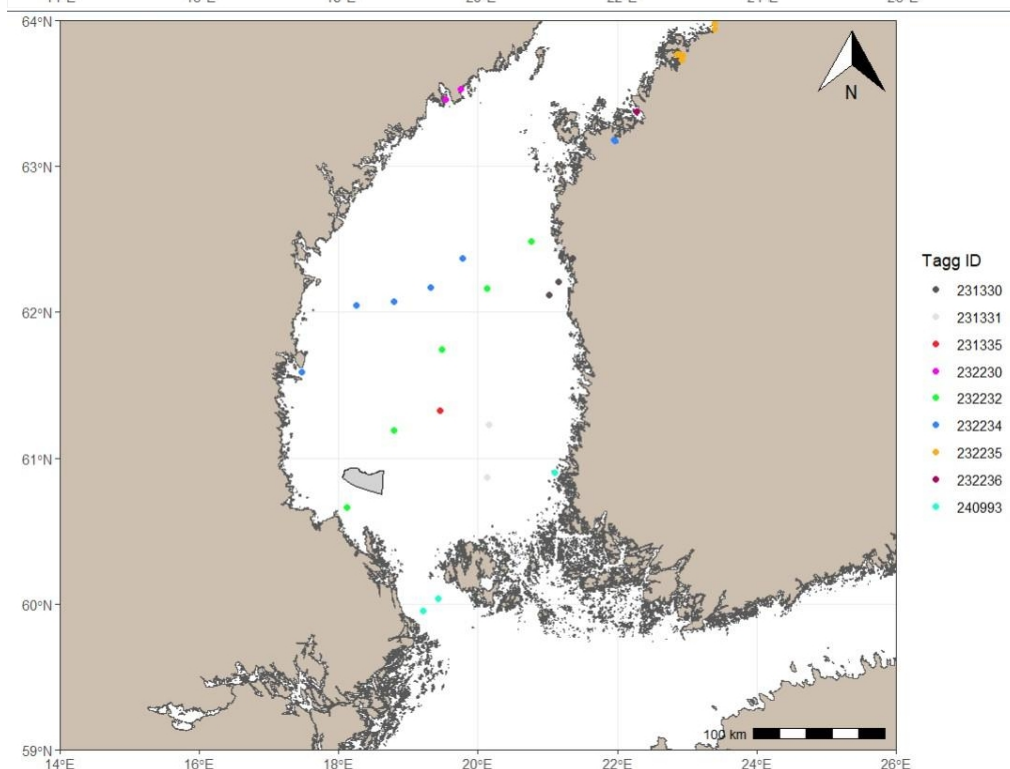
Kuva 5. Kartta, jossa on esitetty laulujoutsenten kevätmuuton aikana vuonna 2023 (a) ja 2024 (b) Pohjanlahden yllä olevat GPS-pisteet, joista on saatu korkeustiedot.



a)



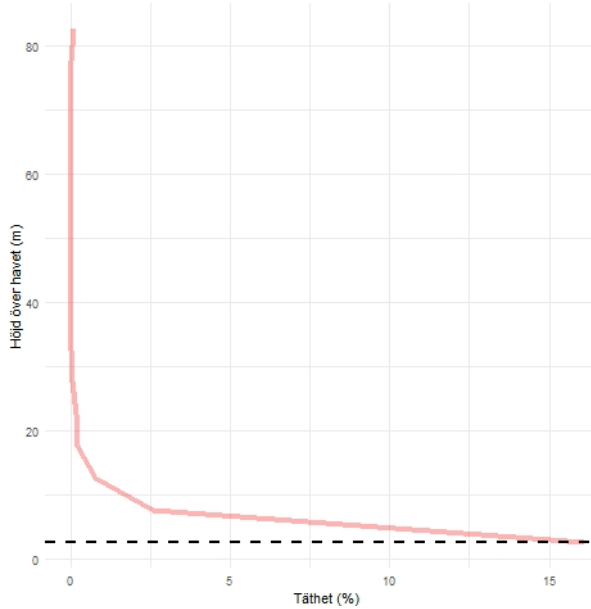
b)



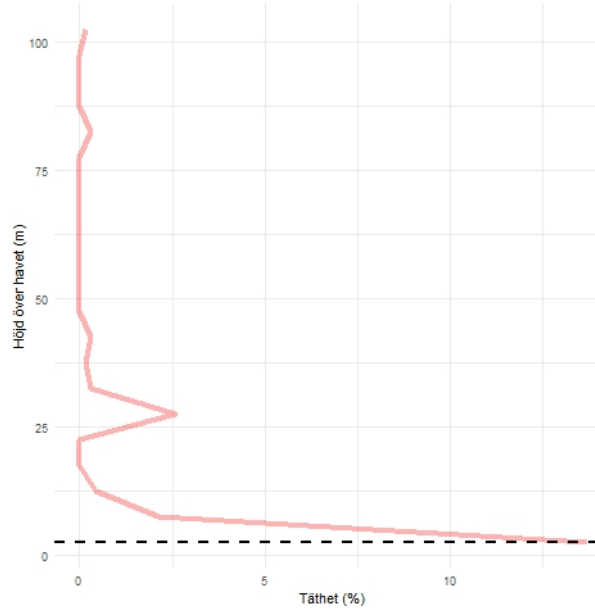
Kuva 6. Kartta, jossa on esitetty GPS-pisteet ja korkeustiedot laulujoutsenten syysmuuton aikana vuosina 2023 (a) ja 2024 (b) Pohjanlahden yllä.

Suurin osa yksilöistä ylitti Pohjanlahden lähellä merenpinnan tasoa, mutta syysmuuton aikana korkeudet jakautuivat selvästi bimodaalisesti, ja useat yksilöt ylittivät Pohjanlahden 20-40 metrin korkeudella merenpinnasta (kuva 6).

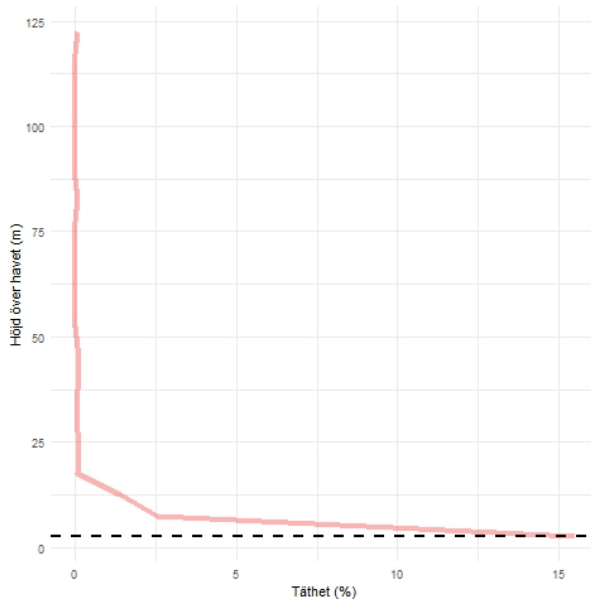
a) Kevät 2023



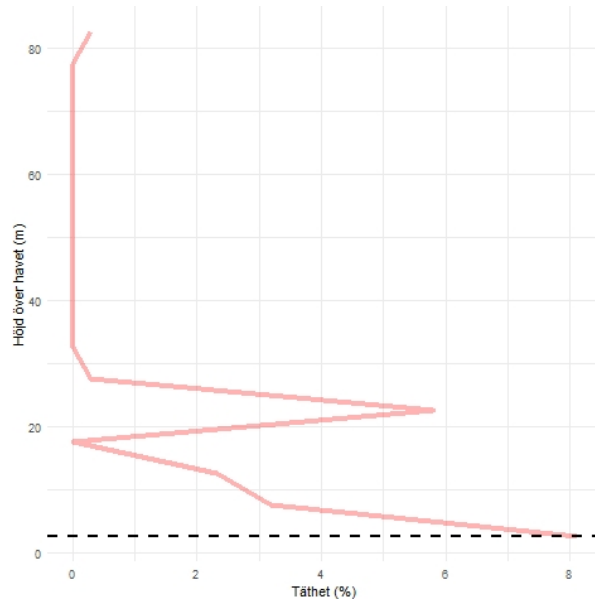
b) Syksy 2023



c) Kevät 2024



d) Syksy 2024



Kuva 7. Mallinnettujen lentokorkeuksien jakauma kaikilta joutsenilta, joilla on tietoja Pohjanlahdelta a) kevätmuuton 2023, b) syysmuuton 2023, c) kevätmuuton 2024 ja d) syysmuuton 2024 aikana. Suurin osa pisteistä oli keväällä lähellä merenpinnan tasoa (mustalla katkoviivalla merkitty moduuli 2,5 m, osuus pisteistä). Syysmuuton aikana esiintyy myös suurempia lentokorkeuksia (20-40 m välillä).

Moduuli osoittaa korkeuden, jonka ympärillä suurin joutsenryhmittymä sijaitsi, ja se oli johdonmukaisesti 2,5 m merenpinnan yläpuolella kaikkina muuttoaikoina (taulukko 3). Keväällä 2023 puiston alueella oli 14 pistettä, joista saatiin korkeustietoja, ja korkein lentokorkeus oli 15,4 metriä. Keväällä 2024 oli 6 pistettä, joissa korkein lentokorkeus oli sen sijaan 12,4 m. Syksyllä 2023 ja syksyllä 2024 puistossa ei ollut pisteitä, joista olisi saatu korkeustietoja, mutta 19 % ja 32 % kaikista lentokorkeuksista oli kuitenkin puistossa.

kaikista Pohjanlahden sisällä olevista korkeuksista osui syksyllä 2023 ja 2024 roottorialueen korkeusalueelle (kuva 7). Laulujoutsenten laskennalliset korkeudet kevät- ja syysmuuton aikana vuosina 2023 ja 2024 on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 5: Muuttoaikaan muuttavien laulujoutsenten arvioidut korkeusmittaukset vuodenaikoittain vuodessa. Jos puistossa sijaitsevista GPS-pisteistä on saatavissa korkeustietoja, arvot on ilmoitettu niiden osalta.

	2023		2024	
	Kevät	Syksy	kevät	Syksy
Moduuli (m)	2,5	2,5	2,5	2,5
Mediaani (m)	0,56	0,93	0,75	9,0
Keskiarvo (m)	2,8	8,4	3,6	11,0
Q1 (m)	0,051	0,18	0,16	0,007
Q3 (m)	3,64	7,5	4,5	21,7
Suurin korkeus (m)	81,7	104	124	81,0
Pisteiden lukumäärä puistossa	14	0	6	0
Moduuli (m)	7,5		12,5	
Q1 (m)	0,65		4,0	
Q3 (m)	7,8		12,1	
Keskiarvo (m)	5,3	-	8,4	-
Suurin korkeus (m)	15,4	-	12,4	-

Törmäysriski

Törmäysriski arvioitiin kahdessa eri skenaariossa (taulukko 1). Taulukossa 4 esitetään muuttavien laulujoutsenten arvioidut törmäysmäärät kausittain.

Taulukko 6: Arvioitu törmäysriski muuttaville laulujoutsenille kauden aikana eri turbiinikonfiguraatioilla. Ensimmäisellä rivillä esitetään mahdollisten vuorovaikutustapausten määrä ilman väistämiskäyttäytymistä. Viimeisellä rivillä esitetään törmäysten määrä, kun suositeltu välttämisaste on 99,5 prosenttia.

Välttämisaste (%)	Skenaario 1		Skenaario 2	
	Kevät	Syksy	Kevät	Syksy
-	13	159	13	161
95	1	8	1	8
98	0	3	0	3
99	0	2	0	2
99,5	0	1	0	1

Kirjallisuudessa laulujoutsenelle suositellun 99,5 %:n välttämisasteen osalta keväällä ei törmää yhtään joutsenta kummassakaan skenaariossa, ja syksyllä sen sijaan 1.



Kuva 4. Kaksi muuttavaa laulujoutsenta. Tekemiemme laskelmien mukaan laulujoutsenten törmäysriski vaikuttaa hyvin pieneltä, sillä kuolemaan johtaneita onnettomuuksia on hyvin vähän. Kuva: Ulrik Lötberg

Keskustelu ja suositukset

GPS-tietomme osoittavat, että laulujoutsenilla on tapana ylittää Pohjanlahti Olof Skötkonungin suunnitellun alueen ympäristössä erityisesti kevätmuuton aikana. Näistä GPS-merkityistä joutsenista 20 yksilöä (65 % aineistosta) muutti itse puiston rajojen sisällä tutkimusjakson aikana. Useimmat yksilöt kulkivat Olof Skötkonungin alueen rajojen sisäpuolella kevätmuuton aikana (13 yksilöä 30 yksilöstä, kuva 1, liite 1 a ja c), mutta niin pienellä korkeudella (98 % oli alle 20 m vedenpinnan yläpuolella), että törmäysriski arvioidaan olemattomaksi (0 yksilöä, taulukko 4). Syysmuuton aikana Olof Skötkonungin ohi lentää vähemmän yksilöitä, koska lentoreitit ovat yleensä hajanaisempia kuin kevätmuuton aikana (kuva 2). Toisaalta joutsenet lentävät korkeammalla (keskimäärin 8,4 m vuonna 2023 ja 11 m vuonna 2024), mikä vaikuttaa hieman törmäysriskilaskelmaan, mutta riski on edelleen pieni (1 yksilö, taulukko 4).

Koska joutsenilla katsotaan olevan korkea välttämistä, olemme varmoja siitä, että ne välttävät puistoon lentämistä. Jos ne välttelevät puistoa, ne joko kiertävät puiston länsi- tai itäpuolella ja lentävät sitten eteenpäin. Tämä merkitsisi kokonaislentoreitin vähäistä pidentämistä.

Jos laulujoutsenten havaitaan lentävän laajalti tuulipuiston alueelle, voidaan tarvita toiminnan sääntelyä.



Kuva 5. Levähtävät laulujoutsenet, aikuinen lintu vasemmalla ja nuori lintu oikealla. Kuva: Ulrik Lötberg

Raportin laatija

Merilintuasiantuntija Ulrik Lötberg on johtanut BirdLife Swedenin lintujen seurantahankkeita vuodesta 2012 lähtien. Ulrik johtaa tällä hetkellä kahta hanketta: Project Caspian Tern (hanke on kansallisesti uhanalaisen kaspiantiiraan suojeluhanke) ja Project IBA Mapping (Important Bird Areas, tärkeä lintualueiden kartoitus), jonka tavoitteena on päivittää Ruotsin merelliset IBA-alueemme pääasiassa Itämeren pesivien lintujen pesimälinnustojen GPS-lokien avulla kerättyjen tietojen, mutta myös inventointien perusteella).

Henrik Bergendalilla on pitkä kokemus rengastuksesta ja linnustoselvityksistä. Henrik on osallistunut rengastukseen useilla lintuasemilla Etelä- ja Keski-Ruotsissa, kuten Ottenbyn, Torhamnin, Utklippanin ja Hammarön lintuasemilla.

Natalie Isaksson, biologi ja ympäristötieteiden tohtori University of the Highlands and Islands, UK. Natalie on aiemmin työskennellyt Lundin yliopistossa ja on vuodesta 2014 lähtien ollut mukana BirdLife Swedenin tekemissä tutkimuksissa/projekteissa. Natalie on perehtynyt pääasiassa merilintujen GPS-seurantaan ja on asiantuntija merellä sijaitsevien uusiutuvien energialähteiden ympäristövaikutuksista.

Sandra Sjöstrand, maisteri ja tohtori Lundin yliopistosta. Sandra on työskennellyt merilintujen parissa kenttäassistenttina sekä kerättyjen GPS-tietojen visualisoinnin ja analysoinnin parissa vuodesta 2019 lähtien. Hänellä on myös laaja kokemus tietojen kokoamisesta raporteja ja muunlaisia julkaisuja varten.

Susanne Åkesson, Lundin yliopiston professori ja muuttojen ekologian ja eläinten, erityisesti lintujen, seurannan asiantuntija. Susanne on antanut panoksensa tieteellisellä tietämyksellään ja laajalla kokemuksellaan alalta. Hän on myös tutkinut Ruotsin energiaviraston rahoittamassa hankkeessa, miten hyönteiset ja lepakot houkuttelevat tuulivoimaloita ja miten tuulivoimalat vaikuttavat niihin.

Kiitokset

Suuri kiitos Deep Wind Offshore -yhtiölle, joka pyysi meitä laatimaan tämän raportin ja antoi meille mahdollisuuden kerätä nämä tiedot.

Kiitokset myös Niklas Liljebäckille Ruotsin metsästäjäliitosta ja Gerard Muskensille, tunnetulle hanhi- ja joutsenasiantuntijalle Alankomaista, joka auttoi hanhien pyydystämisessä ja merkitsemisessä.



Kuva 6: Pesivä laulujoutsen Tåmnarenissa, Nordupplandissa. Laulujoutsenet ovat aikaisia lintuja, ja ne saapuvat usein kevään ensimmäisten lumien sulaessa. Kuva Ulrik Lötberg

Viitteet

- Alerstam, T., Rosén, M., Bäckman, J., Ericson, P. G. P., & Hellgren, O. (2007). Flight speeds among bird species: Allometric and phylogenetic effects (Lentonopeudet lintulajien välillä: Allometriset ja fylogeneettiset vaikutukset). *PLoS Biology*, 5(8), 1656-1662. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050197>.
- Brides, K., Thorstensen, S., Einarsson, Ó., Boiko, D., Petersen, Æ., Auhage, S. N. V., ... Rees, E. C. (2022). Interchange of individuals between two Whooper Swan *Cygnus cygnus* populations, and its effect on population size estimates. *Ringling & Migration*, 37(1-2), 1-12. <https://doi.org/10.1080/03078698.2022.2161004>. <https://doi.org/10.1080/03078698.2022.2161004>
- KleinHeerenbrink M (2023). afpt: Tools for Modelling of Animal Flight Performance. R-paketin versio 1.1.0.4, <<https://CRAN.R-project.org/package=afpt>>.
- Kristensen, K., Nielsen, A., Berg, C. W., Skaug, H., & Bell, B. M. (2016). TMB: Automaattinen differentiointi ja Laplace-approksimaatio. *Journal of Statistical Software*, 70(5), 1-21. doi:10.18637/jss.v070.i05.
- Péron, G., Fleming, C. H., Duriez, O., Fluhr, J., Itty, C., Lambertucci, S., Safi, K., Shepard, E. L. C & Calabrese, J. M. (2017). Energiamaisema ennustaa lentokorkeutta ja tuulivoimaloiden törmäysvaaraa kolmella suurten lentävien petolintujen lajilla. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1895-1906.
- Piggott, A., Vulcano, A., & Mitchell, D. (2021) Impact of offshore wind development on seabirds in the North Sea and Baltic Sea: Identification of data sources and at-risk species, *BirdLife International*, 31.
- Rueda-Urbe, C., Byholm, P., Lötberg, U., Isaksson, N., Beal, M., Pant, S. R., & Åkesson, S. (2023). Timing rather than movement decisions explains age-related differences in wind support for a migrator bird. *Animal Behaviour*, 196, 23-42.
- Schaub, T., Klaassen, R. H., De Zutter, C., Albert, P., Bedotti, O., Bourrioux, J. L., Buij, R., Chadœuf, J., Grande, C., Illneri, H., Isambert, J., Janssens, K., Julius, E., Lee, S., Lionnet, A., Müskens, G., Raab, R., van Rijn, S., Shamoun-Baranes, J., Spanoghe, G., Van Hecke, B., Waldenström, J., & Millon, A. (2024) Effects of wind turbine dimensions on the collision risk of raptors: A simulation approach based on flight height distributions. *Science of the Total Environment*, 954, 176551.
- Scottish Natural Heritage (2025) Wind farm impacts on birds - Use of Avoidance Rates in the NatureScot Wind Farm Collision Risk Model. Haettu 22. huhtikuuta 2025 Information Hub -sivustolta: <https://www.nature.scot/doc/wind-farm-impacts-birds-use-avoidance-rates-naturescot-wind-farm-collision-risk-model>
- SLU Artdatabanken (2025). Laulujoutsen *Cygnus cygnus*. Haettu 22. huhtikuuta 2025 Artfakta-sivustolta: <https://artfakta.se/taxa/100045/rodlistning>.
- Sudhamshu A.R., Manik Chandra Pandey, Nivedh Sunil, Satish N.S., Vivek Mugundhan, Ratna Kishore Velamati (2016). Numeerinen tutkimus nousukulman vaikutuksesta HAWT:n suorituskykyominaisuuksiin. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 19(1), 632-641, <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2015.09.010>.
- Svensson L. (2009). The Bird Guide: Birds of Europe and the Mediterranean in the Field (2. painos). Bonnier Fakta.