

# **FORSMARK WINDFARM**

## **REPORT ON ORNITHOLOGICAL SURVEYS AND ANALYSES 2009-2010**

Prepared by: Natural Research Projects Ltd

Author: Dr M McGrady

Checked by: Dr Phil Whitfield

Commissioned by: Vattenfall Vindkraft AB

*Fritt översatt till svenska 2011-03-14*

*På begäran av länsstyrelsen i Uppsala län har Vattenfall Vindkraft AB gjort en fri översättning av rapporten **Forsmark wind farm report on ornithological surveys and analyses, 2009-2010**, skriven av Dr M McGrady den 24 december 2010.*

# **VINDKRAFT VID FORSMARK**

## **EN RAPPORT OM EN ORNITOLOGISK UNDERSÖKNING OCH ANALYS 2009-2010**

Utförd av: Natural Research Projects Ltd

Författare: Dr M McGrady

Kontrollerad av: Dr Phil Whitfield

Beställd av: Vattenfall Vindkraft AB

## Sammanfattning

I syfte att bättre förstå havsörnens flygmönster, och samla in data för kollisionsriskberäkning, gjordes studier från två observationsplatser i ett område vid Forsmark som har föreslagits för en vindkraftspark. Med målet att ta reda på hur länge fåglar som förolyckats av vindkraftverk kan upptäckas i omgivningen, och hur effektivt den vindkraftrelaterade fågeldödligheten kan bestämmas med hjälp av eftersök, gjordes även inledande försök med utplacering av kadaver.

Sammanlagt följdes 619 havsörnsflygningar (245,9 timmars observation) och för dessa flygningar registrerades 1 195 flyghöjder. De flesta flygningar observerades utanför den planerade vindkraftverkszonen där kollisionsriskerna i så fall skulle föreligga. Informationen från dessa observationer användes sedan för den så kallade Band-metoden. Vi tillämpade modellen på två möjliga tornhöjder (80 och 100 meters navhöjd) och antog att örnarna väjer för vindkraftverken i olika grad (95 % och 98 %). Den årliga dödligheten när det gäller 80 meter höga vindkraftverk beräknades till 1,32 vid en väjningsgrad på 95 % och 0,53 vid en väjningsgrad på 98 %. Värdena när det gäller 100 meter höga vindkraftverk beräknades till 0,65 vid en väjningsgrad på 95 % och 0,26 vid en väjningsgrad på 98 %. Dessa värden är lägre än de som beräknades baserat på data som insamlades på samma plats 2008. Jämförelser bör dock göras med försiktighet eftersom olika metoder användes och vintervädret skiljde sig åt de två åren. Skillnaderna mellan de båda studierna när det gäller datainsamling och beräkning och vilka effekter dessa kan ha haft diskuteras närmare.

Två undersökningsområden, med både öppet busklandskap och skogsmark, upprättades inom det föreslagna området för vindkraftsparken. Observatören, som inte var bekant med placeringen av kadavren, hittade 75 % av de utplacerade kadavren. Kadavren förblev intakta längre i de öppna områdena än i skogsområdena. Den första upptäckten av asätare gjordes efter i genomsnitt 7,5 (n=8) och 17,4 (n=5) dagar i de två områdena. Den första upptäckten av asätare dröjde i genomsnitt 21 dagar i öppna buskområden (n=2), 17 dagar för öppen mark (n=3) och 9,5 dagar i skogsområden (n=8). Dag 23 var 18,75 % av kadavren intakta, 62,5 % saknades helt eller också återstod enbart fjädrar och 18,75 % hade delvis ätits upp av asätare. Havsörn och räv, eller spår efter dessa asätare, observerades på och runt platserna. Trots att försöken med utplacering av kadaver är begränsade i omfattning tyder de på att det är möjligt att utveckla effektiva eftersöksrutiner för vindkraftsparkens landområden. Emellertid krävs mer arbete för att hitta en metod att hantera eventuella örnar som hamnat i vattnet efter en kollision.

# Forsmark: Havsörnsstudie

## Inledning

1. Området där vindkraftsparken i Forsmark ("Projektet") föreslås byggas är ett viktigt habitat för havsörnar (*Haliaeetus albicilla*) som även häckar i närheten (M. Green 2007 och 2009; B. Helander och A. Sevastik pers. anm.) och använder platsen som vinterlokal (B. Helander, A. Sevastik och J. Pettersson pers. anm.). En undersökning av kollisionsrisker för havsörn utfördes 2007–2008 vars resultat publicerades i "En havsörnsstudie vid Forsmark och Biotestsjön" av Pettersson och Sevastik (2009), och som även ingick i miljökonsekvensbeskrivningen för projektet (Vattenfall Vindkraft AB, 2009).

2. Denna undersökning initierades i slutet av 2009 av Vattenfall Vindkraft och Natural Research Projects, Ltd (NRP) med syftet att samla in information som kan utgöra grunden för ett framtida övervakningsprogram.

3. Detta år utfördes följande arbete: systematisk bevakning från observationsplatser, kollisionsriskberäkning samt försök med utplacering och eftersök av kadaver.

## Området

4. Projektområdet är belägen på 60,42 grader nordlig longitud och 18,18 grader ostlig latitud, strax öster om Forsmarks kärnkraftverk, och utgörs av ett antal skär som har förbundits och anslutits till fastlandet med vallar. Söder om den cirkelformade huvudgruppen med öar finns en konstgjord landtunga (Södra piren). Den cirkelformade gruppen med öar och vägbankar omgärdar Biotestsjön, in i vilken kylvatten från kärnkraftreaktorerna strömmar. I norra delen av Biotestsjön finns två utlopp för kylvatten. Södra piren sträcker sig österut från vägen ut i havet (bilaga 1, figur 1).

5. Vegetationstäcket är mest utvecklat på skären där det fläckvis växer tall, gran, en och björk som är upp till 5–7 m höga och har tät undervegetation i vissa partier. Övrig vegetation bestående av videbuskar, olika typer av gräs, vass, sly med mera finns på skären, vägbankarna mellan öarna och på Södra piren. På Södra piren finns även några små träd (inklusive tall och björk), men generellt sett är vegetationen där glesare.

6. Den föreslagna vindkraftsparken omfattar 15 vindkraftverk: fyra längs med vägen som leder ut till sjön, tre på Södra piren och åtta runt sjön (bilaga 1, figur 1).

## Metoder

### Bevakning vid observationsplatser

7. Information om havsörnarnas flygaktivitet samlades in genom tidtagen bevakning från strategiska observationsplatser i enlighet med metoder beskrivna av Band m.fl. (2007), med vissa förändringar. Merparten av observationerna gjordes med kikare med avståndsmätare (Vectronix IV och Vectronix 21, Vectronix AG, Heerbrugg, Schweiz), med hjälp av vilka information kunde insamlas om fågelns position (x,y) och höjd (z) under intervaller längs med dess flygväg. Observatören ritade sedan ut flygningen på en karta med stöd av de relativt precisa avståndsmätningarna ( $\pm 5$  m) insamlade med

kikaren, som också hade relativt precisa höjdmätningar ( $\pm 3$  mrad = ca  $\pm 3$  m på 1 000 m höjd).

8. Mellan den 19 november 2009 och den 14 oktober 2010 gjordes observationer från två platser (bilaga 1, figur 1). Jan Pettersson (JP) och Alf Sevastik (AS), som båda har erfarenhet av havsörnsobservation vid Forsmark, gjorde observationerna.

9. JP och AS valde ut observationsplatserna utifrån sin fälterfarenhet av området och för att få en så bra överblick som möjligt över platsen för den föreslagna vindkraftparken. Observationsplatsen vid utloppet var belägen vid sjöstranden på Biotestsjöns östra sida (position 1631677, 6704190 enligt RT 90 2.5 gon V). Observationsplatsen vid Södra piren var belägen ungefär en tredjedels väg ut på piren, i riktning nord-nordväst (1632511, 6701725). Observatörerna placerade sig så att fåglarnas beteende skulle påverkas så lite som möjligt.

10. Bevakningen ägde rum i dagsljus och under en rad olika väderförhållanden, inklusive växlande molnighet (0–100 %) och vindhastigheter upp till 18 m/s. Ingen bevakning ägde rum då sikten ansågs vara så dålig att den hindrade datainsamling. Med hänsyn till aktivitetsvariationer under dygnet och dagarnas längd spreds bevakningen ut under dagsljusjustimmarna. Bevakningspassen varade mellan 37 minuter och 6 timmar. Sammanlagt utfördes 245,9 timmar bevakning, 179,3 från observationsplatsen vid utloppet och 66,6 timmar från Södra piren. Bevakning pågick under 111,6 timmar under häckningsperioden (mars–juli) och 134,3 timmar under övrig tid (augusti–februari) (tabell 1, bilaga 2).

11. Undersökningsfältet hölls under konstant uppsikt tills en flygande havsörn upptäcktes. Då riktades en kikare med avståndsmätare mot fågeln. Kikarens laserstråle låser sig på objektet och kikaren läser sedan av position och höjd och sparar uppgifterna automatiskt för nerladdning vid ett senare tillfälle. Om laserstrålen inte låste sig uppskattade observatören fågelns höjd. Uppskattade höjder dokumenterades separat så att de gick att skilja från de höjder som uppmätts med hjälp av kikare. Havsörnarna följdes tills de slutade flyga eller försvann ut ur observatörens synfält. Tidpunkten då fågeln först upptäcktes avrundades till närmaste minut och registrerades. Fågelns flygväg och flygriktning markerades på en karta över området i skala 1:25 000. Flygvägen markerades oavsett om fågeln befann sig inom undersökningsområdet eller ej. I slutet av dagen "korrigerades" fältkartorna med hjälp av positionsuppgifterna som avlästs via kikare. Information om varje flygning, inklusive datum, tid och fågelns ålder, antecknades direkt på platsen. I slutet av dagen slogs dessa uppgifter samman med data som laddades ner från kikarna och all information kopplades samman till en flygbana på en karta.

### **Kollisionsriskberäkning**

12. Uppgifterna från flygföljningarna användes för att göra en kollisionsriskberäkning. Metoden för oförutsägbara flygningar bedömdes vara lämplig eftersom flygningarna inte tog någon särskild riktning och antogs vara slumpmässiga (Band m.fl. 2007).

13. Kollisionsberäkningarna gjordes utifrån observationer inom en 150-metersradie (centrerad kring vindkraftverket) runt varje position som föreslagits för uppförande av vindkraftverk. Radiens storlek inbegriper rotorbladens längd, eventuell flytt av

vindkraftverket på grund av micrositing och möjliga rumsliga fel vid registrering av flygningar.

14. Fältdata bestod bland annat av flyghöjder (mätta med hjälp av kikare med avståndsmätare eller uppskattade av observatören), som markerats längs med utritade flygningar på en karta. I syfte att göra dessa data användbara för kollisionsberäkning delades flygningarna halvvägs mellan flyghöjds mätpunkterna, och de resulterande flygsträcken tilldelades var sin central flyghöjd.

15. Flygningarnas varaktighet inom 150-metersradien beräknades utifrån längden på var och en av flygningarna som ägde rum inom zonen och ett värde på 13 m/s för havsörnens flyghastighet (Provan och Whitfield, 2007).

16. Från observationsplatsen vid utloppet (179,3 timmar) antas man endast ha god överblick över vindkraftverken vid sjön (6–13). Från observationsplatsen vid Södra piren (66,6 timmar) antas man ha överblick över alla vindkraftverk utanför sjön och de tre vindkraftverken sydväst om sjön (1–6, 12–15) (bilaga 1, figur 2).

17. Vindkraftverken i studien antogs vara av modell Siemens SWT-2.3-93 och två olika höjder togs i beaktande (80 och 100 meters navhöjd).

18. Vidare antogs att vindkraftverken skulle vara ur drift 13 % av tiden på grund av vindhastighet och underhåll.

19. Kollisionsberäkningarna gjordes med förmodade väjningsgrader på 98 % och 95 %. Pettersson och Sevastik (2009) använde väjningsgraderna 98 % och 99 %. Den aktuella rekommendationen från Scottish Natural Heritage är en väjningsgrad på 95 % (SNH 2010).

20. I tabell 2 (bilaga 2) sammanfattas parametrarna för vindkraftverk och havsörnar som användes vid kollisionsberäkningarna. Rotorn på vindkraftverken med en navhöjd på 80 m når från 33,5 meter till 126,5 meter ovanför marknivå (total rotordiameter = 93 m). Rotorn på vindkraftverken med en navhöjd på 100 m når från 53,5 till 146,5 meter ovanför marknivå.

## **Försök med utplacering av kadaver**

21. Eftersök i närheten av vindkraftverken föreslås för att kunna avgöra huruvida havsörnar kolliderar med dessa. Det finns emellertid erfarenheter som visar på att effektiviteten av eftersök vid undersökningar av vindkraftparker kan påverkas av vilken typ av vegetation som förekommer i området och hur hög den är (Morrison, 2002). Det finns även risk för att kadaver avlägsnas av asätare innan de kan upptäckas vid eftersök (Johnson m.fl., 2000).

22. Försöken med utplacering av kadaver gjordes i syfte att bedöma hur effektiva eftersök kan bli och för att ta reda på hur snabbt kadaver försvinner och vilka typer av asätare som finns i projektområdet.

23. Undersökningen gjordes i enlighet med Duffy och Stewards metodik (2008) samt den som använts vid vindkraftsparken Saint Nikola i Bulgarien (NRP, ej offentliggjord information). Metoden anpassades efter förhållandena i Forsmark, eftersom landytorna

runt de tilltänkta vindkraftverken på vissa platser är relativt små, och i regel omgivna av vatten.

24. Försöken hade två syften: att registrera antalet kadaver som kan hittas vid systematisk genomsökning av områdena samt registrera hur snabbt kadavren försvinner från platserna.

25. Två undersökningsområden (Södra området och Norra området) valdes ut på platser som föreslagits för vindkraftverk på vägbankarna som omger sjön (figur 1, bilaga 1). Varje område var ungefär 50 x 130 m stort. Eftersom området i Forsmark omfattar små markytor som omges av vatten blev dessa undersökningsområden mindre än vad som anses optimalt (ej offentliggjord information från NPR – för 80-meterskraftverk bör sökområdet vara 250 x 250 m, för 100-meterskraftverk 290 x 290 m). Sökområden av denna storlek skulle i Forsmark innebära att en del av dem hamnar i Biotestsjön, i havet eller i svårgenomsökta områden som t ex täta snår eller vassruggar. Valet av områden utgick från att de tre typer av habitat som förekommer vid platsen skulle finnas med: öppen mark, busk- och skogsmark. Avsikten var att undersöka om sökmetoderna är effektiva i dessa habitat. Södra området utgjordes av öppen mark, huvudsakligen klappersten och klippor samt buskmarker, till största delen föryngringsområden. Norra området bestod av gammelskog med tall, gran, en och björk.

26. I försöken användes kadaver från relativt stora arter eftersom de storleksmässigt liknade havsörnskadaver, hela eller delar därav, så som de kan tänkas se ut efter en kollision. Elva gåskadaver (sju grågäss [*Anser anser*] och fyra kanadagäss [*Branta canadensis*]) införskaffades. Fåglarna hade skjutits med stålkulor för att undvika att asätare skulle drabbas av blyförgiftning. Fem hönskadaver (fyra hönor och en tupp) införskaffades också till försöket. Tre av gässen (två grågäss och en kanadagås) skars i två delar i syfte att simulera skador från ett vindkraftverk. Vissa kadaver skars upp för att efterlikna mindre skador från rotorbladen och två kadaverdelar placerades ovanför marknivån för att efterlikna de fall då den döda fågeln fastnar i träden. Den 6 oktober 2010 placerades åtta kadaver eller kadaverdelar ut i varje område. Positionen för varje kadaver registrerades med en GPS och kadavern försågs med en ID-bricka för den händelse att asätare skulle flytta på dem.

27. Samtliga kadaver kontrollerades varje dag under de fem första dagarna efter utplaceringen för att undersöka om de fanns kvar och var intakta. Därefter undersöktes kadavren varannan dag fram till dag 26. Kadaver som visade tecken på att ha besökts av asätare fotograferades (bilaga 1, figur 6 och 7) och förflyttningar av kadaver registrerades med hjälp av GPS. Närvaro av asätare eller spår efter dem i områdena registrerades.

28. Utöver de kadaver som lades ut i de två områdena placerades tre gåskadaver vid vassruggarna nära vattenbrynet för att undersöka hur snabbt de försvann i detta habitat.

29. Kevin Duffy, som har erfarenhet av att leda sådana här försök i Skottland och Bulgarien, valde ut undersökningsområdena och ledde försöken med utplacering av kadaver. Alf Sevastik utförde fältarbetet.

## Resultat

### Observationer

30. Sammanlagt 619 havsörnsflygningar registrerades under perioden för studien (bilaga 1, figur 3 och bilaga 2, tabell 3). 392 flygningar registrerades utanför häckningstiden, 227 flygningar under häckningstiden. Antalet flygningar som registrerades per månad varierade mellan 22 och 117. Totalt 1 195 flyghöjder (86,9 % uppmätta, 10,1 % uppskattade) registrerades längs med dessa flygvägar (i genomsnitt 2,6 flyghöjder/flygning). För 170 flygningar registrerades ingen flyghöjd.

### Kollisionsriskberäkning

31. Merparten av flygningarna ägde rum utanför de områden som vindkraftverkens rotorblad når. Figur 4 (bilaga 1) visar de flygningar vars uppmätta höjder faller innanför rotorernas höjdmässiga räckvidd för de två alternativa vindkraftverkshöjder som används för beräkningen. (Observera att dessa uppgifter inbegriper alla flygningar, inklusive de som skedde mer än 150 meter från vindkraftverken.) Flera flygvägar hamnade inom den höjdmässiga räckvidden för rotorn på 80-metersverken än för 100-metersverken.

32. Tabell 4 (bilaga 2) anger hur länge flygningarna skedde på riskhöjdnivån och inom 150-meterszonen runt vindkraftverken, och korrigerad för skillnader i bevakningsinsats.

33. Tabellerna 5 till 10 (bilaga 2) visar hela resultatet av kollisionsberäkningarna för vindkraftverk med 80- och 100-meters navhöjd, med viktade observationsdata som utgångspunkt. I tabell 11 (bilaga 2) sammanfattas den beräknade dödligheten för havsörn (år/dödlighet) för de två alternativa vindkraftverkshöjderna, med antagna väjningsfaktorer på 95 % och 98 %, och jämförs med den mortalitet som beräknades av Pettersson och Sevastik (2009). Tabell 12 (bilaga 2) visar samma resultat, men uttryckta som beräknat antal kollisioner per år.

34. Dödligheten kan även presenteras som en karta, där varje vindkraftverk avbildas i proportion till det antal förolyckade fåglar det bidrar till. Figur 5 (bilaga 1) visar den relativa risk vart och ett av vindkraftverken utgör för havsörnar, för både 80- och 100-metersalternativen.

### Försök med utplacering av kadaver

35. Observatören, som inte var bekant med placeringen av kadavren, hittade 75 % av kadavren som hade placerats ut. 8 av 8 av kadaver (100 %) i Norra området och 4 av 8 kadaver (50 %) i Södra området.

36. Kadavren kontrollerades i enlighet med metoden i upp till 23 dagars tid. Kadavren förblev intakta längre i det Södra området (med öppen mark och buskmark) än i det skogsbevuxna (gammelskog) Norra området (tabell 13, bilaga 2). Inget kadaver i Norra området och tre (37,5 %) av kadavren i Södra området lämnades orörda av asätare. För de kadaver som visade tecken på att ha haft besök av asätare upptäcktes detta för första gången dag 7,5 (n = 8) i Norra området och på dag 17,4 (n = 5) i Södra området.

37. För de kadaver som visade tecken på att ha haft besök av asätare upptäcktes detta för första gången dag 21 i buskmarker (n=2), dag 17 på öppen mark (n=3) och dag 9,5 i skogsmark (n=8). Dag 23 var endast tre (18,75 %) av de sexton kadavren fortfarande intakta, tio (62,5 %) saknades helt eller hade reducerats till fjädrar och tre (18,75 %) hade delvis ätits upp av asätare (bilaga 2, tabell 15).

38. De tre kadaver som placerades i vassruggar försvann snabbare (samtliga var borta dag 5) än kadaver i buskmark, på öppen mark eller skogsmark (tabell 14, bilaga 2). Ett av tre (33 %) kadaver placerade i buskmarkshabitat och två av fem (40 %) kadaver placerade på öppen mark förblev intakta under hela det 23 dagar långa försöket.

39. Det förelåg inga tydliga skillnader mellan hur fort hela eller halva gåskadaver försvann, eller mellan gäss och höns. Det kadaver som förblev orört under längsta tiden i Norra området var placerat två meter upp, i ett träd. Trots att kadavret hängde i ett träd hade det delvis ätits upp av asätare.

40. Asätare eller asätarspår som observerades på platserna var havsörn och räv.

## Diskussion

41. Diskussionen av iakttagelserna från observationsplatserna och kollisionsberäkningarna hänger i stor utsträckning samman eftersom problemställningar knutet till observationernas kvantitet och kvalitet påverkar resultatet av kollisionsberäkningarna.

## Observationer/datainsamling

42. Det stora antal havsörnsflygningar som registrerades motsvarade förväntningarna. Pettersson och Sevastik (2009) registrerade många havsörnsflygningar och det är känt att många havsörnar övervintrar och häckar vid och i närheten av Forsmark.

43. Även om havsörnar under vissa förhållanden kan glidflyga och flyga på höga höjder observerades få flygningar på höga höjder i området för den föreslagna vindkraftsparken.

44. Kikare med avståndsmätare har inte i någon större utsträckning använts tidigare vid undersökningar av fågelflygvägar och kollisionsrisker. Trots att kikarna troligen anger fågelns position (x, y och z) mer noggrant än vad en observatör kan göra genom sina iakttagelser (inom ett avstånd på ca 1,3 km) påverkar användningen av kikare insamlingen av andra data. Bara ett fåtal höjduppgifter samlades in i början av flygningar, flyghöjderna var svårare att mäta på större avstånd och flygningarnas varaktighet registrerades inte. Användningen av kikare med avståndsmätare bidrog troligen till att uppskattningen av kollisionsrisken ökade något, detta på grund av att en del av de fåglar som närmade sig öarna där vindkraftverken ska uppföras flög dit för att sätta sig. Detta innebär att flertalet fåglar troligen hade en sjunkande flygbana när de närmade sig öarna och inte stigande (de rörde sig alltså bort från riskområdet). Eftersom höjdmätningar i slutet av flygningarna var sällsynta, och vissa fåglar försvann bakom träden innan den lägsta flyghöjden kunde registreras, varvid det segment som låg närmast platsen där kraftverken ska placeras fick ett högre höjdvärde.

45. Användningen av kikare med avståndsmätare i den här studien och i den studie som genomfördes av Pettersson och Sevastik (2009) skiljer sig från metoden som används i Skottland. Som redan nämnts bidrog troligen användningen av dessa kikare till en mindre ökning av den beräknade dödligheten. Eftersom kikarna med avståndsmätning gjorde att observatörerna inte kunde samla in de uppgifter som krävs för att beräkna flyghastigheterna för de olika flygningarna är våra beräkningar av flygningarnas varaktighet inom riskområdet baserade på publicerade värden för havsörnars flyghastighet.

46. Tidsspannet för skattning av dödlighet är ett år och observationer bör göras på alla föreslagna platser för vindkraftverk under hela året med hänsyn till ändrade flygmönster under årstiderna. Den sammanlagda dödlighetsskattningen är summan av skattningarna för de enskilda vindkraftverken. Beräkningen av antalet kollisioner för enskilda kraftverk baseras på den tid som havsörnarna har en flyghöjd inom riskzonen för varje kraftverk vid varje observationstillfälle. Ju längre tid örnarna tillbringar i riskområdet, desto högre blir antalet beräknade kollisioner för kraftverket i fråga, och även det totala antalet. Under vintern flög bara ett fåtal örnar inom det område som vindkraftverken söder om Biotestsjön är tänkta att täcka (dvs. de som kan ses från Södra piren), vilket också var skälet till att bevakningen från Södra piren inte var så omfattande under denna tid. Om uppgifter från tiden utanför häckningsperioden (då få havsörn flög inom riskområdet) hade samlats in och lagts till uppgifterna från sommarhalvåret, då antalet flygningar var stort, hade det totala antalet flygningar per år blivit lägre än det som användes för kollisionsberäkningarna. Bristen på bevakning från Södra piren under vintern, när havet var istäckt, ger endast en högre beräknad kollisionsfrekvens, i synnerhet vid de platser där vindkraftverken är tänkta att uppföras, där inga helårsobservationer har gjorts.

47. Observationsplatser kunde inte upprättas utanför det föreslagna området för vindkraftparken, eftersom observatörerna då skulle befinna sig för långt därifrån för att kunna samla in den nödvändiga informationen. Flygvägarna som ritats in på kartan (figur 3, bilaga 1) kan tolkas som om örnarna väjer för observatörerna. Pettersson och Sevastik (2009) uppmärksammade också detta problem. Det går att lösa problemet genom att välja observationsplatser som är inom synhåll för varandra. Om havsörnarna väjer för observatörerna innebär det att giltigheten för kollisionsberäkningen kan ifrågasättas, i synnerhet för vindkraftverken i närheten av observationsplatserna.

48. Oavsett om örnarna väjer för observatörerna eller ej tyder kartan över flygningarna (figur 3 och 4, bilaga 1) på att örnarna eventuellt föredrar vissa korridorer när de flyger till och från Biotestsjön.

### **Kollisionsriskberäkning**

49. Resultaten från kollisionsberäkningarna, baserade på data insamlade 2009–2010, visar för väjningsgraden 95 % och tornhöjdssalternativet på 80 meter att detta skulle ge upphov till en död havsörn per 0,8 år, och för väjningsgraden 98 % en död havsörn per 1,9 år. Alternativet med 100 meter höga vindkraftverk kan förväntas orsaka en död havsörn per 1,5 år om väjningsgraden antas vara 95 %, och en död havsörn per 3,5 år, om väjningsgraden antas vara 98 % (bilaga 2, tabell 5–10).

50. Resultaten av kollisionsberäkningarna i denna studie var lägre än de i studien av Pettersson och Sevastik (2009). I tabell 11 och 12 jämförs resultaten av

kollisionsberäkningarna i de båda studierna. Jämförelser bör göras med försiktighet eftersom de båda studierna skiljer sig åt när det gäller metoder och värden för vissa parametrar som användes vid kollisionsberäkningen. Dessutom var vädret, åtminstone under vintern, olika under de två studierna och detta kan ha inverkat på örnarnas flygmönster.

51. Det är sannolikt väjningsgraden som påverkar kollisionsberäkningarnas resultat mest. Enligt aktuella riktlinjer (SNH 2010) är väjningsgraden för havsörnar 95 %. 2009 antogs i allmänhet värdet för havsörnar vara 98 %, och detta användes i kollisionsberäkningar.

52. Pettersson och Sevastik (2009) använde antalet flygningar in i riskområdet som ett mått för kollisionsrisken för havsörnar. I den här studien användes den faktiska längden på den flygning som skedde inom riskområdet, multiplicerad med flyghastigheten, för att beräkna den totala varaktigheten för havsörnarnas flygning inom riskområdet, vilket ger en mer korrekt bedömning av risken.

53. Denna undersökning har gjorts med hjälp av flera parametrar som syftar till att förbättra beräkningen av dödligheten för havsörnarna. Att byta ut väjningsgraden till 95 % och att använda faktiska flygtider inom riskområdet och inte antalet riskflygningar är bara en del av detta.

54. Flygningsstudierna visade att havsörnarna vid Forsmark främst flyger på låg höjd. Detta ledde till att kollisionsberäkningarna angav att alternativet med 80 meter höga kraftverk skulle orsaka fler döda havsörnar än 100-metersalternativet (ungefär dubbelt så många). Pettersson och Sevastik (2009) menade också att 100-metersalternativet skulle vara mindre farligt för havsörnarna.

55. Förekomst och utbredning av istäcke på havet kan påverka havsörnarnas spridning och flygmönster. Örnar kan sätta sig på isen, och förekomsten av möjliga bytesdjur (t.ex. sjöfågel) kan också påverkas av hur stora delar av havet som är isfritt. I Forsmark var vintern 2007–2008 relativt mild, i motsats till vintern 2009–2010 som var mycket kall med långa perioder då snötäcket låg kvar och isen täckte stora områden runt Biotestsjön. Vattnet i sjön och vissa områden runt den förblev öppna på grund av varmvattenutloppet från reaktorena. Istäcket 2009–2010 påverkade uppenbarligen örnarnas beteende eftersom de ofta satt på isarna, nära kanten.

56. Rådata om havsörnsflygningarna vid Forsmark var annorlunda än de som vanligen samlas in för kollisionsberäkning. Band m.fl. (2007) föreslår att ett fältprotokoll för datainsamling används där flyghöjder bedöms och placeras inom vissa intervall (t.ex. under 10 m, 10–100 m, över 100 m). Vi använde ett geografiskt informationssystem för att härleda data från fältobservationer som kunde användas för kollisionsberäkningen och utgick från en publicerad flyghastighet för havsörnar vid beräkningen av flygningarnas varaktighet inom 150-meterszonen runt vindkraftverkens tilltänkta placeringar. Även om ingen undersökning genomförts i syfte att utreda saken, är vi av åsikten att de olika metoderna för datainsamling inte gav upphov till några signifikanta skillnader när det gäller dödlighetsskattning.

57. Systematiska avvikelser i flygmönstret i närheten av öar (på grund av att vissa av örnarna flyger till/från öarna för att sätta sig där) har sannolikt gett upphov till en liten

ökning av det beräknade antalet döda havsörnar eftersom flyghöjdsdata som härletts från punktvisa höjdmätningar blir högre än de faktiska flyghöjderna (se stycke 44).

## **Försök med utplacering av kadaver**

58. Eftersom landytorna vid den föreslagna platsen för vindkraftsparken är små blev också sökområdena mindre än optimalt. Av praktiska skäl förlades inga eftersöksområden inom områden med täta buskage, vassruggar eller vatten. Förhoppningsvis går det att ta fram alternativa metoder för eftersök även i dessa typer av habitat och i vatten när kraftverken väl är byggda.

59. Vid en systematisk eftersökning hittades 75 % av de utlagda kadavern, vilket innebär att en stor del av offren från nyligen inträffade kollisioner troligen skulle kunna hittas. Detta bör naturligtvis bedömas i relation till den hastighet med vilken asätare eliminerar kadavren och slutligen hur stora sökinsatserna inom hela vindkraftsparken blir.

60. Det var oväntat att observatören, som inte var bekant med placeringen av kadavren, skulle återfinna en mindre andel av kadaver vid eftersökningen i Södra områdets mer öppna landskap än i Norra området. Det visade sig att kadavren syntes bättre mot den gröna markvegetationen i norr än vad de gjorde mot stenmarkerna i söder.

61. Antalet kadaver som konsumeras av asätare påverkas av faktorer som asätarnas densitet, deras rörelsemönster samt tillgången på kadaver. Tillgången på kadaver kan påverkas av mängden och typen av vegetation. Kadavren försvann fortare från Norra området än från Södra området. Räv var den huvudsakliga asätaren i Norra området och en rävyva hittades i närheten. Det är möjligt att rävarna föredrar skogsområden och att detta är orsaken till de snabbare försvinnandena. Å andra sidan kan träden och skogarna i Norra området ha avskräckt asätande fåglar.

62. Kadavren placerade i habitat med vassruggar/vattenbryn försvann snabbast. Kadaver 14, en hel grågås, hade reducerats till en liten fjäderhög bara 24 timmar efter utplaceringen. Havsörnar hade vistats i området där kadavret placerades och skrämts bort därifrån flera gånger. Det är troligt att havsörnarna var de huvudsakliga asätarna och att kadavret flyttades efter att till viss del ha ätits upp på platsen.

63. Smallwood (2007) uppmärksammar felkällor som kan förekomma vid försök med utplacering av kadaver, och att de arter som används är av stor betydelse. Smallwood föreslår att man i försöken använder arter som sannolikt kommer att dödas i den aktuella vindkraftsparken, och framlägger bevis för att kadaver av gås, småvilt och fjäderfän tilltalar asätare betydligt mer än rovfåglar. Om det är så att havsörnen är en av de huvudsakliga asätarna på platsen, men samtidigt också ett förväntat kollisionsoffer, kan det innebära att dessa försök med gäss och höns inte ger en sann bild av i vilken utsträckning asätare eliminerar kadaver.

64. Samtliga kadaver i Södra området var intakta till och med dag 15. Resultatet är något överraskande eftersom Södra området var mer öppet än Norra området och sannolikheten för att asätande fåglar skulle hitta kadavren kunde förväntas vara högre. Det fanns dock mycket få asätande fåglar, förutom havsörnar, i Forsmark. Det är möjligt att de mindre och mer aktiva asätande fåglarna skräms bort av havsörnarnas frekventa närvaro i området.

65. Sammanfattningsvis är det positivt att kadavren, åtminstone i ett område, låg kvar och förblev intakta i över två veckor. Det faktum att de låg kvar längre i öppna landskap än i skogsmark antyder att det finns goda chanser att kadavren går lätt att hitta bredvid vissa av vindkraftkraftverken (dvs de som omges av ganska lite växtlighet), i synnerhet om intervallen mellan eftersöken görs kortare än två veckor.

#### **Tack till:**

Mr D.R.A. McLeod som bidrog aktivt i diskussionen om kvalitet på observationer/ datainsamling samt analyser, kollisionsberäkningar samt tog fram alla kartor.

### **Litteraturlista**

- Band, W., Madders, M., & Whitfield, D.P. 2007 Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. In de Lucas, M. et al (2007) Birds and Wind Farms: risk assessment and mitigation. Quercus, Madrid, Spain
- Duffy, K. & Steward, M. 2008. Turbine Search Methods and Carcass Removal Trials at the Braes of Doune Windfarm. Natural Research Information Note No.4. Natural Research website, [www.natural-research.org](http://www.natural-research.org)
- Glutz von Blotzheim, U. N., Bauer, K. M. & Bezzel, E. 1971. Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 4. Akademische Verlagsgesellschaft. Frankfurt.
- Green, M. 2007. Forsmark site investigation – bird monitoring in Forsmark 2006. SKB, Stockholm.
- Green, M. 2009. Forsmark site investigation – bird monitoring in Forsmark 2008. SKB, Stockholm.
- Johnson, G.D., Young, D.P., Erickson, W.P., Clayton E., Derby, C.E., Strickland, M.D. & Good, R.E. 2000. Wildlife monitoring studies fore the SeaWest windpower project, Carbon County, Wyoming 1995-1999. Final report by WEST Inc. prepared for SeaWest Energy Corporation, San Diego, California & Bureau of Land Management, Rawlins District Office, Rawlins, Wyoming.
- Morrison, M. 2002. Searcher bias and scavenging rates in bird/wind energy studies. NREL/SR-500-30876.
- Pettersson, J. & Sevastik, A. 2009. White-tailed sea eagle study at the Biotest Basin at Forsmark, Sweden - following plans to build 15 wind turbines around the basin. English translation of report to Vattenfall in Swedish.
- Provan, S. & Whitfield, D., P 2007. Avian flight speeds and biometrics for use in collision risk modelling. Report to Scottish Natural Heritage from Natural Research (Projects) Ltd.
- Smallwood, K.S. 2007. Estimating wind turbine-caused bird mortality. Journal of Wildlife Management 71: 2781 – 2791.
- SNH 2010. Use of avoidance rates in the SNH wind farm collision risk model. Scottish Natural Heritage.
- Vattenfall Vindkraft AB (2009). Miljökonsekvensbeskrivning. Vindbruk i anslutning till Biotestsjön, Forsmark. (Environmental Statement)

## Bilaga 1; Figurer

Figur 1. Kartan visar studiens område med ett indikativt exempel på 15 vindkraftverkspositioner (*turbine locations*), observationsplatser (*vantage point*) samt områden där kadaver placerats ut (*carcass search plots*).

Figur 2. Kartan visar vilka vindkraftpositioner (*turbines 150m buffer*), med 150 meter radie runt varje position, som överblickas vid respektive observationsplats (*vantage points*).

Figur 3. Havsörnars flyglinjer noterade från respektive observationsplats (*vantage points*) vid Forsmark, november 2009 till oktober 2010.

Figur 4. Havsörnsflygningar i höjd med rotorns svepyta för 80 meters tornhöjd (*80m hub*) respektive 100 meters tornhöjd (*100m hub*) vid Forsmark, november 2009 till oktober 2010.

Figur 5. Relativ risk för havsörnarna per turbin för 80 meters tornhöjd (*80m hub*) respektive 100 meters tornhöjd (*100m hub*) vid Forsmark.

Figur 6. Bild på uppätet kadaver (gås).

Figur 7. Bild på uppätet kadaver (gås) placerat i träd.

## Bilaga 2; Tabeller

Tabell 1. Genomförda observationer vid Forsmark, november 2009 till oktober 2010.

Tabell 2. Använda parametrar för vindkraftverken och havsörnarna för kollisionberäkning vid Forsmark.

Tabell 3. Antalet noterade flygningar (*number of flights*) och höjder (*number of spot heights*) per månad vid Forsmark, november 2009 till oktober 2010.

Tabell 4. Observationstid (*observation time*), flygningens varaktighet vid riskhöjd (*duration at risk height*), flygningens varaktighet vid riskhöjd per timme (*duration at risk height per hour of effort*). Varaktigheten vid riskhöjd är baserad på flyghastigheten 13 m/s.

Tabell 5. Flygaktivitet (*flight activity*), observation (*observational effort*) och viktning använd i kollisionberäkning vid 80 meters tornhöjd.

Tabell 6. Resultat från kollisionberäkningar med 80 meter tornhöjd och väjningsfaktor 95 %.

Tabell 7. Resultat från kollisionberäkningar med 80 meters tornhöjd och väjningsfaktor 98 %.

Tabell 8. Flygaktivitet (*flight activity*), observation (*observational effort*) och viktning använd i kollisionberäkning vid 100 meters tornhöjd.

Tabell 9. Resultat från kollisionberäkningar med 100 meter höga torn och väjningsfaktor 95 %.

Tabell 10. Resultat från kollisionberäkningar med 100 meter höga torn och väjningsfaktor 98 %.

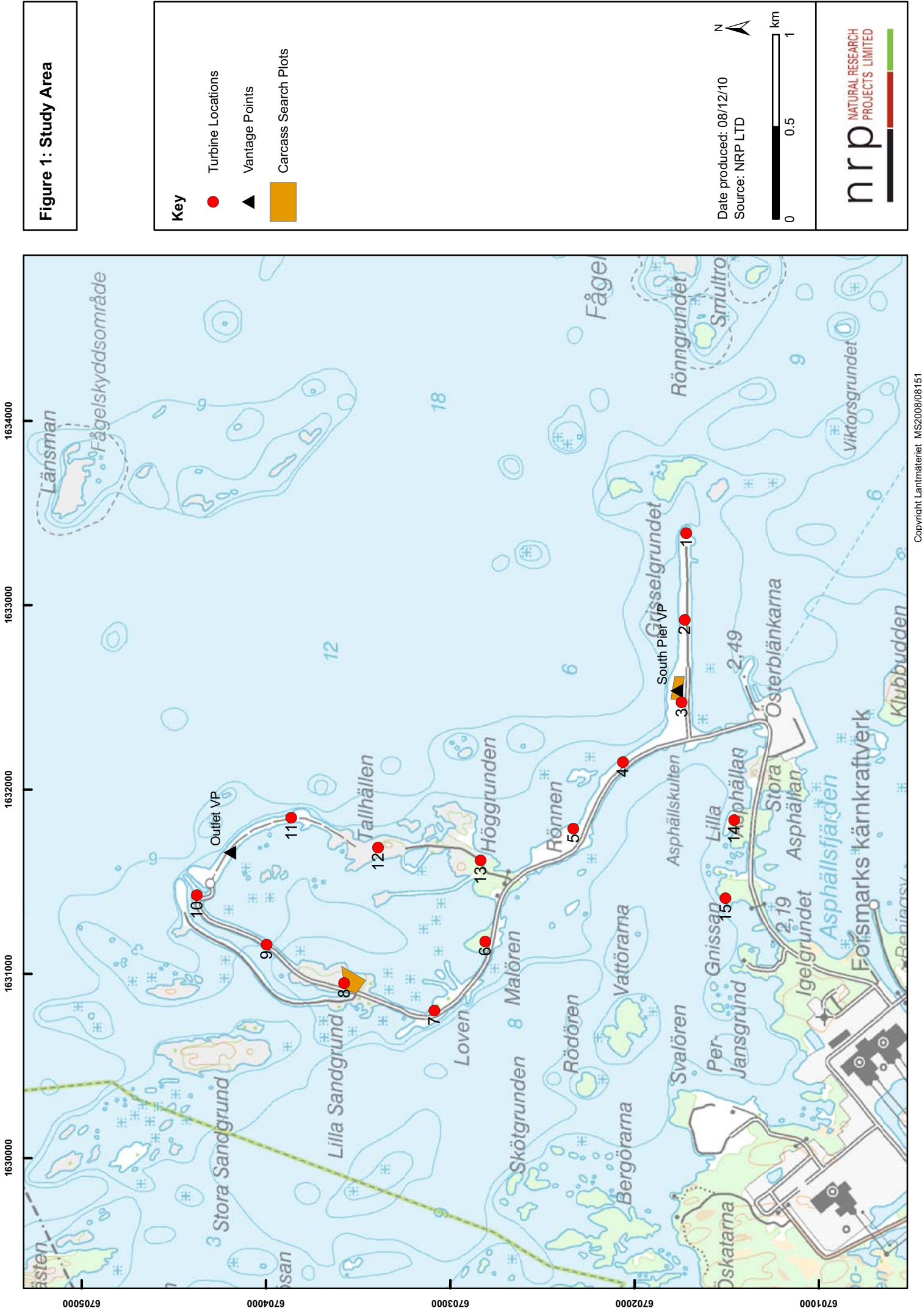
Tabell 11. Kollisionsrisken. Antalet beräknade år mellan kollisioner vid vindkraftparken med 80 meter- respektive 100 meter tornhöjd och väjningsfaktor 95 % respektive 98 %. Tabellen visar även motsvarande resultat från studien *Pettersson & Sevastik 2009* med väjningsfaktor 98 % respektive 95 %.

Tabell 12. Kollisionsrisken. Antalet beräknade kollisioner per år vid vindkraftparken med 80 meter respektive 100 meter tornhöjd och väjningsfaktor 95 % respektive 98 %. Tabellen visar även motsvarande resultat från studien *Pettersson & Sevastik 2009* med väjningsfaktor 98 % respektive 95 %.

Tabell 13. Resultat från eftersöksstudien i det norra respektive södra området vid Forsmark 2010.

Tabell 14. Placering samt utgången av tre gässkadaver placerade i vass/sjökanten.

Tabell 15. Status på kadaver under eftersöksstudien.



**Figure 1: Study Area**

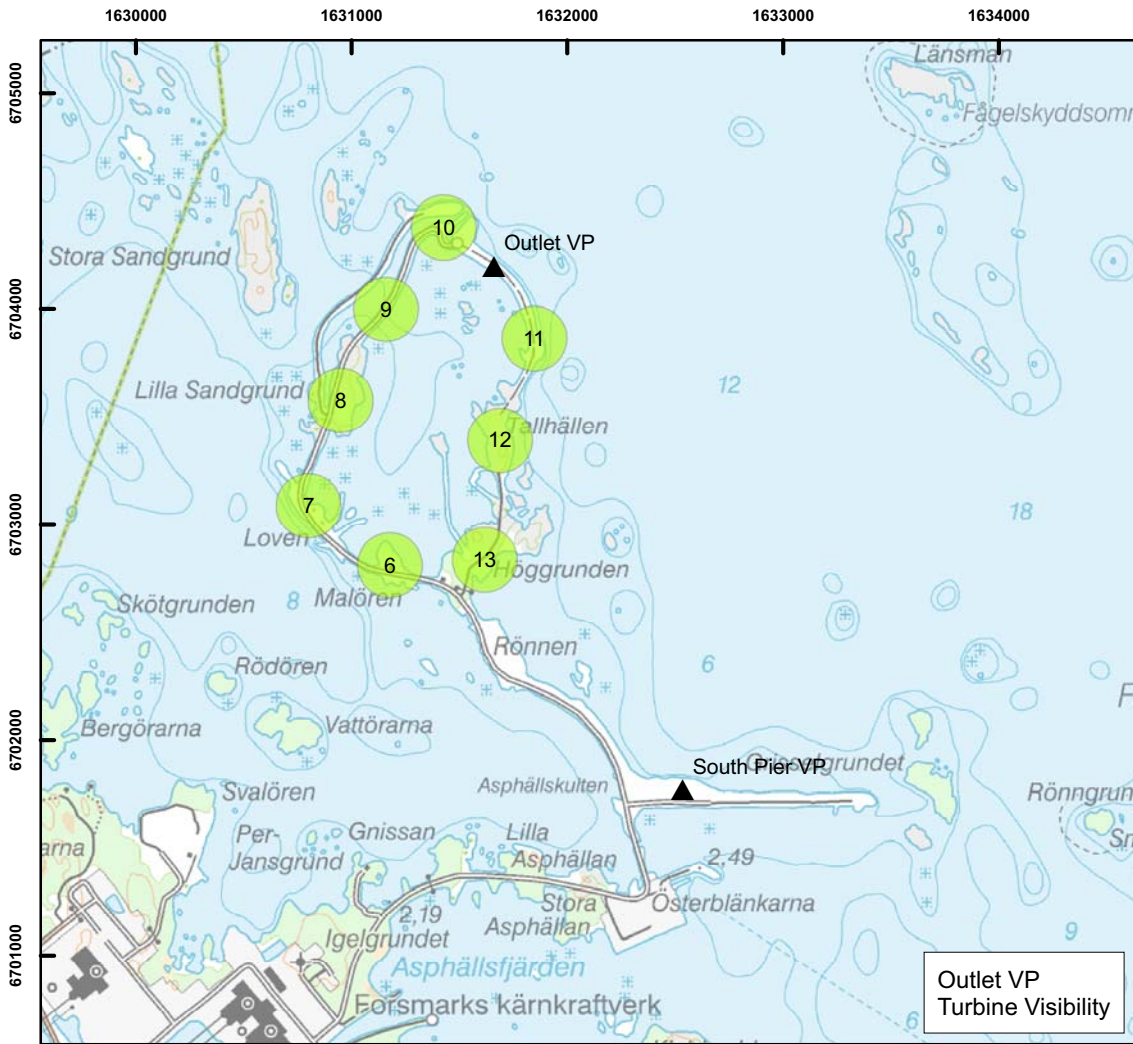
- Key**
- Turbine Locations
  - ▲ Vantage Points
  - Carcass Search Plots

Date produced: 08/12/10  
 Source: NRPLTD

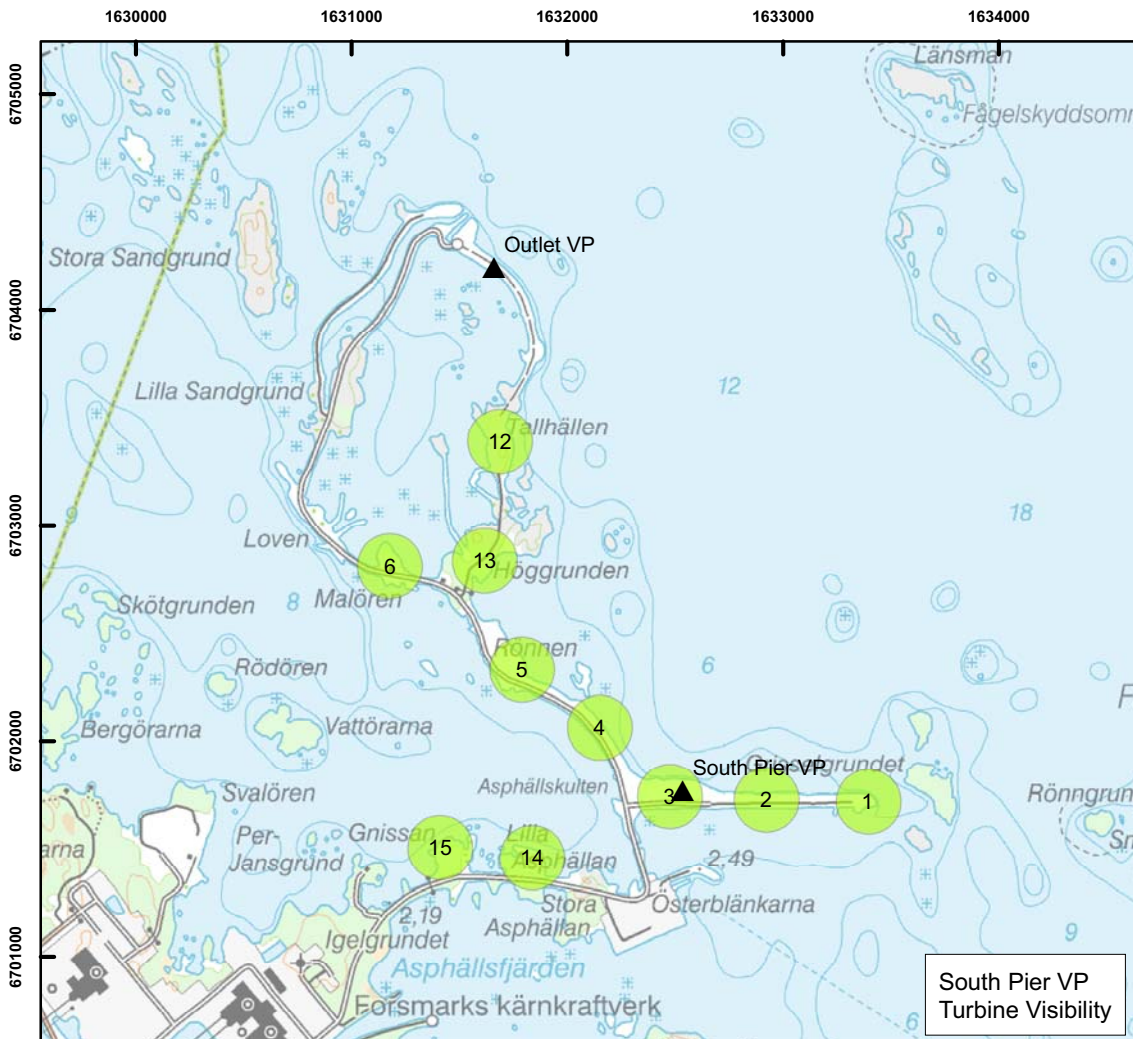
N

0 0.5 1 km





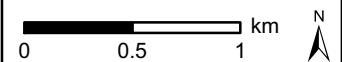
**Figure 2:**  
Turbine visibility from  
Outlet VP (top) and  
from South Pier VP  
(bottom)

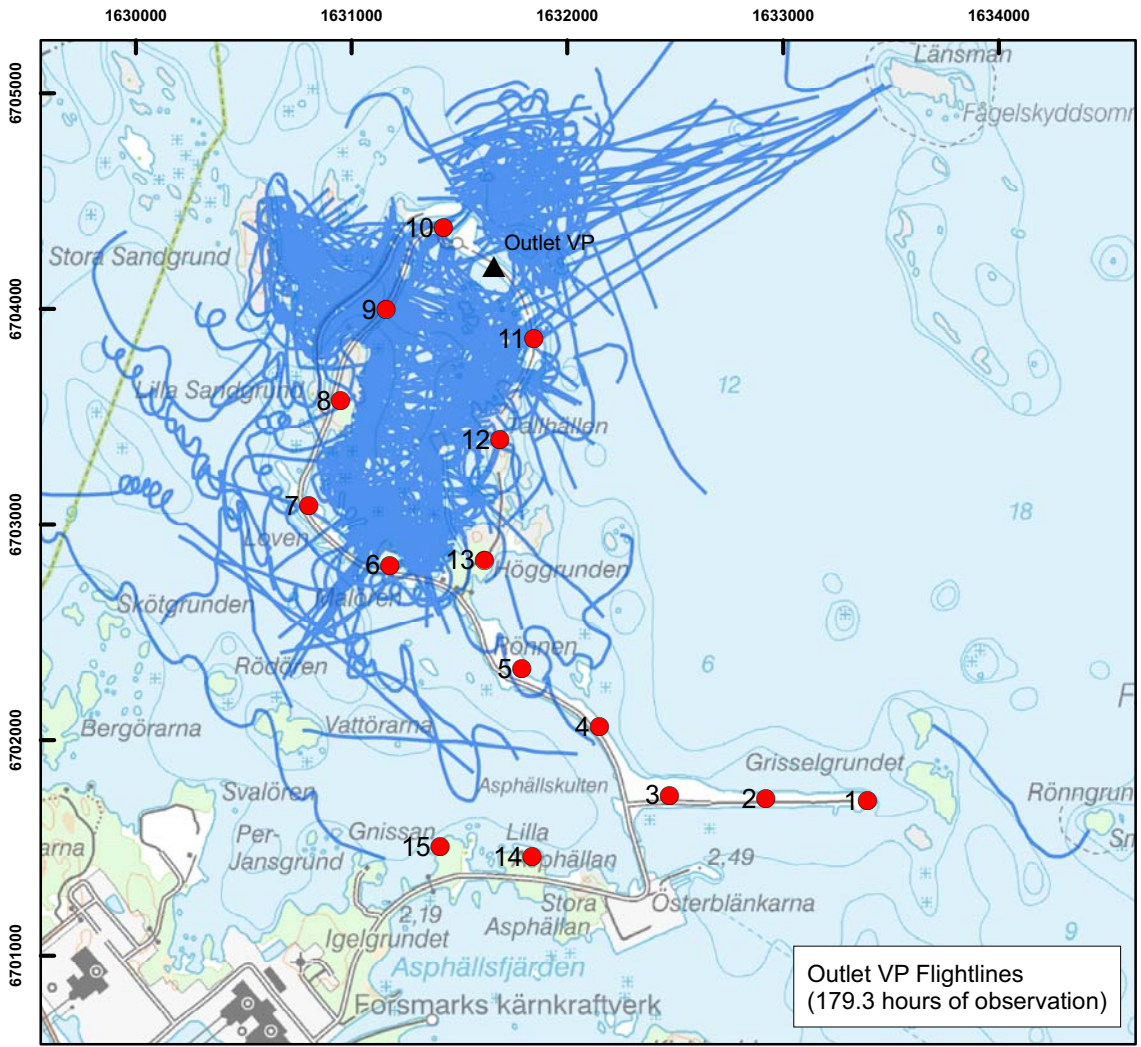


**Key**

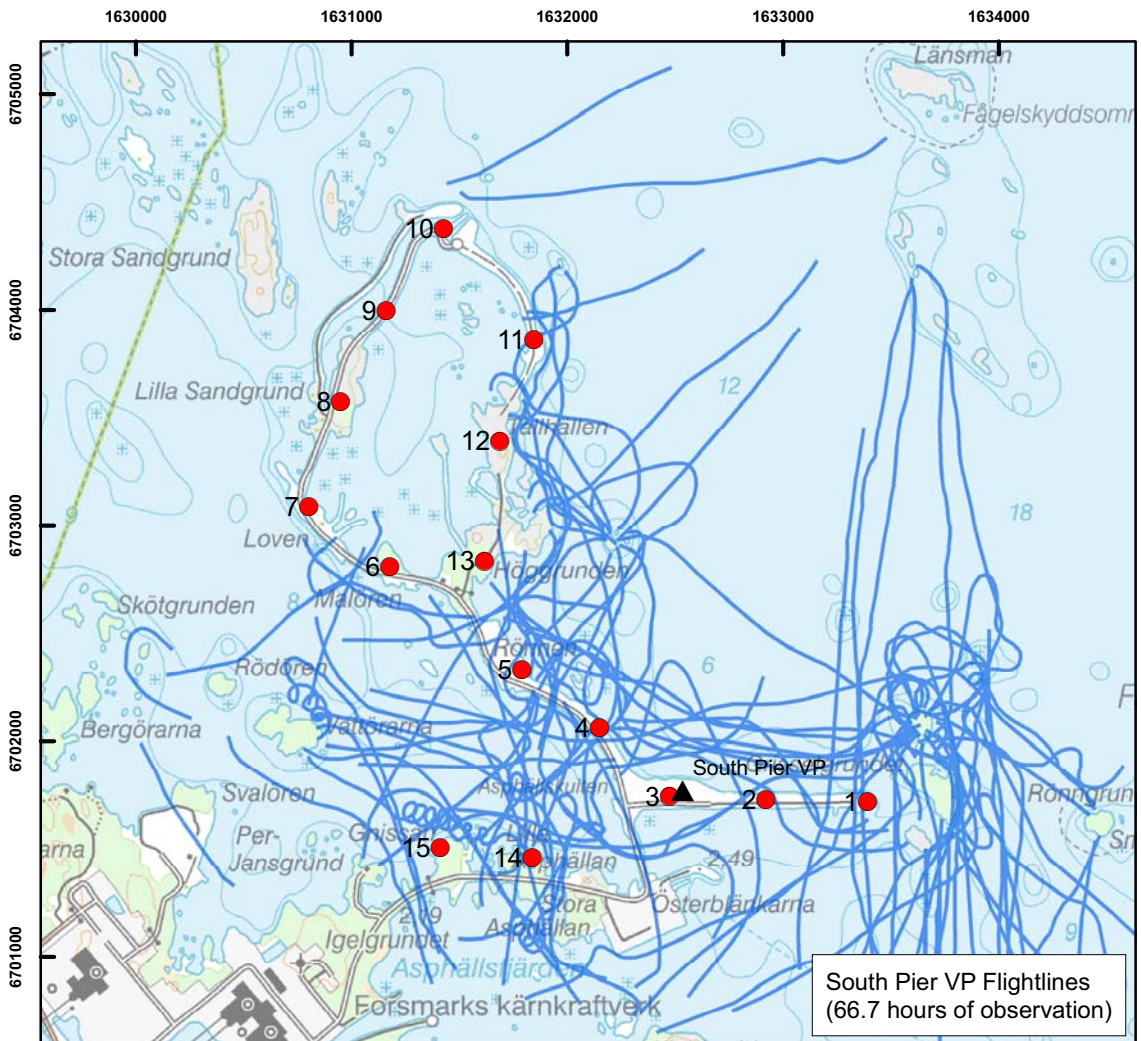
- ▲ Vantage Points
- Turbines 150m buffer

Date produced: 08/12/10  
Source: NRP LTD





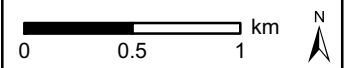
**Figure 3:**  
**Flightlines by source VP**  
 (Nov 2009 - Oct 2010)

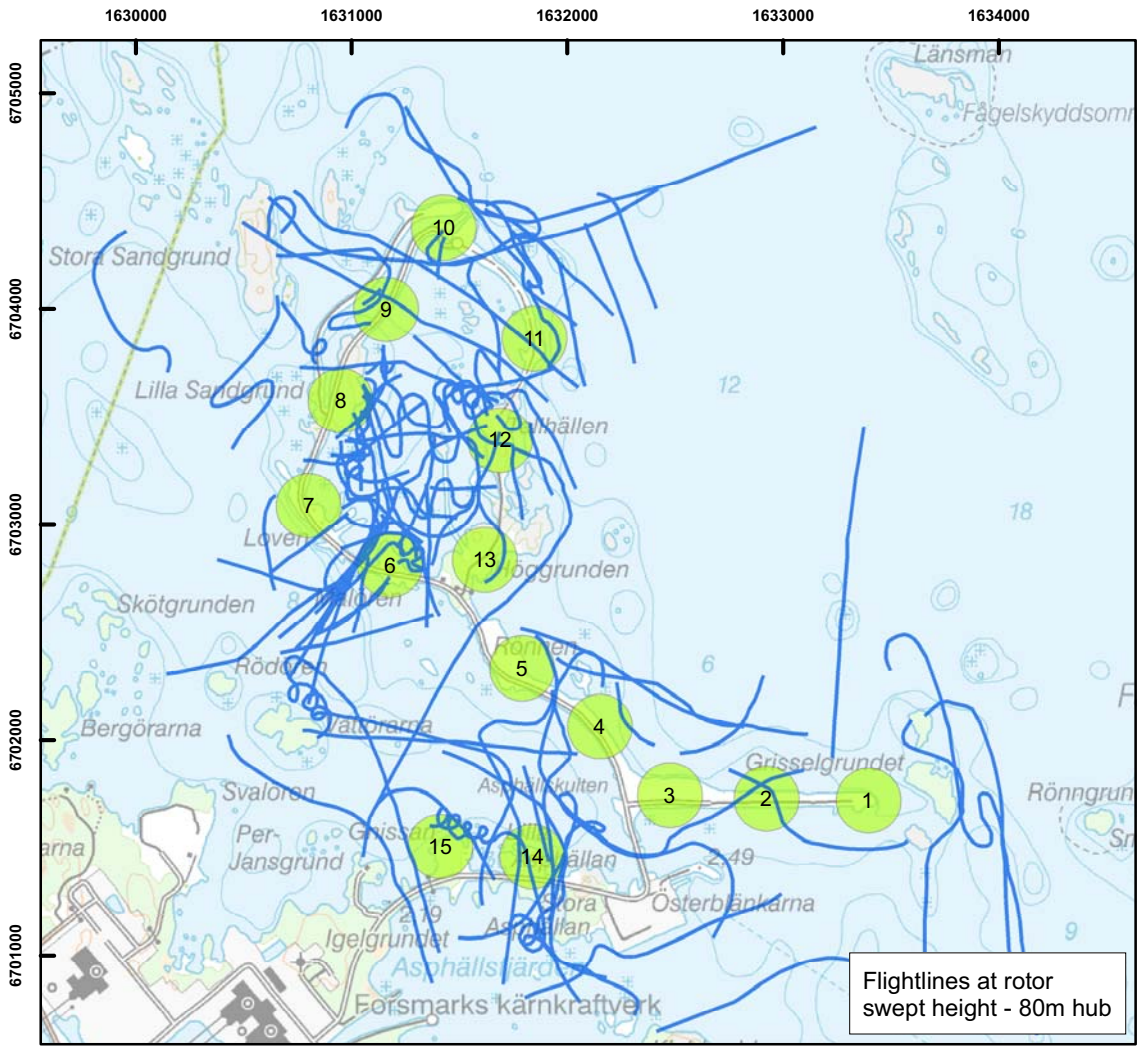


**Key**

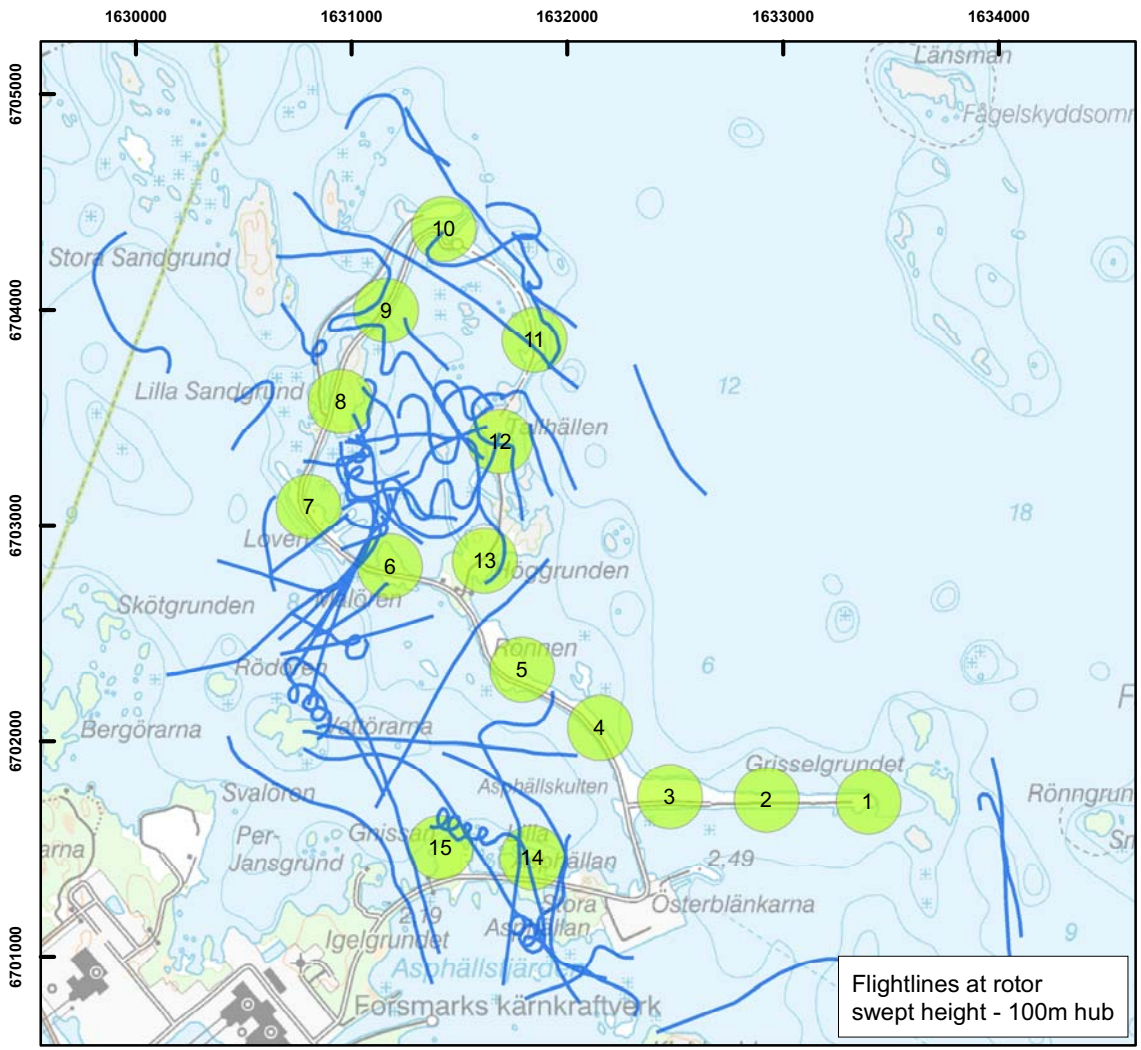
- ▲ Vantage Points
- Turbine Locations
- Flight lines

Date produced: 08/12/10  
 Source: NRP LTD





**Figure 4:**  
**Flightlines at Rotor**  
**Swept Height**  
**80m hub - top**  
**100m hub - bottom**



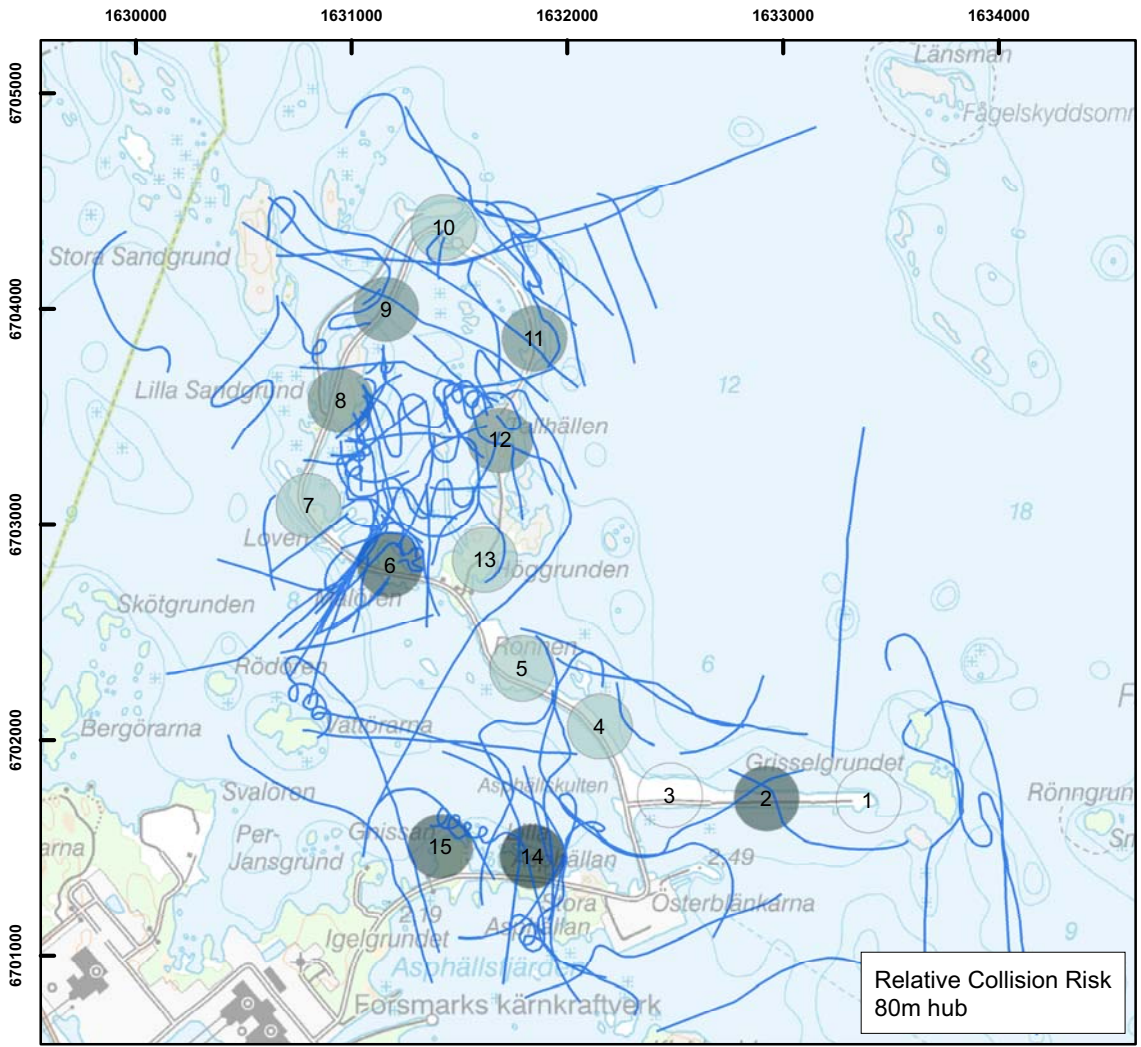
**Key**

- Flightlines
- Turbines 150m buffer

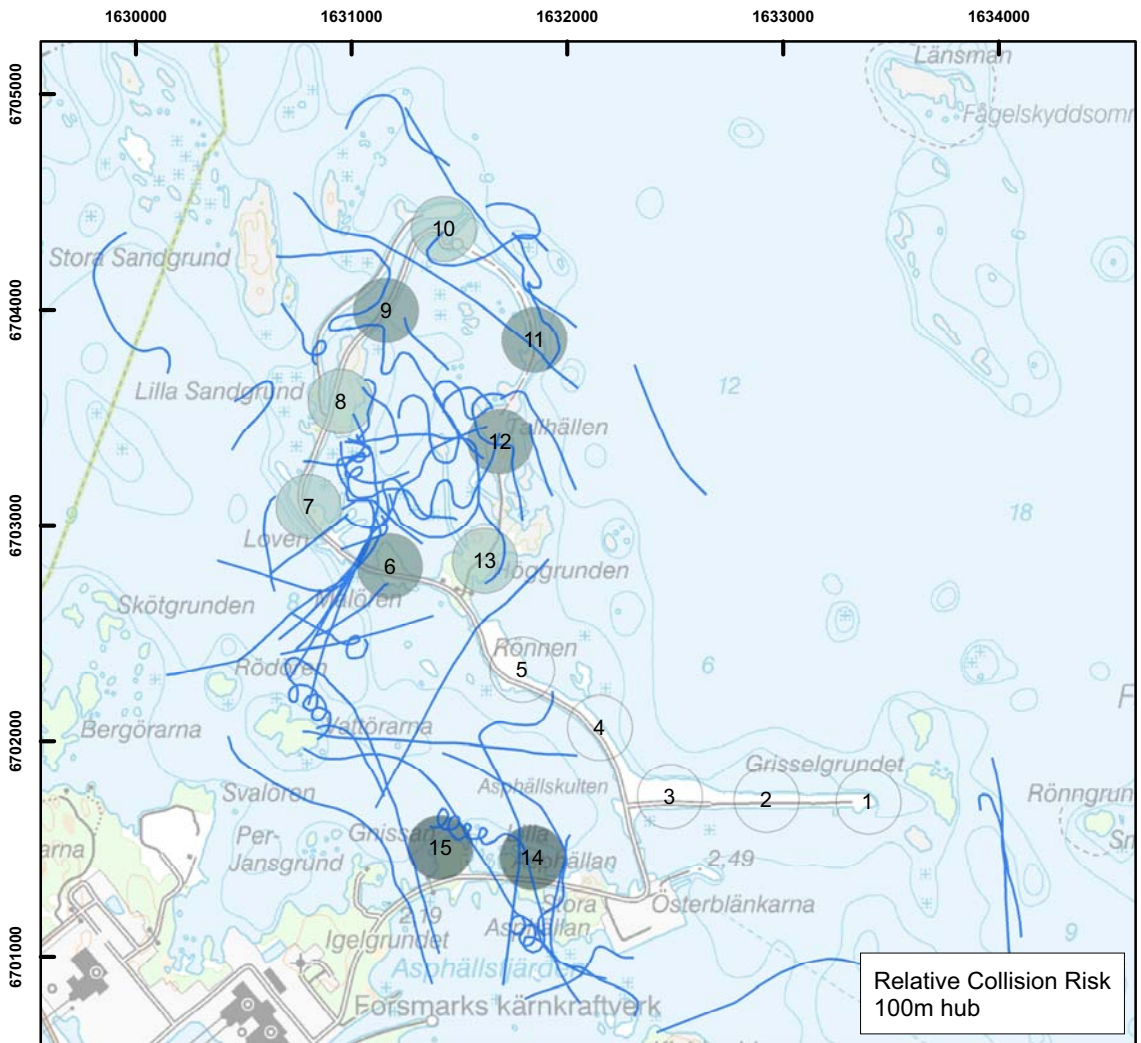
Date produced: 08/12/10  
 Source: NRP LTD

0 0.5 1 km

**n r p** NATURAL RESEARCH PROJECTS LIMITED



**Figure 5:**  
**Relative Risk of**  
**Turbine Collision**  
**80m hub - top**  
**100m hub - bottom**



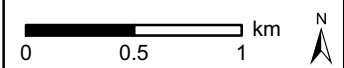
**Key**

- Flightlines

**Relative Collision Risk**

- Lower
- Higher

Date produced: 08/12/10  
 Source: NRP LTD



**Figure 6. Scavenged goose carcass**



**Figure 7. Scavenged goose carcass that was placed in a tree.**



## Appendix 2: Tables

Table 1. Observational effort at Forsmark, Nov 2009 – Oct 2010.

VP	Season	Month/yr	Number of observation bouts	Total duration (hrs)
Huset Utloppet	non-breeding	11/09	4	15.8
		12/09	8	17.5
		1/10	11	16.8
		2/20	8	15.7
		8/10	4	13
		9/10	4	8
		10/10	3	16
		<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>102.8</b>
	breeding	3/10	8	20.5
		4/10	4	16
		5/10	3	14
		6/10	2	12
		7/10	2	14
		<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>76.5</b>
<b>Huset Utloppet Total</b>			<b>61</b>	<b>179.3</b>
Södra piren	non-breeding	11/09	3	8
		8/10	2	7
		9/10	4	10
		10/10	2	6.5
		<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>31.5</b>
	breeding	4/10	3	10.8
		5/10	3	8.3
		6/10	1	7
		7/10	2	9
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>35.1</b>		
<b>Södra piren Total</b>			<b>20</b>	<b>66.6</b>
<b>Grand Total</b>			<b>81</b>	<b>245.9</b>

**Table 2. Turbine and WTE parameters used in the CRM at Forsmark.**

<b>Turbine Parameters</b>	<b>80m turbine</b>	<b>100m turbine</b>
Blade length	45m	45m
Hub diameter	3m	3m
Max. rotor depth	2m	2m
Max. chord	3.1m	3.5m
Pitch	13	13
Rotation period	3.75	4.17
Turbine operation time	87%	87%
<b>Eagle Parameters</b>		
Length		0.80m
Wingspan		2.20m
No. of days eagles potentially present/yr		365
No. of hours birds potentially present/day		12
Flight speed		13 m/sec
Assumed avoidance rate		95% and 98%

**Table 3. Numbers of flight lines and spot heights collected per month at Forsmark, November 2009 – October 2010.**

<b>Month</b>	<b>Season</b>	<b>Total number of flights</b>	<b>Number of spot heights</b>	<b>Mean number of spot heights</b>
Nov-09	<b>non-breeding</b>	50	129	2.58
Dec-09		53	121	2.28
Jan-10		88	95	2.07
Feb-10		98	74	1.42
Aug-10		22	61	2.77
Sep-10		26	79	3.04
Oct-10		55	267	4.85
<b>Non-breeding season total</b>		392	826	2.1
Mar-10	<b>breeding</b>	117	78	1.625
Apr-10		39	88	2.26
May-10		26	82	3.15
Jun-10		23	54	2.35
Jul-10		22	67	3.04
<b>Breeding season total</b>		227	369	1.62
<b>Total</b>		619	1195	1.93

**Table 4. Observation time, flight duration at risk height, duration of flights at risk height per hour of effort per turbine at Forsmark, November 2009 to October 2010. (Duration at risk height based on 13m/s flight speed.).**

Turbine	Observation Time (hrs)	Duration (s) at risk height - 80m hub	Duration (s) at risk height per hour of effort - 80m hub	Duration (s) at risk height - 100m hub	Duration (s) at risk height per hour of effort - 100m hub
1	66.7	0	0.00	0	0.00
2	66.7	46	0.70	0	0.00
3	66.7	0	0.00	0	0.00
4	66.7	12	0.18	0	0.00
5	66.7	11	0.16	0	0.00
6	246	186	0.75	51	0.21
7	179.3	16	0.09	16	0.09
8	179.3	81	0.45	19	0.10
9	179.3	55	0.31	40	0.22
10	179.3	20	0.11	11	0.06
11	179.3	48	0.27	48	0.27
12	246	92	0.37	69	0.28
13	246	22	0.09	22	0.09
14	66.7	93	1.40	47	0.71
15	66.7	59	0.89	58	0.88

**Table 5. Flight activity, observational effort and weighting used in CRM of 80 m turbines.**

Flight Activity Per Unit Time & Area			Weighted By Observation Effort		
Turbine	Observation effort (HaHr)	Flying time at 'risk height' (Hahr <sup>-1</sup> )	Turbine	Weighting	Adjusted time at 'risk height' (Hahr <sup>-1</sup> )
1	471.24	0	1	0.032	0
2	471.24	2.73419E-05	2	0.032	8.67447E-07
3	471.24	0	3	0.032	0
4	471.24	6.92495E-06	4	0.032	2.197E-07
5	471.24	6.19946E-06	5	0.032	1.96683E-07
6	1738.87	2.96474E-05	6	0.117	3.47077E-06
7	1267.63	3.51889E-06	7	0.085	3.00312E-07
8	1267.63	1.76441E-05	8	0.085	1.50579E-06
9	1267.63	1.21322E-05	9	0.085	1.03539E-06
10	1267.63	4.3165E-06	10	0.085	3.68382E-07
11	1267.63	1.04543E-05	11	0.085	8.922E-07
12	1738.87	1.47118E-05	12	0.117	1.72229E-06
13	1738.87	3.46008E-06	13	0.117	4.05067E-07
14	471.24	5.48422E-05	14	0.032	1.73992E-06
15	471.24	3.49564E-05	15	0.032	1.10902E-06
<i>Totals</i>	<i>14853.45</i>	<i>1.50767E-05</i>	<i>Totals</i>	<i>1.000</i>	<i>1.3833E-05</i>

**Table 6. Results of CRM for 80 m turbine tower height assuming a 95% avoidance rate.**

<b>Mortality Estimate</b>		
Flight risk volume (Vw)	930000	m <sup>3</sup>
Rotor radius	2162.25	m <sup>2</sup>
Combined rotor swept volume (Vr)	101894	m <sup>3</sup>
Vr * (d + l)	285302	m <sup>3</sup>
Bird occupancy (n)	0.06	hrs / yr
Bird occupancy of rotor swept vol (b)	66.91	bird-secs
Bird transit time (t)	0.22	secs
No. of transits through rotors	310.67	per year
Estimated no. of collisions	26.47	per year
After allowing for avoidance	1.32339	per year
<b>i.e. equivalent to one bird every</b>	<b>0.8</b>	<b>years</b>

**Table 7. Results of CRM for 80 m turbine tower height assuming a 98% avoidance rate.**

<b>Mortality Estimate</b>		
Flight risk volume (Vw)	930000	m <sup>3</sup>
Rotor radius	2162.25	m <sup>2</sup>
Combined rotor swept volume (Vr)	101894	m <sup>3</sup>
Vr * (d + l)	285302	m <sup>3</sup>
Bird occupancy (n)	0.06	hrs / yr
Bird occupancy of rotor swept vol (b)	66.91	bird-secs
Bird transit time (t)	0.22	secs
No. of transits through rotors	310.67	per year
Estimated no. of collisions	26.47	per year
After allowing for avoidance	0.52936	per year
<b>i.e. equivalent to one bird every</b>	<b>1.9</b>	<b>years</b>

**Table 8. Flight activity, observational effort and weighting used in CRM of 100 m turbines.**

Flight Activity Per Unit Time & Area			Weighted By Observation Effort		
Turbine	Observation effort (HaHr)	Flying time at 'risk height' (Hahr <sup>-1</sup> )	Turbine	Weighting	Adjusted time at 'risk height' (Hahr <sup>-1</sup> )
1	471.24	0	1	0.032	0
2	471.24	0	2	0.032	0
3	471.24	0	3	0.032	0

4	471.24	0	4	0.032	0
5	471.24	0	5	0.032	0
6	1738.87	8.16053E-06	6	0.117	9.55341E-07
7	1267.63	3.51889E-06	7	0.085	3.00312E-07
8	1267.63	4.05477E-06	8	0.085	3.46045E-07
9	1267.63	8.81551E-06	9	0.085	7.52339E-07
10	1267.63	2.50385E-06	10	0.085	2.13685E-07
11	1267.63	1.04543E-05	11	0.085	8.922E-07
12	1738.87	1.09701E-05	12	0.117	1.28425E-06
13	1738.87	3.46008E-06	13	0.117	4.05067E-07
14	471.24	2.78379E-05	14	0.032	8.83181E-07
15	471.24	3.4401E-05	15	0.032	1.0914E-06
<b>Totals</b>	<b>14853.45</b>	<b>7.61179E-06</b>	<b>Totals</b>	<b>1.000</b>	<b>7.12382E-06</b>

**Table 9. Results of CRM for 100 m turbine tower height assuming a 95% avoidance rate.**

<b>Mortality Estimate</b>		
Flight risk volume (Vw)	930000	m <sup>3</sup>
Rotor radius	2162.25	m <sup>2</sup>
Combined rotor swept volume (Vr)	101894	m <sup>3</sup>
Vr * (d + l)	285302	m <sup>3</sup>
Bird occupancy (n)	0.03	hrs / yr
Bird occupancy of rotor swept vol (b)	34.46	bird-secs
Bird transit time (t)	0.22	secs
No. of transits through rotors	159.99	per year
Estimated no. of collisions	13.01	per year
After allowing for avoidance	0.65057	per year
<b>i.e. equivalent to one bird every</b>	<b>1.5</b>	<b>years</b>

**Table 10. Results of CRM for 100 m turbine tower height assuming a 98% avoidance rate.**

<b>Mortality Estimate</b>		
Flight risk volume (Vw)	930000	m <sup>3</sup>
Rotor radius	2162.25	m <sup>2</sup>
Combined rotor swept volume (Vr)	101894	m <sup>3</sup>
Vr * (d + l)	285302	m <sup>3</sup>
Bird occupancy (n)	0.03	hrs / yr
Bird occupancy of rotor swept vol (b)	34.46	bird-secs
Bird transit time (t)	0.22	secs
No. of transits through rotors	159.99	per year
Estimated no. of collisions	13.01	per year
After allowing for avoidance	0.26023	per year
<b>i.e. equivalent to one bird every</b>	<b>3.8</b>	<b>years</b>

**Table 11. CRM prediction of number of years per WTE mortality at the windfarm for turbines with hubs at 80m and 100m and assumed avoidance of 95 and 98% avoidance.**

Hub Height (m)	Avoidance (%) This Study		Avoidance (%) Pettersson & Sevastik 2009	
	95	98	98	99
80	0.8	1.9	0.55	1.1
100	1.5	3.8	0.83	1.6

\*Note: Pettersson & Sevastik (2009) report predicted annual mortality (Table 12), Number of years per WTE mortality = 1/annual mortality.

**Table 12. CRM prediction of annual WTE mortality at the windfarm for turbines with hubs at 80m and 100m and assumed avoidance of 95 and 98% avoidance.**

Hub Height (m)	Avoidance (%) This Study		Avoidance (%) Pettersson & Sevastik 2009	
	95	98	98	99
80	1.32	0.53	1.8	0.9
100	0.65	0.26	1.2	0.6

**Table 13. Fate of carcasses at North and South plots at Forsmark in 2010.**

Tag no.	Species/part	Habitat	Plot	Days after positioning														Comments
				1	2	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	
1	Chicken (brown)	OS	S	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	PS	PS	
2	Chicken (white)	OS	S	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	
3	Chicken (brown)	B/R	S	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	M	-	-	Moved but un-eaten, Day 11
4	CG (intact)	B/R	S	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	
5	CG (back half)	B/R	S	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	M	-	-	-	
7	CG (whole, opened)	B/R	S	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	
8	GJ (intact)	OS	S	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	PS	PS	
9	GJ (front half)	B/R	S	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	PS	-	-	
Number remaining untouched				8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	5	3	3	
10	GJ (intact)	OW	N	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	M	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	Hen (dark, opened)	OW	N	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	PS	PS	PS	PS	M	-	-	-	
12	GJ (back half)	OW	N	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	M	-	-	-	-	-	-	-	Positioned in tree, fell out day 5
13	GJ (intact)	OW	N	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	PS	MC	MC	MC	M	-	-	-	-	Only one wing remaining Day 9 - 13
17	GJ (back half)	OW	N	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	PS	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	
18	GJ (intact)	OW	N	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	MC	M	-	-	-	-	-	-	
19	Chicken (white)	OW	N	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	M	-	-	-	-	-	-	-	Remains found Day 11 outside plot
21	CG (front half, one wing)	OW	N	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	P,I	PS	PS	MC	Positioned in tree, where remained
Number remaining untouched				8	8	8	8	8	5	1	1	1	1	1	0	0	0	
Total number remaining untouched (all)				16	16	16	16	16	13	9	9	9	9	8	5	3	3	

**Key: P – Present; I – (Intact no scavenging signs); M – missing (nothing left); PS – part scavenged; MC – mainly consumed; FO – feathers only remaining. Habitat: OS – Open scrub; B/R – Bare ground, rock, gravel or rubble; OW – Old growth woodland**

**Table 14. Placement and fate of three goose carcasses placed in reed-bed/waterside habitat.**

Carcass no.	Species/part	Location	Grid location	Day after placement				
				1	2	3	4	5
14	GJ (intact)	NW basin	1631043 6703620	M, FO	FO	FO	FO	FO
15	CG (intact)	SW basin	1631527 6702899	P, I	P, I	P, I	P, I	M
20	GJ (front half)	SW basin	1631483 6702900	P, I	P, I	P, I	P, I	M

**Key: P – Present; I – (Intact no scavenging signs); M – missing (nothing left); PS – part scavenged; MC – mainly consumed; FO – feathers only remaining.**

**Table 15. Status of carcasses during carcass removal trial period**

	Day after positioning													
	1	2	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
<b>All carcasses/parts</b>														
Present, Intact	16	16	16	16	16	13	9	9	9	9	8	5	3	3
Present, part scavenged	-	-	-	-	-	1	2	1	1	1	-	2	3	2
Scavenged, mostly consumed	-	-	-	-	-	-	2	1	1	-	-	-	-	1
Scavenged, feathers left only	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1
Completely missing	-	-	-	-	-	2	3	4	4	5	7	8	9	9
<b>Chicken</b>														
Present, Intact	5	5	5	5	5	4	3	3	3	3	3	2	1	1
Present, part scavenged	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	1	1
Scavenged, mostly consumed	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scavenged, feathers left only	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Completely missing	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	2	3	3	3
<b>Goose/parts</b>														
Present, Intact	11	11	11	11	11	9	6	6	6	6	5	3	2	2
Present, part scavenged	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	2	1
Scavenged, mostly consumed	-	-	-	-	-	-	2	1	1	-	-	-	-	1
Scavenged, feathers left only	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1
Completely missing	-	-	-	-	-	1	2	3	3	4	5	5	6	6