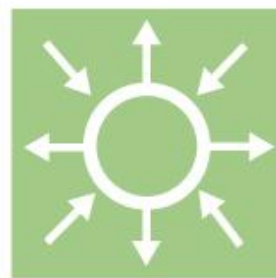
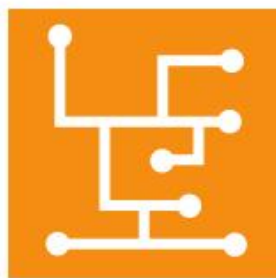




# Miljöeffekter av vindkraft

Underlag till VindForsks syntesrapport

Vindforsk teknikrapport 4:08



Sammanställt av Åsa Elmqvist

oktober 2008

# **Miljöeffekter av vindkraft**

Underlag till VindForsks syntesrapport

Vindforsk teknikrapport 4:08

## Förord

Vindforsk är ett samfinansierat program för grundläggande och tillämpad vindkraftsforskning. Programmet pågår tre år (2006-01-01 till 2008-12-31) med en total omslutning på cirka 45 MSEK.

Under programmets tredje år, och inför en planering av ett nytt program, har resultat och forskningsläget för ett antal teknikområden sammanställts i en syntesrapport som utges som Elforsk rapport 08:46

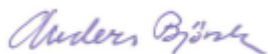
Den sammanställda syntesrapporten är baserad på ett underlag för teknik- och forskningsområdena

- Stor andel vindkraft ur ett marknads- och teknikperspektiv
- Planering och tillstånd
- Metrologi
- Ljud från vindkraftverk
- Miljöeffekter av vindkraft
- Vindkraftverk i kallt klimat
- Anslutning av vindkraftverk
- Kosntruktion av vindkraftanläggning
- Elsystem inom vindkraftstation
- Drift och underhåll av vindkraftanläggning

Vissa av underlagsrapporterna ges ut i Vindforks serie teknikrapporter.

Denna underlagsrapport som är framtagen av Åsa Elmquist från Arwen konsult och beskriver området miljöeffekter av vindkraft

Stockholm oktober 2008



Anders Björck

Vindforsk programsekretariat

## Sammanfattning

Vindkraftens miljöeffekter är nödvändiga att identifiera och beakta eftersom en viktig anledning till att bygga ut vindenergi som energikälla är önskan om att värna om miljön på lång sikt.

Studier av effekter på den lokala miljön görs dels i samband med vindkraftetableringar i form av t ex kontrollprogram och dels av konsekvensbedömningar inför en planerad byggnation. Som kompletterande underlag för planering och konsekvensbedömning bedrivs på många håll forskning och studier av högskolor och forskningsinstitutioner.

Utifrån denna kunskap vet vi en hel del om hur vindkraften påverkar sin närmiljö även om det finns detaljer kvar att utforska närmare för att få en helhetsbild.

Avseende havsförlagda vindkraftverk har man bland annat konstaterat att valet av fundamentkonstruktion i kombination med aktuell typ av bottenbeskaffenhet har betydelse för vilka växter och djur som kommer finnas i området under driftfasen. Generellt kan sägas att de hårda vertikala strukturernas ytor tenderar att medföra en lokal ökning av biomassa. Det har även visats att flyttande fåglar väjer i god tid och att få födosökande sjöfåglar förolyckas i de havsbaserade vindkraftparkerna. Det man istället bör beakta inför kommande etableringar är de samlade effekterna av exempelvis reducerade födosöksområden och konsekvenser av så kallade barriäreffekter när flera parker etableras nära varandra.

Även på land kan man konstatera att de vindkraftanläggningar som etablerats hittills medfört små eller inga negativa konsekvenser för sin omgivning. Exempel på arter som i vissa fall kräver särskild omsorg i planeringen är stora rovfåglar och vissa fladdermöss. För framtiden ser man behov av att studera effekter på de djur som lever i områden som är "nya" i vindkraftsammanhang. Det gäller exempelvis skogens fåglar och däggdjur samt fjällnära fauna. I sammanhanget bör man även se över konsekvenser av den infrastruktur och mänskliga aktivitet som följer med en ökad vindkraftutbyggnad.

För kommande forskningsprojekt finns också behov av att ta tvärvetenskapliga grepp om konsekvensbedömning där vindkraftens miljöfördelar vägs in på ett adekvat sätt. De identifierade effekterna bör även värderas med vetenskapliga metoder och sättas i vidare sammanhang i syfte att stärka miljöbedömningarna som underlag för beslut och planering.

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Miljöeffekter från vindkraft – en forskningsöverblick</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Resultat från Vindforskprogrammet</b>	<b>2</b>
2.1	Miljöeffekter för havsbaserad vindkraft – syntesrapport .....	2
2.1.1	Effekter av habitatförändringar .....	2
2.1.2	Effekter på fåglar och fladdermöss .....	2
2.1.3	Effekter från ljud och vibrationer .....	3
2.1.4	Effekter av sediment och sedimentation .....	3
2.1.5	Effekter från kablar och elektriska och magnetiska fält .....	3
2.1.6	Effekter på landskapsbilden .....	3
2.2	Resultat från Vindval .....	3
2.2.1	Människors upplevelser .....	4
2.2.2	Ljud i marina miljöer .....	4
2.2.3	Fisk .....	4
2.2.4	Fågel och fladdermus .....	4
2.2.5	Ekosystem .....	5
2.3	Inverkan av skuggor på människor .....	5
<b>3</b>	<b>Omvärldsanalys</b>	<b>6</b>
3.1	Fisk – Fiskeriverkets kunskapslägesrapport .....	6
3.2	Fågel – Ornitologföreningens kunskapslägesrapport .....	7
3.3	Kontrollprogram .....	7
3.4	Nya problemområden .....	8
3.5	Vindkraft i världen .....	8
3.5.1	Tyskland .....	8
3.5.2	Storbritannien .....	8
3.5.3	Danmark .....	8
3.5.4	European Wind Energy Technology Platform .....	10
<b>4</b>	<b>Framtida utveckling</b>	<b>13</b>
4.1	Fåglar .....	13
4.2	Etablering i fjällmiljö .....	13
4.3	Etablering i skog .....	13
4.4	Vägar och infrastruktur .....	14
4.5	Människan och vindkraftverken .....	14
4.6	Positiva miljöeffekter .....	14
4.7	Tvåvetenskapliga studier .....	14
4.8	Allmänt om mer forskning .....	15

# 1 Miljöeffekter från vindkraft – en forskningsöverblick

Miljöeffekter från vindkraft – en forskningsöverblick

Att vindkraften som energikälla är en av de renaste och klimatvänligaste är de flesta överens om. Det uppstår dock en problematik i att de miljövänliga effekterna generellt uppstår på en övergripande eller global nivå, medan eventuella negativa miljöeffekter påverkar individen på en lokal nivå.

Detta tenderar i sin tur att leda till en effekt som brukar beskrivas som "gärna vindkraft, men inte just här"! För att kunna nå en rättvis avvägning mellan stort och smått, globalt och lokalt, betydelsefullt och oviktigt, samt att komma tillrätta med de myter som florerar kring vindkraft, krävs en ingående forskning kring vindkraftens miljöpåverkan. I förlängningen kan kunskaperna användas för att möjliggöra att etablering av vindkraft sker på ett sätt som ger en sådan liten miljöpåverkan som möjligt.

Nedan följer en sammanställning över den forskning som utförts inom området, samt vad denna kommit fram till, såväl inom Sverige som internationellt. Det ges även en inblick i de nya problemområden som uppstår i takt med att vindkraften utvecklas, och de nya forskningsområden som väntas följa av detta.

## 2 Resultat från Vindforskprogrammet

### 2.1 Miljöeffekter för havsbaserad vindkraft – syntesrapport

Inom ramen för det tidigare vindkraftsprogrammet hos Elforsk gavs år 2005 syntesrapporten *ER 05:09 Miljöeffekter för havsbaserad vindkraft* ut. Målet med rapporten var "att sammanställa och analysera befintlig kunskap om miljöfrågor kopplade till havsbaserad vindkraft". Ett stort antal såväl svenska som utländska rapporter ligger till grund för syntesen.

Rapporten ger en överblick av de miljöeffekter som havsbaserad vindkraft kan ge upphov till, och innehåller även en genomgång av de projekt och utredningar som var aktuella då rapporten skrevs. Även en beskrivning av tre stora vindkraftsanläggningar (nämligen Fladen, Utgrunden II och Lillgrund) har gjorts, inklusive en bild av prövningen av anläggningarna genom bland annat de yttranden som inkommit från såväl remissinstanser som miljödomstolen. Avslutningsvis görs en genomgång av bakgrunden till de konflikter som kan uppstå i samband med etablering av vindkraft.

De frågeställningar som tas upp i syntesrapporten listas nedan:

#### 2.1.1 Effekter av habitatförändringar

När det gäller havsbaserad vindkraft utgör fundamenten så kallade substrat för fastsittande organismer såsom alger och många ryggradslösa djur. Dessa kolonieras snabbt och egna små samhällen av marint liv, inklusive fiskar, skapas. Djuren lockas av den ökade tillgången på så föda såsom bytesdjur, samt av det skydd som de artificiella reven utgör. Det går dock inte att avgöra huruvida effekten visar att fundamenten leder till en ökad population av de berörda arterna, eller endast ökar koncentrationen av desamma till ett ställe.

#### 2.1.2 Effekter på fåglar och fladdermöss

De studier som genomförts kring den havsbaserade vindkraftens inverkan på fåglar tyder på att fåglarna i hög grad undviker vindkraftverken, även vad gäller sträckande fåglar. Kollisioner är ovanliga, och den dödlighet som ändå existerar har inte påverkat populationerna signifikant.

Vad gäller fladdermöss var företeelsen med kollisioner relativt nyuppmärksammas då rapporten skrevs. En teori om att fladdermössen attraheras av insekter som samlas vid verken anses hållbar (se mer under Vindvals forskning om fladdermöss, nedan). Effekten väntas vara platsberoende, utifrån huruvida området är insektstätt eller ligger i ett flyttstråk för fladdermössen.

### 2.1.3 Effekter från ljud och vibrationer

Fiskar och marina däggdjur är de som främst påverkas av undervattensljud. Enligt rapporten är forskningsresultaten på detta område begränsade och en viss reservation uppmanas till. Av de rapporter som publicerats kan slutsatsen dras att fisken kan höra ljuden från vindkraftverken men att de troligtvis inte påverkas i någon större utsträckning. Danska studier har visat att tumlare och säl inte störs av vindparker till havs (se även Vindkraft i världen – Danmark nedan).

### 2.1.4 Effekter av sediment och sedimentation

I anläggningsfasen kan uppgrumling av sediment medföra tillfälliga störningar på vattenorganismer, exempelvis genom övertäckning av vegetation och försämrade ljusinstrålning. Detta sker dock under en begränsad tid och är av övergående karaktär.

### 2.1.5 Effekter från kablar och elektriska och magnetiska fält

De undersökningar som pågick då rapporten skrevs var kopplade till likströmskablar (HVDC-kablar), runt vilka ett statiskt magnetfält induceras. Telemetriförsök pekar på att felorientering hos ål kan uppstå genom störningar av det jordmagnetiska fältet, men att det rör sig om något hundratal meter i kursförändring. Vid Baltic Cable har undersökningar visat att den storskaliga vandringen över kabeln inte påverkas.

I kontrollprogrammet för SwePol Link har även magnetpåverkan på lax och öring studerats. Inga belägg gavs för att det påslagna magnetfältet skulle ändra fiskens simbeteende.

Sedan många år tillbaka finns ett mycket stort antal sjöförlagda växelströmskablar, bland annat i skärgårdarna. Ingen märkbar påverkan på fiskbestånd har noterats utifrån detta. Växelströmskablar ger inte upphov till några statiska magnetfält, och borde därmed inte förväntas ge upphov till någon nämnvärd påverkan från just magnetfält.

### 2.1.6 Effekter på landskapsbilden

Vindkraftslokaliseringens effekter på landskapsbilden har i huvudsak studerats vad gäller landbaserad vindkraft, men studierna visar att om vindkraftverket upplevs ha en god design så blir den visuella störningen mindre. Att försöka få avståndet mellan en vindkraftsanläggning och "känsliga karaktärsdrag" i landskapet är en åtgärd som identifierats för att minska anläggningens visuella påverkan på omgivningen.

## 2.2 Resultat från Vindval

Forskningsprogrammet Vindval handhas av Naturvårdsverket med finansiering från Energimyndigheten och har som syfte att samla in, bygga upp och sprida kunskap om vindkraftens miljöeffekter.

Målet är att underlätta en ökad utbyggnad av vindkraften genom att ta fram underlag för miljökonsekvensbeskrivningar och tillståndsprocesser. Forskningen bedrivs inom vindkraftens påverkan på den marina miljön, växter, djur och människor, samt om människors upplevelser av vindkraft.

Inom forskningsprogrammet finns en mängd projekt, såväl pågående som avslutade. De sammanfattas nedan.

### 2.2.1 Människors upplevelser

Miljömedicinsk forskning inom Vindval visar att få **människor** blir störda av **ljudet** från vindkraftverk. En av de faktorer som påverkar i vilken grad man upplever sig störd är i vilken typ av boendemiljö man lever. Tätortsbefolkning tenderar att vara mindre störd än invånare i glesbygd.

Två forskningsprojekt pågår om **människors attityder och acceptans** av vindkraftsetableringar: ett kring hur metoder och strategier för planering och kommunikation kring vindkraftetablering påverkar lokalbefolkningens inställning, samt ett där olika aktörers strategier för att överbrygga motsättningar och nå en bättre förankring hos lokalbefolkningen identifieras. Forskningsläget inom planeringsfrågor beskrivs närmare i kapitlet med just den titeln.

### 2.2.2 Ljud i marina miljöer

Inom projektet *Ljudeffekter av vindkraft på rovfisk*, projektledare Ulf Båmstedt vid Umeå universitet, har det framkommit att varken **abborre**, **mört** eller **öring** (arterna har valts med anledning av att de representerar olika typer av system för ljuduppfattning hos fiskar) verkar vara särskilt känsliga för de ljud som vindkraftverken producerar. Att inte heller **limfjordmusslan** tycks påverkas av ljuden från vindkraftverk visas i studien *Vindkraftens effekter av ljud- och ljus på mjukbottenfaunan*, projektledare Åke Granmo.

### 2.2.3 Fisk

Med utgångspunkt i tidigare resultat om likströmskablers påverkan på fiskars vandringsbeteende (se ovan) har en studie genomförts kring växelströmskablar Kalmarsund genomförts. Studien visar att södergående **ål** passerade kabelområdet med en signifikant lägre hastighet. Detta ses inte som någon stor effekt, och snarare förbryllande än oroande.

Under 2008 startar även en delstudie om bottennära fisk, främst torsk och plattfiskar, utifrån ovan nämnda frågeställning.

Ytterligare en pågående delstudie rör kartläggning av fiskbeståndet i Kattegatt med hjälp av GIS-modellering.

### 2.2.4 Fågel och fladdermus

Studier inom Vindval bekräftar att risken för flyttande små- och sjöfåglar att kollidera med havsbaserade vindkraftverk är mycket liten. Flockarna väger i regel på långt avstånd från vindkraftverken.

Studier av hur **fåglar** synmässigt uppfattar vindkraftverk till havs (*Havsbaserad vindenergi ur ett fågelperspektiv: kraftverkens synlighet för fågelögat*, projektledare Anders Ödeen och Olle Håstad) visar att dagens färgsättning verkar vara väl anpassad för såväl människor som fåglar.

Projektet *Vindparkers påverkan på fåglar i fjällområden*, med Charlotte Boesen som projektledare, bedrivs inom Vindval för att se hur fåglar i fjällmiljö påverkas av vindkraft. **Dalripa, kungsörn** och **jaktfalk** anses som särskilt viktiga att undersöka.

Vad gäller **fladdermöss** har dessa visat sig söka sig till verken framför allt vid lugnt och vackert väder, då insekter samlas kring vindkraftverken, och utsätter då fladdermössen för en kollisionsrisk. Denna kan minskas genom att låta rotorbladen stå stilla när risken är som störst, uppskattningsvis vid vindstyrkor på mindre än 4 m/s, under den mest fladdermusaktiva årstiden. Eftersom elproduktionen i dessa fall torde vara obetydlig bör detta inte leda till några nämnvärda ekonomiska förluster. Även ett användande och en utökning av kännedomen om fladdermössens flyttstråk kan användas för att undvika kollisioner. (*Fladdermöss och havsbaserade vindkraftverk studerade i södra Skandinavien*, Ingemar Ahlén.)

## 2.2.5 Ekosystem

Etablering av havsbaserade vindkraftsparker medför ofta en introduktion av en ny habitattyp, med hårbotten och vertikala ytor, i området, vilket i sin tur kan innebära att balansen av där levande organismer kan påverkas.

I syfte att utgöra underlag för framtida studier vid etablerad vindkraft genomfördes år 2005 en förstudie, *Hur vindkraft påverkar livet på botten – en studie före etablering*, med Torleif Malm som projektledare.

Torleif Malm leder även ett pågående projekt om *Ekologiska förhållanden i marina vindkraftparker*, vilket väntas vara klart år 2009.

En studie för att kunna välja så bra och välanpassade fundament som möjligt för havsbaserad vindkraft resulterade i rapporten *Miljömässig optimering av fundament för havsbaserad vindkraft*, med Rutger Rosenberg som projektledare.

## 2.3 Inverkan av skuggor på människor

Jämte ljud är skuggor från vindkraftverk de enskilda faktorer som i praktiken avgör hur nära bostäder man kan bygga vindkraftverk. I Sverige har det blivit praxis att med stöd av en tysk opublicerad undersökning tillåta maximalt åtta timmar verklig skuggtid per år, dvs en promille av kalendertiden. En svensk publicerad studie visar emellertid att graden av störning inte påverkas av skuggtiden. I övrigt saknas forskningsresultat om hur skuggor från vindkraftverk inverkar på människor.

## 3 Omvärldsanalys

Nedan ges en överblick över den forskning som bedrivits utanför Vindforskprogrammets regi, samt en inblick i potentiella nya problemområden.

### 3.1 Fisk – Fiskeriverkets kunskapslägesrapport

I takt med att intresset för vindkraftsetablering till havs ökar blir fokus på problemställningar relaterade till detta större.

**Fiskeriverket** är en av intressenterna i frågan, och sammanställde år 2007 en *Revidering av kunskapsläget för vindkraftens effekter på fisket och fiskbestånden*. Rapporten sammanställer ett större antal såväl svenska som utländska forskningsresultat, vilka sammanfattas nedan:

Sammanställningen av befintlig kunskap visar att antaganden om effekter på fisk av havsbaserade vindparker i drift främst kommer från annan marin verksamhet och indirekta bedömningar. De främsta riskmomenten för fisk bedöms dock kunna reduceras betydligt genom tekniska och utförandemässiga anpassningar.

Vad gäller vindkraftsanläggningens olika livsstadier medför anläggningsfasen en generell risk för skada på framför allt unga livsstadier. Effekterna kan dock minimeras genom att undvika etablering i särskilt känsliga områden eller under särskilt känsliga tider på året. Under driftsskedet anses risken för störningar vara låg, men man framhåller även att kunskapsläget på detta område behöver stärkas.

Fiskerinäringen som sådan påverkas naturligtvis då fisken påverkas, men även direkta konsekvenser kan uppstå i form av begränsningar av fiske i den aktuella parken. I stora parker kan fiskerestriktioner på längre sikt leda till en positiv utveckling av bestånden, förutsatt att fisken håller sig inom området och inte samtidigt störs negativt av parken. Exempelvis kan enskilda fiskarter reagera genom att ansamlas, antingen inom eller utanför parken, vilket i sin tur kan leda till ökad fångstbarhet.

Det nämns också att även förändringar av ekosystemet kan leda till påverkan på fiskbestånden, men att man genom att följa upp ekologiska skeenden inom parken kan identifiera relevanta åtgärder för att minimera en eventuell negativ påverkan. Det framhålls även att den förväntade påverkan i hög grad är beroende av de lokala ekologiska förhållandena. Generellt har grundare bottnar ett högre ekologiskt värde vad gäller produktivitet, vilket medför en större kvantitativ risk. Man identifierar den största risken i grunda ostörda utsjöområden.

### 3.2 Fågel – Ornitologföreningens kunskapslägesrapport

För såväl havsbaserad som landbaserad vindkraft är en intressepunkt hur fåglarna påverkas. Därför har Fredrik Widemo, på uppdrag av Sveriges ornitologiska förening (SOF), år 2007 skrivit rapporten *Vindkraftens inverkan på fågelpopulationer – kunskap, kunskapsbehov och förslag till åtgärder*.

I rapporten konstateras att "fåglar är troligen den organismgrupp som tilldragit sig mest intresse när det gäller konflikter med vindkraften". De potentiella riskerna delas in i störning och barriäreffekter, dödlighet genom kollisioner, samt habitatförstöring. Merparten av de studier som publicerats fokuserar på kollisionsrisker och visar på en låg eller mycket låg risk per verk.

Kollisionsrisken kommer vara ett större problem för långlivade arter som blir köns mogna sent och för stationära individer som regelbundet befinner sig i området. Det visar sig att något som har stor betydelse för kollisionsrisken är valet av plats för vindkraftsparken. Är parken eller verket olämpligt placerat kan det tveklöst påverka fåglar negativt på en populationsnivå genom kollisionsrisken. Som en förlängning av detta bör enligt SOF ingen etablering av vindkraft ske på platser med någon form av områdesskydd, i områden där hotade arter förekommer, eller i områden med ovanligt stor fågeltäthet.

Enligt rapporten varierar den effekt en vindkraftspark har på fågelpopulationer också beroende på de tekniska specifikationerna, områdets topografi, de enskilda verkens placering, och vilka fågelarter som förekommer i området.

Sammanfattningsvis har alltså mycket av den forskning som utförts fokuserat på kollisionsriskerna, och enligt Widemo är det önskvärt med mer forskning på potentiella effekter vad gäller störning och habitatförstöring på fågelpopulationer. Det är vidare även nödvändigt med ytterligare forskning för att undersöka vilka åtgärder som kan utföras för att minska vindkraftsverkens negativa effekt, till exempel genom annan rumslig fördelning av verken eller deras utseende.

### 3.3 Kontrollprogram

Under ansökningsprocessen för etablering av vindkraft är det vanligt att exploitören åläggs ett kontrollprogram, det vill säga ett område som skall studeras närmare när parken är byggd. Detta rör ofta de miljöeffekter som parken ger upphov till.

Exempel på pågående projekt inom ramen för kontrollprogram sammanfattas nedan:

I Krokoms i Jämtland pågår en studie om **arkeologi och naturvärde** under överinsyn av Erik Kolbäck. **Arkeologi och naturvärden** studeras även i Bergs kommun, under Carl Mustad, och i Härjedalens kommun, under Jan-Olof Dahlin.

I Kalmar län, kring Utgrunden II, pågår en studie kring påverkan på **knubbsäl**, under Tero Härkörens ledning.

Vid Gässlinge grund i Värmland arbetar Lennart Karlsson med en studie om **fågelsträck**.

I Västerbotten planeras studier om **rennäring** och **fåglar** vid såväl Gabrielsberget som Storliden, i Swevinds respektive Nordanvinds regi.

En studie vid namn *Vindkraftsverks inverkan på rastande gäss och tranors fältval vid Tåkern 2002-2004* genomfördes i Östergötland, och utifrån de resultat som framkom gjordes bedömningen att vindkraftverkens avskräckande effekt på rastande **tranor** och **gäss** är svag till måttlig, då fåglarna konstaterades rasta mycket nära vindkraftverk i drift vid flera tillfällen. Man menar att framtida etableringar kan påverka i och med att kumulativa effekter kan uppstå, men att andra faktorer som exempelvis förekomsten av begärliga grödor tros ha större inverkan på fåglarnas fältval.

### 3.4 Nya problemområden

De senaste åren har den allmänna tron varit att havsbaserad vindkraft skulle komma att stå för en större del av landets storskaliga utbyggnad av vindenergi. Inriktningen på de senaste årens forskning har speglat detta. Etablering till havs har dock inte utvecklats till den grad som hade förväntats, och blickarna vänds nu mot nya potentiella områden.

Bland dessa nya potentiella områden märks särskilt ett intresse för fjällbaserad och skogsbaserad vindkraft. Detta leder i sin tur till en ny uppsättning problemställningar som måste utredas innan utbyggnaden kan ta fart.

### 3.5 Vindkraft i världen

#### 3.5.1 Tyskland

I Tyskland, som satsar stort på vindkraft, pågår ett omfattande forskningsarbete kring havsbaserade anläggningar, som inkluderar ett 30-tal olika projekt och är knutet till forskningsplattformen FINO 1. De två nya anläggningarna FINO 2 och 3 tas i bruk under 2007. Undersökningarna omfattar förutom tekniska även miljörelaterade aspekter av vindkraftetablering.

#### 3.5.2 Storbritannien

Storbritannien avser bygga ett flertal stora havsbaserade anläggningar, bland annat "The London Array" med en kapacitet om 1000 MW. Man satsar även på forskning kring miljöeffekter kring havsbaserad vindkraft inom ett program som heter COWRIE, där områden som effekter på fåglar, elektromagnetiska fälts påverkan på marint liv, samt ljud och vibrationer från vindkraft tas upp.

#### 3.5.3 Danmark

Danmark är det land som har längst erfarenhet av havsbaserad vindkraft i stor skala, bland annat genom de större parkerna Nysted och Horns rev. Ett mycket omfattande forskningsprogram har bedrivits före, under och efter

byggandet av de båda parkerna, och den samlade forskningen sammanfattas i rapporten *Danish offshore wind – Key environmental issues*.

Forskningen har koordinerats av en grupp bestående av Danska Skogs- och Naturstyrelsen, Danska Energimyndigheten, Vattenfall, och Dong Energy. Studiens resultat har granskats av den Internationella Expertrådspanelen för Marin Ekologi (IAPEME), och gruppen har även varit i samråd den en "Grön grupp" bestående av representanter för bland annat Världsnaturfonden (WWF) och Danska Naturskyddsföreningen.

#### Bentisk fauna (bottenlevande)

Sammanlagt genomfördes sex studier av havsbottens infauna och vegetation vid de båda parkerna, före och efter etablering. Den största effekten visade sig komma från introduktionen av hårda bottenstrukturer på en havsbotten som nästan uteslutande bestod av sandiga sediment. Detta har ökat habitatheterogeniteten och har ändrat den bottenlevande faunan från ett typiskt infaunasamhälle (djur som lever under havsbotten) till ett typiskt hårbottensamhälle. Såväl artrikedomen som biomassa ökade vid turbinerna (jämför med resultat ovan). Endast försumbar eller icke-befintlig påverkan kunde iakttas vad gäller förändringarna på bottenlevande fauna, havsbottensediment eller etablerade påväxtområden.

#### Fisk

Utifrån utförda studier har det inte gått att statistiskt säkerställa det förväntade resultatet av att fisk skulle attraheras till de artificiella reven. Vid Horns rev skulle detta kunna härröras till att studierna gjorts under tidiga stadier av kolonisering av fundamenten. Denna process förväntas fortskrida med kommande år. Det kan även röra sig om att en ensidig musselkultur inte är attraktivt för fiskar.

Det har även utförts undersökningar av kabelpåverkan på fisk, och resultaten visar på någon effekt som varierar från undvikande till attraktion beroende på art. Observerade fenomen var dock inte signifikant korrelerade med det elektromagnetiska fältets uppfattade styrka.

Vid Horns rev är tobis en av de mest förekommande fiskgrupperna. Eftersom det finns ett starkt samband mellan förekomsten av tobis och sedimentens sammansättning undersöktes båda. Resultaten visar att det är osannolikt att vindparken har en negativ effekt på tobis, eller någon effekt alls på sedimentsammansättning.

#### Marina däggdjur – påverkan från pådrivning

När det gäller säl kunde ingen generell beteendeändring till havs eller på land kopplas till byggandet och drivandet av vindkraftsparkerna. Den enda effekten som upptäcktes var en minskning av antalet sälar på land under pådrivningen på Nysted. Endast en liten minskning vad gäller tumlare iaktogs vid Horns rev under byggnadsfasen, och inga effekter som härrör till driften av vindparken har kunnat ses. Vid Nysted kunde en klar minskning av förekomsten av tumlare iaktas under byggande och drift. Effekten har kvarstått under de två första driftsåren, med indikationer på en långsam återhämtning. Det är alltså svårt att generalisera kring effekterna även om det på båda platserna syntes tydliga reaktioner på pådrivningen.

## Fåglar

Liksom i ovan nämnd forskning omfattar påverkan på fåglar vid Horns rev och Nysted barriäreffekter, habitatförluster och kollisionsrisker. Det visar sig att de vanligast förekommande arterna visar ett undvikande beteende, även om reaktionerna var i hög grad artspecifika. Fåglar tenderade att undvika turbinernas närområde och förflyttade sig i hög grad längs med parkernas periferi. Dessa aningen förlängda flyttstråk har sannolikt inga konsekvenser för några arter.

I ett par fall har det visat sig att arter helt försvunnit från parkerna efter etablering. Man framhåller dock att denna eventuella habitatförlust skall sättas i proportion till de habitatområden som finns tillgängliga utanför vindparksområdena. För de flesta arter i studien är vindparkerna en relativt liten del av det totala möjliga habitatområdet och därför av mindre biologisk betydelse. Den kumulativa effekten av ett stort antal vindkraftsparker skulle dock kunna utgöra en risk för en mer signifikant effekt i framtiden.

## Socioekonomiska effekter

En studie från 2003/2004 visar att såväl den lokala som nationella befolkningen generellt ställde sig positiva till de båda vindkraftsparkerna. Det stod dock klart att attityderna varierade mellan såväl de båda områdena som mellan lokal och nationell nivå. Resultaten visade även att individens uppfattning varierade beroende på upplevelsen av visuell påverkan från vindparkerna.

## Generella slutsatser

Sammanfattningsvis visar de danska erfarenheterna att rätt placerade parker till havs kan byggas och drivas utan påtagliga negativa effekter på den marina miljön och känsliga arter. Forskningsresultaten från Danmark visar att anläggningarna vid Horns rev och Nysted haft en sammanlagt liten miljöpåverkan, och att det finns lokala effekter i form av så kallade reveffekter uppstår, där fundamenten fungerar som artificiella rev. Man framhåller dock att effekterna är mer komplexa och mindre generaliserbara än vad som tidigare trots när det gäller viss forskning. Även om vissa resultat har god generaliserbarhet kvarstår faktum att varje lokaliseringsplats har sina unika förutsättningar.

### 3.5.4 European Wind Energy Technology Platform

Miljöfrågorna behandlas av European Wind Energy Technology Platform under rubriken "Integrating wind into the natural environment". Exempel på föreslagna forskningsområden är:

- Inverkan generellt på miljön av elproduktion och elkonsumention, särskilt med avseende på vindkraft till havs och de globala fördelar denna har framför andra elproduktionsformer.
- Värdering av den miljömässiga inverkan av vindkraft på lokal till global nivå.
- En databank för vindkraftens miljöpåverkan etableras i syfte att minska behovet av nya studier.

- Information från kontrollprogram samlas, särskilt med avseende på fågelstudier.
- Vindkraftens inverkan på fåglar, fladdermöss samt livet i hav och sötvatten.
- Utveckling av teknik för att övervaka vindkraftens inverkan på fåglar, fladdermöss och vattenlevande organismer.
- Utveckling av teknik för att minska inverkan på radar, flyg och telekommunikationer och värdering av dessa med avseende på ekonomi och finansiering.
- Utveckling av metoder för placering och värdering av vindkraft i landskapet.



## 4 Framtida utveckling

Företrädare för bransch, myndigheter och intresseorganisationer framhåller i olika sammanhang behov av förändrad inriktning för kommande forskningsinsatser. Bland annat nämns följande områden som intressanta för vidare forskning inom vindkraftens miljöeffekter:

### 4.1 Fåglar

Som framhålls av bl a ornitologföreningen har mycket av den forskning som utförts hittills fokuserat på kollisionsriskerna, och man ser framöver behov av mer kunskap vad gäller störning och eventuell förlust av habitat för fågelpopulationer. Det finns även förslag om ytterligare forskning för att undersöka vilka åtgärder som kan utföras för att minska vindkraftsverkens negativa effekt, till exempel genom annan rumslig fördelning av verken eller verkens utseende. Bland arterna kan sägas att framtidens forskningsfokus sannolikt kommer vara stora rovfåglar, då exempelvis småfåglar, flyttfåglar och sjöfåglar är relativt väl studerade. En kvarstående fråga som Vindval söker besvara är huruvida sjöfåglar får tillbaka sina ordinarie födosöksmönster i vindkraftområdena, och i så fall hur lång tid detta tar.

### 4.2 Etablering i fjällmiljö

Med ett ökat fokus på etablering i fjällmiljö krävs ökade kunskaper om hur vindkraften påverkar djurlivet i fjällen. Exempel som har nämnts är rovdjur som björn och järv. Fjällmiljön medför även nya förutsättningar för bedömning av effekterna från de markgrepp som krävs i samband med vindkraftetablering. Hur exempelvis vägdragningar och fundamentering ska utföras för att ge minimal påverkan på fjällens ekosystem är frågor som bedöms behöva svar inom de kommande åren.

Fjällmiljö öppnar även för behov av ökade kunskaper om hur vindkraften och rennäringen fungerar tillsammans och hur de kan finna nya former att samverka. Forskningsbehov inom effekter på näringsverksamheter beskrivs närmare i kapitlet om planering av vindkraftanläggningar .

### 4.3 Etablering i skog

Intresset för etablering av vindkraftanläggningar i skogsmiljö har vuxit starkt på senare tid. Studier av vindkraftens effekter på skogens djur har kan

därmed komma att bli aktuella. I sammanhanget har nämnts skogshöns samt jaktbyten som älg och rådjur. Dessa djurs beteenden är dock relativt väl kända, och det bedöms räcka med begränsade studier för att dra slutsatser om hur de kan förväntas reagera i samband med vindkraftetablering.

#### 4.4 Vägar och infrastruktur

Frågor som också planeras få ökat fokus i det kommande Vindvalprogrammet är effekter av vägar och kabeldragning. Dels medför etableringen en egen påverkan, men även de kringaktiviteter som de medför kan ha möjliga effekter på miljön. Exempel är ökad mänsklig aktivitet till följd av både tillsyn av vindkraftverken och den ökade tillgänglighet som följer av att nya vägar anläggs.

#### 4.5 Människan och vindkraftverken

Frågan om hur människan upplever vindkraftverk kommer vara fortsatt viktig att hantera. Möjligen kan en omsvängning mot just upplevelse (av exempelvis olika typer av hinderbelysning) vara mer intressant än fördjupade attitydundersökningar.

Det bör även klargöras vad effekten avseende ljudbilden blir när man bygger ett stort antal aggregat över ett större område. Det finns en osäkerhet om huruvida dagens beräkningsprogram korrekt återger denna situation.

Nuvarande praxis beträffande tillåten skuggtid vid bostäder mm baseras på en närmast obefintlig vetenskaplig grund. Forskning på området anses därför vara starkt befogad.

#### 4.6 Positiva miljöeffekter

Enligt föregående resonemang uppfattas det ibland som att de möjligheter vindkraften för med sig inte får en rättvis beskrivning. Det kan därför vara nödvändigt att göra jämförelser med alternativa sätt att producera el för att nå en god bild av alla effekter som ska vägas samman.

Det faktum att miljöeffekter per automatik ses som negativa kan också ifrågasättas. I vissa sammanhang kan en vindkraftetablering vara av godo även på lokal nivå i och med att den ger skydd eller nya habitat åt exempelvis hotade arter av djur eller växter. Även dessa effekter bör belysas i ett objektivt beslutsunderlag.

#### 4.7 Tvärvetenskapliga studier

En stor utmaning ligger i att avgöra hur den kunskap som kommer fram ur traditionella studier av miljöeffekter ska appliceras för att komma till så god användning som möjligt. Exempelvis kan en studie som ger information om hur stor andel av en population som riskerar att påverkas på ett visst sätt

resa fler frågor än den besvarar. Frågor som handläggare och beslutsfattare behöver ha svar på är t ex Vad betyder detta? –Är det mycket eller lite i sammanhanget? Är just denna påverkan allvarlig för populationens överlevnad? Vad är alternativen, dvs vad händer om den föreslagna anläggningen inte byggs. Den typen av frågor besvaras oftast inte fullt ut i enskilda forskningsavhandlingar.

Det finns kunskap inom andra vetenskapsområden som sannolikt vore meningsfulla att applicera på vindkraftens miljöeffekter. Den största fördelen skulle vara att befintlig kunskap omsätts i praktiken genom att sättas i etablerade system för analys och värdering. På så vis kunde kunskapen lättare göras användbar som underlag för planering, samråds- och tillståndsprocesser.

Exempel på områden som kan vara intressanta att göra fördjupade sådana kopplingar till kan vara: Riskvärdering, Miljöetik, samt systemoptimering och systemekologi.

#### 4.8 Allmänt om mer forskning

Något som framkommer i diskussioner med företrädare från både bransch och myndigheter är en känsla av att det redan forskats mer på området miljöeffekter av vindkraft än vad som finns fog för att göra, och att merparten av alla studier visar att det rör sig om mindre problem och begränsade effekter. Därmed anser många att man borde kunna "sätta ned foten" och förklara ett antal områden som färdigforskade tills vidare. Inom Vindval planerar man att i en eventuell förlängning hantera detta genom att samla befintlig kunskap och låta s.k. syntespaneler värdera och dra slutsatser så långt det går "utifrån det vi vet idag".

Vissa upplever även att så fort en fråga är löst så väcks flera nya och så snart ett område hamnar i medieropet finns risk för oproportionerlig tyngd åt enskilda intressen. Det skulle i det sammanhanget vara önskvärt med en på förhand framtagen helhetsbild av vilka frågeställningar som är viktiga och vilka som kan antas vara mindre betydelsefulla i sammanhanget.

Till sist menar några även att processerna för tillstånd enligt miljöbalken medför en inbyggd obalans mellan för- och nackdelar med en etablering. Som exempel nämns att det både i samrådsförfarandet och i miljökonsekvensbeskrivning blir en stark slagsida åt att beskriva potentiella negativa effekter medan det är svårt att ge de miljöfördelar vindkraften för med sig ett rättvist utrymme.

Mot bakgrund av ovanstående menar man att inriktningen bör röra sig mot att finna former att beskriva vindkraftens möjligheter att bidra till exempelvis koldioxidfrågan, snarare än att initiera mer forskning och avskilda områden.