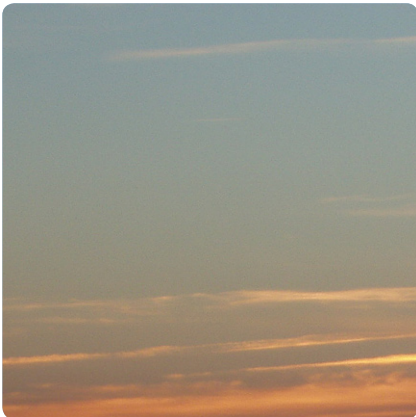


# Effekter på fisk av marina vindkraftsparker

RAPPORT 5580 • JUNI 2006



# Effekter på fisk av marina vindkraftsparker

**Beställningar**

Ordertel: 08-505 933 40

Orderfax: 08-505 933 99

E-post: [natur@cm.se](mailto:natur@cm.se)

Postadress: CM-Gruppen, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: [www.naturvardsverket.se/bokhandeln](http://www.naturvardsverket.se/bokhandeln)

**Naturvårdsverket**

Tel: 08-698 10 00, fax: 08-20 29 25

E-post: [natur@naturvardsverket.se](mailto:natur@naturvardsverket.se)

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)

ISBN 91-620-5580-1.pdf

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2006

Elektronisk publikation

Omslagsbild: Thomas Axenrot

# Förord

Behovet av kunskap om vindkraftverkens påverkan på den marina miljön, på växter och djur och på människor och landskap är stort. I tidigare studier av vindkraftanläggningars miljöpåverkan har det saknats en helhetsbild av effekterna och av människors upplevelser vilket har orsakat problem i miljökonsekvensbeskrivningar och vid tillståndsprövning.

Syftet med kunskapsprogrammet Vindval är ett ökat vindbruk genom att underlätta en ökad vindkraftutbyggnad, att få bättre underlag för miljökonsekvensbeskrivningar och tillståndprocesser samt att minska osäkerheten vid bedömning av vindkraftens påverkan på miljön.

Vindval ska även ge underlag för säkrare bedömningar av hur vindkraft påverkar landskapet, störningar för kringboende och människors upplevelser av vindkraft. Tanken är också att bygga upp kunskap om miljöeffekter av vindkraft vid svenska universitet, högskolor, institut och företag samt i kommuner och andra myndigheter.

Vindval drivs av Naturvårdsverket på uppdrag av Energimyndigheten som också finansierar programmet. I programkommittén, som diskuterar prioriteringar och bereder underlag för beslut, ingår representanter från Energimyndigheten, Naturvårdsverket, Fiskeriverket, Boverket, Riksantikvarieämbetet, länsstyrelserna och vindkraftbranschen.

Den här rapporten har skrivits av Sture Hansson på Stockholms Universitet. Skribenten svarar för innehåll, slutsatser och eventuella rekommendationer.

Vindval i juni 2006



# Innehåll

<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>6</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>7</b>
<b>INLEDNING</b>	<b>8</b>
<b>MATERIAL OCH METODER</b>	<b>9</b>
<b>RESULTAT</b>	<b>11</b>
Ekolodning	11
Trålning	13
Fysisk omgivning	14
<b>DISKUSSION</b>	<b>15</b>
<b>REFERENSER</b>	<b>16</b>

# Sammanfattning

Inför byggnation av en marint baserad vindkraftspark vid Utgrunden 2 i Kalmar Sund genomfördes en förstudie i syfte att kartlägga mängden fisk och fördelningen av denna i området och i jämförelse med närliggande områden. Resultaten visade att mängden fisk ökade avsevärt på hösten efter en kraftig förändring av vattnets temperaturstratifieringen. Art- och storlekssammansättning förändrades också med större andel sill och större fisk på hösten. Inga individer av sill visade tecken på lekmognad (höstlek) och endast enstaka årsyngel av sill (vårlek) fångades vid trålning. Området är utsatt för vind och strömmar som kan föra bort larver och yngel varför slutsatser om eventuell vårlek av sill på Utgrunden kan dras först efter ytterligare undersökningar. Fördelningen av fisk i delområdena tyder på påverkan av djup- och temperaturförhållanden. För att bedöma eventuell inverkan av de befintliga vindkraftverken (Utgrunden 1) i detta avseende krävs större dataunderlag.

Förstudien gav värdefulla erfarenheter för de fortsatta undersökningarna 2006-2009 (Vindval). Varje undersökningstillfälle (inkluderande tre delområden) bör planeras så att det genomförs med enhetlig fysisk omgivning med avseende på vattentemperatur och stratifiering. Provtagningar som ger underlag att beskriva vattenförhållanden är viktiga för att förstå vad som händer i det pelagiala fisksamhället. Höstperiodens väderförhållanden kan komma att medföra problem när det gäller att tidsmässigt hålla samman undersökningarna i de olika delområdena.

## Summary

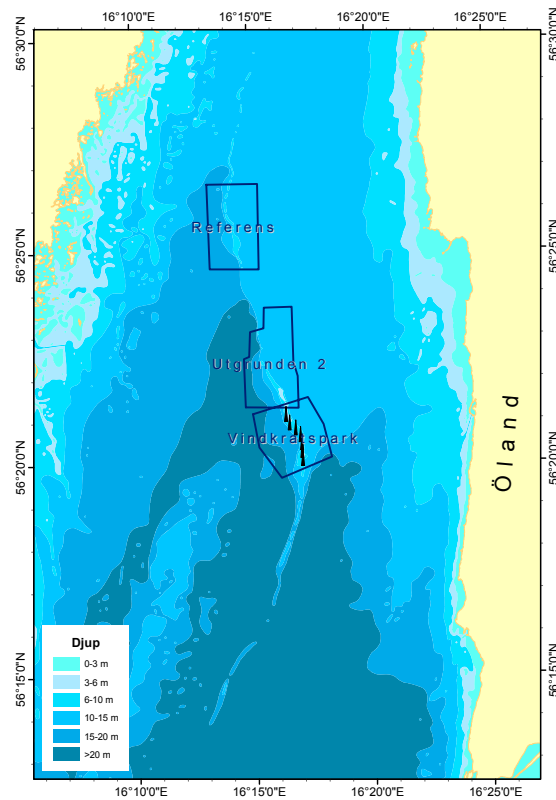
At the prospect of a new marine wind mill park at Utgrunden 2 in Kalmar Sund a pilot study was performed aiming at investigating fish abundance and distribution in the area also to be compared with nearby areas. The results showed that fish abundance increased considerably after a major change of the temperature stratification in autumn. Species and size composition also changed with proportionally more herring and larger fish in the autumn. No herring individuals showed sign of spawning maturation (autumn-spawning) and only a few young-of-the-year juveniles (spring-spawning) were recorded in the trawl catches. The area is exposed to wind and currents, which may transport larval and juvenile herring away from the area, and consequently conclusions about herring spawning in spring at Utgrunden cannot be drawn without further investigations. The distributions of fish imply influence by bottom depth and hydrographic conditions. To evaluate any possible influence by the existing wind mills (Utgrunden 1) in this respect more data is needed.

The pilot study at Utgrunden in Kalmar Sund has provided valuable experiences for the future surveys 2006-2009 (Vindval). Each survey (including three areas) should be planned so that it can be performed within a period of homogeneous physical environment (water temperature and stratification). Sampling to describe hydrographic conditions is important to understand what happens in the pelagic fish community. Autumn weather conditions may cause problems in performing surveys within a short time period.



# Inledning

Denna rapport redovisar resultat från förstudier av den pelagiala fiskfaunan vid Utgrunden 2 samt två referensområden i augusti och september/oktober 2005. Undersökningarna genomfördes med ekolodning och trålning i enlighet med projektbeskrivningen. Avsikten med undersökningarna var att inför byggnation av marint baserade vindkraftverk vid Utgrunden 2 kartlägga mängden fisk, hur denna fördelar sig inom området, samt dokumentera art- och storlekssammansättning. Resultaten från Utgrunden 2 jämförs med ett närliggande område med vindkraftverk (Vindkraftspark) och ett mer avlägset område (Referens) där eventuell påverkan av marina vindkraftverk kan uteslutas (Figur 1).



Figur 1. Översiktskarta med områdena som ingår i undersökningen

## Material och metoder

För att undersöka mängd och fördelning av pelagisk fisk användes ekolodning längs parallella transekter (Tabell 1, Figur 2 och 3). Art- och storlekssammansättning bestämdes genom pelagisk trålning. I samband med undersökningarna togs även djupprofiler av temperatur och salthalt (STD-sond, Sensordata AS, Bergen, Norway), samt dokumenterades skattade värden för vind-, våg- och ljusförhållanden.

**Tabell 1. Ekolodning i Kalmar Sund 2005. Täckningsgrad beräknad enligt Aglen (1994).**

Område	Start		Tid (minuter)	Sträcka (km)	Yta (km <sup>2</sup> )	Täckningsgrad
	Datum	Klockslag				
Utgrunden 2	20050817	22:30	138	18	7.1	6.7
Vindkraftspark	20050818	01:11	111	15	6.6	5.8
Referens	20050815	22:05	131	17	7.1	6.4
Utgrunden 2	20051004	03:02	132	18	7.1	6.7
Vindkraftspark	20050927	00:34	103	15	6.6	5.8
Referens	20051003	21:25	122	17	7.1	6.4

För ekolodningen användes ett 120 kHz ekolod (Simrad EY60 med svängare 120-7G i augusti och 120-7C i september/oktober). Ekolod och svängare var kalibrerade enligt rekommendation av tillverkaren och standards framtagna av Havsforskningsrådet (ICES; Simrad 2003, Anon. 1987). Pulslängden sattes till 0.256 ms, bandvidden till 8.71 kHz och strömstyrkan till 100 W (augusti) respektive 200 W (september/oktober). Ekolodning gjordes från en 13 m fiskebåt med svängaren fäst på en s k ”tow body” 1.5 m ut på babords sida på 1 m djup. Data bearbetades och analyserades med Sonar5-Pro (version 5.9.6; Balk & Lindem 2004). Tröskelvärden för total ekointegrering och ekostyrka hos enskilda fiskar sattes till -70 respektive -60 dB. För statistisk värdering av resultaten avseende mängd fisk användes geostatistik (Clark 1987, Petitgas & Lafont 1997, Rivoirard et al. 2000).

De hydroakustiska resultaten ges som Sv (ekointegrat per m<sup>3</sup>; MacLennan et al. 2002) och storlekssammansättning. Dessa data utgör underlag för beräkning av antal fiskar och vikt per km<sup>2</sup>. Vid beräkning av vikt användes förhållandena ekostyrka-fisklängd (Didrikas & Hansson 2004) och fisklängd-vikt baserat på trålfångsterna. Därutöver redovisas den geografiska fördelningen av fisken (täthet och medelstorlek) i varje delområde och undersökningstillfälle.

Pelagisk partrålning genomfördes i direkt anslutning till ekolodningen. Av ekonomiska skäl begränsades trålningen till ett tråldrag per undersökningstillfälle varvid lämpligt djup bestämdes med stöd av fördelning av fisk som iaktogs vid den föregående ekolodningen. Detta kan ha påverkat fångstresultaten och därigenom art- och storlekssammansättning. Tråldjupet kontrollerades med djupmätare

fäst på trålen (Suunto Dive Manager 2; Tabell 1). Tid för respektive tråldrag framgår av Tabell 1. Under trålning framfördes båten i tre knop. Trålens öppningsstorlek var 18.2 m (omkrets). Maskstorlek i trålens ”codend” var 6 mm i avsikt att även fånga små fiskar och fiskyngel.

# Resultat

## Ekolodning

### Augusti

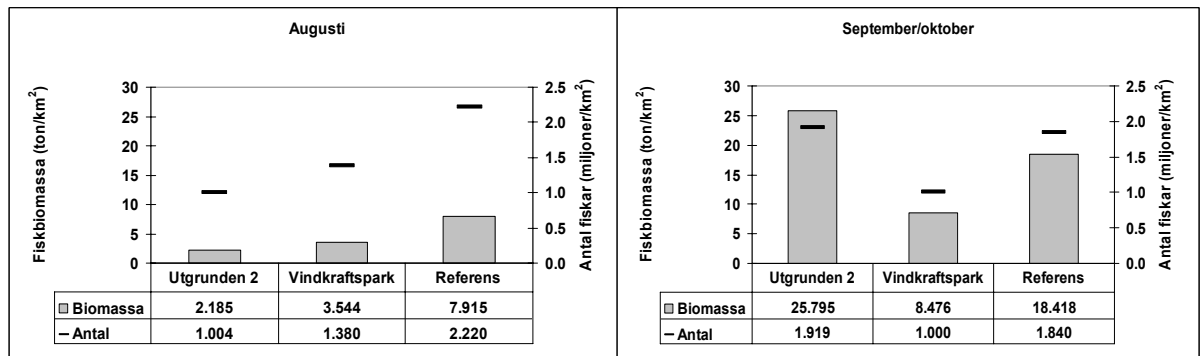
Mängden fisk var tämligen lika vid Utgrunden 2 och Vindkraftsparken men ca tre gånger större i Referensområdet (Tabell 2, Figur 2). Storleksfördelningen skilde sig signifikant mellan Utgrunden 2 och Referensområdet (Kolmogorov-Smirnov test  $p < 0.01$ ) med en större andel små fiskar vid Utgrunden 2. Den geografiska fördelningen av fisken (täthet och medelstorlek) i respektive område i augusti framgår av Figur 3.

### September/oktober

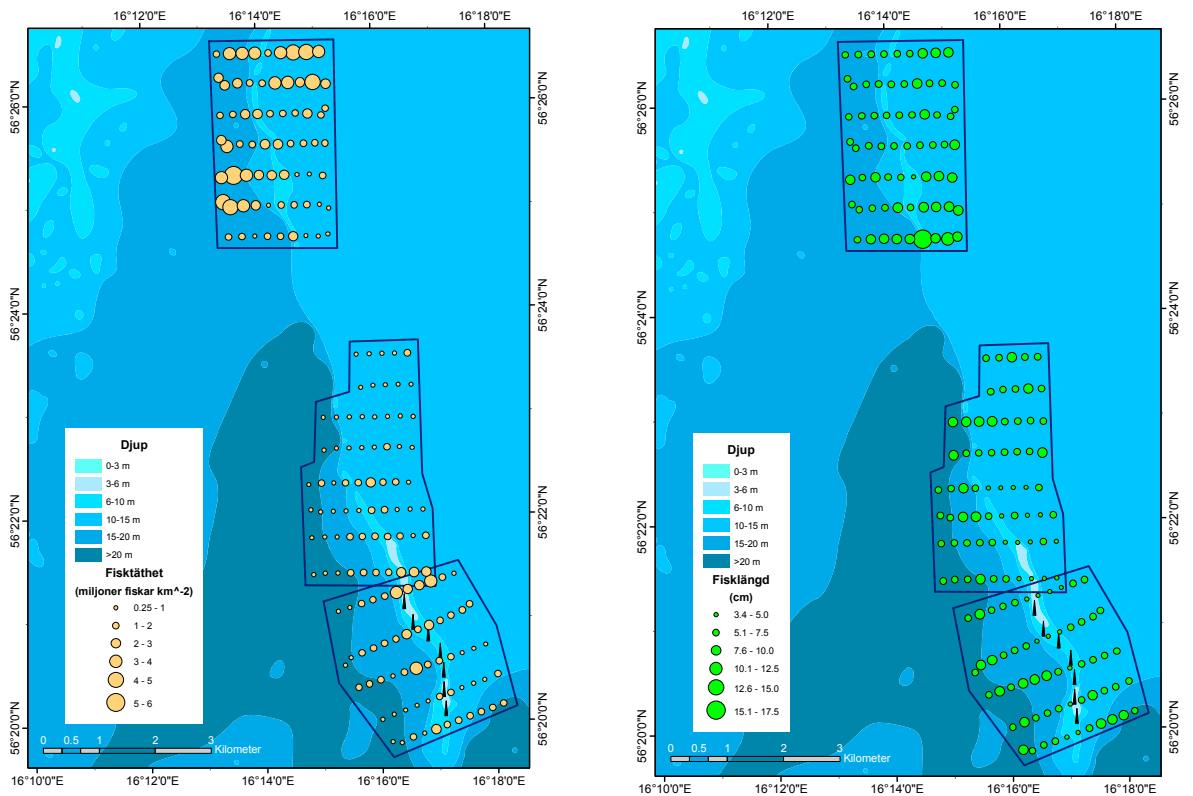
Mängden fisk och antal individer var tämligen lika vid Utgrunden 2 och Referensområdet, men skilde sig avsevärt vid Vindkraftsparken (Tabell 2, Figur 2). Även storleksfördelningen visade en signifikant skillnad mellan Utgrunden 2 och Vindkraftsparken (Kolmogorov-Smirnov test  $p < 0.001$ ) med en större andel små fiskar vid Vindkraftsparken. På grund av väderförhållanden skilde det en vecka mellan undersökningarna vid Vindkraftsparken jämfört med Utgrunden 2 och Referensområdet. Väderförhållandena under denna vecka medförde att temperaturskiktningen i vattnet genomgick betydande förändringar (se vidare Fysisk omgivning) mellan undersökningarna av Vindkraftsparken respektive Utgrunden 2 och Referensområdet. Det är möjligt att detta var den främsta orsaken till de iakttagna skillnaderna mellan områdena. Den geografiska fördelningen av fisken (täthet och medelstorlek) i respektive område framgår av Figur 4.

**Tabell 2. Resultat från ekolodning i Kalmar Sund i augusti och september/oktober 2005. Sv är det aritmetiska medelvärdet av ekointegrat per kubikmeter. Standard error (SE) och variationskoefficienten (CV) har beräknats med geostatistik (Clark 1987, Petitgas & Lafont 1997, Rivoirard et al. 2000). För denna beräkning delades respektive ekolodning upp i segment motsvarande en åttondels nautisk mil (ca 232 m).**

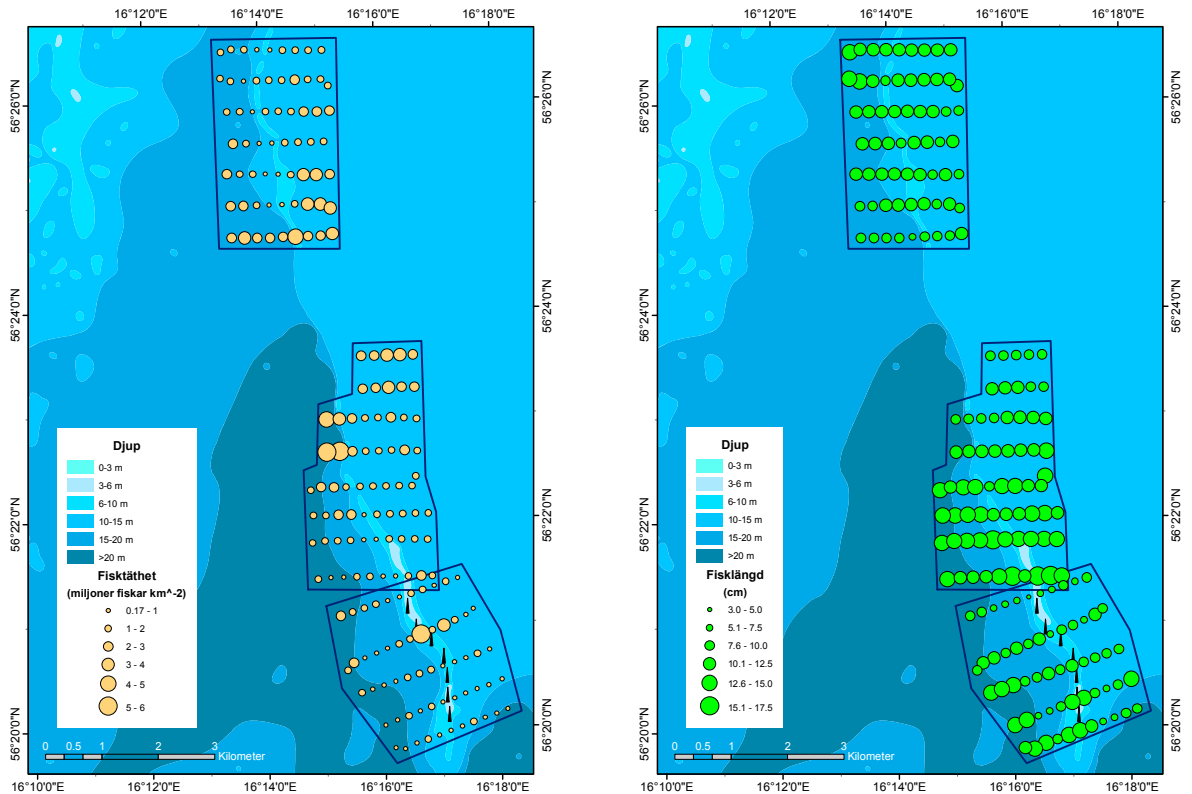
Område	Antal segment	Sv ( $\times 10^6$ ) ( $m^{-1}$ )	SE <sub>geo</sub>	CV <sub>geo</sub> (%)	Modell
Utgrunden2	65	0.41	0.01	1.7	0.05 Sph(h/0.01)
Vindkraftspark	58	0.45	0.01	1.3	0.035 Sph(h/0.012)
Referens	67	1.27	0.03	2.4	0.77 Gauss(h/0.01)
Utgrunden2	66	2.66	0.04	1.4	1.32 Sph(h/0.012)
Vindkraftspark	58	0.95	0.02	1.7	0.435 Sph(h/0.007)
Referens	63	2.14	0.02	0.9	0.59 Sph(h/0.007)



**Figur 2.** Beräknad fiskbiomassa och antal fiskar från hydroakustiska data. Förhållandet längd-vikt baserades på fisken i trålfångsterna. Undersökningarna genomfördes 15-17 augusti och 27 september-4 oktober 2005 i Kalmar Sund.



**Figur 3 a-b.** Geografisk fördelning av fisk (täthet och medelstorlek) i tre områden i Kalmar Sund vid ekolodning 15-18 augusti 2005. Fisktäthet anges i miljoner fiskar per km<sup>2</sup> och storlek som total längd i cm.



**Figur 4 a-b.** Geografisk fördelning av fisk (täthet och medelstorlek) i tre områden i Kalmar Sund vid ekolodning 27 september–4 oktober 2005. Fisktäthet anges i miljoner fiskar per km<sup>2</sup> och storlek som total längd i cm.

## Trålning

### Augusti

Skarpsill var den klart dominerande arten i alla tre områdena (66-88 % av antal fångade fiskar). Därefter följde stor- och småspigg och sill. Övriga arter (3) fångades som enstaka individer (Tabell 3). Vid Utgrunden 2 fångades endast två arter emedan sex arter fångades vid Referensområdet. Vid Utgrunden 2 fångades även totalt få individer, samt ingen sill. Det är möjligt att detta orsakades av att denna trålning genomfördes nära gryningen vilket påverkade fiskarnas beteende och fångstbarhet med pelagisk trål. Vid Referensområdet fångades en stor mängd maneter (ca 90% av total fångstvikt).

### September/oktober

Skarpsill dominerade fångsterna även i september/oktober (65-85 % av antal fångade fiskar). Därutöver bestod fångsterna denna period av sill (Tabell 3). Störst andel sill fångades i Vindkraftsparken. Trålningen i detta delområde ägde rum veckan före de båda övriga p g a väderförhållanden. Enstaka individer fångades av ytterligare tre arter.

**Tabell 3. Resultat från trålning i Kalmar Sund 2005. Andel av fångst anges i procent av antal fångade fiskar. Antal avser antalet individer som mättes (total längd) och vägdes. Tråltid ges i minuter. Tråldjup (m) mättes på trälens överten .**

Art	Augusti			September/Oktober		
	Utgrunden 2	Vind- kraftspark	Referens	Utgrunden 2	Vind- kraftspark	Referens
Sill		5	5	26	35	14
Skarpsill	75	88	66	74	65	85
Storspigg	25	7	22			<1
Småspigg			6			
Stubb			1	<1		1
Tånglake			<1	<1		
Tångsnälla		<1				
Antal	8	120	173	257	254	344
Notering		50% av fångst	50 % av fångst	25 % av fångst	25 % av fångst	25 % av fångst
Tråltid/djup	20/10	20/7	40/6	20/10	30/8	30/11

## Fysisk omgivning

Vattentemperaturen var generellt omkring tre grader högre i augusti än september/oktober. I samband med undersökningarna i oktober (Utgrunden 2 och Referensområdet) noterades att temperaturskiktningen ändrats på så sätt att det övre varmare skiktet (epilimnion) nådde ner till ca 13 m djup mot tidigare 5-6 m (september Vindkraftsparken; Tabell 3). Vinden vid undersökningarna var mestadels 4-5 m/s från sydväst, våghöjden oftast mellan 0.5 till 1 m. Vid några tillfällen medförde ogynnsamma vindförhållanden att undersökningar måste genomföras senare än planerat. Det är möjligt att detta påverkade resultaten från ekolodning och trålning vid undersökningarna i september/oktober.

**Tabell 4. Resultat från mätning av vattentemperatur och salthalt (medelvärden från djupprofiler). Vindstyrka, -riktning och våghöjd skattades i samband med undersökningarna.**

Område	Datum	Salthalt (promille)	Temp. (C)	Temp. skikt (djup epilimnion)	Vind (m/s)	Våghöjd (m)
Utgrunden 2	20050817	7.1	14.2	5	SV 5	1.0
Vindkraftspark	20050818	7.3	13.1	6	SV 5	1.0
Referens	20050815	7.3	14.4	5	SV 5	0.7
Utgrunden 2	20051004	6.4	11.1	13	V 5	0.5
Vindkraftspark	20050927	7.6	9.5	5	SV 5	0.6
Referens	20051003	6.8	11.2	13	V 4	0.3

## Diskussion

Denna utvärdering är huvudsakligen inriktad på att redovisa erfarenheter som har betydelse för undersökningarnas genomförande 2006-2009. Resultaten från 2005 kommer dock att kunna ingå i framtida analyser och jämförelser.

Resultaten från ekolodning och trålning visar att fiskmängd, art- och storlekssammansättning varierar såväl mellan delområdena som inom ett delområde över tiden. En viktig faktor visade sig härvid vara temperatur och temperaturskiktning (stratifiering) i vattnet. För att i fortsättningen öka jämförbarheten och på så sätt underlätta tolkning av resultaten bör respektive period väljas så att de tre delområdena undersöks med så enhetlig fysisk omgivning som möjligt. Detta torde inte bereda några svårigheter under vår eller sensommar. Under hösten måste undersökningsperioden läggas efter det att temperaturskiktningen brutits. Detta är inte något problem i sig, men senhösten i området innebär regelmässigt instabila väderförhållanden. Undersökningarna riskerar då att bli utdragna i tid vilket kan försämra jämförbarheten mellan delområdena samtidigt som det ger betydande merkostnader.

Analysen belyser även vikten av fortsatta hydrografiska provtagningar för att förstå skillnader och förändringar i det pelagiala fisksamhället. Resultatet av trålningen vid Utgrunden 2 i augusti tyder på påverkan av annalkande gryningsljus. Fiskars reaktion och ändrade beteende före gryningen är känt sedan tidigare (t ex Axenrot et al. 2004) och medför en del svårigheter under sommarens korta nätter. Vid trålning i Referensområdet i augusti utgjordes ca 90 % av vikten i fångsten av öronmanet (*Aurelia aurita*). Förhållandet mellan resultaten från den totala ekointegreringen och ekon från enskilda fiskar visade att maneterna inte hade betydelse för värdet på den totala ekointegreringen.

Jämfört med augusti ökade mängden fisk betydligt till september/oktober, framför allt efter att temperaturskiktningen förändrats (Utgrunden 2 och Referensområdet). Andelen sill ökade vid höstundersökningen medan skarpsillen var ungefär densamma sensommar och höst. Spigg (stor- och småspigg) förekom i huvudsak på sensommaren. Förändringarna i artsammansättning innebar även att storlekssammansättningen ändrades med högre andel större fiskar på hösten.

Några sillar undersöktes med avseende på gonader (romsäckar), men ingen individ visade tecken på lekmognad eller att nyligen ha lekt (höstlekande sill). Endast enstaka årsyngel av sill (från vårlek) fångades vid trålningarna. Området är öppet för vindar och strömmar varför det inte är möjligt att bedöma om vårlek sker vid Utgrunden utifrån eventuell fångst av larver eller årsyngel sensommar/höst. Undersökningar får istället inriktas på ansamlingar av sill (årligen, ekolodning), gonadmognad (årligen, trålning) och förekomst av rom på botten (särskild insats 2007).

Fördelningen av fisk – täthet och medelstorlek - i delområdena antyder påverkan av djup- och temperaturförhållanden. Större dataunderlag behövs för att bedöma fördelningen i relation till vindkraftverken (f n endast Vindkraftsparken) varför en första utvärdering i denna del genomförs efter 2007 års undersökningar.



## Referanser

- Anon. 1987. ICES (International Council for Exploration of the Sea) Cooperative Research Report 144, pp. 1-69.
- Axenrot, T., and Hansson, S. 2004. Seasonal dynamics in pelagic fish abundance in a Baltic Sea coastal area. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60: 541-547.
- Balk, H., and Lindem, T. 2004. Sonar4 and Sonar5-Pro, Post Processing Systems, Operator Manual v 5.9.6. Lindem Data Acquisition, Norway.
- Clark, I. 1987. *Practical Geostatistics*. Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London, 129 pp.
- Didrikas, T., and Hansson, S. 2004. *In situ* target strength of the Baltic Sea herring and sprat. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 378-382.
- MacLennan, D.N., Fernandez, P.G., and Dalen, J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science* 59: 365-369.
- Petitgas, P., and Lafont, T. 1997. EVA2: estimation variance. Version 2. A Geostatistical Software on Windows 95 for the Precision of Fish Stock Assessment Surveys, ICES CM 1997/Y:22.
- Rivoirard, J., Simmonds, J., Foote, K.G., Fernandez, P., and Bez, N. 2000. *Geostatistics for Estimating Fish Abundance*. Blackwell Science Ltd., Oxford, 206 pp.
- Simrad. 2003. *Simrad ER60 Operator Manual*. Simrad AS, Horten, Norway, 165 pp.

# Effekter på fisk av marina vindkraftsparker

RAPPORT 5580

NATURVÅRDSVERKET  
ISBN 91-620-5580-1  
ISSN 0282-7298

Här redovisas resultaten från inventeringar av fisk som gjorts i Kalmarsund under sommaren och hösten 2005. Studien är gjord i ett område som är planlagt för vindkraftutbyggnad och i referensområden som alla har undersökts med ekolod och genom trålning. Förekomsten av fisk, det vill säga antal och fördelning av bestånd, har dokumenterats och redovisas här i tabellform.

Rapporten ska användas för att göra jämförelser med de uppföljande studier som kommer att göras under byggnation och efter att vindkraftparken är byggd. Syftet är att få kunskap om i vilken utsträckning en vindkraftetablering påverkar fisksamhället.

**Kunskapsprogrammet Vindval** samlar in, bygger upp och sprider fakta om vindkraftens påverkan på den marina miljön, på växter, djur, människor och landskap samt om människors upplevelser av vindkraftanläggningar. Vindval erbjuder medel till forskning inklusive kunskapssammanställningar, synteser kring effekter och upplevelser av vindkraft. Vindval styrs av en programkommitté med representanter från Boverket, Energimyndigheten, Fiskeriverket, länsstyrelserna, Naturvårdsverket, Riksantikvarieämbetet och vindkraftbranschen.

