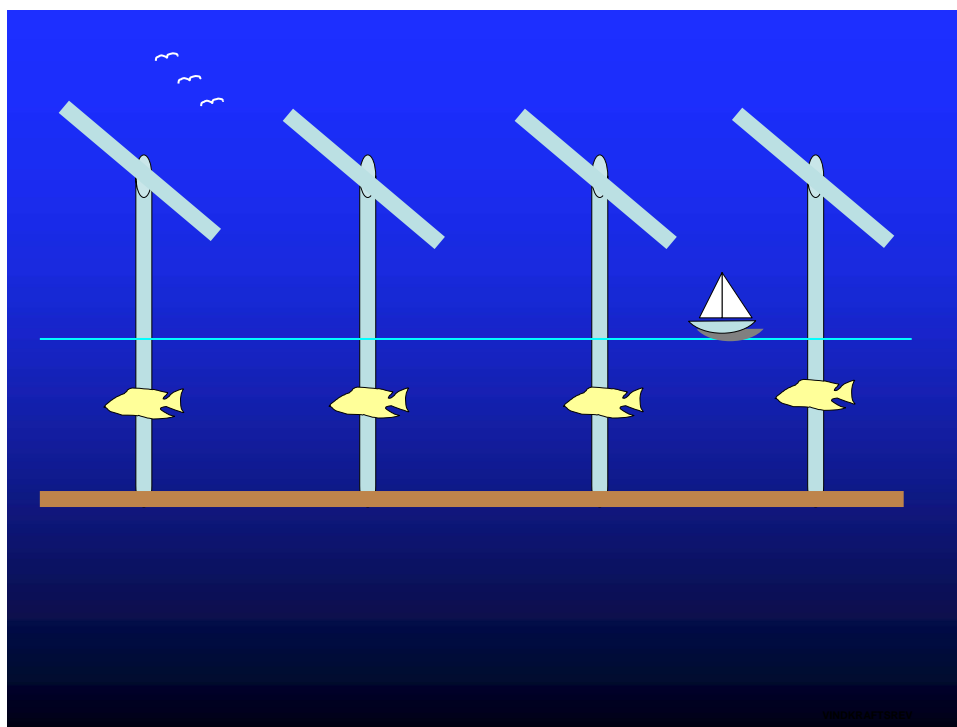


# VINDREV

## HAVSBASERADE VINDKRAFTVERK SOM ARTIFICIELLA REV: EFFEKTER PÅ FISK

**Marcus C. Öhman och Dan Wilhelmsson**  
Zoologiska institutionen  
Stockholms universitet



Öhman MC, Wilhelmsson D, 2005. VINDREV - Havsbaserade vindkraftverk som artificiella rev: effekter på fisk. Vindforsk, FOI/Energimyndigheten. Rapport

# Projekt VINDREV

Projektledare: Docent Marcus C Öhman (marcus.ohman@zoologi.su.se)

Doktorand: Dan Wilhelmsson (dan.wilhelmsson@zoologi.su.se)

Institution: Zoologiska institutionen, Stockholms universitet

## SAMMANFATTNING

En av de mest angelägna frågor vad gäller havsbaserad vindkrafts miljöeffekter är hur fisken påverkas. Inom projektet VINDREV bedrivs forskning för att undersöka huruvida havsbaserade vindkraftverk kan fungera som artificiella rev dvs om de attraherar och lokalt ökar mängden fisk. Docent Marcus Öhman och doktorand Dan Wilhelmsson vid zoologiska institutionen, Stockholms universitet (SU) är huvudansvariga för projektet. Två vindparker har undersökts: Utgrunden I och Yttre Stengrund. För insamlandet av data utarbetades en modifierad linjetaxeringsmetod eftersom tidigare erfarenheter på området saknades. Resultaten visade att det var mer fisk (antal individer) på och i anslutning till verken än vad som fanns på botten 20 m ifrån verken och i referensområden. Jämför man mängden fisk på verken och i de omgivande vattenmassorna var skillnaden total då ingen fisk påträffades i det senare. Vad gäller antalet fiskarter så var det ingen skillnad längs botten oavsett avståndet till verken. Även påväxten undersöktes i samarbete med botaniska institutionen, SU. Det noterades att på verken växte ett tätt lager av havstulpaner och musslor. Även botten nära verken skilde sig åt från botten längre ifrån. För att jämföra vindkraftverk med andra artificiella strukturer undersöktes även bropelarna under Ölandsbron och Öresundsbron. Fortsatta fältstudier kommer att genomföras före, under och efter byggandet av Utgrunden II då 24 vindkraftverk kommer att uppföras. Reveffekter på fisk undersöks också med fältexperiment. Experimentella artificiella rev används för att i detalj studera hur vertikala strukturer och revhöjd påverkar fisk och andra organismer. Även här noterades en förändring med en aggregering av vissa arter kring strukturerna. Ytterligare ett fältexperiment genomförs för att utröna hur vindkraftverksfundamentens ytstruktur kan påverka påväxt och fisk. Resultaten visar hur olika ytmaterial skapar olika förutsättningar för påväxt. Som ett komplement till revstudierna utfördes även ett experiment i laboratorium för att studera hur vindkraftverkens undervattensljud påverkar fisk. Vissa beteendeförändringar noterades vid förhöjda amplituder. Dock visar mängden fisk på befintliga verk att ljudeffekten för flertalet arter är av mindre betydelse. Sammanfattningsvis så indikerar resultaten från projekt VINDREV att den största lokala påverkan havsbaserad vindkraft har på fisk är att livsmiljön förändras och ger en reveffekt. Projektet VINDREV stöds av Energimyndigheten, FOI, Airicole AB (Sydkraft/E.ON) och EU:s sjätte ramprogram (projekt: DOWNVIND).



Foto: D. Wihelmsson

## 1. BAKGRUND

Vindkraft i Sverige byggs ut för att uppnå en produktionskapacitet på 10 TWh. Huvuddelen av denna utbyggnad sker i havet där hundratals verk kommer utplaceras i svenska vatten. Således finns det ett stort behov av kunskap vad gäller vindkraftsetableringens miljöeffekter. Olika faktorer som kan förändra den marina ekologin i anslutning till ett verk har uppmärksamats. Dessa inbegriper bl a reveffekter, magnetiska och elektriska fält kring kablar, ljudpåverkan, ljuseffekter, sedimentering och förändrade strömförhållanden (Westerberg 1994, Anon. 2000, Wahlberg & Westerberg 2005, Petersen & Malm 2005).

Den marina bottenmiljön i Sverige kan i huvudsak indelas i två typer: hårbottenar och mjukbottenar. Hårbottenar kan beskrivas som rev då ett rev i princip är en hårbottenstruktur vare sig det är uppbyggt av korallsten, sandsten, granit eller annat material (Öhman et al 1997, Öhman och Rajasuriya 1998, Öhman et al 1998). Hårbottenar är produktiva, är viktiga lek- och uppväxtområden för många arter inklusive kommersiellt intressanta fiskar och har en allmänt hög biologisk mångfald (Pihl et al 1994, Årnio et al 1996, Kääriä & Esko 1997, Malm 1999). Detta förhållande utnyttjas på många ställen i världen genom att konstgjorda hårbottenmiljöer, s.k. artificiella rev skapas (White et al 1990, Rooker et al 1997, Coll et al 1998, Öhman 2005). Artificiella rev, även kallat artrev, har av Ambrose och Swarbick (1989) definierats som en struktur som planerat eller oplanerat placerats på havsbotten. Flera studier har visat att sådana strukturer lokalt kan öka mängden fisk (Ambrose och Swarbick 1989, Wilhelmsson et al 1998). Ansamlingen fisk förklaras bl a av ökad mängd föda och att revstrukturen erbjuder ett skydd mot predation och strömmar (se t ex Bailey-Brock 1989; jämför med naturliga rev enligt samma princip: Ebeling & Laur 1985, Levin & Hay 1996).

Inte minst i Asien använder man artificiella rev framgångsrikt (Grove et al 1989, Ino 1994). I Japan nyttjas denna teknik storskaligt då konstgjorda rev har byggts längs en fjärdedel av kusten för att befrämja det kommersiella fisket. Strukturerna har formgivits för att attrahera de arter man vill ha. I USA är det också vanligt förekommande (Buckley 1982, Milon 1989) liksom i delar av Europa (Jensen 2002). Hur framgångsrikt artificiella rev gynnar marint liv

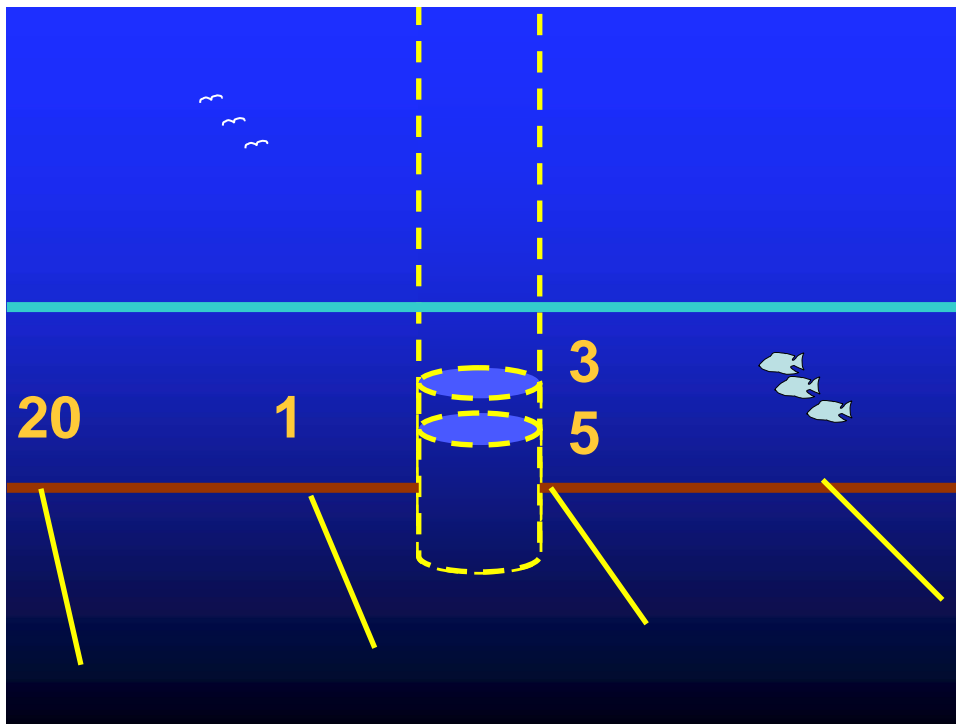
beror på många faktorer som t ex form, placering, bottenstruktur, djup, temperatur, ljus, vattenkvalité, salthalt, omgivande växt- och djursamhälle mm (White et al 1990). Direkt miljöförstörande konsekvenser är ofta svåra att konstatera. Däremot behöver inte en ökning i antal fiskar på ett artificiellt rev vara ett resultat av ökad produktion utan kan bero på att befintliga djur i närområdet medvetet söker sig dit (Bohnsack 1996). I Sverige har vi liten erfarenhet av artificiella rev men det är allmänt känt att vrak och andra icke naturliga strukturer på botten kan ha en lokalt positiv effekt på fiskantalet (Öhman 2005).

Med den storskaliga utbyggnaden av havsbaserad vindkraft är en kraftig tillökning av konstgjorda hårbottenmiljöer att förvänta. Frågan är om dessa strukturer kommer ge en reveffekt dvs om mängden fisk kommer att öka i dess närhet. Om en reveffekt uppnås kan en vindkraftspark med flera vindkraftsverk samlade i ett område förändra en öppen havsmiljö till en artificiell skärgård.

Det ska också noteras att vindkraftverk skiljer sig från många andra konstgjorda rev givet sin, mer eller mindre, vertikala struktur vilket kan skapa unika förutsättningar. Undersökningar har visat att vertikala hårbottenstrukturer som löper genom en stor del av vattenmassan kan attrahera mer fisk och fler arter till ett område än lika stora strukturer med lägre profil över botten (Rilov & Benayahu 1998, Rilov & Benayahu 2002). En förklaring kan vara att ett rev som tillhandahåller hårbotten på olika djup blir attraktivt för ett större urval av arter med olika djuppreferenser; inte minst vad gäller fisklarver (Hair *et al.* 1994). Dessutom kan botten runt en vertikal konstruktion berikas med nedfallande organiskt material från de organismer som uppehåller sig på och runt strukturen. Den organiska produktionen på botten kan då öka, vilket i sin tur kan attrahera och försörja fler bottenlevande fiskar (Kellison & Sedberry 1998).

Projektet VINDREV vid Zoologiska institutionen, Stockholms universitet (SU), bedriver forskning och doktorandstudier för att undersöka huruvida havsbaserade vindkraftverk kan fungera som artificiella rev dvs om de attraherar och lokalt ökar mängden fisk. VINDREV mottog medel från Statens Energimyndighet och Vindforsk-programmet som upphörde 2004 (administrerat av FOI/Vindforsk). En doktorand får även Vindforsk-medel under 2005. Det fortsatta arbetet inom VINDREV drivs vidare med stöd från EU:s 6:e ramprogram (projekt: DOWNVIND). Forskningsarbetet påbörjades sommaren 2003 med fältstudier i två vindparker: Utgrunden och Yttre Stengrund i Kalmarsund. I den studien undersöks hur fiskfaunan i anslutning till verken påverkas. Även den fastsittande florán (alger) och faunan (t ex musslor) kvantifieras. Som jämförelse undersöks även naturliga bottenar i Kalmarsund. Kvalitativa studier av bropelare, fyrar och naturliga hårbotten genomförs. Projektet inbegriper också metodutveckling då tidigare tekniker att undersöka vindkraftverk inte finns att tillgå. Vidare så genomförs även experiment för att under kontrollerade förhållanden studera hur artificiella strukturer påverkar fisk. Experimentella vindkraftsfundament används också för att bedöma hur olika material påverkar påväxt och fisk. Ytterligare en aspekt som studeras inom VINDREV är om fiskars beteende förändras av de ljud som genereras under vatten när ett verk är i drift och hur det förhåller sig till reveffekten. Forskningsarbetet vid kraftverken i Kalmarsund fortgår tom 2008 då effekterna av utbyggnaden av Utgrunden II undersöks.

I denna rapport presenterar vi verksamheten inom projektet VINDREV samt redovisar preliminära forskningsresultat. För en detaljerad rapportering av forskningsarbetet hänvisar vi till framtida vetenskapliga publikationer i internationella tidsskrifter.



**Fig. 1.** För att inventera det marina livet kring vindkraftverken användes en modifierad linjetaxeringsmetod (transekt) på verken på tre och fem meters djup och på botten en och tjugio meter från verken.

## 2. FORSKNING

### 2.1 Metodutveckling

#### 2.1.1 Linjetaxering

Eftersom vindkraftsetablering är en förhållandevis ny företeelse i havet är erfarenheten begränsad vad gäller miljöundersökningar. Vanligt förekommande tekniker i Sverige för att studera hur fisk påverkas av störning är provfiske och ekolod. Dessa kan även tillämpas i anslutning till vindparker (se Westerberg 1994 och nedan). Dock kan de ej på artnivå kvantifiera fisk i direkt anslutning till verken i relation till vattenvolym och bottenstruktur. Ett delmål med projektet VINDREV var att utveckla och standardisera metoder som går att använda för en kontinuerlig uppföljning av vindkraftsetableringens miljöeffekter.

Vi arbetade fram en enkel och funktionell inventeringsteknik som på ett tydligt sätt visar en representativ bild av den marina faunan och florán. För detta använde vi en modifierad form av linjetaxering (transekt) (jfr t ex Jansson et al 1985, Öhman et al 1997, Garpe & Öhman 2003) (Fig. 1). Fisksamhället och bottenstrukturen inklusive påväxten kvantifieras längs en 10 m transektlinja med dykare, på verken och i anslutning till verken. Fisken räknas 1 m bredvid och 1 m ovanför linjan vilket inbegriper en volym av 10 m<sup>3</sup> per transekt. Inom samma transekt kvantifieras även täckningsgraden av påväxt och annat material som t ex sand, grus och stenblock. Bottenstruktur och dess påväxts arkitektoniska komplexitet mäts också. Detta ger ett mått på habitatkomplexitet dvs hur varierande livsmiljön är. På så sätt kan man utröna hur

fisksamhället regleras av flera olika faktorer i dess livsmiljö. Dessutom genomfördes en pilotstudie med ekolod vid Utgrunden. Detta visade sig också vara en gångbar metod viss om ovannämnda begränsningar. För att få en heltäckande bild av fisken kring vindkraftverk och i en vindpark kan linjetaxering och ekolodsundersökningar tillsammans ge en heltäckande bild av fisksamhället inklusive både bottenlevande mindre mobila arter samt pelagiska arter som oftare har ett direkt kommersiellt värde.

## **2.2 Undersökningar i fält**

### *2.2.1 Vindkraftverks reveffekter på bottenliv*

Många marina arter inklusive både växter och djur behöver fast material för att växa på. Detta är ofta en bristvara och konkurrensen om utrymmet är stort. Kraftverkens fundament kan erbjuda en sådan yta dvs ett habitat för sessila organismer. I denna delstudie inventerades bottenfauna och flora med ovannämnd teknik (2.1.1). Fältarbetet genomfördes i augusti till september 2003 i Kalmarsund i vindparkerna Utgrunden och Yttre Stengrund (Fig. 4). Transektlinan placerades på verken, på botten närmast verken (1-5 meter ifrån) och på 20 meters avstånd från verken (Fig. 1). Sex stycken referensplatser utanför vindparken, 700-2000 m från verken, undersöktes också med samma metod. Totalt genomfördes 72 transekter. Torleif Malm från botaniska institutionen (SU) gjorde huvuddelen av botteninventeringen. Dessutom togs även 216 bottenskrap där alla påväxande organismer insamlas inom kvadrater (25 x 25 cm). Materialet bearbetas i laboratorium för att artbestämma, väga och mäta organismerna. Vindkraftverken är på båda platserna byggda på nord-sydgående rullstensåsar på mellan 6 och 9 meters djup. Totalt åtta vindkraftverk inkluderades i studien. På Yttre Stengrund, som ligger ca 4 kilometer från land undersöktes fem av sju verk, och på Utgrunden, mitt emellan fastlandet och Öland, 10 kilometer från land, undersöktes tre av fem verk.

Vindkraftfundamenten var till största del täckta av två olika lager av filtrerande djur. Direkt på verkens stålyta satt ett lager av havstulpaner, och ovanpå dessa satt stora mängder blåmusslor. Havstulpanerna var anmärkningsvärt nog till stor del levande. På botten runt verken hade bäddar av blåmusslor bildats, förmodligen genom nedfallande musslor från verken. Det var även mer sand, och mindre alger nära verken. Preliminära resultat av det insamlade materialet påvisar några ytterligare intressanta mönster. Blåmusslorna på verken verkar vara fler, större och ha högre biomassa än musslorna på kontrollplatserna vilket kan förklaras av fördelaktiga strömförhållanden med god tillgång på plankton för dessa filtrerande djur. Dessutom har musslor som är äldre än själva verken noterats på fundamenten, vilket tyder på en migration av musslor över förvånansvärt stora ytor. För övrig information om vindkraft och bottenliv se BIOVINDs rapport till Energimyndigheten ([www.vindenergi.org](http://www.vindenergi.org)). Vetenskaplig publikation se: 3.1.1a nedan.



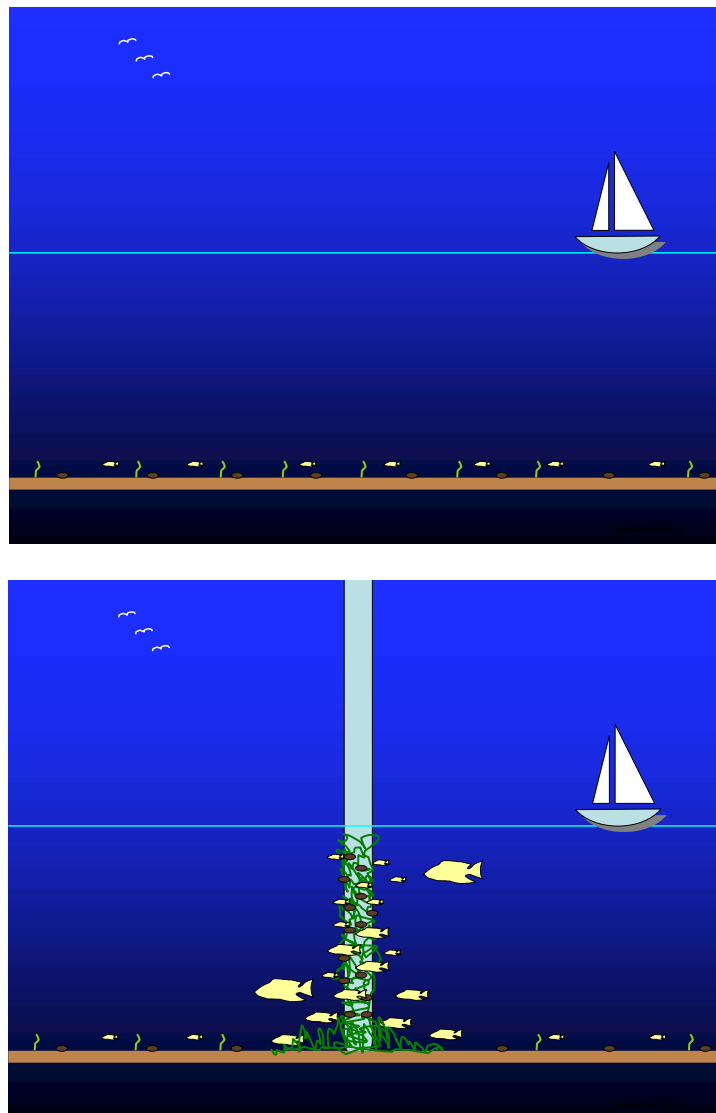
**Fig. 2.** På denna bild ser man vindkraftfundamentet nerifrån. Kraftverkets vägg är helt täckt av blåmusslor och runt verket simmar tusentals fiskar.  
Foto: D. Wilhelmsson.

### 2.2.2 Vindkraftverks reveffekter på fisk

Havsbaseerade vindkraftverk förändrar livsmiljön lokalt. Som tidigare nämnt så kan närvaron av dessa strukturer skapa ett nytt habitat som kan attrahera fisk. Sådillvida kan verken fungera som artificiella rev. Dock skiljer dom sig, i synnerhet om "monopiles" används, från typiska konstgjorda rev då de är vertikala strukturer som skär rakt genom vattnet. För att studera effekterna av denna habitatförändring och utröna om kraftverk ger en reveffekt, dvs fungerar som artificiella rev, genomfördes en fältstudie på samma vindkraftverk som i 2.2.1. Data för denna studie och 2.2.1 insamlades samtidigt. De kvantitativa dykinventeringarna genomfördes med hjälp av ovannämnda teknik (se 2.1.1 och 2.2.1) dvs 10x1x1 m linjetaxering. Fiskinventeringen utfördes av Dan Wilhelmsson.

Undersökningarna visar att vindkraftsverken ger en reveffekt dvs fisk fanns i större mängder på och i direkt anslutning till verken än i omgivningen (Fig. 2 och 3). Totalt räknades ca 300000 fiskar, varav de allra flesta var juvenil sjustrålig smörbult (*Gobiusculus flavescens*). Räknar man antalet adulta fiskar (äldre än 1 år), som inkluderar även andra arter, som t ex svart smörbult (*Gobius niger*) och sandstubb (*Pomatoschistus minutus*), var fisktätheten dubbelt så hög på verken och 1-5 m ifrån verken jämfört med vad som fanns på 20 m avstånd och i referensområdena. När man inkluderar juvenil sjustrålig smörbult (som bottenfäällt innevarande år) var den totala mängden fisk nära 100 gånger större på vindkraftpelarna än på botten 20 meter ifrån verken och i referensområdena. I jämförelse med den öppna vattenmassorna (som ju verken penetrerar) var skillnaden total då inga fiskar påträffades där jämfört med de tusentals fiskar som fanns i direkt anslutning till verket. Tretton fiskarter noterades under fältstudien gång. I jämförelse med den öppna vattenmassan så var det uppenbart fler arter på verken. I direkt anslutning till botten var dock mängden fiskarter

likartat oavsett närheten till verket. Längs fundamenten var mängden arter lägre än i omgivande bottenar. Utstickande strukturer på verket verkade dock ha en gynnsam effekt på artantalet då i övrigt frånvarande arter uppehöll sig där. Resultaten från denna delstudie indikerar att, i jämförelse med annan miljöpåverkan, så är den största lokala verkan havsbaserad vindkraft har på fisk att livsmiljön förändras och ger en reveffekt. Vetenskaplig publikation se: 3.1.1b.

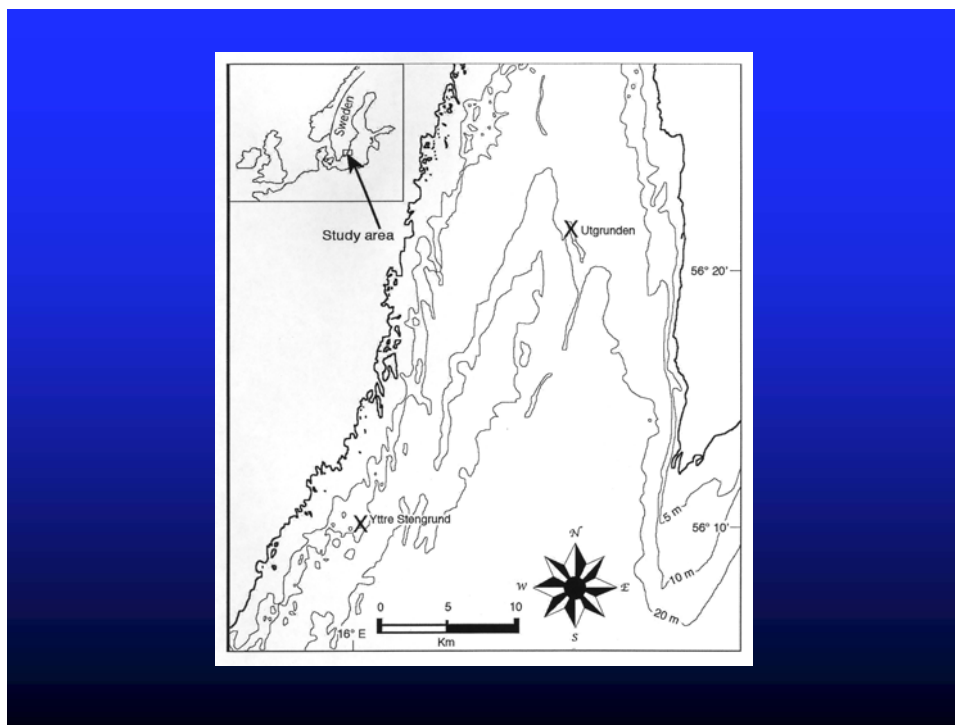


**Fig. 3.** Vindkraftverk till havs påverkar den marina miljön lokalt. En öppen vattenmiljö förändras då en ny livsmiljö (habitat) för fisk tillförs. Forskningen i VINDREV har visat att mängden fisk på och i anslutningen till verket är högre än i omgivande vatten. Detta tyder på en reveffekt dvs att verket fungerar som ett artificiellt rev. Dessutom pga den vertikala strukturen som går från botten upp till ytan så blir det ytterligare en effekt som kan liknas vid en så kallad "fish aggregation device".

### 2.2.3 Fisk kring bropelare och fyrar

Vindkraftverkens fundament kan liknas vid andra artificiella strukturer som t ex bropelare och fyrar. För att jämföra faunan och florans runt verken med sådana strukturer genomfördes även kvalitativa dykundersökningar vid Öresundsbron, Ölandsbron och på fyrar. I anslutning till studien av Öresundsbron undersöktes även fiskfaunan vid Kullens marina reservat; kullen är en intressant jämförelse då det där finns hårbottenmiljöer med vertikala väggar.

I jämförelse med Ölandsbron verkar reveffekten var större vid kraftverken än vid bropelarna vad gäller fisk, men detta återstår att kvantifieras mer i detalj. Kring Öresundsbrons pelare noterades att mängden fisk var större kring bropelarna och i anslutning till de stenar som var utplacerade på botten än vad som påträffades på de omgivande mjukbottenarna. Många av fiskarterna vid Öresundsbron fanns naturligt i Kullens hårbottenmiljöer men dom skiljer sig från Kalmarsund främst pga skillnader i salthalt.



**Fig. 4.** Utgrunden och Yttre Stengrund – de två vindparker i Kalmarsund där VINDREV bedriver forskning.

### 2.2.4 Fisksamhälle före, under och efter vindkraftsetablering

För att förstå hur vindkraftsutbyggnaden påverkar fiskfaunan på lång sikt kommer en studie att genomföras vid Utgrunden II enligt "BACI-design" (Underwood 1992). En förstudie genomfördes sommaren 2003 i samband med 2.2.2.

Sommaren 2005 eller 2006, innan byggandet av vindparken, utförs en första inventering. Om möjligt (beroende när på året byggandet påbörjas) åtföljs detta av en studie under byggnadsfasen. Därefter följs fisksamhällets utveckling över tid efter att vindparken är klar. Samma metod som ovan (2.1.1) kommer att användas. Vetenskaplig publikation se: 3.1.1c.

## 2.3 Experiment i fält

### 2.3.1 Artificiella strukturers inverkan på fisk

Information om hur artificiella strukturer påverkar fisk i Sverige är bristfälligt. I 2.2.2 studerar vi hur fiskfaunan påverkas av vindkraft till havs med visuella inventeringar på plats. För att i detalj förstå hur sådana strukturer påverkar fisk är det viktigt att komplettera med experiment. Hårdbottenstrukturer varierar i komplexitet och form; undersökningar har visat att om variationen är stor kan det gynna mängden fisk (Öhman & Rajasuriya 1998). Vidare så har studier pekat på att vertikala strukturer som, liksom vindkraftverkens "monopiles", löper genom en stor del av vattenmassan ger mer fisk och fler arter i ett område än strukturer med lägre profil (Rilov & Benayahu 1998, Rilov & Benayahu 2002). För att testa och bygga vidare på dessa teorier i svenska vatten genomförs ett fältexperiment vid Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium (Strömstad) med standardiserade artificiella strukturer. Under våren och försommaren 2004 byggdes och sjösattes 24 artificiella rev av olika höjd över botten (0.2 m, 1 m, 3 m) (Fig. 5). Inventeringar av fisk på och runt reven har genomförts i juni, augusti, oktober 2004 och maj 2005.

Preliminära resultat tyder på att pelarhöjden har en viss effekt på antalet fiskar, medan diversiteten är opåverkad. Redan på ett tidigt stadium, till och med under uppförandet, flyttade fisk och krabbor till dessa strukturer. Senare inventeringar har noterat torsk, stensnultra, svart smörbult, krabbor och hummer. På strukturerna växte det bl a sjöpungar, rödalger, hydroider, havsanemoner och bryozoer. Vetenskaplig publikation se: 3.1.1d.



**Fig. 5.** I ett fältexperiment placerades artificiella strukturer på havets botten för att under kontrollerade förhållanden studera effekten av vertikala strukturer på fisk. Foto: S. Hallén.

### 2.3.2 Materialeffekter på påväxt och fisk

Vindkraftverk byggs i olika material. Fundamentens ytstruktur kan vara avgörande för påväxten (Malm 1999) och även fisk kan påverkas. För att studera vilken effekt materialet har

på den marina faunan och floran utförs ett experiment med konstgjorda fundament av "monopile-typ" (Fig. 6). Två material används: stål och betong. Sex pelare av respektive material placerades i april 2005 i Gåseviksbukten på 7-8 meters djup utanför Kristinebergs Marina Forskningsstation (Fiskebäckskil) på en botten som består av lera, sand och grus.

Preliminära data visar att på betong växer det mer än på stål. Några veckor efter utplacering kunde bl a havstulpaner och hydroider noteras. Anledningen till en ökad biomassa på betong är förmodligen att den erbjuder en mer heterogen yta som är lättare för sessila organismer att fästa på. En del fiskar påträffades också i anslutning till verken inklusive sjustrålig smörbult, svart smörbult och stensnultra. Vetenskaplig publikation se: 3.1.1e.



**Fig. 6.** Vindkraftfundament tillverkas i olika material. För att studera hur olika material påverkar påväxt och fisk genomförs ett experiment i fält där konstgjorda vindkraftfundament tillverkade av betong respektive stål placeras i havet. Foto: M. Andersson.

## 2.1 Experiment i laboratorium

### 2.1.1 Vindkraftverkens ljud och fiskars beteende

Eftersom fisk i närheten av vindkraftverk kan påverkas av andra faktorer än reveffekten som t ex ljud (Wahlberg och Westerberg 2005) utfördes även en ljudstudie i laboratorium. Två fiskarter, spigg (*Gasterosteus aculeatus*) och mört (*Rutilus rutilus*) som naturligt förekommer i flertalet områden där vindkraftparker finns eller kommer att uppföras, exponerades för inspelat ljud från kraftverk i drift samt även för ljud med förutbestämda frekvenser. Experimentet genomfördes i laboratorium vid Zoologiska institutionen (SU).

Spigg och mört reagerade olika på ljudexponeringen. Vid ovanligt höga amplituder uppvisade mört ett flyktbeteende. Spigg däremot reagerade med stillhet eller med stationära rörelser. Vid lägre decibel var påverkan inte lika tydlig. Huruvida vindkraftljud påverkar fisk beror på många faktorer inte minst pga att hörseln varierar stort bland arter. Rent kvantitativt så indikerar den stora mängd fisk i studien 2.2.2 (där även spigg förekom naturligt) att ljud är sekundärt i förhållande till reveffekten för de arter som där påträffades. Vetenskaplig publikation se: 3.1.1f.

### 3. Publikationer, föredrag och media

#### 3.1 Publikationer

##### 3.1.1 Vetenskapliga artiklar

- a) Wilhelmsson D, Malm T (2006) Influence of offshore wind power on benthic communities. (*in prep.*, manuskript våren 2006)
- b) Wilhelmsson D, Malm T, Öhman MC (2005) Influence of offshore wind power on demersal fish. (*in review*, inskickat till vetenskaplig tidsskrift)
- c) Öhman MC (ca 2008) Long term effects of offshore windpower on local fish assemblages. (*in prep.* manuskript 2008)
- d) Wilhelmsson D, Yahya S, Öhman MC (2006) Effects of vertical artificial structures on fish assemblages. (*in prep.* manuskript sep. 2006)
- e) Andersson HM, Berggren M, Wilhelmsson D, Öhman MC (2006) Substrate material and vertical structures: effects on sessile organisms and fish. (*in prep.* manuskript våren 2006)
- f) Dock E, Ubral R, Öhman MC, Almgren M (2005) Offshore windpower noise and behavioural reactions in fish. (*in review*, inskickat till vetenskaplig tidsskrift)

##### 3.1.2 Doktorsavhandling

- a) Wilhelmsson D (2006) The effect of offshore windpower on local fish assemblages. (*in prep.*)

##### 3.1.3 Examensarbeten

- a) Ubral R (2004) The effect of wind power plant noise and single-tone frequencies on three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*).
- b) Dock E (2004) The effect of wind power plant noise and single-tone frequencies on roach (*Rutilus rutilus*).
- c) Andersson HM (2005) Offshore windmills: influence of foundation material and shape on marine life.

##### 3.1.4 Kapitel i bok

- a) Öhman MC (2005) Artificiella rev och fisk. Kustfiske och fiskevård - en bok om ekologisk fiskevård på kusten. Sportfiskeförbundet och Fiskeriverket. 300 pp

### 3.2 Seminarium och föredrag

2005

Workshop med Miljö- och Samhällsbyggnadsministern, Utblicken, Kalmarsund. Muntlig presentation: "Om verklig och möjlig miljönytta vid etablering av vindkraft till havs". 050608.

BaltCoast workshop, Närpes, Finland. Muntlig presentation: "Havsbaserad vindkraft och livet i havet". 050428.

Vindkraft till havs – ren energi med synergi, Konferens, Regionförbundet i Kalmar län, Söderåkra. Muntlig presentation: "Konstgjorda rev – habitat och hövder". 050421

Miljöforskningsdagen, CTM (SU), Stockholm. Muntlig presentation: "Havsbaserade vindkraftverks påverkan på livet i havet". 050316.

2004

Blodbadet konferens, Tovetorps Zoologiska Forskningsstation (SU). Muntlig presentation: "Effects of vertical artificial structures on fish communities". 041112.

Vind 2004 konferens, Chalmers, Göteborg. Poster: "Havsbaserade vindkraftverks effekter på fisk" 040928.

Svensk Vindkraftsförening workshop (anordnat för miljöorganisationerna Greenpeace, WWF, Jordens Vänner, SNF), Kastellet, Stockholm. Muntlig presentation: "Vindkraft och livet under vattenytan". 040414.

Seminarium vid Zoologiska institutionen, Stockholms universitet. "Havsbaserad vindkraft: effekter på fisk". 040325.

Seminarium vid Zoologiska institutionen, Stockholms universitet. "The effect of wind power plant noise and single-tone frequencies on three spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*)". 040325.

Seminarium vid Zoologiska institutionen, Stockholms universitet. "The effect of wind power plant noise and single-tone frequencies on roach (*Rutilus rutilus*)". 040325.

Sveriges Energiting, Eskilstuna. Muntlig presentation: "Vindkraftsfundamenten och livet i havet". 040309.

2003

Miljöforskningsdagen, CTM (SU), Stockholm. Poster: "Havsbaserad vindkraft som artificiella rev". 031106

Presskonferens, Vindkraftsexpo, Bergkvara. Muntlig presentation: "Havsbaserad vindkrafts marina miljöeffekter". 030901.

2002

Vind 2002 konferens, Slakthuset, Malmö. Muntlig presentation. 021107

Timing and perseverance: two critical factors in entrepreneurship for eco-efficiency – Kungl. Vetenskapsakademien / Biofocus Foundation – konferens, Stockholm. Muntlig presentation. 021023.

Vindkraftskonferens - Svensk vindkraftsförening, Tekniska museet, Stockholm. Muntlig presentation. 020406.

### *3.3 Media och allmänhet*

Det har varit mycket stort intresse för projekt VINDREV's arbete i media. Intervjuer har gjorts i TV (Rapport och lokala nyheter) och i radio (Sveriges Radio nationellt och lokalradio samt finsk radio). Ett stort antal tidningar har skrivit om våra resultat inkl. bl a Svenska Dagbladet, Göteborgsposten, Aftonbladet, Barometern, Östra Småland, Smålandsnytt och Södermanlands nyheter. TT och AP har också intervjuat. Flera danska och tyska tidningar har också skrivit om våra resultat.

Utöver det stora medieintresset finns det ett stort intresse från både allmänhet och miljöorganisationer (bl a SNF, WWF, Greenpeace) som ringer och skickar e-post regelbundet för att få svar på frågor kring vindkraftverks miljöeffekter. Även både nationella (t ex Naturvårdsverket och Riksdagen) och lokala (län och kommun) myndigheter kontakter oss för information. Forskare vid de flesta universitet i Sverige samt flera högskolor har också visat stort intresse för vår forskning.

## **4. PROJEKTGRUPP OCH SAMARBETEN**

Huvuddelen av verksamheten inom projektet VINDREV bedrivs av docent Marcus Öhman och doktorand Dan Wilhelmsson vid Zoologiska institutionen, Stockholm universitet (SU). Öhman är projektledare för VINDREV och mottog deltidslön från Vindforsk-programmet i 1,5 år (2003-2004)\* med fortsatt försörjning från EU:s sjätte ramprogram (DOWNVIND). Han har ett övergripande ansvar för verksamheten och är involverad i alla delstudier. Öhman är dessutom handledare för samtliga studenter och doktorander inom projektet.

Wilhelmsson, som har stöd från Vindforsk-programmet i 2,5 år (2003-2005)\*, bedriver framgångsrikt sitt doktorsarbete inom VINDREV. Enligt den senaste doktorandutvärderingen jan-05 vid institutionen (genomförd av Professor B Borg, Professor S Nylin och Docent K Gotthard) ligger han i fas med sin plan och det råder inga tveksamheter vad gäller genomförandet av doktorandet. Han deltar i större delen av VINDREV's forskningsarbete, i synnerhet delstudierna 2.2.2 och 2.3.1 där han har utfört huvuddelen av arbetet. Han har även bidragit substantiellt till 2.2.1. Fyra vetenskapliga artiklar från projektet kommer ingå i Wilhelmssons doktorsavhandling (se: 3.1.1 a, b, d, e) varav ett har inskickats till vetenskaplig tidskrift, ett som kommer inskickas i sep. 2005 och ytterligare två som kommer att bli klara våren 2006. Wilhelmsson har hittills hållit tre seminarier och presenterat två posters samt deltagit i ett antal doktorandkurser. Preliminärt datum för disputation är hösten 2006.

VINDREV har ett nära samarbete med Airicole AB (Sydkraft/E.ON) som stött projektet ekonomiskt samt tillhandahållit boendemöjligheter under en del av projektet. Resultat från en del av deras egna undersökningar används också.

Ett nära samarbete pågår även med projektet BIOVIND vid Botaniska institutionen, Stockholms universitet (projektledare Torleif Malm), som också har fått medel från Vindforsk-programmet för att studera hur artificiella rev påverkar sammansättningen av alger och fastsittande djur.

Vidare så är doktorand Saleh Yahya vid Zoologiska inst. (SU) kopplad till projektet. Dessutom genomför två studenter vid samma institution samt en student vid Kristinebergs Marina Forskningsstation, Göteborgs universitet, sina examensarbeten inom VINDREV. En laboratorieassistent har också arbetet inom projektet. Övriga institutioner och företag som varit ett stöd i fältarbetet inkluderar Kalmar Högskola, Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium, Kristinbergs Marina Forskningsstation, Torsås Brandkår, Björknäs camping, Daladyk och vindkraftsexpon i Bergkvara.

För övrigt har vindkraftsindustrin visat ett mycket stort intresse för vårt arbete. Samverkan med industrin har utvecklats positivt där nätverk har byggts upp med ett nära samarbete med flera aktörer. Förutom ovannämnda Airicole AB har vi också mött och diskuterat med representanter från Sydkraft/E.ON, Triventus, Vindpark Vänern, General Electric, Vattenfall, Vindkompaniet, EuroWind, SEAS/E2, Talisman m fl. Fristående vindkraftsföreningar är också angelägna om att vara uppdaterade med våra resultat och kontaktar oss regelbundet. Förutom vindkraftsbolagen så är fiskerinäringen mycket intresserade och kommunicerar med oss kontinuerligt. Dessutom samarbetar vi med ett norska Reef Systems AS som arbetar kommersiellt med artificiella rev.

Vi har även besökt forskningsinstitutioner utomlands t ex Aberdeen University i Skottland och University of Rhode Island i USA för att diskutera vindkraftens miljöeffekter och utbyta erfarenheter. Vi har även samarbeten vad gäller artificiella rev med Suganthi Devadasen Marine Research Institute (Indien), Institute of Marine Science - UDSM (Tanzania) och National Aquatic Resources Agency (Sri Lanka).

\* Projektet VINDREV beviljades ursprungligen medel för hela året 2003 från Energimyndigheten (Vindforsk). Detta förändrades då kontraktet försenades och den första utbetalningen skedde sex månader senare än planerat dvs i mitten av år 2003 istället och då med minskade anslag. Doktorandprojektet beviljades stöd i fem år men det begränsades till 2,5 år (jun. 2003 – dec. 2005). Det fortsatta arbetet inom projekt VINDREV drivs vidare med medel från EU:s 6:e ramprogram (DOWNVIND). VINDREV kommer även att ansöka om nya medel för den fortsatta verksamheten. Doktorandprojektet kommer fr o m jan. 2006 att även få stöd från Zoologiska institutionen, SU.

## 5. CITERAD LITTERATUR

Anon. 2000. Vindkraft till havs; en litteraturstudie av påverkan på djur och växter.

Naturvårdsverket, rapport 5139. 55 pp

Ambrose RF, Swarbick SL. 1989. Comparison of fish assemblages on artificial and natural reefs off the coast of southern California. *Bull. Mar. Sci.* 44: 718-733.

Bailey-Brock JH, 1989. Fouling community development on an artificial reef in Hawaiian waters. *Bull. Mar. Sci.* 44: 580-591.

Bohnsack JA, 1996. Maintenance and recovery of reef fishery productivity. In: Reef fisheries (eds. Polunin NVC, Roberts CM). Chapman & Hall, London. pp 283-314.

- Buckley RM, 1982. Marine habitat enhancement and urban recreational fishing in Washington. *Mar. Fish. Rev.* 44: 28-37.
- Coll J, Moranta J, Renones O, Garcia-Rubies A, Moreno I, 1998. Influence of substrate and deployment time on fish assemblages on an artificial reef at Formentera Island (Balearic Islands, western Mediterranean). *Hydrobiologia* 385: 139-152.
- Ebeling AW, Laur DR, 1985. The influences of plant cover on surfperch abundance at an offshore temperate reef. *Env. Biol. Fish.* 12: 169-179.
- Garpe KC, Öhman MC, (2003) Coral and fish distribution patterns in Mafia Island Marine Park, Tanzania: fish-habitat interactions. *Hydrobiologia* 498: 191-211.
- Grove RS, Sonu CJ, Nakamura M, 1989. Recent trends in Japanese fishing reef design and planning. *Bull. Mar. Sci.* 44.: 984-996.
- Hair CA, Bell JD, Kingsford MJ, 1994. Effects of position in the water column vertical movements and shade on settlement of fish to artificial habitats. *Bull. Mar. Sci.* 55: 434-444.
- Ino TG, 1994. Historical review of artificial reef activities in Japan. *Proc. Artificial Reef Conf.* A&M University, Texas.
- Jansson BO, Aneer G, Nellbring S, 1985. Spatial and temporal distribution of the demersal fish fauna in a Baltic archipelago as estimated by SCUBA census. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 23: 31-43.
- Jensen A, 2002. Artificial reefs of Europe: perspective and future. *ICES J. Mar. Sci.* 59: 3-13.
- Kellison TG, Sedberry GR, 1998. The effects of artificial reef vertical profile and hole diameter on fishes off South Carolina. *Bull. Mar. Sci.* 62: 763-780.
- Kääriä J, Esko S, 1997. Occurrence of 0-group baltic herring (*Clupea harengus membras*) in the littoral zone along the coast of northern Baltic Sea. *Ichthyoplankton Ecology, Fisheries Society of the British Isles*, p 25.
- Levin PS, Hay ME, 1996. Responses of temperate reef fishes to alterations in algal structure and species composition. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 134: 37-47.
- Malm T, 1999. Distribution patterns and ecology of *Fucus serratus* and *F. vesiculosus* in the Baltic Sea. PhD thesis. Department of Botany, Stockholm University, Stockholm.
- Milon JW, 1989. Artificial marine habitat characteristics and participation behavior by sport anglers and divers. *Bull. Mar. Sci.* 44: 853-862.
- Petersen JK, Malm T, 2005. Offshore windmill farms: threats or possibilities to the marine environment. (manuscript in review)
- Pihl L, Wennhage H, Nilsson S, 1994. Fish assemblage structure in relation to macrophyte and filamentous epiphytes in shallow non-tidal rocky- and soft-bottom habitats. *Env. Biol. Fish.* 39: 271-288.
- Rilov G, Benayahu Y, 1998. Vertical artificial structures as an alternative habitat for coral reef fishes in disturbed environments. *Mar. Env. Res.* 45: 431-451.
- Rilov G, Benayahu Y, 2002. Rehabilitation of coral reef fish communities: the importance of artificial reef relief to recruitment rates. *Bull. Mar. Sci.* 70: 185-197.
- Rooker JR, Dokken QR, Pattengill CV, Holt GJ, 1997. Fish assemblages on artificial and natural reefs in the Flower Garden Banks National Marine Sanctuary, USA. *Coral Reefs* 16: 83-92.
- Underwood AJ, 1992. Beyond BACI: the detection of environmental impact on populations in the real, but variable world. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 161: 145-178.
- Wahlberg M, Westerberg H, 2005. Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 288: 295-309.
- Westerberg, H. 1994. Fiskeriundersökningar vid havsbaserat vindkraftverk 1990-1993. Fiskeriverket, Utredningskontoret Jönköping, Rapport 5. (in Swedish)

- Wilhelmsson D, Öhman MC, Ståhl H, Shlesinger Y, 1998. Artificial reefs and dive tourism in Eilat, Israel. *Ambio* 27: 764-766
- White AT, Ming CL, DeSilva MWRN, Gaurin FY, 1990. Artificial reefs for marine habitat enhancement in Southeast Asia. ICLARM, Philippines. 45 p.
- Årnie K, Bonsdorff E, Rosenback N, 1996. Food and feeding habits of juvenile flounder *Platichthus flesus* and turbot *Scophthalmus maximus* in the Åland archipelago, northern Baltic Sea. *J. Sea Res.* 36: 311-320.
- Öhman MC, 2005. Artificiella rev och fisk. Kustfiske och fiskevård - en bok om ekologisk fiskevård på kusten. Sportfiskeförbundet och Fiskeriverket. 300 pp
- Öhman MC, Rajasuriya A, Olafsson E, 1997. Reef fish assemblages in north-western Sri Lanka: distribution patterns and influences of fishing practises. *Env. Biol. Fish.* 49: 45 - 61.
- Öhman MC, Rajasuriya A, 1998. Relationships between habitat structure and fish assemblages on coral and sandstone reefs. *Env. Biol. Fish.* 53:19-31
- Öhman MC, Rajasuriya A, Svensson S, 1998. The use of butterflyfishes (Chaetodontidae) as bioindicators of habitat structure and human disturbance. *Ambio* 27: 708-716.