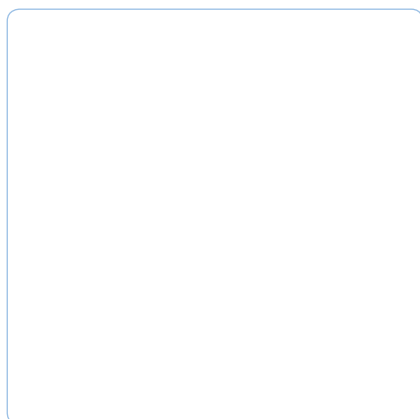


# Vindkraftens effekter på ålvandring

- en studie före etablering

RAPPORT 5569 • JUNI 2006



Vindkraftens effekter  
på ålvandring  
– en studie före etablering

**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 91-620-5569-0.pdf

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2006

Elektronisk publikation

Omslagsfoto: Stina Bertilsson

# 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 vindkraftsutbyggnad, att få bättre underlag för miljökonsekvensbeskrivningar och tillståndsprocesser 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 vindkraftsbranschen.

Den här rapporten har skrivits av Håkan Westerberg och Ingvar Lagenfelt. Skribenterna 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>METODER</b>	<b>9</b>
Telemetrisystem	9
Försöksdesign	9
Märkning	12
Ålar	12
Databearbetning	13
<b>RESULTAT</b>	<b>14</b>
<b>DISKUSSION</b>	<b>20</b>
<b>LITTERATUR</b>	<b>21</b>

## Sammanfattning

Sammanlagt 60 blankålar har märkts med kodade ultraljudsändare och släppts ut vid tre tillfällen cirka 14 km norr om den planerade vindkraftsparken Utgrunden II i Kalmar sund. Genom vindkraftsparkens område har en hydrofonkedja placerats i öst-västlig riktning med täckning över hela sundet. Söder därom har en kortare hydrofonkedja lagts genom vindkraftsparken Utgrunden I. Tid och plats för passagen av de märkta ålarna har registrerats och analyserats.

Syftet med försöket var att etablera en baslinje för jämförelse vid upprepade försök då Utgrunden II har tagits i drift. Vandringsmönstret visar för den långa transekten en koncentration av passager i närheten av 10-meterskurvan, både på sundets sidor och längs banken vid Utgrunden. Förutsättningarna för att detektera en effekt av vindkraftsparken om en sådan föreligger är därför goda. Den huvudsakliga slutsatsen från förstudien är att försöksmetoden tekniskt fungerat mycket väl och ger användbara resultat. Man finner en relativt låg variabilitet i ålarnas beteende, majoriteten vandrar söderut genom sundet och startar vandringen första natten efter utsättningen. Vandringshastigheten är hög, cirka 2 km/tim.

Det visar sig att ett antal ålar passerade i närområdet kring den befintliga vindkraftsparken Utgrunden I. Det är svårt att dra några långtgående slutsatser från dessa observationer, främst därför att driftsdata bara sparats som dygnsmedelvärden och vindarna under försöksperioden var svaga.

## Summary

A total of 60 migrating silver eels were tagged with coded ultrasonic tags and released approximately 14 km north of the planned location of the windpark Utgrunden II. An array of monitoring receivers was deployed across this location covering the whole width of the Kalmar sound. An additional shorter array was laid out across the existing park Utgrunden I. The time and position of passages of the marked eels were registered.

The aim of the experiment was to establish a baseline for future tagging experiments when the windpark is in operation. The observed migration pattern shows a concentration around the 10 meter isobaths, including around the Utgrunden bank, which is the planned location of Utgrunden II. The conclusion is that the experimental design is technically well suited for detecting possible disturbances from the windpark on eel migration. The main observations during the baseline study are a relatively consistent southward migration through the Kalmar sound with a speed during active migration of approximately 2 km/hour.

A few eels were observed passing close to the existing windpark. No clear conclusions regarding possible disturbance from the windpark can be made due to low wind speeds and a lack of detailed operation data from the windpark.



# Inledning

Blankålsfisket har stor betydelse för det svenska kustfisket i Östersjön och Öresund. Uppskattningsvis 400 yrkes- och binäringsfiskare har mer än halva sin inkomst från ålfiske. Blankål kallas den ål som påbörjat lekvandringen till Sargassohavet. Vandringen sker på sensommaren och hösten. Fisket bedrivs huvudsakligen med stora bottengarn, s.k. ålryssjor eller ålhommor, längs kusten.

Från fiskets sida har uttryckts stor oro för att vindkraftsparker kan påverka hur blankålen vandrar och förändra fiskemöjligheterna på etablerade fiskeplatser. Statistiska utvärderingar av fångstdata för blankål i området kring vindkraftsverket vid Nordersund visade en signifikant minskning av fångsten närmast söder om vindkraftsverket vid höga vindstyrkor (Westerberg 1997). Något klart orsakssamband har inte påvisats, det kan vara en direkt effekt av vind och hydrografi som är oberoende av kraftverket eller någon påverkan av buller eller elektromagnetiska fält runt kablar.

Syftet med denna förundersökning är att kartlägga ålens naturliga val av vandringvägar i närheten av de planerade pilotanläggningarna vid Utgrunden 2 och Lillgrund i Öresund, så att man skall kunna jämföra med beteendet i en motsvarande studie efter vindkraftsparkens idrifttagande. Försöken avslutades i slutet av november 2005 och denna redovisning är en preliminär genomgång av resultaten som koncentrerar sig på data från Utgrunden i Kalmar sund.

# Metoder

## Telemetrisystem

Ålarna i försöken märktes med akustiska sändare av fabrikat Vemco modell V13. Sändarna ger en kodad signal med randomiserat tidsmellanrum i intervallet 30 till 60 sekunder vid frekvensen 69 kHz och signalstyrkan 150 dB re 1 $\mu$ Pa, 1 m. Flera olika sändare kan registreras utan att störa varandra även om de befinner sig samtidigt i ett område. Ålarnas rörelser registrerades med hjälp av transekter med hydrofonbojar av modellen VR2. Tekniken beskrivs mer utförligt på hemsidan [www.vemco.com](http://www.vemco.com). Figur 1 visar en hydrofonboja klar för utsättning och Tabell 1 ger en översikt över tekniska data. Detektionsavståndet för hydrofonen testades veckan före försöken och var cirka 2000 m i Kalmar sund. Ingen minskning av detektionsavståndet observerades vid försök i omedelbar närhet av vindkraftsanläggningen Utgrunden 1.

En datalogger i hydrofonbojen registrerar tid, datum och sändarens identitet när en sändare kommer inom hörhåll. När bojen tas upp kan data överföras till dator med en induktiv länk och sedan bearbetas.

VR 2 data	
Storlek	340 mm lång x 60 mm diameter
Vikt	1175 g i luft, 300 g i vatten
Batteri	1 st 3,6 V D-storlek
Batteri livslängd	15 månader
Max djup	100 m
Mottagningsfrekvens	69 kHz
Minne	2 megabyte flashminne, 300.000 detektioner
Fäste	två 9 mm hål



Figur 1. En hydrofonboja VR1 med flytkula och ankringslina. Tabellen ger dataloggerens specifikationer.

## Försöksdesign

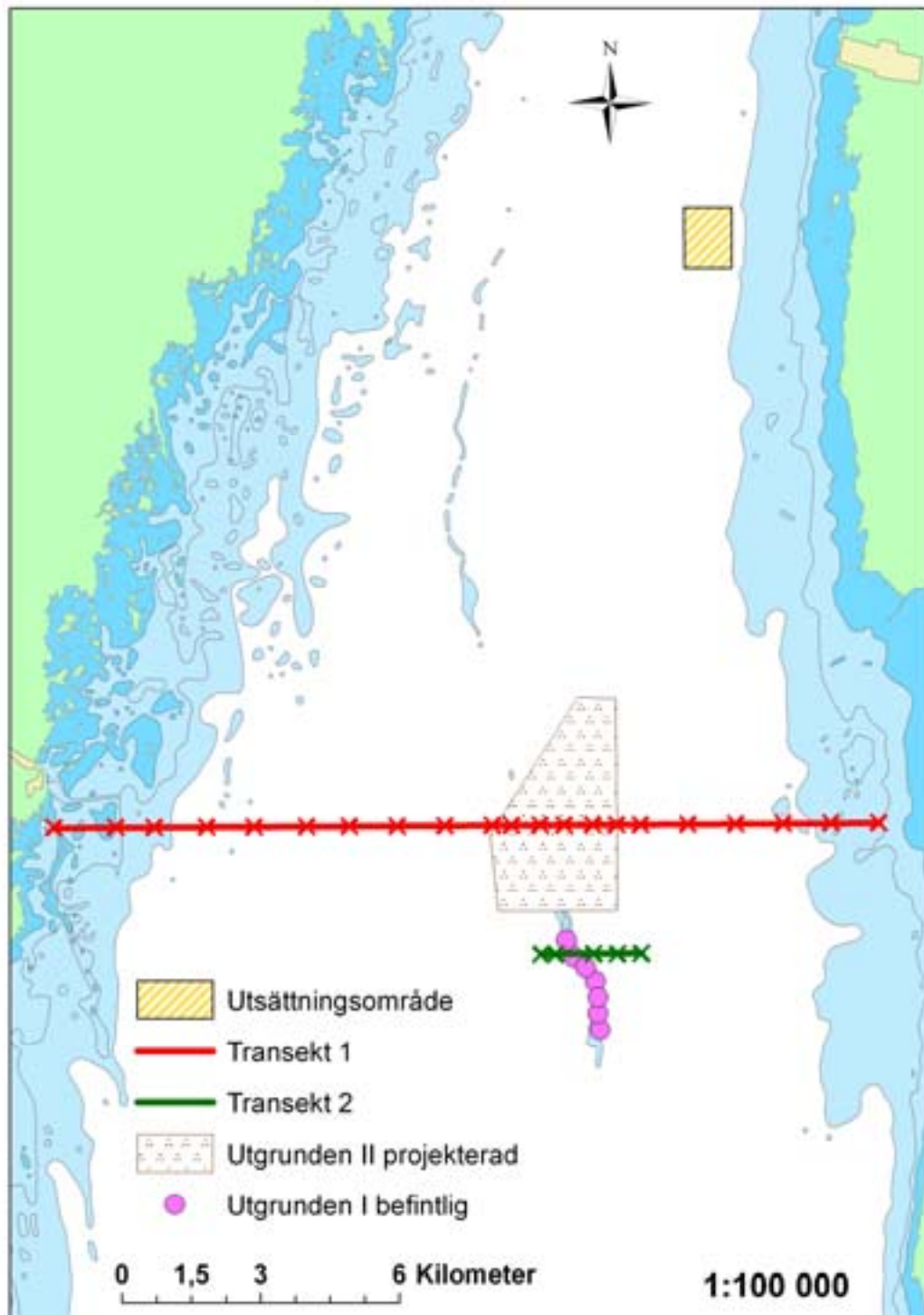
Sammanlagt 30 VR2-bojar användes i försöken. I Kalmar sund sattes fyra bojar i en fyrkant för att täcka in utsättningsplatsen så att man skulle kunna registrera när och åt vilket håll ålarna startade vandringen efter utsättningen. En transekt lades med 21 bojar i öst-västlig riktning över hela sundet i höjd med området för den planerade vindkraftsparken Utgrunden 2. Avståndet mellan hydrofonbojarna var cirka 1 km närmast fastlandets och Ölands kust och cirka 500 m vid de projekterade vindkraftsverken i de centrala delarna av sundet. Med dessa avstånd registrerades en passerande ål på minst två, normalt fyra till fem hydrofonbojar.

Resterande fem hydrofonbojar placerades i en kortare transekt i öst-västlig riktning över centrum av Utgrunden 1. Avståndet mellan bojarna var i genomsnitt 500 m, med undantag för en boja som annars hade hamnat på branten vid grundet.

I Kalmarsund sattes bojarna ut den 29 september och togs upp igen 14 dagar senare, den 12 oktober. Utsättning av de märkta ålarna gjordes i tre omgångar med 20 ålar varje gång; den 30 september, 3 oktober och 5 oktober. Anledningen var att man på så sätt minskade risken för att för många ålar samtidigt befann sig inom hörhåll för en boj och på så sätt orsakad blockering av registreringen eller felregistreringar. Vidare gav det större variation i ström- och vindförhållanden under försöket. Figur 2 visar transekternas placering i Kalmar sund.

Bojarna togs upp den 12 oktober. Som minst hade ålarna 7 dygn då på sig från utsättningen att passera transekterna. Detta bedömdes som en god marginal med hänsyn till tidigare erfarenheter från telemetriförsök och konventionella märkningar.

Information om försöket spreds i tidskrifterna ”Yrkesfiskaren” och den danska ”Fiskeritidende” med uppmaning att informera om återfångade ålar med sändare. En belöning på 500 kr gavs för sändare och ål.



Figur 2. Översiktskarta med utsättningsplatsen och hydrofonbojornas placering i Kalmarsund. Djupkurvorna 3, 6 och 10 m är inlagda. Bilderna är ej avsedda för navigation © Sjöfartsverket tillstånd nr 03-02913.

## Märkning

Märket fästes utvändigt med rostfri sutur (Figur 3). Märkets vikt i vatten är 6 gram, d.v.s. i samtliga fall mindre än 1 % av ålens kroppsvikt. Gränsen för när man normalt kan observera effekter av telemetrimärken på fiskens beteende är 2 % av kroppsvikten (Jepsen et al 2002). Märkningen gjordes dagtid och ålarna släpptes direkt efter märkningen, spridda inom utsättningsområdet.

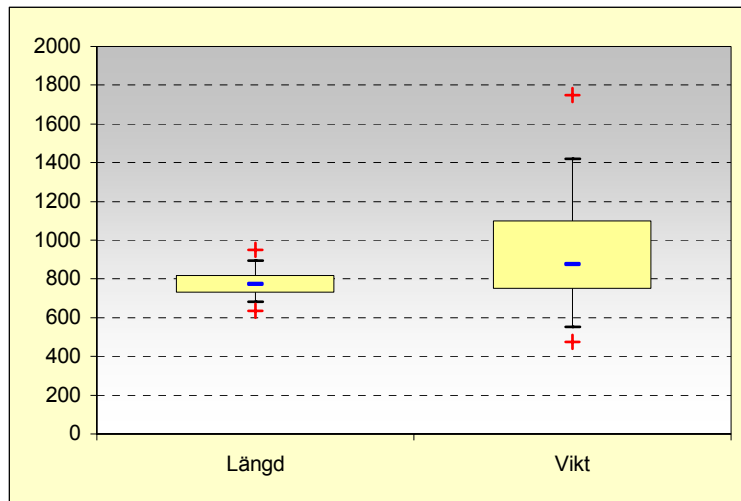


Figur 3. Ål med kodad ultraljudsändare.

Utöver märkningen med kodade ultraljudsändare märktes totalt 20 ålar med data-samlingsmärken av fabrikat Lotek LTD 2410 (för specifikationer se <http://www.lotek.com/archival.htm>). Dessa märkningar är inte del av förstudien och kommer att redovisas separat. Resultaten har emellertid intresse vid analysen av förstudien genom att de visar på ålarnas dygnsaktivitet och beteende under vandringen varför exempel på data kommer att presenteras. Märkena var programmerade att registrera simdjup, vattentemperatur och ljusstyrka en gång varje minut.

## Ålar

Ålarna som användes i studien hade fångats i ålbottengarn norr om Bergkvara på fastlandssidan av Kalmar sund, nära i höjd med utsättningsplatsen. Ålen togs direkt från redskapet och hade fångats natten före eller högst en natt före märkningen. Samtliga ålar mättes och vägdes (Figur 4). Genomsnittslängden var 77 cm och genomsnittsvikten 0.93 kg. Ingen ål var mindre än 63 cm vilket innebär att alla var honor. För att bedöma graden av könsmognad mättes ögondiametern (Pankhurst 1982). Ålens kondition mättes med en ultraljudsönd som gav ett mått på fetthalten.



Figur 4. Längd (mm) och vikt (g) för 60 märkta ålar som sattes ut i Kalmar sund. Diagrammen visar medelvärde och 95 % konfidensintervall, rektangeln anger övre och undre kvartilerna, de röda punkterna max- och minimivärden.

## Databearbetning

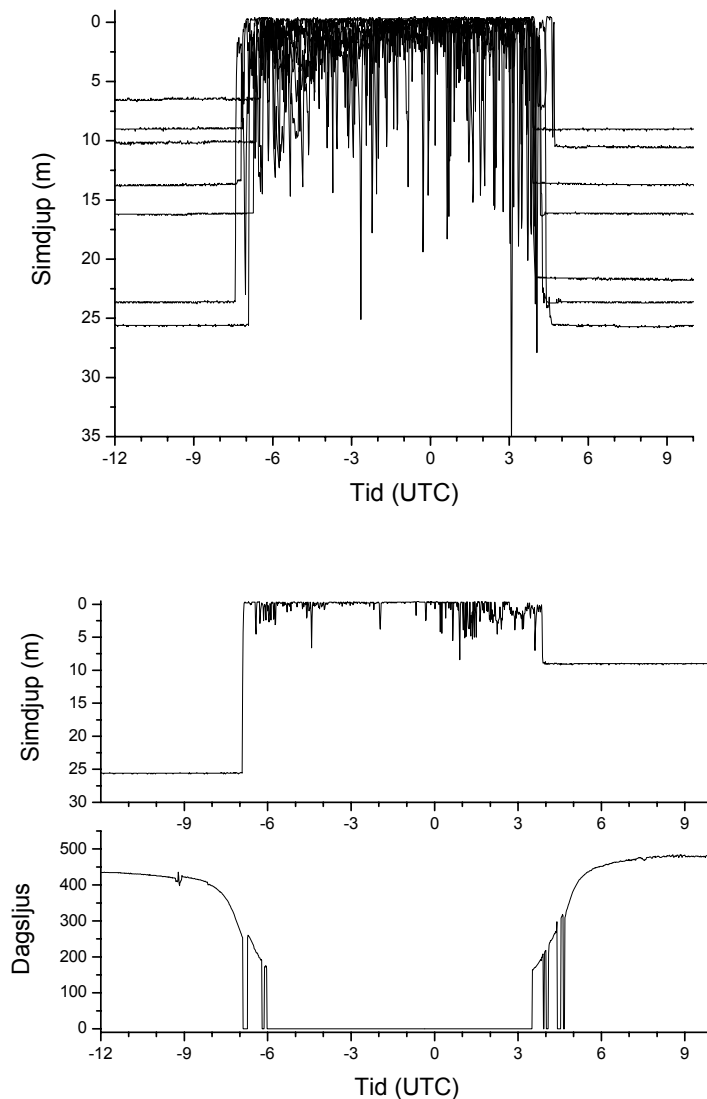
Data från samtliga bojar lästes av och lagrades på dator vid upptagningen den 12 oktober respektive den 17-18 november och 6 december. Analys av passagetider gjordes med programmet "VR2-pc" och i Excel. Grafisk bearbetning har gjorts i Arcview och Maptitude.

I de flesta fall har signalen från ultraljudsändaren registrerats på två eller flera hydrofonbojar samtidigt i samband med att ålen passerat en transekt. Det går då att med hjälp av den relativa signalstyrkan interpolera mellan bojarna och beräkna den ungefärliga punkt längs transekten där passagen skett. Noggrannheten kan variera beroende på olika akustiska betingelser vid hydrofonbojarna. En bedömning är att precisionen ligger mellan 100 och 500 meter, men detta bör undersökas experimentellt vid framtida försök. Tidpunkten för passagen kan bestämmas med hög precision, bättre än 10 minuters osäkerhet.

## Resultat

Sändaren har fungerat på 58 av de 60 märkta ålarna som sattes ut i Kalmar sund, ytterligare en blev kvar på utsättningsplatsen hela perioden, vilket kan innebära att ålen fastnat med märket eller dött. Alla de övriga 57 ålar från vilka det finns data har varit aktiva och lämnat utsättningsplatsen redan första dygnet.

Ett karakteristiskt beteende hos ålar som vandrar i kustområden med relativt grunt vatten är att ålen ligger stilla på botten under den ljusa delen av dygnet och vandrar nära ytan med korta dykningar till större djup under natten. Data från samtliga ålar med datasamlingsmärken visar detta beteende. Figur 5 ger exempel på dygnsrytmen.



Figur 5. Simdjup under 7 dygn för en blankål märkt med datasamlingsmärke (övre diagrammet). Det undre diagrammet visar data från ett av dygnet jämfört med dagsljusintensiteten registrerad av märket och extrapolerad till intensiteten vid vattenytan.

Ålarna märktes och sattes ut under dagtid. Cirka hälften av dem lade sig omedelbart stilla på botten inom hörhåll för de fyra hydrofonbojorna vid utsättningsplatsen, de övriga sam så långt bort att de kom utanför hydrofonernas räckvidd, varefter de lade sig stilla någonstans norr om transekt 1.

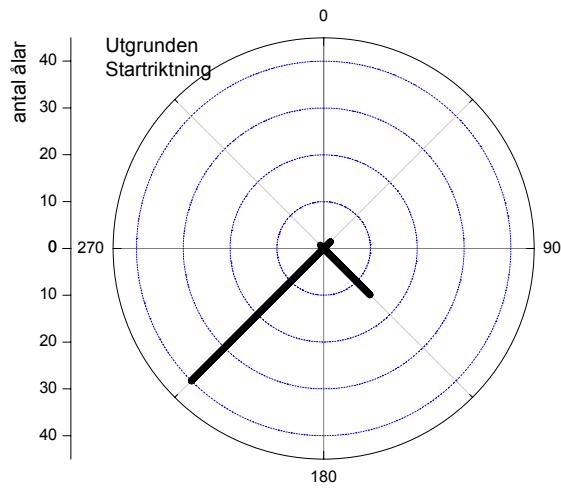
För de 28 ålar som blev kvar i utsättningsområdet kan man bestämma starttiden och startriktningen för första nattens vandring. Initialriktningen har tagits fram genom att se på vilken av de fyra bojorna runt utsättningsplatsen som sist registrerat sändaren. Det finns en viss osäkerhet i detta förfarande eftersom bojorna kan ha olika räckvidd beroende på hur de är placerade i topografin. Den generella bilden av om ålen simmat norrut eller söderut torde dock vara rättvisande. Figur 6 visar riktningfördelningen och man finner att endast tre individer startade inom de nordliga sektorerna. Dessa tre sattes samtliga ut den 30 september.

Av de fungerande 57 sändarna har 50 (88 %) passerat den norra, heltäckande transekten. De flesta passerade första natten efter utsättningen. Sju ålar dröjde kvar minst en natt norr om transekten, den längsta fördröjningen var 6 dygn. Av dem som passerade transekt 1 registrerades 9 stycken åter vid den kortare transekt 2 vid Utgrunden I.

Bland de ålar med en definierad starttid som passerade transekt 1 var det 11 som passerade den första natten. För dessa kan en aktiv simhastighet beräknas. I genomsnitt var denna 1,98 km/tim med standardavvikelsen 0,41 km/tim. Motsvarande beräkning kan göras för 7 ålar baserat på tidsskillnaden mellan passagerna över transekt 1 och 2. Detta ger en genomsnittshastighet av 1,92 och standardavvikelsen 0,53 km/tim.

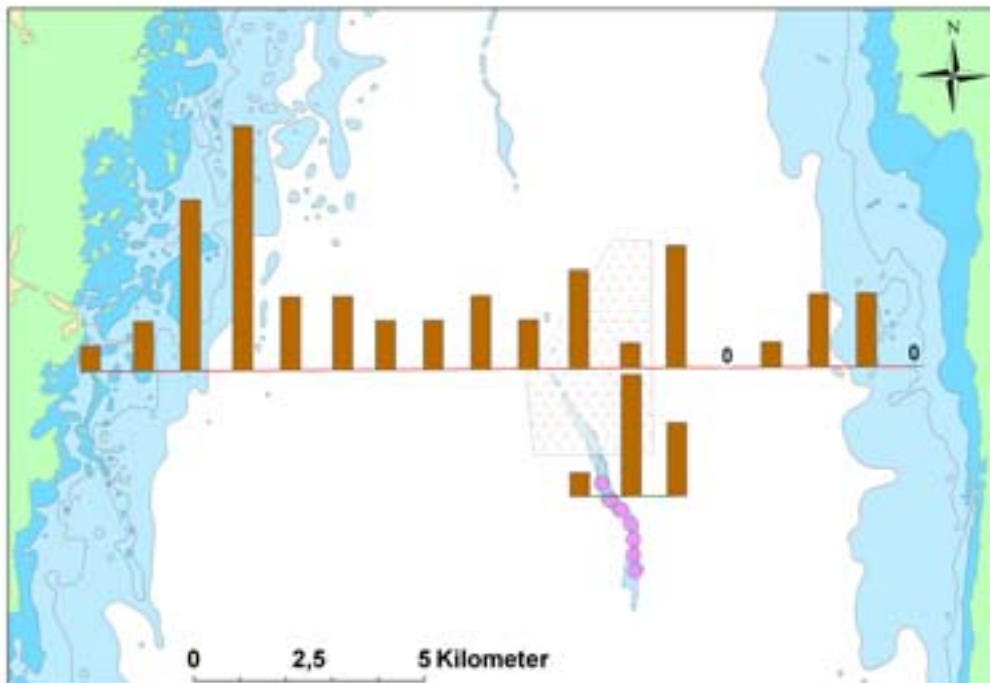
Endast 2 av de ålar som sattes ut i Kalmar sund registrerades i Öresund. Delvis kan detta förklaras av att hydrofonbojorna sattes ut först 15 dagar efter den första märkningen i Kalmar sund. Avståndet från utsättningsplatsen i Kalmar sund till transekten i Öresund var cirka 300 km. Typiskt var ålarna aktiva cirka 12 timmar/dygn och med en genomsnittshastighet av 2 km/tim innebär det att de skulle ha hunnit 360 km på 15 dygn. Även återfångster visar att vissa snabba ålar fångades i närheten av Trelleborg mindre än 10 dygn efter utsättningen. Dessutom täckte hydrofonkedjan i Öresund bara den svenska delen av sundet och mycket talar för att en stor del av ålarna passerar längre västerut.





Figur 6. Översikt av startriktning när ålen lämnade utsättningsplatsen.

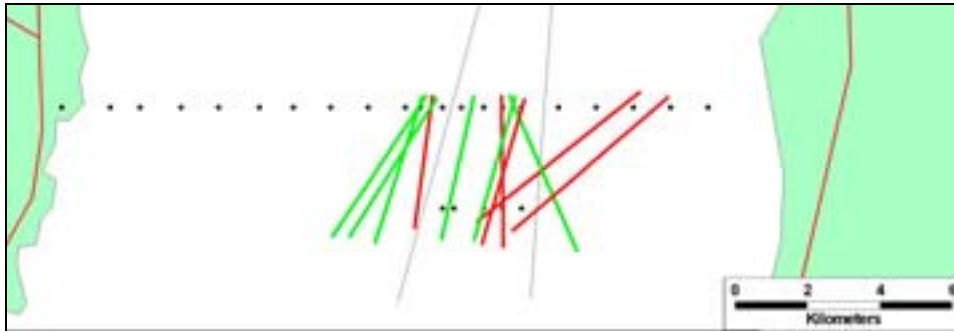
Den generella bilden av ålvandringen i Kalmar sund är en viss koncentration mot sundets västra sida och vid Utgrunden. Både på väst och östsidan sker passagen relativt lång från land. Figur 7 visar antalet ålpassager beräknat per kilometer transekt, vilket gör fördelningen oberoende de olika hydrofonbojarnas placering.



Figur 7. Antal registrerade sändare vid hydrofonbojarna per kilometer för de två transekterna i Kalmar sund. Bilderna är ej avsedda för navigation © Sjöfartsverket tillstånd nr 03-02913.

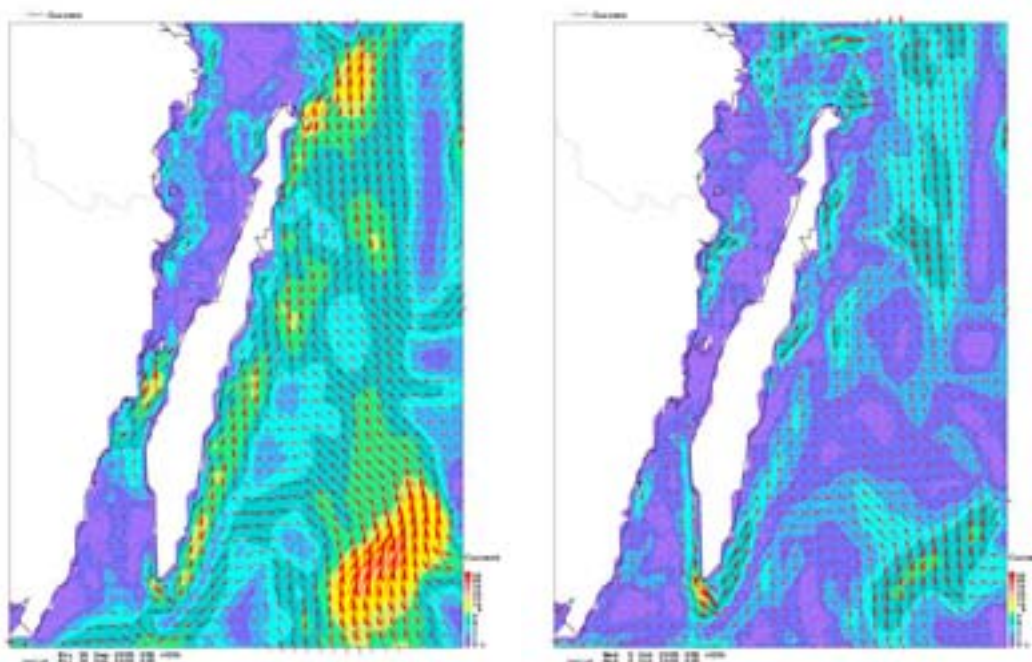
Av de 59 utsatta ålarna som lämnat utsättningsplatsen har fram till årets slut 24 rapporterats återfångade (41 %). Troligen kommer denna siffra inte att öka. Tre återfångster har gjorts i Danmark, övriga i Sverige. Samtliga återfångster har gjorts söder om utsättningsplatsen. Huvuddelen av återfångsterna har skett i ålbottengarn men så mycket som en tredjedel har fångats i olika typer av nät. Sådana återfångster kan ske eftersom ålen fastnar med sändaren. Anmärkningsvärt är att fyra av de fem ålar från utsättningen den 5 oktober som aldrig passerade transekterna har återfångats, samtliga i Hanöbukten. Den troliga förklaringen tycks vara att de vandrat norrut och sedan öster om Öland.

Figur 8 visar en detaljanalys av hur ålar rört sig i närheten av Utgrunden 1. Alla ålar som passerat i eller nära en sektor från utsättningspunkten till den södra transekten har ritats in som linjer mellan den approximativa passagepunkten på den norra respektive den södra transekten.



Figur 8. Förbindelselinjer mellan beräknade passagepunkter på den norra och södra transekten. Alla sändare som passerat genom den södra transekten eller i närområdet norr därom har ritats in. Röda linjer visar ålar från utsättningen den 30 september och gröna den 3 oktober. Inga ålar från utsättningen den 5 oktober har passerat den södra transekten.

Data om vind- och strömförhållanden har lämnats av SMHI. Strömmarna i sundet har skattats från prognoskartor som beräknas dagligen baserat på vattenstånd och vinduppgifter. Figur 9 visar exempel på strömsituationen det första respektive sista utsättningstillfället. Vinddata kommer från observationerna vid Ölandsbron och Ölands södra udde. Tabell 2 sammanfattar omvärldsfaktorer under försöksperioden. Driftsdata från Utgrunden I finns bara som dygnsmedelvärden.

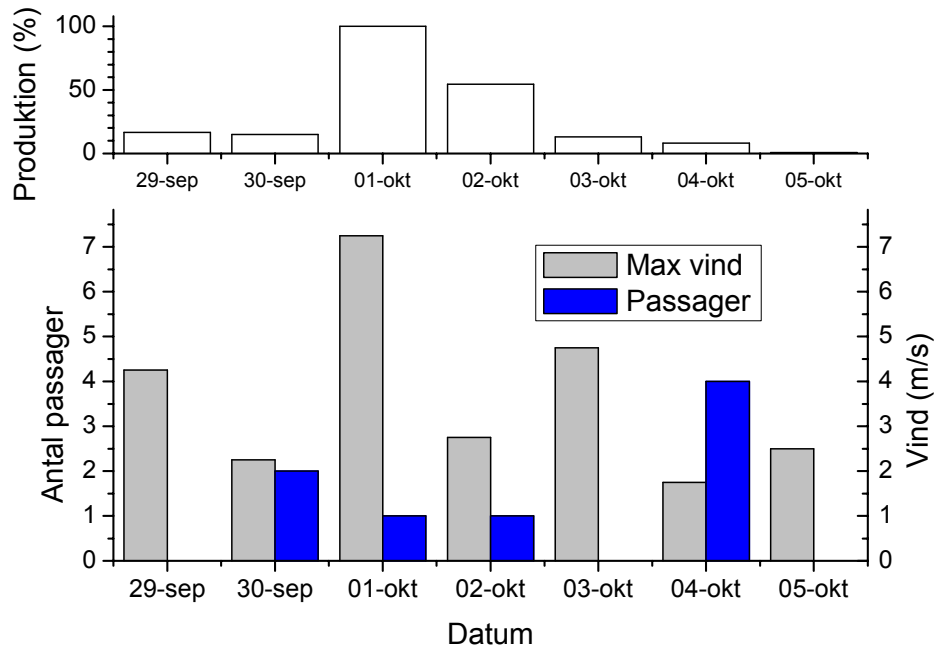


Figur 9. Havsströmmarna i Ölandsområdet från SMHI:s modellering. Den vänstra kartan visar förhållandena natten efter den 29 september med måttlig nordgående ström och den högra natten efter den 4 oktober, med svag sydgående ström.

Tabell 2. Vind- och strömförhållanden i försöksområdet under nätterna efter utsättningen av ålar, samt relativa driftsdata för Utgrunden I, beräknade som dygnsmedelvärden, under samma period.

natt efter	Vindstyrka kl. 19-04 (m/s)		Ström cm/s (+=nordgående)	Produktion vid Utgrunden I % av 1 oktober
	Medel	Max		
29-sep	4.25	5	2	17
30-sep	2.25	4	1	15
01-okt	7.25	8	6	100
02-okt	2.75	4	-2	55
03-okt	4.75	5	-1	13
04-okt	1.75	3	-2	8
05-okt	2.5	3	växlande	1
06-okt	2.5	3	nd	1
07-okt	4.5	5	nd	13
08-okt	7	8	nd	75

Sambandet mellan de yttre förhållandena och tidpunkten då ålar passerade genom transekten 2 över Utgrunden I visas i Figur 10.



Figur 10. Vindförhållanden nattetid och produktionen vid Utgrunden I relaterat till passager av märkta ålar genom transekten över vindkraftsparken.

## Diskussion

Den huvudsakliga slutsatsen från förstudien är att försöksmetoden tekniskt fungerat mycket väl och ger användbara resultat. Man finner en relativt låg variabilitet i ålarnas beteende, majoriteten vandrar söderut genom sundet och startar vandringen första natten efter utsättningen. Vandringshastigheten är hög, cirka 2 km/timme.

Syftet med försöket är att etablera en baslinje för jämförelse vid upprepning av försöken då Utgrunden II har tagits i drift. Vandringsmönstret visar en koncentration av passager över den långa transekten i närheten av 10-meterskurvan, både på sundets sidor och längs banken vid Utgrunden. Förutsättningarna för att detektera en effekt av vindkraftsparken om en sådan föreligger är därför goda. Om byggstarten senareläggs vore det värdefullt att utöka baslinjematerialet med ytterligare försök 2006.

Det visar sig att ett antal ålar passerade i närområdet kring den befintliga vindkraftsparken Utgrunden I. Det är svårt att dra några långtgående slutsatser från dessa observationer, främst därför att driftsdata bara sparats som dygnsmedelvärden. Det är viktigt att vid framtida försök säkerställa att kraftverkens drift registreras med tillräcklig tidsupplösning. Vinddata visar att vindstyrkan minskar nattetid då ålarna är aktiva. Den enda natt då man med hög sannolikhet kan anta att kraftverken varit igång under ålpassagen är natten efter den 1 oktober, då en ål passerade.

## Litteratur

Jepsen, N., Koed, A., Thorstad, E. B. och E. Baras. 2002. Surgical implantation of telemetry transmitters in fish: how much have we learned? *Hydrobiologia* 483:239-248

Pankhurst, N. W. 1982. Relation of visual changes to the onset of sexual maturation in the European eel (*Anguilla anguilla* L) *J. Fish Biol.* 21:127-140

Westerberg, H. 1997. Havsbaserat vindkraftsverk vid Nordersund: Effekter på blankålsfisket. PM 970404 Fiskeriverkets Kustlaboratorium

# Vindkraftens effekter på ålvandring

RAPPORT 5569

NATURVÅRDSVERKET  
ISBN 91-620-5569-0  
ISSN 0282-7298

- en studie före etablering

När man bygger nya anläggningar i havet är det viktigt att veta hur växter och djur i dess närhet kommer att påverkas. I denna rapport redovisas en studie av hur ål vandrar i Kalmarsund och Öresund, där vindkraftanläggningar planeras. Studien ska användas som jämförelse med uppföljande studier efter etablering för att kunna dra slutsatser om effekter av vindkraftsetableringen. Kunskapen förväntas även vara till nytta vid prövning av tillstånd enligt miljöbalken för kommande vindkraftanläggningar.

**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.

