

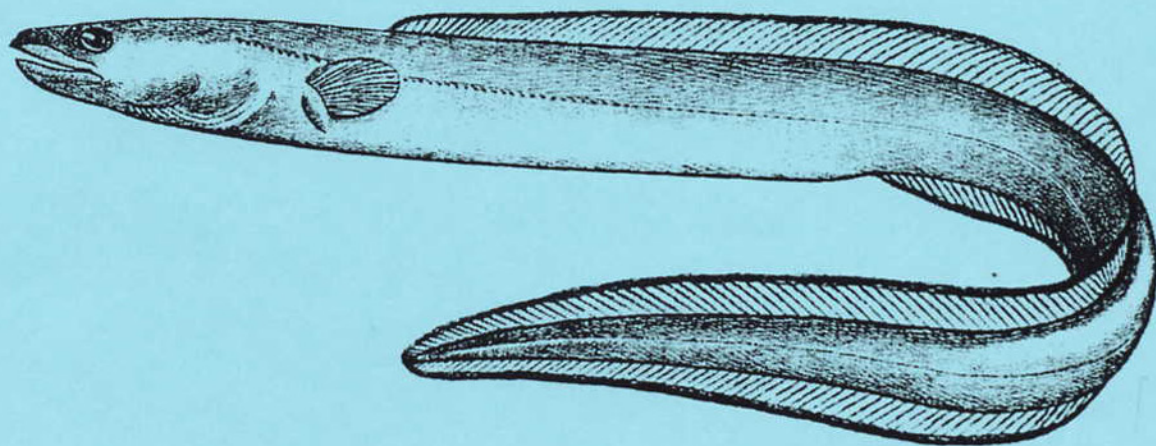


FISKERIVERKET

Utredningskontoret Jönköping

Fiskeriundersökningar vid havsbaserat vindkraftverk 1990-1993

Håkan Westerberg



Rapport 5 - 1994
Göteborgsfilialen
Utredningskontoret i
Jönköping

FISKERIUNDERSÖKNINGAR VID VINDKRAFTVERKET

"SVANTE 1" 1990 - 1993

Håkan Westerberg

INNEHÅLL

	sid
Inledning	2
Hydroakustiska mätningar	6
Journalföring av blankålsfångster	10
Telemetriförsök med blankål	21
Provfisken	28
Referenser	36
Appendix (Provfiskeresultat)	38

Postadress Postal address	Telefon Telephone	Telefax	Telex	Postgirokonto Postal account
Nya Varvet, hus 31	Nat 031-691105	Nat 031-691109	27 108 NATFISH S	1 56 92-7
5-426 71 Västra Prälanda	Int + 4631691105	Int + 4631691109		
SWEDEN				

INLEDNING

Sydkraft startade 1990 världens första försöksanläggning för havsbaserad vindkraft, strax utanför Nordersund på yttre Listerlandet i Hanöbukten. Vindkraftverket är av fabrikat Windworld a/s och har effekten 220 kW. Anläggningen är ett pilotprojekt för att studera installation av vindkraft till havs ur tekniska, ekonomiska och miljömässiga synpunkter.

Fiskeristyrelsens utredningskontor i Kalmar fick 900625 i uppdrag att genomföra ett kontrollprogram för fiske vid vindkraftsverket under perioden 1990-1995. Undersökningarna har därefter överförts till Fiskeriverkets utredningskontor i Jönköping. Programmet omfattade ursprungligen tre moment:

1. Analys av daglig journalföring från tre ålbottengarn i kraftverkets närhet, med datainsamling under hela kontrollperioden.
2. Telemetriundersökningar på blankål i närområdet med kraftverket i och ur drift, att genomföras vid två tillfällen.
3. Provfisken med översiktsnät alternerande med kraftverket i och ur drift, att göras vid två tillfällen.

Senare tillkom momentet:

4. Uppmätning av kraftverksbullrets spektralfördelning och ljudintensitet i vattnet på olika avstånd.

En arbetsrapport med en preliminär bearbetning av 1991 års resultat har lämnats till Sydkraft 1992. Under 1993 slutfördes moment 2-4. Denna rapport kan betraktas som slutredovisning av dessa delar. Kraftverket brann i januari 1994. Driften kommer troligen att återupptas men tidpunkten är för närvarande osäkert. Moment 1, journalföringen, kommer därför att fortsätta 1995 men bör kompletteras med ytterligare något år om den 5-årsperiod under drift som ursprungligen avsågs skall fullföljas.

Bakgrunden till att vindkraftverkets effekt på fisk och fiske har uppmärksamats är en ökande medvetenhet om betydelsen av ljudinformation i fiskarnas beteende, speciellt den nya kunskapen om känsligheten för infraljud. En allmän introduktion i fiskarnas hörsselfysiologi har därför tagits med som underlag inför genomgången av undersökningsresultaten.

Blankålsvandringen har studerats genom att jämföra fångsterna i redskapen nära kraftverket under perioden före och efter starten 1990. Genom att fångsterna även utan närvaron av ett vindkraftverk är starkt beroende på vindförhållandena så har denna jämförelse gjorts med hänsyn till vindstyrkan vid vittjningstillfället. Under den period som kraftverket existerat har också jämförelse gjorts mellan tidpunkter med driftstopp respektive normal drift. En minskning av fångsten tycks ha skett i redskapet närmast norr om kraftverket, men ytterligare statistik bör samlas in för att bekräfta resultaten.

Avsikten med telemetriförsöken var också att studera eventuella effekter på blankålens vandringsbeteende. Dessa experiment kunde inte påvisa någon inverkan på ålarnas orientering när kraftverket var i drift. Alla ålar valde en bana relativt långt från land.

Effekter på det kustnära fiskesamhället undersöktes med nätprovfisken. En påtagligt större fisktäthet i närområdet till kraftverket tycks bero på en attraktion till kraftverksfundamentet, som fungerar som ett artificiellt rev. De vanligaste fiskarterna var torsk, mört och rötsimpa. Fångsten av alla dessa arter minskade i kraftverkets omedelbara närhet då kraftverket var igång.

Fiskars reaktioner på ljud och vibrationer

Fiskar hör bra i basregistret. Generellt ligger hörseltröskeln under bakgrundsbrusets nivå för lågfrekventa toner. Ytteröra saknas och ljudvågorna registreras genom rörelserna hos en hörselsten - otoliten - i innerörat, vilken påverkas direkt av vågens orbitalrörelser och indirekt genom ljudtrycksvariationerna på simblåsan. Detta innebär att hos fiskar utan simblåsa så avtar känsligheten snabbt vid frekvenser över otolitens mekaniska egenfrekvens, vilken är av storleksordning 100 Hz. Arter som saknar simblåsa, som t.ex. makrill och plattfisk, är därför väsentligen döva över 250 Hz.

Med simblåsa ökar både känsligheten och frekvensomfånget. Ljudvågens tryckfluktuationer orsakar små volymsändringar av simblåsan, vilka ger rörelser i den omedelbara omgivningen som är tillräckligt stora för att påverka otolitorganet. Denna effekt ger ett övre frekvensomfång vid cirka 500 Hz för hörseln hos det stora flertalet fiskar.

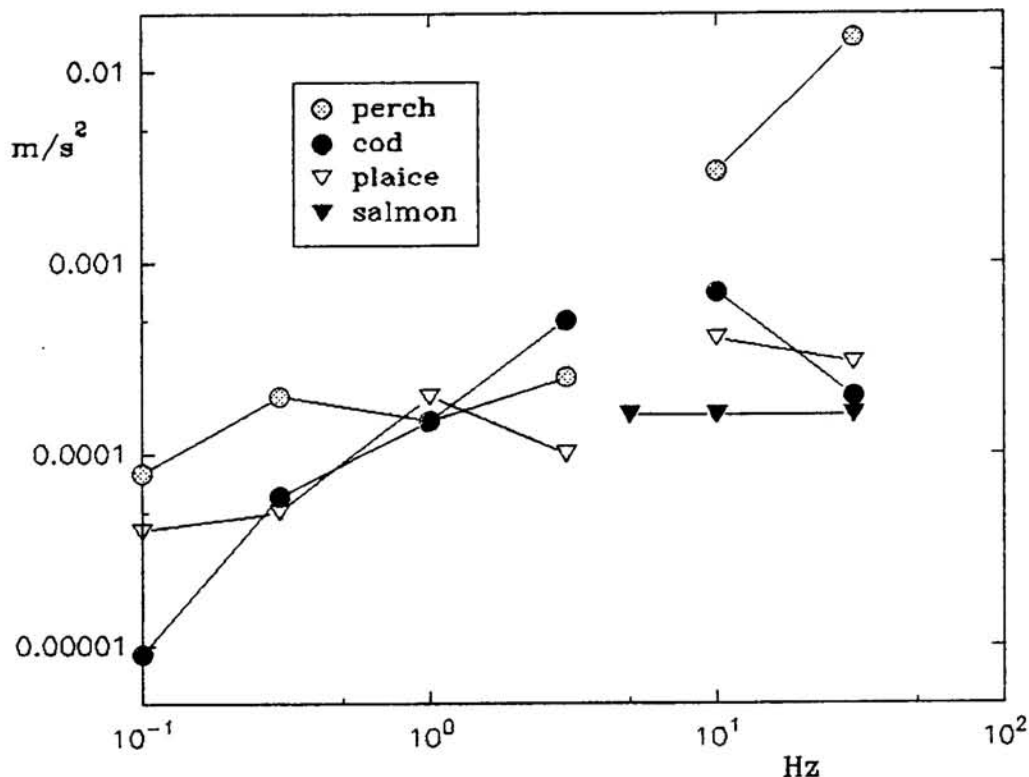
Vissa arter har specialiserade mekanismer för att koppla simblåsans rörelser direkt till otoliten. Ett exempel är sillfiskarna. Sådana hörselspecialister kan uppfatta ljud upp till cirka 2000 Hz och har en hörseltröskel som ligger ungefär 40 dB under den hos arter som saknar simblåsa.

Fiskar kan avgöra riktningen till en ljudkälla inte bara i horisontalplanet utan också vertikalt (Hawkins och Sand 1977). Genom att otoliten reagerar både på den direkta rörelsen i ljudvågen och på ljudtryckets effekt på simblåsan har fiskar också den unika förmågan att i det akustiska närfältet kunna avgöra avståndet till en ljudkälla oberoende av ljudintensitet (Schuijf och Hawkins 1983). Tillsammans gör dessa egenskaper det möjligt för fiskar att bilda sig en akustisk karta av omgivningen och att effektivt kunna orientera sig med hjälp av hörseln.

Mot låga frekvenser blir hörförmågan oberoende av om fisken har simblåsa eller inte och den primära känsligheten är för acceleration snarare än för ljudtryck. Det har visat sig att alla arter som undersökts är känsliga långt ned i infraljudsområdet: sill (Blaxter och Batty 1985), torsk (Sand och Karlsen 1986), abborre (Karlsen 1991a), rödspätta (Karlsen

1991b) och lax (Knudsen et al 1992).

Accelerationsaudiogram från dessa experiment har ställts samman i Figur 1. Man ser att accelerationskänsligheten är konstant eller långsamt ökande mot lägre frekvens ända till 0.1 Hz. Någon undre frekvensgräns har inte kunnat påvisas.



Figur 1. Accelerationsaudiogram för några fiskarter.

I det för fiskarnas hörbara område dominerar bakgrundsbruset av brytande vindvågor och ljudet från båtar. Brusnivån ökar snabbt med vindstyrkan och nära surfzonen.

Fiskars reaktioner på för människor hörbart ljud (dvs >20 Hz) är i allmänhet svaga och tillvänjning sker snabbt. Detta har konstaterats vid ett flertal misslyckade försök att använda ljud för att styra fiskar undan kraftverksintag (Larsson 1992). Starka, bredbandiga ljudkällor, som fartyg, ger undflyendereaktioner hos torsk och sill på relativt kort avstånd (Ona och Toresen 1988b, Engås et al 1991). Lax däremot passerade utan märkbar tvekan i omedelbar närhet av mudderverk i full drift (Westerberg 1982).

För infraljudfrekvenser skiljer sig emellertid beteendet väsentligt. Knudsen et al (1992) har visat en stark undflyendereaktion från en 10 Hz ljudkälla. Full effekt nåddes vid intensiteten 10^{-3} m/s^2 och vid denna frekvens var tillvänjningen mycket långsam. Vid 150 Hz däremot vände sig fiskarna snabbt vid ljudkällan. Samma accelerationströskel, 10^{-3} m/s^2 , fann Blaxter och Batty (1985) för undflyendereaktion hos sill för en 15 Hz signal.

Infraljudskänslighetens funktion är okänd. En hypotes är att

starka, naturliga ljudkällor kan fungera som landmärken vid fiskarnas vandringar (Sand och Karlsen 1986). Enger et al (1989) har framfört tanken att anfallande predatorer alstrar infraljud och att både känsligheten och undflyendereaktionen därför har överlevnadsvärde.

HYDROAKUSTISKA MÄTNINGAR

Att vindkraftverk alstrar buller på land är välkänt. I vilken utsträckning ljud och vibrationer överförs till vattnet vid en havsbasering var emellertid okänt. För att undersöka spektralkaraktären och ljudstyrkan hos undervattensbullret gjordes därför en serie mätningar kring "Svante" vid olika vindförhållanden. Eftersom infraljud visat sig ha speciella effekter på fisk så gjordes mätningarna ned till cirka 1 Hz.

Metoder

Som hydrofon användes en Brüel & Kjør 8101, med frekvensomfånget 0.5 Hz - 60 kHz och känsligheten -183 dB re 1 μ V/Pa. Mätningarna gjordes från en förankrad mindre båt. För att minimera inverkan av tryckfluktuationerna från vindvågor och för att frikoppla hydrofonden från rörelser i kabeln så hängdes denna i en undervattensboj som förankrades invid båten på cirka 4 m djup.

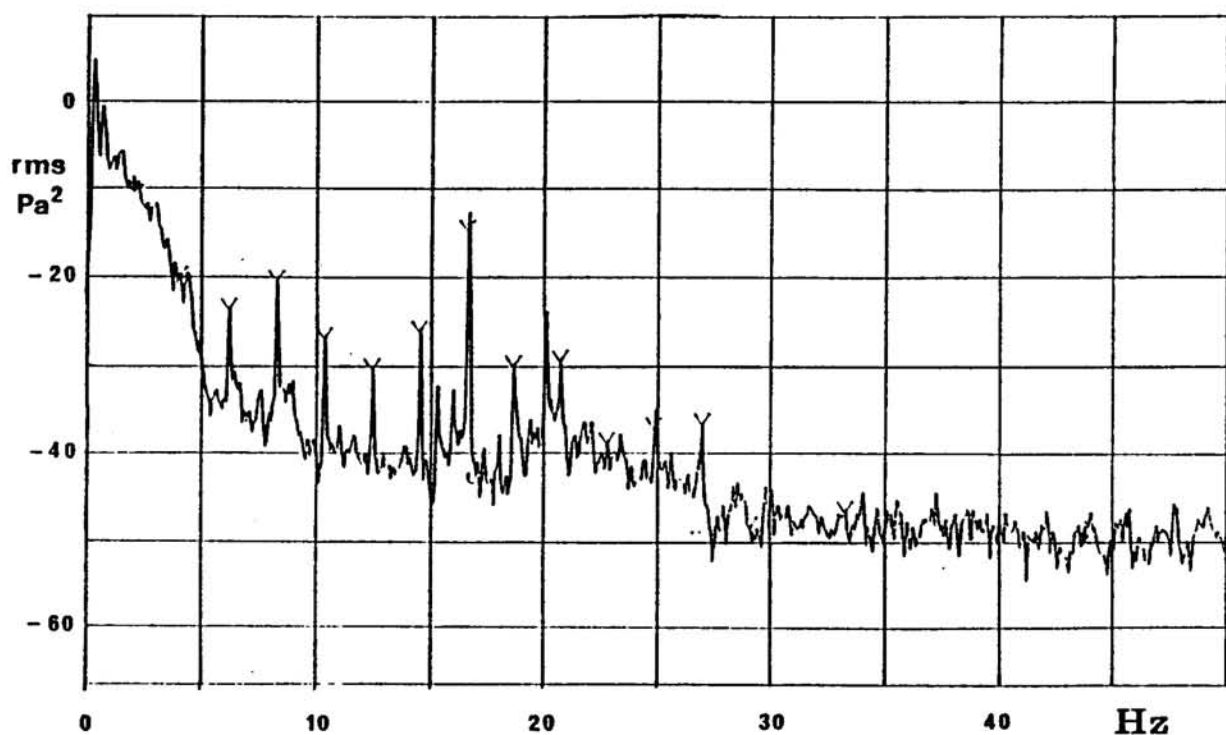
Vid två tillfällen (1991 och 1992) gjordes mätningar på detta sätt med hydrofonden direkt kopplad till en realtidsanalysator av fabrikat Larson & Davies, som gav tersbandspektra i frekvensområdet 1 Hz - 20 kHz. Varje spektra medelvärdesbildades över 60 sek. För att kunna ta hänsyn till den varierande nivån på det naturliga, vindgenererade bakgrundsbruset så registrerades på varje mätposition flera spektra med kraftverket igång och avstängt.

Vid mätningar 1993 bandades hydrofonsignalen för att i efterhand kunna göra en smalbandsanalys. Efter förstärkning i en kalibrerad instrumentförstärkare AD 521 lagrades signalen på en Sony TCD-D3 DAT-bandspelare. Detta mätsystem minskade bandbredden till cirka 2 Hz - 20 kHz. Analysen gjordes på en Hewlett-Packard 3562A med upplösningen 94 mHz i området 1 - 50 Hz.

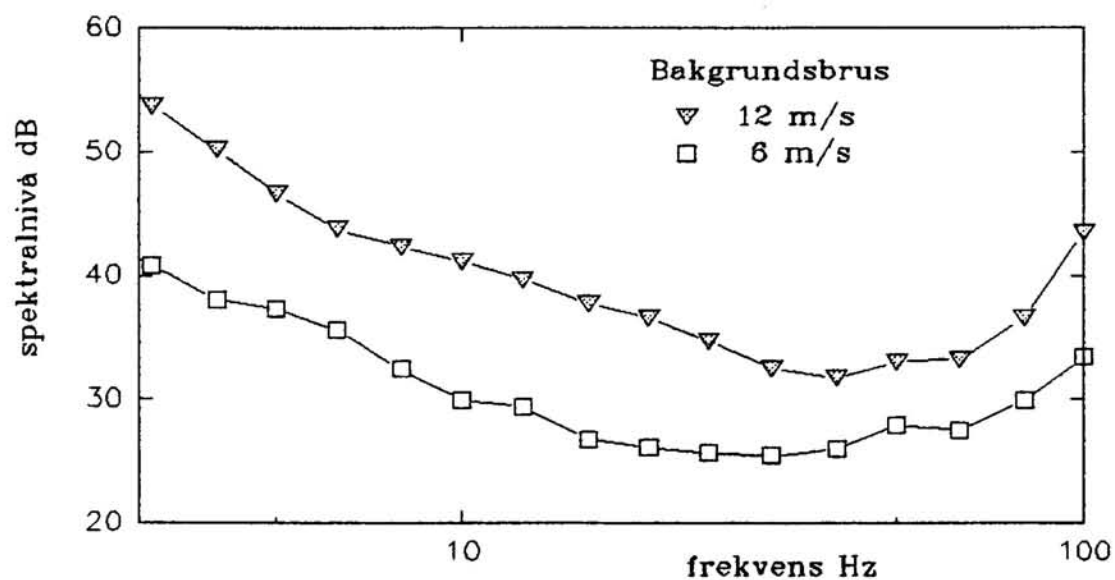
Resultat

Kraftverkets 3-bladiga rotor ger en bladpassagefrekvens som är 2.08 Hz i tomgång. Vid belastning ökar frekvensen något, till 2.125 Hz vid full effekt. Under inspelningen 1993 var vindhastigheten 5-6 m/s och effekten endast 20 kW. Figur 2 visar spektralfördelningen i vattnet vid detta tillfälle. Man ser ett stort antal övertoner till bladpassagefrekvensen, bland vilka den 8:e dominerar. Den enda spektraltopp av betydelse som inte är en multipel av bladfrekvensen är en topp vid 20.12 Hz.

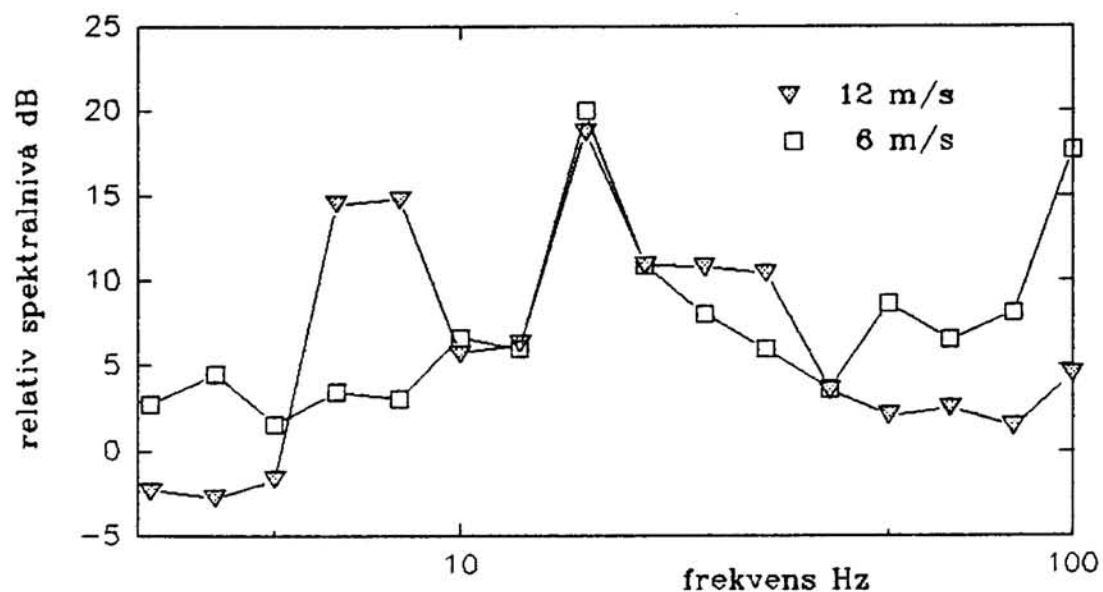
Även 1992 var vindstyrkan vid mättillfället strax över kraftverkets tröskelhastighet och belastningen på generatorn låg. Vid försöken 1991 blåste det emellertid mer, cirka 12 m/s. Figur 3 och 4 visar tersbandspektra från dessa tillfällen, dels bakgrundsbrusets nivå, dels nivåökningen på grund av kraftverket. Även vid dessa tillfällen dominerar den 8:e övertonen, men vid den högre vindhastigheten tillkommer en till synes bredare spektraltopp runt 6-8 Hz. Någon



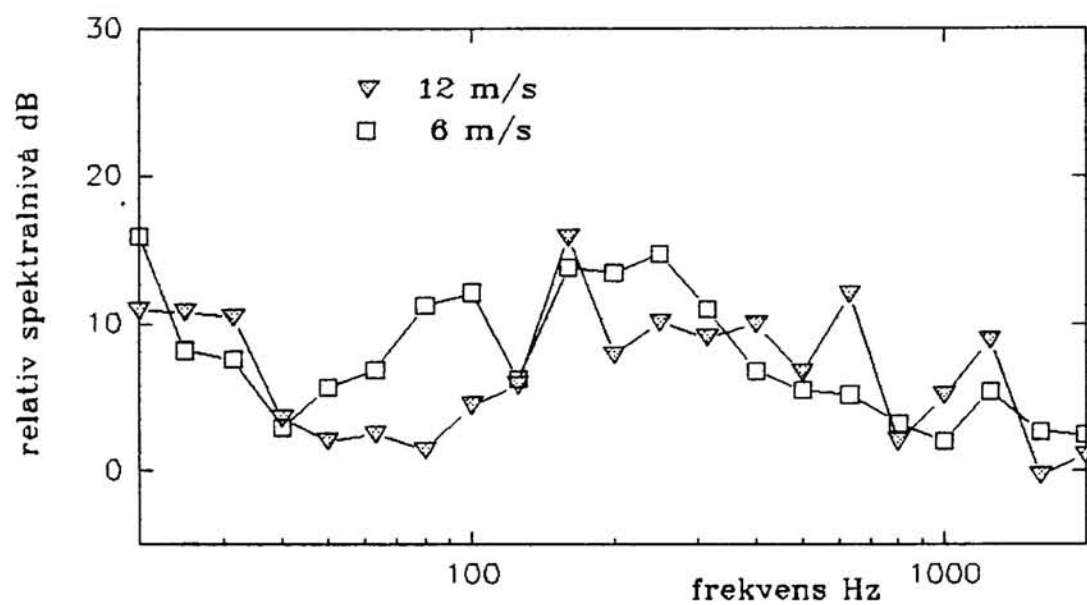
Figur 2. Spektralfördelning uppmätt i vattnet nära kraftverket. Konstant bandbredd 0.094 Hz.



Figur 3. Bakgrundsbrusets spektralnivå vid två olika vindstyrkor. För att få nivån relativt ljudtrycket 1 μ Pa skall man addera c:a 55 dB.



Figur 4. Ökningen av spektralnivån relativt bakgrundsbruset (se Fig 3) på grund av kraftverket.



Figur 5. Kraftverkets bidrag till tersbandspektrat i det hörbara frekvensområdet.

smalbandsanalys är inte tillgänglig för denna topp och alstringsmekanismen är okänd. I den hörbara delen av spektrum (Figur 5) dominerar ett bredbandigt brus med tyngdpunkt vid 160 Hz.

Mätningar på olika avstånd visar att intensitetsavtagandet i infraljudsområdet beskrivs bra av en väsentligen cylindrisk spridning. På 300 m avstånd har spektraltoppen vid 16.7 Hz minskat med 21 dB och ligger endast 5 dB över bakgrundsbrusets nivå. Omräknat till acceleration motsvarar det uppmätta ljudtrycket vid 16.7 Hz en källstyrka på cirka 5 dB re 10^{-5} m/s^2 , 1 m.

Diskussion

Ljudmätningarna visar att kraftverket alstrar ljud i ett brett frekvensområde som sprids i vattnet. Kraftverksbullrets intensitet ökar med vindstyrkan i ungefär samma takt som bakgrundsbruset. För frekvenser över 50 Hz är brusnivån proportionell mot vindstyrkan i kvadrat, dvs en fördubbling av vindstyrkan ökar brusnivån 6 dB. För infraljud kommer brytande vågor in som en viktig faktor och för vindhastigheter i det intervall där vågorna börjar bryta i högre frekvens så medför en fördubbling av vindstyrkan 10-12 dB högre brusnivå (Nichols 1987). Detta innebär att i en given punkt tenderar kraftverksbullret att överstiga bakgrundsbruset lika många dB oberoende av vindstyrkan.

Den dominerande frekvensen i infraljudsområdet är 16.7 Hz, vilket är den 8:e övertonen till bladpassagefrekvensen. Ljudstyrkeminskningen med ökande avstånd från kraftverket kan beskrivas som en rent geometrisk spridning på en expanderande cylinderyta, där varje fördubbling av avståndet minskar intensiteten 3 dB.

JOURNALFÖRING AV BLANKÅLSFÅNGSTER

Under juli-november pågår ålens lekvandring i Östersjön. De ålar som närmar sig könsmognad, s.k. blankål, lämnar då sina uppehållsplatser i sötvatten eller längs kusten runt Östersjön och startar vandringen mot Sargassohavet. Blankål från huvuddelen av Östersjön konvergerar i Hanöbukten, varför ålfisket där alltid varit omfattande och av stor betydelse. En minskning av nyrekryteringen av ål har emellertid medfört en stadig fångstminskning under hela 70- och 80-talet.

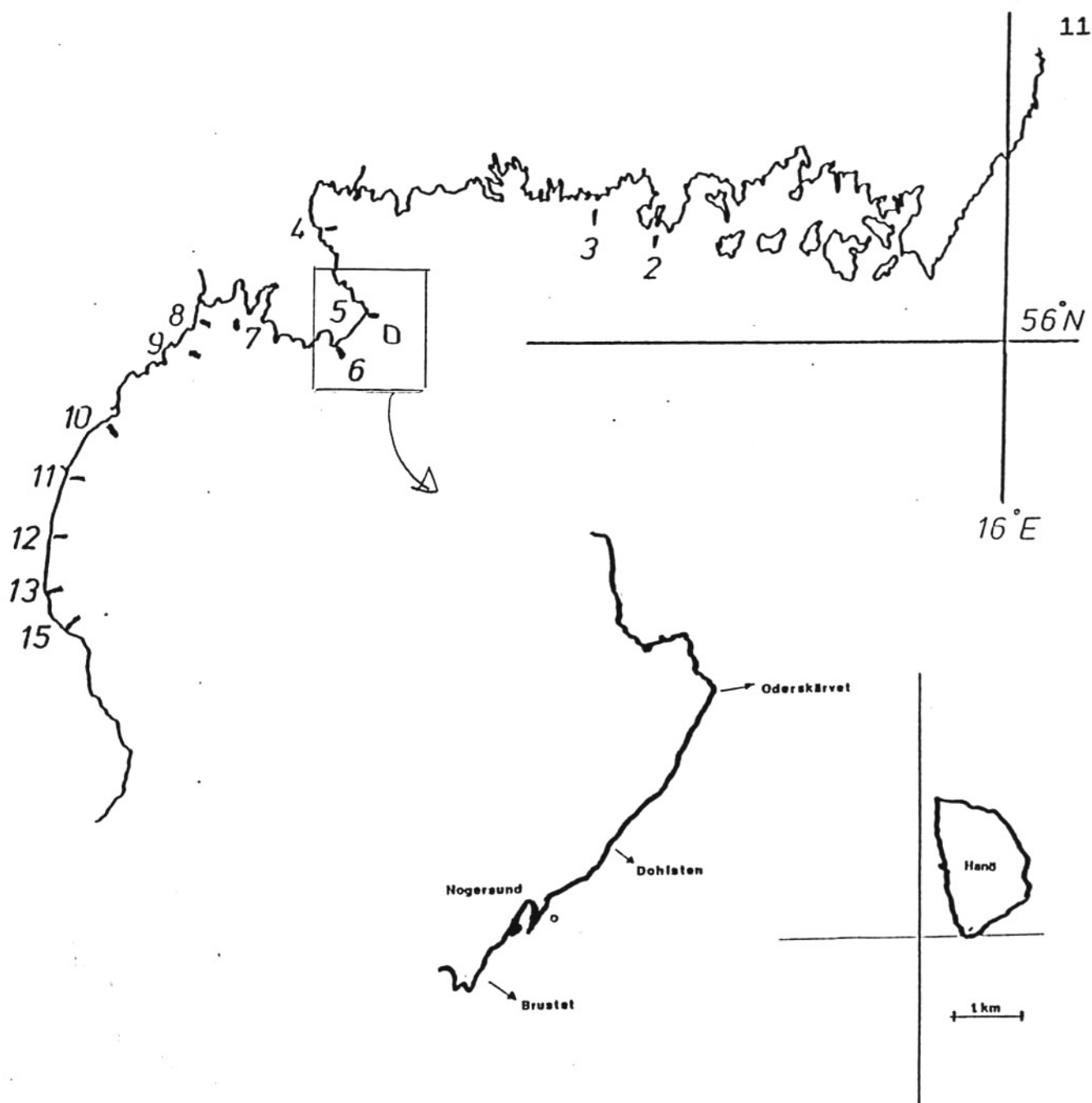
Blankålsfisket bedrivs huvudsakligen med stora, fasta bottengarn längs kusten. I samband med fiskeriutredningar för cellulosaindustrierna i Nymölla och Mörrum har blankålsfångsterna journalförts vid utvalda redskap dels under perioden 1959-77 dels från 1981 och framåt. Figur 6 visar var dessa fisken är belägna. Två sådana etablerade platser ligger på yttre Listerlandet; Oderskärvet och Brustet (5 resp 6 i Fig 6). Dessa tillsammans med ytterligare ett redskap vid Dohlsten, strax norr om vindkraftverket, har valts ut för fortsatt journalföring i samband med denna undersökning.

Metoder

För varje fiskeplats inrapporteras antalet fångade ålar, uppdelat på blankål och gulål, samt totalvikten blankål vid varje vittjningstillfälle. Vidare ges årliga uppgifter om redskapens längd och konstruktion samt datum för utsättning och upptagning. All information förs in i en databas för bearbetning.

Beroende på väder och fångsternas storlek varierar vittjningsfrekvensen. Sker vittjning varje dygn är kopplingen till vindförhållandena oproblematisk, under en stor del av säsongen sker emellertid vittjningarna med två eller flera dygns mellanrum. För att öka observationsunderlaget har även tillfällen två dygns intervall använts. I dessa fall delas fångstvärdet med 2 men jämförelsen sker med vindförhållandena den sista natten.

Ytterligare en komplikation ligger i den stora skillnaden i fångst mellan olika år. Under den 30-årsperiod som behandlas har medelfångsten typiskt minskat med en faktor 10 och skillnaden från år till år överskrider ofta en faktor två. För beräkning av fångstandelen vid olika vindstyrkor har därför den observerade fångsten ett visst dygn normaliserats med samma års dygnsmedelfångst för platsen. De fångster som redovisas nedan är alltså antalet blankålar vid ett vittjningstillfälle delat med antalet nätter redskapet stått sedan förra vittjandet (en eller max två nätter) uttryckt som procent av medeldygnsfångsten beräknad för hela fångstsäsongen, vilket inkluderar alla vittjningstillfällen. Den relativa fångst som beräknats på detta vis kallas i fortsättningen *r-fångst*. Genom att en varierande andel av fångsten har fångats vid vittjningar med mer än två dygns intervall kommer medelvärdet av *r-fångsterna* att kunna avvika något från 100 %.

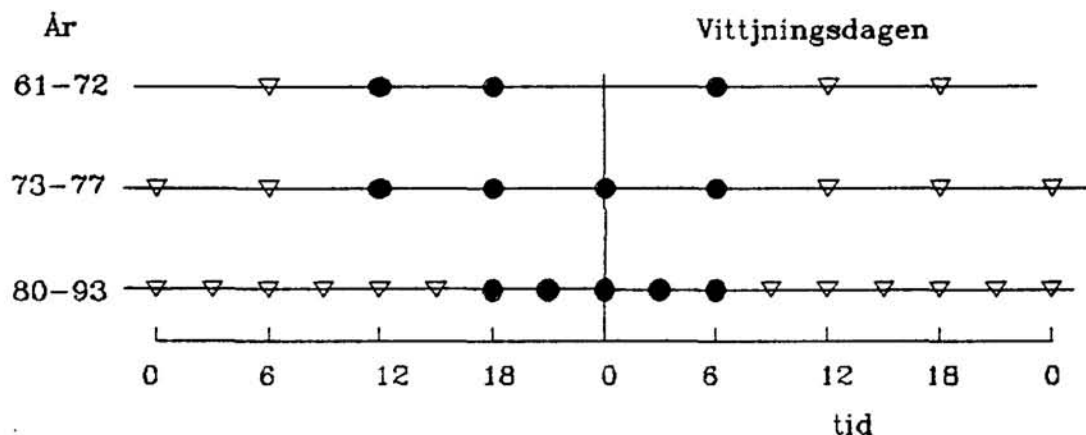


Figur 6. Karta över hanöbukten, ålfiskeplatser med daglig fångststatistik markerade. Förstoringen visar yttre Listerlandet med de för vinkraftverket aktuella fångstplatserna.

Vinddata har hämtats från SMHI:s observationer på Hanö. Data finns tillgängliga från och med 1961. Under perioden 1961-72 gjordes observationer dagligen kl 06, 12 och 18. 1973-77 tillkom ett observationstillfälle kl 00. Under 1981-93 gjordes mätningar var 3:e timma. Vittjningarna sker normalt på förmiddagen och ålen är huvudsakligen aktiv under natten. Vid jämförelser med fångster ett visst datum har därför vindförhållandena under natten före vittjningsdatum använts. Figur 7 visar vilka observationstider som ingår vid beräkning av medelvindstyrkan och den vektoriella medelvindriktningen.

Utöver vindförhållandena har driftsdata från kraftverket använts vid analys av tidsserierna. Med uppgifter från Sydkraft som underlag har för varje vittjningstillfälle registrerats om vindkraftsverket varit ur drift under någon

del av 12-timmarsperioden 18 - 06 natten före, och i så fall hur många timmar.



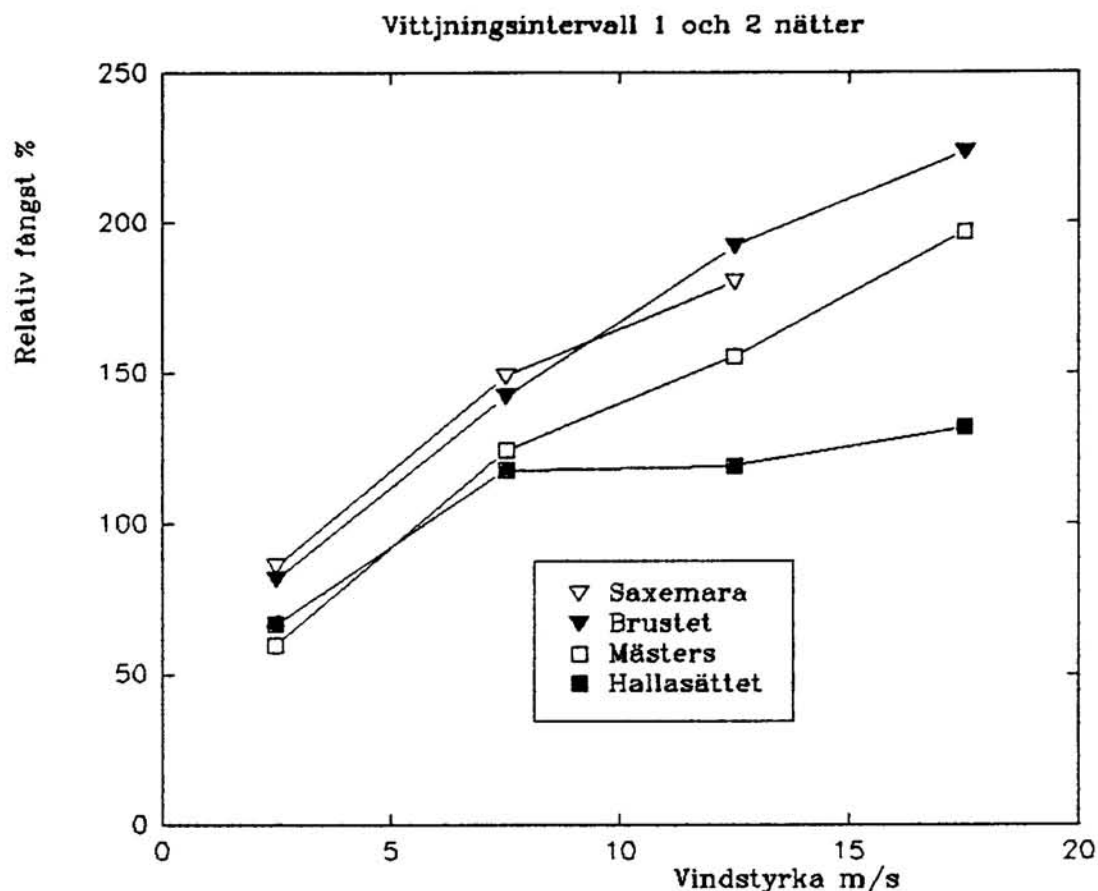
Figur 7. Vindobservationstider vid Hanö under olika år. Fyllda cirklar visar vilka observationer som använts för beräkning av medelvindstyrka och riktning i samband med ett vittjningstillfälle.

Vindkraftsverket kopplas ur automatiskt då vindstyrkan understiger c:a 4 m/s. Automatstart sker vid en något högre vindhastighet, runt 5 m/s. En förändring av fångsterna vid vindstyrkor över 5 m/s under perioder efter idriftstagandet av kraftverket skulle därigenom vara en indikation på en störning på ålvandringen. Eftersom kraftverket togs i drift mitt under ålfiskesäsongen 1990 har detta år uteslutits vid jämförelsen. Perioden före idrifttagandet omfattar för Oderskärvet och Brustet 1981-89 och för Dohlsten 1983-89. Perioden efter utgörs av 1991-93 för alla redskapen.

Resultat

Det finns ett starkt samband mellan vindstyrka och r-fångst. Generellt gäller att fångsten ökar ju mer det blåser. Figur 8 visar fördelningen av r-fångsterna vid olika vindstyrka för några journalföringsplatser med långa observationsserier och i Tabell 1 har kvoten av r-fångsterna i intervallen 5-10 m/s och 0-5 m/s ställts samman för hela det tillgängliga observationsmaterialet för Hanöbukten. Man ser att ökningen är likartad vid alla fångstplatserna. Kvoten mellan över och under 5 m/s är i medeltal 1.78 ± 0.25 .

Figur 9 och 10 visar fördelningen av r-fångst i 5 m/s vindstyrkeklasser under perioden före respektive efter idrifttagandet 1990. Antalet observationer vid högre medelvindstyrkor än 10 m/s är litet och har inte tagits med i figurerna. Man ser att vid fångstplatserna Brustet och Dohlsten, som ligger närmast kraftverket, har r-fångsten minskat efter idrifttagandet både vid låg och hög vindhastighet. Motsatsen gäller vid Oderskärvet. Tabell 2 visar skillnadernas storlek och resultaten av Students t-test. Den enda förändring som skiljer sig statistiskt signifikant från 0 är minskningen av r-fångst vid Dohlsten vid vindstyrkor över kraftverkets tröskelvärde.



Figur 8. Samband mellan vindstyrka och relativ fångst vid några journalföringsstationer (3,6,10 resp 15 i Fig 6) medelvärdesbildat över c:a 30 år. Endast vindintervall med mer än 10 observationer medtagna.

Motsvarande jämförelser för nätter med och utan driftsavbrott med mer än 3 timmars varaktighet natten före vittjningstillfället sammanfattas i Tabell 3. Materialet är litet och osäkerheten stor. Den signifikant lägre r-fångsten vid Oderskärvet i samband med driftstopp förklaras troligen av två nätter med extremt höga fångster under drift 1992.

Tabell 4 visar kvoten mellan r-fångst över och under 5 m/s. För perioderna före och efter idriftstagandet ligger kvoterna inom variationsområdet för medelkvoterna i Tabell 1.

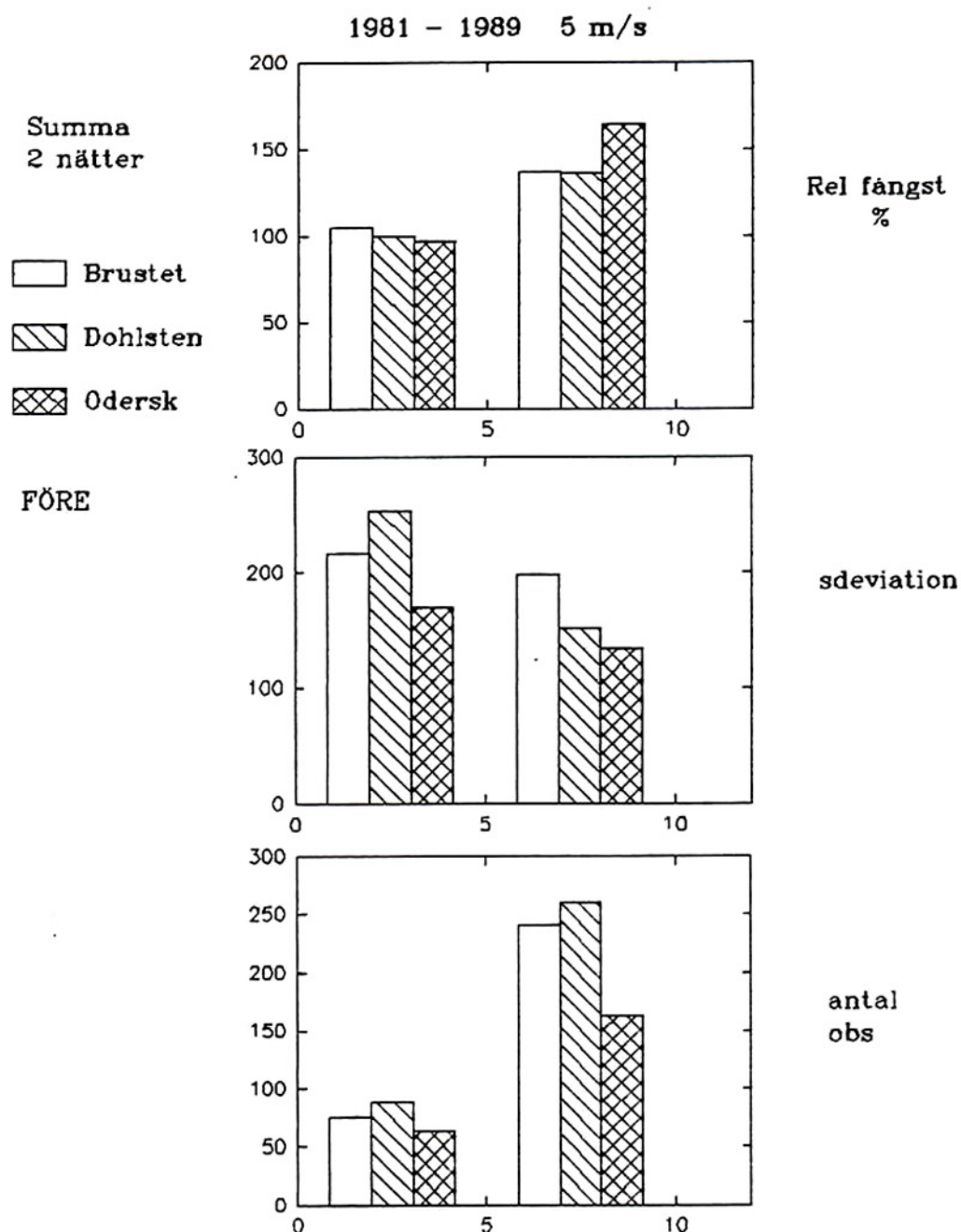
Sambandet mellan r-fångst och vindriktning (vid alla observationer med medelvindstyrka >0) visas i Figur 11-13. Man ser att de bästa fångsterna tenderar att göras vid sydliga och sydostliga vindar. Det finns ingen dramatisk skillnad i fördelning före och efter 1990 men Dohlsten och Brustet visar båda en fångstminskning i sektorn runt väst medan fångsten vid Oderskärvet har ökat vid sydvästliga vindar.

Nummer	Plats	Antal år	Kvot
2	Styrsvik	13	2.27
3	Saxemara	30	1.73
4	Kongafisket	13	1.64
5	Oderskärvet	13	1.97
6	Brustet	31	1.75
7	Utkörningen	9	1.84
8	Ålahaken	17	1.51
9	Skaftet	26	1.30
10	Mästers	32	2.08
11	Yngsjö	26	1.87
12	Laxaboden	17	1.92
13	Stenören	9	1.55
15	Hallasättet	26	1.76

Tabell 1. Namn och antal observationsår för alla journal föringsplatser i Figur 6. Kvoten anger förhållandet mellan r-fångst vid vindstyrkor mellan 5 och 10 m/s och vid lägre medelvindstyrka.

	BRUSTET		DOHLSTEN		ODERSKÄRVET	
m/s	0-5	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10
diff	-32	-18	-28	-29	+35	+48
t	-1.1	-1.1	-0.86	-2.0	+0.69	+0.87
n	95	278	125	226	9	29
sign	ns	ns	ns	0.025	ns	ns

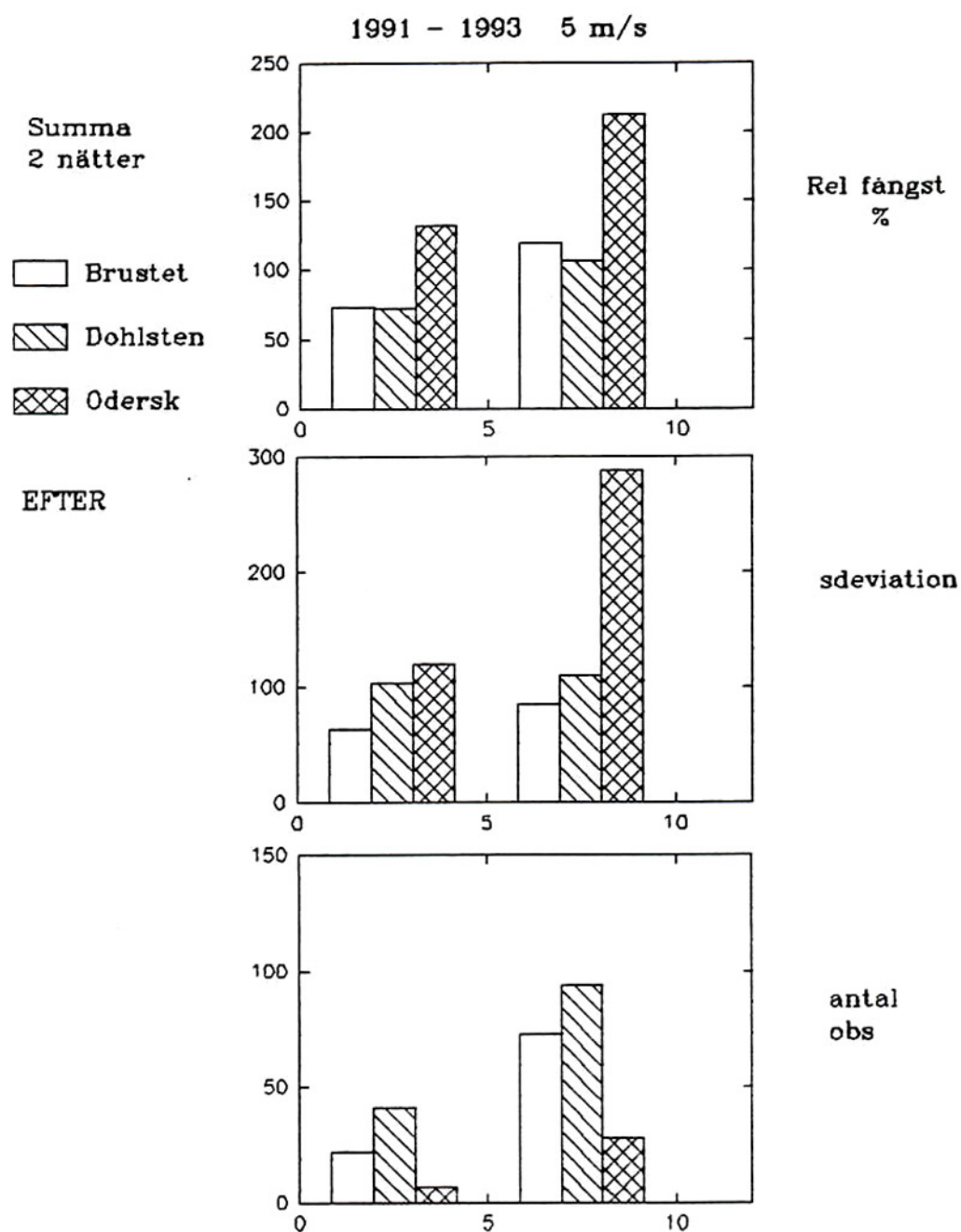
Tabell 2. r-fångstförändring mellan perioderna före och efter vindkraftsverkets idrifttagande. Students t och antalet frihetsgrader (n) samt signifikans vid t-test.



Figur 9. Fångst vid olika vindstyrkor före kraftverkets idrifttagande.

	BRUSTET		DOHLSTEN		ODERSKÄRVET	
m/s	0-5	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10
diff	+10	±0	-41	+41	-86	-167
t	0.5	0.0	-1.5	0.8	-0.8	-2.4
n	5	10	4	5	4	22
sign	ns	ns	0.1	ns	ns	0.025

Tabell 3. r-fångstskillnad mellan tillfällena med driftstopp och med normal under drift perioden efter 1990. Students t och antal frihetsgrader (n) samt signifikansnivå vid t-test.

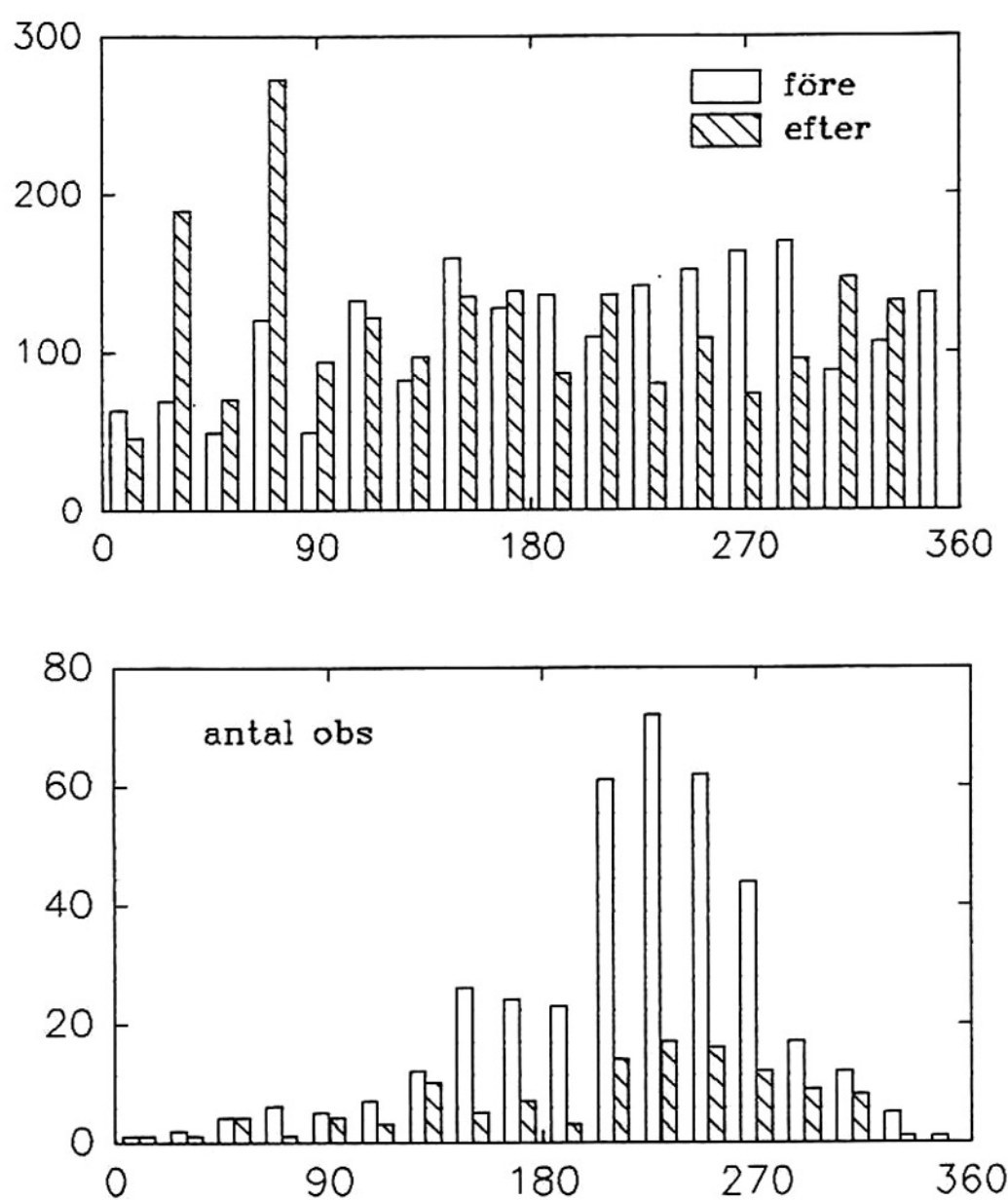


Figur 10. Som Fig 9 men efter tillkomsten av kraftverket.

	BRUSTET	DOHLSTEN	ODERSKÄRVET
FÖRE	1.3	1.4	1.7
EFTER	1.6	1.5	1.6
AV	1.3	2.9	0.4
PÅ	1.4	1.2	1.1

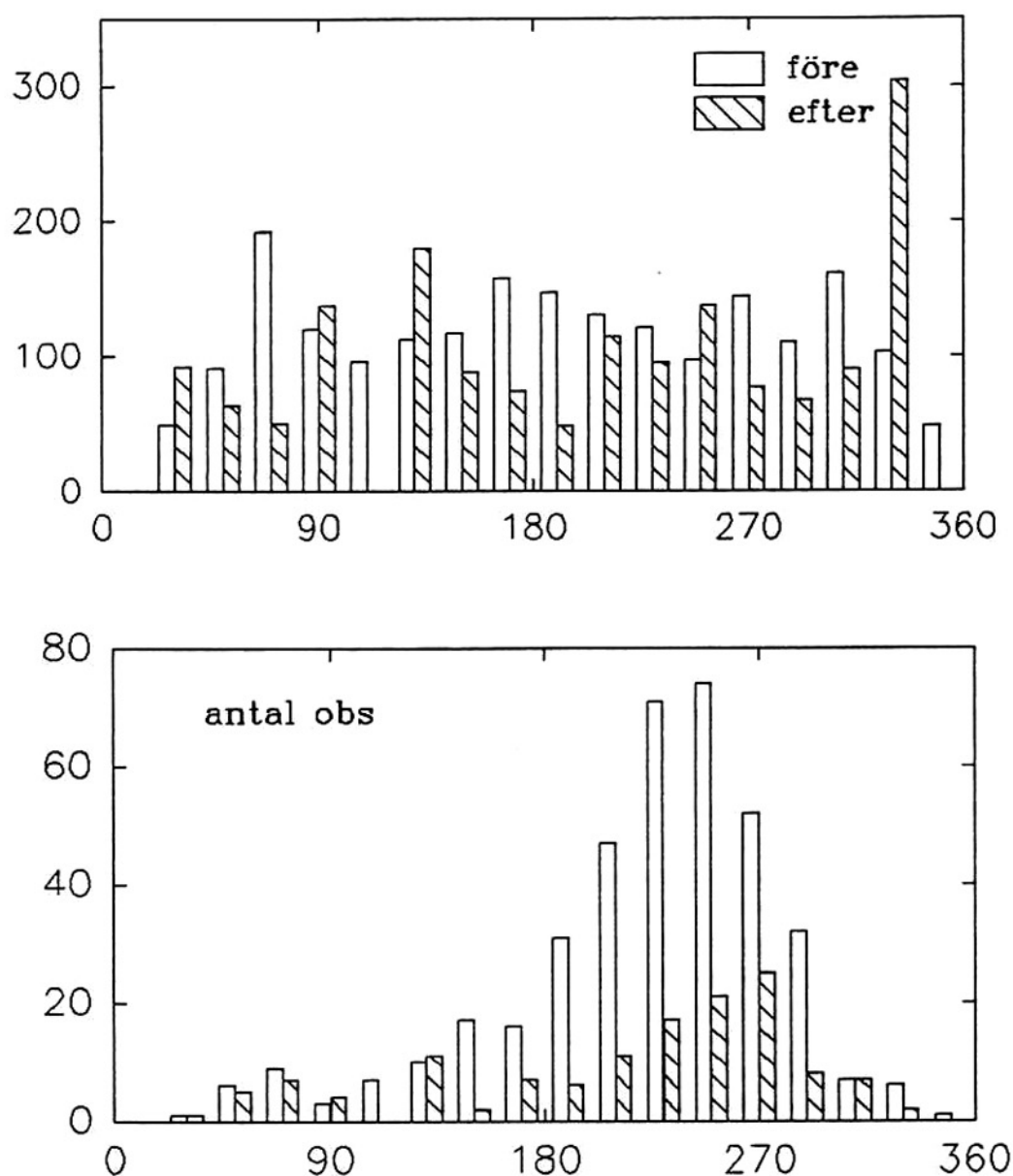
Tabell 4. Kvot mellan r-fångst i vindhastighetsintervallen 5-10 m/s och 0-5 m/s.

Brustet



Figur 11. Fångstfördelning vid olika vindriktning.

Dohlsten

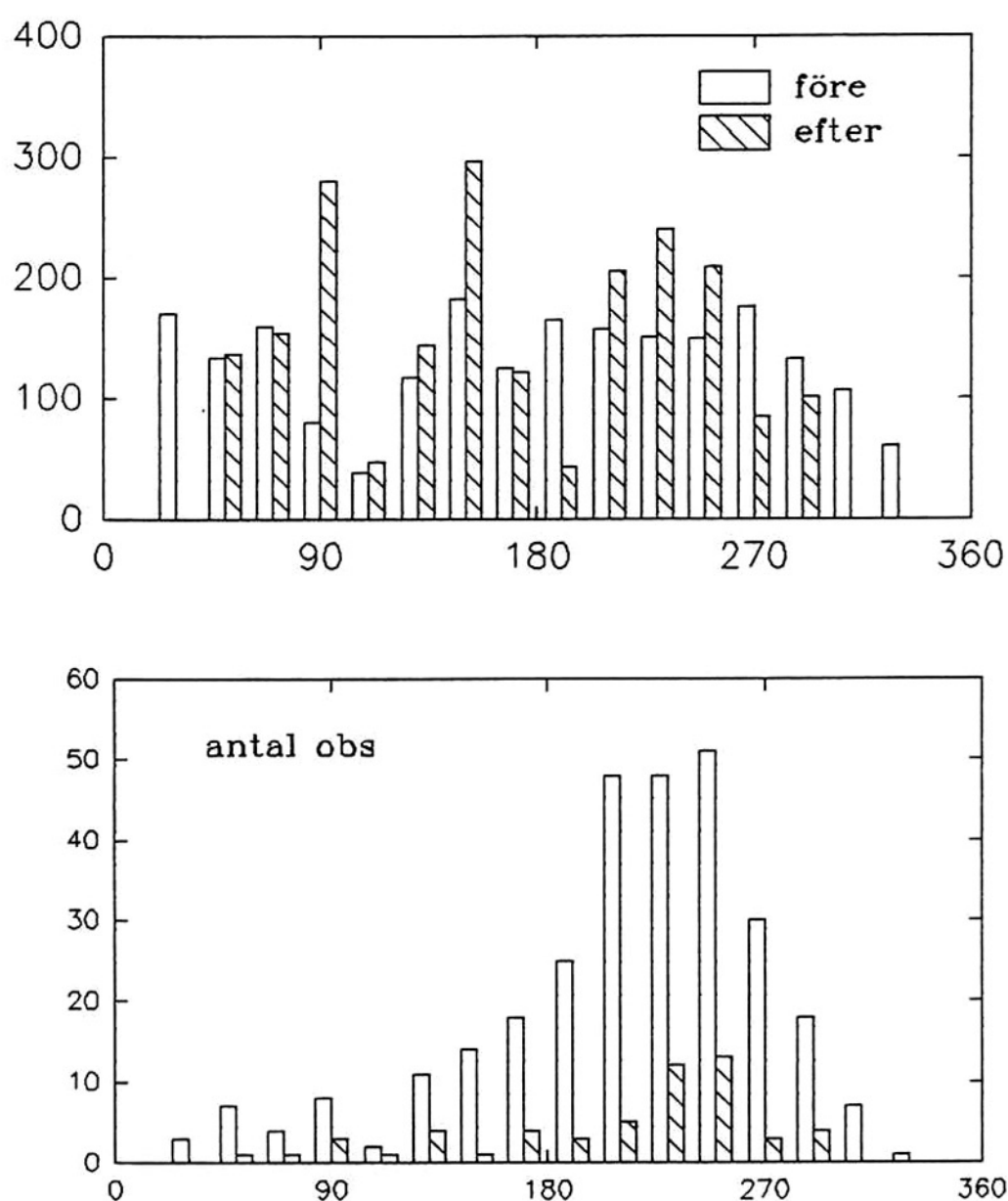


Figur 12. Samband mellan fångst och vindriktning.

Diskussion

De tre årens fångststatistik efter vindkraftverkets tillkomst ger ett begränsat underlag för analyser. Endast cirka 5 % av vittjningarna har gjorts efter en natts fiske. Den största delen av observationerna bygger alltså på två dygns samlad fångst som jämförs med senaste nattens vindförhållanden, vilket naturligtvis minskar säkerheten i samband mellan r-fångst och vind.

Oderskärvet



Figur 13. Samband mellan fångst och vindriktning.

Förändringarna av r-fångst visar genomgående en minskning under perioden efter 1990 vid Brustet och Dohlsten. Samtidigt sker en ökning av r-fångst vid Oderskärvet. Endast minskningen i samband med höga vindstyrkor vid Dohlsten är statistiskt signifikant. Jämför man r-fångsterna under driftstopp med r-fångsten under drift vid samma tidsperiod från 1990 tom 1993 så finner man ingen nämnvärd skillnad vid Brustet, men vid Dohlsten syns en minskning vid låga och

ökning vid höga vindstyrkor under driftstopp. Efter 1990 har de flesta vittjningar vid Oderskärvet skett med tre dygns intervall varför underlaget för jämförelser där är litet och skillnaderna svåra att tolka. Kvoten mellan r-fångst över och under kraftverkets tröskelvindstyrka ökar något under perioden efter idriftstagandet vid de närmaste fångstplatserna men minskar något vid Oderskärvet.

Sammantaget är bilden konsistent med att r-fångsten minskar vid Dohlsten och Brustet som en effekt av vindkraftsverket. Parallellt med denna minskning sker en ökning längre norrut vid Oderskärvet. Att samma förändringstendens föreligger även vid vindhastigheter under 5 m/s skulle då förklaras med det stora inslaget fångster under två nätter där hänsyn inte tagits till vindförhållandena den första natten. Driftstoppen visar en tendens som är förenlig med antagandet att r-fångsten nära kraftverket, speciellt vid Dohlsten, minskar då kraftverket är igång.

Mot detta antagande talar emellertid kvoterna i r-fångst vid hög och låg vindstyrka, vilka har ökat vid Brustet och Dohlsten efter idriftstagandet, omvänt mot vad man skulle förvänta om kraftverket hade haft en fångstminskande effekt.

TELEMETRIFÖRSÖK

Biotelemetry - att förse djur med en sändare för att kunna lokalisera och följa dem i en miljö där det inte går att se dem - är en teknik som använts vid ett flertal tidigare studier av blankål (Westerberg 1979, Tesch et al 1991). Ål har då visat sig väl ägnat som försöksdjur genom att det är en relativt stor fisk som utan problem tolererar extrabelastningen av sändaren. Blankålarnas vandringsdrift är också stark och tycks dominera över eventuella störningar på grund av hanteringen. Majoriteten av undersökta ålar återupptar en aktiv och riktad vandring kort tid efter utsättningen. Bedömningen var därför att man med ett begränsat antal försök kunde få meningsfulla beteendeobservationer vid vindkraftsverket.

Metoder

Den utrustningen som användes har utvecklats i samband med tidigare telemetriförsök på ål och lax och finns beskriven i Westerberg 1977. En fjärrstyrd, riktningskänslig hydrofon monteras vid båtsidan och med dess hjälp bestäms riktningen till en ultraljudsändare på fisken. På så sätt kan man kontinuerligt följa fiskens förflyttningar. Sändaren är en piezokeramisk pinger som har längden 40 mm, diametern 15 mm och 10 g vikt i vatten. Räckvidden är vid normala ljudutbredningsförhållanden cirka 500 m.

Sändaren fästs på ålens rygg strax framför ryggfenana med rostfri sutur. För försöken användes honålar med en vikt mellan 1 och 1.5 kg. Sändarens vikt är alltså mindre än 1% av kroppsvikten. Störningar på fisken balansering i vattnet kan accepteras om vikten understiger 2% (Westerberg 1983). Ljutfrekvensen är 120 kHz och ligger alltså långt utanför ålens hörbarhetsområde, som endast sträcker sig upp till cirka 300 Hz (Jerkø et al 1989).

Vid spårningarna användes en 10 m ruffad motorbåt. Lägesbestämning gjordes 1991 med radar. Avståndsmätning till två eller flera referenspunkter gav en positionsosäkerhet som varierade mellan 50 och 300 m. Vid spårningarna 1993 användes en GPS satellitnavigator och positionsnoggrannheten var bättre än 100 m överallt. Vindobservationer gjordes dels ombord under spårningen dels har observationerna vid Hanö använts. Under 1993 gjordes strömmätningar vid utsättningsplatsen före varje natts spårningar.

Försöken genomfördes under ålvandringssäsongen och förlades båda åren till perioden för månens nytändning, det s.k. ålamörkret. De ålar som användes hade nyligen fångats i ett bottengarn utanför Hörviks hamn, där de förvarats i sump till kvällen för spårningen. De fördes då med bil till Nordersund, märktes och togs med spårningsbåten till utsättningsplatsen. Varje natt gjordes 2-3 spårningar, alternerande med vindkraftsverket i drift och stoppat. Under 1991 gjordes fyra utsättningar i en punkt drygt 3 km norr om kraftverket. Majoriteten av försöken startades emellertid i en punkt cirka 1600 m nordost om kraftverket, nära ytterändan av ålbottengarnet vid Dohlsten. Denna utsläppspunkt valdes för att ålarna skulle ha en rimlig sträcka på sig för att etablera

ett stabilt vandringsmönster. Ett dilemma är dock att det normala beteendet är att ålen först söker sig ut mot djupare vatten efter utsättningen varigenom passageavståndet tenderar att bli stort.

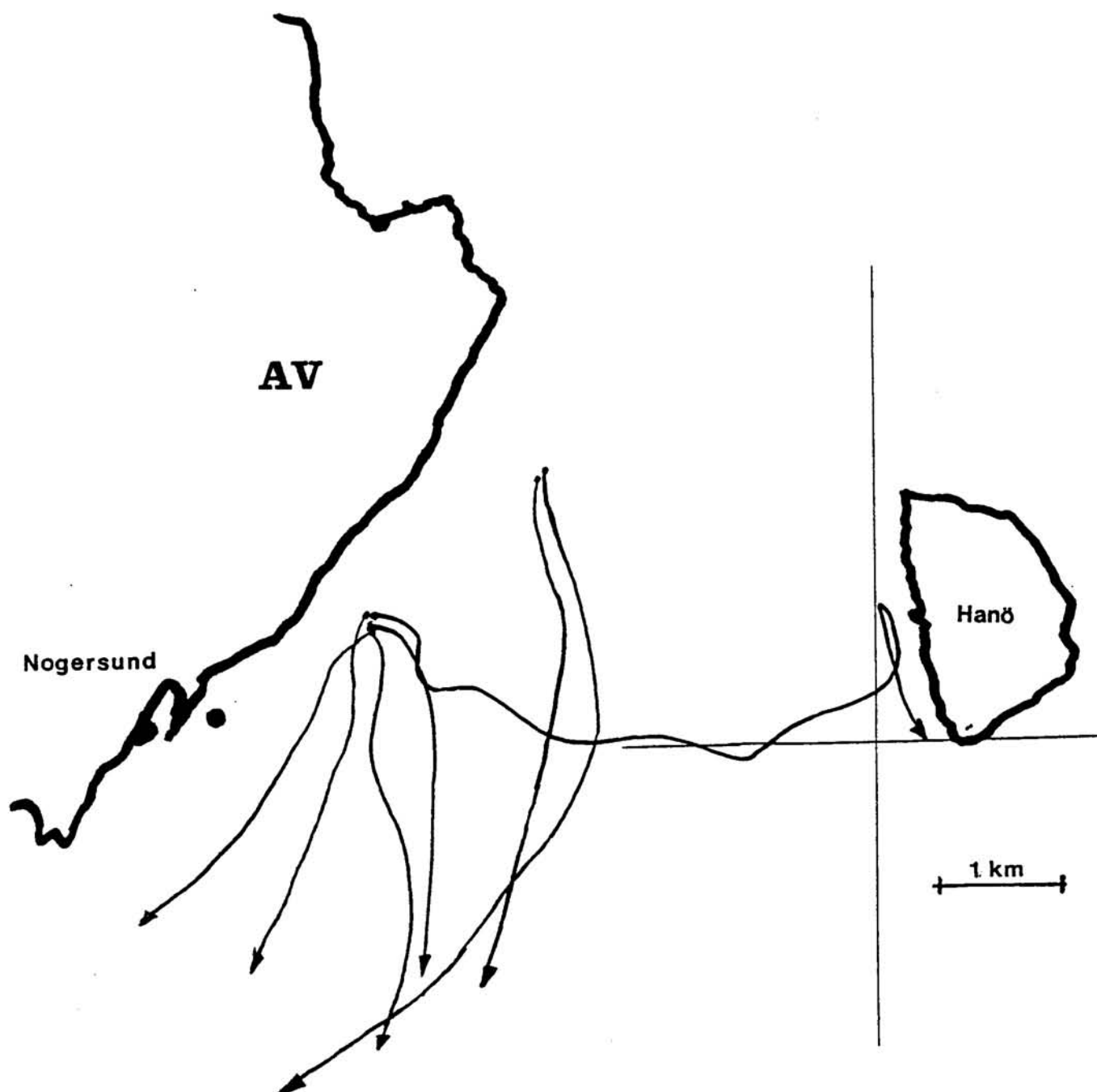
Resultat

Vid försöken 1991 gjordes 10 utsättningar varav en misslyckades på grund av sändarfel. 1993 gjordes ytterligare 8 spårningar. Försökens varaktighet varierar mellan 2 och 5 timmar. Spårningen avbröts normalt då ålen med god marginal passerat söder om kraftverket. Sammanlagt 7 försök gjordes med vindkraftverket stoppat och 10 under drift. Tabell 5 sammanfattar de yttre omständigheterna under försöken.

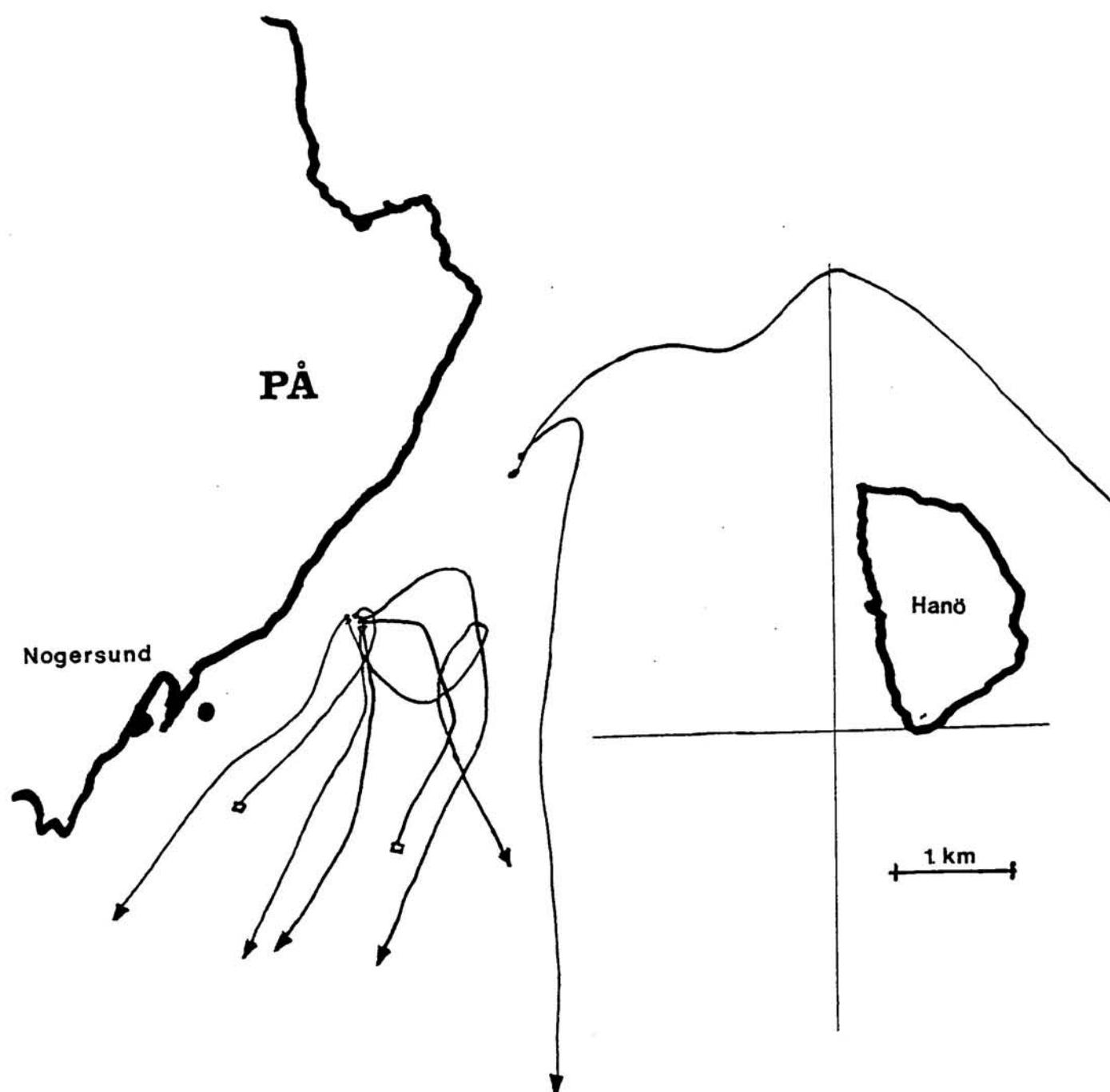
Datum	Exp	Vind		Stat	Tid	Ström	
	#	m/s	grad			cm/s	grad
911008	48	7	110	P	F		
9	49	6	80	A	E		
9	47	5	80	A	F		
10	46	5	50	P	E		
10	45	6	80	A	F		
10	42	3	80	A	E		
11	44	6	60	P	E		
11	50	10	60	P	F		
12	51	9	70	P	E		
930915	53	8	10	A	F	10	220
16	55	6	0	P	E		
16	57	7	30	P	E		
16	62	3	310	A	F	2	150
17	64	6	320	A	E		
17	66	7	350	A	F	12	230
18	65	6	360	P	E		
18	58	6	340	P	E		

Tabell 5. Betingelser under telemetriförsöken. Strömmätningarna är gjorda på cirka 3 m djup. I kolumnen "Tid" betecknar F att spårningen huvudsakligen gjorts före och E efter midnatt.

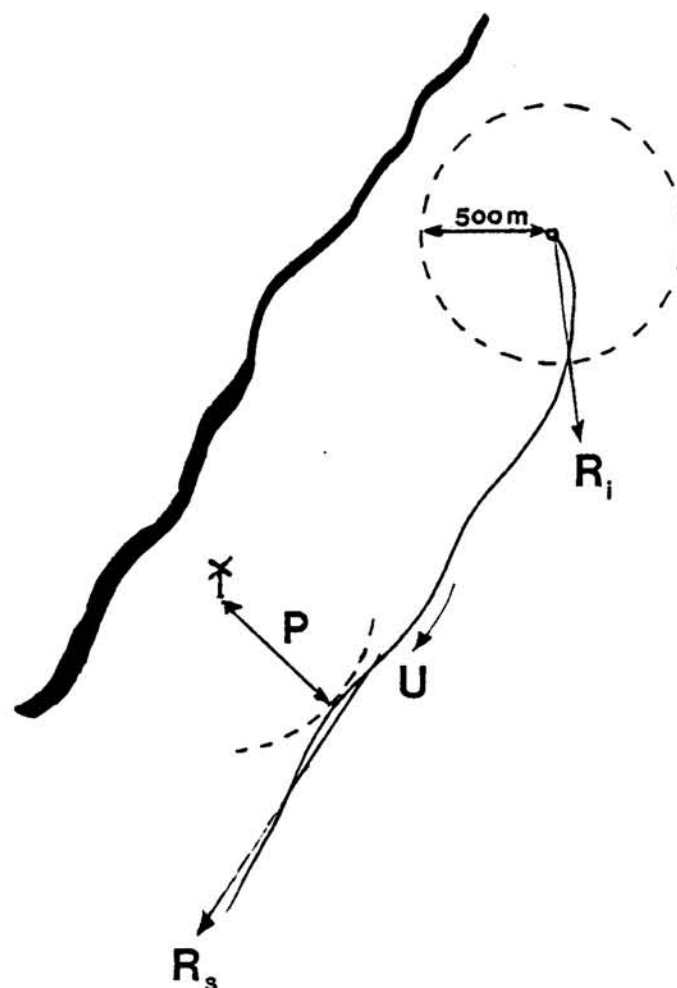
Figurerna 14 och 15 visar ålarnas vägval då kraftverket var avstängt respektive under drift. Figur 16 ger en definitionsskiss på ett antal mått tagna på trajektorierna som återfinns i Tabell 6. Omedelbart efter utsättningen var det normala beteendet att ålen dök till botten och stannade där under en kortare eller längre latensperiod. I de flesta fall började sedan ålen att simma i en östlig eller sydöstlig riktning för



Figur 14. Resultat av telemetriskspårningar med vindkraftverket avstängt. En fylld cirkel utanför Nordersund visar kraftverkets position.



Figur 15. Resultat av telemetrispårningar med kraftverket i drift. Trajektorier som avslutas med en pil visar att spårningen avbrutits då ålen fortfarande simmade, fyrkant visar positioner då den lagt sig stilla.



Figur 16. Definitionsskiss för de trajektoriemått som redovisas i Tab 6.

att succesivt svänga in på en sydlig till sydvästlig kurs längs kustlinjen. För att definiera det område över vilket den initiala injusteringen sker har jag, något godtyckligt, valt 500 m. Medelriktningen i detta område - startriktningen R_i - är ett av de uppmätta värdena. Vidare har mätts det minsta passageavståndet till kraftverket och medelriktningen för den del av trajektorian som ligger efter initialperioden.

Hastigheten är angiven som ålens hastighet över botten för den senare delen av trajektorian. Strömhastigheterna i området är låga. 1993 uppmättes 2-12 cm/s sydvästgående ström. 1991 var vindarna något svagare och strömhastigheten därför knappast högre än 1993. Ålarnas simhastigheter är typiskt 40-60 cm/s (cirka 1/2 kroppslängd/s) varför trajektorierna till största delen också visar ålens väg genom vattnet. Något försök att korrigera för strömhastigheten har inte gjorts eftersom data är så ofullständiga.

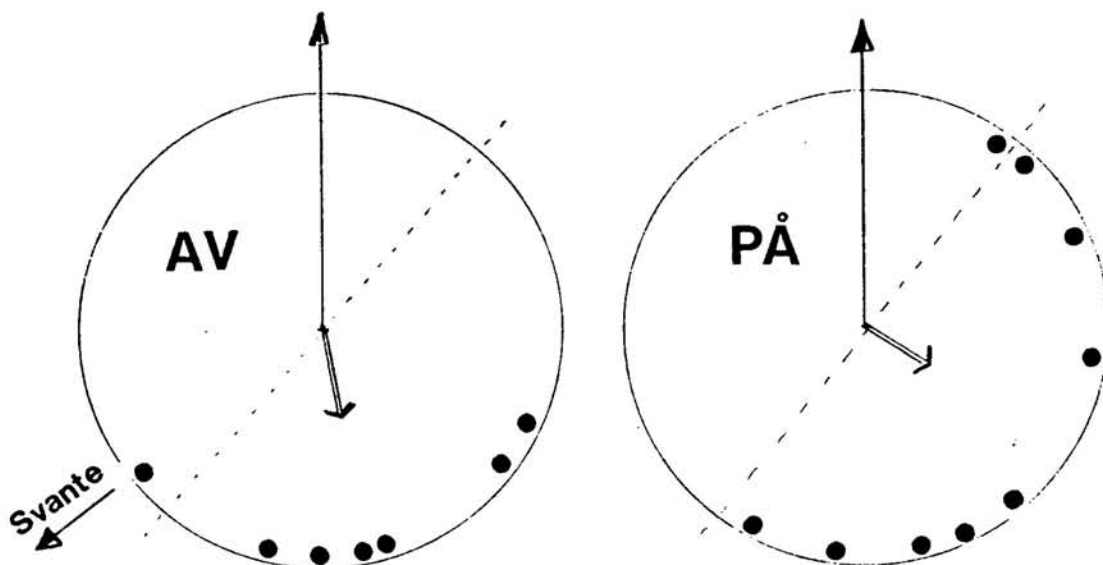
Status	Exp	Latens	U	P	R ₁	R ₂
	#	min	cm/s	m	grad	grad
AV	42	15	45	1350	180	165
	45	0	45	1100	195	195
	47	0	50	2850*	210	170
	49	20	55	2700*	185	180
	53	5	45	600	215	230
	64	15	40	B	100	115
	66	20	55	1650	175	125
PÅ	44	90	45	B	140	140
	46	0	55	B*	80	35
	48	5	55	2950*	180	45
	50	5	55	500	220	210
	51	>300	0	-	-	-
	55	15	55	1300	190	165
	57	10	30	1950	170	100
	58	30	45	750	210	155
	62	10	25	1200	200	190
	65	50	65	2150	200	65

Tabell 6. Trajektorieparametrar vid telemetriförsöken.
 Måtten definieras i Figur 16. För passageavståndet P
 anger B att ålen rört sig monotont bort från
 kraftverket och * att utsättningen gjorts vid den
 bortre utsättningspunkten.

Diskussion

Intrycket av 1991 års telemetriförsök var att det fanns en skillnad i beteende mellan spårningar med kraftverket på och av. Latensperioden var längre och flera ålar valde att, åtminstone till en början, simma bort från kraftverket. När kraftverket var avstängt rörde sig samtliga ålar mot syd eller sydost.

De tillkommande spårningarna 1993 bryter detta mönster främst genom att öka spridningen när kraftverket är avstängt. Ingen av de lineära måtten på trajektorierna - latensperiod, simhastighet eller passageavstånd - skiljer sig mellan av och på enligt Students t-test. Initialriktningarna har en väsentligt större spridning i gruppen "på" (Figur 17) och medelriktningen skiljer sig 45° mellan grupperna. Skillnaden är dock inte signifikant enligt det cirkulära Mardia-Watson-Wheelers test (Batschlet 1981). Medelriktningen då trajektorierna har stabiliserat sig ligger nära 180° i båda grupperna.



Figur 17. Ålarnas startriktning (över de första 500 m) med kraftverket i och ur drift. Den korta pilen visar medelriktningen och den streckade linjen är parallell med kustlinjen.

Slutsatsen är alltså att telemetriförsöken inte visar någon skillnad i beteende då kraftverket är på eller av. Försöksuppläggningsen gör dock att ingen av ålarna har spårats närmare än 500 m från kraftverket. Reaktionen i närområdet kan alltså inte uteslutas men det finns inga belägg för att kraftverkets inflytande sträcker sig långt bort.

PROVFISKEN

Utöver ål så riktar sig det kustnära fisket i Nogersundsområdet huvudsakligen efter lax, torsk, plattfisk och sill. Bland Nogersundsfiskarna tycks inte råda uppfattningen att vindkraftsverket påverkat fisket.

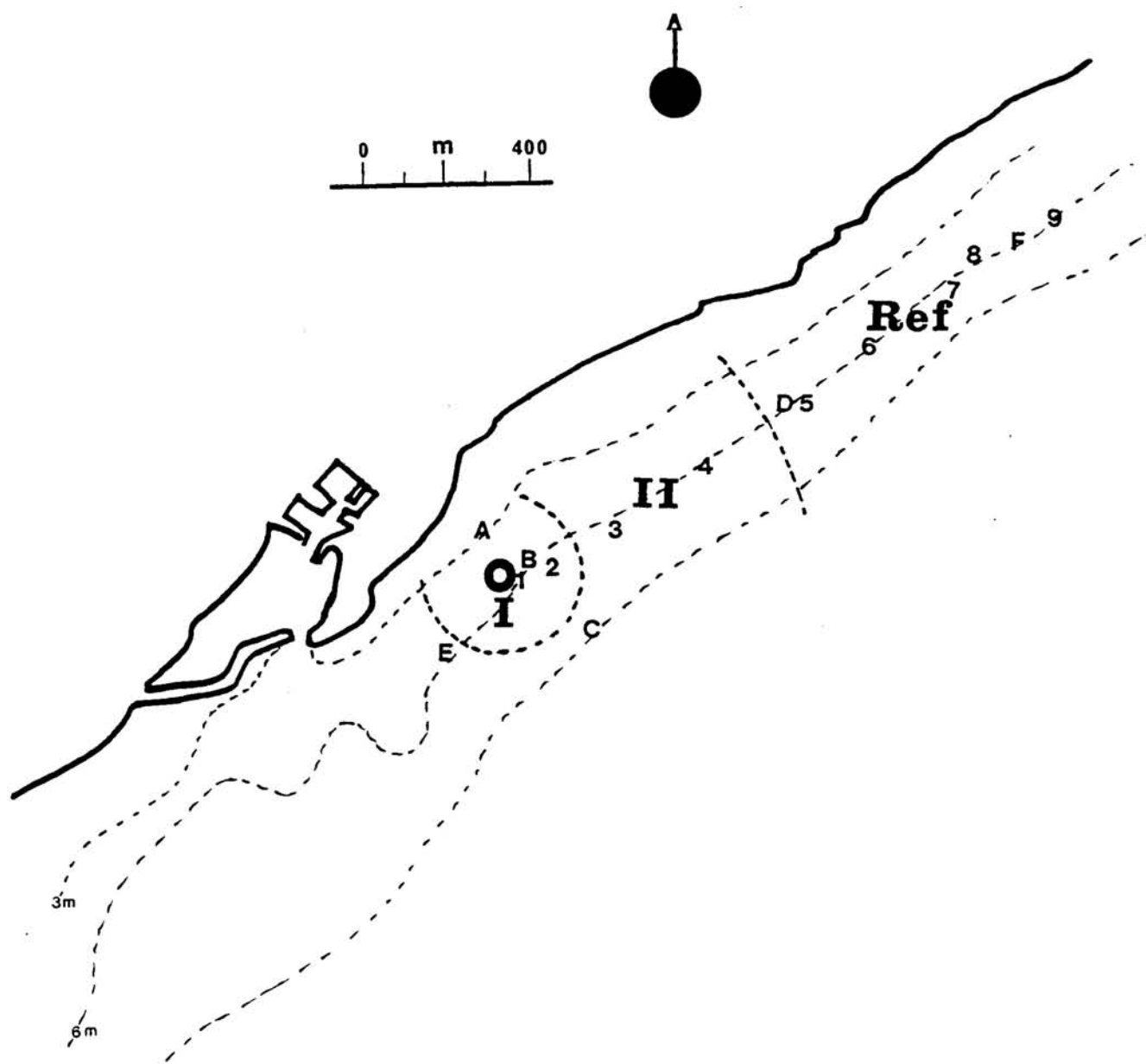
Ett första provfiske genomfördes 1991 och har redovisats i arbetsrapporten 1992. Det visade en lokal ansamling nära kraftverket som tycktes oberoende av driftsförhållandena och som kan förklaras som en attraktion till kraftverksfundamentet som sådant. Fångsten ökade också under drift, vilket tolkades som en attraktion eller en bullereffekt på fångstbarheten.

Nya provfisken gjordes 1992 men gav delvis oanvändbara resultat på grund av vädret. Ett extra provfiske företogs därför 1993 med en försöksuppläggning som modifierats för att bättre verifiera resultaten från 1991.

Metoder

Alla provfisken gjordes under slutet av maj månad och med översiktsnät. De bottensatta översiktsnäten är sammansatta av flera sektioner med olika maskvidder för att fånga fisk av alla storlekar (Nyberg och Degerman 1988). Varje sektion är 3 m lång och maskstorleken varierar mellan 10 och 75 mm. 12 sektioner med höjden 1.5 m ger ett nät med totallängden 36 m. På varje provpunkt fiskades med två eller tre sammanlänkade nät.

Vid en provfiskeomgång alternerades mellan fiskenätter då kraftverket var i drift och nätter då det var avstängt. Figur 18 visar provfiskepunkterna under de olika årens fisken. Från början fiskades runt om kraftverket med en referenspunkt på större avstånd. Det finns emellertid ett starkt djupberoende i fisktäthet och i fisksamhällets sammansättning varför fångster tagna inom olika djupintervall är svåra att jämföra. Vid fisket 1993 valdes därför alla provtagningspunkter längs 6-m djuplinjen, som passerar kraftverket.



Figur 18. Provfiskenätens positioner.

Fångstens sammansättning i antal och vikt per art noterades för varje nät. Vid analysen har bearbetningen gjorts separat för de vanligaste arterna (torsk, mört och rötsimpa) som antal per nätnatt. Detta mått på fångst per ansträngning, F , är en variabel med flera komponenter: Dels ett stokastiskt bidrag ε som går mot 0 vid ett ensamblemedelvärde, dels en tidsberoende del, f , som på lång tidsskala varierar med beståndsstorleken och på kortare tidsskala beror på fiskarnas aktivitet och fångstbarhet, vilken i sin tur varierar med väder, månfase, mm. Slutligen finns en geografisk del, k , som beror på att fisken samlar sig i större eller mindre grad på olika platser. Om vi gör de förenklande antagandena att tids- och rumsberoendena är okorrelerade och går att separera så kan man uttrycka F som

$$F(t, k) = f(t) k(x) + \epsilon$$

vilket efter medelvärdesbildning ger

$$\bar{F}(t, k) = \bar{F}(t) \bar{K}(x)$$

I det fortsatta resonemanget kommer jag enbart att diskutera medelvärden och utelämnar överstrykningarna.

Det vi mäter är F men det vi vill studera är hur k i närheten av kraftverket beror av om det är på eller av. Eftersom detta med nödvändighet måste ske vid olika tidpunkter är vi tvungna att skilja ändringar i k från variationer i f . Sättet att göra det är att utnyttja samtidiga mätningar av F i ett område där k kan förväntas vara opåverkat av kraftverket. Om x_n och x_r är rumskoordinater för kraftverkets närområde respektive ett referensområde och t_p och t_a är tiden för på respektive av så kan vi skriva

$$k_{AV}(x_n) / k_{REF} = \frac{F(x_n, t_a)}{F(x_r, t_a)}$$

och

$$k_{PA}(x_n) / k_{REF} = \frac{F(x_n, t_p)}{F(x_r, t_p)}$$

där k_{REF} är en konstant. Praktiskt innebär detta att fångsten per ansträngning i det område man vill studera skall normaliseras med det samtidigt uppmätta medelvärde av fångst/ansträngning i referensområdet. Med en sådan normalisering kan också resultaten från flera mättillfällen och år kombineras.

För analys har endast valts nät som stått nära 6-meterslinjen. Provpunkterna i kraftverkets närområde har förts samman i två områden (se Figur 18):

I Avstånd < 200 m (1 + 2 + B)

II Avstånd 200 - 600 m (3 + 4 + E)

som referensområde används punkterna på sträckan mellan 800 och 1600 m (D + F + 5-9).

Resultat

Artsammansättningen i fångsten är den man kan förvänta i området vid fiske med bottensatta översiktsnät. Om man jämför med tidigare resultat från provfisken i samband med fiskeriutredningarna för Nymölla och Mörrums bruk så finns det ingen art som uppenbart saknas. Tabell 7 visar fångsten summerad för alla provpunkter längs 6-m linjen vid de tre provfiskena. Totalt fångades 18 olika arter, bland dessa dominerade rötsimpa, torsk och mört. Sill och tobiskung

Arter	antal	kg
<u>1991 16 nätnätter</u>		
Rötsimpa	80	12,20
Mört	35	6,80
Torsk	23	9,67
Sill	14	1,00
Skrubbskädda	13	2,51
Gråsej	10	1,55
Oxsimpa	9	0,09
Ålkusa	6	0,27
Tobiskung	5	0,20
Abborre	2	0,20
Sik	1	0,24
Sjurygg	1	0,26
Svartsmörbult	1	0,01
Tångspigg	1	0,01

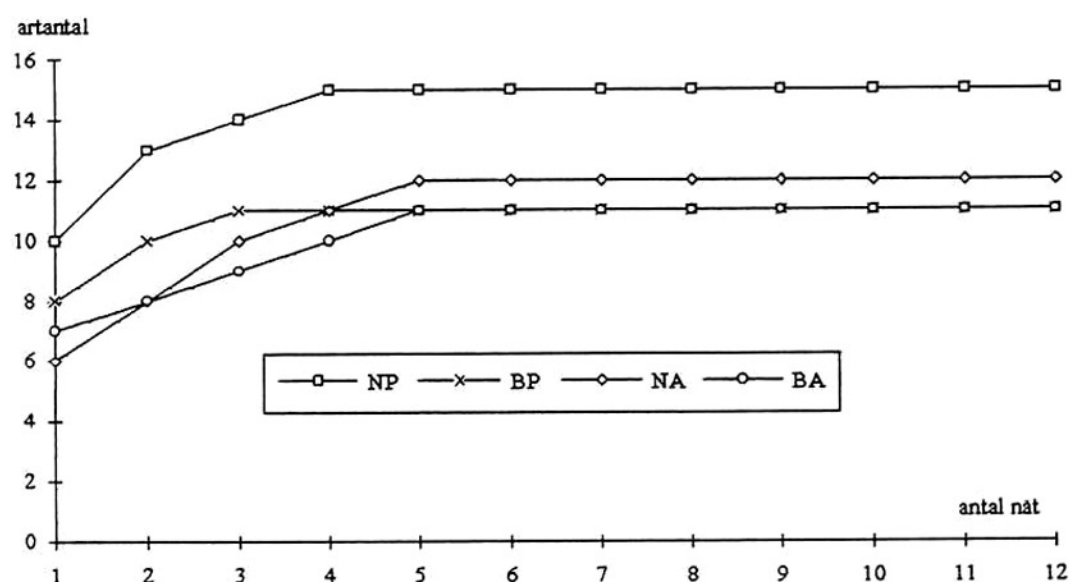
<u>1992 12 nätnätter</u>		
Rötsimpa	135	17,5
Sill	34	2,86
Mört	30	4,95
Skrubbskädda	13	1,93
Torsk	10	3,10
Ålkusa	5	0,18
Tobiskung	3	0,18
Piggvar	2	0,67
Sjurygg	1	0,24

<u>1993 54 nätnätter</u>		
Torsk	487	169,3
Mört	227	34,41
Tobiskung	97	2,42
Rötsimpa	96	7,56
Skrubbskädda	31	5,36
Tångspigg	24	0,09
Ålkusa	24	0,89
Tejstefisk	23	0,44
Piggvar	11	3,29
Oxsimpa	8	0,12
Abborre	2	0,25
Sill	2	0,08
Storspigg	2	0,00
Svartsmörbult	2	0,01
Id	1	0,11

Tabell 7. Artsammansättning och totalfångst vid provfiskena runt vindkraftverket.

förekom sporadiskt i stort antal. Laxfiskar saknas, men var inte heller att vänta vid fiske med översiktsnät. Appendix A redovisar fångsterna nätvis för samtliga provfiskeomgångar.

En undersökning gjordes av artsammansättningen i det närmaste området kring kraftverket (I) respektive i referensområdet med kraftverket på respektive av. Figur 19 visar hur det ackumulerade artantalet varierar med antalet nätsatser. Man finner att antalet konvergerar mot ett konstant värde vid en insats som är väl under den gjorda. Både i referensområdet och i närområdet då kraftverket var avstängt är artantalet totalt 11-12. Under drift ökar emellertid artantalet i närområdet till 15. De arter som uteslutande fångades där var abborre, sjuryg och id, alla i litet antal.

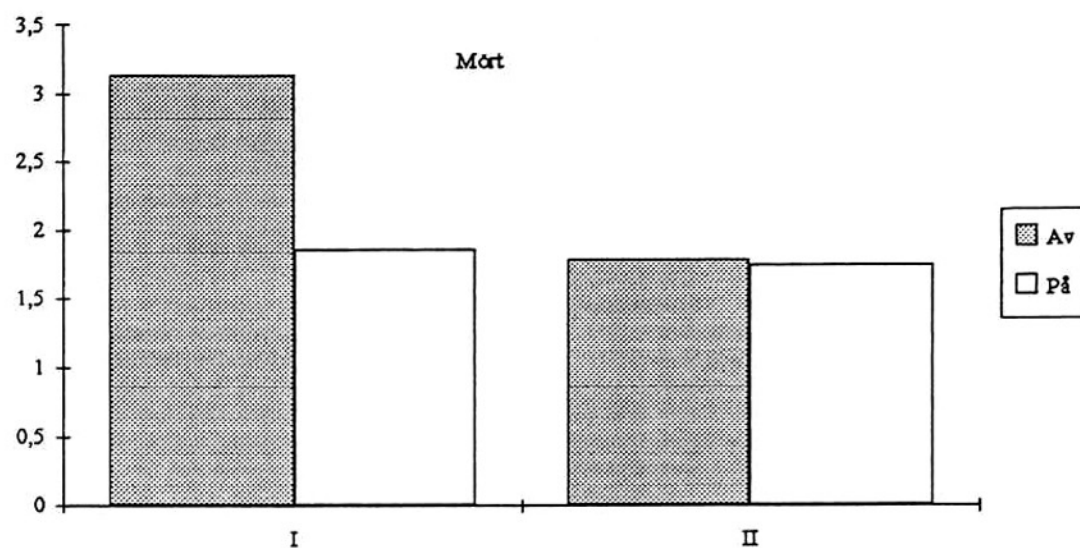


Figur 19. Kumulativt artantal som funktion av antalet nätnätter.

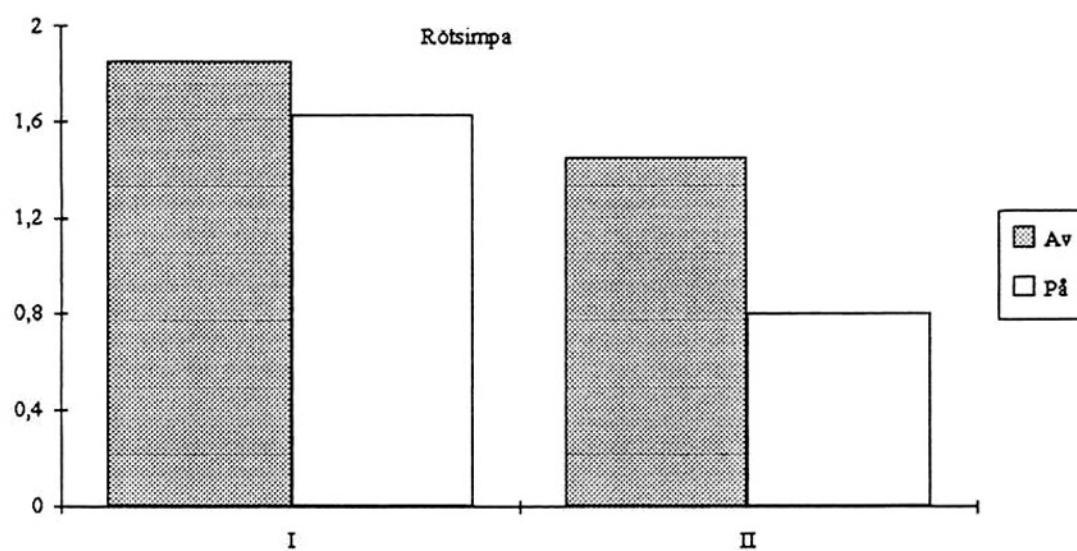
Område	Status	Torsk	Mört	Rötsimpa
I	AV	346	130	89
	PÅ	342	144	79
REF	AV	352	150	72
	PÅ	349	172	82

Tabell 8. Meddelvikt per individ för de vanligaste arterna id provfisket 1993.

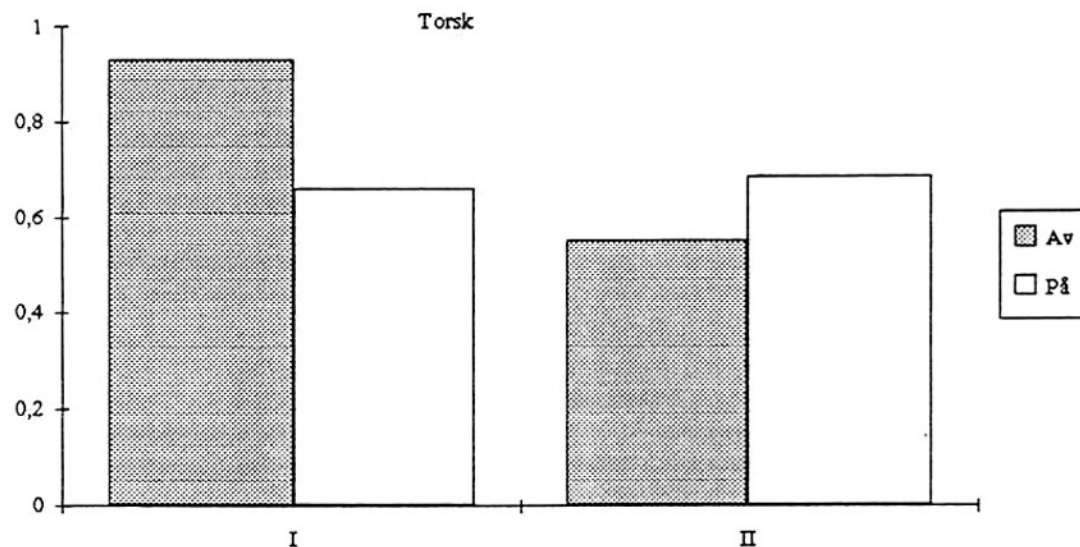
För provfiskeomgången 1993 har medelindividvikten för de vanligaste arterna beräknats dels i område I och dels i referensområdet. Resultaten redovisas i Tabell 8. Möjligen kan man utläsa en något större medelvikt hos mört i referensområdet men i övrigt finns inga skillnader mellan områdena eller när kraftverket är av och på.



Figur 20. Fångst av mört normerad med fångst per ansträngning i referensområdet som funktion av avståndet från kraftverket.



Figur 21. Som Fig 20 men för rötsimpa.



Figur 22. Som Fig 20 men för torsk.

Figur 20, 21 och 22 visar för de tre vanligaste arterna hur den normaliserade medelfångsten ($k(x)/k_{REF}$ ovan) fördelar sig i närområdet under drift och då kraftverket var avstängt. Man finner för mört och simpa att fångsten är högre i närområdet än i referensområdet oberoende av driftsläget. För alla tre arterna minskar den normaliserade fångsten i område I då kraftverket är igång. I område II skiljer sig reaktionen hos arterna åt. Torskfångsten ökar, mörtfångsten är oförändrad och fångsten av rötsimpa minskar.

Diskussion

Genomgången av det samlade provfiskematerialet ger tre huvudresultat:

- 1 Det finns en attraktion av fisk till området närmare än 400 m från kraftverket som är mest påtaglig när verket står stilla och som varierar i styrka för olika arter.
- 2 Vid drift minskar fångsterna av de tre vanligaste arterna inom radien 200 m från kraftverket.
- 3 Alla arter som är ofta förekommande längs yttre Listerlandet återfinns också i kraftverkets närhet, detta gäller också olika åldersklasser.

Den högre fångsten per ansträngning, och därmed troligen större fisktätheten, som observeras närmast det stillastående kraftverket noterades redan 1991 och är ett återkommande fenomen vid all provfiskeomgångar. Fångstskillnaden var signifikant 1991 beräknad på summan av alla arter. Det är naturligtvis mer informativt att studera enskilda arter, vilket är möjligt med det större materialet 1993. Då finner

man för mört i område I jämfört med referensområdet en signifikant skillnad ($p < 0.05$) medan torsktätheten inte avviker signifikant från 0.

Att naturliga och artificiella rev attraherar fisk är välkänt (t.ex. Bohnsack 1989 och andra artiklar i samma symposievolum). Kraftverksfundamentet kan betraktas som ett artificiellt rev, som ger skugga, bildar strömvirvlar i vattnet och allmänt skapar en miljö som lockar fisk. Eftersom det inte finns några undersökningar av fisktätheten på platsen före tillkomsten av kraftverket går det dock inte att med säkerhet säga att det vi observerar är en anlockning.

En minskning i normerad medelfångst då kraftverket är i drift föreligger för alla de tre vanligaste arterna. Vid bearbetning av provfisket 1991 tolkades resultaten omvänt - att fångsten ökade då kraftverket var på. Detta illustrerar svårigheten att skilja rums- och tidsaspekterna åt och är en anledning till att det komplicerade normaliseringsförfarandet har använts. En nackdel med detta är att den statistiska analysen försvåras. Normeringen ger ett tillskott till variansen som är oberoende av driftstatus och som kan förklara att medelvärdena för normerad fångst i område I när kraftverket är av och på inte skiljer sig signifikant från 0. Det är alltså oklart i vilken utsträckning man kan dra några slutsatser från den observerade fångstminskningen under drift.

Artsammansättningen i kraftverkets närhet ger ingen indikation på att någon eller några arter permanent undviker området. Tvärt om fångades fler arter där än i referensområdet. Medelvikten per individ var också i allt väsentligt densamma nära och långt ifrån kraftverket vilket innebär att fördelningen av åldersklasser är likartad.

REFERENSER

- Batschelet E. 1981. Circular statistics in biology. Academic Press, NY.
- Blaxter JHS and RS Batty. 1985. Herring behaviour in the dark: responses to stationary and continuously vibrating obstacles. J mar Biol Ass, UK 65:1031-1050.
- Bohnsack J. 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitata limitation or behavioural preference? p 631-645 in Fourth Int. Conf. on Artificial Habitats for Fisheries. Bull. Mar. Sci. 44(2).
- Enger PS, AJ Kamijn and O Sand. 1989. Behavioural investigations on the functions of the lateral line and inner ear in predation. P 575-587 in: The mechanosensory lateral line. Coombs S, P Görner and H Münz (Eds). Springer Verlag, New York.
- Engås A, AV Soldal and JT Ovredal. 1991. Avoidance reaction of ultrasonic tagged cod during bottom trawling in shallow water. ICES CM 1991/B:41.
- Hawkins AD. 1986. Underwater sound and fish behaviour. P 114-151 in: The behaviour of teleost fish. TJ Pitcher (Ed).
- Hawkins AD and O Sand. 1977. Directional hearing in the median vertical plane by the cod. J Comp Physiol 122:1-8.
- Jerkø H., I. Turunen-Rise, P.S. Enger och O. Sand. 1989. Hearing in the eel (*Anguilla anguilla*). J. Comp. Physiol. A165:455-459.
- Karlsen HE. 1991a. The inner ear is responsible for detection of infrasound in the perch (*Perca fluviatilis*). J exp Biol 171:163-172.
- Karlsen HE. 1991b. Infrasound sensitivity in the plaice (*Pleuronectes platessa*). J exp Biol 171:173-187.
- Knudsen FR, PS Enger and O Sand. 1992. Awareness reaction and avoidance responses to sound in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). J Fish Biol 40:523-534.
- Larsson M. 1992. Fiskspärrar. Metoder att leda (skrämma, locka) fisk i anslutning till vattenkraftsanläggningar. Vattenfall Rapport H 1992/5.
- Nichols R. 1987. Infrasonic ocean noise sources: Wind versus waves. J. Acoust. Soc. Am. 82:1395-1402
- Nyberg P. och E. Degerman. 1988. Standardiserat provfiske med översiktsnät. Inf. Sötvattenslab., Drottningholm. Nr 7.
- Ona E and R Toresen. 1988a. Avoidance reactions of herring to a survey vessel, studied by scanning sonar. ICES CM 1988/H:46.

- Ona E and R Toresen. 1988b. Reactions of herring to trawling noise. ICES CM 1988/B:36.
- Sand O and HE Karlsen. 1986. Detection of infrasound by the Atlantic cod. J exp Biol 125:197-204.
- Schuijf A and AD Hawkins. 1983. Acoustic distance discrimination by the cod. Nature 302:143-144.
- Tesch F-W., H. Westerberg och L. Karlsson. 1991. Tracking studies on migrating silver eels in the central Baltic. Meeresforsch. 33:
- Westerberg H. 1977. Ultraljudsteleometri. Inf. Sötvattenslab., Drottningholm. Nr 15.
- Westerberg H. 1979. Counter-current orientation in the migration of the European eel. Rapp. P-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. 174:134-143.
- Westerberg H. 1982. Ultrasonic tracking of Atlantic salmon I. Rep Inst Freshwater Res, Drottningholm 60:81-101.
- Westerberg H. 1983. Metodstudier vid telemetrisk studier på fisk. Inf. Sötvattenslab., Drottningholm. Nr 5.

APPENDIX A

Sammanställning av provfiskeresultat. Fångsten redovisas för en natt fiske med varje, 36 m långt, bottensatt översiktsnät separat. Provfiskeplatsernas beteckningar överensstämmer med Figur 18.

Antal

dat	sta	plats	tors	mört	skru	simp	pigg	tobi	sill	abbo	övri
910514	på	A		12	1	11		2	1	2	3
910514	på	A		12		4		1	2		2
910514	på	B	3	4	1	5					3
910514	på	B	1	2	2	9		1	1		2
910514	på	C	5			2					
910514	på	C	2	1		5					1
910514	på	D	4	2		3					2
910514	på	D	5			4					
910515	av	A		13		14					4
910515	av	A	1	16		13		1	3		
910515	av	B		1	1	9					2
910515	av	B		2	3	4					1
910515	av	C		2		2					
910515	av	C	1		5	4					2
910515	av	D	1	1		3					2
910515	av	D	4	1	1	5					1
910516	av	A		10		10		1		2	2
910516	av	A	2	9	1	7			1	1	3
910516	av	B	1	3		3			3		2
910516	av	B	2	3		6		1	3		
910516	av	C	2		3	4			3		
910516	av	C	3	1		4			2		2
910516	av	D				5			1		4
910516	av	D	1	1		2			1		2
910516	av	E	2	1		5			1		3
910516	av	E	1	1	5	10			1		1
910517	på	A	1	14		9			1		
910517	på	A		12	1	5		3	2		4
910517	på	B	1	4	1	5		1		1	5
910517	på	B		6	4	8		1		1	1
910517	på	C		2	2	6					
910517	på	C	4	4	5	4		1			
910517	på	D		2		7			1		1
910517	på	D		3		2		1	4		1
910517	på	E	2	3	1	10				1	
910517	på	E	4	4	2	6		1		2	
920511	på	A		8	1	21		4	3		3
920511	på	A	1	2	1	13		2	4	1	2
920511	på	B		2	2	13					
920511	på	B	1	3	1	15		1			
920511	på	C	4			4					1
920511	på	C	1		1	3					1
920511	på	D	2			5					1
920511	på	D				4		1	1		

dat	sta	plats	tors	mört	skru	simp	pigg	tobi	sill	abbo	övri
920511	på	E	1	1	1	6					1
920511	på	E		3	2	23					
920511	på	F	2	3	2	5			2		
920511	på	F	2	1	1	4			3		
920513	av	A			1	36			3		
920513	av	A	1	5	1	18					3
920513	av	B		1	1	20	1		1		1
920513	av	B		1	1	18	1		3		1
920513	av	C	4	1	4	4					
920513	av	C	2		1	5					
920513	av	D		5		14		1	3		3
920513	av	D		2	2	15			2		2
920513	av	E	1	7	3	15		2			
920513	av	E	1	4	8	35		1	2		1
920513	av	F		4	1	11			10		
920513	av	F	3	8	2	11			10		1
930525	på	1	11	6	2	7					2
930525	på	1	10	1	2	2	1				2
930525	på	1	11	8		1	1	1			
930525	på	2	14	4				1			1
930525	på	2	8	9	2			5			
930525	på	2	11	8	1	2		2			
930525	på	3	10	7	2	1	1	2			1
930525	på	3	9	9		2					1
930525	på	3	6	8				6			
930525	på	4	9	5		1		1			2
930525	på	4	3	10	1	5	1	3			
930525	på	4	5	12	2			1			1
930525	på	5	6	15	2						
930525	på	5	8	11		2		1			
930525	på	5	10	12	1						
930525	på	6	14	6		2		7			4
930525	på	6	13	3	2	2		2	2		1
930525	på	6	13	1		4		8			
930525	på	7	8	5	1	1		2			
930525	på	7	9	3		1					
930525	på	7	11			3					
930525	på	7	4	1	3						
930525	på	8	10	7		1		2			
930525	på	8	13	3	1	4	1	7			2
930525	på	8	18		2	4		2			3
930525	på	9	4	4		2					1
930525	på	9	6			1	2	1			
930525	på	9	10	3	1	1					
930525	på	10	18			2		1			2
930525	på	10	16	1				3			
930525	på	10	24			2		6	1		11

dat	sta	plats	tors	mört	skru	simp	pigg	tobi	sill	abbo	övri
930526	av	1	7	3	2	2		1			1
930526	av	1	6	17		5	1			1	3
930526	av	1	8	2	1	3					
930526	av	2	7	3	2	3		1			1
930526	av	2	10	3		2					
930526	av	2	12	3	1	2					3
930526	av	3	8	1							1
930526	av	3	2	3		2		3			1
930526	av	3	6	4		3	1	4			3
930526	av	4	5	1		2		3			2
930526	av	4	5	3		2		1			3
930526	av	4	6	3		2		2			1
930526	av	5	10	3	1			4			
930526	av	5	7	5							3
930526	av	5	9	4		1		2			1
930526	av	6	7	4		1		4		1	3
930526	av	6	6	1	1		1	2			6
930526	av	6	12	1				3			6
930526	av	7	11	2		2		4			5
930526	av	7	14		1						3
930526	av	7	16			1					
930526	av	8	7			2		3			11
930526	av	8	7			2		2			3
930526	av	8	4			3					1
930526	av	9	8	1		3		4			
930526	av	9	13			2	1				3
930526	av	9	14			2					
930526	av	10	5			1		2			1
930526	av	10	7			2	1	1			3
930526	av	10	8	1		1					4

Vikt (kg)

dat	sta	plats	tors	mört	skru	simp	pigg	tobi	sill	abbo	övri
910514	på	A		2.63	0.07	1.18		0.00	0.11	0.43	.22
910514	på	A		1.89		1.11		0.02	0.13		.03
910514	på	B	0.65	0.69	0.21	0.85					.03
910514	på	B	0.59	0.40	0.28	1.27		0.05	0.20		.29
910514	på	C	1.52			0.10					.00
910514	på	C	1.29	0.05		0.83					.15
910514	på	D	1.47	0.43		0.28					.25
910514	på	D	2.58			0.60					.00
910515	av	A		2.30		1.93					.64
910515	av	A	0.26	2.88		1.33		0.03	0.26		.00
910515	av	B		0.36	0.39	1.44					.30
910515	av	B		0.38	0.44	0.98					.01
910515	av	C		0.37		0.21					.00
910515	av	C	0.35		1.18	0.38					.24
910515	av	D	0.41	0.17		0.89					.24
910515	av	D	1.57	0.17	0.23	0.74					.15
910516	av	A		2.00		1.24		0.03		0.31	.21
910516	av	A	1.06	1.51	0.14	0.92			0.11	0.19	1.07
910516	av	B	0.71	0.61		0.57			0.24		.24
910516	av	B	1.07	0.44		0.63		0.03	0.15		.00
910516	av	C	0.74		0.93	0.38			0.23		.00
910516	av	C	1.04	0.17		0.59			0.23		.17
910516	av	D				0.51			0.11		.12
910516	av	D	0.31	0.21		0.24			0.07		.02
910516	av	E	1.71	0.21		0.73			0.06		.10
910516	av	E	1.90	0.20	0.71	1.34			0.16		.10
910517	på	A	0.38	2.28		1.06			0.11		.00
910517	på	A		2.51	0.15	0.54		0.12	0.17		.59
910517	på	B	0.31	1.03	0.09	0.77		0.06		0.12	.66
910517	på	B		1.00	0.87	1.11		0.03		0.08	.05
910517	på	C		0.30	0.27	0.62					.00
910517	på	C	1.43	0.71	1.04	0.91		0.02			.00
910517	på	D		0.46		1.06			0.01		.01
910517	på	D		0.45		0.26		0.03	0.22		.05
910517	på	E	1.13	0.47	0.16	0.95				0.14	.00
910517	på	E	2.46	0.63	0.30	0.62		0.04		0.22	.00
920511	på	A		1.04	0.21	3.49		0.04	0.26		.05
920511	på	A	0.03	0.18	0.15	1.61		0.03	0.35	0.12	.32
920511	på	B		0.30	0.26	1.64					.00
920511	på	B	0.49	0.64	0.16	1.69		0.01			.00
920511	på	C	1			0.35					.17
920511	på	C	0.01		0.24	0.24					.00
920511	på	D	0.68			0.70					.02
920511	på	D				0.37		0.03	0.10		.00

dat	sta	plats	tors	mört	skru	simp	pigg	tobi	sill	abbo	övri
920511	på	E	0.42	0.34	0.07	1.01					.07
920511	på	E		0.36	0.25	3.57					.00
920511	på	F	0.02	0.50	0.27	0.68			0.21		.00
920511	på	F	0.80	0.11	0.16	0.47			0.25		.00
920513	av	A			0.07	5.62			0.30		.00
920513	av	A	0.05	0.78	0.12	3.37					.09
920513	av	B		0.15	0.20	2.09	0.44		0.10		.05
920513	av	B		0.10	0.09	2.56	0.23		0.30		.02
920513	av	C	2.47	0.12	1.01	0.72					.00
920513	av	C	0.62		0.35	0.43					.00
920513	av	D		0.95		1.66		0.05	0.14		.31
920513	av	D		0.37	0.37	2.53			0.26		.08
920513	av	E	0.44	0.76	0.55	1.90		0.03			.00
920513	av	E	0.37	0.55	1.15	5.55		0.04	0.17		.01
920513	av	F		0.59	0.11	1.43			0.77		.00
920513	av	F	1.11	1.24	0.31	1.68			0.73		.03
930525	på	1	4.06	.805	.573	.575					.091
930525	på	1	2.52	.164	.362	.189	.191				.127
930525	på	1	4.93	.751		.128	.21	.025			
930525	på	2	4.40	.65				.03			.06
930525	på	2	3.07	1.58	.324			.127			
930525	på	2	3.08	1.00	.206	.097		.045			
930525	på	3	3.24	1.05	.302	.076	.266	.071			.019
930525	på	3	3.44	1.48		.124					.01
930525	på	3	2.00	1.14				.157			
930525	på	4	3.68	.535		.073		.027			.015
930525	på	4	.97	1.75	.27	.378	.222	.12			
930525	på	4	1.51	1.98	.284			.023			.022
930525	på	5	2.48	2.49	.296						
930525	på	5	3.02	2.07		.161		.03			
930525	på	5	3.49	1.72	.11						
930525	på	6	5.23	1.16		.2		.166			.235
930525	på	6	3.72	.455	.436	.14		.042	.086		.003
930525	på	6	3.77	.212		.299		.172			
930525	på	7	3.19	1.01	.149	.115		.06			
930525	på	7	4.08	.48		.066					
930525	på	7	4.28			.433					
930525	på	7	.974	.204	.51						
930525	på	8	4.04	1.31		.091		.085			
930525	på	8	3.81	.349	.192	.246	.505	.195			.073
930525	på	8	6.63		.41	.253		.047			.022
930525	på	9	1.10	.755		.182					.022
930525	på	9	1.91			.069	.554	.022			
930525	på	9	2.96	.5	.158	.044					
930525	på	10	6.99			.148		.032			.042
930525	på	10	5.15	.185				.095			
930525	på	10	8.04			.154		.135	.01		.108

dat	sta	plats	tors	mört	skru	simp	pigg	tobi	sill	abbo	övri
930526	av	1	2.31	.453	.461	.146		.038			.008
930526	av	1	1.98	1.93		.466	.277			.115	.097
930526	av	1	3.05	.162	.09	.353					
930526	av	2	2.36	.394	.387	.298		.025			.005
930526	av	2	3.92	.494		.167					
930526	av	2	3.91	.522	.126	.133					.094
930526	av	3	2.77	.027							.041
930526	av	3	.758	.358		.167		.079			.014
930526	av	3	1.72	.746		.219	.28	.086			.036
930526	av	4	1.99	.081		.129		.115			.037
930526	av	4	1.32	.366		.182		.03			.069
930526	av	4	1.67	.457		.205		.059			.001
930526	av	5	2.94	.322	.048			.058			
930526	av	5	2.76	1.01							.048
930526	av	5	2.72	.455		.064		.045			.014
930526	av	6	2.61	.563		.075		.105		.143	.076
930526	av	6	2.48	.077	.165		.344	.066			.13
930526	av	6	3.65	.196				.07			.069
930526	av	7	4.06	.426		.1		.106			.089
930526	av	7	5.35		.099						.158
930526	av	7	6.23			.068					
930526	av	8	1.81			.128		.071			.099
930526	av	8	2.3			.177		.062			.026
930526	av	8	.979			.11					.045
930526	av	9	3.08	.096		.186		.106			
930526	av	9	5.46			.144	.479				.059
930526	av	9	4.58			.316					
930526	av	10	1.36			.075		.052			.029
930526	av	10	2.06			.058	.235	.025			.141
930526	av	10	3.24	.147		.096					.066