

Fiskeridirektoratet
Biblioteket

FISKEFARTØYER OG STØY

INNSTILLING

fra

FISKERIDIREKTORATETS BÅTSTØY-UTVALG

FISKEFARTØYER OG STØY

INNSTILLING FRA FISKERIDIREKTORATETS BÅTSTØY UTVALG

INNHold

Fiskeridirektoratet
Biblioteket

- 1.0 UTVALGETS OPPNEVNING OG MANDAT

- 2.0 FISKEFARTØYER OG STØY - GENERELL DEL
 - 2.1 Støy fra fartøy
 - 2.2 Støy som skremmer fisk
 - 2.3 Støy vanskeliggjør fiskeleting med instrumenter
 - 2.4 Støy som sjenerer mannskapet
 - 2.5 Interessegrupper for støyundersøkelser
 - 2.6 Støyundersøkelser

- 3.0 FISKEFARTØYER OG STØY - FAGTEKNISK DEL
 - 3.1 Støy fra fartøyer
 - 3.1.1 Maskinstøy
 - 3.1.2 Propellerstøy
 - 3.1.3 Hydrodynamisk skrogstøy
 - 3.1.4 Total støyutstråling
 - 3.1.5 Støyreduksjon
 - 3.2 Fiskens reaksjon på støy
 - 3.2.1 Fiskens evne til å oppfatte og nyttiggjøre seg støysignaler.
 - 3.2.2 Atferd hos fisk ved lyd/støy-påvirkning
 - 3.3 Støyens innflytelse på fiskeletingsinstrumentene
 - 3.4 Støy som sjenerer mannskapet

- 4.0 VURDERING AV BEHOVET FOR EN SYSTEMATISK STØY-UNDERSØKELSE
 - 4.1 Spesifiserte behov for teknisk støy-data
 - 4.2 Spesifiserte behov for biologiske data
 - 4.3 Indikasjoner på oppnåelige resultater

5.0 PLAN FOR UNDERSØKELSE AV FISKEFARTØYENES STØYFORHOLD

- 5.1 Systematisk måling og analyse av støy fra fiskefartøy
 - 5.1.1 Valg av fartøytyper
 - 5.1.2 Målemetoder
 - 5.1.2.1 Målestasjon
 - 5.1.2.2 Utstyr
 - 5.1.2.3 Foreløpig skissering av en målerutine
 - 5.1.3 Undersøkelsenes varighet og omfang

- 5.2 Biologisk/fangst-teknisk undersøkelse
 - 5.2.1 Observasjoner på fiskefelt
 - 5.2.2 Eksperimentelle biologiske undersøkelser
 - 5.2.3 Undersøkelser for vurdering av fangst-taktikk
 - 5.2.4 Særskilt metodikk
 - 5.2.5 Undersøkelsens varighet og omfang

- 5.3 Utførende instanser

- 5.4 Overslag over omkostningene

- 6.0 SAMMENDRAG

- 7.0 REFERANSER

FISKEFARTØYER OG STØY

INNSTILLING FRA FISKERIDIREKTORATETS BÅTSTØY UTVALG (FIBU)

1. UTVALGETS OPPNEVNING OG MANDAT

Etter initiativ fra Fiskeridirektøren ble det 14. 2. 67 på Havforskningsinstituttet holdt et møte om

støyproblemer i fiskeriene (1)

Bakgrunn for møtet var at det fra flere hold blir uttalt:

"Støy kan skremme fisken
Støy gjør det vanskelig å finne fisken
Støy kan sjenere mannskapet". (2)

For fiskefartøyer foreligger imidlertid lite av kvantitative data vedrørende støyens årsak, frekvensspektrum, nivå, eventuelle skadevirkninger og mulighetene for reduksjon av støyen.

Møtet konkluderte med:

- "1. Flere interessegrupper ønsker å få støyproblemene ved fiskefartøyer nærmere utredet. En slik undersøkelse vil naturlig ta sikte på å finne midler til å redusere støyen samt å etablere enkle målemetoder for rutinemessig kontroll av fartøyenes støynivå.
2. En undersøkelse med klar praktisk målsetting bør snarest mulig settes igang.
3. Arbeidet forsøkes finansiert ved offentlige midler".

I brev av 16. 6. 67 oppnevnte Fiskeridirektøren en arbeidsgruppe for nærmere å:

vurdere behovet for en systematisk undersøkelse av fiskefartøyets støyforhold og eventuelt skissere en plan for en slik undersøkelse.

Utvalget fikk denne sammensetningen:

Direktør T. Gerhardsen, Horten, formann
 Sivilingeniør O. Fr. Harbek, Horten
 " A. M. Liaaen, Ålesund
 Skipskonsulent E. Sivertsen, Bergen
 Havforsker L. Midttun, Bergen
 " K. Olsen, Bergen.

2 FISKEFARTØYER OG STØY - GENERELL DEL

I dette avsnitt blir det gitt en summarisk oversikt over hva som allerede er kjent, "hva som sies" og hvem som er interessert i støyforholdene på fiskefartøyer.

2.1 Støy fra fartøyene.

Under gange frembringer alle fiskefartøyer akustisk støy.

Støyen skyldes vannstrømning, virveldannelse og kavitasjon langs skrog og ved propell samt vibrasjon og slag fra maskineriet.

Det er kjent at støyens intensitet (støynivået) kan variere med fartøyets skrogform, størrelse, motortype, propellertype (omdr. tall, antall blad, geometri) trim, fart, hjelpemaskineri, værforhold, o. s. v.

Det er ikke tilstrekkelig kjent i absolutte tallverdier hvordan alle disse ting influerer på støynivået.

Den oppgave i dag å skulle spesifisere et fiskefartøy med et bestemt støynivå og en bestemt støykarakteristikk med rimelig toleranser, er neppe mulig å løse.

2.2 Støy skremmer fisken.

Innen mange fiskerier er støy et ofte anvendt middel til å påvirke og lede fisk. I den senere tid har det imidlertid kommet frem forhold fra noen av våre vanligste fiskerier der fangstingen synes å bli genert av uønsket støy.

Fra sildefiske med ringnot og kraftblokk er det en rekke ganger blitt rapportert at silda i enkelte perioder lett blir skremt av støyen fra hovedfartøyet eller bas-båten, at den "går ned", "sprer seg", "bøyer unna" o. l.

En økt interesse for den støy fartøyet frembringer og for sildas ofte åpenbare reaksjon på denne, ble tydelig merkbar ved overgangen til ringnotsnurping - en teknikk hvor som kjent hovedfartøyet går nærmere stimene enn ved anvendelse av notbåter.

Fiskerne mener det er en alminnelig erfaring at silda er særlig var overfor endringer i støynivået (f. eks. ved forandring av omdr. tall og prop. stigning), men at den relativt fort kan vende seg til et høyt, men konstant, støynivå.

Det er ikke tilstrekkelig kjent hva slags støy eller for hvilke frekvenser og absolutte støynivåer silda reagerer på under forskjellige forhold. Ingen kan si f. eks. hvor nær et fartøy under bestemte fangstforhold kan gå en stim uten at stimen reagerer.

Av den største interesse er det imidlertid at mange erfarne fiskere hevder at i så måte er det forskjell fra fartøy til fartøy.

2.3 Støy vanskeliggjør fiskeleting med instrumenter.

Både ved ekkolodd og sonar (asdic) er en henvist til å måtte oppdage svake ekkosignaler fra fisk og sild samtidig som der er mange støysignaler til stede.

Uønskede støysignaler gjør det vanskelig å finne fisken, og gjør det ofte også særdeles vanskelig å tyde registreringene.

En stor del av den støy som forstyrrer instrumentene kommer oftest fra fartøyet selv.

En del er kjent om betydningen av skrogform, plassering av fiskeletingsutstyr, motor og propellerutstyr osv., men meget gjenstår før det i absolutte tall er mulig med sikkerhet å forutberegne godheten av en fiskeletningsinstallasjon.

Den vesentligste årsak til dette er at nesten alle støyopplysninger om fartøyene mangler, når en installasjon skal foretas.

2.4 Hørbar støy sjenerer mannskapet.

Med "hørbar støy" menes den akustiske støy som kan sjenerer mannskapet.

Med den intense drift som forlanges er det klart at fartøyets støymessige beboelighet og derved mannskapets trivsel må tillegges en vesentlig betydning.

Utviklingen av de moderne dieselmotorene til bruk både som hovedmotorer og hjelpemaskineri har ført til støynivåer i maskinrommet og dets nærhet av ganske andre nivåer enn tidligere.

For fiskefartøyer foreligger det i dag ingen objektive målinger om absolutte eller relative støynivå fra de forskjellige maskinlegg og innredningsarrangementer. I handelsflåten, der man for lengst har tatt opp dette som et alvorlig problem, er det foretatt endel støyundersøkelser og det er alt klart at meget kan og bør gjøres på dette felt.

2.5 Interessegrupper.

I de senere år er de fleste som har forbindelse med fartøy, maskineri, instrumenter og fiske på en eller annen måte kommet bort i støyproblemet.

Det må derfor være riktig å anta at følgende grupper er interessert i at støyproblemet blir nærmere klarlagt:

Fiskerimyndighetene
 Rederiene
 Mannskapene
 Redskapsleverandørene
 Skipsverftene
 Motorleverandørene
 Propellerleverandørene
 Instrumentleverandørene

Det ville være naturlig at alle disse "interessentene" gikk sammen om å få støyproblemet nærmere belyst gjennom en systematisk undersøkelse.

2.6 Støyundersøkelse

Ingen av de nevnte interessenter har alene faglig kompetanse og utstyr til å foreta en slik støyanalyse.

Det må være naturlig å tenke seg at oppdraget søkes løst gjennom et av forskningsinstituttene.

Det ville i så fall kanskje være nyttig om en del av interessentene kunne danne et utvalg for å bistå forskningsinstituttet med data om utstyret (motorer, propeller, instrumenter osv.) praktiske råd og den generelle målsetting for undersøkelsene.

Med de store fellesinteresser som knytter seg til saken, synes det naturlig å forsøke å få en vesentlig del av støyundersøkelsene finansiert ved offentlige midler.

Det ansees som tvilsomt om de nevnte interessenter for tiden vil se seg istand til å bidra vesentlig til finansieringen.

3. FISKEFARTØYER OG STØY - FAGTEKNISK DEL

I tillegg til den generelle omtale av støyproblemene i foregående avsnitt, er det antatt å være av betydning også å få gitt en noe mere fagteknisk oversikt.

I dette avsnitt er det hensikten å presentere eller angi referanse til en del relevant materiale (tekniske data, metoder, erfaringer) som allerede er kjent.

Fremstillingen er delt i avsnittene:

Støy fra fartøyer
Fiskens reaksjon på støy
Mannskapets reaksjon på støy
Støyens innflytelse på fiskeletingsinstrumentene
(ekkolodd og sonar)

3.1 Støy fra fartøyer

Den totale støy fra et fartøy kan klassifiseres i to deler, et kontinuerlig støyspektrum samt et linjespektrum. Oppbyggingen innen disse spektra vil bestemme fartøyets støykarakteristikk.

Alt etter opprinnelsen kan fartøystøyen deles inn i tre hovedgrupper: maskinstøy, propellerstøy og hydrodynamisk skrogstøy.

3.1.1 Maskinstøy

Maskinstøy genereres på grunn av mekaniske vibrasjoner i fartøyets forskjellige maskineri, så som motorer, generatorer, reduksjonsgear, pumper, kompressorer, osv. Vibrasjonene forplanter seg til selve skroget som så virker som en akustisk radiator.

Vibrasjonene kan tenkes å oppstå på en rekke forskjellige måter:

Manglende balansering av roterende deler
Diskontinuerlig bevegelse som f. eks. tannhjuls-
overføringer

Gjentagne ikke-roterende bevegelser som stempel-
slag, trykkpulsasjoner (forbrennings- og exhaust-
system, kompressorer) etc.

Kavitasjon og turbulens i pumper, ventiler etc.

Av de nevnte kildene gir de tre første typiske linjespektra med tonekomponenter med samme frekvens som eksitasjonsfrekvensen og eventuelle overharmoniske.

De to siste har et bredbåndet spektrum med enkelte mulige spektral-
linjer dersom deler av fartøyet kommer i resonans på grunn av
egensvingninger.

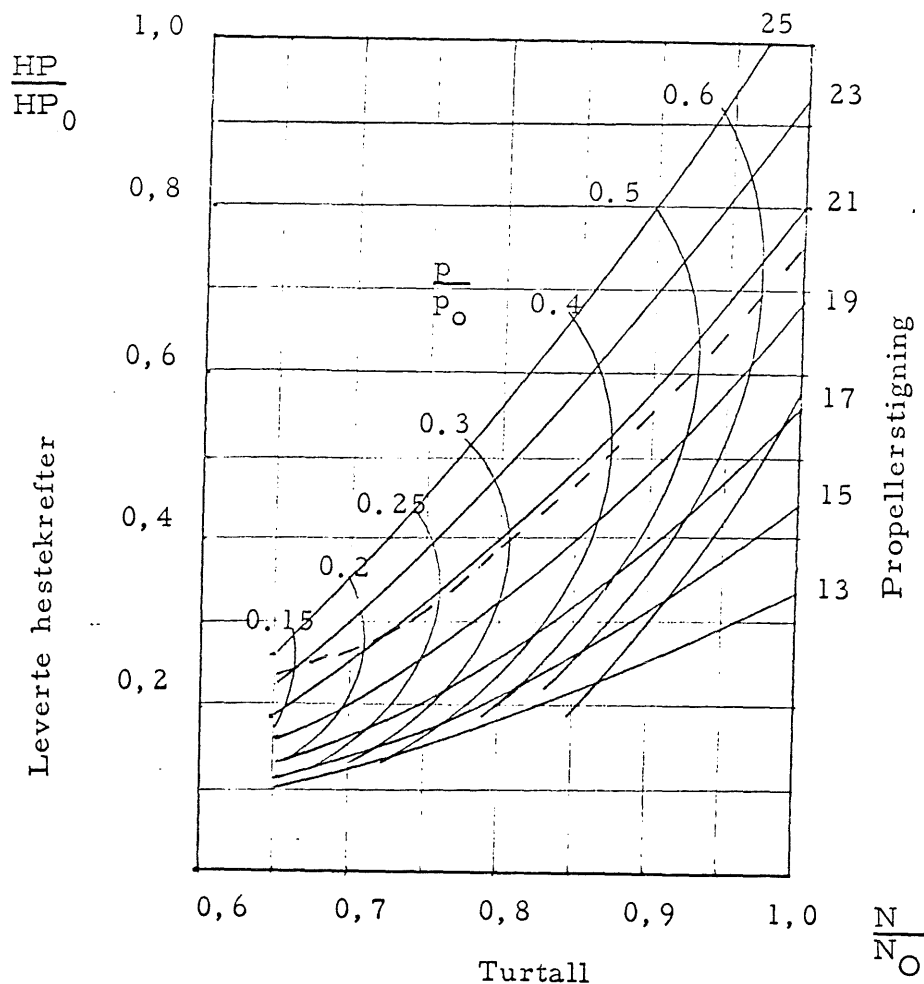
Støyen som måles i sjøen et stykke unna fartøyet, er ikke bare av-
hengig av hvor store de forekommende vibrasjonene er, men også
på måten vibrasjonene er koblet til selve skroget og vannet.

Dersom større deler av skroget blir eksitert med samme frekvens
f. eks. av propellerakselen, kan det virke på samme måte som klang-
bunnen til et musikkinstrument; et fenomen som vil forsterke visse
frekvenser i eksitasjonsspekteret. Maskinstøyen er av meget
kompleks natur, og under fart endres det totale støyspekteret stadig.

3.1.2 Propellerstøy

Propellerstøy genereres både ved mekaniske vibrasjoner og ved
kavitasjon og turbulens på og i nærheten av propellerbladene. I
motsetning til maskinstøy genereres propellerstøyen utenfor selve
skroget, og ved nærfeltsmålinger kan den eksakte kildeposisjon
lettere bestemmes.

Den relative støyutstrålingen fra en vripropeller er vist på fig. 1.
Kurvene er opptegnet på grunnlag av en rekke målinger bearbeidet
av A. M. Liaaens A/S, Ålesund. (3)



Figur 1. Relativ støyutstråling fra CP-propeller.

Figuren gir en god beskrivelse av støyforløpet når de ulike parametre forandres innbyrdes. Den stiplede linjen antyder en optimal arbeidslinje. For propellerstigning over eller under denne vil støyen øke dersom turtallet holdes konstant. Ved nærmere undersøkelse av forholdene omkring den optimale arbeidslinjen fant man at støyen kunne beskrives som en funksjon av turtallet opphøyet i en variabel eksponent.

For det undersøkte fartøy fant man i det øvre hastighetsområdet at følgende formel gå tilnærmet riktig resultat:

$$\frac{P}{P_0} = k \cdot N^{3,7}$$

hvor p er lydtrykket^{x)}, N propellerens turtall og k er en konstant.

x) Lydtrykkene er her angitt med referanse til $1 \mu\text{Bar}$ (1 dyn/cm^2). Antall desibel (dB) er gitt ved $(\text{dB}) = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0}$, der p og p_0 er lydtrykk målt i μBar .

Dette skulle indikere at det til enhver tid lønner seg å holde turtallet så lavt som mulig, for derved å generere minst mulig støy.

— Videre ble det påpekt at propellbelastningen på bladspissen spiller en sentral rolle i lydbildet.

Selve kavitasjonsstøyen består av en mengde små smell som oppstår når kavitasjonsboblene klapper sammen (imploderer). Målinger har vist at for høye frekvenser avtar spektralnivået med ca. 6 dB pr. dobling av frekvensen (-6 dB/oktav) mens det for lave frekvenser øker med økende frekvens. Maksimumspunktet ligger mellom 100 Hz^{x)} og 1000 Hz. Beliggenheten flytter seg mot lavere frekvens når farten øker.

Strømhvirvlene som oppstår bak propelleren gir et betydelig bidrag til støyen. Mesteparten av denne støyen ligger i området 100 - 1000 Hz.

Mekaniske vibrasjoner i propelleren kan tenkes generert på flere måter:

Rytmiske variasjoner i væskestrømmen omkring propelleren

Rytmisk hvirvelavløsning

Dersom eksitasjonsfrekvensen faller sammen med propellbladenes egenfrekvens, kan det oppstå kraftige resonansfenomen som betegnes som "propellersynging". Dette gir en meget smalbåndet støy, og frekvensen er kun gitt av propellerbladenes egenfrekvens uavhengig av turtallet (et blad kan ha flere svingeformer og egenfrekvenser).

Det kan her nevnes at komiteens medlem Liaaen er kjent med den virksomhet som drives i regi av "Bedriftskomiteen for Propellfremstilling". Denne komitee har enda ikke avgitt noen rapport, men arbeider blant annet med hydrodynamiske forhold av beregningsmessig og driftsmessig karakter ved skipspropellere med støtte av NTNf. Denne komitee berører allerede forhold som vil kunne ha interesse for den forskning som Båstøytutvalget legger opp til. En koordinasjon og utveksling av erfaringer og resultater vil måtte antas å ha betydelig verdi.

x) Hz = svigninger pr. sek.

3.1.3 Hydrodynamisk skrogstøy

Hydrodynamisk støy genereres på grunn av variasjoner i væskestrømmen forbi skroget. Trykkvariasjonene som oppstår, kan enten direkte eller ved å eksitere deler av skroget, registreres som støy. Eventuelle utstående deler på skroget kan settes i vibrasjoner og hulrom kan virke som resonatorer når de utsettes for strømminger.

Det totale bidraget fjernt fra hydrodynamiske støykilder er vanligvis lite sammenlignet med maskin- og propellerstøy. I nærheten derimot kan de hydrodynamiske støyforhold være av avgjørende betydning f. eks. ved plassering og utforming av ekkolodd og sonarutstyr.

3.1.4 Total støyutstråling

Når det gjelder den totale støyutstrålingen fra et fartøy, er det lite kjent på sivil hold.

Militære institusjoner har foretatt en lang rekke undersøkelser på dette området, og man har funnet frem til følgende empiriske formel for gjennomsnittlige støyutstråling for større skip angitt i dB/uBar ved 1 m avstand:

$$SL = 51 \lg V + 15 \lg T - 20 \lg F - 20 \lg D - 113,5$$

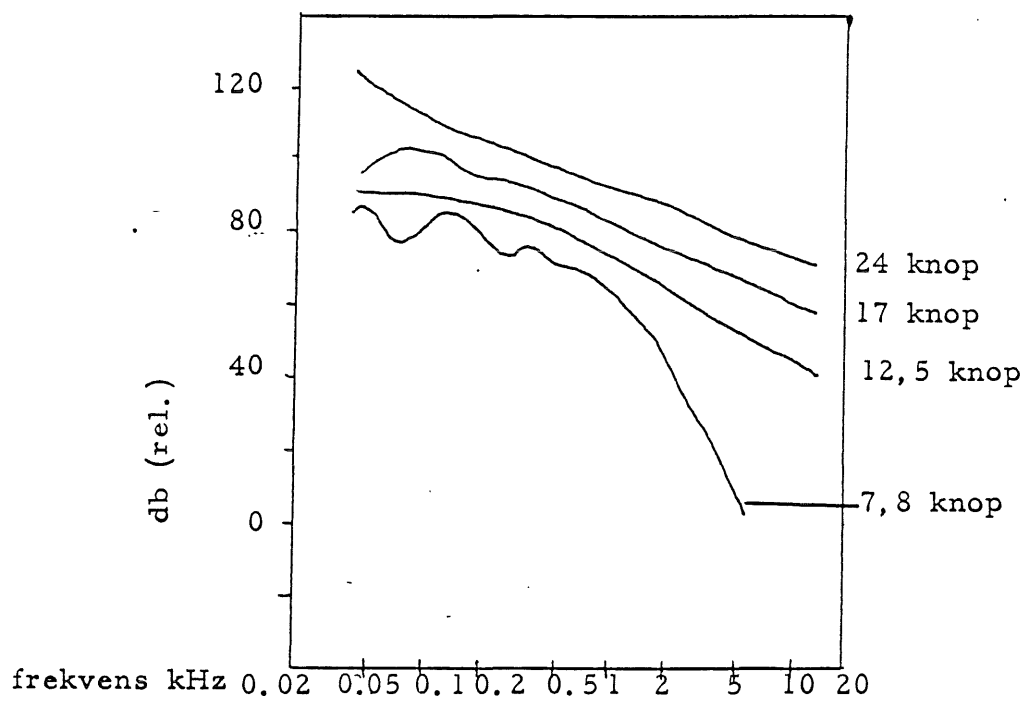
Her er V propellertopphastigheten i fot pr. sek. T er skipets deplacement i tonn, F frekvensen i kiloHertz og D avstanden til skipet i yards. Formlen gjelder bare for frekvenser over 1 kHz.

Fig. 2 viser støyutstråling fra et middels stort skip som funksjon av hastigheten.

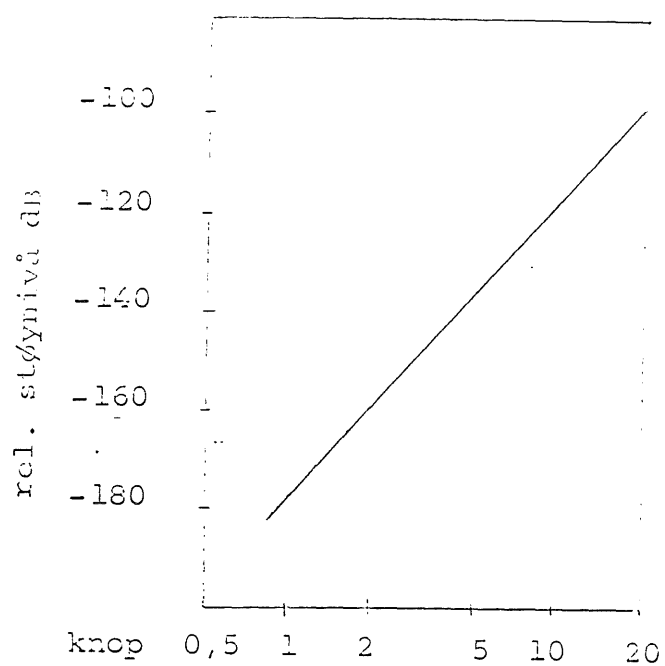
Fig. 3 viser sammenhengen mellom utstrålt støy og fartøyets hastighet og deplacement.

Det må imidlertid presiseres at dette gjelder kun for større fartøy. Den oppgitte formel er basert på målinger fra store tankbåter og krigsskip, og resultatene kan ikke overføres direkte på mindre fartøy.

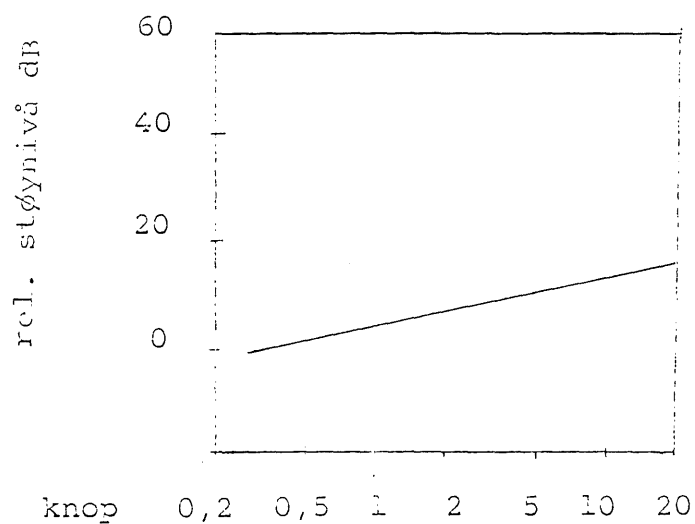
Firmaet SIMONSEN & MUSTAD A. S. har foretatt en del målinger av støy fra fiske- og forskningsfartøyer. (4).



Figur 2. Total støyutstråling fra et (midl.st.) fartøy som funksjon av hastigheten.



Sammenheng mellom støytstråling ved 5 kHz, og båtens fart for et 400 tonns fartøy.



Støytstråling som funksjon x 1000 tonn av displacement

Figur 3

Fig. 4 viser det gjennomsnittlige støyspekteret opptegnet på grunnlag av målinger på ialt ti snurpefartøyer (5).

Støynivået øker mellom 2 og 3 dB når turtallet øker med 100 rpm.

For avtagende stigning fåes en økning i støyen i samsvar med det som er nevnt i avsnittet om propellerstøy. Det er spesielt ved høye turtall at denne turbulens- og kavitasjonsstøyen gjør seg gjeldende.

Fig. 5 viser støyspekteret som funksjon av båtens rorvinkel. Støynivået øker betraktelig i området 500 - 1000 Hz når båten svinger. Dette skyldes delvis hydrodynamisk støy og delvis turbulent propellerstøy idet strømningsforholdene omkring skrog og propeller endres.

Fig. 6 viser støyforløpet som funksjon av tiden for et simulert snurpekast. Av spesiell interesse er den kraftige økning i støyen som forårsakes av enhver brå parameterendring.

Disse måleresultatene (fig. 4, 5 og 6) er gjengitt her for å illustrere hva det på dette felt kan bli tale om i forbindelse med mere omfattende støyundersøkelser. Det vil kreve en klar plan og systematikk og et meget større materiale før det kan trekkes generelle konklusjoner for vesentlige deler av fiskeflåten.

3.1.5 Støyreduksjon

Ved omtale av akustisk støy ombord skilles gjerne mellom strukturstøy og luftbåret støy.

Strukturbåret støy er støy som forplanter seg som vibrasjoner i faste media, f. eks. skrogplater, dørker og skott, rørledninger, aksler osv.

De opprinnelige kildene for denne strukturlyden kan tenkes isolert vibrasjonsmessig fra omgivelsene, og ved gunstig oppdeling kan man hindre strukturlyden i å forplante seg utover.

Ved elastisk opplagring av vibrasjonskildene må man være oppmerksom på at fundamentet (skipsskroget) også representerer et svingesystem med gitte egenfrekvenser.

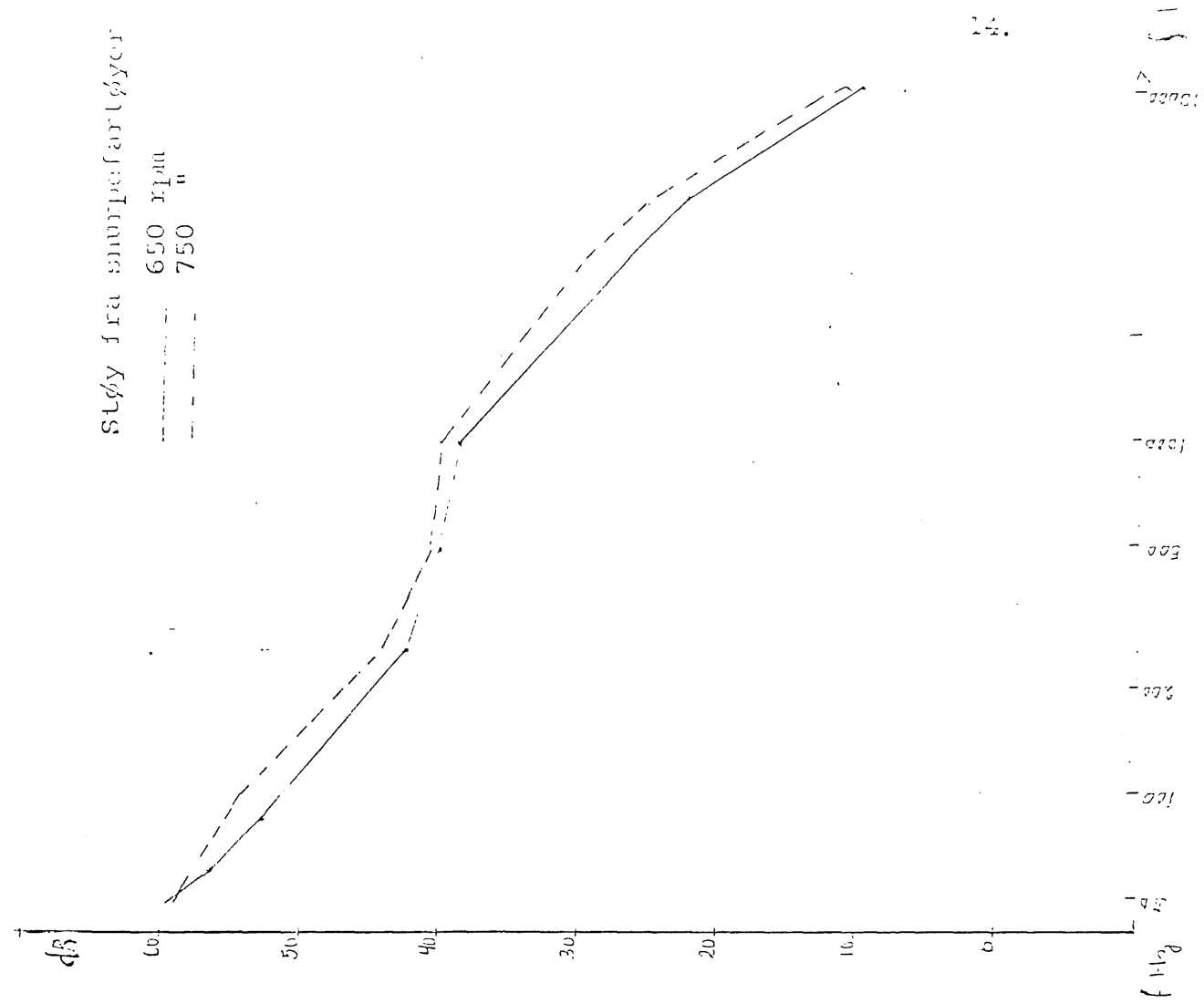
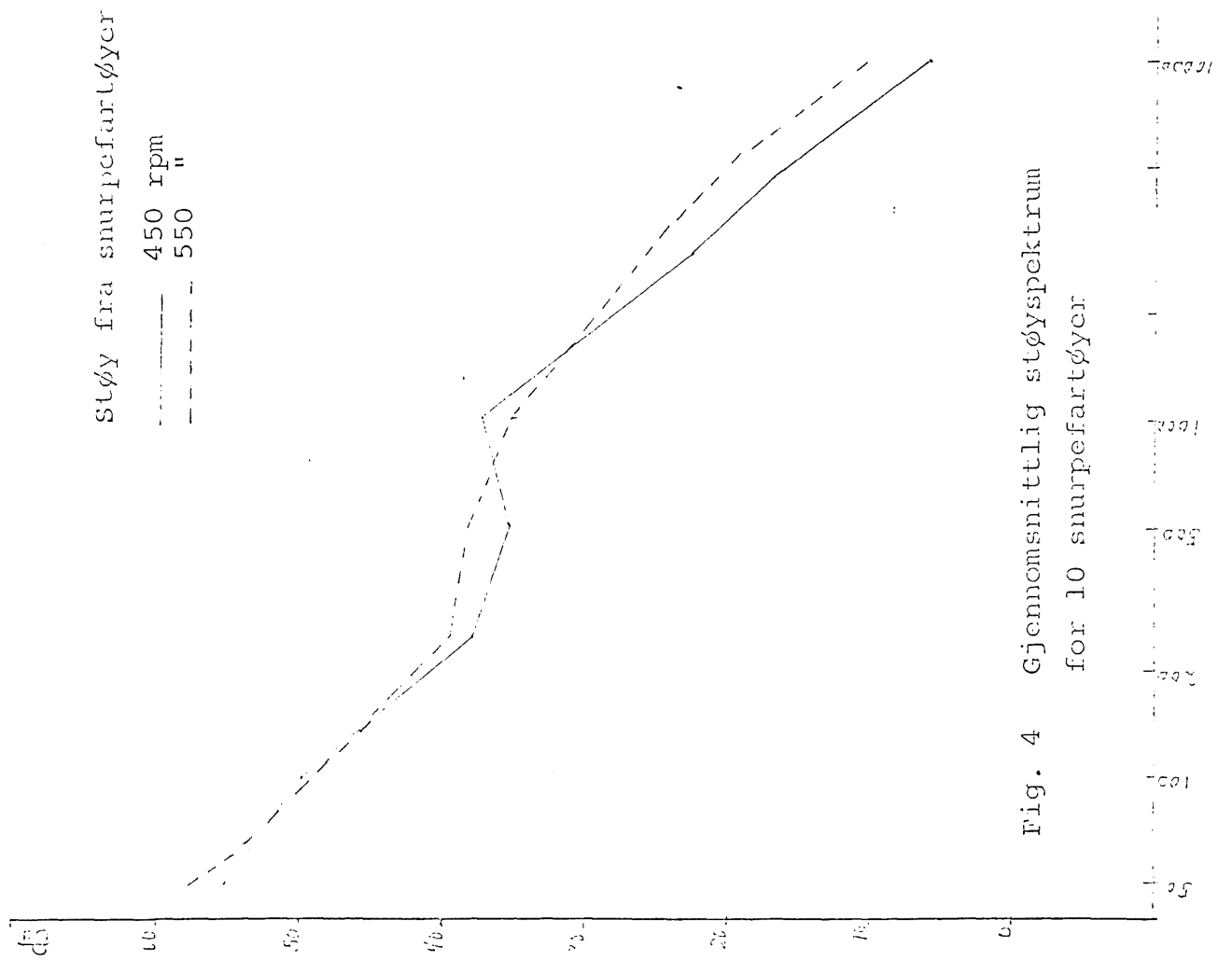
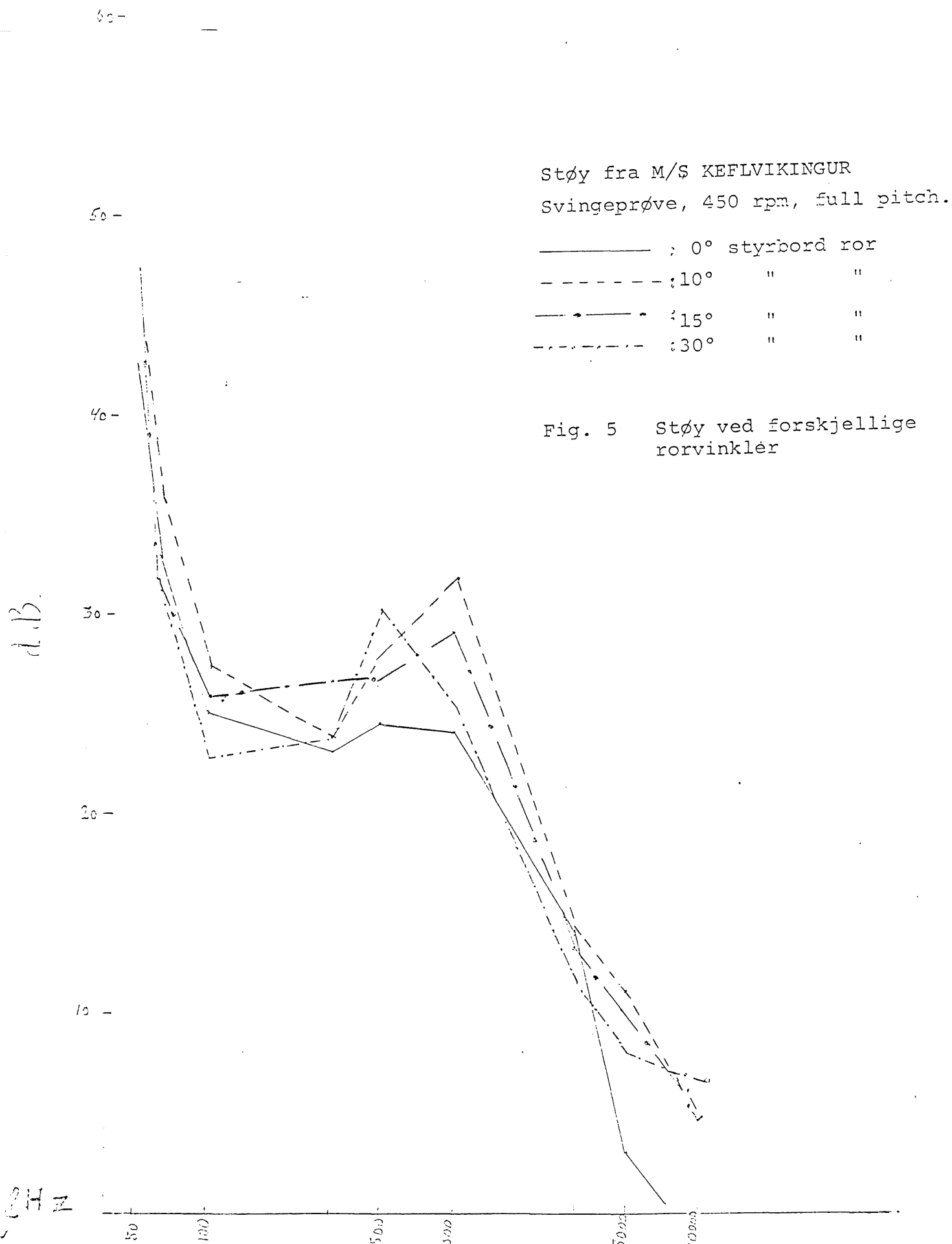


Fig. 4 Gjennomsnittlig støyspektrum for 10 snurpefartøyer

Spectrum level, dB re 1 μ Bar, 1 Hz

Spectrum level, dB re 1 μ Bar, 1 Hz

450 rpm
1/1 pitch
0° ror

340 rpm
1/1 pitch
15° ror

460 rpm
1/1 pitch
15° ror

530 rpm
1/1 pitch
15° ror

550 rpm
1/1 pitch
15° ror

400 rpm
1/1 pitch
0° ror

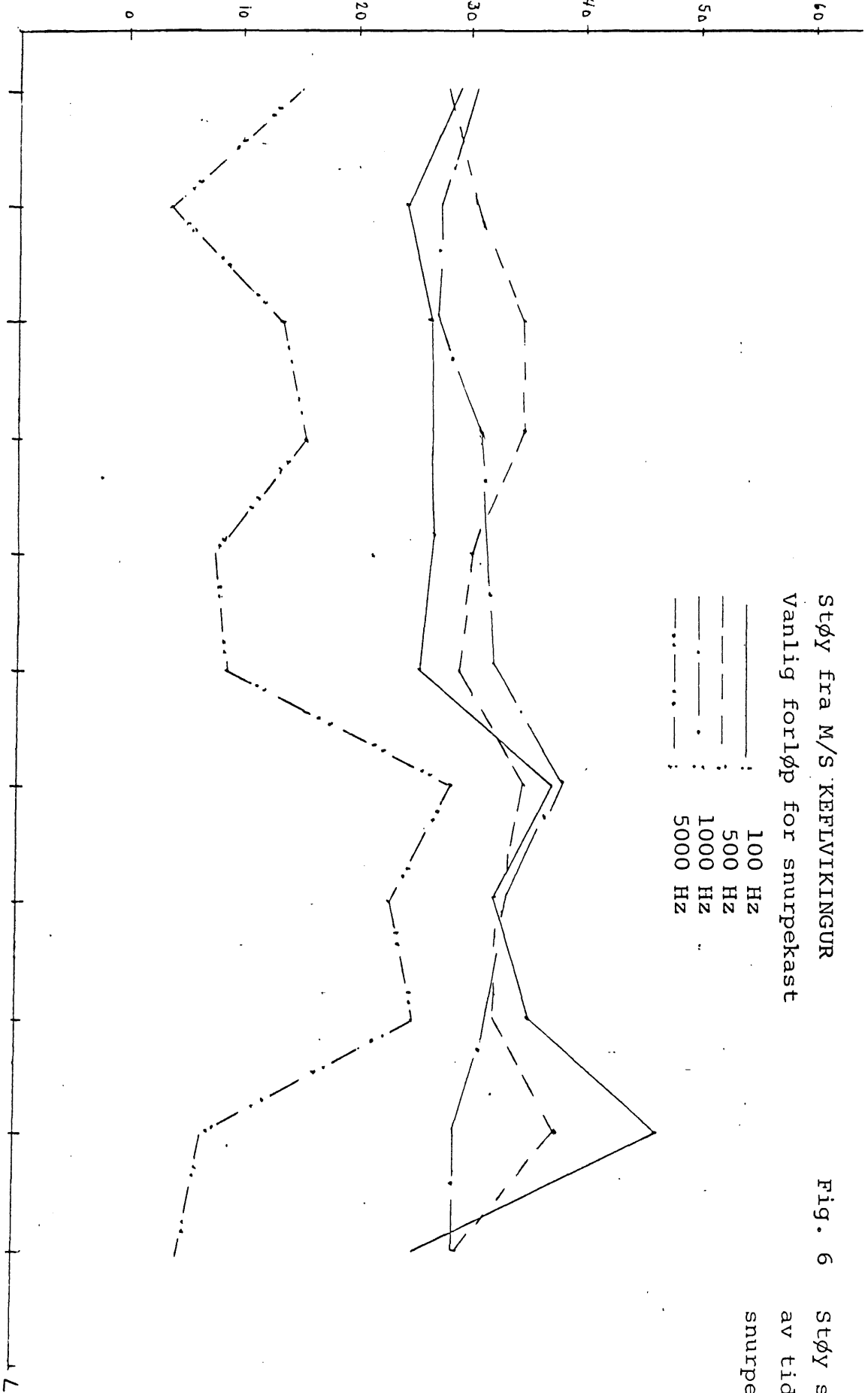
Rask
pitch-
endring

400 rpm
1/4 pitch
0° ror

400 rpm
0 pitch
0° ror

450 rpm
-1/4 pitch
0° ror

400 rpm
propell
utkoblet



Støy fra M/S KEFLVIKINGUR
Vanlig forløp for snurpekast

— 100 Hz
- - - 500 Hz
· · · 1000 Hz
- · - · 5000 Hz

Fig. 6 Støy som funksjon av tiden for simule snurpekast

En effektiv opplagring oppnås derfor bare når fundamentets medsvingende masse er stor i forhold til den elastisk opplagrete masse, eller når fundamentets egenfrekvenser er høye i forhold til eksitasjonsfrekvensen.

Det finnes i dag en del materialer som er beregnet på dempning av strukturlyd, men man vet i de fleste tilfeller lite om hvilke absolutte bedringer man kan oppnå ved bruk av slike materialer eller hvor brukbare de er ombord.

Med luftbåret støy menes den støy som stråles ut i rommet direkte fra en støykilde, eller fra sekundære støykilder eksitert av strukturlyd.

Den luftbårete støyen er lydbølger som direkte påvirker den menneskelige hørsel, og gir en subjektiv fornemmelse av støy. Bekjempelse av luftbåret støy kan enten skje ved at man forhindrer at energi reflekteres i rommet, eller ved innkapsling eller delvis avskjerming av selve støykilden.

Luftbåret støy kan forplante seg gjennom vegger som strukturlyd, og dette kan forhindres ved akustisk isolerende veggkonstruksjoner.

Hel eller delvis avskjerming av lydkilden kan være effektiv, men det er da en forutsetning at skjermingen foregår så nær selve lydkilden som mulig.

En kombinasjon av dempemateriale for strukturlyd og luftlydsabsorpsjon kan forholdsvis enkelt tenkes utført. Likedan kan varmeisolasjonsmaterialet også til en viss grad kombineres med akustisk absorpsjon.

Ser man på støyforholdene målt utenfor selve båten, er det som før nevnt tre hovedstøykilder, nemlig maskinstøy- propellerstøy og hydrodynamisk støy.

Maskinstøyen skyldes at strukturlyder i selve skroget forplanter seg til vannet omkring. Bekjempelse av denne støyen kan oppnås ved å koble alt vibrasjonsskapende maskineri elastisk til selve skroget.

Målinger har bekreftet at propellen gir det største bidraget til fartøyets egen støy. Propellstøyen kan reduseres gjennom en optimal kombinasjon av de to variable parametere omdreiningstall som propell-diameter, bladantall, propellblad areal, propellbladtykkelser, profil-form, og ikke minst radiell stigningsfordeling har alle en viss betydning for støybildet og ved propellkonstruksjonen må en påse at kavitasjons-sikkerheten i alle radier blir rimelig.

Videre har produksjonstoleransene stor betydning og geometrisk avvik mellom propellbladene kan produsere betydelig støy. Mer konkrete krav på dette felt burde utarbeides.

En normal propell med rimelig kavitasjonsmargin, og normal stigningsfordeling og som går i helt fritt vann har et minimalt støynivå, og det må antas å være klart at det er den ujevne vannstrømmen til propellen bak et skipsskrog som er hovedårsaken til at propellen produserer støy. Det ansees derfor som meget vesentlig å få undersøkt strømningsforholdene foran og omkring propellen. Klaringer mot skrog, utforming av propellbrønn, rør, plassering av zinkanoder etc. kan ha stor betydning.

Propelldyser anvendes tradisjonelt for å oppnå bedre propulsjonsvirkningsgrad for høyt belastede propellere slik som i slepebåter, trålere etc. Det er kjent at slike propelldyser stabiliserer vannstrømmen inn til propellen og senere tids erfaring tyder på at anvendelse av slike dyser derfor reduserer støynivået i forhold til hva man ellers ville få med en "åpen" propell. Man har grunn til å anta at det ligger betydelige muligheter til støydemping gjennom anvendelse av slike dyser i fremtiden.

Det er rimelig å anta at det er en nær sammenheng mellom de forhold som forårsaker at propellen produserer lyd og de som forårsaker at propellen eksiterer vibrasjoner. Det er ikke unaturlig å anta at noe av det erfaringsmateriale man har på det sistnevnte felt kan anvendes med hensyn på å redusere støy, men det er en betydelig oppgave å trenge dypere inn i dette problemkompleks.

For fiskeletingsinstrumentene spiller den hydrodynamisk genererte støy, forårsaket av glideskiktet langs skroget, en betydelig rolle i tillegg til propellerstøy og annen fartøystøy. Alle disse støykildene resulterer i en "egenstøy" som er meget posisjonsbetinget og avgjørende for den beste plassering og utforming av bunnutstyret for søkeinstrumentene.

Strømningsforholdene omkring selve svingerne kan forbedres støymessig ved å plassere disse inni en "dome", som må være godt akustisk isolert fra selve skroget.

I rapport Nr. 67-7-M "Prinsipper for støybekjempelse" fra Det norske Veritas, Forskningsavdelingen, har siv.ing. J.W.E. Pettersen gitt en oversikt over den teoretiske bakgrunn for de akustiske prinsipper som anvendes for reduksjon av støy som utstråles og forplanter seg fra en gitt støykilde.

3.2 Fiskens reaksjon på støy

3.2.1 Fiskens evne til å oppfatte og nyttiggjøre seg støysignaler.

Når det gjelder den betydning støy kan ha for atferd hos fisk, bygger vårt erfaringsmateriale vesentlig på observasjoner fra praktisk fiske. Kun meget få eksperimentelle undersøkelser har hittil kunnet belyse noen av disse spørsmål. Det praktiske erfaringsmateriale inneholder imidlertid uten tvil mange subjektive vurderinger, og i mange tilfeller må betydningen av andre sansestimuli, for eks. synsinntrykk, også vurderes.

Et utgangspunkt ved en vurdering av støypåvirkning på fisk er å undersøke fisks evne til å oppfatte de støysignaler som normalt vil kunne forekomme på et fiskefelt.

Fisk er påvist å kunne oppfatte lyd innenfor frekvensområdet 0-13000 Hz. De fleste saltvannsfisk (f. eks. torskefisk) vil være døve for frekvenser over 1000 Hz, men sild som er en meget aktuell fisk i denne sammenheng, synes å kunne oppfatte rene toner opp til 1000 Hz. Lyd i frekvensområdet 100-500 Hz, oppfattes generelt best, og torsk og sild har vist å kunne oppfatte lydstimuli med et lydtryknivå over ca. -25 dB/1 uBar.

Selv om de fleste undersøkelser er basert på stimulering med rene toner har forsøk vist at det nivåmessig ikke er noen forskjell på oppfattelsen av et ren-tone signal og et bånd-støy signal der nivået er angitt over minst 1/3 oktav.

Generelt synes hørselen hos fisk å være tilpasset det miljø de lever i, det vil si de oppfatter lyder med nivåer ned til bakgrunnsstøynivå, og har størst følsomhet i et frekvensområde der vi også finner såkalt biologisk lyd.

Analyser av fartøystøy vil som det fremgår av de tidligere figurer (fig. 4 og 5) vise en dominans av lavfrekvente støykomponenter, altså av støysignaler som favoriseres av fiskehørselen. Under ideelle akustiske forhold og med lavt bakgrunnsstøynivå, kan det teoretisk vises at fisk vil kunne oppfatte støyen fra et fartøy på en avstand av flere kilometer. I praksis vil imidlertid de varierende akustiske forhold som oftest redusere en slik rekkevidde vesentlig.

Et annet viktig forhold ved støypåvirkning på fisk, er på hvilken måte fisken kan nyttiggjøre seg et lyd/støysignal den registrerer. Her vil for eks. en evne til retningsbestemmelse av signalet ha den største betydning for en eventuell unnvikende atferdsreaksjon. Forsøk har vist at torsk har en slik evne, og det kan da trolig antas at et fiskeslag som sild også er i stand til dette.

Av det foregående må det anees som godtgjort at våre vanligste fiskeslag har evne til å oppfatte og nyttiggjøre seg, for en unnvikende atferdsreaksjon, støysignaler som genereres fra et fiskefartøy i arbeid. De praktiske erfaringer tyder på at slike betingede reaksjoner hyppig forekommer, og det fundamentale spørsmål er da av hvilken kvalitet og på hvilken måte må et støystimulus presenteres på, for at det i en gitt situasjon vil føre til en atferdsreaksjon hos en fiskestim.

Erfaringene her viser nemlig at slike atferdsreaksjoner er utpregete situasjonsbetingede (sesong- og kjønnsyklus-variasjoner), at måten et fartøy manøvreres på er av betydning og endelig at forskjell i totalnivå og eller spektralnivåer i selve fartøystøyen indikerer varierende utslag i tydligheten av en adferdsreaksjon.

Også eksperimentelt har det kunnet vises at graden av en atferdsreaksjon til en sildestim (i fangenskap), klart avhenger av kvaliteten på selve det akustiske stimulus. Lavfrekvente lydsignaler, f. eks. omkring 100 Hz, har en markant skremmevirkning i forhold til mere høyfrekvente f. eks. 1-5 KHz.

Det har også kunnet påvises forskjell i skremmeeffekt for forskjellige typer støy (båndstøy, "hvit" støy), og overfor måten signalene ble presentert på (f. eks. kontinuerlige eller støtvisе signaler). Interessant er det også at en reaksjon som normalt ble forårsaket av et stimuli kunne hemmes eller maskeres ved først å tilvenne fisken til et sekundært lydstimuli. Dette lyktes i stor grad også om de to lydstimuli lå i forskjellige frekvensområder, og fisken derved skulle kunne diskriminere mellom dem.

3.2.2 Atferd hos fisk ved støypåvirkning

Rapporter fra fiskerier.

Fra sildefiske om sommeren har enkelte islandske fiskefartøyer alt for flere år tilbake gitt rapporter om spesielle vanskeligheter med var sild. I enkelte tilfeller har man ment å kunne påvise at den vesentligste årsak til dette forhold var uregelmessigheter ved propell-eren.

Rapporter fra pelagisk trawl-fiske har vist at silda også er særlig påvirkelig overfor støy/trykkbølge-påvirkninger om høsten på et tidlig gytevandringsstadium. Stimene viser en utpreget differensiert atferd alt etter angrepsretningen for trawlen, med reaksjonsdistanser opp til 75 cm (Scharfe V. Tyskland 1967, "multiple nettsonde" observasjoner).

Fra sildefisket på Bjørnøy-feltet 1969 ble det rapportert om særdeles vanskelige fiskeforhold på grunn av stor påvirkelighet hos stimene overfor fartøystøy, spesielt var silda var overfor de forandringer i støyen som måtte oppstå ved manøvrering. Det ble også her ment å kunne påvises forskjeller m. h. p. skremmevirkning mellom forskjellige fartøy.

Under storsildinnsiget, i særdeleshet i 1969, har man observert påtakelig forskjell i sildens atferd når fiskefartøyer kommer tilstede. Dette synes å være en utvikling som har gått for seg over flere år, og det er antydnet at silda reagerer p. g. a. erfaringer (Devold 1969).

Etter at det nå er begynt et fiske av lodde på "beiteplassene" om sommeren, har fiskere rapportert at lodda viser en liknende påvirkelighet overfor fartøystøy som kjent fra sild. Under gyteinnsiget viser som kjent lodda liten eller ingen reaksjon overfor slike påvirkninger.

Vitenskapelige rapporter.

Generelt: Referanseliste utarbeidet for FAO (1969).

- Spesielt:
- 1) Shiskov 1958 (russ.) Forsøk med **tauing** av en lydbøye for å "styre" sildestimer. Også forsøk med tilbakespilling av trålerstøy. Tvilsumme resultater, liten distansevirkning. Sterkest påvirkning hadde lavfrekvente stimuli (400 Hz). Endel støyanalyseedata fra trålere ble også presentert i denne rapporten.
 - 2) Chapman 1964 (Scotland) Akvarieforsøk med sild, båtstøypåvirkning ved tilbakespilling av opptak. Scanning sonar observasjoner. Påvirkelighet, men kort distanse virkning.
 - 3) Hering, G. 1968. (Ø. Tyskland). Interessante forsøk med å påvirke en sildestim i en mer i sjøen. Forskjell i reaksjon på lavfrekvente og høyfrekvente lyd-påvirkninger. Også vellykte maskeringsforsøk.
 - 4) Beamish, F. G. H. 1966 (Canada). Blitz-fotografering av fisk foran en trål. Tydelig påvirkning, og orientert unnvikende svømming, også i mørke.
 - 5) Wisby, et al. 1964 (USA). Tiltrekning av hai på avstander over 100 m ved lavfrekvente signaler (100 Hz). Viser bl. a. evne til retningsbestemmelse av lyd hos hai.

3.3. Støyens innflytelse på fiskeletningsinstrumentene

Alt elektro-akustisk fiskeletningsutstyr baserer seg på informasjon som fås ved "lytting" i vannet. Både ved ekkolodd og sonar sender man ut lyd, og ved å registrere og bearbeide det mottatt ekko, kan man få den ønskede informasjon.

Lydbølger dempes i vann, og jo lenger unna refleksjonen skjer, desto svakere blir signalet som oppfanges av det elektroniske utstyret. Dersom ekkosignalet blir for svakt, vil det helt eller delvis forsvinne i bakgrunnsstøyen.

For å få pålitelig informasjon, må man kreve at signalet ligger et visst nivå over støyen, og følgelig vil en reduksjon av støynivået gi en mer pålitelig informasjon, eller sett på en annen måte: ved lavere støynivå kan man detektere mål som ligger lengere unna.

På fig. 7 side 24 er satt opp en oversikt over de mulige støykilder som har innflytelse på sonar og ekkolodd.

Den gruppe av støykilder som har relevans her, er den såkalte egenstøy som er sammensatt av strømningsstøy, motorstøy og propellerstøy.

Egenstøyen er den støy som oppfanges av ekkoloddets eller sonar-anleggets svinger og er forårsaket av fartøyets og svingerens bevegelse gjennom vannet. Egenstøyens nivå vil hovedsakelig være avhengig av følgende faktorer:

- Type og størrelse av fartøyet
- Type av propeller & motor
- Fartøyets hastighet
- Plassering av svinger
- Vær og sjøforhold

I fig. 8, side 25 er sonaregenstøy tegnet opp som funksjon av hastigheten for to snurpefartøyer.

Målingene refererer seg til to sonaranlegg av samme type.

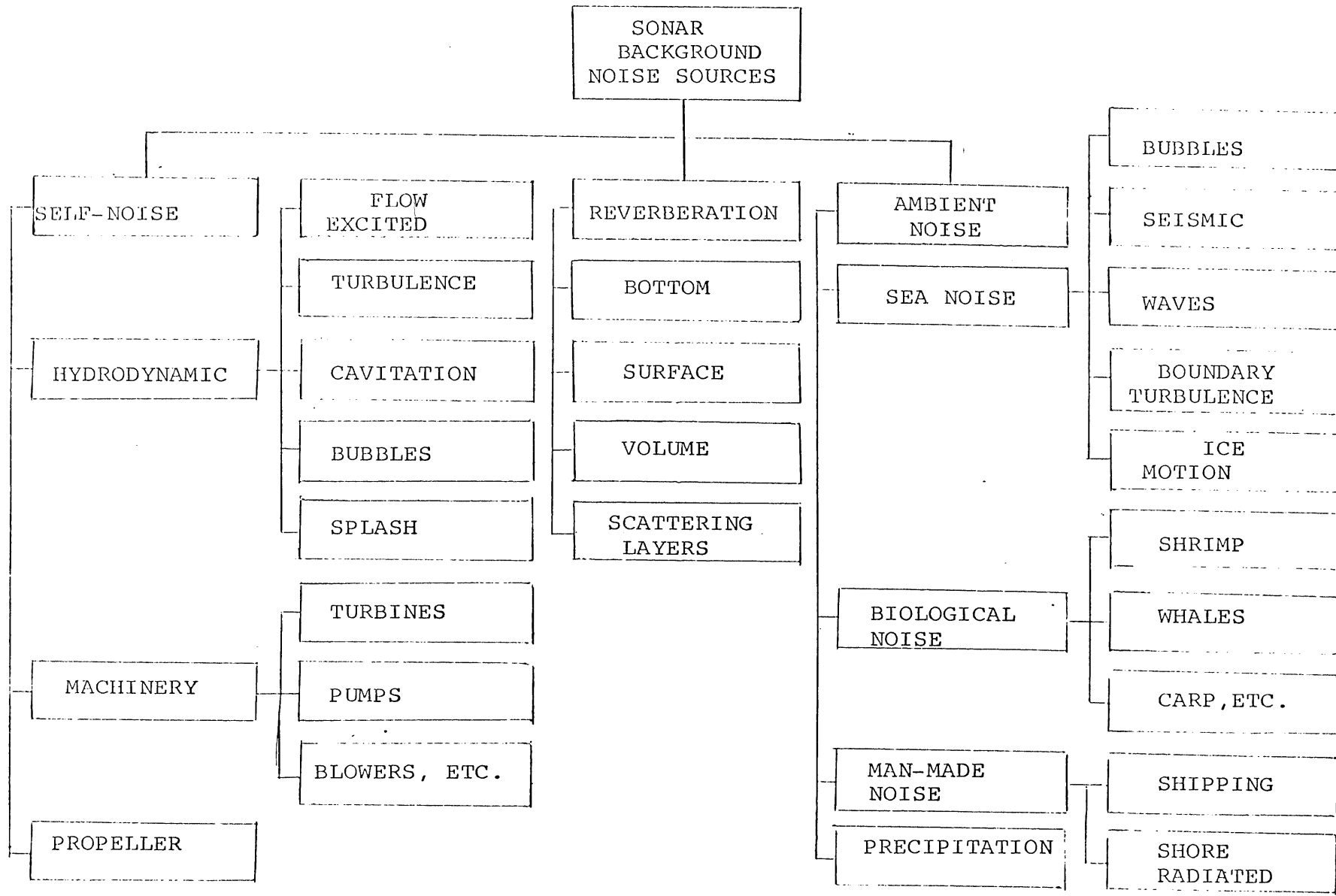


Fig. 7 SONAR BACKGROUND NOISE SOURCES

I fartøy A er svingeren montert i forkant av maskinrom, mens den i fartøy B er montert i forkant av lasterom.

— Fartøyene er omtrent like lange (110 fot), men med forskjellig skrogform og forskjellig motor og propeller.

Av støykurven framgår at forskjellen i støynivå ved 10 knop er ca. 20 dB.

Det høye støynivå i fartøy A, vil nedsette den maksimale rekkevidde med ca. 40% i forhold til fartøy B.

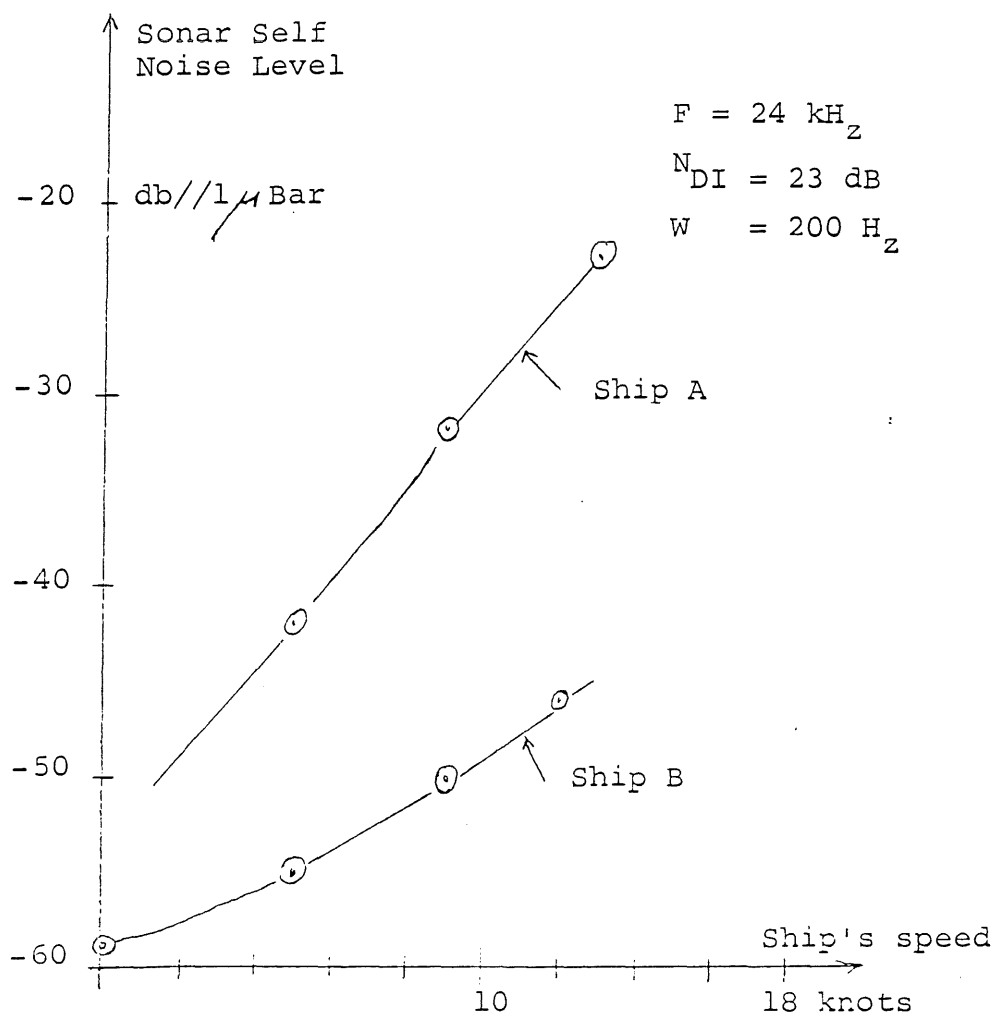


Fig. 8

3.4 Støy som sjenerer mannskapet

Innen industrien er støy på arbeidsplassene et forhold som alltid må tillegges oppmerksomhet. Hørselskader innen industrien er alminnelig og støy som et forstyrrende og ennerverende element under andre forhold får også stadig større aktualitet.

Hørselen svekkes ved påvirkning av høye støynivå. Det er imidlertid en forskjell mellom virkningen av rene toner og virkningen av støy over et visst frekvensbånd.

I nedenstående tabell er det satt opp øvre grenseverdier for hva man kan tillate med minimal risiko for hørselskader.

Frekvens	Rentone nivå	Oktav-bånd	Oktav-bånd nivå
50	110	37 - 75	110
100	95	75 - 150	102
200	88	150 - 300	97
400	85	300 - 600	95
800	84	600 - 1200	95
1600	83	1200 - 2400	95
3200	82	2400 - 4800	95
6400	81	4800 - 9600	95

Det er i tabellen regnet med at øret utsettes kontinuerlig for de oppgitte nivåer. Tar man derimot kortere pauser i støysvake områder, viser det seg at ørets evne til å tåle kraftig støy øker betraktelig. Dette er illustrert på fig. 9, som viser tillatt eksponeringstid pr. dag som funksjon av antall eksponeringer og støy (veiekurve A).

Forøvrig er støyproblemene innen handelsflåten tatt opp og behandles for tiden i: "Den nordiske Arbeidsgruppe for Støyproblemer i Handelsflåten", som står i nært samarbeid med Det norske Veritas, Oslo og Skipsteknisk Forskningsinstitutt, Trondheim.

Eksempel på bruk av diagrammet:

Man har målt 100 dBA i et maskinrom (vanlig verdi). Ved å se på diagrammet på 1 eksponering pr. dag og følge denne linjen vertikalt opp til 100 dBA linjen, finner man en "tillatt" tid på ca. 30 min. Resten av arbeidstiden må tilbringes under støyforhold lavere enn 89 dBA.

Dersom man deler opp arbeidet i to perioder, får man en tillatt eksponeringstid på 54 min. eller 2 x 27 min.

Med 4 pauser får man en total tid på 96 min. eller 4 x 24 min. 100 dBA kurven har et maksimalpunkt ved 30 eksponeringsperioder. Det kan da tiltales en total tid på 330 min. Det ville tilsvare 30 perioder á 11 min. med 5 min. pauser i mellom i løpet av en 8-timers arbeidsdag.

Betydningen av å ha støysvake områder hvor deler av arbeidstiden kan tilbringes er derfor ganske klar.

De oppgitte verdier for støynivåer regnes for maksimalgrenser for at fysiske skader ikke skal oppstå. Det må imidlertid også tas hensyn til den psykiske siden av saken, og da må man regne med langt lavere maksimalverdier.

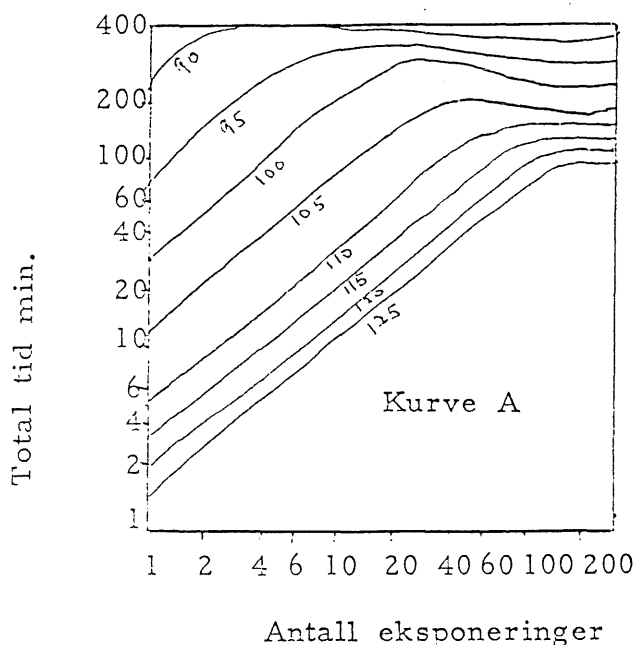


Fig. 9. Tillatt eksponering pr. dag i støy målt etter kurve A.

I maskinrom for endel små skip i handelsflåten (motorer < 4000 Hk) er det blitt målt støynivåer fra 95-105 dBA. På spesielle steder kunne nivåene komme helt opp i over 110 dBA. Som det vil gå fram er dette støynivåer som det er meget risikabelt å utsette seg for over lengre tid.

4.0 VURDERING AV BEHOVET FOR EN SYSTEMATISK STØYUNDER- SØKELSE

Utviklingen innen fiskeriene i de siste år, spesielt innen sildefiskeriene, viser en makert nedgang i utbyttet i forhold til fangstinnssats. Kravene til økt effektivitet for fiskefartøyene er derfor blitt stadig mer fremtredende. Støyproblemene innen fiskeriene er etter utvalgets mening av en slik art og omfang at de representerer en ikke uvesentlig årsak til redusert effektivitet i særlig grad gjelder dette for ringnotsnurperene.

Det er funnet dokumentert at det ved vår flåte av snurpefartøyer finnes en rekke konstruksjoner som har ført til uheldige forhold med hensyn til støy ombord i fartøyet eller støy som genereres ut i sjøen. Tilsvarende problemer synes også å gjøre seg gjeldende for endel trålere.

Utvalget er av den mening, at det ved hjelp av den viten som kan innhentes gjennom en grundig undersøkelse av støyforholdene ved de nevnte fartøyer, vil være mulig å komme frem til resultater som vil øke disse fartøyers fangst-effektivitet.

Årsakene til og virkningene av høyt støynivå ved et fartøy, er idag ikke tilstrekkelig kjent. Utvalget mener at dette er spørsmål som utviklingen klart bør undersøkes nærmere.

Utvalget vil derfor konkludere med å fremsette en plan for en undersøkelse av støyforholdene ved og ombord i fiskefartøy. Som et naturlig og nødvendig aspekt, foreslår utvalget også å undersøke støyvirkninger under fiskeoperasjoner med fartøyer.

4.1 Spesifiserte behov for teknisk støy-data

En systematisk undersøkelse av støyforholdene ombord og støyforholdene i vannet i nærheten for en rekke utvalgte fiskefartøyer som representerer gjennomsnittet for forskjellige båttyper innen fiskeflåten, synes å være det mest preserende behov.

Den innsamlede datamengde kan benyttes til en kartleggelse av de enkelte støykilders bidrag til totalstøynivået.

Likedan bør det forsøkes å finne sammenhengen mellom støyens spektralnivå og variasjon av hovedparametre som turtall på motoren, propellerstigning, båtens fart, rorvinkel etc.

— En slik sammenheng mellom støy og hovedparametre kan også muligens tenkes utvidet til å gjelde skrogform, deplacement, dyptgående osv.

Øvre tolererbare støygrense må fastlegges for forskjellige arbeidsrom og oppholdsrom ombord, og omkring sonar/ekkoloddets bunnutstyr, slik at støyens direkte innvirkning på mannskap og elektronisk utstyr blir neglisjerbar.

På lengre sikt vil det være ønskelig å kunne spesifisere hvordan det allerede under planleggingen av et nytt fartøy, kan tas hensyn til de fastsatte maksimalverdier for støyens spektralnivå.

Det bør kunne bli mulig å garantere at et nybygget fartøy oppfyller på forhånd oppsatte krav om støykarakteristikk, slik at disse kravene kan spesifiseres på samme måte som krav om hastighet, lasteevne osv.

4.2 Spesifiserte behov for biologiske data

Målte spektralnivå for de enkelte fartøy kan forsøksvis sammenliknes med en mere subjektiv bedømmelse av båtens "evne til å fiske". Dette vil muligens kunne gi visse indikasjoner om en sammenheng mellom fartøystøyens nivå og karakteristikk og fiskens reaksjoner.

Målet bør være å finne frem til støygrenser under hvilke man med rimelig sikkerhet kan anta at fisken i en bestemt situasjon ikke skremmes. Ut fra den kjennskap man mener å ha om disse forhold innebærer dette følgende behov for opplysninger:

Det respektive fiskeslags evne til å oppfatte lyd/støy signaler samt til å nyttiggjøre seg disse klarlegges. Mellom "oppfattelsesnivå" av støy og "reaksjons-nivå" er det ved en atferdsreaksjon et relative forhold som er avhengig av parametre som: fiskealder, kjønnsyklus, åteforhold, og hydrografi. Disse parametres betydning for tydeligheten av en atferdsreaksjon bør så langt det er praktisk mulig bestemmes. I tillegg vil kreves en nødvendig viten om hvordan en støyreaksjon hos en fiskestim best kan begrenses eller unngås f. eks. ved en gradvis tilvenning til støy, og om fiskens toleranser overfor nivåendringer av støy.

Opplysninger om disse forhold kan dels tenkes innhentet gjennom systematiske observasjoner på fiskefelt, dels gjennom omfattende eksperimentelle undersøkelser.

4.3 Indikasjoner på oppnåelige resultater

Av avgjørende betydning ved en realitetsvurdering av en støyundersøkelse, er indikasjoner om hva som innenfor en rimelig økonomisk ramme, kan oppnås med hensyn til reduksjon av støy eller en mulig økt fangsteffektivitet for et fartøy.

Særdeles få konkrete holdepunkter har man i spørsmålet om økt fangsteffektivitet ved en støyreduksjon. De eneste kjente rapporter om dette er fra noen få islandske fartøyer som det ble hevdet virkelig oppnådde en økt fiskelighet etter en modifikasjon av propelleren (reduksjon av diameteren). Disse rapporter synes imidlertid å være noe mangelfullt underbygget.

Hva som angitt i absolutte verdier kan oppnås av støyreduksjon ved et fartøy tør være atskillig bedre kjent, men det meste av slike opplysninger blir stadig holdt tilbake av de militære myndigheter i forskjellige land.

Ved plassering av motoren på et flytende fundament med flexible koplinger har man på et mindre forskningsfartøy (150') ment å ha oppnådd en reduksjon som 10-15 db i det lavere frekvensbånd. Noe av denne reduksjonen i støy ble riktignok borte ved kjøring med maksimal fart, men resultatet må likevel anses som godt. Ombord ble dette fartøy karakterisert som uvanlig stillegående.

Det kan også nevnes at prognosene for et engelsk forskningsfartøy under bygging (beregnet av militære eksperter) går ut på en total støyreduksjon på ca. 30 db i forhold til konvensjonelle fartøyer av denne størrelse (220').

Oppløftende resultater er også blitt oppnådd ved nylige installasjoner av dyse-propellere ombord i to norske snurpefartøyer. Både støy ombord og utstrålt støy i sjøen ble vesentlig redusert ved disse installasjoner.

5. PLAN FOR UNDERSØKELSE AV FISKEFARTØYENES STØYFORHOLD

I samsvar med de felt som bør dekkes ved en slik undersøkelse faller undersøkelsen naturlig i to deler. En måle-teknisk del for en systematisk måling og analysering av støy fra fiskefartøyer, samt

en biologisk/fangst-teknisk del der virkninger av variasjoner i spektralstøy og biologiske parametre blir undersøkt m.h.p. "fiskelighet" for et fartøy. Undersøkelsene bør koordineres og forløpe parallelt.

5.1 Systematisk måling og analyse av støy fra fiskefartøyer

5.1.1 Valg av fartøytyper

De fartøyer som skal inngå i undersøkelsene må forsøkes valgt ut på en slik måte at de vil representere gjennomsnittet innen de deler av fiskeflåten der støyproblemene hyppigst synes å forekomme.

I tillegg må de kunne grupperes etter faktorer som båttype, maskineri, skrogform, propellertype etc. Det er nødvendig å finne frem til en enkel gruppering og innen hver gruppe bør antallet være stort nok til at generelle slutninger kan trekkes på grunnlag av måleresultatene.

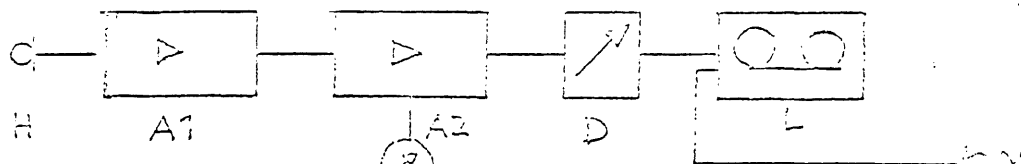
Den gruppe fartøyer som klart peker seg ut for støyundersøkelse er ringnotsnurpere. Det er fra disse den alt overveiende del av rapporter om skremmevirkning på fisk kommer. Her finner vi også de største vanskeligheter med støy som sjenerer instrumentene.

I tillegg til denne fartøysgruppe er det funnet aktuelt også å undersøke endel trålere. Ved disse fartøyer er der også særlige problemer med instrumentstøy og her vil også kravene til beboelighet m.h.p. støy være større. Stadig flere trålere utbyttes med flytetral og ved slikt fiskeri vet man at utenlandske institusjoner er blitt stadig mer opptatt av støyproblemer.

5.1.2 Målemetoder

Følgende målemetoder har hittil vært benyttet ved måling av undervannsstøy fra fartøyer.

"Målestasjonen" er blitt rigget opp ombord i et oppankret fartøy. Her har alt maskineri vært avslått, og nødvendig elektrisitet er blitt levert fra akkumulatører eller en elastisk opphent generator. Instrumenteringen har vært som vist på hosstående figur:



H: hydrofon
 A1: forsterker (40 dB)
 A2: forsterker og rørvoltmeter
 D: dempeledd
 L: lydbåndopptaker (2 spor)
 M: mikrofon for kommentarer

Vanligvis er det blitt benyttet en båndopptaker med flat frekvensrespons i området 40 - 16000 Hz. Hydrofonen har hengt over rekken, ca. 10 meter under vannflaten.

Båten som skal måles har passert frem og tilbake forbi "målestasjonen" i en avstand av 50 - 100 meter. Avstanden er vanligvis blitt bestemt ved at det er lagt ut en merkebøye festet med en line i "målestasjonen" og båten som måles har passert tett opptil bøyen.

Opptakene er senere blitt analysert (vanligvis 1/3 oktavbånd) og gjennomsnittlig støyutstråling er beregnet på grunnlag av analyseresultatene.

Etter at denne målerutinen var innarbeidet, måtte man regne fra 4-6 timer for å få gjennomført de vanlige målingene av et fartøy.

5.1.2.1 Målestasjon

Det vil ved en undersøkelse som den som foreslåes av utvalget, bli aktuelt å måle en rekke fartøy innen de respektive grupper av båttyper. For at dette skal kunne gjøres noenlunde effektivt, og under mest mulig ensartete forhold, vil det være nødvendig å benytte en fast etablert målestasjon.

En slik målestasjon må legges et sted hvor dybdeforholdene er gunstige og hvor man er lite sjenert av bakgrunnsstøy fra andre fartøy. Likedan må fremherskende vær- og vindforhold vurderes, slik at man ikke i unødig grad blir hindret av dårlige måleforhold. Et annet viktig punkt er den geografiske beliggenheten. Gangtiden fra de vanlige fangstfeltene til målestasjonen må ikke være unødig stor.

5.1.2.2 Utstyr

Nødvendig utstyr til selve støy-opptakene er en hydrofon med forsterker samt en egnet lydbåndopptaker.

Det finnes båndopptakere med tilhørende modulasjonsutstyr som kan dekke et område fra DC og oppover til i hvert fall 50 kHz. Mye tyder imidlertid på at et frekvensområde fra ca. 20 Hz og opp til 20 kHz vil være dekkende for den informasjon man er ute etter.

Når det gjelder det elektroniske fiskeletningsutstyret, benyttes frekvenser fra 10 kHz og oppover til over 100 kHz. For undersøkelser med sikte på å finne støykilder som influerer på disse apparatene, kan det derfor være nødvendig å benytte opptaksutstyr som også dekker dette frekvensområdet. Som tidligere nevnt, vil en undersøkelse av skipets egenstøy (instrumentstøy) kreve omfattende målinger, og det vil bli en vurderingssak hvor langt man vil gå på dette området. Mye informasjon kan forøvrig innhentes ved bare å måle fartøyets sonar-egenstøy under de forskjellige faser av støymålingsrutinen.

5.1.2.3 Foreløbig skissering av en målerutine

En komplett måleserie for registrering av undervannsstøy bør omfatte følgende punkter:

1. Måling av bakgrunnsstøy - alt maskineri avslått
 - 2a) Kjøring av hovedmotor - propeller utkoblet - fra laveste til høyeste turtall med pause for hver 100 rpm så stabile driftsforhold oppnås
 - b) Som a), men med propellen innkoblet og null stigning
 3. Kjøring av hjelpemaskineri med stabilt turtall på hovedmotor
 4. Operasjon av ror - helt styrbord - helt babord
 5. Kjøring med forskjellige stigning-turtallkombinasjoner. Båten går på rett kurs frem og tilbake over en oppgitt strekning
Turtall: fra laveste til høyeste i step på 100 rpm. "
Stigning: 1/2, 3/4, 1/1
Dersom uregelmessigheter i støynivået registreres under disse målingene, må eventuelle andre stigningsturtallkombinasjoner av interesse undersøkes nærmere.
 6. Rorprøve. ~~Sirkling~~ med konstant turtall og stigning, men med forskjellig rorvinkel - styrbord og babord
 7. Stimulering av fangstoperasjoner
- Det bør foretas flere målinger av hver kombinasjon

Samtidig må det ombord foretas måling av sonar-egenstøy samt måling av akustisk støy.

Når det gjelder måling av akustisk støy, henvises til en publikasjon av Nordisk Arbeidsgruppe for Støyproblemer på Handelsskip: Recommendations for the measurements of acoustical noise on board merchant ships. I denne publikasjon er den praktiske siden av slike støymålinger beskrevet inngående. Med små modifikasjoner kan rutinene overføres til fiskefartøy.

Istedenfor direkte målinger som anbefalt av denne arbeidsgruppen, vil det antakelig være mer fordelaktig med lydbandsregistrering også av denne typen støy, samtidig som lydbåndopptakerne (for støy ombord og støy utenfor i vannet) kunne synkroniseres på en hensiktsmessig måte slik at en sammenligning av øyeblikksverdiene for de enkelte støymålingene kunne foretas.

En grundig undersøkelse bør også omfatte vibrasjonsmålinger på flere punkter på skrog og spant under de samme driftsbetingelser som nevnt under skisseringen av en målerutine for undervannsstøymålinger.

Slike målinger lar seg gjennomføre ved hjelp av en vibrasjonspick-up og egnet forsterkerutstyr. Målingene bør tas opp på lydbånd for senere analyse.

Disse målinger vil være spesielt verdifulle dersom fartøyet skal gjennomgå reparasjoner av støydempende karakter. Målinger i nøyaktig samme punkter før og etter forandringene vil kunne gi pålitelige informasjoner om hvor effektive de har vært.

Utstyr til slik måling finnes ved de større forskningsinstitusjonene.

5.1.3 Undersøkelsenes varighet og omfang.

Det har tidligere vært antydnet av det medgår ca. 1 dag for å foreta fullstendige målinger på et fartøy.

Foruten det nødvendige mannskap ombord, vil man ytterligere trenge 3-5 mann til selve målingene.

Til en komplett analyse og rapportskrivning har det medgått ca. fire dager for en mann. Når målingene også kommer til å omfatte akustisk støy ombord og vibrasjonsmålinger, må det regnes med minst den dobbelte analysetid.

En smalbåndsanalyse for kartlegging av opprinnelsen til støykomponentene vil ta vesentlig lenger tid.

Den tid det vil ta å støymåle og analysere et anslått nødvendig antall fiskefartøyer (50 - 75 stk.) er beregnet til å ta minimum $1\frac{1}{2}$ år.

I tillegg til analysen av de forskjellige enkeltmålingene på hvert fartøy kommer det så en samlet bearbeiding og vurdering av det innsamlete materiale. På grunnlag av dette arbeid skal konklusjonene trekkes opp og det vil trolig da også bli nødvendig med endel eksperimentelle installasjoner og modifikasjoner for å kunne oppnå praktiske resultater. Det er derfor realistisk å regne med en nødvendig prosjekttid på mellom 2 og 3 år.

5.2 Biologisk/fangst-teknisk undersøkelse

5.2.1 Observasjoner på fiskefelt

Disse undersøkelser vil ta for seg sesongmessige og mere temporære variasjoner i påvirkelighet overfor støy f. eks. hos sild.

Primert vil det bli foretatt direkte observasjoner av fiskestimers bevegelser under naturlige forhold samt under støypåvirket atferdsreaksjoner. Dette vil være kompliserte oppgaver og kan vanskelig tenkes løst uten å anvende avansert akustisk fiskeletingsutstyr bl. a. sonar med meget liten strålevinkel, høyfrekvent basdic, scanning-sonar eller tilsvarende instrumenter.

I tillegg vil det bli samlet inn biologisk materiale så som fiskeprøver og åteprøver (plankton) samt tatt hydrografiske observasjoner.

Det vil for disse undersøkelser være nødvendig med flere tokt med egnet fartøy over en periode på minst to sommersesonger (sildeundersøkelser).

5.2.2 Eksperimentelle biologiske undersøkelser

Oppfattelsesevne av lyd/støy signaler hos fisk samt evne til å nyttiggjøre seg disse, er typiske oppgaver som må løses eksperimentelt. I noen grad kan dette også gjøres for bestemmelse av forholdet mellom "oppfattelsesnivå" og "reaksjons-nivå" ved en støypåvirkning under varierende biologiske og hydrografiske forhold. Det samme er tilfelle med undersøkelser over hemning, maskering eller begrensing av en støypåvirket reaksjon under forskjellige kvaliteter av støypåvirkning.

5. 2. 3 Undersøkelser for vurdering av fangst-taktikk

Dette er undersøkelser som vil komme inn på et senere tidspunkt i støyundersøkelsene. Først med et tilstrekkelig kjennskap til mere generelle trekk ved støypåvirkete atferdsreaksjoner hos fisk vil vurderinger over fangsttaktikk kunne bli fruktbare. Dette er imidlertid en viktig side ved støyundersøkelsene generelt segg, idet det er ved å anvende varierende fangsttaktikk man i dag søker å løse støyproblemer under fangst.

Den type undersøkelser som synes aktuell i dag er å klarlegge fisks evne til å tolerere endringer i fartøystøyens karakteristikk og spektralnivå.

5. 2. 4 Særskilt metodikk

Observasjon av atferd f. eks. hos en sildestim under en reell eller simulert fangstoperasjon vil som nevnt kreve avansert akustisk fiskeletingsutstyr. En metode som er under utprøving ved Havforskningsinstituttet for liknende undersøkelser og som det kan være håp om kan gi endel informasjon, er basert på å benytte en basbåt som et fast observasjonspunkt. Ved å plotte, med korte tidsintervaller, en sildestims posisjon i forhold til basbåten og til et fartøy som simulerer en fangstoperasjon, vil man kunne følge graden av en atferdsforandring, så som endring av svømmehastighet, forandring i svømmeretning samt en eventuell "dukking". Nøyaktigheten av slike observasjoner vil imidlertid være direkte avhengig av muligheten for momentane posisjonsbestemmelser av stimen.

Undersøkelser over hørselen hos fisk krever foruten vanlig måle- og registreringsutstyr for lyd også utstyr for å kunne sende ut lydsignaler. Det vil her dreie seg om helt spesielt utstyr, men det finnes institusjoner i landet hvor slikt utstyr har vært brukt og dette vil muligens være tilgjengelig.

Akustiske undersøkelser utført under akvarieforhold vil p. g. a. ukontrollerbare lydforhold (refleksjons- og interferensfenomener) alltid måtte etterprøves under akustiske forhold som er tilnærmet naturlige for fisken. Dette innebærer at for de planlagte støyundersøkelser bør en egnet feltstasjon være tilgjengelig.

En feltstasjon gir også muligheten til å holde fisk innenfor et så avgrenset område at atferdsobservasjoner av fisk i prinsippet kan foretas ved direkte visuelle observasjoner. Ved akustiske undersøkelser er det imidlertid oftest ønskelig å kunne holde fisken godt neddykket (minst 10 m dypt) og dette vil komplisere observasjonsteknikken. Fotografering, filming og aller best undervannstelevisjon vil her være nødvendige hjelpemidler.

5.2.5 Undersøkelsenes varighet og omfang.

Etter det foregående vil det fremgå at den biologisk/fangst-tekniske del av støyundersøkelsen vil måtte være noe mindre konkret i sitt tidsopplegg enn den måletekniske del. Ukontrollerbare faktorer som f. eks. vær hindringer ved feltundersøkelser vil kunne forsinke eller spolere godt planlagte opplegg.

Ved gjennomføring av en prioritering av oppgavene i samsvar med utviklingen av den måletekniske undersøkelsen, er man kommet til at det i løpet av to forsøkssesonger (sommersesonger) bør være mulig å få frem data av praktisk betydning. Med noe tillegg i tid for forberedelse og bearbeidelse av materiale, gir dette en undersøkelsestid på 2-2½ år. Denne tidsplan er imidlertid betinget av et forsøksopplegg der feltundersøkelsene på fiskefeltene og laboratorie- og feltstasjon-forsøkene i noen grad kan utføres parallelt. Dette vil innebære at det engasjeres tilstrekkelig personell til en periodevis oppsetting av 2 arbeidsgrupper. I hver gruppe bør det være 2 faste engasjerte medlemmer, foruten midlertidig engasjerte teknisk/praktiske assistenter (1 - 2 stk.).

5.3 Utførende instanser

En grundig undersøkelse av fiskefartøyens støyforhold vil kreve høy kompetanse på en rekke teknisk/vitenskapelige fagområder.

Selve målingene skulle prinsipielt kunne utføres av et av de bestående forskningsinstitutter i Norge.

Det nødvendige utstyr og instrumenter forefinnes flere steder, og flere av disse institusjoner utfører mer eller mindre regelmessig oppdrag innen støymålingssektoren.

Når det gjelder undervannsstøyen, bør man som tidligere nevnt, ha mulighet for å benytte en fast etablert målestasjon. Forsvaret disponerer en slik, men undersøkelsenes omfang skulle indikere at en ny stasjon vesentlig beregnet til disse målinger bør etableres. Det kan også bli spørsmål om å gjøre denne stasjonen mobil for lettere å kunne komme i kontakt med de aktuelle fartøyer.

Den biologisk/fangst-tekniske siden ved støyundersøkelsen byr imidlertid på større problemer for en utførende instans. Et av problemene vil bli å kunne disponere et egnet fartøy til feltundersøkelser. Et annet problem er å finne en biologisk stasjon for eksperimentelle undersøkelser med fisk.

Av institusjoner som antakelig kan påta seg deler av den overnevnte støyundersøkelse, kan nevnes:

OSLO

Universitetet i Oslo

disp. bl. a.

smalbåndet analyseutstyr

Måle- og opptaksutstyr for støy ombord

Audiometerutstyr for undersøkelse av mannskapet med tanke på hørselskader

eksp. bl. a.

Akustiske støyopptak

Audiologi

Fiskeatferd

Det norske Veritas
Sentralinstituttet for
industriell forskning

eksp. bl. a.

Støy - og vibrasjonsmålinger ombord

Støybekjempelse ombord

HORTEN

Forsvarets Forskningsinstitutt
avd. U

disp. bl. a.

Opptaksutstyr for undervannsstøy "meget smalbandet"

Analyseutstyr

Forskningsfartøy

eksp. bl. a.

Måling og analyse av undervannsstøy

Bekiempelse av undervannsstøy

SIMRAD

disp. bl. a.

Opptaksutstyr for undervannsstøy
Forskningsfartøy

eksp. bl. a.

Måling av undervannsstøy

Elektronisk fiskeletingsutstyr

STAVANGER**Sjøforsvaret**

disp. bl. a.

Permanent målestasjon,

"meget smalbåndet" analyseutstyr

Forskningsfartøy

eksp. bl. a.

Måling og analyse av undervannsstøy

B

BERGEN

Chr. Michelsens Institutt

Havforskningsinstituttet

disp. bl. a.

Opptaksutstyr for undervannsstøy
smalbåndet analyseutstyr

Forskningsfartøy

eksp. bl. a.

Måling og analyse av undervannsstøy,

Fiskeatferd

TRONDHEIM

SFI-NTH eksp. bl. a.

Støybekjempelse ombord

SINTEF-NTH disp. bl. a.

Måle- og opptaksutstyr for støy
ombord

Audiometerutstyr

smalbåndet analyseutstyr

eksp. bl. a.

Støy- og vibrasjonsmålinger

Akustisk støybekjempelse

Måling og analyse av undervannsstøy

Audiologi

Skipsmodelltanken - NTH

disp. bl. a.

Utstyr til modellforsøk med
skrog og propellere

Kavitasjonstunell

eksp. bl. a.

Skrog- og propeller design

5.4 ----- Overslag over omkostningene

Utgiftene til støymåling og bearbeidelse av måledata er beregnet til ca. kr. 8.000,- pr. fartøy. En undersøkelse av det antall fartøyer som foreslås (50-75) gir da en total kostnad for målingene på kr. 400.000,- til 600.000,- fordelt over en periode på ca. $1\frac{1}{2}$ år.

Etablering av målestasjon med nødvendig instrumentering anslås å koste ca. kr. 100.000,-.

Utgiftene ved det fortsatte arbeid for å komme frem til praktiske konstruksjonsløsninger på støyproblemene, vil være sterkt avhengig av i hvor stor grad eksperimentering og prøveinstallasjoner vil være nødvendige. Det synes realistisk å regne med et minimumsbeløp på kr. 300.000,- ved ett års fortsatt arbeid.

Dette gir da et beregnet budsjett for den måletekniske del av undersøkelsen på kr. 800.000,- til 1 mill. fordelt over $2\frac{1}{2}$ år.

Ved den biologisk/fangst-tekniske undersøkelse anslås lønninger til en fast engasjert forskningsgruppe på to forskere og to tekniske assistenter, å beløpe seg til ca. kr. 170.000,- pr. år. Utgiftene til feltundersøkelser, eksperimenter og leing av fartøyer er beregnet til ca. kr. 180.000,- pr. år.

Dette gir da et budsjett for denne side av undersøkelsen på ca. kr. 650.000,- fordelt over en arbeidsperiode på 2 år.

Total kostnad ved en støyundersøkelse av fiskefartøyer av det omfang utvalget finner nødvendig og hensiktsmessig, beregnes til kr. 1,45 mill. - 1,65 mill. fordelt over en undersøkelsesperiode på ca. $2\frac{1}{2}$ år.

6.0 SAMMENDRAG

I samsvar med det tildelte mandat har utvalget innhentet og vurdert tilgjengelige opplysninger vedrørende støyproblemer ved fiskefartøyer.

Utvalget er kommet til at der eksisterer et presserende behov for mer inngående kjennskap både til den støy som er ombord og ved fiskefartøyer, og til den støy som genereres ut i sjøen fra fartøyene.

Mange konstruksjoner ved fiskefartøy som idag skaper uheldige støyforhold for fiskeletingsinstrumenter og/eller for beboeligheten ombord vil uten tvil kunne forbedres eller helt unngås ved et tilstrekkelig kjennskap til disse forhold.

Utvalget finner videre at fartøystøyens skremmevirkning på fisk under spesielle fangstforhold, må ansees å være en vesentlig minusfaktor for effektiviteten av fiskefartøyer, i særlig grad gjelder dette for ringnotsnurpere. Det antas også å være stor sannsynlighet for at varierende fiskelighet mellom forskjellige fartøyer for en stor del har sin årsak i fartøyenes støykarakteristikk.

Utvalget konkluderer derfor med å fremsette en plan for en undersøkelse av støyforholdene ved og ombord i fiskefartøyer (spesielt ringnotsnurpere og trålere), og i tillegg også en undersøkelse over fisks oppførsel og reaksjoner overfor varierende støystimuli i sjøen under fiskeoperasjoner.

Støyundersøkelsen er beregnet å strekke seg over et tidsrom på 2-2½ år og vil trolig kunne utføres av eksisterende forskningsinstitusjoner i landet.

Utvalget er av den oppfatning at det gjennom en fornuftig viderebehandling av de data og det materialet som en undersøkelse som her er skissert vil gi, bør det være mulig å oppnå en effektivisering av en betydelig del av våre fiskefartøyer.

Bergen, 15/8-1969

Fiskeridirektoratets Båtstøyutvalg

T. Gerhardsen, formann
O. Fr. Harbø
A. Liaaen
L. Midttun

K. Olsen
Sekretær

REFERENCES

- Beamish, F.W.H., 1966 Reactions of fish to otter trawls. Fish. Can., 19, 19-21.
- van Bergeijk, W.A., 1964 Directional and nondirectional hearing in fish. In Marine Bioacoustics (edited by W.N. Tavolga), pp. 269-280. Pergamon Press, Oxford.
- 1967 The evolution of vertebrate hearing. In Contributions to Sensory Physiology, Volume 2, (edited by W.D. Neff), pp. 1-49. Academic Press, New York.
- Chapman, C.J., 1964 Responses of herring to sound. In Rep. Fourth I.F. Meeting, Hamburg, 19-20 October, 1964.
- Dijkgraaf, S. 1960 Hearing in bony fishes. Proc.R. Soc.B, 152, 51-54.
- 1963 The functioning and significance of the lateral-line organs. Biol. Rev., 38, 51-105.
- Enger, P. 1967 Hearing in Herring. Comp. Biochem. Physiol., 1967, Vol.22, pp.527-538. Pergamon Press, G.B.
- Freytag, G., 1963 Beiträge zur marinen Bioakustik der Nord-und Ostsee. I. Trigla gurnardus L., der Graue Knurrhahn. Arch. Fischwiss., 15, 23-33.
- Harris, G.G. and W.A. van Bergeijk, 1962. Evidence that the lateral-line organ responds to near-field displacements of sound sources in water. J.acoust. Soc.Am., 34, 1831-1841.
- Hawkins, A.D. and C.J. Chapman, 1966. Underwater sounds of the haddock (Melanogrammus aeglefinus (L.)). J.mar.biol.Ass. U.K., 46, 241-247.
- Hering, Günter, 1968 Avoidance of acoustic stimuli by the herring. (ICES, C.M. 1968/H:18) Stensilert:1-
- Iversen, R. T. B. 1967 Response of Yellowfin Tuna (Thunnus albacores) In Marine Bio-acoustics ed. W.N. Tavolga, Vol. 2, 105-123, Pergamon Press, Oxford.
- Kleerekoper, H. and E.C. Chagnon, 1954 Hearing in fish, with special reference to Semotilus atromaculatur (Mitchill). J. Fish. Res. Bd. Can., 11, 130-152.
- Lowenstein, O., 1957 The sense organs: The acoustico-lateralis system. In The Physiology of fishes (edited by M.E. Brown) pp. 155-186. Academic Press, New York.
- Mohr, H., 1964. Reactions of herring to fishing gear revealed by echo sounding. In Modern Fishing gear of the world, 2, 253-257. Fishing News (Books) Ltd., London.
- Moulton, J.M. 1963 Acoustic Behaviour of Fishes. pp. 655-693, in Acoustic Behaviour of Animals, ed. R.G. Busnel, Elsevir Publ. Co., Amsterdam.

- Moulton, J.M. and R.H. Dixon 1967 Directional Herring in Fishes, in Marine Bio-Acoustics, ed. W.N. Tavolga, vol. 2, 187-233, Pergamon Press, Oxford.
- 1964 The acoustic behaviour of fishes. In Acoustic Behaviour of Animals (ed. R.G. Busnel), Elsevier, Amsterdam.
- Nelson, D. 1966 Hearing and acoustic orientation in the lemon shark, Negaprion brevirostius (poey) and other large sharks. Ph. D. Thesis Univ. Miami., Dissutation Ahstr. 27(1) 333 B.
- Parrish, B.B., J.H.S. Blaxter and W. Dickson, 1962 Photography of fish behaviour in relation to trawls. ICES C.M. 1962, Comp. Fish. Comm., Pap. No. 77.
- Parvalescu, A., 1964 Problems of propagation and processing. In Marine Bioacoustics (ed. W.N. Tavolga), pp. 87-100. Pergamon, Oxford.
- Podlipalin iu. D. 1965 Ability of some Black Sea fishes to orientate themselves towards the sound source. Probl. Ikhtiol. 2 (4) : 25.
- Protasov., V.P., 1966 Bioacoustics of Fishes. Nauka Publishing House.
- Pumphrey, R.J., 1950 Hearing. Symp. Soc. expl. Biol., 4, 1-18.
- Shishkova, E.V., 1958 The reactions of fish to sounds and the spectrum of trawler noise. Ryb. Khoz., 3, 33-39.
- Tavolga, W.N., 1965 Review of marine bio-acoustics. State of the art: 1964. (Tech. Rep.' Navtradevcen 1212-1) 100 pp.
- and J. Wodinsky, 1963 Auditory capacities in fishes. Bull. Am. Mus. nat. Hist., 126, 179-239.
- 1967 Masked Auditory Phrasbolds in Teleost Fishes. In Marine Bio-acoustics ed. W.N. Tavolga, vol. 2, 247-261, Pergamon Press, Oxford.
- de Vries, H., 1956 Physical aspects of the sense organs. Progr. Biophys. biophys. Chem. 6, 207-264.
- Weiss, B.R. 1967 Sonic Sensitivity in the goldfish CARASSIOS AURATUS, in Lokal Line Detectors ed. P. Calin, 249-264, Indiana University Press.
- Wisby, W.J., J.D. Richard, D.R. Nelson and S.H. Gruber, 1964. Sound perception in elasmobranchs. In Marine Bio-acoustics ed. W.N. Tavolga, pp. 255-268. Pergamon, Oxford.
- Malukina, G.G. and V.R. Protasev, 1960. Hearing and "voise" in fish and their reactions to sounds. Russian Rev. Biol. 50, 215-227.

cont'd.

and R.H. Dixon 1967 Directional Herring in Fishes, in Marine Bio-Acoustics, ed. W.N. Tavolga, vol. 2, 187-233, Pergamon Press, Oxford.

1964 The acoustic behaviour of fishes. In Acoustic Behaviour of Animals (ed. R.G. Busnel), Elsevier, Amsterdam. , Norway

Hearing and acoustic orientation in the lemon shark, Negaprion brevirostris (poey) and other large sharks. Ph. D. Thesis Univ. Miami., Dissutation Ahstr. 27(1) 333 B. ons of fish
sound in fish rawls

J.H.S. Blaxter and W. Dickson, 1962 Photography of fish behaviour in relation to trawls. ICES C.M. 1962, Comp. Fish. Comm., Pap. No. 77. ion to the sound

1964 Problems of propagation and processing. In Marine Bioacoustics (ed. W.N. Tavolga), pp. 87-100. Pergamon, Oxford. ish Buthynnus sound in tuna

1965 Ability of some Black Sea fishes to orientate themselves towards the sound source. Probl. Ikhtiol. 2 (4) : 25. A.I. Treschev. i behaviour

, 1966 Bioacoustics of Fishes. Nauka Publishing House. g with respect gear

, 1950 Hearing. Symp. Soc. expl. Biol., 4, 1-18. with recordings

, 1958 The reactions of fish to sounds and the spectrum of trawler noise. Ryb.Khoz., 3, 33-39.

1965 Review of marine bio-acoustics. State of the art: 1964. (Tech. Rep.' Navtradevcen 1212-1) 100 pp.

and J. Wodinsky, 1963 Auditory capacities in fishes. Bull. Am. Mus. nat. Hist., 126, 179-239.

1967 Masked Auditory Phrasbolds in Teleost Fishes. In Marine Bio-acoustics ed. W.N. Tavolga, vol.2, 247-261, Pergamon Press, Oxford.

1956 Physical aspects of the sense organs. Progr. Biophys. biophys. Chem. 6, 207-264.

1957 Sonic Sensitivity in the goldfish CARASSIOS AURATUS, in Lokal Line Detectors ed. P. Calin, 249-264, Indiana University Press.

D. Richard, D.R. Nelson and S.H. Gruber, 1964. Sound perception in elasmobranchs. In Marine Bio-acoustics ed. W.N. Tavolga, pp. 255-268. Pergamon, Oxford.

and V.R. Protasev, 1960. Hearing and "voise" in fish and their reactions to sounds. Russian Rev. Biol. 50, 215-227.

cont'd.