



## OPPDRAGSRAPPORT

*Fangstseksjonen*

MINESPRENGNING VED HELLIGVÆR,

effekten på laks i merd.

Nr.

FORFATTER:		
Aud Vold Soldal		
PROSJEKT:		
MINESPRENGNING VED HELLIGVÆR, effekten på laks i merd.		
DATO:	PROSJ.NR.:	PROSJ. ANSV.:
2. juli 1990	6170	Aud V. Soldal
OPPDRAGSGIV. REF.:		OPPDRAGSGIVERS REF.:
NFFR		

EKSTRAKT:

Det er påvist synlige patologiske forandringer hos laks i et oppdrettsanlegg beliggende i en avstand av 1,7 km fra en minedetonasjon. Anlegget lå svært godt skjermet i forhold til sprengningsstedet. Maksimumsutslaget av trykkbølgen etter sprengningen ble målt til 470 Pa peak to peak, og ble dominert av frekvenser mellom 10 og 200 Hz.

Makroskopiske, histopatologiske og hematologiske undersøkelser samt scanning elektronmikroskopi av prøver fra fisk som var tatt ut etter sprengningen viste alle begynnende indre skader. De observerte symptomene er forenelige med begynnende trykkskader hos fisk. Skadene ble imidlertid bare påvist på én aldersgruppe (fisk satt ut i 1989, lengde ca. 40-50 cm på sprengningstidspunktet). At slike patologiske forandringer ikke ble funnet hos fisken i anlegget før sprengningen fant sted, men bare i ettertid, tyder på en sammenheng mellom de påviste skadene og trykkpåvirkningen fra sprengningen. Det ble ikke registrert økt dødelighet i anlegget etter sprengningen.

4 STIKKORD:

Sprengningsskader	Laks
Undervannsprengning	

**MINESPRENGNING VED HELLIGVÆR,  
effekten på laks i merd**

**Innhold**

**SAMMENFATTENDE RAPPORT**

Bakgrunn	2
Helligvær Fisk A/S	2
Lydmålinger på anlegget	2
Atferdsobservasjoner	3
Veterinærundersøkelser	3
Histopatologiske undersøkelser	4
Hematologiske og scanningelektronmikroskopiske undersøkelser	4
Konklusjon	5
MÅLING AV LYDTRYKK (Jan-Åge Langeland)	Vedlegg 1
VETERINÆRRAPPORT (Birger Willumsen)	Vedlegg 2
HISTOLOGISKE UNDERSØKELSER (Anil Amin)	Vedlegg 3
HEMATOLOGISKE OG SCANNING ELEKTRONMIKROSKOPISKE UNDERSØKELSER (Tor Larsen & Helge Kreützer Johnsen)	Vedlegg 4

## SAMMENFATTENDE RAPPORT

### Bakgrunn

Den 16. mars 1990 detonerte Forsvarskommando Nord-Norge ved Kommandøren for Sjøstridskreftene en engelsk krigsmine fra den annen verdenskrig ved Helligvær utenfor Bodø. Minen inneholdt 227 kg sprengstoff. I tillegg ble det benyttet en sprengladning på 6 kg dynamitt. Sprengningen ble foretatt på 3 m dyp tett ved land i et farvann som var beskyttet av holmer, skjær og grunner sør i øygruppen Helligvær (se vedlagte kart).

For å få gjennomført en vurdering av mulige skadevirkninger på fisk i området rundt sprengningsstedet hadde Kommandøren for Sjøstridskreftene i Nord-Norge på forhånd sendt en henvendelse til Norges Fiskeriforskningsråd. Det ble uttrykt et sterkt ønske om at det under sprengningen skulle foretas de nødvendige lydmålinger og undersøkelser av klinisk og patologisk art på oppdrettsfisk i området før og etter sprengning.

### Helligvær Fisk A/S

Helligvær Fisk A/S som driver lakseoppdrett nord for Sørværøy (se kart), ligger 1,7 km fra sprengningsstedet i luftlinje. Anlegget ligger imidlertid skjermet fra sprengningsposisjonen av Sørværøy og et stort antall holmer og grunner. Oppdrettsanlegget var delt opp i to mindre enheter: En merdgruppe (merket A på vedlagte kart) med slaktemoden laks (ca. 3 kg) satt ut i 1988, og en annen (merket B på kartet) med fisk som var satt ut høsten 1989 og nå målte mellom 40 og 50 cm (ca. 1 kg). Den største fisken var ikke foret de to siste ukene før sprengningen fant sted.

### Lydmålinger på anlegget

Det ble foretatt lydmålinger med to hydrofoner i sjøen på 5 (hydrofon A) og 3 m (hydrofon B) dyp ved merdgruppe B. Målingene ble utført av Fjordinstruments A/S. Måleoppsettet er beskrevet i vedlegg I. Hydrofon A var plassert mellom merdene midt i anlegget, mens hydrofon B var plassert inne i en merd med laks. Den registrerte lydimpulsen ved sprengning og pulsens spektralnivå går fram av figurene i vedlegg 1. Peak to peak amplityden på maksimumsutslaget for hydrofon B var ca. 470 Pa, noe lavere for hydrofon A. Den målte lydimpulsen var dominert av lave frekvenser (under 300 Hz), og hadde relativt lang stigetid (ca. 5 ms). Dette tyder på at signalet hadde forplantet seg hovedsakelig gjennom grunnen. Det kunne ikke registreres noe signal som hadde gått gjennom vann eller luft hele veien. Nivåer var påfallende mye høyere og frekvensspekteret smalere inne i merden enn utenfor. Dette kan skyldes interferensfenomener mellom reflekterende bølger på grunt vann, og/eller absorpsjon og resonans i fiskenes svømmeblærer.

### Atferdsobservasjoner

I samme merd hvor det ble foretatt lydmålinger, ble det også gjort undervannsoptak av fiskens atferdsmønster før, under og etter sprengning ved hjelp av et undervannskamera plassert på ca. 3m dyp. Det ble ikke observert påfallende atferdsendringer i forbindelse med sprengningen. Man kunne ane en svak dykking på selve sprengningstidspunktet med en rask normalisering etter få sekunder.

### Veterinærundersøkelser

Klinisk/patologiske undersøkelser i forbindelse med sprengningen ble foretatt av avdelingsveterinær E. Wilkinson, Bodø. Kommuneveterinær E. Myklebust fra Alta deltok under obduksjonene før og like etter sprengning.

Før sprengning ble det tatt ut 5 laks av 1988-årgangen og 10 av -89-årgangen til obduksjon. Det ble ikke observert noe unormalt ved disse av fiskene. 4 timer etter sprengning ble det tatt ut 5 fisk av 1988-årgangen og 11 av -89-årgangen. Det ble videre tatt ut 5 fisk av -89-årgangen 19 timer etter sprengning. Det ble lagt vekt på å behandle fisk som ble tatt ut før og etter sprengning så skånsomt og så likt som mulig. Veterinærreport ligger vedlagt (Vedlegg 2).

Hos laksen fra 1988-årgangen (den største fisken, merdanlegg A) ble det ikke funnet noe unormalt. Hos fisken fra 1989-årgangen (ca. 40-50 cm, merdanlegg B) ble det gjort følgende observasjoner:

#### **Etter 4 timer:**

- Blødning i et begrenset område ved basis av leveren hos 8 av 11 fisk.
- Frie blodkoageler i bukhalen hos 3 av 11 fisk.
- Blodtilblandet væske i svømmeblæra (blodtilblandet sjøvann) hos 2 av 11 fisk.

#### **Etter 19 timer:**

- Blødning i et begrenset område ved basis av leveren hos 2 av 5 fisk.
- Frie blodkoageler i bukhalen hos 1 av 5 fisk.

Blødningene i leveren kan forklares ved at leveren er blitt klemt mellom bukhalens tak og hjertebasis, som kan være en følge av trykkpåvirkning. Væskefylt svømmeblære er et vanlig funn hos laks som har vært utsatt for hurtige trykkforandringer. Frie blodkoageler antas å skyldes brist i blodkar i indre organ eller bukvegg, og kan oppstå ved enhver form for fysisk traume. Slike skader ble bare funnet i 1989-årsklassen. Dette kan enten ha sammenheng med at forskjellige størrelsesgrupper ikke har samme følsomhet overfor trykkpåvirkninger, eller at 1988-årsklassen i motsetning til den minste fisken var sultet i to uker før minesprengningen fant sted.

Det var uvanlig mye forstyrrelser ved anlegget sprengningsdagen, med båttrafikk, folk og måleinstrumenter ved merdene, samt dykkere under anlegg A. Fisken ble således utsatt for et høyt stressnivå som i seg selv kan forårsake patologiske forandringer. Imidlertid må man anta at stressnivået var like høyt både ved merdanlegg A og B. Skader ble bare påvist ved anlegg B. De påviste skadene karakter var heller ikke slik man skulle forvente ved stresspåvirkninger.

De påviste patologiske forandringene var ikke så omfattende at de så ut til å påvirke fiskens levedyktighet. Under to senere besøk ved Helligvær Fisk A/S (19.4. og 10.5.1990) ble det ikke funnet patologiske forandringer som kunne tilbakeføres til sprengningene. Det er heller ikke rapportert om økt dødelighet, nedsatt appetitt, eller redusert vekst i tiden etter sprengningen.

### Histopatologiske undersøkelser

Under obduksjonene ble det tatt ut prøver av flere organer til histopatologiske undersøkelser. Av økonomiske årsaker var det ikke mulig å gjennomføre en fullstendig analyse, men det ble valgt ut et antall av de fisk som syntes mest interessante ut ifra obduksjonene. Av 1988-årgangen ble det tatt ut prøver fra én fisk før sprengning og én fisk etter sprengning. Av 1989-årgangen ble det tatt ut 5 fisk før sprengning, 5 fisk 4 timer etter sprengning og 5 fisk 19 timer etter sprengning. Prøvene ble analysert ved Akvapatologisk Laboratorium A/S, Bodø.

Resultatet av analysene går fram av vedlegg 3. Det ble ikke funnet noe unormalt ved fisken fra 1988-årgangen. Det ble heller ikke funnet forandringer som kunne ha sammenheng med trykkpåvirkninger hos fisken i 1989-årgangen før sprengning. Hos fisk tatt ut etter sprengning ble det påvist hyperemi i gjeller og blødninger i lever og svømmeblære. Disse funnene støtter opp om de makroskopiske funn som ble gjort under obduksjonene på sprengningsdagen. Blødningene i leveren var typisk for skader som oppstår når myke organer trykkes mot et hardt organ (ryggvirvelen). Imidlertid ble skadene bedømt som for små til å kunne få innvirkning på fiskens levedyktighet.

### Hematologiske og scanningelektronmikroskopiske undersøkelser

Scanning-elektronmikroskopiske undersøkelser av død, syk og overlevende fisk etter undervannsprengningene i Altafjorden sommeren 1989 viste at endotellaget i aorta hos både laks og torsk hadde løsnet i omfattende grad (Se vedlegg 4). I tillegg ble det påvist koagler som var klebet til den skadde blodåreveggen, samt tilstoppende blodpropper (Larsen et al. 1990). For å undersøke om det kunne påvises tilsvarende skadebilde på laks etter sprengningene ved Helligvær, ble det tatt blodprøver og prøver av aorta fra 5 fisk fra 1989-årgangen før sprengning og 5 fisk etter

sprengning. Analysene ble foretatt av Tor Larsen og Helge Kreützer Johnsen ved Finnmark Distriktshøyskole. Metodene og resultatene er beskrevet i vedlegg 4.

Analysene viste ingen endotelskader i aorta hverken på fisk tatt ut før eller etter minesprengningen. Imidlertid ble det påvist en klar tendens til økt dannelse av koagler festet til åreveggen og en noe svakere tendens til senkning av trombocyt-andelen i blodet hos fisk etter sprengning (se tabeller i vedlegg 4). Forskjellene var imidlertid ikke statistisk signifikante, trolig pga. det lave prøveantallet. Både økt dannelse av fastsittende koagler og senkning av trombocytallet vil kunne forventes ved begynnende trykkskader med bakgrunn i det som er kjent etter sprengningene i Alta.

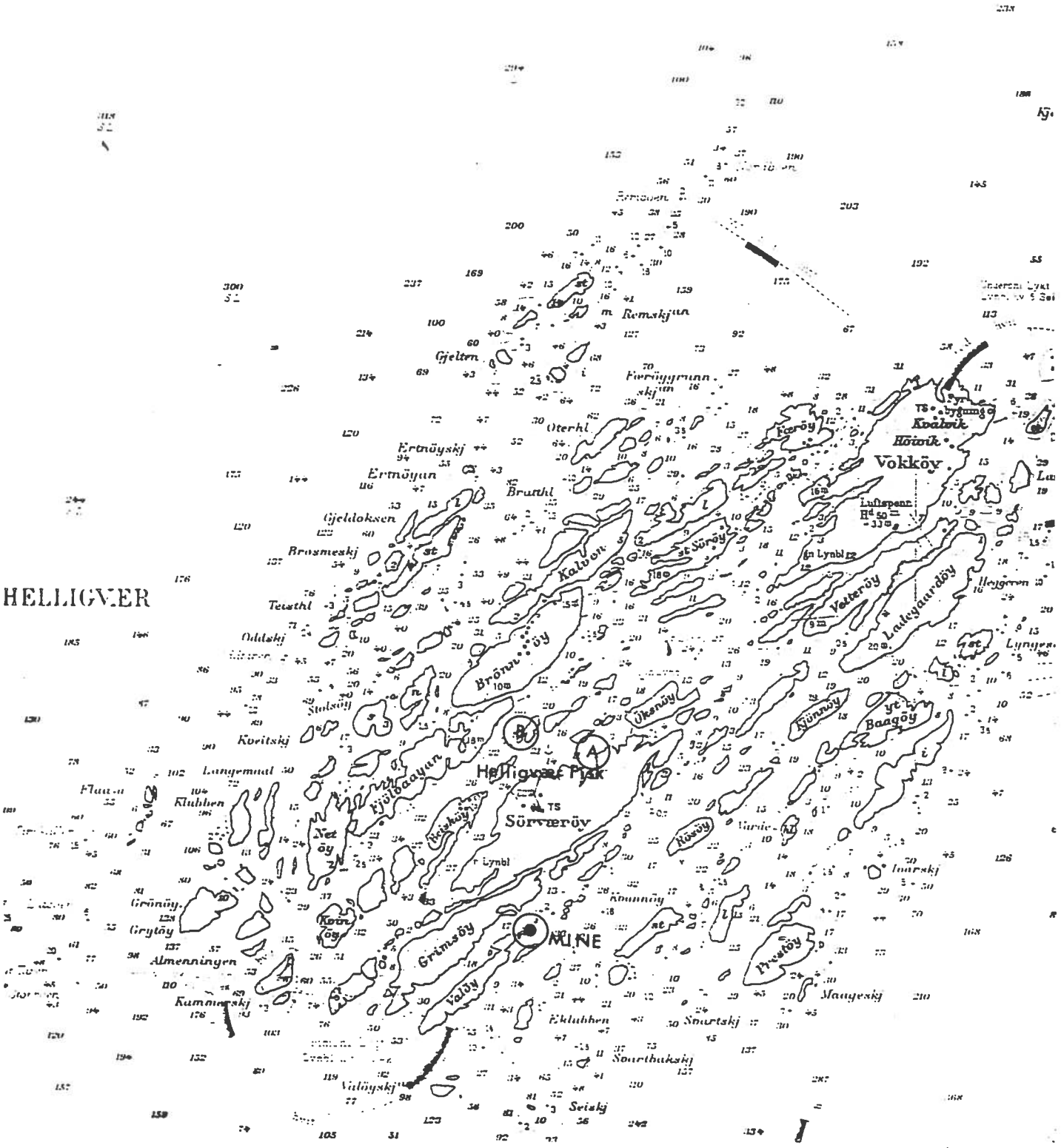
### Konklusjon

Det er påvist synlige patologiske forandringer hos laks i et oppdrettsanlegg beliggende i en avstand av 1,7 km fra en minedetonasjon. Anlegget lå svært godt skjermet i forhold til sprengningsstedet. Maksimumsutslaget av trykkbølgen etter sprengningen ble målt til 470 Pa peak to peak, og ble dominert av frekvenser mellom 10 og 200 Hz.

Makroskopiske, histopatologiske og hematologiske undersøkelser samt scanning elektronmikroskopi av prøver fra fisk som var tatt ut etter sprengningen viste alle begynnende indre skader. De observerte symptomene er forenelige med begynnende trykkskader hos fisk. Skadene ble imidlertid bare påvist på én aldersgruppe (fisk satt ut i 1989, lengde ca. 40-50 cm på sprengningstidspunktet). At slike patologiske forandringer ikke ble funnet hos fisken i anlegget før sprengningen fant sted, men bare i ettertid, tyder på en sammenheng mellom de påviste skadene og trykkpåvirkningen fra sprengningen. Det ble ikke registrert økt dødelighet i anlegget etter sprengningen.

### Referanser

Larsen, T., Johnsen, H.K., Lund, F.R. og Mylebust, E.A. Skader på oppdrettsfisk etter sprengningene i Altafjorden. Norsk Fiskeoppdrett 7:18-19, 1990.



HELLIGVÆR

Flua

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Klubben

Netøy

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Lungemul

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Kornøya

Grønøy

Grytøy

Almenningen

Kumarskj

Valøyskj

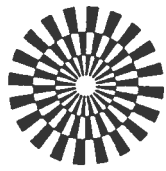
Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj

Valøyskj



MÅLING AV LYDTRYKK VED MINESPRENGNING

HELLIGVÆR 16. MARS 1990.

UTFØRT AV:

  
JAN-ÅGE LANGELAND.



## MÅLEBESKRIVELSE:

Målingene ble utført med to Fjord Instruments HA1-hydrofoner med tilhørende mottagerenhet/strømforsyning, .

Hydrofonene ble kalibrert med Brüel & Kjær 4223, Pistonfon 15 mars 1990. Følsomhet inkludert mottager enhet var:

Hydrofon		10V/B utgang	1V/B utgang.
A: HA-1 s/n 037-	0.114 mV/Pa	---	
B: HA-1 s/n 038-	0.129 mV/Pa		0.0129 mV/Pa

Målingene ble registrert på en RACAL 7DS FM-båndopptager. Båndhastighet: 7 1/2. Intermediate band FM. Frekvensområde: 0-2500 Hz

### Kanalkonfigurasjon:

Kanal	Innstilling	Følsomhet	Hydrofon	Utgang
1	0.1 V *	12.9 mV/Pa	038	10 V/B
2	0.1 V	1.29 mV/Pa	038	10 V/B
3	1.0 V	0.129 mV/Pa	038	10 V/B
4	0.1 V	1.14 mV/Pa	037	10 V/B
5	1.0 V	0.114 mV/Pa	037	10 V/B
6	1.0 V	0.014 mV/Pa	037	1 V/B
7	10.0 V	0.0014 mV/PA	037	1 V/B

\* via 20dB forsterker

Denne oppkoblingen ble brukt for å få maksimal dynamikk.

Alle innstillinger er lest inn på båndopptagerens talespor. Det ble også foretatt nedtelling før sprengning.

Hydrofon A (038) var plassert omtrent midt på anlegget, i krysset mellom fire mærer. Dybde var 5m

Hydrofon B (037) var plassert oppi samme mær som video kamera. Dybde: 3m.

### Måleutstyr:

Hydrofon:	FI-HA-1 s/n 037
Hydrofon:	FI-HA-1 s/n 038
Stømforsyning/mottager:	FI-88-08-24
Filter/Forsterker:	KROHN-HITE 3700
Båndopptager:	RACAL 7DS
FFT-analysator	B&K 2032
Computer	HP Integral

## ANALYSE:

Analyse ble foretatt off-line på en Brüel & Kjær 2032 FFT analysator. Kanal 2 og 4 på båndopptager ble benyttet, da disse hadde passe nivå. Kanal 1 overstyrte under sprengning.

Det ble benyttet et rektangulært målevindu på 1 sek. til FFT analyse. Vinduet er det samme som vist i respektive tidsplot. Kurvene skulle være selvforklarende.

Frekvens respons er gitt som "POWER SPECTRAL DENSITY" i dB rel. 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ . Dette kan oppfattes som lydtrykk i et 1 Hz frekvensbånd. Ved å integrere under kurven finner man totalt RMS lydtrykk over målevinduet (gjennomsnitt over 1 sek.).

Dette var 63 Pascal (156dB rel 1 $\mu\text{Pa}$ ) for hydrofon B og 27 Pascal (149dB rel. 1 $\mu\text{Pa}$ ) for hydrofon A. Denne forskjellen kan være tilfeldig. På grunt vann har man vanligvis et komplisert bølgemønster med interferens mellom bølger reflektert fra bunn og overflate.

Nivået er imidlertid påfallende mye høyere og mer avgrenset i frekvens inne i mæren enn utenfor. Det kan ikke utelukkes at dette skyldes resonansfenomener i fiskens svømmeblærer. Man har jo her svært mange omtrent like store "gassbobler" i samme område.

Pa

300.00

200.00

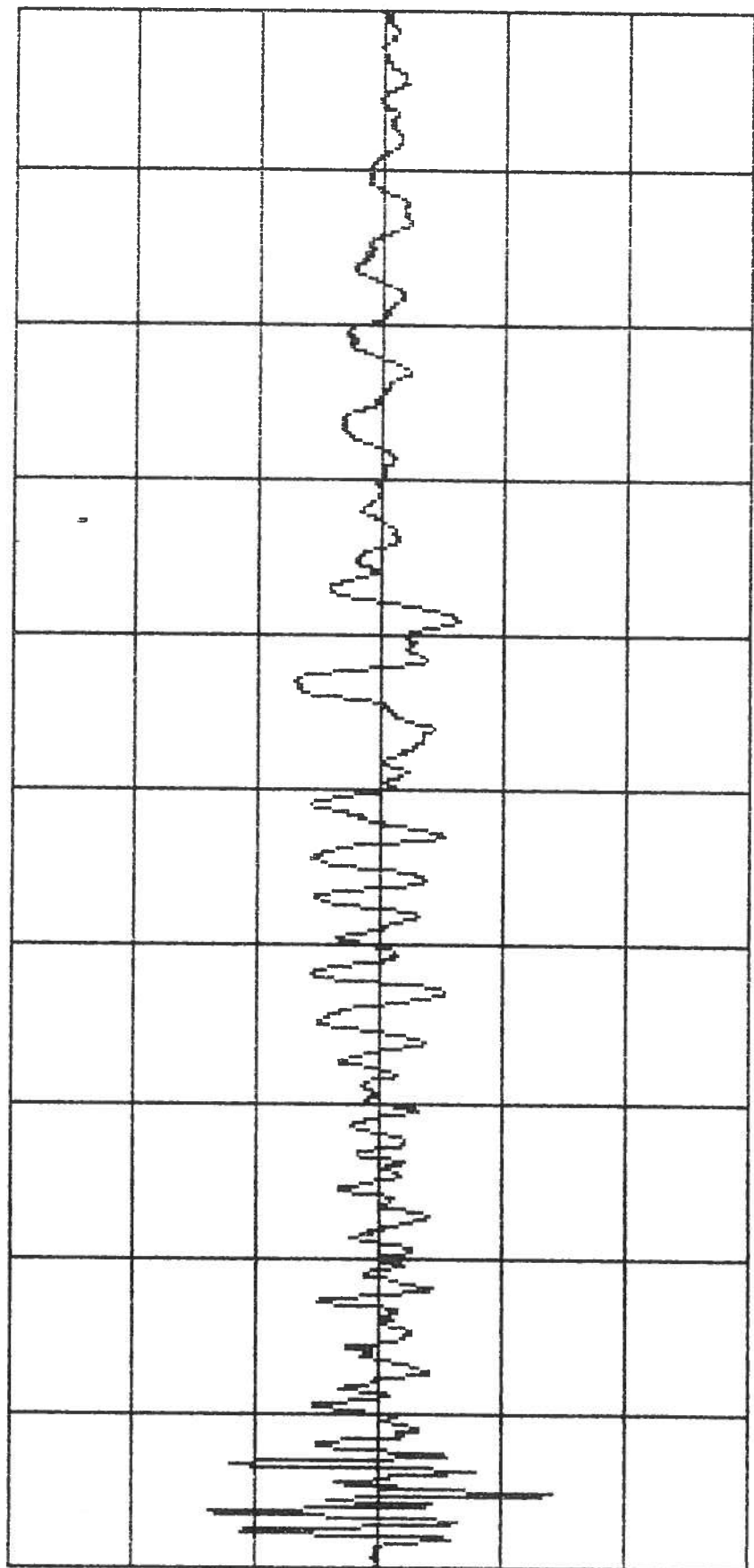
100.00

0.00

-100.00

-200.00

-300.00



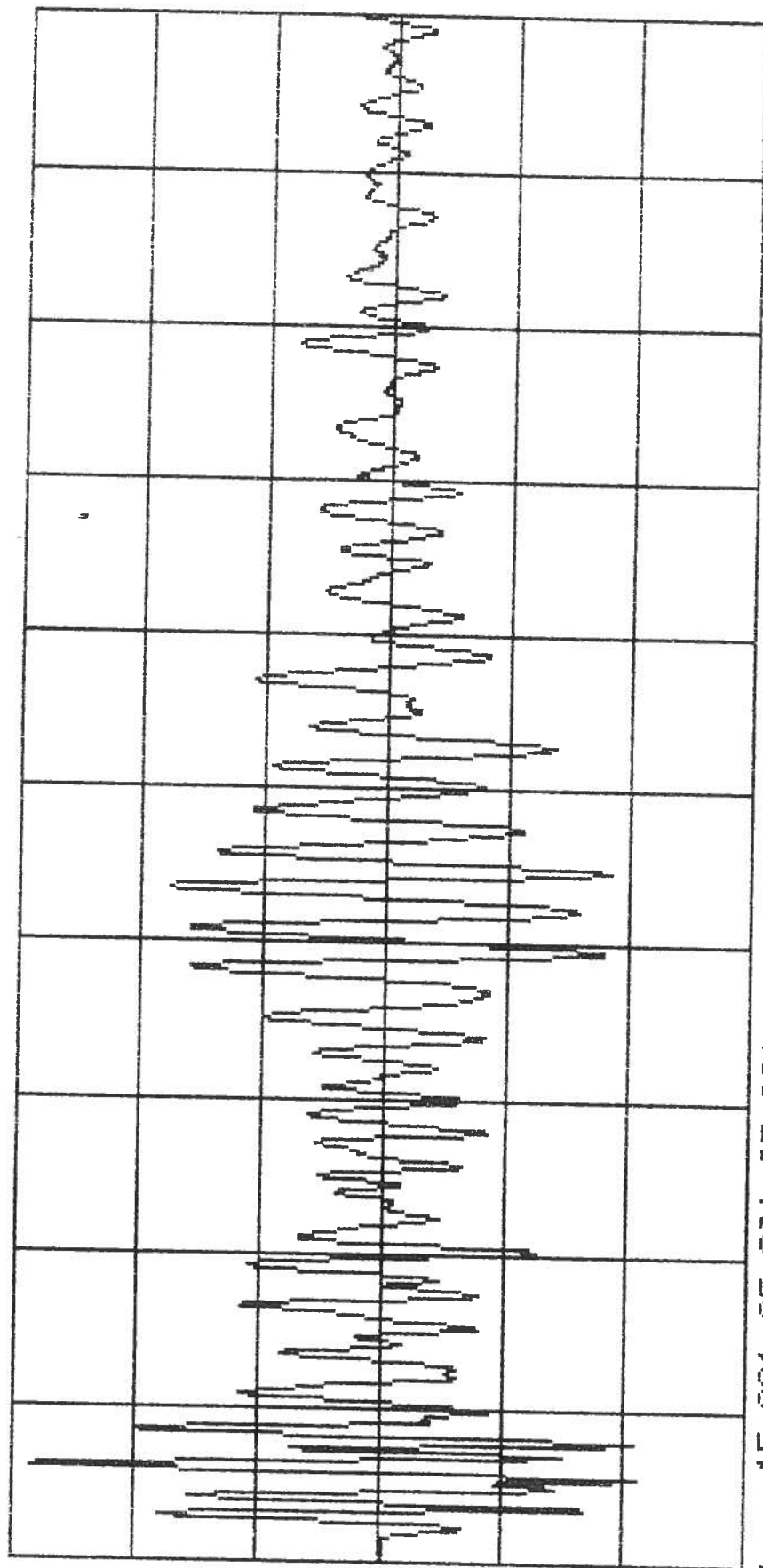
0 1E-001 2E-001 3E-001 4E-001 5E-001 6E-001 7E-001 8E-001 9E-001 1

PULS FRA MINESPRENGNING, HYDROFON A.

sek.

Pa

300.00  
200.00  
100.00  
0.00  
-100.00  
-200.00  
-300.00



0 1E-001 2E-001 3E-001 4E-001 5E-001 6E-001 7E-001 8E-001 9E-001 1

PULS FRA MINESPRENGNING, HYDROFON B.

sek.

dB

150.00

140.00

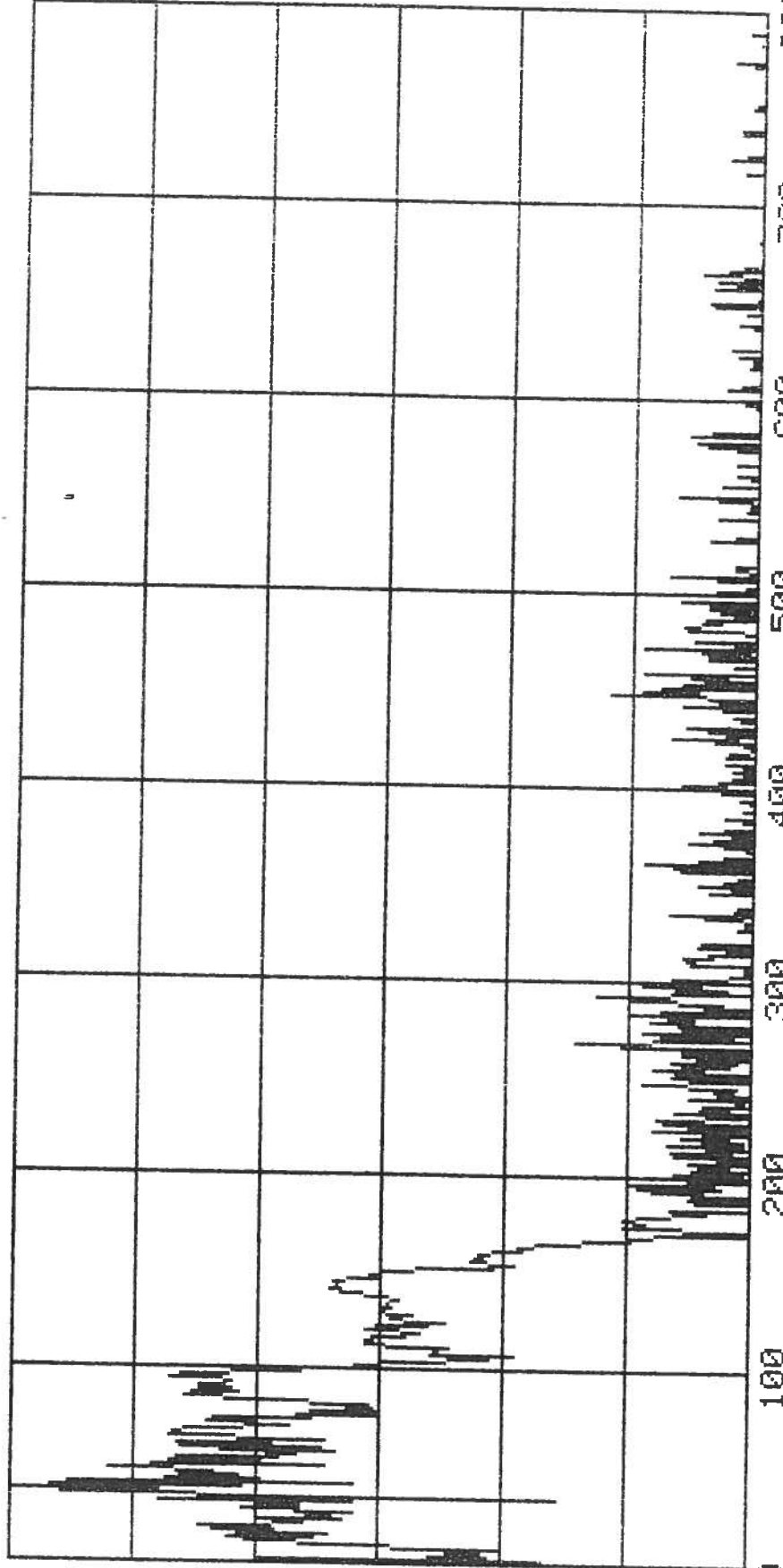
130.00

120.00

110.00

100.00

90.00



PULS FRA MINESPRENGNING; SPEKTRALNIVA HYDROFON B, dB rel. 1uPa<sup>2</sup>/Hz

dB

150.00

140.00

130.00

120.00

110.00

100.00

90.00

0

100

200

300

400

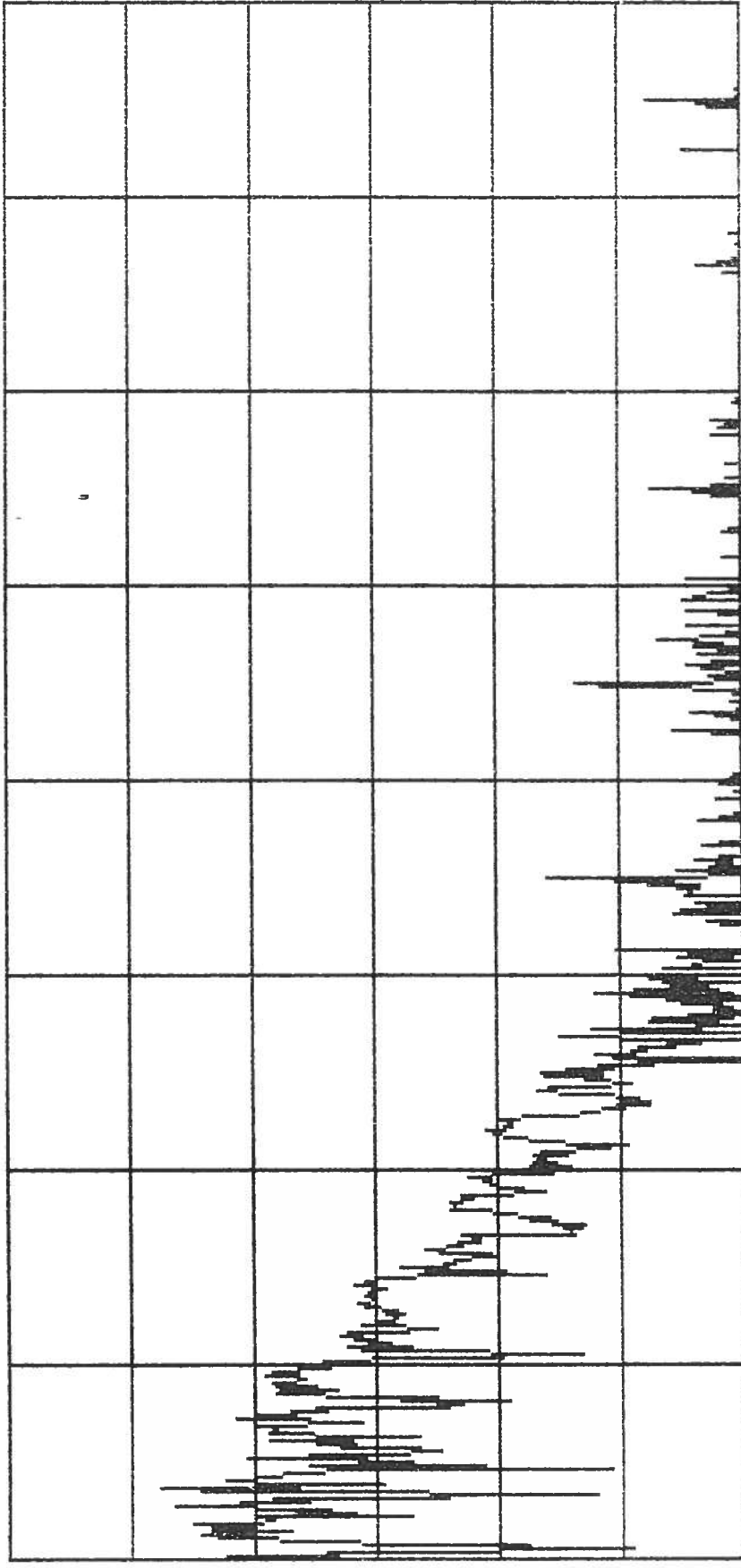
500

600

700

800

Hz



PULS FRA MINESPREENGNING, SPEKTRALNIVA HYDROFON A, dB rel. 1uPa<sup>2</sup>/Hz

Pa

15.00

10.00

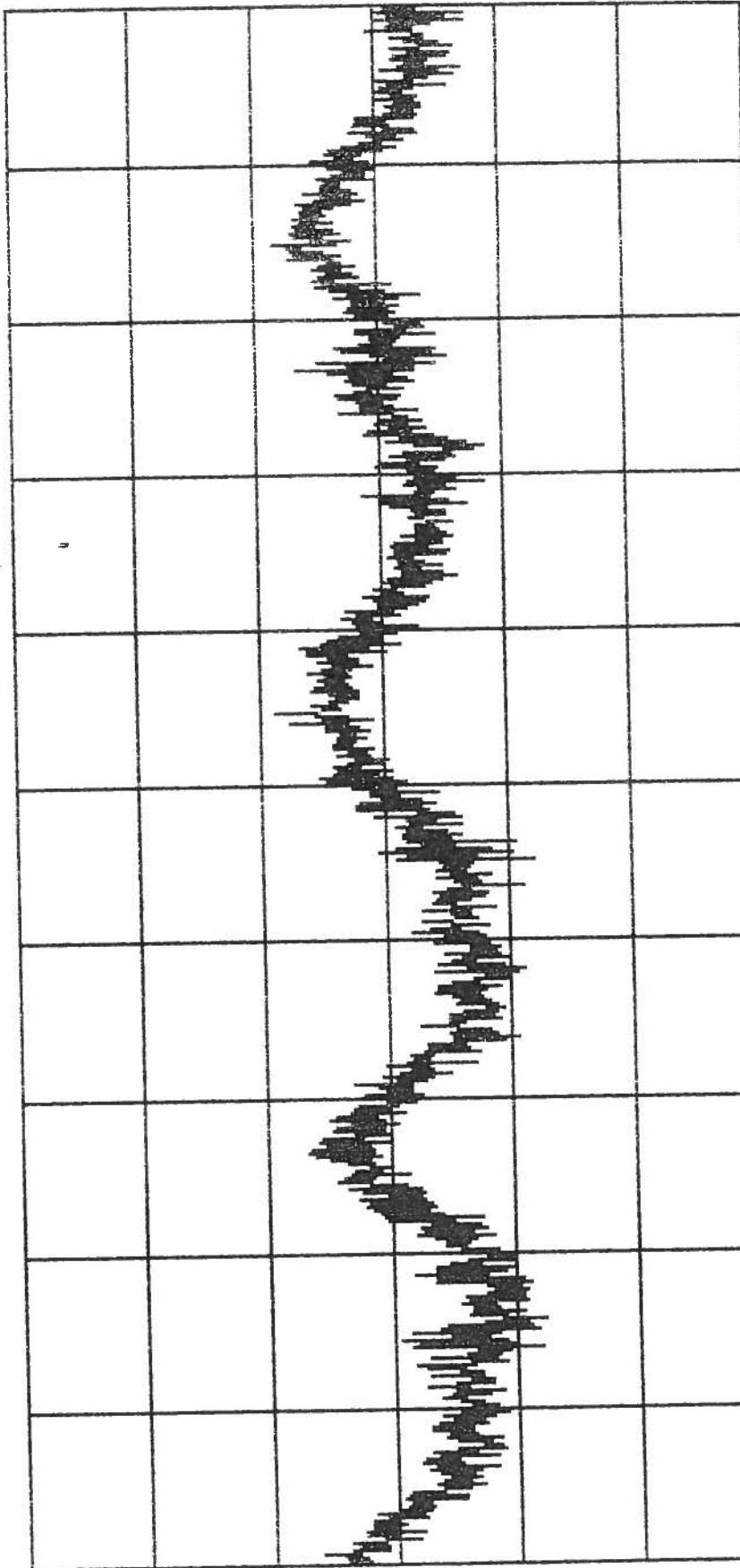
5.00

0.00

-5.00

-10.00

-15.00



0 1E-001 2E-001 3E-001 4E-001 5E-001 6E-001 7E-001 8E-001 9E-001 1

BAKGRUNNSSTØY, HYDROFON A.

sek

dB

150.00

140.00

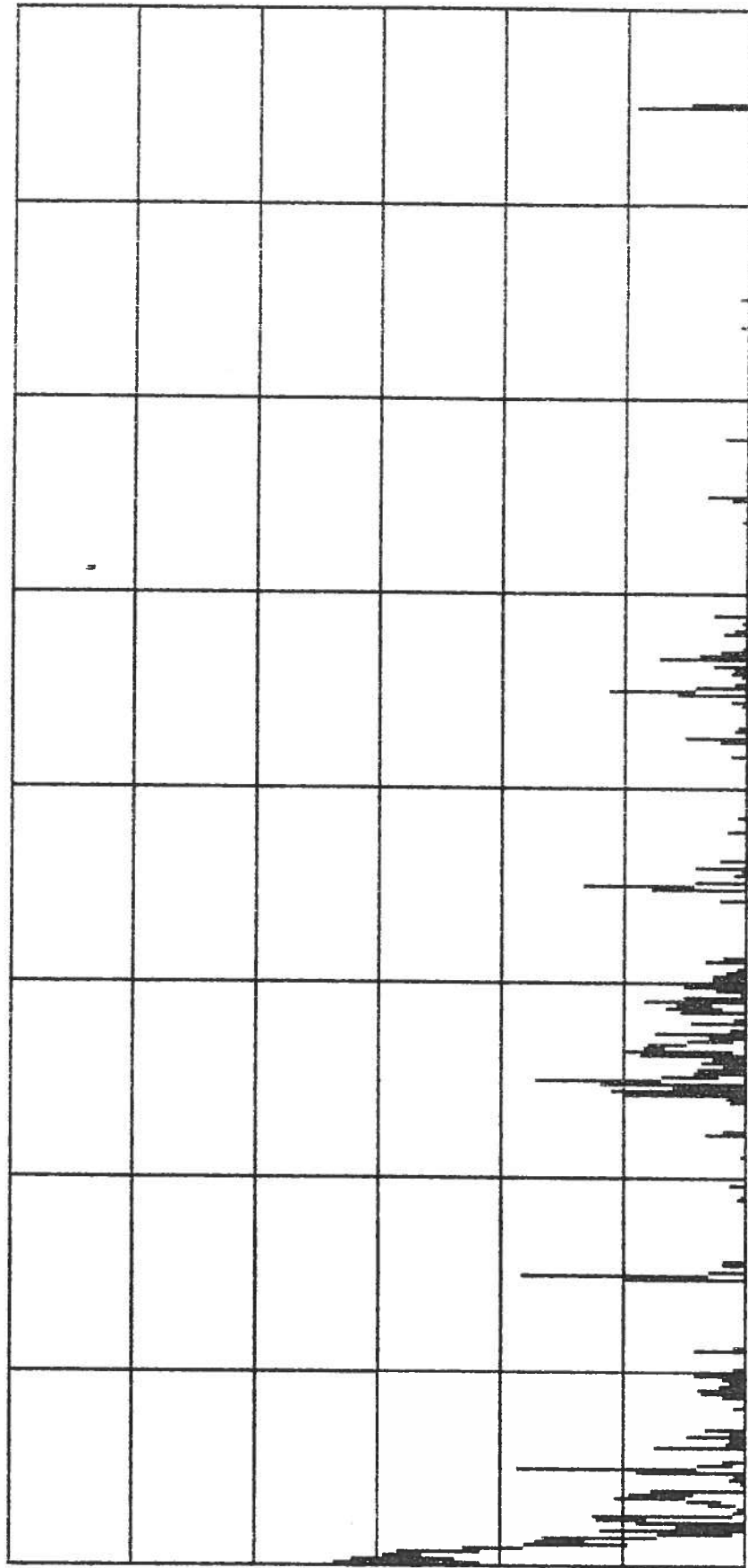
130.00

120.00

110.00

100.00

90.00



0

100

200

300

400

500

600

700

800

BAKGRUNNSSTØY, HYDROFON A, SPEKTRALNIVA

Hz



BYVETERINÆREN I BODØ  
Postboks 4004 - 8012 JENSVOLL  
Telefon 081-61133

Jensvoll, 7. juni 1990

J.nr.  
Ark.

UNDERSØKELSE AV LAKS VED HELDIGVÆR FISK A/S  
ETTER SPRENGNING 16. MARS 1990.

Det ble av undertegnede undersøkt 33 laks tilhørende Helligvær Fisk a/s før og etter sprengning av en mine ved Helligvær 16. mars.

Den undersøkte fisken kan fordeles i følgende grupper.

- a) Fisk fra merd 8, uttatt ca 1 time før sprengning.  
10 stk undersøkt.
- b) Fisk fra merd 11, uttatt ca 1 time før sprengning.  
2 stk undersøkt.
- c) Fisk fra merd 8, uttatt ca 4 timer etter sprengning.  
11 stk undersøkt.
- d) Fisk fra merd 11, uttatt ca 4 timer etter sprengning.  
5 stk undersøkt.
- e) Fisk fra merd 8, uttatt ca 19 timer etter sprengning.  
5 stk undersøkt.

Merd 8 inneholdt laks utsatt i -89. Fisken var av Namsen-stamme og levert av Haukåslaks a/s. Den uttatte fisken hadde en vekt som varierte fra 780-1692 gram. I snitt veide fisken ca 1290 gram. Det var ikke kjent at denne fisken led av noe helsemessig problem.

Merd 11 inneholdt laks utsatt i -88. Fisken var av Namsen-stamme og levert av Leirangersmolt a/s. Den uttatte fisken hadde en vekt som varierte fra 2-3 kg. Det var ikke kjent at fisken led av noe helsemessig problem. Fisken var blitt satt på sulting fra begynnelsen av mars i forberedelse av nært forestående slakting.

Undersøkelsesfunn:

Gruppe a)  
Moderat angrep av lakselus.  
Forøvrig ingen unormale funn.

Gruppe b)  
Moderat angrep av lakselus.  
Forøvrig ingen unormale funn.

Gruppe c)  
Moderat angrep av lakselus.  
Avgrensede blødninger (diameter 1-2 cm) i det cranio-ventrale

område av leveren. (Fisk 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9.)  
 Petechiale blødninger i leveren. (Fisk 5.)  
 Blodtilblanndet væske (1-2 ml) i svømmeblæren. (Fisk 1, 3.)  
 Frie blodkoagler i bukhuken. (Fisk 4, 6.)  
 Moderate petechiale blødninger i bukhuken. (Fisk 4.)  
 Moderat hyperemi i bakre del av tarmen. (Fisk 1.)  
 Blek gul lever. (Fisk 5)

Gruppe d)

Moderat angrep av lakselus.  
 Forøvrig ingen unormale funn.

Gruppe e)

Moderat angrep av lakselus.  
 Avgrensede blødninger (diameter 1-2 cm) i det cranio-ventrale område av leveren. (Fisk 1, 5.)  
 Petechiale blødninger i svømmeblæren. (Fisk 2)  
 Hvite avleiringer i svømmeblæren. (Fisk 2)  
 Blek gul lever. (Fisk 2)  
 Frie blodkoagler i bukhuken. (Fisk 1)

Andre undersøkelser:

Ved kjemisk undersøkelse av væske fra svømmeblære (Fisk 1/Gruppe c) ble innholdet av natrium bestemt til 420 mmol/liter. Dette tilsvarer natriuminnholdet i sjøvann.

Bakteriologisk undersøkelse av fisk 5/Gruppe c ga ingen påvisning av mikroorganismer i nyrevev.

For resultater fra histologisk undersøkelse vises til egen rapport fra Akvapatologisk Laboratorium.

Oppfølging:

Helligvær fisk a/s er blitt besøkt av undertegnede 19/4/90 og 10/5/90. Ved disse besøk var det ikke mulig å finne noen patologiske forandringer som kan tilbakeføres til sprengningen i mars. Det er ikke blitt registrert noen økt dødelighet, nedsatt appetitt eller redusert tilvekst i tiden etter sprengningen.

Vurdering:

De avgrensede blødningene i leveren ligner på det man finner etter en fysisk traume. Blødningene kan forklares ved at leveren er blitt "klemt" mellom bukhukenes tak og hjertebasis. Dette antas vil kunne skje som følge av en trykkbølge. Det affiserte vevet utgjør en såpass moderat del av leveren at blødningen neppe har en kritisk betydning for fiskens helsetilstand.

Funnet av væske i svømmeblæren er et relativt vanlig funn hos laks etter trykk-bølger. Innholdet av natrium i væsken tyder på at det dreier seg om sjøvann som er kommet inn i svømmeblæren gjennom laksens ductus mellom svømmeblæren og spiserør. Blodtilblandingen antas å skyldes små blødninger i svømmeblærens vegg.

De frie blodkoagler antas å skyldes brist i blodkar i indre organ eller bukvegg. Dette kan skyldes en hver form for fysisk traume. Mengden blodkoagel som ble funnet var ikke større enn at

skaden neppe var kritisk for fisken.

De petechiale blødninger i leveren og leverens farge-endring hos fisk 5/gruppe c står neppe i sammenheng med sprengningen. Slike blødninger i leveren kan indikere bakteriologisk infeksjon. Det var ikke mulig å isolere bakterier ved bakteriologisk undersøkelse. Den blek-gule fargen på leveren sees oftest på som fysiologiske forandringer.

Den hvite avleiringen i svømmeblæren hos fisk 2/gruppe e er typisk for soppinfeksjon. Dette er en tilstand som oppstår sporadisk under laksens ferskvanns-stadium. De petechiale blødninger i svømmeblæren og endringen i leveren antas å være et resultat av soppveksten.

De petechiale blødninger i bukhinnen (Fisk 4/gruppe c) og hyperami i bakre tarm (Fisk 1/gruppe c) er forandringer uten klar årsak. -

Angepet med lakselus er en svært vanlig tilstand i oppdrett i sjø. Det antas ikke at dette er årsak til noen av de overnevnte funn.

Det er intressant å merke at forandringer som kan være forårsaket av sprengningen er begrenset til 89-utsettet. To mulige årsaker til dette er fiskens størrelse, og sultingen av 88-utsettet.

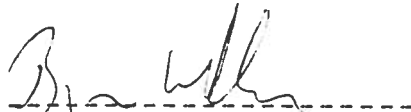
#### Konklusjon:

Helligvær Fisk a/s hadde uvanlig mye besøk den 16. mars 1990. Det er ikke usannsynlig at tilstedeværelse av et større antall personer på merdene, samt dykkere og måleutstyr i selve merdene kan ha påført fisken nok stress til å forårsake patologiske forandringer.

Det må samtidig bemerkes at fisken som ble uttatt før sprengning stort sett var blitt utsatt for samme stress. Det ble også lagt vekt på å behandle alle fiskegrupper likt.

De påviste endringene er heller ikke de man forventer etter stress.

Det er derfor mye som tyder på at de påviste endringene er et resultat av minesprengningen, og man har dermed klare indikasjoner på at laks kan bli påvirket av trykkbølger i vann. Det er ikke mulig ut i fra denne undersøkelsen å si noe om hvor terskelen for slik skade ligger. Det antas også at endringene ved Helligvær Fisk a/s er såpass moderat at det neppe har noen betydning for anlegget.

  
-----  
Birger Willumsen  
Avdelingsveterinær

-----  
Eirik Wilkinson  
Avdelingsveterinær







BYVETERINÆREN I BODØ  
Postboks 4004  
8012 Jensvoll  
Telefon nr.: 081-61133

Prøvenummer 9000252  
Prøvene mottatt 16/03/90

Helligvær Fisk A/S

8040 HELLIGVÆR

ANALYSEFUNN/JOURNAL

Art.....: Laks                               Antall: 5  
Størrelse...: > 2,5 kg  
Opplysninger: Merd 11     Namsen/Leirasen/87     Uts.: -88  
                  S=.3.5%     Tetth.= middels kg/m3  
                  Tilf.:F 1-5

HISTOLOGI  
BAKTERIOLOGI  
Ikke undersøkt

Resistens-  
bestemmelse.:

PARASITOLOGI  
Lepeophtheirus sp., s.lus, i-kj.m. og kj.m. st.

DIAGNOSER  
Lakselus-angrep, st. lus, alle stadier

Annet: 4 timer etter spregning.

PRØVER SENDT ANNET LABORATORIUM

Dato.....:  
Materiale...:  
Resultat....:  
Svar mottatt:

Svar sendt...: "6                        Betalingsform: Kontraktfestet  
Kopi sendt...:

Birger Willumsen  
Avdelingsveterinær







## Akvapatologisk Laboratorium

Bvveterinæren i Bodø  
 Bodøsløveveien 60  
 8000 BODØ

den 25.05.90

VEDRØRENDE HISTOLOGISK UNDERSØKELSE AV FISK FRA SJØFORSVARETS  
 SPRENGNING VED HELLIGVÆR 16. MARS 1990.

Vi har mottatt diverse formalinfikserte prøver fra  
 Byveterinæren i Bodø v/Eirik Wilkinson.

Følgende prøver ble bedt undersøkt av veterinær:

- I) en fisk fra 1988 årsklassen før sprengning, og en fisk 4 timer etter sprengning.
- II) fem fisk fra 1989 årsklasse før sprengning, fem fisk fire timer etter sprengning, og fem fisk 19 timer etter sprengning.

Følgende organer fra disse fiskene er undersøkt histologisk (lysmikroskopi):

svømmeblære, lever, milt, hjerte, gjeller, tarm, pankreas, hjerne og hørselsapparat.

- I) Fiskene fra 1988 årsklassen viste ingen makroskopiske eller mikroskopiske tegn til sykdom eller skade.
- IIa) Fiskene fra 1989 årsklassen før sprengning  
 To av de fem fiskene viste følgende forandringer:
  - APL prøve nr. 206/90 viser:  
 Gjeller: fokal hyperplastisk forandringer.
  - APL prøve nr. 209/90 viser:  
 Muskel: fokal degenerasjon.
- IIb) Fiskene fra 1989 årsklassen 4 timer etter sprengning.  
 Fire av fem fisk viste følgende forandringer.
  - APL prøve nr. 213/90 viser:  
 Gjeller og svømmeblære viser intens stuvning.
  - APL prøve nr. 183/90 viser:  
 Lever og svømmeblære viser blødning.



APL prøve nr 215/90 viser:

Lever og svømmeblære viser lett grad av blødning, ca. (5%). Blødning i lever var fokal, subkapsulær i øvre del av organet, i fremre og bakre del mot ryggvirvelen (se vedlagte bilder).

APL prøve nr. 216/90 viser:

lever: viser lett grad av blødning.

IIc) Fiskene fra 1989 årsklassen 19 timer etter spregning. Tre av fem fisk viser følgende forandringer:

APL prøve nr 218 og 219/90 viser:

Hyperemi (utvidet blodkappilærer) i gjeller og milt.

APL prøvenr 217/90 viser:

Hyperemi i gjellene.

Lever viser lymfocytterinfiltrat i portaltraktus.

Alle de øvrige organene viste ved histologisk undersøkelse ingen vesentlige patologiske forandringer. Ved spesialfarging ses ingen tegn til intravaskullær koagulering (DIC). Det var ingen lymfomikroskopiske tegn til endotelskader.

Konklusjon:

Alle forandringene var i 1989 årsklassen, og ble bedømt som beskjedne, og vil neppe føre til dødelighet.

Forandringene kan minne om svak trykkbølgeskade på organer. Fordelingen av skadene på leveren minner om forandringer i relativt myke organ som blir utsatt for press mellom et hardt organ (ryggvirvelen) og en trykkbølge ("counter-coup" skade).

Skadene som er observert på 1989 årsklassene (relativt ung fisk) indikerer en sammenheng mellom spregningen og organskadene. Skadene er imidlertid så små at de i dette tilfellet ikke fører til økt dødelighet.

Antall fisk undersøkt var relativt få i forhold til populasjonen. For å få bedre vitenskapelige konklusjoner om slike skader er det nødvendig å gjennomføre kontrollerte forsøk med undersøkelse av et antall fisk før og etter spregningen som gjør det mulig å få statistisk signifikante resultat.

vennlig hilsen

Anil Amin  
(M.D., D.P.B.)

# HEMATOLOGISKE OG SCANNING ELEKTRONMIKROSKOPISKE UNDERSØKELSER AV OPPDRETTSFISK FRA HELLIGVÆR FISK A/S ETTER UNDERVANNSSPRENGNING VED SØRVÆRØY

Av Tor Larsen & Helge Kreützer Johnsen  
Finmark Distrikthøgskole, Follumsvei 9500, Alta.

## INNLEDNING

Sommeren 1989 ble det foretatt undervannssprengninger i Altafjorden som ble etterfulgt av til dels stor dødelighet blant oppdrettsfisk i en avstand av flere kilometer fra sprengningstedet. Scanning-elektronmikroskopiske undersøkelser av død, syk og overlevende fisk viste at endotel-laget (som består av spesielle celler som dekker innsiden av alle blodårer) i aorta hos både laks og torsk hadde løsnet i omfattende grad. I tillegg ble det påvist koagler som var klebet til den skadde blodåreveggen, samt tilstoppende blodpropper (Larsen et al. 1990). Fisken hadde dessuten ofte andre typer skader i ulike organer. Innen human- og pattedyr-patologien er det kjent at kombinasjonen endotel-skader og utlekk av koagulasjons-fremmende substanser fra skadd vev kan utløse en patologisk tilstand som kalles "disseminated intravascular coagulation" (DIC). Tilstanden manifesterer seg blant annet ved at det dannes koagler i blodet som i neste omgang medfører blodpropp. Som en direkte følge av dette "tappes" blodet for såkalte koagulasjonsfaktorer og trombocytter. Det patologiske bildet hos oppdrettsfisken som ble undersøkt i forbindelse med sprengningene i Altafjorden, hadde store likhetstrekk med DIC.

Hendelsen i Altafjorden utløste en bred diskusjon blant fagfolk innen ulike fagområder om hvor farlig slike undervannsekspløsjoner er for både oppdrettsfisk og villfisk. Forsvarskommando Nord-Norge inviterte derfor veterinærer og forskere til å være med å studere effektene av undervanns-detonasjoner på oppdrettsfisk i forbindelse med en rutinemessig minesprengning (274 kg sprengstoff) den 16. mars 1990 ved Helligvær utenfor Bodø. Sprengningen skjedde 1.7 km fra et oppdrettsanlegg som ligger godt skjermet av Sørværøy og mindre øyer og grunner rundt denne. Det var således liten grunn til å vente skader eller dødelighet som følge av denne detonasjonen. Sprengningen gav likevel mulighet for å få testet hvorvidt det under antatt marginale forhold er mulig ved hjelp av scanning elektronmikroskopi å detektere skader/ endringer lik de som ble påvist etter sprengningene i Altafjorden. Særlig ville det være interessant å se på parametre som kunne indikere forandringer i retning av DIC. Det ble derfor tatt prøver av aorta for scanning elektronmikroskopi samt blodprøver for telling av trombocytter.

## PRØVETAKING

Anlegget ved Sørværøy hadde to merd-grupper; en for slaktemoden laks og en for laks satt ut høsten 1989. Vekten på fisken satt ut høsten 1989 var ca 1 kg (40-50 cm). Den slaktemodne fisken hadde sultet i ca ei uke, mens den minste fisken hadde blitt fôret ca 5 timer før sprengningen fant sted.

Etter episodene i Altafjorden sommeren 1989 ble det hevdet av flere oppdrettere at sprengningene hadde størst innvirkning på nyfôret fisk. Vi valgte derfor å ta prøver av den minste fisken siden denne var fôret noen timer før sprengningene.

I alt ble det tatt prøver fra 10 fisk fordelt på 5 kontroll-fisk fra perioden like før, samt 5 fisk etter at sprengningen hadde funnet sted. Prøver fra en fisk i kontrollgruppen ble vraket p.g.a uhell under prøvetakingen. Etter at fisken ble tatt opp fra merdene ble den oppbevart maksimalt 1.5 timer i et transportkar luftet med en luftpumpe før prøvetaking fant sted. Like før prøvetakingen ble fisken bedøvet med klorbutanol (1 ml 30% klorbutanol per liter sjøvann) og tilført 250 IU heparin/kg kroppsvekt intravenøst i halevenen. Etter cirka 60 sekunder ble det så tatt blodprøver for telling av trombocytter. Dette skjer rutinemessig ved at prøven fortynnes 1:9 i en spesiell fargeløsning som gjør at en kan skjelne trombocytter fra andre blod-celler. Et mindre volum av den fortynnede prøven legges deretter i et såkalt tellekammer (hemocytometer) hvorpå det relative antallet trombocytter bestemmes i lysmikroskop.

Prøver av aorta for elektronmikroskopiske undersøkelser ble tatt ved å klippe ut hjerte inkludert ventral aorta (truncus arteriosus). Iso-osmotisk fosfat-buffret saltvann (pH=7.4) ble deretter sprøytet inn i hjertekammeret mens hjertet fremdeles slo. Prosedyren ble gjentatt med 1% glutaraldehyd blandet i 0.1 N Na-cacodylate buffer (pH=7.4) inntil hjertet sluttet å slå. På denne måten oppnår man fullstendig gjennomskylling av preparatet under normalt fysiologisk blodtrykk samtidig som fikseringen skjer raskt og effektivt. Etter endt fiksering ble preparatet oppbevart i 100 ml fikseringsvæske i påvente av videre preparering. Påfølgende behandling skjedde i henhold til ordinære prosedyrer for preparering til scanning elektronmikroskopi.

## RESULTATER

Det ble ikke observert noen form for skade på endotelet i aorta hverken hos fisk tatt før eller etter sprengning. Derimot ble det registrert en høyere tendens til dannelse av fastsittende koagler i aorta hos fisk tatt i perioden like etter sprengning. Tabell 1 angir prosentvis andel av blodåreveggenes totale areal som var dekket med koagler hos fisk tatt før og etter sprengning. Gjennomsnittlig areal som var dekket av koagler synes å være 3 ganger større etter sprengning sammenlignet med verdiene før sprengning. Denne forskjellen er imidlertid ikke statistisk signifikant ( $p > 0.05$ ; Wilcoxon two-sample test).

Tabell 1. Tabellen viser enkeltverdier for aortaveggenes areal som er dekket av koagler (i prosent av det totale arealet) hos gruppen av laks tatt før sprengning (A) og gruppen av laks tatt etter sprengning (B). Prøvene fra en av laksene i gruppen før sprengning (A) ble utelukket p.g.a tekniske problemer med prøvetakingen.

A	0.6	0.0	0.7	11.0	-	$\bar{x} = 3.1$
B	15.0	3.1	1.7	2.8	22.8	$\bar{x} = 9.0$

Tabell 2. Tabellen viser andelen av trombocytter i prosent av det totale antallet blod-celler hos gruppen av laks tatt før sprengning (A) og gruppen av laks tatt etter sprengning (B). Prøvene fra en av laksene i gruppen før sprengning (A) ble utelukket p.g.a tekniske problemer med prøvetakingen.

A	3.0	1.4	0.9	1.8	-	$\bar{x} = 1.8$
B	2.1	1.8	1.3	1.1	0.5	$\bar{x} = 1.4$

Tabell 2 viser andelen trombocytter i prosent av det totale antall blod-celler før og etter sprengning. Selv om trombocytt-andelen i gjennomsnitt synes å være noe lavere etter sprengning, er det ingen statistisk forskjell mellom gruppene ( $p > 0.05$ ; Wilcoxon two sample test) Vi fant heller ingen omvendt korrelasjon mellom økningen i mengden koagler på blodåreveggen og reduksjonen i andelen trombocytter hos fisk utsatt for sprengning, noe en kunne forvente dersom det hadde funnet sted koagulering i unormalt stor grad.

### KONKLUSJON

Det ble ikke påvist skader på endotelet i aorta lik det som er beskrevet etter sprengningene i Altafjorden. Vi fant imidlertid en klar tendens til økt dannelse av koagler festet til åreveggen og en noe svakere men usikker tendens til senkning av trombocytt-andelen hos fisk som var utsatt for sprengning. Både økt dannelse av fastsittende koagler og senkning av trombocytt-tallet ville kunne forventes med bakgrunn i det som er kjent i forbindelse sprengningene i Altafjorden. Spredningen i prøvematerialet var imidlertid for stor til at det kan trekkes entydige konklusjoner om at disse endringene kan tilskrives virkninger fra sprengningen og ikke tilfeldige variasjoner. Det vil derfor være nødvendig ved en tilsvarende framtidig undersøkelse, å ta langt flere prøver enn det som ble gjort i dette tilfelle. I tillegg kommer det forhold at de prosesser som utløser DIC normalt har et kaskade-forløp, slik at resultatet av slike endringer i stor grad manifesteres som en enten/eller-respons.

### REFERANSE

Larsen, T., Johnsen, H.K., Lund, F.R. og Myklebust, E.A. Skader på oppdrettsfisk etter sprengningene i Altafjorden. *Norsk Fiskeoppdrett* 7: 18-19, 1990.