FOI-R--1595--SE
Februari 2005
ISSN 1650-1942
**Teknisk rapport**

Bengt Eiderfors, Mats Johnsson, Bertil Sandberg, Stefan Olsson,
och Mattias Elfsberg

# Mätning av skovel och tryckvaktsfunktion hos Torped 62

Vapen och skydd
147 25 Tumba

TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSINSTITUT
Vapen och skydd
147 25 Tumba

FOI-R--1595--SE
Februari 2005
ISSN 1650-1942
**Teknisk rapport**

Bengt Eiderfors, Mats Johnsson, Bertil Sandberg, Stefan Olsson,
och Mattias Elfsberg

# Mätning av skovel och tryckvaktsfunktion hos TP-62

| Utgivare | Rapportnummer, ISRN | Klassificering |
|---|---|---|
| Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI<br>Vapen och skydd<br>147 25 Tumba | FOI-R--1595--SE | Teknisk rapport |
| | **Forskningsområde**<br>5. Bekämpning och skydd | |
| | **Månad, år**<br>Februari 2005 | **Projektnummer**<br>E 2538 |
| | **Delområde**<br>52 Undervattensvapen | |
| | **Delområde 2** | |
| **Författare/redaktör**<br>Bengt Eiderfors<br>Mats Johnsson<br>Bertil Sandberg<br>Stefan Olsson<br>Mattias Elfsberg | **Projektledare**<br>Bengt Eiderfors | |
| | **Godkänd av**<br>Torgny Carlsson | |
| | **Uppdragsgivare/kundbeteckning**<br>FMV | |
| | **Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig** | |
| **Rapportens titel**<br>Mätning av skovel och tryckvaktsfunktion hos TP-62 | | |


**Sammanfattning (högst 200 ord)**

Denna rapport beskriver en funktionskontroll av tryckvakt och skovelfunktion hos torped 62 vid utskjutning med krutstart. Vid provningen registrerades även andra funktioner såsom tryck i tub och acceleration i tre riktningar. Två försök genomfördes med olika tryckvakter: en prototyptryckvakt av märket Sanoy samt en serietryckvakt av märket Eaton. Försöken visade att Eaton tryckvakten ej fungerar tillfredställande, medan tryckvaktsprototyp Sanoy hade tillfredställande funktion. Under försöken mättes även andra tillstånd under utskjutningen som kan vara vägledande vid kravsättning av tryckvakten. Mätdata registrerades med både medföljande och landbaserad registreringsutrustning, många av mätsignalerna samlades in på bägge utrustningarna för att öka säkerheten.



**Nyckelord**

Torped 62, skovel, tryckvakt

| Övriga bibliografiska uppgifter | **Språk** Svenska |
|---|---|
| **ISSN** 1650-1942 | **Antal sidor:** 26 s. |
| **Distribution enligt missiv** | **Pris: Enligt prislista** |



FOI1003 Utgåva 12 2002.11 www.signon.se Sign On AB

| Issuing organization | Report number, ISRN | Report type |
|---|---|---|
| FOI – Swedish Defence Research Agency<br>Weapons and Protection<br>SE-147 25 Tumba | FOI-R--1595--SE | Technical report |
| | **Programme Areas**<br>5. Strike and protection | |
| | **Month year**<br>February 2005 | **Project no.**<br>E 2538 |
| | **Subcategories**<br>52 Underwater Weapons | |
| | **Subcategories 2** | |
| **Author/s (editor/s)**<br>Bengt Eiderfors<br>Mats Johnsson<br>Bertil Sandberg<br>Stefan Olsson<br>Mattias Elfsberg | **Project manager**<br>Bengt Eiderfors | |
| | **Approved by**<br>Torgny Carlsson | |
| | **Sponsoring agency**<br>FMV | |
| | **Scientifically and technically responsible** | |

**Report title (In translation)**

Test of shovel and pressure guard function for Torpedo 62

**Abstract (not more than 200 words)**

This report gives an account of tests of pressure guard and shovel function for Torpedo 62 at launching with start of propellant.

During the tests, even other functions were registered, such as tube pressure and 3 D acceleration. Two tests each were performed for the prototype pressure guard from Sanoy as well as for the serial pressure guard from Eaton. The one from Sanoy showed satisfying functionality, while the one from Eaton showed an unsatisfying performance.

**Keywords**

Torped 62, shovel, pressure guard

| Further bibliographic information | Language Swedish |
|---|---|
| **ISSN** 1650-1942 | **Pages** 26 p. |
| | **Price acc. to pricelist** |

INNEHÅLL Sida


| | |
|---|---|
| Inledning | 5 |
| Laboratorieprovning | 6 |
| Fullskaleprov | 8 |
| Mätutrustning | 9 |
| Mätutrustning för loggning i torped | 10 |
| Givarplacering | 11 |
| Provresultat/diagram | 12 |
| Resultat | 26 |
| Slutsats | 26 |
| Referenser | 26 |

# INLEDNING

FMV: VG Ubåt/UV-system, har av FOI beställt provning av tryckvaktsfunktion vid utskjutning av torped med hjälp av krutstart med beställningsnummer 279098-LB665183.
Det har visat sig att torpeden startar utan problem vid utskjutningen från ubåten där torpeden ”simmar” ut.
Det har dock visat sig att torpeden ej startar vid utskjutningen från övervattensläge när utskjutningen sker med krutstartpatron. Efter flera misslyckade utskjutningsförsök uppstod misstankar om att den utbytta tryckvakten modell Eaton ej tålde accelerationsmiljön. Inledande labförsök gjordes och det konstaterades att tryckvakten var känslig för stötar/accelerationer. En ominriktning av provomfattningen gjordes där fler storheter skull registreras för att klarlägga problemet. En övningstorped fanns tillgänglig för provningen. Övningstorpedens akterdel instrumenterades för proven, och i torpedkroppen togs ett hål upp i de cementgjutna sektionerna för att kunna dra kablar från akter till för, detta för att utifrån kunna mäta förloppet i tuben. Mätkablarna monterades på sådant sätt att de tilläts att lossa från sina kopplingsstycken efter det att torpeden lämnat tuben. Två prov genomfördes med olika val av mätpunkter och tryckvakter.
Torpeden iordningställdes av SBUS och proven genomfördes i Karlskrona. Övningstorpeden var 6 m lång och hade en totalvikt av 1320 kg. Drivladdningen för torpedutskjutningen bestod av fyra rör dubbelbaskrut, (ref 1.) Vid fullskaleproven mättes acceleration i tre riktningar, tryckvaktsfunktion, skovelfunktion, temperatur, funktionstryck vid tryckvakt och tryck i tub. Rapporten redovisar såväl laboratorieförsök som fullskaleförsök.

Torpedbärgningsfartyget Pelikan

## Laboratorieprov

Tryckvakten modell *Sanoy* har visat sig vara mycket stötkänslig även vid små slag och stötar mot torpedkroppens akterkon uppstår felfunktion i tryckvaktens brytare. Nedan redovisas två av experimenten där felfunktion registrerats. I figur 2 och 4 kan man tydligt se ogynnsam kontaktstuds i tryckvakt.

Försök 1:

Akterkonen utsattes för ett lätt slag från en impulshammare. Avståndet mellan träffpunkten och tryckvakten var ca 40 cm.

Slaget generade:
Impuls 157 mNs
Kraft 1.2 kN
Varaktighet 262 µs

Fig 1. Slag mot mantelyta med impulshammare.

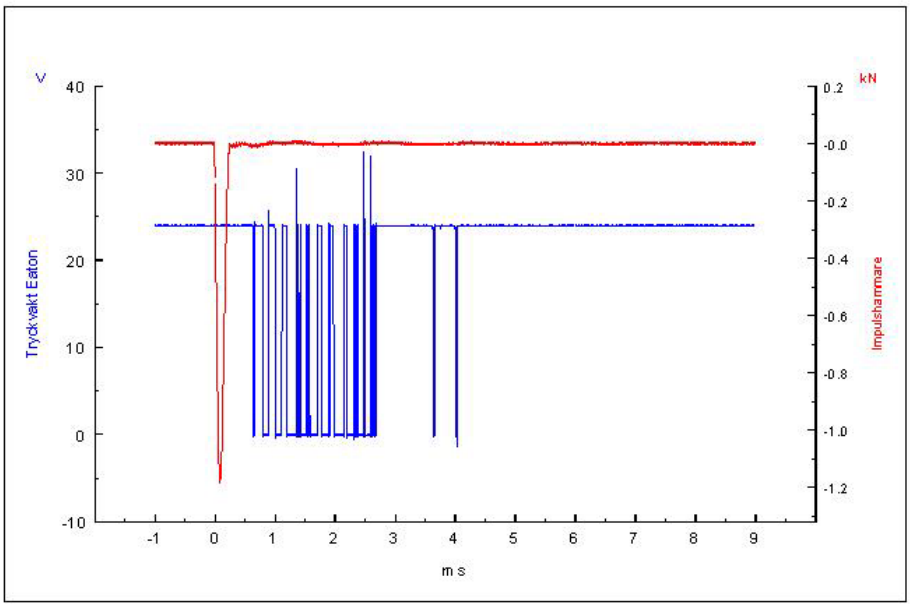



Fig 2. Signalutslag vid impulshammarprov.

Försök 2:
En kula släpps mot akterkonen.

Kulan: 14 mm i diameter, vikt 19 gram, densitet 13225 kg/m$^3$ och släpps från 15 cm höjd.

Kulan genererade:
Impuls 32.6 mNs (en femtedel av impulshammaren)
Hastighet 1.72 m/s

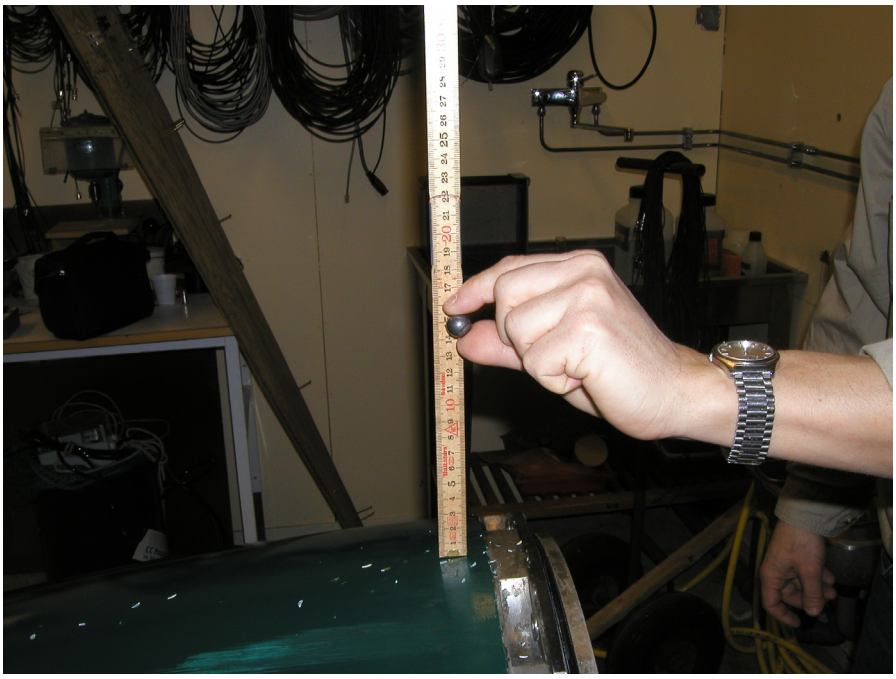


Fig 3. Avstånd vid kulprov ca:15cm

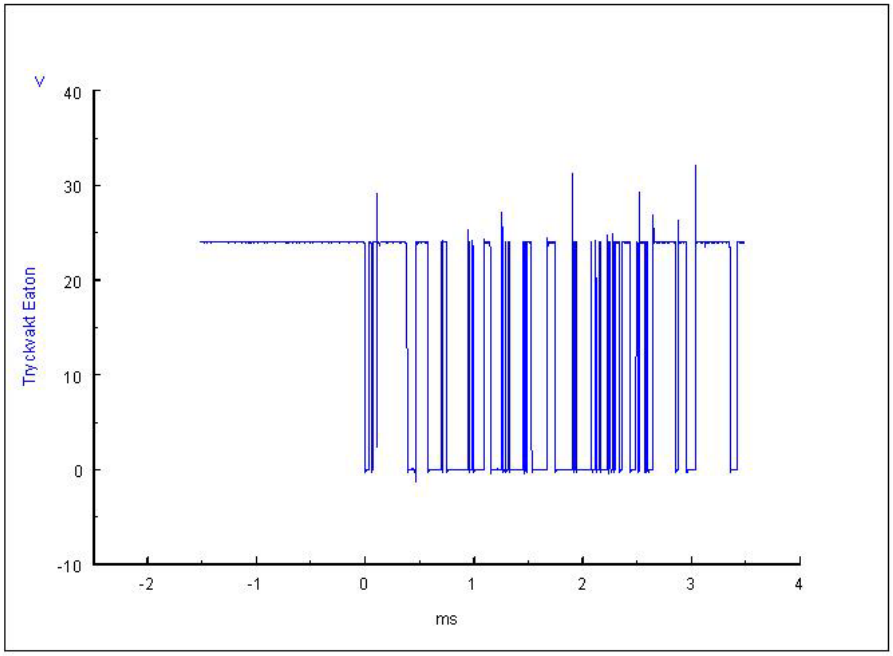



Fig 4. Signalutslag vid kulprov

Anmärkning:
Försök har även genomförts med prototyptryckvakten (fabrikat Sanoy) hos denna gick det inte att registrera några kontaktstudsar oavsett belastning.

## Fullskaleprov

Proven genomfördes på ön Aspö i Karlskrona skärgård 2005-02-15
Övningstorpeden instrumenterades och klargjordes på Karlskronavarvet. Därefter transporterades torped och tub ut till Aspö med hjälp av torpedbärgaren Pelikan.
Torpedtuben ställdes upp på en för ändamålet anpassat fundament och all kringutrustning klargjordes. Vid prov nummer ett var mätförutsättningarna att registrera: tryck i tub, tryckvaktens funktion, tryck i skovelhus, skovelns läge, acceleration i tre riktningar och temperatur vid tryckvakt. Vid prov nummer två var mätförutsättningarna att registrera: tryck i tub, tryckvaktens funktion, tryck i skovelhus, skovelns läge, acceleration i tre riktningar och temperatur vid tryckvakt.
Igångsättningen av det interna mätsystemet för prov ett gjordes vid klargöringen, vilket ledde till att för lång tid löpte mellan klargöring och avfyring. Detta resulterade i att tryck och temperaturmätningar ej kunde registreras i skovelhuset. Vid prov två registrerades ej tryck och temperatur i skovelhus pga fuktproblem i kablage och skovelns läge kunde ej registreras pga. prototyptryckvaktens kontaktdon ej var anpassade för FOI:s mätsystem

Tid 0.00 s


Tid 0.48 s

Tid 0.64 s

Tid 0.88 s

Tid 1.25 s

Tid 2.28 s

Fig 6. Tidssekvens vid utskjutning av övningstorped.

## Mätutrustning

Vid prov ett användes skovelhus F1341-231021 s/n 0509 med en tryckvakt av fabr.EATON PN 21C1-2-29 s/n S49166 monterad.
Vid prov två användes samma skovelhus med en av SBUS levererad tryckvakt av fabr. SANYO.

| DSO: Nicolet Vision S/n ICN 0000358 | DSO: Accura 100 Nicolet S/n IDA 0200138 |
|---|---|
| Sampl.100KHz | Sampl.1MHz |
| Kanal 1: Acc.BB50 (Z-led) | Kanal 1: Acc Z |
| Kanal 2: Acc.BB49 (X-led) | Kanal 2: Acc X |
| Kanal 3: Acc.BA11 (Y-led) | Kanal 3: Acc Y |
| Kanal 4: P(skovelhus) | Kanal 4: Tryckvakt |
| Kanal 5: Tryckvakt | |
| Kanal 6: Skovelläge | |
| Kanal 7: P(tubtryck) | |

Bryggförstärkare: FFA Typ1198A S/n 8603
1/1brygga Ikonst.:5mA Rk:3(40Kohm) Filter:10kHz

| | Kalibreringsutslag |
|---|---|
| Kanal 1: P(skovelhus) | Rk3=0,91575 MPa |
| Kanal 2: P(tubtryck) | Rk3=1,30336 MPa |

Acc.Signal Conditioner:Isotron Endevco Mod.2792B S/n AD20_

| | | |
|---|---|---|
| Kanal 1: Acc.BB50 | Känslighet: 094,5 X10 | Utsignal: 10mV/g |
| Kanal 2: Acc.BB49 | Känslighet: 096,7 X10 | Utsignal: 10mV/g |
| Kanal 3: Acc.BA11 | Känslighet: 094,4 X10 | Utsignal: 10mV/g |

Accelerometer: Endevco Mod.7255A-1

| | |
|---|---|
| Acc.BB50 | (sens.0,945 mV/g) |
| Acc.BB49 | (sens.0,967 mV/g) |
| Acc.BA11 | (sens.0,944 mV/g) |

Tryckgivare: Endevco Mod.8510B-500

| | |
|---|---|
| P(skovelhus) | S/n ADJR5 |
| P(tubtryck) | S/n AJKP1 |

Backup: Data Acquisition
Dataq DI-710ULS S/n 41E5446E
Dataq DI-710ULS S/n 41E544FA
JOS MP-300 S/n 3100402 05103

## Mätutrustning för loggning i torped

Vid proven monterades mätinsamlingsutrustning och div. elektronik för signalanpassning i en för ändamålet anpassad låda som medföljde torpeden vid testerna. I figur 7 ses mätinsamlingslådan med följande innehåll: två batterier, två dataloggrar, en mp3 spelare, ett relä och en elektronikanpassnings krets. Utanför lådan ses skovelhus med givare och temperaturelektronik.

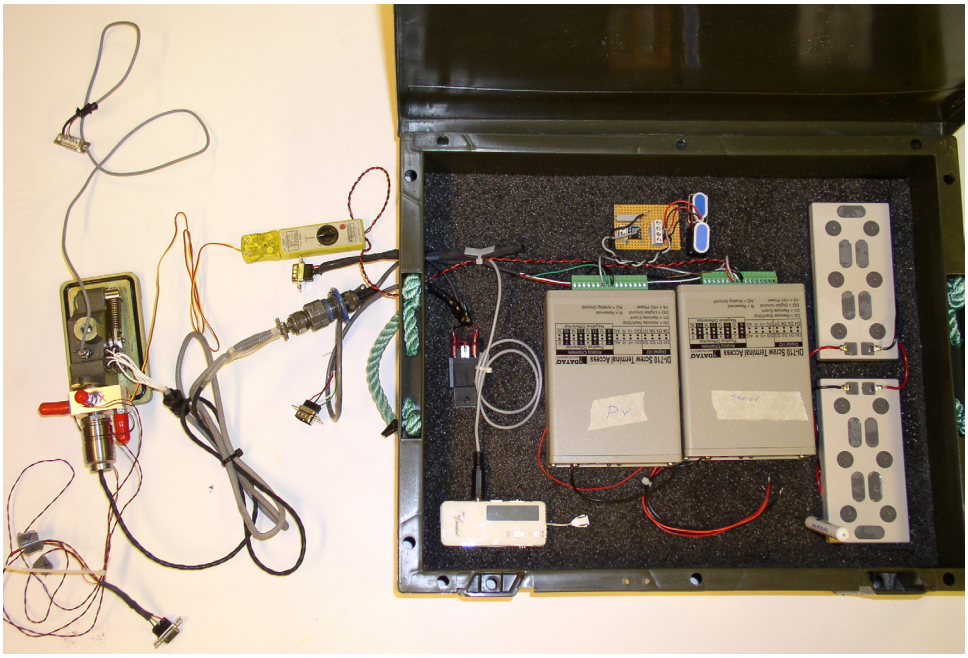


Fig 7. Mätinsamlingslåda.

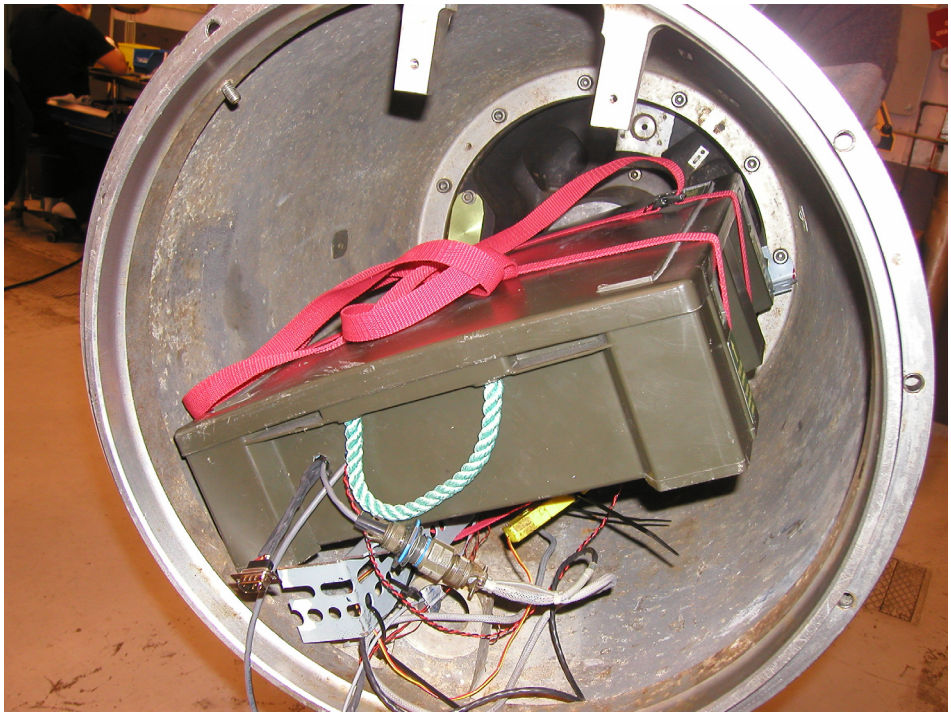


Fig 8. Mätinsamlingsutrustning placerad i akterkon

## Givarplacering

Vid proven monterades temperaturgivare, tryckgivare och accelerometrar på skovelhuset. Accelerometrarna monterades på en adapter mellan skovelhus och tryckvakt för att registrera acceleration i tre riktningar. Accelerometrarnas märkning X, Y och Z enligt Figur 10. Z är i torpedens längdriktning enligt figur11. Orienteringen är svårdefinierad i X och Y-led pga. torpedens läge i tub och ev. rotation vid utskjutningen..

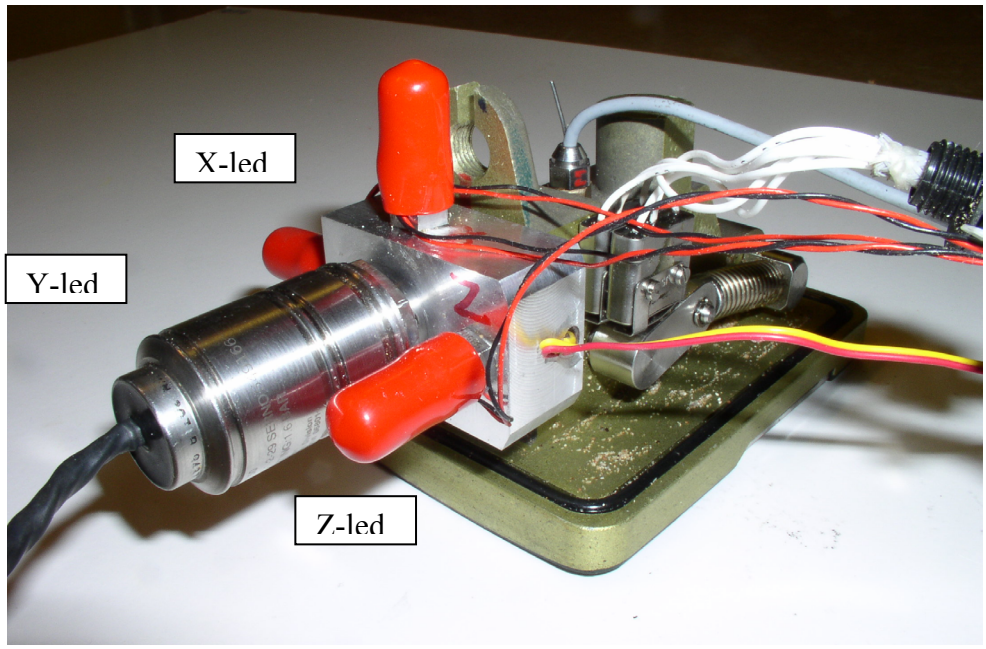
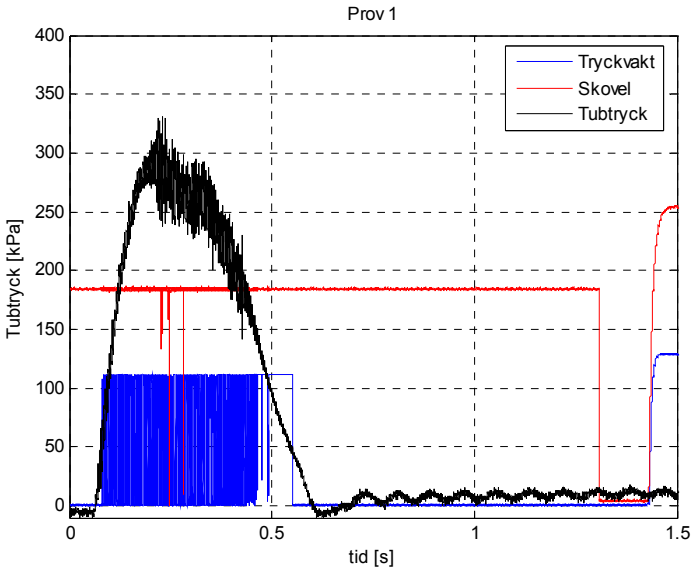



Fig 10. Skovelhus med givarplaceringar.

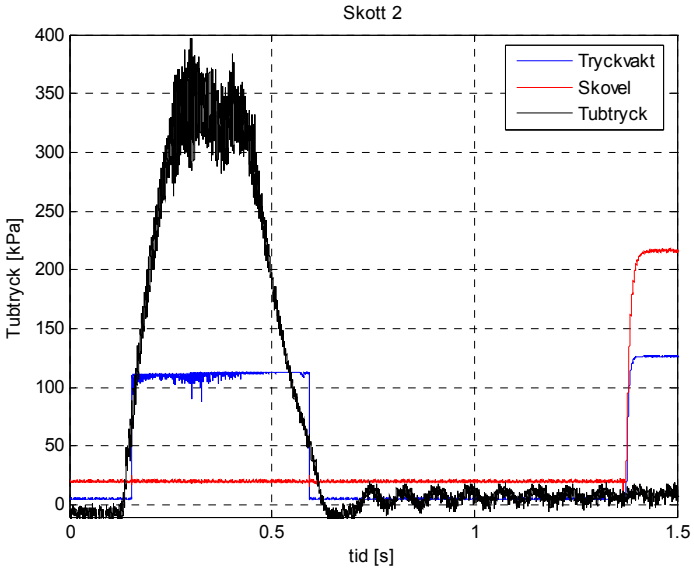
Fig 11. Skovelhus med mätutrustning montert i akterkon

## Provresultat/diagram

Två prov utfördes, vid det första provet var tryckvakten av fabrikat EATON, vid det andra av fabrikat SANYO. Figur 12 respektive 13 visar tryckvaktens läge, skovelns läge och tubtryck för prov 1 och 2.




Figur 12. Prov 1.

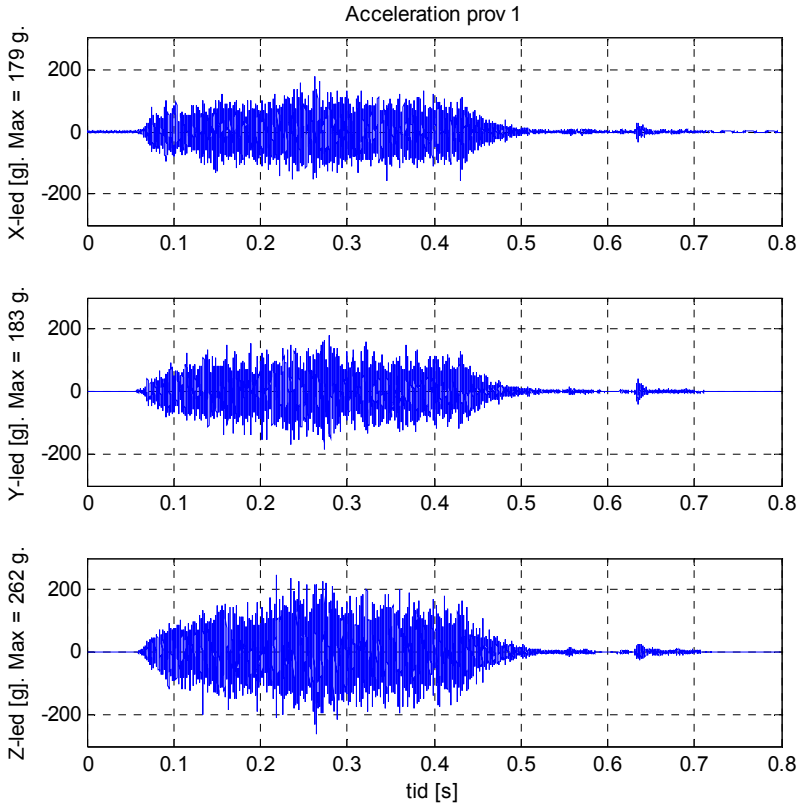



Figur 13. Prov 2.

Efter ungefär 1.4 sekunder i båda proven lossnade kablarna som anslöt torpeden till datainsamlingssystemet vilket förklarar att både tryckvaktens läge och skovelns läge ändrades vid denna tidpunkt. Tubtrycksgivaren var ansluten under hela förloppet. I prov 2 var skoveln inte ansluten. En möjlig förklaring till skillnaden i tubtryck mellan proven är att drivladdningen har haft olika temperatur. För att få en bättre förståelse vad som sker följer nedan en analys av respektive prov.

## Prov 1

Nedan följer en presentation av mätresultaten från prov 1.




Figur 14. Accelerometersignalerna vid prov 1.

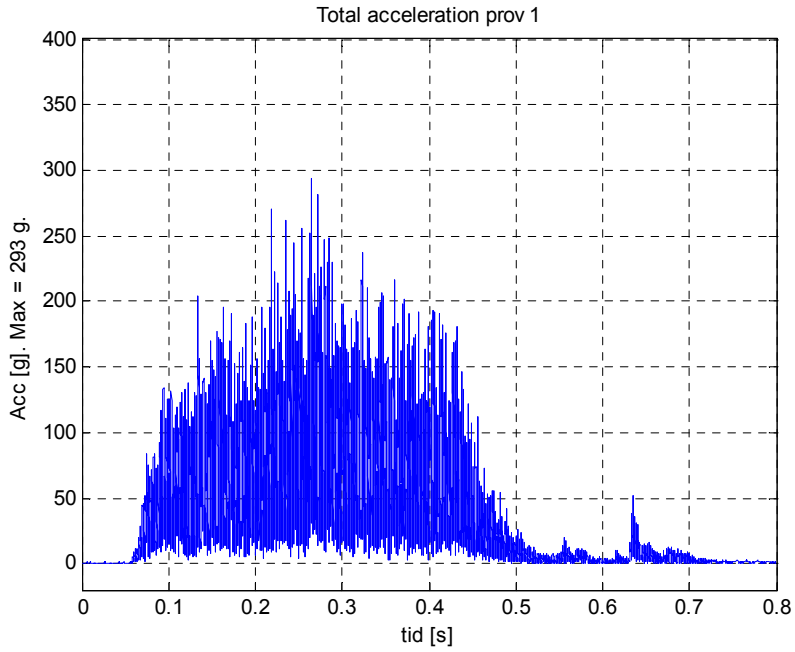
Figur 14 visar accelerometerns signaler. Signalerna är filtrerade med ett fjärde ordningens bandpassfilter med passband mellan 20 Hz och 20 kHz för att ta bort eventuella störningar. Eftersom accelerometern har en undre gränsfrekvens på 20 Hz mäter den inte den förhållandevis långsamma accelerationen torpeden utsätts för i dess längdriktning då den skjuts ur tuben utan istället de skakningar och vibrationer torpeden utsätts för.

Maximal acceleration i x-led är 179 g, y-led 183 g och z-led 262 g.

För att få fram den totala accelerationen torpeden utsatts för tas beloppet av accelerationen fram enligt nedan.

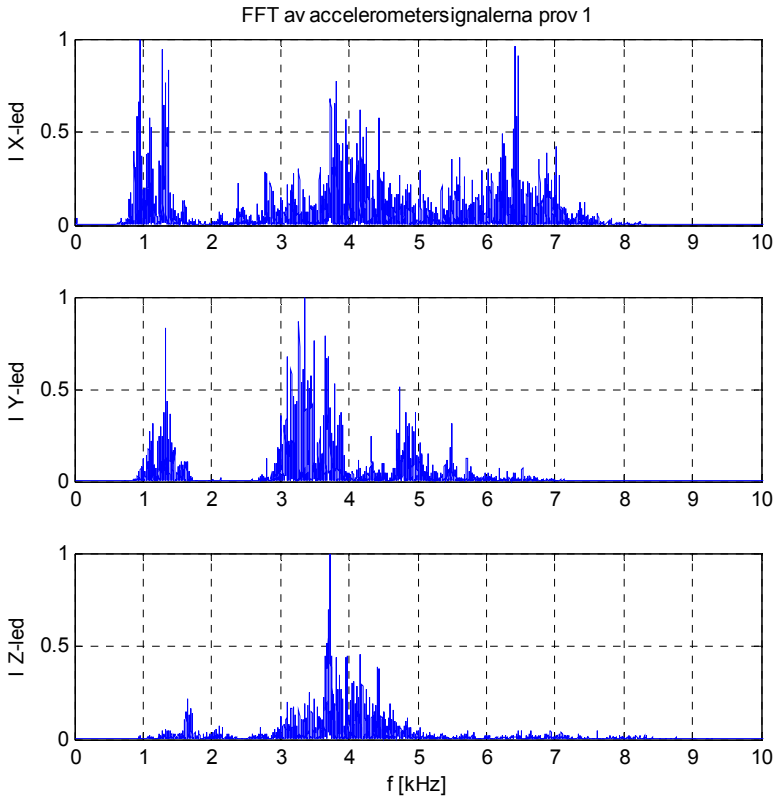
$$a_{tot} = \sqrt{a_{x-led}^2 + a_{y-led}^2 + a_{z-led}^2}$$

Figur 15 visar den totala accelerationen som accelerometern registrerat för prov. Maximal total acceleration var 293 g.




Figur 15. Total acceleration vid prov 1.

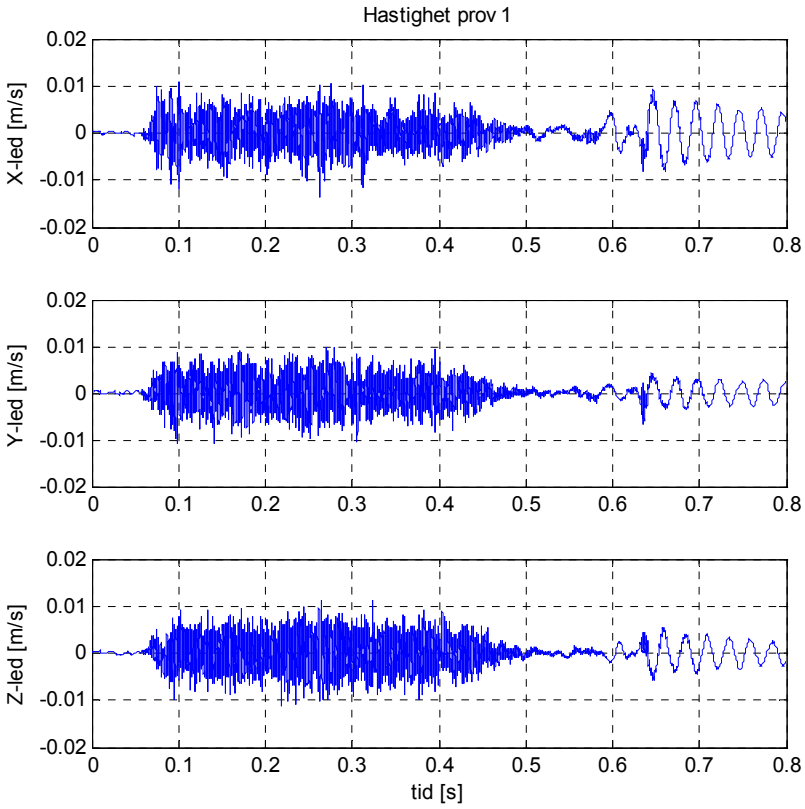
För att få en uppfattning om frekvensinnehållet hos accelerometersignalerna görs en FFT-analys där signalens spektraldensitet fås fram. Figur 16 visar ett normaliserat effekttäthetsspekrum för prov 1. Ingen information av betydelse finns över 10 kHz, vilket delvis beror på filtreringen och att accelerometern har en mekanisk övre gränsfrekvens på ca 15 kHz.




Figur 16. FFT av accelerometersignalerna vid prov 1.

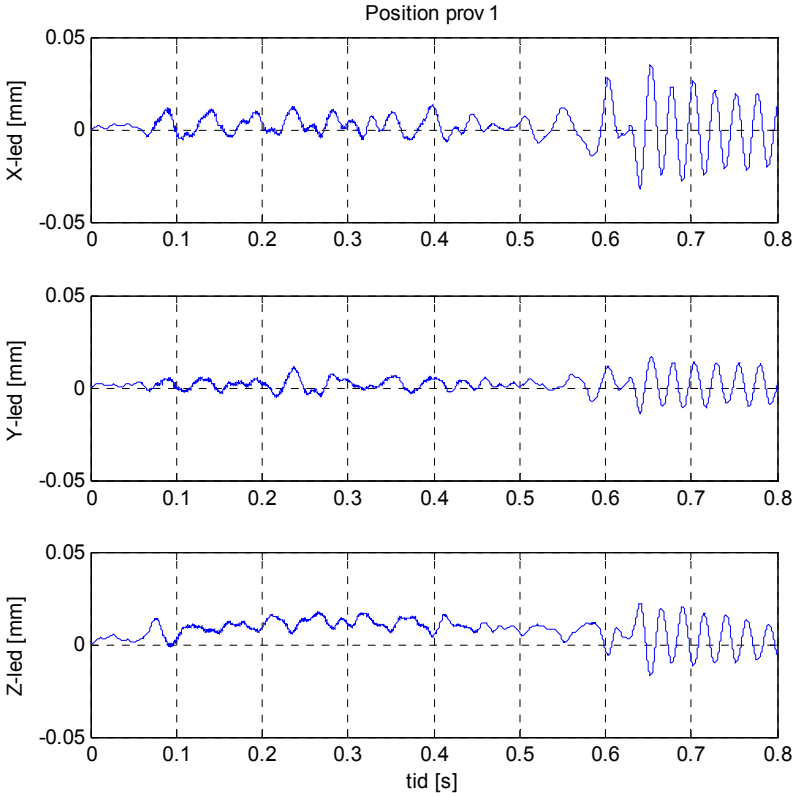
I x-led har signalen mest intensitet vid ca 1 kHz, 4 kHz och 6.5 kHz, i y-led vid ca 1 kHz och ca 3.5 kHz och i z-led vid ca 4 kHz.

Genom att integrera accelerometerns signaler fås en hastighet som beskriver vilken hastighet och riktning accelerometern blivit utsatt för vid varje tidpunkt. Figur 17 visar hastigheten vid prov 1.




Figur 17. Hastighet vid prov 1.

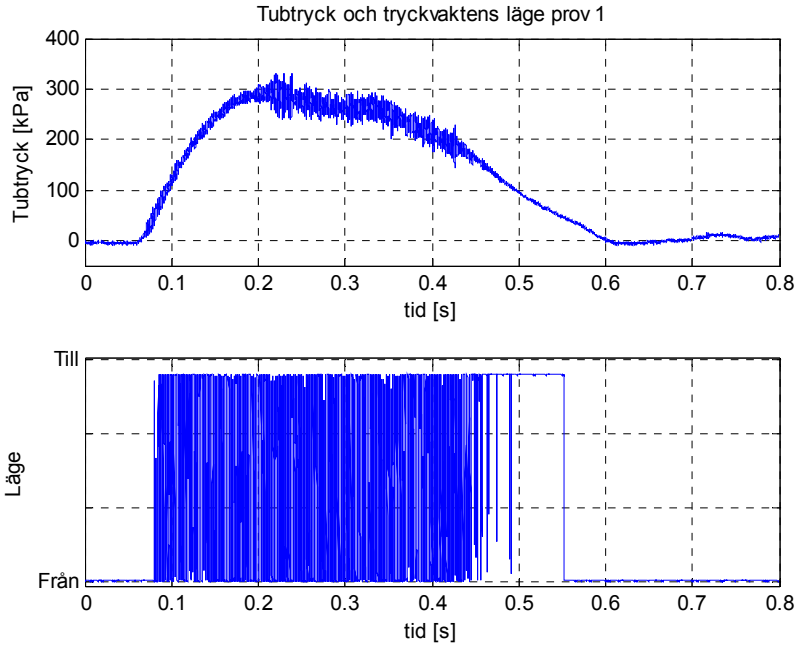
Om man integrerar accelerometersignalerna ytterligare en gång erhålls accelerometerns position vid varje tidpunkt. Detta kan användas för att uppskatta accelerometerns vibrationsamplitud. Figur 18 visar accelerometerns position vid prov 1.




Figur 18. Accelerometerns position vid prov 1.

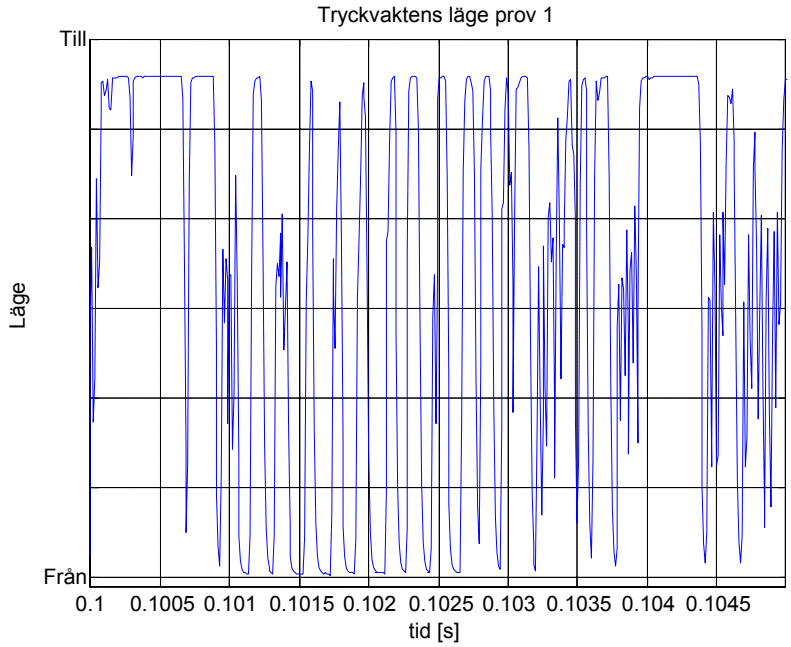
Man kan ur figur 18 uppskatta att accelerometerns vibrationsamplitud är ca 20 µm. De större svängningarna efter 0.6 sekunder uppkommer ungefär samtidigt som torpeden lämnat tuben.

Figur 19 visar trycket i tuben och tryckvaktens läge under prov 1. Man ser att tryckvakten slår till efter ca 0.8 sekunder vid trycket 60 kPa för att sedan klappra under hela tryckförloppet.




Figur 19. Tubtryck och tryckvaktens läge prov 1.

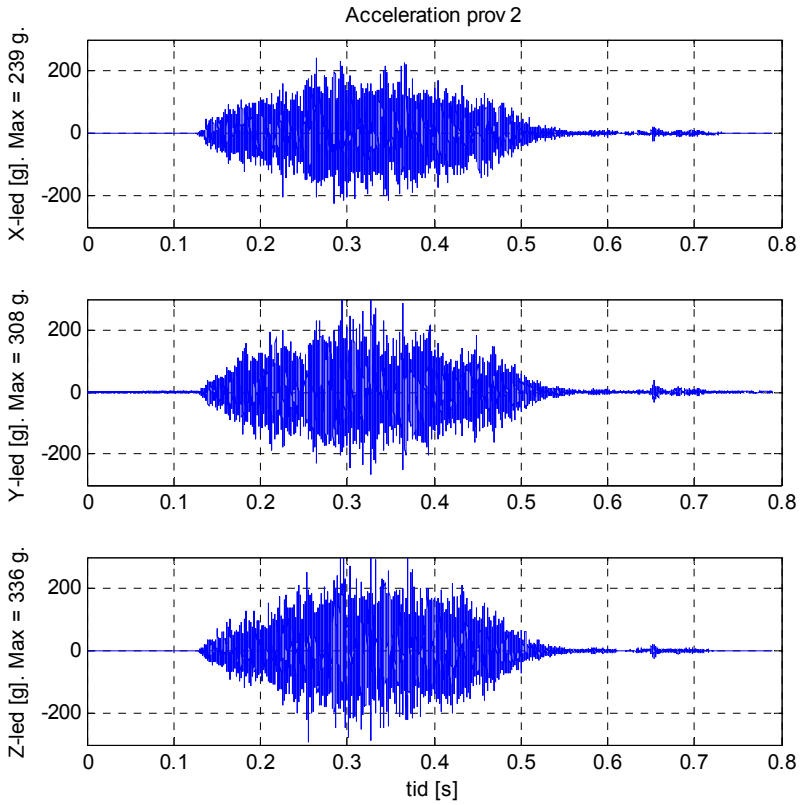
Figur 20 nedan visar tryckvaktens klapprande mellan tidpunkterna 0.1 och 0.12 sekunder.




Figur 20. Tryckvaktens läge prov 1.

## Prov 2

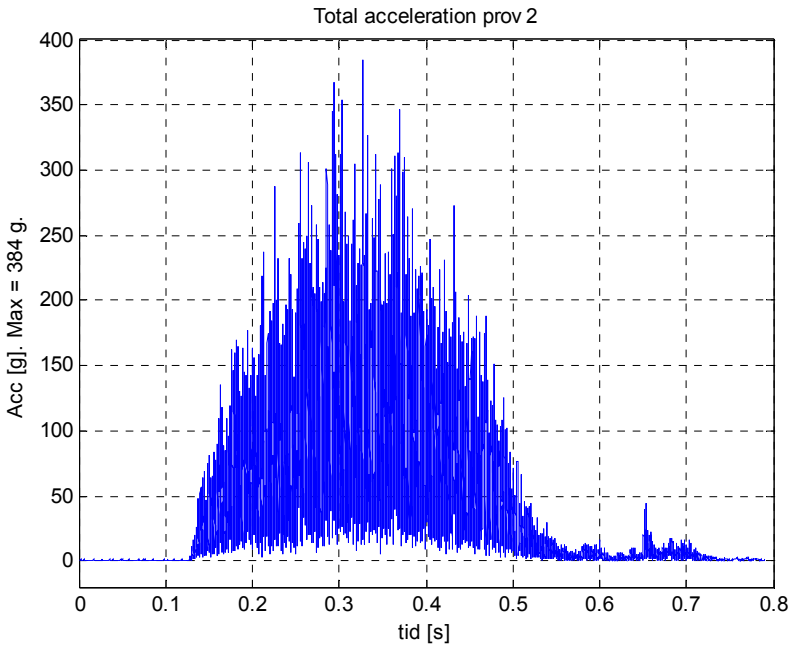
Nedan följer en presentation av mätresultat från prov 2 på samma sätt som för prov 1.




Figur 21. Accelerometersignaler prov 2.

Figur 21. visar accelerometersignaler vid prov 2 som är filtrerade på samma sätt som signalerna för prov 1. Maximal acceleration i x-led är 239 g, y-led 308 g och z-led 336 g, vilket är högre än i prov 1. Detta kan bero på det högre tubtrycket vid prov 2.

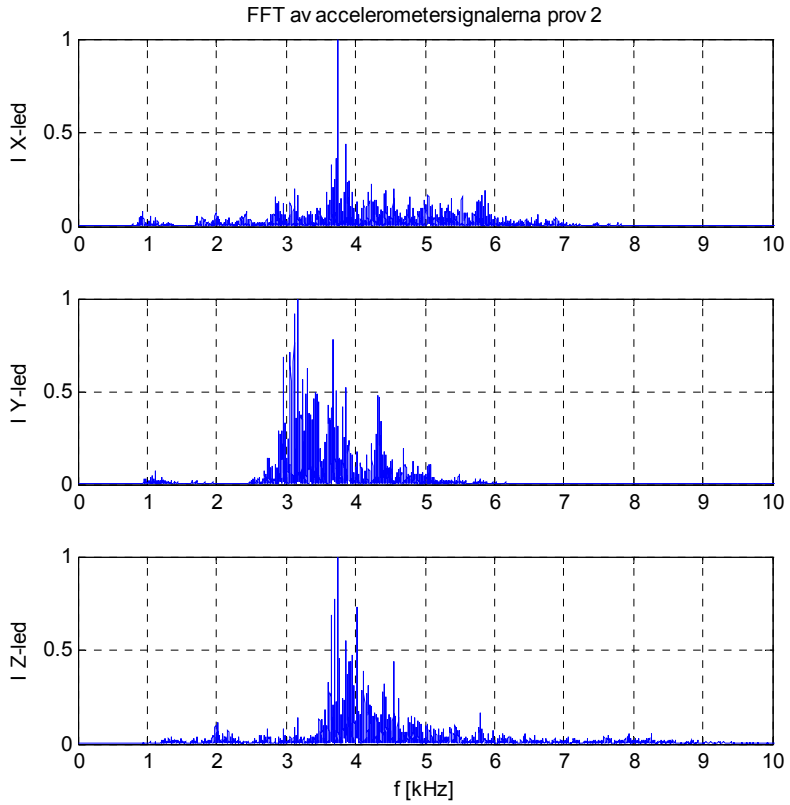
Figur 22. visat total acceleration vid prov 2.




Figur 22. Total acceleration vid prov 2.

Den totala accelerationen tas fram på samma sätt som för prov 1. Maximal total acceleration vid prov 2 är 384 g, vilket är högre än den maximala totala accelerationen vid prov 1.

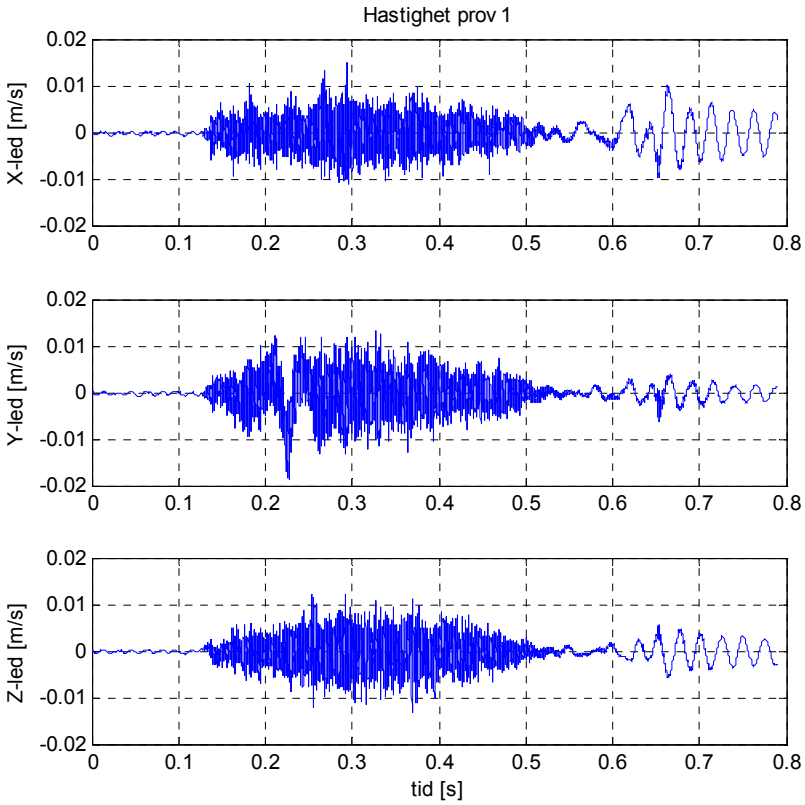
Figur 23. visar accelerometerns spektraldensitet vid prov 2.




Figur 23. FFT av accelerometersignalerna vid prov 2.

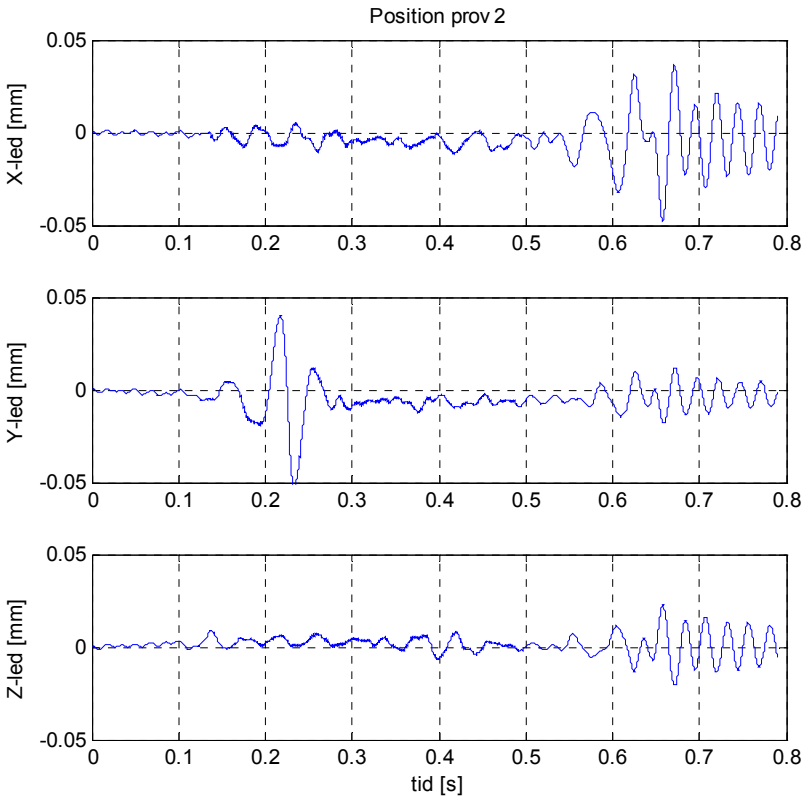
I x-led, y-led och z-led har signalen mest intensitet vid ca 4 kHz vilket skiljer sig från prov 1 där accelerometersignalerna hade ett bredare frekvensinnehåll. Den totala accelerationen är dock större under prov 2.

Figur 24. visar hastigheten vid prov 2, vilken är i samma storleksordnings som vid prov 1.




Figur 24. Hastighet vid prov 2.

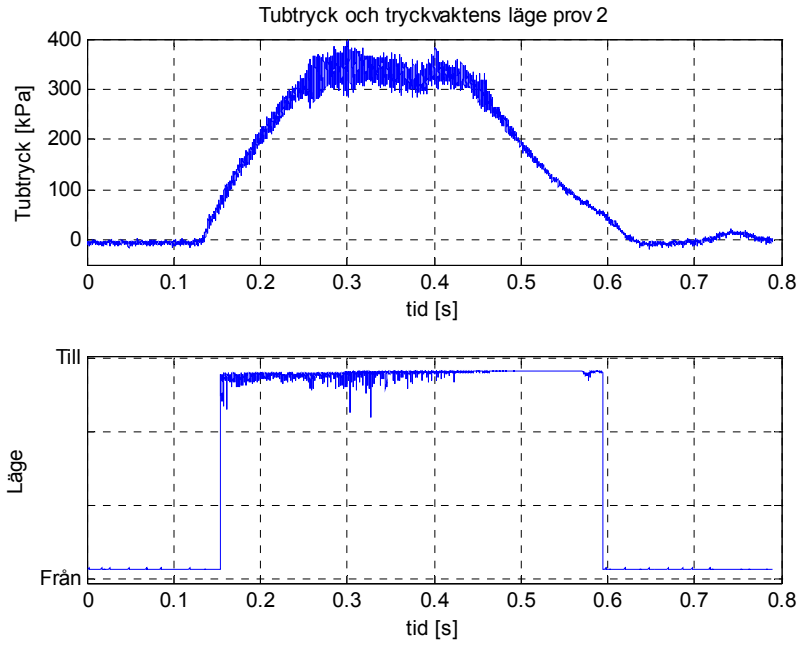
Figur 25. visar accelerometerns position vid prov 2.




Figur 25. Accelerometerns position vid prov 2.

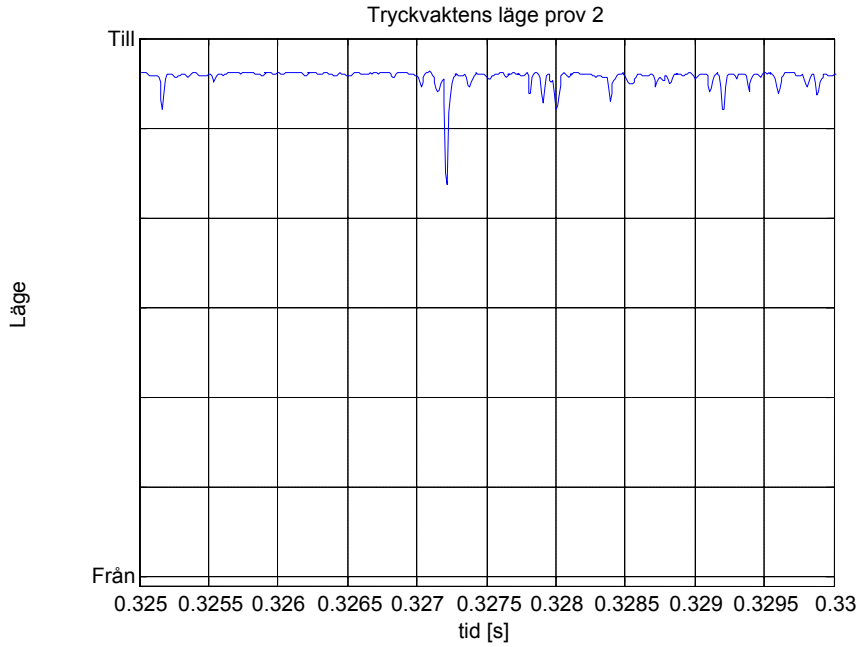
Förutom en spik om ca 0.05 mm i y-led är vibrationernas amplitud mindre än vid prov 1. Efter ca 0.6 sekunder lämnar torpeden tuben och vibrationernas amplitud blir större.

Figur 26. visar trycket i tuben och tryckvaktens läge vid prov 2. Tryckvakten slår till vid 0.15 sekunder, trycket är då ca 70 kPa. Tryckvakten förblir aktiverad tills det att trycket understiger ca 50 kPa vid tiden 0.6 sekunder.




Figur 26. Tubtryck och tryckvaktens läge vid prov 2.

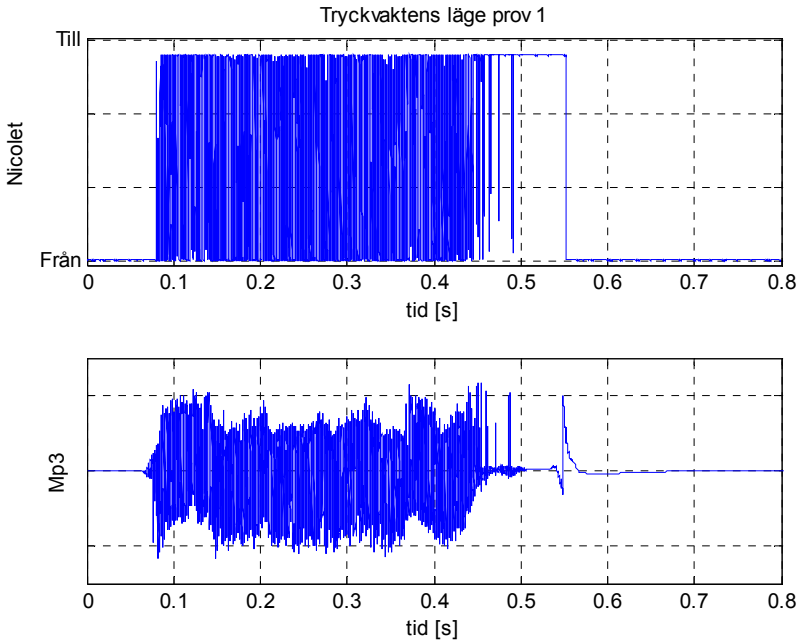
Figur 27 nedan visar tryckvaktens läge mellan 0,325 och 0,33 sekunder, spikarna i signalen beror på störningar.



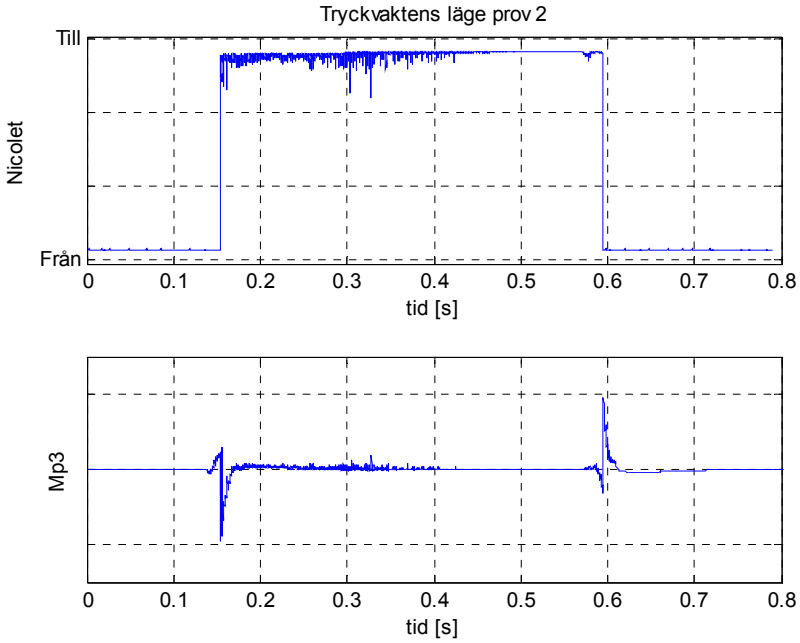

Figur 27. Tryckvaktens läge prov 2.

## MP3

Som en extra backup mättes tryckvaktens läge med en mp3-spelare. Figur 28 och 29 visar tryckvaktens läge mät med ordinarie mätsystem, Nicolet Vision, respektive mp3-spelaren vid prov 1 och prov 2. Tryckvaktens klapprande under prov 1 registreras väl av mp3-spelaren.




Figur 28. Tryckvaktens läge prov 1.




Figur 29. Tryckvaktens läge prov 2.

# RESULTAT

För genomförandet av uppgiften med att klargöra felfunktion vid torpedens motorstart i samband med utskjutning färdigställdes en laboratorieanordning. Vid laboratorieproven visade tryckvakten Eaton ett för ändamålet dålig funktion då det visade sig att tryckvakten ej tål sådana accelerationer som man förmodar uppträder vid utskjutningen. En ominriktning av provgenomförandet i samråd med kund togs, där instrumenteringen utökades för att ge svar på fler storheter såsom acceleration i tre riktningar, temperatur vid tryckvakt. Tidigare bestämda mätpunkter var skovelns läge, tryck i tub, tryck vid tryckvakt och tryckvaktsfunktion. Försöksanordningen byggdes klart vid FOI, torpeden modifierades med bland annat hålupptagning genom cement och tyngdpunktsjustering av SBUS. Provdagsgenomförandet startade vid Karlskronavarvet med ihopmontering av torped där mätinsamlingen startades (maxtid ca fem timmar) styrt av dom batteridrivna dataloggrarna. På ön Aspö monterades tuben upp med hjälp av torpedbärgaren Pelikan. Vid prov ett löpte för lång tid mellan klargöring och avfyring och vissa mätningar blev ej registrerade såsom tryck och temperatur i skovelhus. Vid prov två registrerades ej tryck och temperatur i skovelhus pga. fuktproblem i kablage samt skovelns läge där kontaktdonets anslutningar ej var anpassade för FOI:s mätsystem.

# SLUTSATS

Genom de laborationsprov och fullskaleprov som genomförts, har klarhet nåtts beträffande problemet med utebliven motorstart. Den provade tryckvakten modell Eaton är betydligt känsligare för accelerationer än tryckvakten modell Sanoy, både vid laborationsmiljö som vid fullskaleprov. Övriga observationer är att orienteringen av tryckvakten troligen är av ringa betydelse då accelerationerna i alla rikningar är i samma storleksordning, och att orienteringen av accelerometrar är svårdefinierad i X och Y-led pga. torpedens läge i tub och ev. rotation vid utskjutningen.
För att fastställa funktionen hos en ny tryckvakt föreslår FOI att ett fullskasleprov genomförs med mätning av tryckvaktsfunktionen och accelerationen.

# TACK

Ett tack till besättningen på torpedbärgningsfartyget Pelikan för en utomordentlig service, och till P.G Andersson med personal som gjorde detta prov möjligt.

**REFERENSER**

(1). Bengt Eiderfors. Konstruktion för utskjutning. FOA Rapport 94-2098/S (1994).