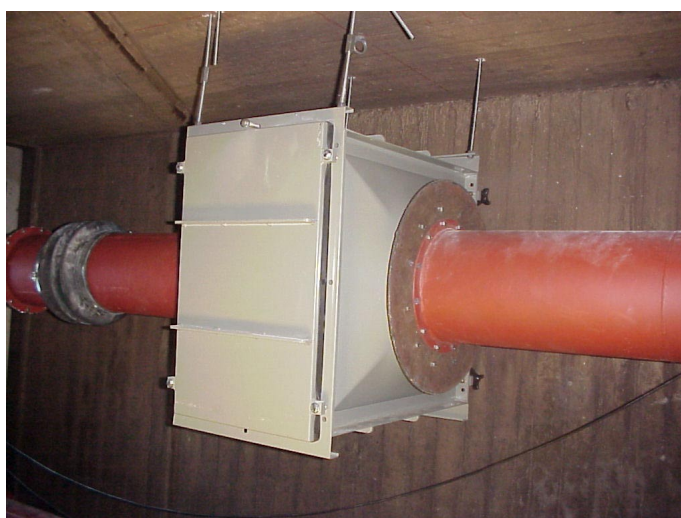


Carl Elfving, Anders Carlberg, Gunnar Kristoffersson, Carl-Göran Bergman,  
Göran Svedbjörk

## Försök med luftstötstång mot kylkrets till skyddad anläggning



Carl Elfving, Anders Carlberg, Gunnar Kristoffersson, Carl-Göran Bergman,  
Göran Svedbjörk

## Försök med luftstötståg mot kylkrets till skyddad anläggning

<b>Utgivare</b> Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Vapen och skydd 147 25 Tumba	<b>Rapportnummer, ISRN</b> FOI-R--0037--SE	<b>Klassificering</b> Teknisk rapport
	<b>Forskningsområde</b> 5. Bekämpning	
	<b>Månad, år</b> Mars 2001	<b>Projektnummer</b> E2862
	<b>Verksamhetsgren</b> 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	<b>Delområde</b> 53. Skydd och anläggningsteknik	
<b>Författare/redaktör</b> Carl Elfving Anders Carlberg Gunnar Kristoffersson Carl-Göran Bergman Göran Svedbjörk	<b>Projektledare</b> Anders Carlberg	
	<b>Godkänd av</b>	
	<b>Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig</b> Staffan Harling	
<b>Rapportens titel</b> Försök med luftstötståg mot kylkrets till skyddad anläggning		
<b>Sammanfattning (högst 200 ord)</b> Totalförsvarets forskningsinstitut - FOI har på uppdrag av Sycon Teknikkonsult AB genomfört försök där olika komponenter och kanalsystem, ingående i försörjningsdelen till en skyddad anläggning, har utsatts för belastning av luftstötståg.  Försöken visade att merparten av de provade komponenterna inte erhöll några märkbara funktionsnedsättningar för olika varianter av luftstötstågsbelastningar. Dessutom framkom att olika tekniska lösningar på kanalsystemen, som förträngningar och avlastningsluckor, har en viss reducerande effekt på uppkomna luftstötstågsbelastningar.  Slutligen ges förslag på fortsatt arbete som bör omfatta framtagning av tillämpningsanvisningar för projektering av kylkretsar till skyddade anläggningar.		
<b>Nyckelord</b> Luftstötståg, laddning, försök, kylkrets, skyddad anläggning		
<b>Övriga bibliografiska uppgifter</b>	<b>Språk</b> Svenska	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Antal sidor:</b> 42 s.	
<b>Distribution enligt missiv</b>	<b>Pris:</b> Enligt prislista  <b>Sekretess</b>	

<b>Issuing organization</b> FOI – Swedish Defence Research Agency Weapons and Protection 147 25 Tumba	<b>Report number, ISRN</b> FOI-R--0037--SE	<b>Report type</b> Technical report
	<b>Research area code</b> 5. Combat	
	<b>Month year</b> March 2001	<b>Project no.</b> E2862
	<b>Customers code</b> 5. Contracted Research	
	<b>Sub area code</b> 53. Protection and Fortification Techniques	
<b>Author/s (editor/s)</b> Carl Elfving Anders Carlberg Gunnar Kristoffersson Carl-Göran Bergman Göran Svedbjörk	<b>Project manager</b> Anders Carlberg	
	<b>Approved by</b>	
	<b>Scientifically and technically responsible</b> Staffan Harling	
<b>Report title (In translation)</b> Tests with blast wave against a cooling system of a protected structure		
<b>Abstract (not more than 200 words)</b> Under contract to Sycon Teknikkonsult AB the Swedish Defence Research Agency the Defence - FOI has made tests where a cooling system of a protected structure was exposed to different blast loads.  One conclusion from the tests was that most of the tested components in the cooling system received no visible reduction of function for different blast loads. Another conclusion was that area-reduction of a duct system and hatches have a reducing effect on the blast wave.  At last proposals are made for further work, whose important part is the work out of a manual for design of cooling system for protected structures.		
<b>Keywords</b> Blast wave, charge, tests, cooling system, protected structure		
<b>Further bibliographic information</b>	<b>Language</b> Swedish	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Pages</b> 42 p.	
	<b>Price acc. to pricelist</b>  <b>Security classification</b>	

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	2
ABSTRACT.....	3
1. INLEDNING .....	5
2. SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR.....	6
2.1 Syfte .....	6
2.2 Avgränsningar .....	6
3. FÖRSÖKSGENOMFÖRANDE.....	7
3.1 Försökskonstruktion .....	7
3.2 Provobjekt .....	12
3.3 Belastning av luftstötståg.....	17
3.4 Försöksprogram.....	18
4. RESULTAT .....	19
4.1 Redovisning av belastningar .....	19
4.2 Utvärdering av tekniska lösningar.....	26
4.3 Redovisning av skador på komponenter .....	35
5. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG PÅ FORTSATT ARBETE.....	42
5.1 Slutsatser .....	42
5.2 Förslag på fortsatt arbete .....	42

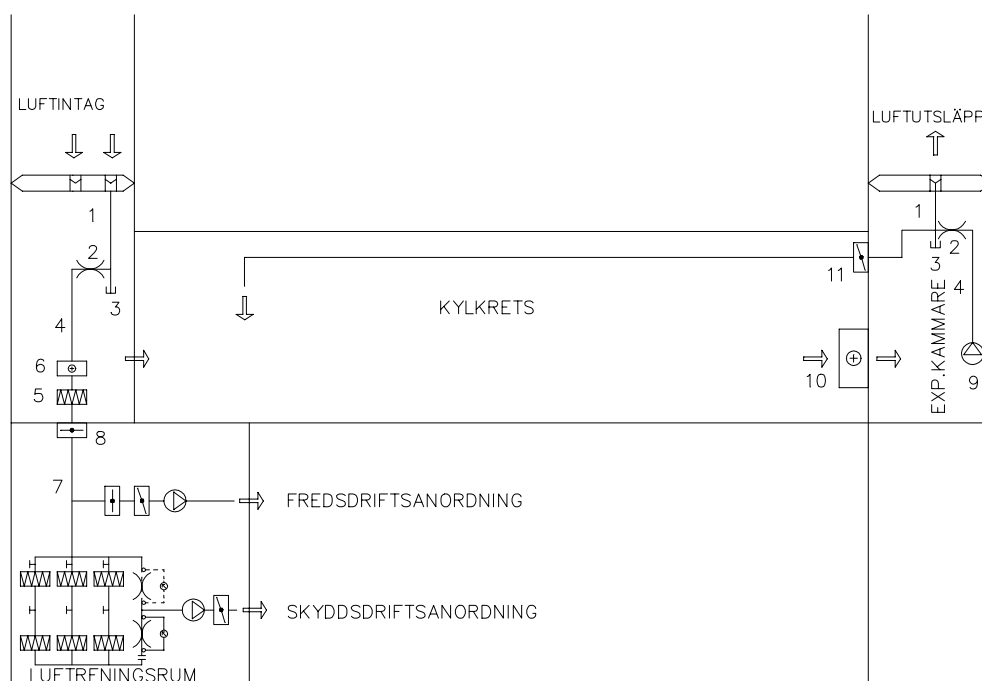
## 1. INLEDNING

Totalförsvarets forskningsinstitut - FOI har på uppdrag av Sycon Teknikkonsult AB genomfört försök där olika komponenter och typer av kanalsystem, ingående i försörjningsdelen till en skyddad anläggning, har utsatts för belastning från luftstövåg.

Sycon Teknikkonsult AB har ansvarat för framtagande av försöksprogram medan FOI har svarat för försöksgenomförande. Försöken har utvärderats och rapporterats gemensamt av Sycon Teknikkonsult AB och FOI.

Inom uppdraget medverkade följande personal från FOI (Institutionen för Skydd och Material): Anders Carlberg (projekt- och försöksledare), Carl Elfving (utvärdering, rapportering), Klas-Göran Bolling (mätregistrering), Stig Ahlin, Göte Andersson och Stefan Olsson (tillverkning av försökskonstruktion).

En kylkrets som ingår i försörjningsdelen till en skyddad anläggning består av luftintag med tillhörande expansionskammare, utrymme för kylning av luft och luftutsläpp med tillhörande expansionskammare. Dessutom finns i anslutning till kylkretsen luftreningsutrustning för fred- respektive krigsförhållanden. I figur 1 redovisas en översiktlig skiss av en generell uppbyggnad, med ingående komponenter, av en kylkrets.



1. Kanal ansluten till stötvågsventil
2. Förträngning
3. Avlastningslucka
4. Kanal för anslutning av fläkt
5. Förfilter
6. Fövärmningsbatteri
7. Gastät kanal
8. Gastätt spjäll
9. Fläkt
10. Kylbatteri
11. Reglerspjäll

Figur 1. Uppbyggnad av kylkrets.

## **2. SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR**

### **2.1 Syfte**

Syftet med uppdraget har varit att studera hur luftstötstågsläckage genom en snabbventil, som uppkommer vid en vapendetonation, påverkar kanalsystem och komponenter som ingår i en kylkrets till en skyddad anläggning.

### **2.2 Avgränsningar**

Endast ett urval av tryck- och impulsregistreringar, med utvalda jämförelser, redovisas från försöken.

Redovisade tryck- och impulsregistreringar har korrigerats med avseende på nollinjeförskjutning framför registrerad stötstågsfront.

### 3. FÖRSÖKSGENOMFÖRANDE

Försöken genomfördes vid FOI:s försöksstation i Märsta (Botele Udd) under tiden 00-01-26 – 00-02-18.

#### 3.1 Försökskonstruktion

##### 3.1.1 Provkammare

Försöken genomfördes i Tub III som är en 240 m lång tunnel i berg, vilken vanligtvis användes för att simulera långvariga luftstöt vågor som uppkommer vid kärnvapendetonationer.

En ca 5 m lång provkammare skapades genom att ett utrymme vid tunnelns främre del avgränsades med en inre vägg av en 40 mm tjock stålplatta och en yttre vägg vid tub III:s mynning bestående av en 400 mm tjock betongplatta.

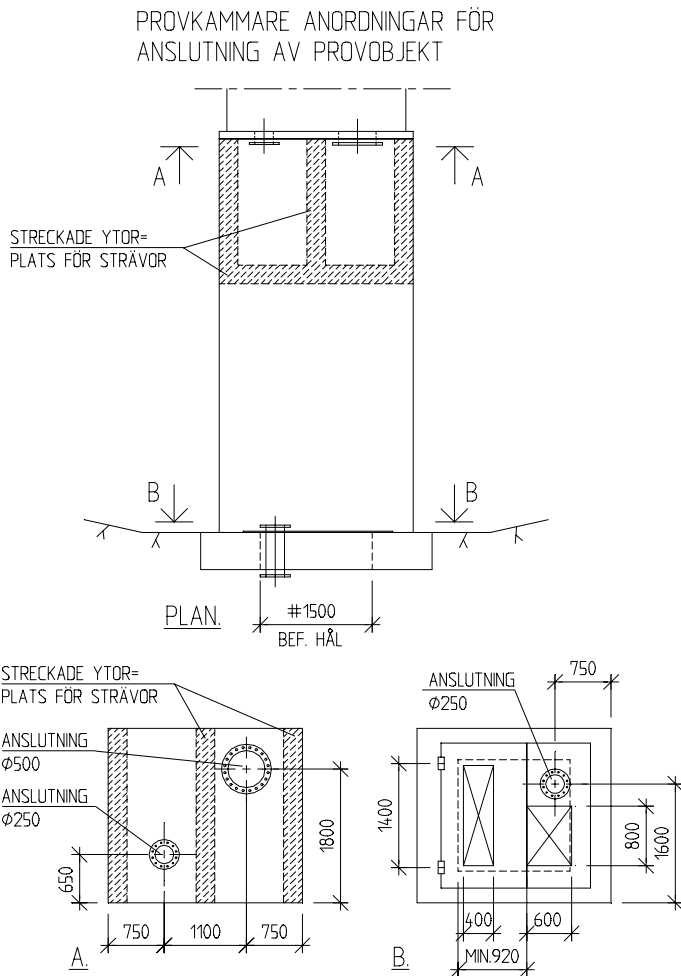
I den inre väggen togs två st cirkulära ursparningar upp med diametrarna 250 respektive 500 mm. Dessa hål skulle symbolisera placering av snabbventiler som vanligtvis finns i barriärer, vilka ska stänga då anläggningen utsätts för en vapenbelastning och därmed skydda känslig utrustning och komponenter som finns innanför stöt vågsgränsen.

Den yttre väggen hade en kvadratisk öppning med måtten 1500 x 1500 mm, vilken försågs på insidan med en öppningsbar 10 mm tjock stålplatta. I stålplattan togs två st rektangulära ursparningar upp med måtten 1000 x 400 mm respektive 600 x 800 mm och en cirkulär ursparning med diametern 250 mm för anslutning av komponenter. I figur 2 och 3 redovisas en bild (från utsidan) respektive skiss av provkammaren.



Figur 2. Bild av provkammare (från utsidan).

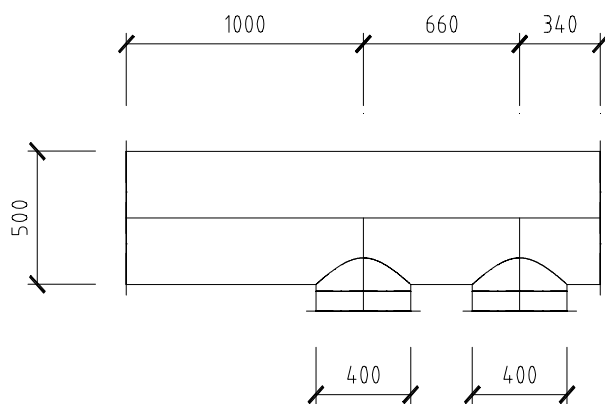




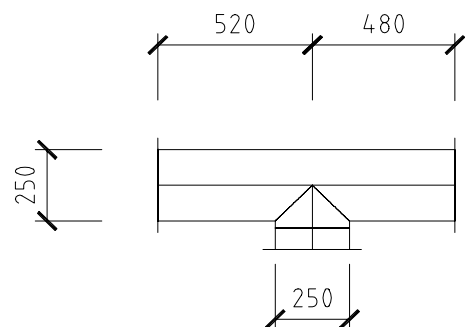
Figur 3. Skiss av provkammare.

### 3.1.2 Inloppskanaler

I provkammaren monterades två inloppskanaler ( $\phi 250$  och  $\phi 500$  mm) av 5 mm svartplåt från den inre väggen mot den yttre väggen till vilka olika typer av komponenter anslöts. I figur 4 och 5 redovisas skisser av respektive inloppskanal.



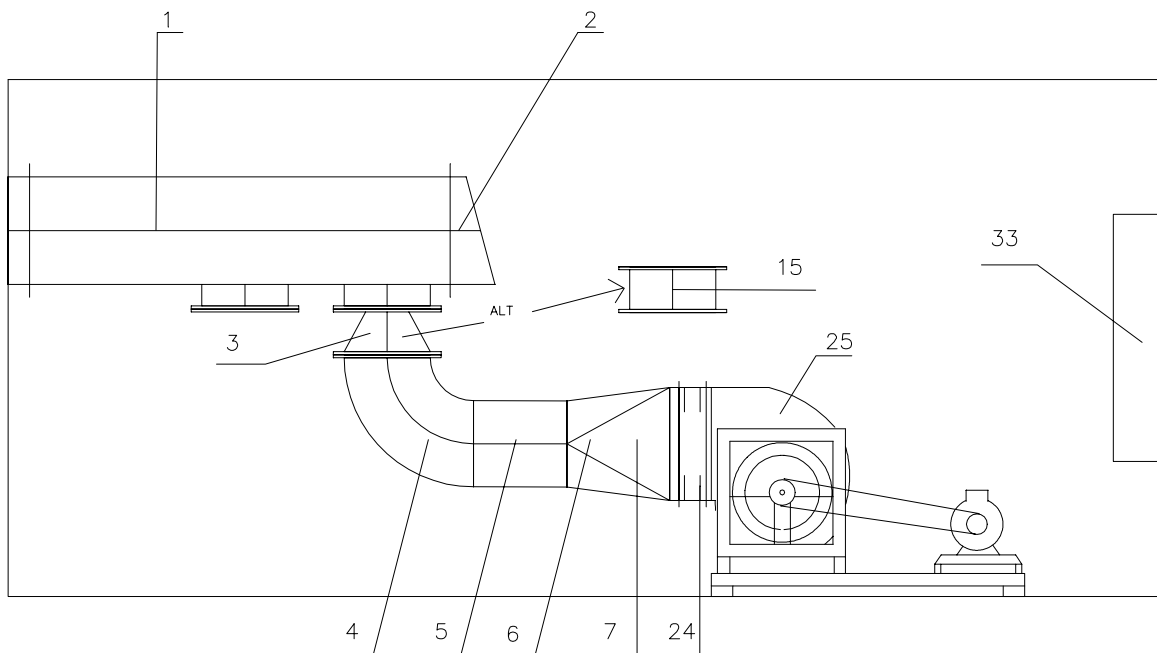
Figur 4. Skiss av inloppskanal  $\phi 500$  mm (pos 1, enligt figur 6).



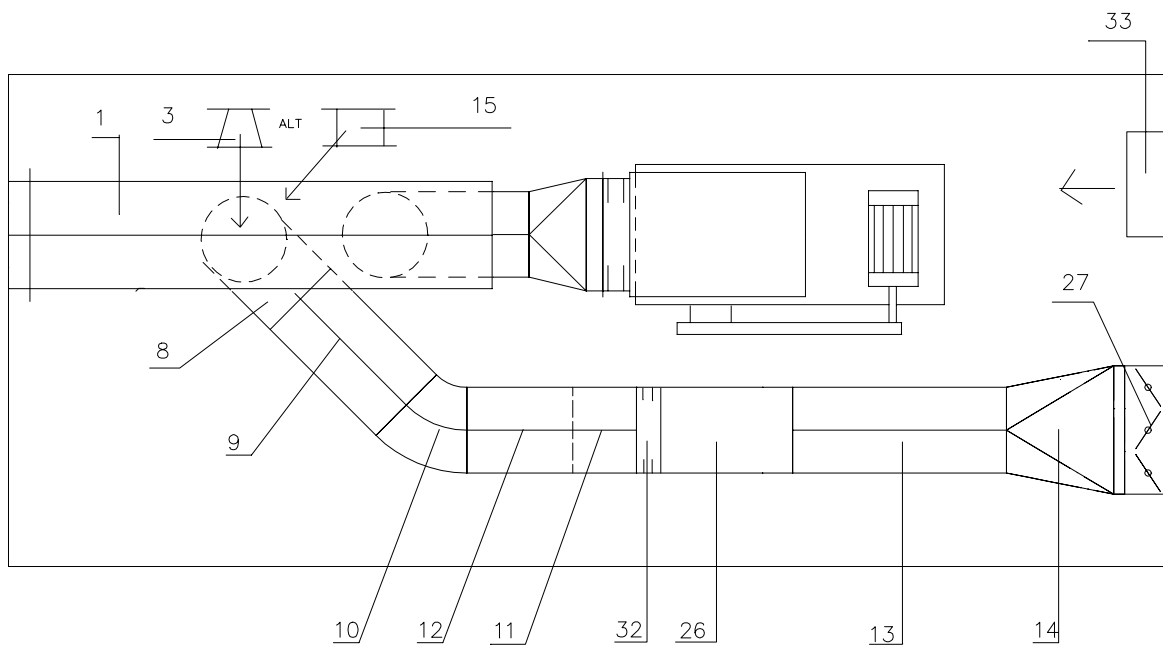
Figur 5. Skiss av inloppskanal  $\phi 250$  mm (pos 16, enligt figur 9).

### 3.1.3 Kanalsystem

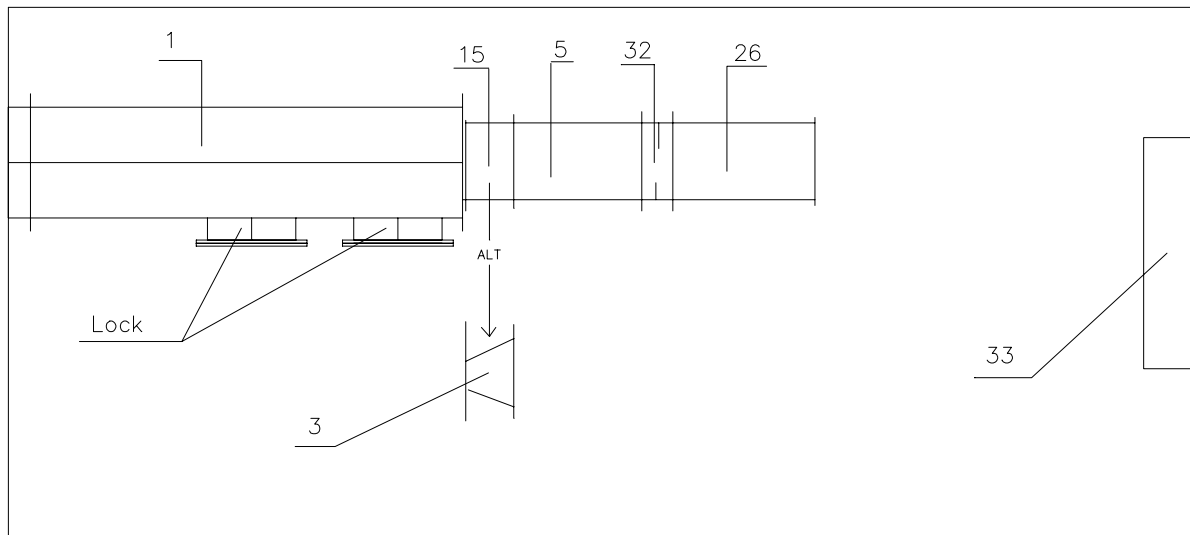
Komponenter som provades vid försöken monterades i fyra kanalsystem enligt figur 6-9.



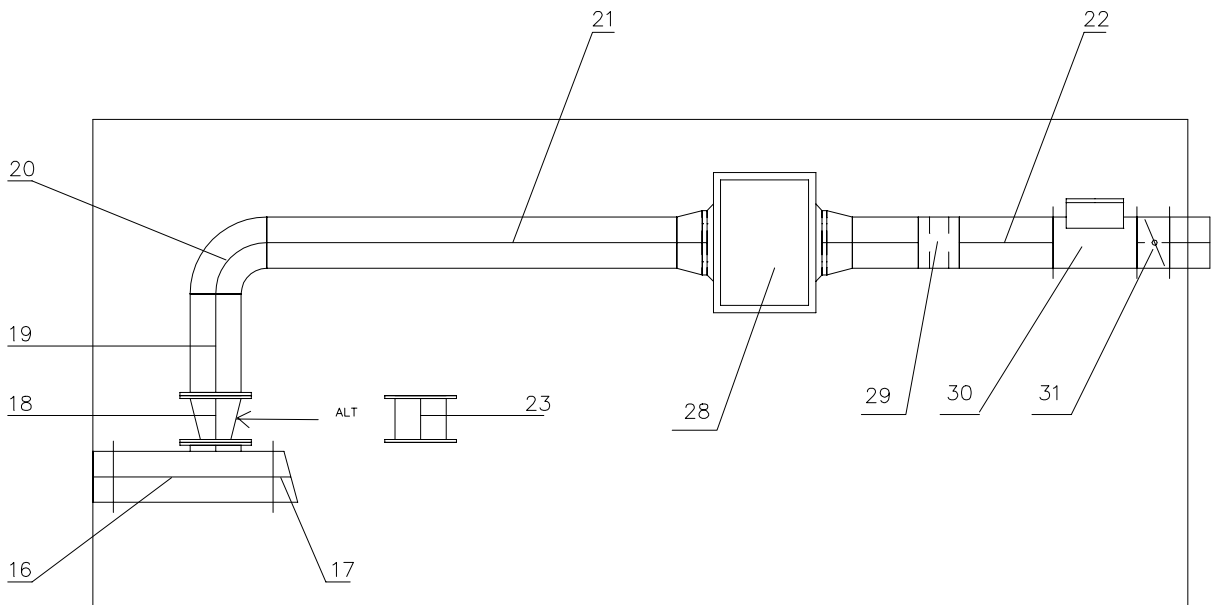
Figur 6. Skiss av kanalsystem "Frånluft 1" med rör (pos 3 –7) i dimension 400 mm med 3 mm svartplåt samt fläkt (pos 25) med dukstos (pos 24).



Figur 7. Skiss av kanalsystem "Frånluft 2" med rör (pos 3, 8–14) i dimension 400 mm med 2 mm svartplåt samt fläkt (pos 26) med dukstos (pos 32) och jalousipjäll (pos 27).



Figur 8. Skiss av kanalsystem "Frånluft 3" med rör (pos 3, 5 och 15) i dimension 400 mm med 2 mm svartplåt samt fläkt (pos 26) med dukstos (pos 32).



Figur 9. Skiss av kanalsystem "Tilluft 4" med rör (pos 18 –22) i dimension 250 mm med 3 mm svartplåt samt komponenter (pos 28-31).

### 3.1.4 Mätpunkter

Tryck registrerades i totalt 10 mätpunkter enligt figurerna 10-12. Mätpunkternas avstånd från stöt-vågsgräns redovisas i tabell 1.

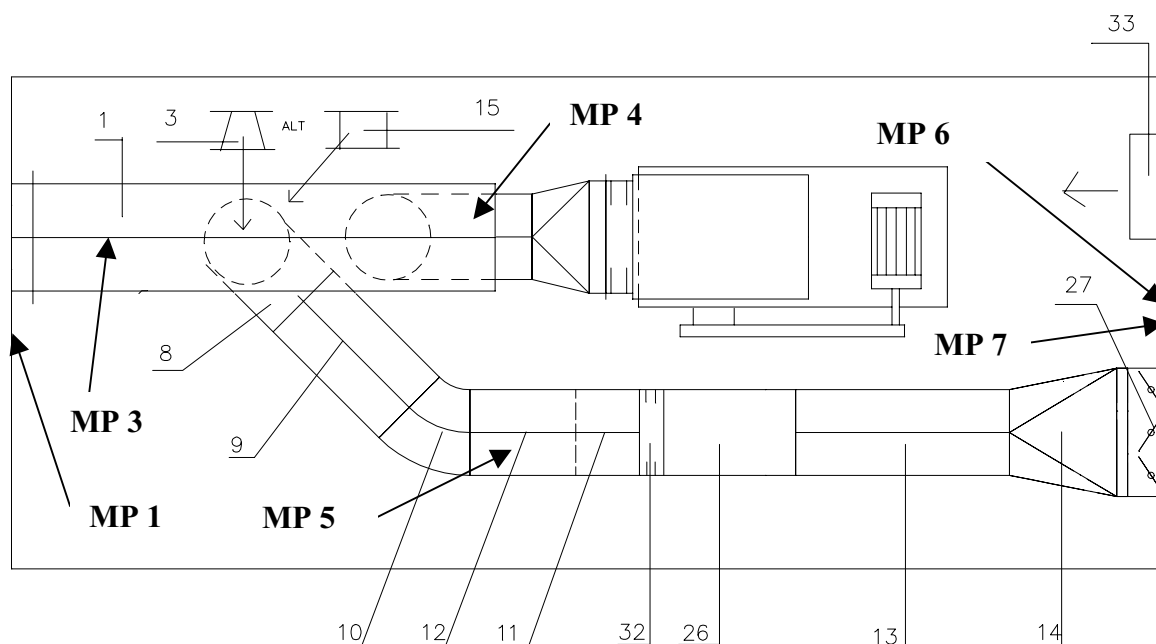
Tabell 1. Placering av mätpunkter.

Mätpunkt	Avstånd från stötvågsgräns (inre vägg)
3	0.5 m
4	3.2 m (1.7 m till förgrening/förträngning 1 + 1.5 m längs kanalsystem, inkl. rörböj)
5	3.5 m (1.1 m till förgrening/förträngning 2 + 2.4 m längs kanalsystem, inkl. rörböj)
8	0.3 m
9	3.4 m (0.6 m till förgrening/förträngning 3 + 2.8 m längs kanalsystem, inkl. rörböj)
10	2.8 m (2.1 m till förgrening/förträngning 4 + 0.7 m)

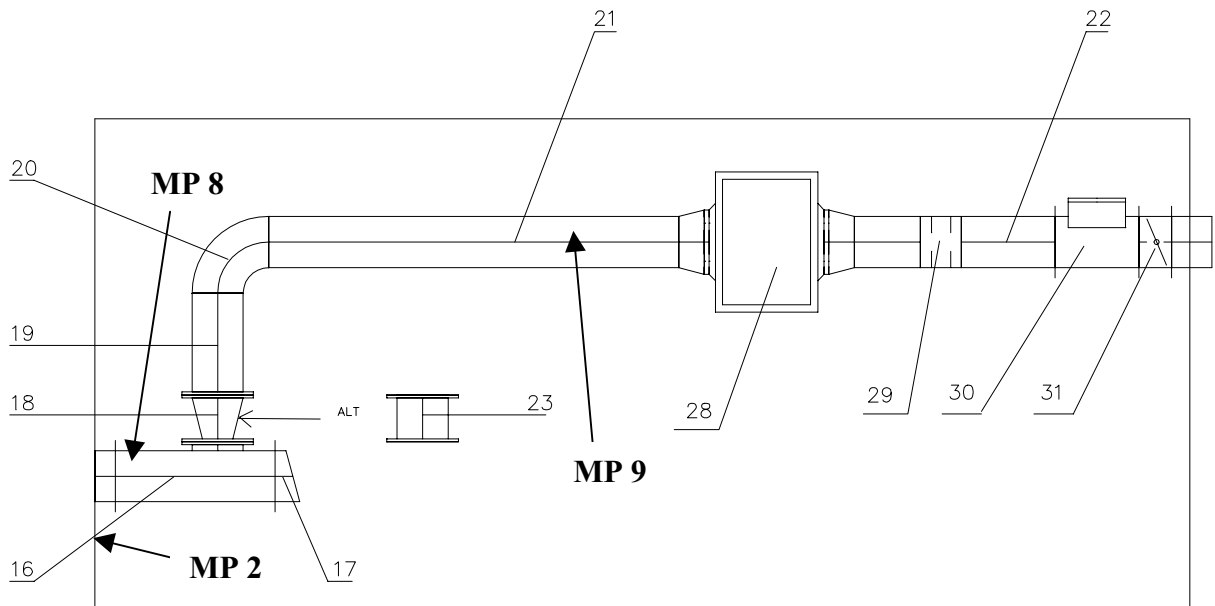
Vid mätpunkt 1 och 2 registrerades reflekterande tryck vid stötvågsgräns och vid mätpunkt 6 och 7 registrerades reflekterande tryck vid provkammarens borte vägg (yttre vägg vid mynningen). I tabell 2 redovisas en sammanställning av använda tryckgivare för respektive skott.

Tabell 2. Sammanställning av tryckgivare som användes vid skott 1-19.

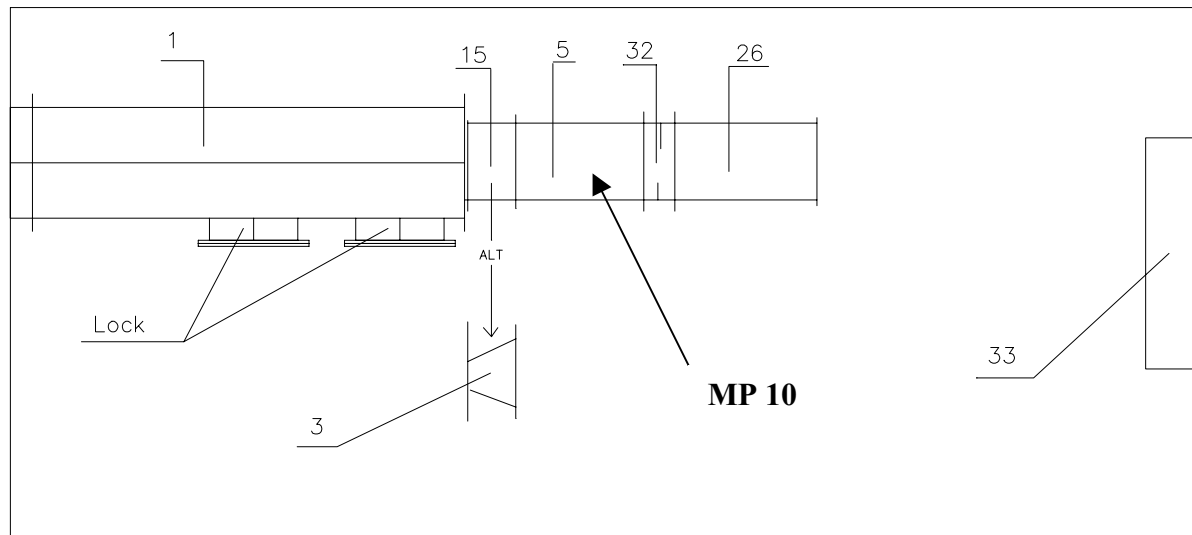
Mätpunkt	Skott	Tryckgivare			
		Fabrikat	Typ	Känslighet	Mätområde
1-2	1-19	PCB	113A24	0.7 V/MPa	0 – 14 MPa
3	1-19	PCB	113A24	0.7 V/MPa	0 – 14 MPa
4-5	1-15	PCB	113A24	0.7 V/MPa	0 – 14 MPa
6-7	1-6	PCB	113A26	1.3 V/MPa	0 – 7 MPa
8-9	7-19	PCB	113A26	1.3 V/MPa	0 – 7 MPa
10	16-19	PCB	113A24	0.7 V/MPa	0 – 14 MPa



Figur 10. Placering av mätpunkt 1 och 3-7 (frånluft 1 och 2).



Figur 11. Placering av mätpunkt 2 och 8-9 (tilluft 4).



Figur 12. Placering av mätpunkt 10 (frånluft 3).

### **3.2 Provojekt**

Vid försöken provades följande kanalsystem och komponenter:

- kanalsystem
- avlastningslucka
- förträngningsstos
- fläktar
- kylbatteri
- spjäll
- förvärmningsbatteri
- gummibälg
- förfilterskåp



### 3.2.1 Kanalsystem

Kanalsystemet med raka delar, böjar, och övergångar tillverkades i svartplåt med tjocklekarna 2 och 3 mm. I huvudsak användes standardutförande av tillverkaren SCANDAB:s sortiment.

### 3.2.2 Avlastningslucka

En prototyp av en liknande avlastningslucka finns sedan några år tillbaka monterad i en kylkrets till en berganläggning. Dock har den inte tidigare provats mot belastning av luftstövåg.

Tänkt funktion är att vid en stötvågsbelastning skall luckan öppna så att en del av stötvågen skall passera in i utrymmet med fläktinstallationen. Utrymmet skulle till följd därav fungera som en expansionskammare. Installerade komponenter i kanalsystemet skulle härvid utsättas för lägre belastning av stötvåg som genom kanalsystemet når komponent samtidigt som yttre tryck ökar och ger lägre tryckskillnad mellan kanal och dess omgivning. Vid övertryck mot luckan vid fläktdrift hålls luckan i stängt läge med gummistropp eller motsvarande. Vid försöken användes två storlekar av avlastningsluckor. I figur 13 redovisas uppgifter om respektive avlastningslucka.

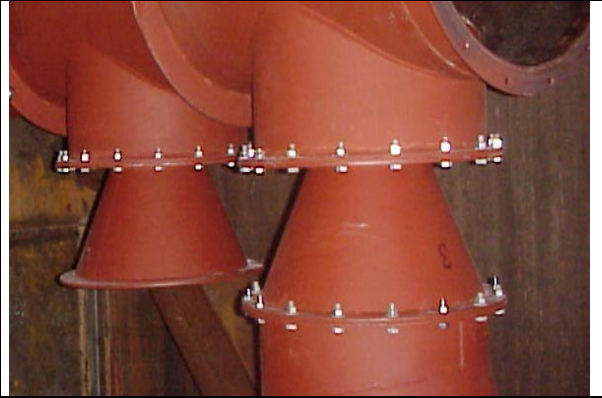

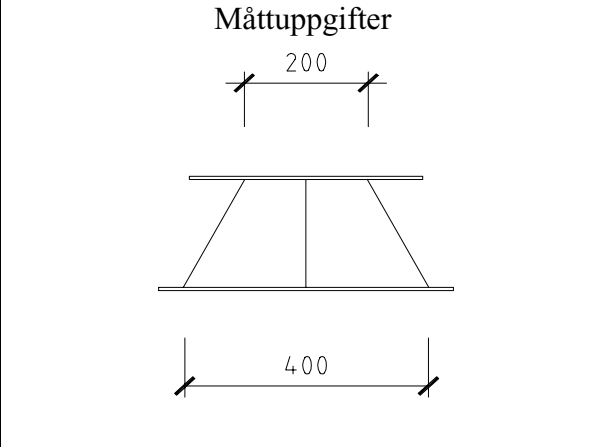
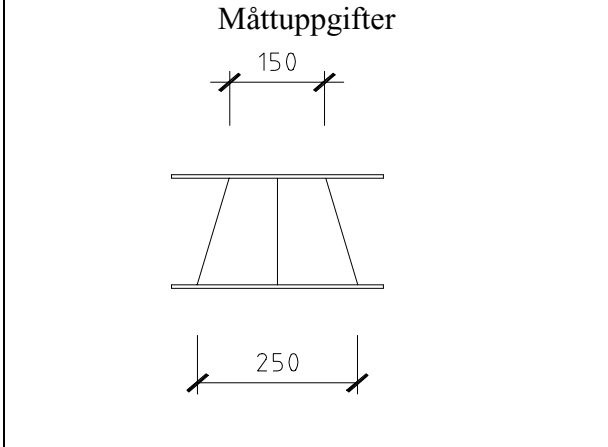
Avlastningslucka 500 mm (pos 2, figur 6)	Avlastningslucka 250 mm (pos 17, figur 9)
	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Egen konstruktion, rör tillverkad av SCANDAB, lucka egen tillverkning.</li><li>- Rör 5 mm svartplåt</li><li>- Inre fläns 6x30 mm, yttre fläns snedställd 10x50 mm</li><li>- Lucka 5/7 mm aluminiumplåt s k durkplåt förstärkt med V-profil aluminium 50x50x5</li><li>- Anslutning 16 st M10 bult</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Egen konstruktion, rör tillverkad av SCANDAB, lucka egen tillverkning</li><li>- Rör 5 mm svartplåt</li><li>- Inre fläns 6x30 mm, yttre fläns snedställd 10x50 mm</li><li>- Lucka 5/7 mm aluminiumplåt s k durkplåt förstärkt med V-profil aluminium 40x40x4</li><li>- Anslutning 12 st M8 bult</li></ul>

Figur 13. Uppgifter om respektive avlastningslucka.

### 3.2.3 Förträngningsstos

Någon installation med denna komponent finns inte i befintligt anläggningsbestånd.


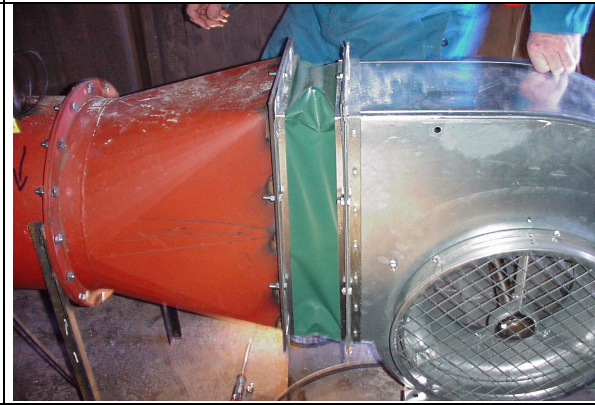
Förträngningsstosen monterades i kanalsystemen horisontellt och vertikalt. Genom att kanalarean minskar tvärt för att återgå till ursprunglig storlek förväntades en reduktion av stötvågens utbredning i efterföljande kanal. I figur 14 redovisas uppgifter om respektive förträngningsstos.

Förträngningsstos 400 mm (pos 3, figur 6)	Förträngningsstos 250 mm (pos 18, figur 9)
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Egen konstruktion tillverkad av SCANDAB</li> <li>- Kona 3 mm svartplåt</li> <li>- Flänsar 6x30 resp 6x130 mm</li> <li>- Anslutning 16 st M10 bult per fläns</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Egen konstruktion tillverkad av SCANDAB</li> <li>- Kona 3 mm svartplåt</li> <li>- Flänsar 6x25 resp 6x75 mm</li> <li>- Anslutning 12 st M8 bult per fläns</li> </ul>
<p style="text-align: center;">Måttuppgifter</p> 	<p style="text-align: center;">Måttuppgifter</p> 


Figur 14. Uppgifter om respektive förträngningsstos.

### 3.2.4 Fläktar och kylbatteri

I figur 15 och 16 redovisas uppgifter om provade fläktar och kylbatteri.

<p>Radialfläkt RZR 13-0400 (pos 25, figur 6)</p>	<p>Radialfläkt GTBB-3-040 (pos 25, figur 6) med duktstos (pos 24, figur 6)</p>
	
<p>Fabrikat: Gebhardt Fläktteknik AB Utförande:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- LG med grundram.</li> <li>- Svetsad kåpa i 1,5 mm stålplåt med förstärkningsram.</li> <li>- Kraftig lagerkonsol med gjutet lagerhus.</li> <li>- Anslutning utblås 500x500 mm</li> <li>- Bakåtböjda skovlar i hålprofil</li> <li>- Motor 2.2 kW 400 V</li> </ul>	<p>Fabrikat: ABB Utförande:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Remdriven enkelsugande med bakåtböjda skovlar</li> <li>- Kåpa i förzinkad 1 mm stålplåt</li> <li>- Motor 3 kW 400 V</li> <li>- Anslutning utblås 260x500 mm</li> </ul>

Figur 15. Uppgifter om provade radialfläktar.


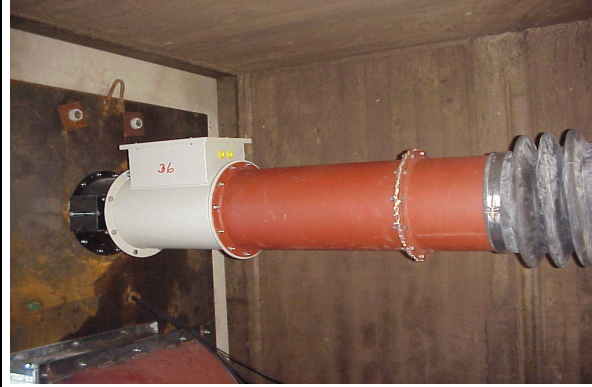
<p>Axialfläkt FACA 40-2-3-05-38 (pos 26, fig 7)</p>	<p>Kylbatteri QLFG (pos 33, figur 6)</p>
	
<p>Fabrikat: ABB Utförande:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Direkt driven axialfläkt med ställbara skovlar i pressgjuten aluminium 38°</li> <li>- Helbeskovlad med ledskenor</li> <li>- Kåpa i 3 mm förzinkad stålplåt</li> <li>- Nav i pressgjuten aluminium</li> <li>- Motor 2.2 kW</li> </ul>	<p>Fabrikat: ABB Utförande:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dim 400x1000 4 djup</li> <li>- Kopparrör</li> <li>- Aluminiumlameller</li> <li>- Ram 2 mm galvad stålplåt</li> <li>- Infästning 2 mm galvad stålplåt</li> </ul>

Figur 16. Uppgifter om provad axialfläkt och kylbatteri.



### 3.2.5 Spjäll m m

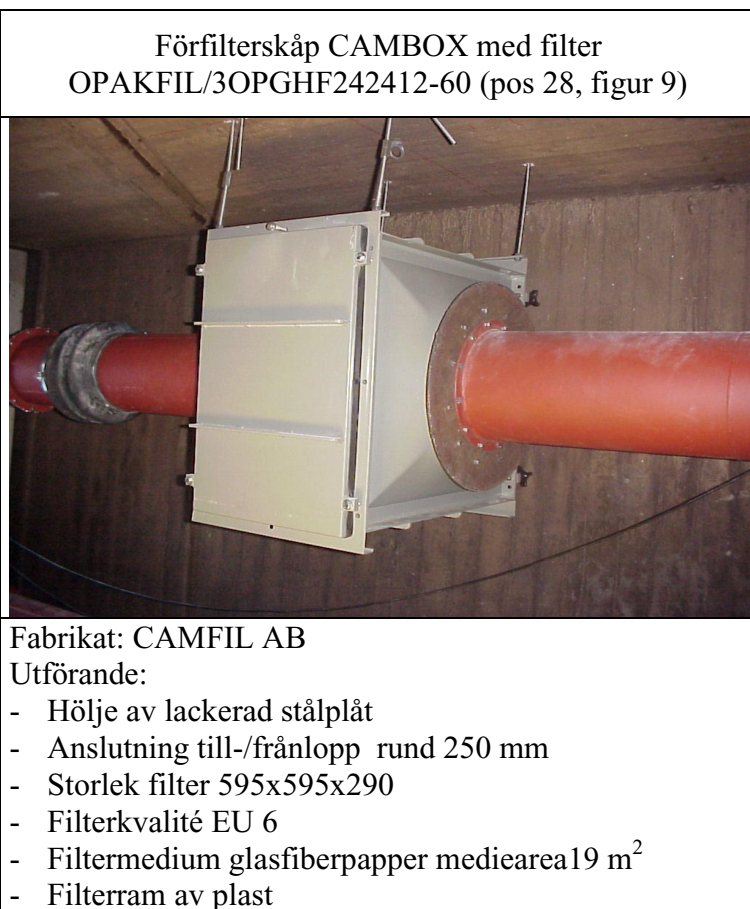
I figur 17 redovisas uppgifter om provade spjäll, förvärmningsbatteri och gummibälg.

<p>Jaluispjäll BRJD-2-600-800-1-1-0-2 (pos 27, figur 7)</p>	<p>Vridspjäll BRTD-2-250-6-1-1, Förvärmningsbatteri CVG-250-M, Gummibälg (pos 29, figur 9)</p>
	
<p>Fabrikat: Bevent Rasch          Utförande:          - Jaluispjäll tryckklass D          - Täthetsklass 2          - Varmförzinkad stålplåt          - Reglering med spakreglage manuell låsning.          - Storlek 600x800 mm</p>	<p><u>Vridspjäll</u>          Fabrikat: Bevent Rasch          Utförande:          - Tryckklass 3 täthetsklass 2          - Cirkulär storlek 250 mm          - Varmförzinkad 3 mm stålplåt          - Anslutning med fläns och 8 st M8</p> <p><u>Förvärmningsbatteri</u>          Fabrikat: VEAB          Utförande:          - Cirkulär 250 mm el 0,6 kW          - Hölje lakerad stålplåt 3 mm (gastätt)          - Anslutning med fläns och 12 st M8</p> <p><u>Gummibälg</u>          Fabrikat: SIGMA AB          Utförande:          - 5 mm EPDM-gummi          - Dim 250 mm          - Fastsättn. 2x25 mm band och 2 st bult M8</p>

Figur 17. Uppgifter om provade spjäll, förvärmningsbatteri och gummibälg.

### 3.2.6 Förfilterskåp

I figur 18 redovisas uppgifter om provat förfilterskåp.



Figur 18. Uppgifter om provat förfilterskåp.

### 3.3 Belastning av luftstövåg

Den luftstövåg som uppkommer vid en vapenbelastning representeras av tryck och impuls som läcker in i en kylkrets eller försörjningsdel till en skyddad anläggning i berg genom en snabbventil. Luftstövågsbelastningarna skapades genom att sfäriska laddningar av sprängdeg placerades på olika avstånd i tunneln (tub III) från provkammarens inre vägg. De belastningstyper som användes vid försöken redovisas i tabell 3. Ett typiskt värde på inläckande impulstäthet genom snabbventil är ca 700 Pas (reflektion).

Tabell 3. Belastningstyper.

Belastningstyp	Laddning	Laddningsavstånd	Tryck	Varaktighet	Impuls
1	200 g sprängdeg	26 m	50 kPa	40 ms	ca 700 Pas
2	250 g sprängdeg	8.6 m	100 kPa	20 ms	ca 700 Pas
3	250 g sprängdeg	5 m	200 kPa	10 ms	ca 700 Pas

Ytterligare en belastningstyp (4) användes efter 12 st genomförda skott, nämligen att laddningsmängden för belastningstyp 2 fördubblades till 500 g sprängdeg. Målsättningen var att skapa en belastningstyp direkt efter stövågsgräns med följande stövågsdata (reflektion):  $p < 200$  kPa,  $i > 1200$  Pas.

### 3.4 Försöksprogram

I tabell 4 redovisas en sammanställning av försöksprogrammet.

Tabell 4. Sammanställning av försöksprogram.

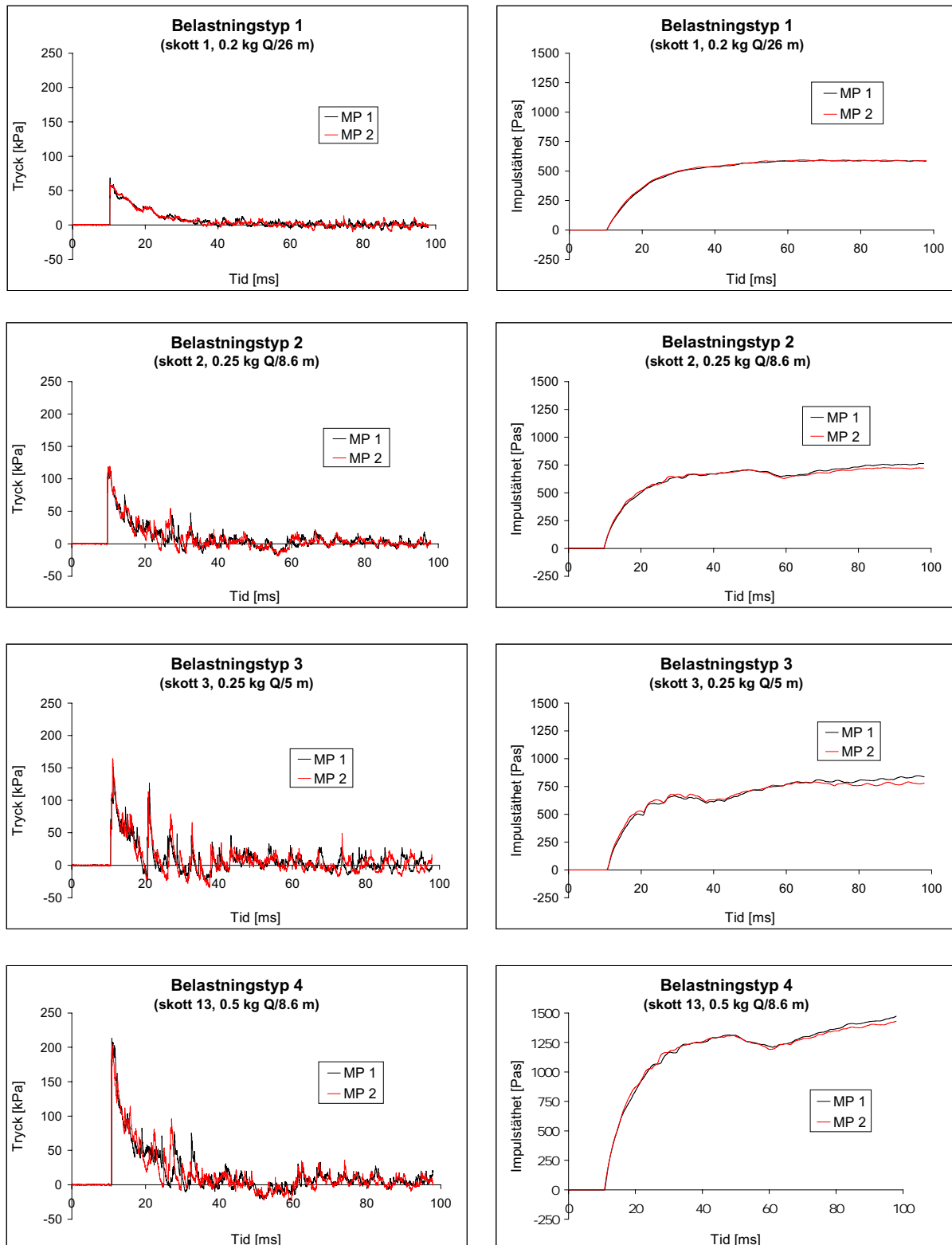
Skott nr	Belastnings- typ (enligt tabell 3)	Förtr 1	Förtr 2	Förtr 3	Förtr 4	Avl- lucka 1	Avl- lucka 2	Uppställning
1	1	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Nej	System "Frånluft 1-2" ABB fläktar (GTBB och FACA) i drift. Jalousi-spjäll i öppet läge. Kylbatt. monterat.
2	2	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Nej	Enligt ovan.
3	3	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Nej	Enligt ovan.
4	1	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej	Enligt ovan.
5	2	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej	Enligt ovan.
6	3	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej	Enligt ovan.
7	1	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	System "Frånluft 1-2" och "Tilluft 4". ABB Fläktar (GTBB och FACA) i drift. Filter i filterskåp monterat och gastätt spjäll i öppet läge. Jalousi-spjäll i öppet läge. Kylbatteri mont.
8	2	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Enligt ovan.
9	3	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Enligt ovan.
10	1	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Enligt ovan.
11	2	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Enligt ovan.
12	3	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Enligt ovan.
13	4	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej	Enligt ovan.
14	4	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	System "Frånluft 1-2" och "Tilluft 4". Fläktar Gebhardt RZR och ABB FACA i drift. Filter i filterskåp monterat och gastätt spjäll i öppet läge. Jalousispjäll i 45° i öppet läge. Kylbatteri monterat.
15	4	Nej	Blind-flänsad	Nej	Nej	Nej	Nej	System "Frånluft 1 och 2" och "Tilluft 4". Fläkt ABB FACA i drift. Filter i filterskåp monterat och gas-tätt spjäll i öppet läge. Jalousispjäll i 45° i öppet läge. Kylbatteri monterat.
16	2	Blind-flänsad	Blind-flänsad	Nej	Ja	Nej	Nej	System "Frånluft 3" provas fläkt ABB FACA i drift. Filter i filterskåp monterat och gastätt spjäll i öppet läge. Jalousispjäll i stängt läge. Kylbatteri monterat.
17	2	Blind-flänsad	Blind-flänsad	Nej	Nej	Nej	Nej	Enligt ovan.
18	4	Blind-flänsad	Blind-flänsad	Nej	Ja	Nej	Nej	Enligt ovan.
19	4	Blind-flänsad	Blind-flänsad	Nej	Nej	Nej	Nej	Enligt ovan.

## 4. RESULTAT

### 4.1 Redovisning av belastningar

#### 4.1.1 Belastning vid stötvågsgräns

I figur 19 redovisas exempel på reflekterat tryck och motsvarande impulstäthet i mätpunkterna 1 och 2 för respektive belastningstyp.

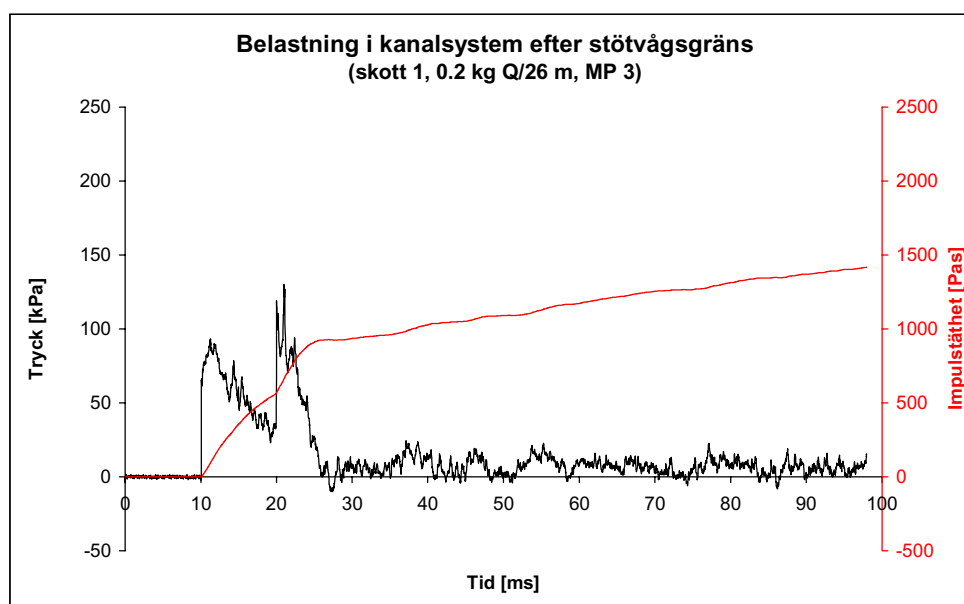


Figur 19. Belastningstyp 1-4.

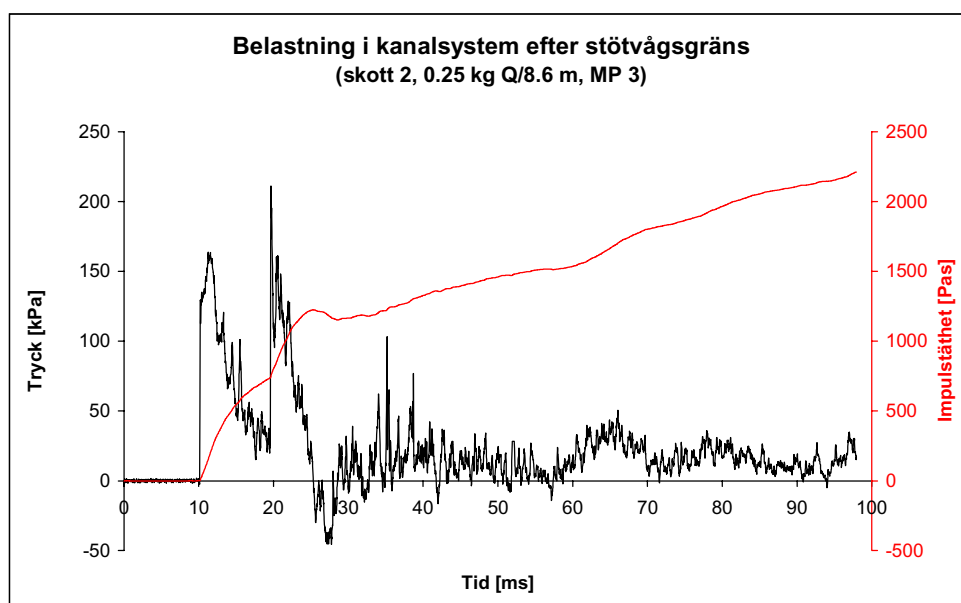
#### 4.1.2 Belastning efter stötvågsgräns

Vid mätpunkt 3 registrerades det statiska trycket (side-on), motsvarande impulstäthet och varaktighet i kanalsystemet med  $\varnothing$  500 mm direkt efter stötvågsgräns. I figur 20-23 redovisas registrerat statiskt tryck i mätpunkt 3 omräknat till motsvarande reflekterande tryck och impulstäthet för respektive belastningstyp.

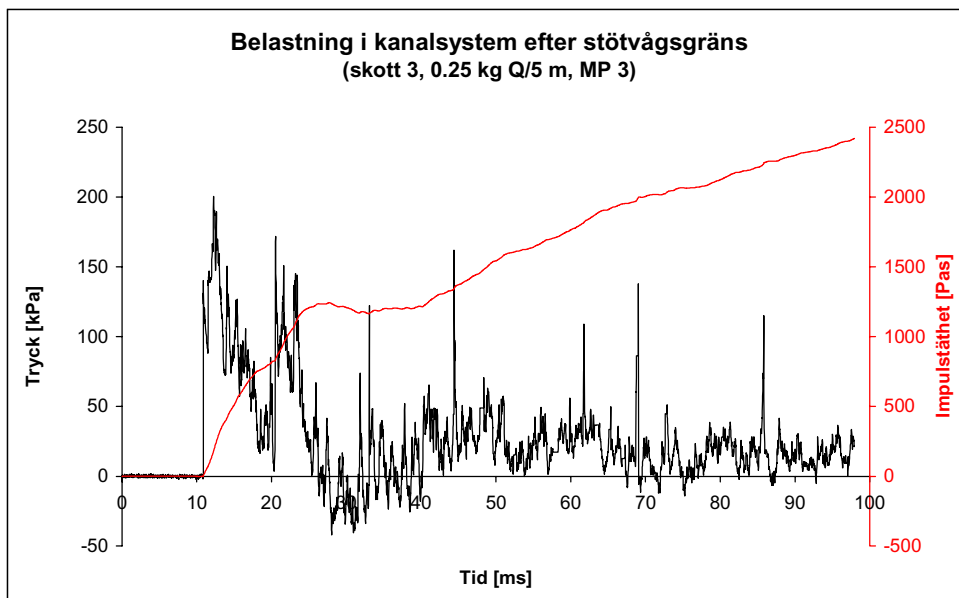
Ett typiskt värde på inläckande impulstäthet genom snabbventil är ca 700 Pas (reflektion). Vid mätpunkt 3, direkt efter stötvågsgräns, erhöles impulstätheten ca 600 - 800 Pas för belastningstyp 1 – 3. Motsvarande för belastningstyp 4 var ca 1200 Pas. Noterbart är att en dubbelpuls uppkommer på grund av stötvågens reflektion mot avlastningsluckan respektive blindflänsningen, vilket medför svårigheter att ange värden på inläckande impulstäthet vid mätpunkt 3. Redovisade värden på impulstätheten enligt ovan har grovt approximerats med hänsyn tagen till luftstötvågens reflektion mot avlastningsluckan respektive blindflänsningen.



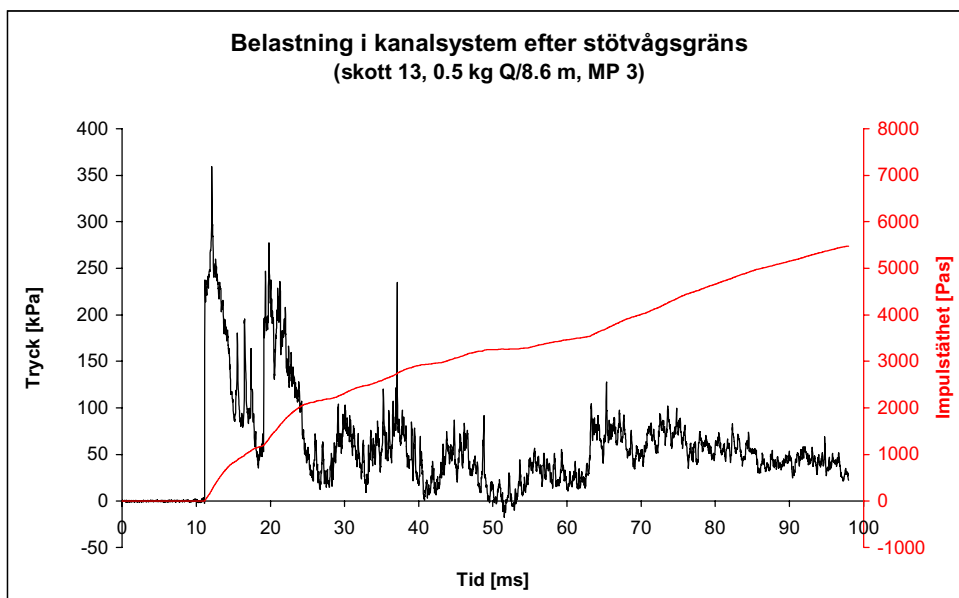
Figur 20. Belastning efter stötvågsgräns vid mätpunkt 3 för belastningstyp 1 (omräknat till reflektionstryck).



Figur 21. Belastning efter stötvågsgräns vid mätpunkt 3 för belastningstyp 2 (omräknat till reflektionstryck).



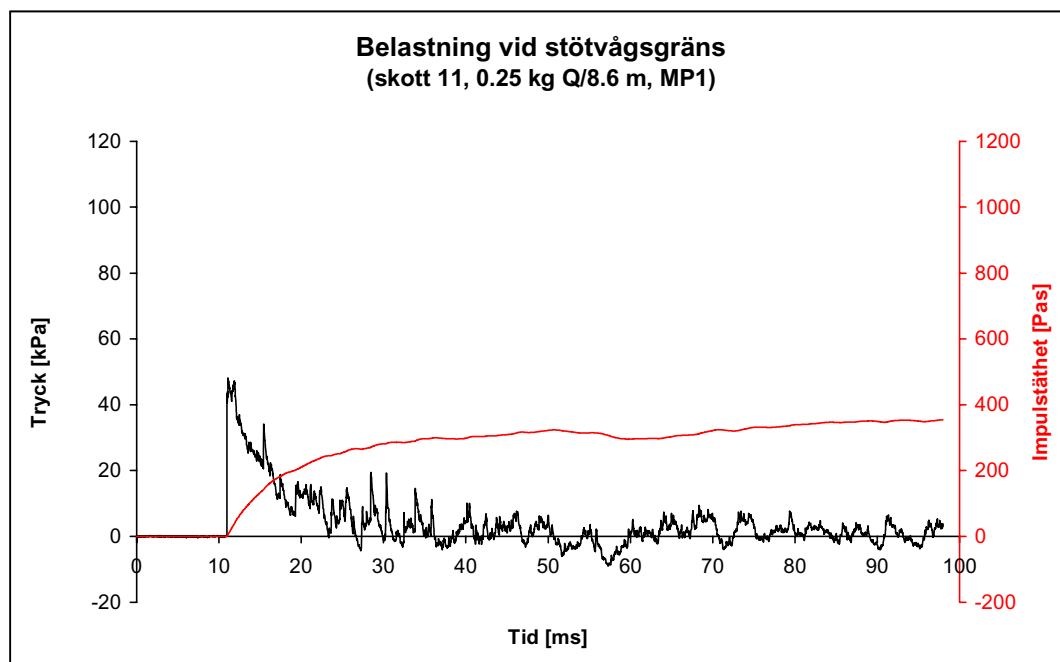
Figur 22. Belastning efter stötvågsgräns vid mätpunkt 3 för belastningstyp 3 (omräknat till reflektionstryck och motsvarande impulstäthet).



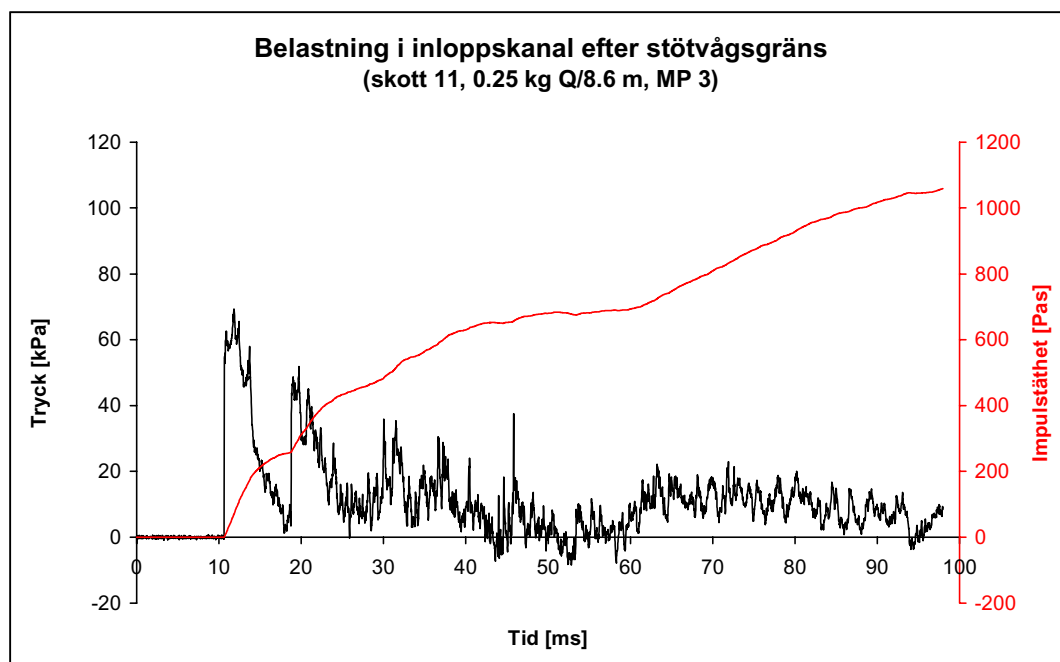
Figur 23. Belastning efter stötvågsgräns vid mätpunkt 3 för belastningstyp 4 (omräknat till reflektionstryck och motsvarande impulstäthet).

### 4.1.3 Belastning i kanalsystem $\varnothing$ 500 (400) mm

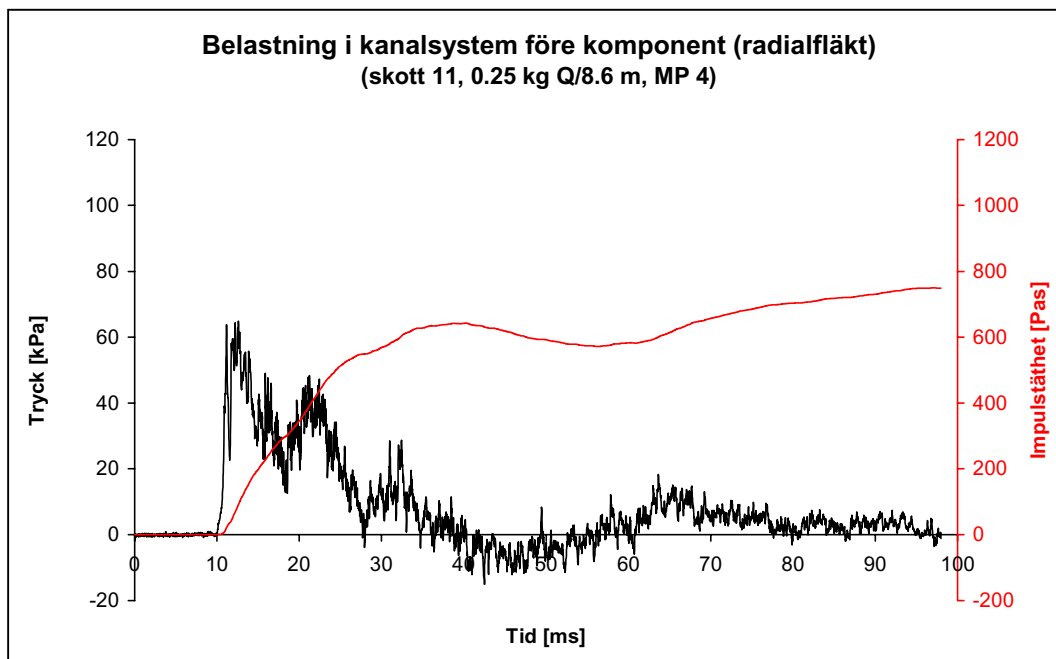
Luftstövågsbelastningens utseende i kanalsystemet med  $\varnothing$  500 mm redovisas i figur 24-27 för belastningstyp 2 (skott 11,  $Q=0.5$  kg,  $R=8.6$  m). I mät punkt 1 registrerades reflektionstrycket (head-on), motsvarande impulstäthet och varaktighet vid stövågsgräns (motsvarande). I figur 24 har registrerat reflektionstryck i mät punkt 1 omräknats till motsvarande statistiska tryck och impulstäthet. Vid mät punkt 3 registrerades det statistiska trycket (side-on), motsvarande impulstäthet och varaktighet i kanalsystemet direkt efter stövågsgräns. I mät punkt 4 respektive 5 registrerades det statistiska trycket (side-on), motsvarande impulstäthet och varaktighet före respektive komponent (mät punkt 4-radialfläkt, mät punkt 5-axialfläkt). Vid skott 11 fanns ingen förträngning eller avlastningslucka monterad i kanalsystemet.



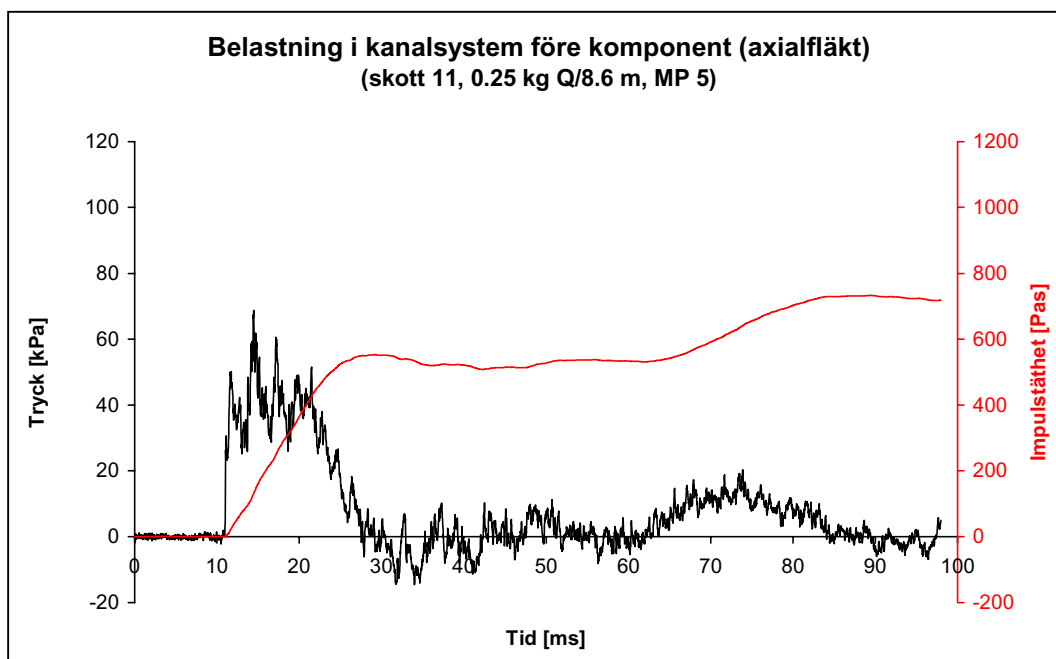
Figur 24. Belastning vid stövågsgräns, mät punkt 1 (omräknat till statistiskt tryck och motsvarande impulstäthet).



Figur 25. Belastning efter stövågsgräns, mät punkt 3.



Figur 26. Belastning före radialfläkt, mätpunkt 4.

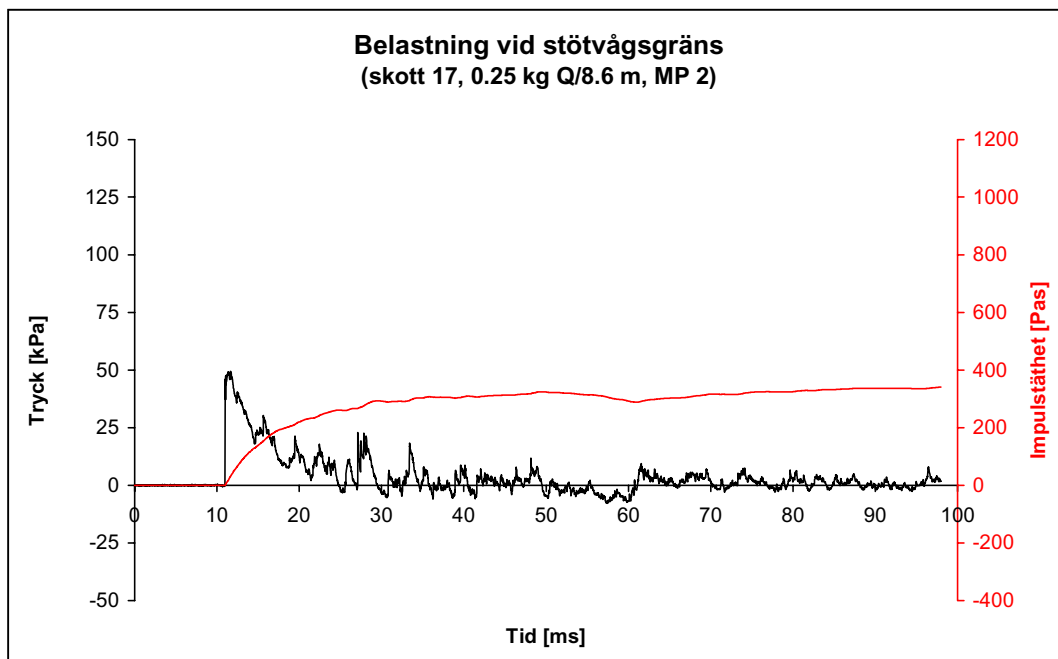


Figur 27. Belastning före axialfläkt, mätpunkt 5.

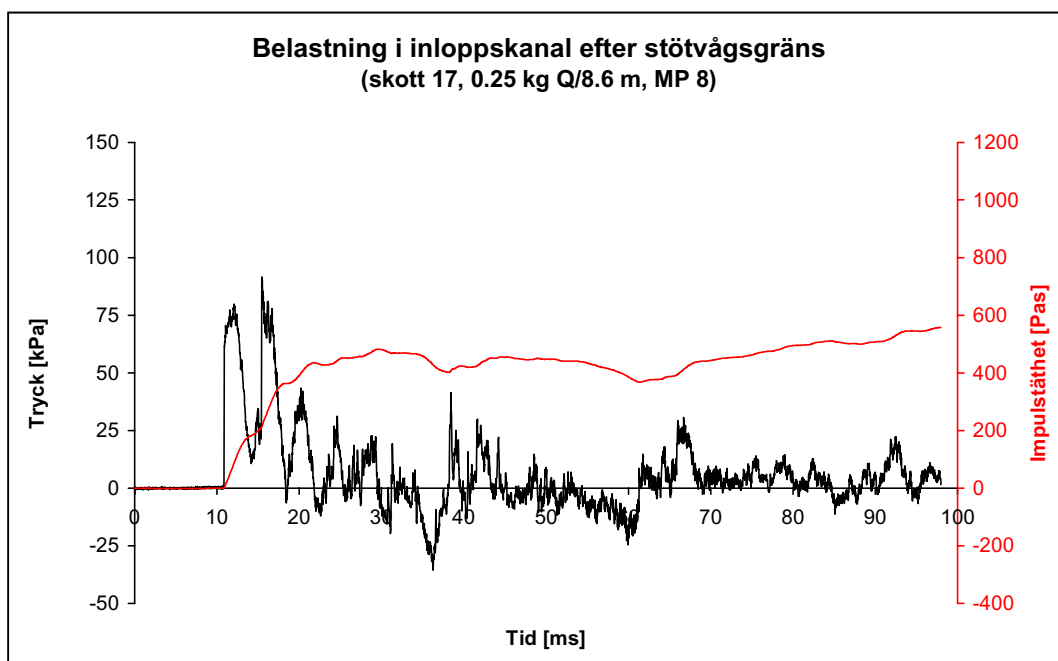
#### 4.1.4 Belastning i kanalsystem Ø 250 mm

Luftstövågsbelastningens utseende i kanalsystemet med Ø 250 mm redovisas i figur 28-30 för belastningstyp 2 (skott 17, Q=0.5 kg, R=8.6 m). I mätpunkt 2 registrerades reflektionstrycket (head-on), motsvarande impulstäthet och varaktighet vid stövågsgräns. I figur 28 har registrerat reflektionstryck i mätpunkt 2 omräknats till motsvarande statiska tryck och impulstäthet. Vid mätpunkt 8 registrerades det statiska trycket (side-on), motsvarande impulstäthet och varaktighet i kanalsystemet direkt efter stövågsgräns. I mätpunkt 9 registrerades det statiska trycket (side-on), motsvarande impulstäthet och varaktighet före komponent (förfilterskåp). Vid skott 17 fanns ingen förträngning eller avlastningslucka i kanalsystemet med Ø 250 mm.

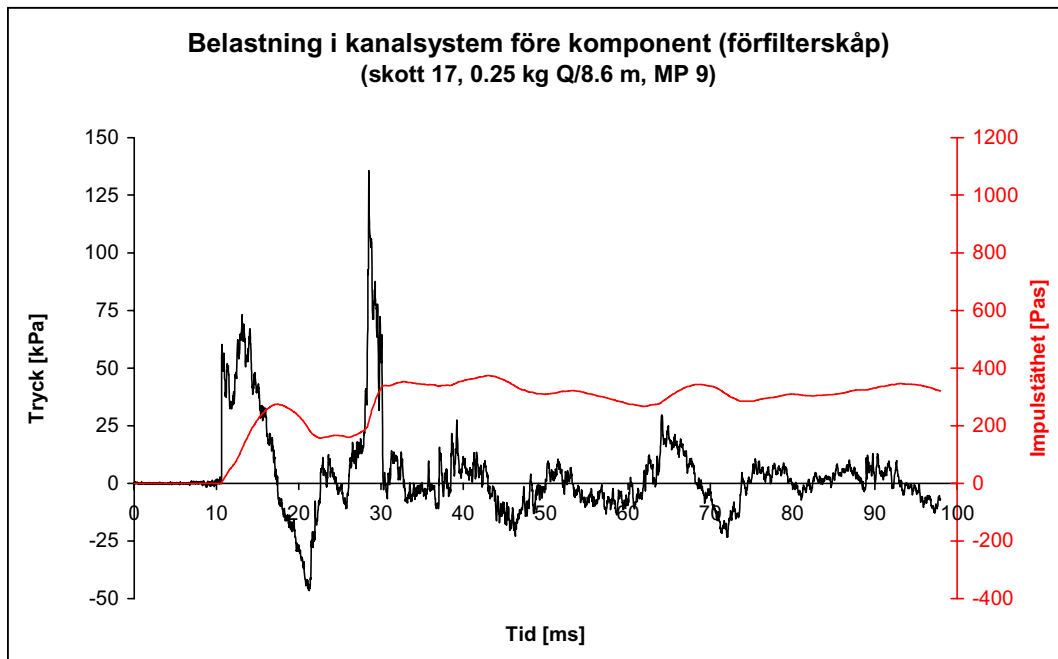




Figur 28. Belastning vid stötvågsgräns, mät punkt 2 (omräknat till statistiskt tryck och motsvarande impulstäthet).



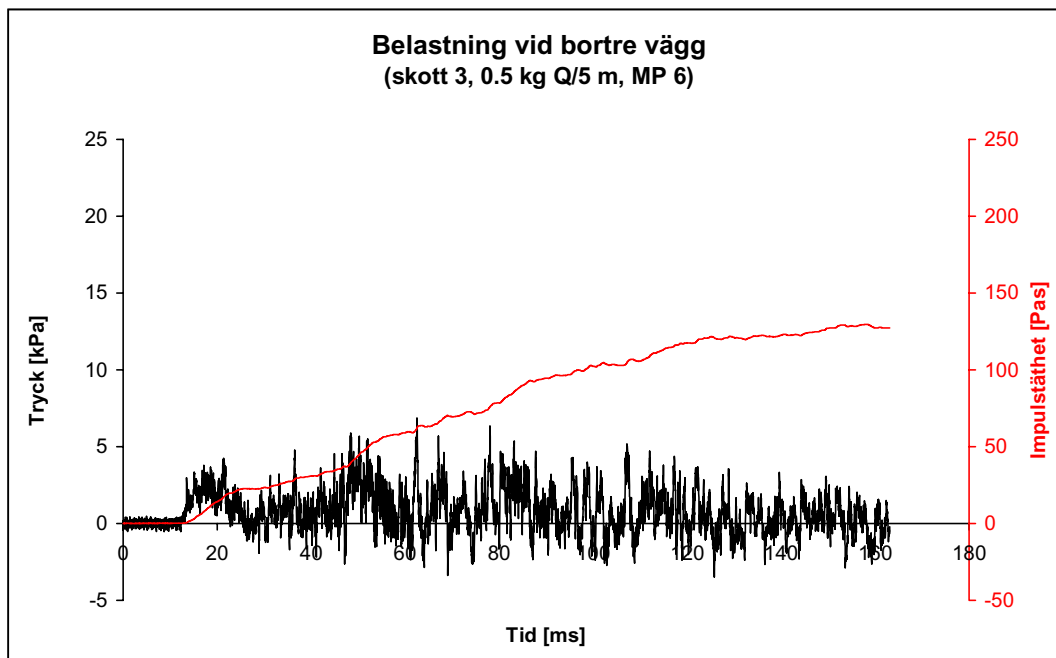
Figur 29. Belastning efter stötvågsgräns, mät punkt 8.



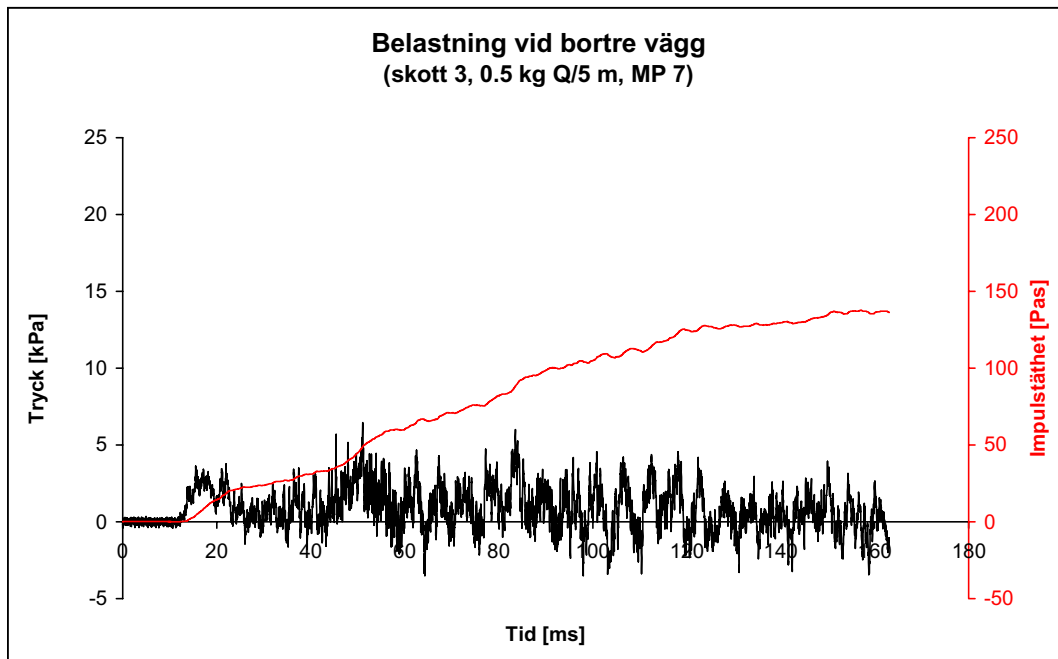
Figur 30. Belastning före förfilterskåp, mät punkt 9.

#### 4.1.5 Belastning vid borte vägg i provkammare

Luftstövågsbelastningen mot den borte väggen i provkammare uppvisade låga tryck- och impuls-nivåer och här redovisas endast, i figur 31 och 32, exempel på reflekterat tryck och motsvarande impulstäthet i mät punkterna 6 och 7 för belastningstypen 3. Mät punkterna 6 och 7 var placerad på insidan av den del av provkammaren som täckte mynningen till tub III.



Figur 31. Exempel på luftstövågsbelastning vid borte vägg i provkammaren, mät punkt 6.



Figur 32. Exempel på luftstövågsbelastning vid bortre vägg i provkammaren, mät punkt 7.

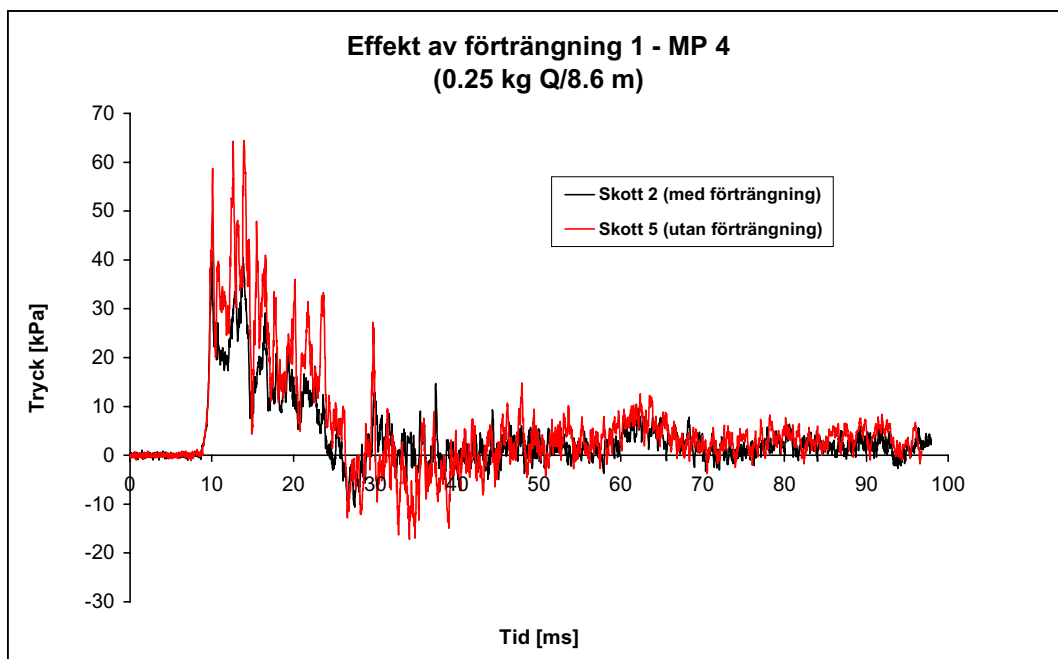
## 4.2 Utvärdering av tekniska lösningar

Vid försöken studerades även hur olika typer av tekniska lösningar (förträngning av kanalsystem och avlastningslucka) påverkar den luftstövåg som uppkommer i kanalsystemet vid en utvärdig vapendetonation. Här redovisas endast ett urval av tryck- och impulsregistreringar från försöken.

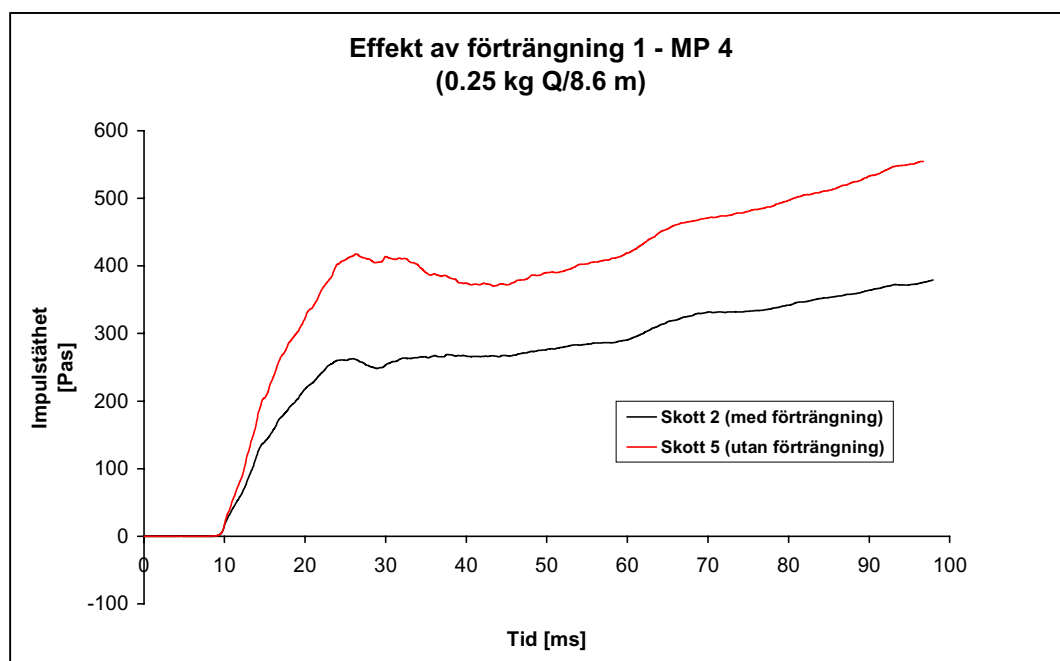
### 4.2.1 Effekt av förträngning 1

Förträngning1 (pos 3, figur 6) var placerad direkt efter en förgrening ( $\varnothing$  400 mm) av kanalsystemet ( $\varnothing$  500 mm). I anslutning till förträngningen var en radialfläkt monterad som under försöken var i drift och tryckte luft mot luftstövågens utbredningsriktning. Vid skott 2 och 5 var avlastningsluckan 1 monterad i kanalsystemet.

Vid användning av en förträngning som reducerar kanaldiametern från 400 mm till 200 mm (se figur 14) sänks den maximala trycknivån från ca 65 kPa (utan förträngning) till ca 40 kPa (med förträngning). Impulstätheten (för en bedömd första övertrycksfas) minskar på motsvarande sätt från ca 420 Pas (utan förträngning) till ca 260 Pas (med förträngning). I figur 33 och 34 redovisas tryck-tid och impulstäthet-tid förlopp i mät punkt 4 med förträngning (skott 2) respektive utan förträngning (skott 5).



Figur 33. Tryck-tid förlopp i mätpunkt 4 för skott 2 och 5.



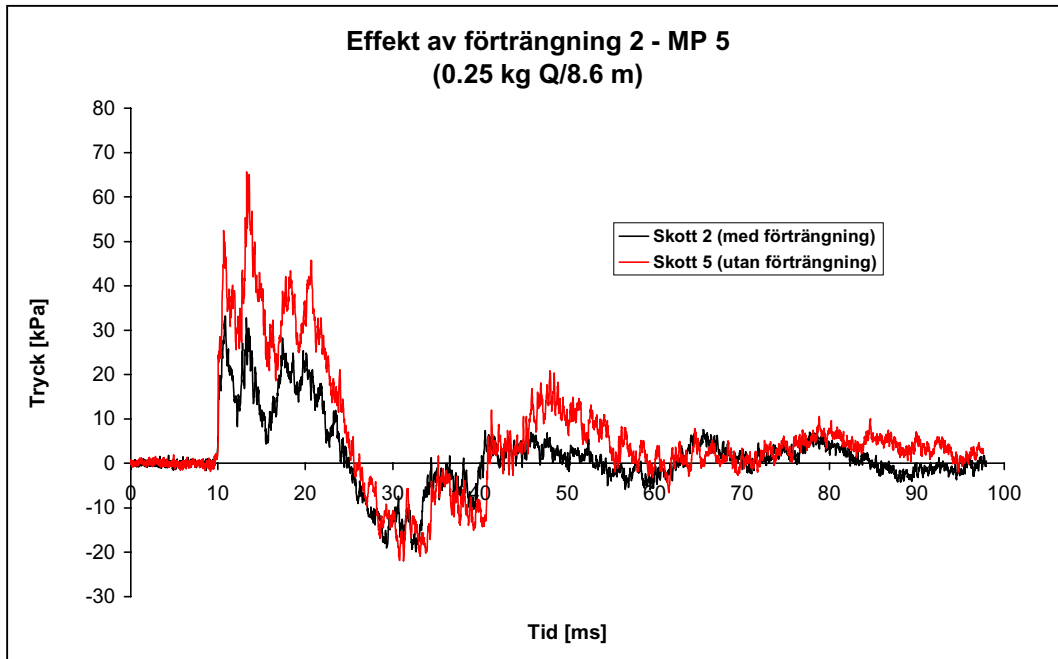
Figur 34. Impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 4 för skott 2 och 5.

#### 4.2.2 Effekt av förträngning 2

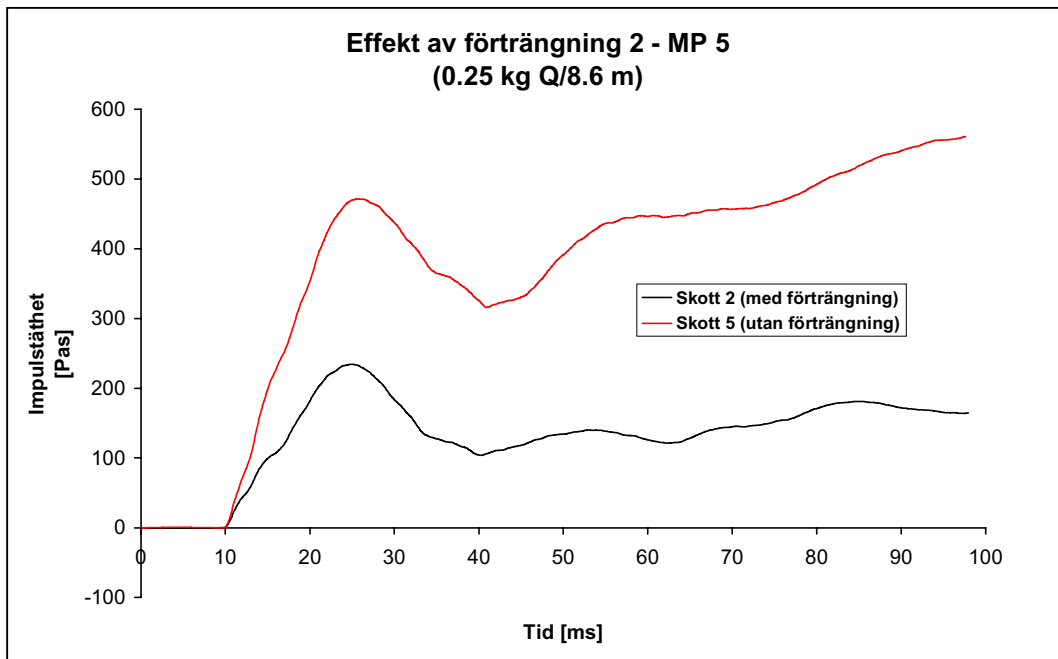
Förträngning 2 (pos 3, figur 7) var placerad direkt efter en förgrening ( $\varnothing$  400 mm) av kanalsystemet ( $\varnothing$  500 mm) och i anslutning till förträngningen var en axialfläkt monterad som under försöken var i drift och sög luft i samma riktning som luftstövågens utbredningsriktning. Vid skott 2 och 5 var avlastningsluckan 1 monterad i kanalsystemet.

Vid användning av en förträngning som reducerar kanaldiametern från 400 mm till 200 mm (se figur 14) sänks den maximala trycknivån från ca 65 kPa (utan förträngning) till ca 35 kPa (med förträngning). Impulstätheten (för en bedömd första övertrycksfas) minskar på motsvarande sätt från ca 470 Pas (utan förträngning) till ca 235 Pas (med förträngning).

Man kan notera att det verkar som om luftstöt vågens undertrycksfas förstärks genom att det luftflöde som uppstår på grund av axialfläkten samverkar med luftstöt vågen. I figur 35 och 36 redovisas tryck-tid och impulstäthet-tid förlopp i mät punkt 5 med förträngning (skott 2) respektive utan förträngning (skott 5).



Figur 35. Tryck-tid förlopp i mät punkt 5 för skott 2 och 5.

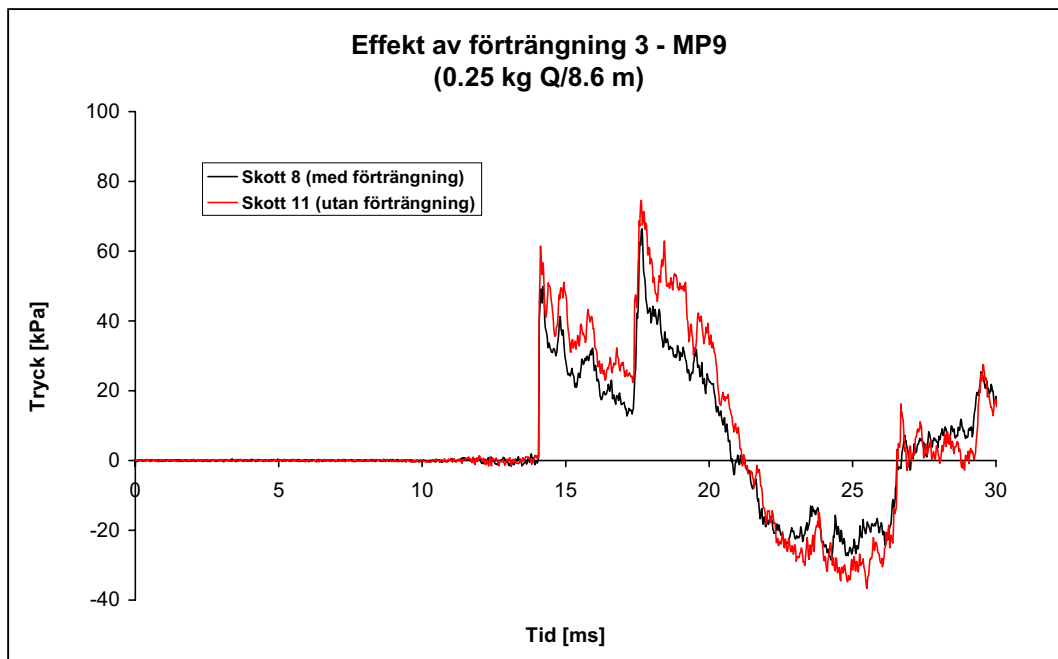


Figur 36. Impulstäthet-tid förlopp i mät punkt 5 för skott 2 och 5.

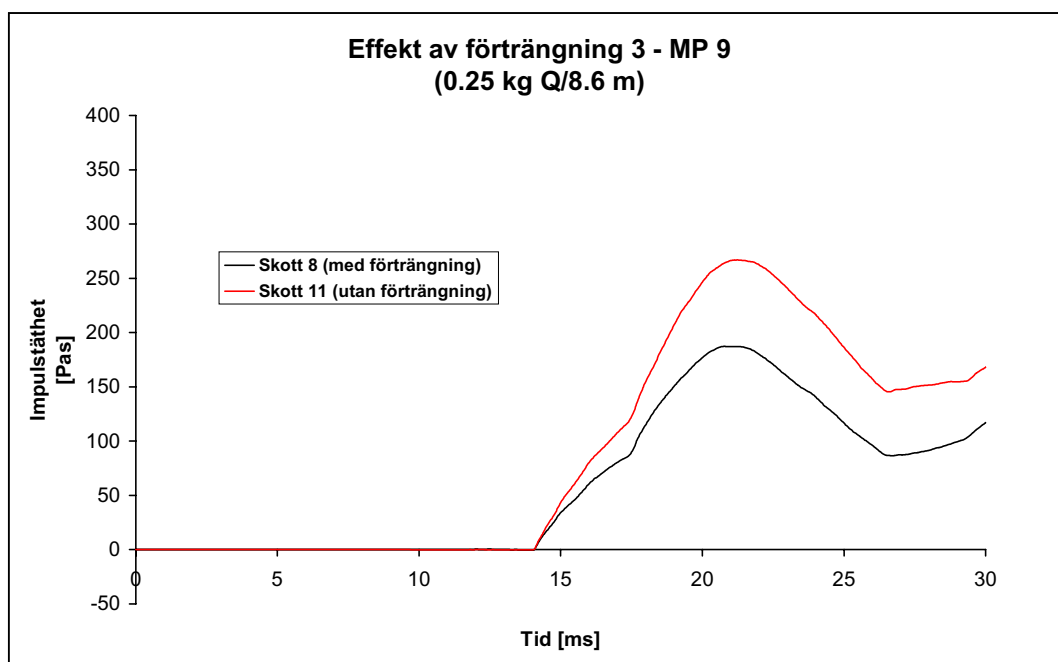
### 4.2.3 Effekt av förträngning 3

Förträngning 3 (pos 18, figur 9) var placerad direkt efter en förgrening av kanalsystemet ( $\varnothing$  250 mm). Vid skott 8 och 11 var avlastningsluckan 2 monterad i kanalsystemet.

Vid användning av en förträngning som reducerar kanaldiametern från 250 mm till 150 mm (se figur 14) sänks den maximala trycknivån från ca 75 kPa (utan förträngning) till ca 65 kPa (med förträngning). Impulstätheten (för en bedömd första övertrycksfas) minskar på motsvarande sätt från ca 270 Pas (utan förträngning) till ca 190 Pas (med förträngning). I figur 37 och 38 redovisas tryck-tid och impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 9 med förträngning (skott 8) respektive utan förträngning (skott 11).



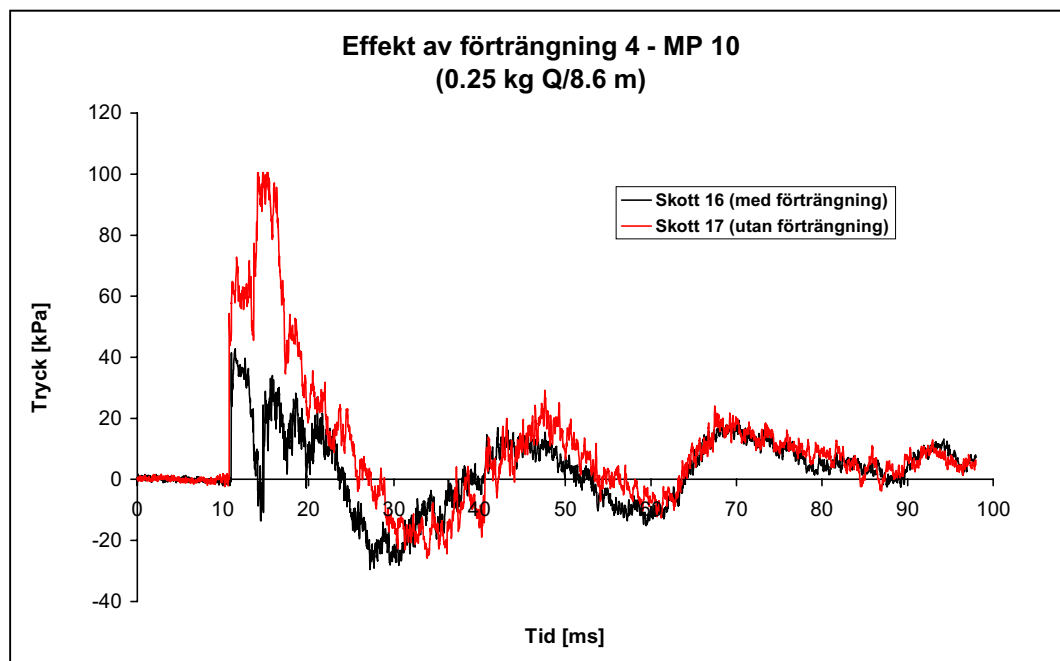
Figur 37. Tryck-tid förlopp i mätpunkt 9 för skott 8 och 11.



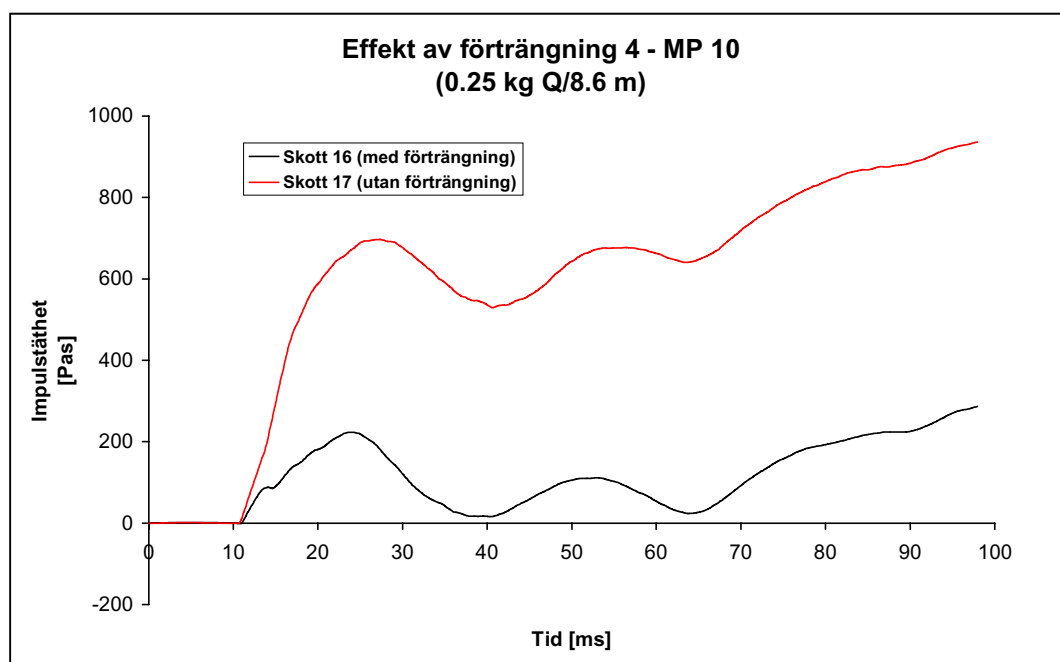
Figur 38. Impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 9 för skott 8 och 11.

#### 4.2.4 Effekt av förträngning 4

Vid användning av en förträngning 4 (pos 3, figur 8) som reducerar kanaldiametern från 500 mm till 400 mm (se figur 8) sänks den maximala trycknivån från ca 100 kPa (utan förträngning) till ca 40 kPa (med förträngning). Impulstätheten (för en bedömd första övertrycksfas) minskar på motsvarande sätt från ca 700 Pas till ca 220 Pas. I anslutning till den aktuella förträngningen var en axialfläkt monterad som under försöken var i drift och sög luft i samma riktning som luftstöt-vågen. Man kan även här notera (jämför med förträngning 2) att det verkar som om luftstöt-vågens undertrycksfas förstärks genom det luftflöde som uppstår på grund av axialfläkten samverkar med luftstöt-vågen. I figur 39 och 40 redovisas tryck-tid och impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 10 med förträngning (skott 16) respektive utan förträngning (skott 17).



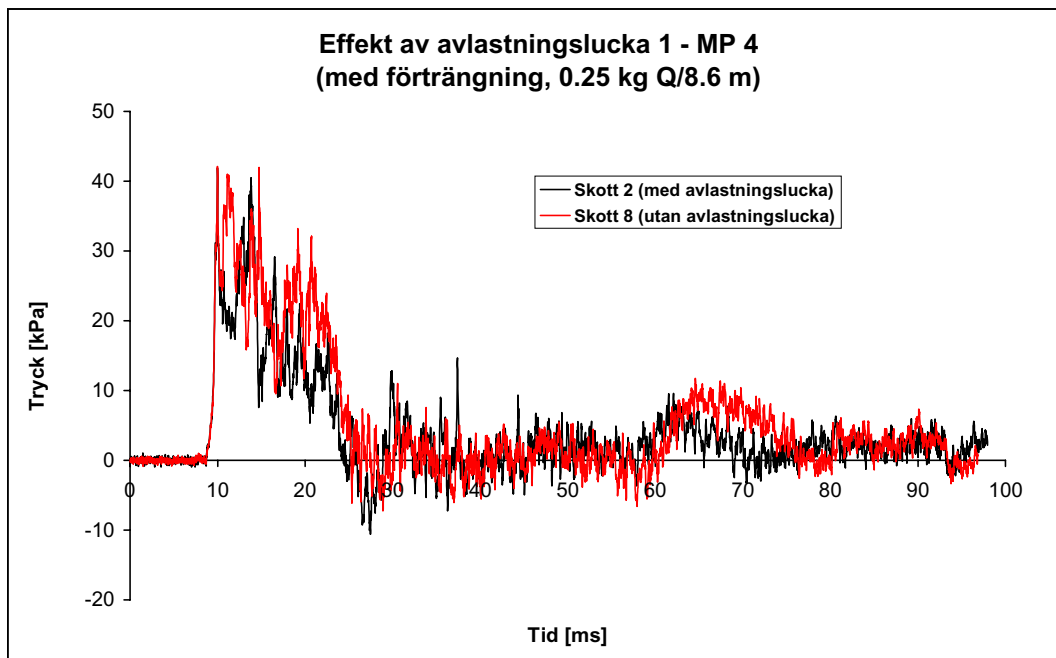
Figur 39. Tryck-tid förlopp i mätpunkt 10 för skott 16 och 17.



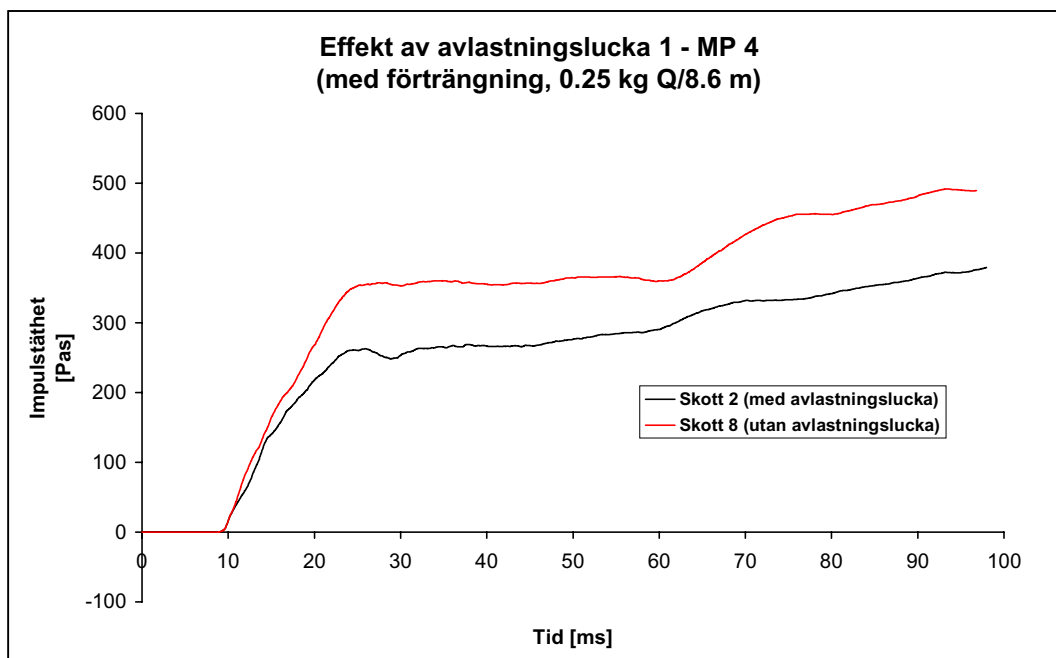
Figur 40. Impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 10 för skott 16 och 17.

#### 4.2.5 Effekt av avlastningslucka 1

Vid användning av avlastningslucka 1 (figur 13, pos 2 enligt figur 6) i kanalsystem ( $\varnothing$  500 mm) med förträngning 1 och 2 påverkas den maximala trycknivån inte nämnvärt. Impulstätheten (för en bedömd första övertrycksfas) minskar från ca 360 Pas (utan lucka) till ca 260 Pas (med lucka). I figur 41 och 42 redovisas tryck-tid och impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 4 med lucka (skott 2) respektive utan lucka (skott 8).



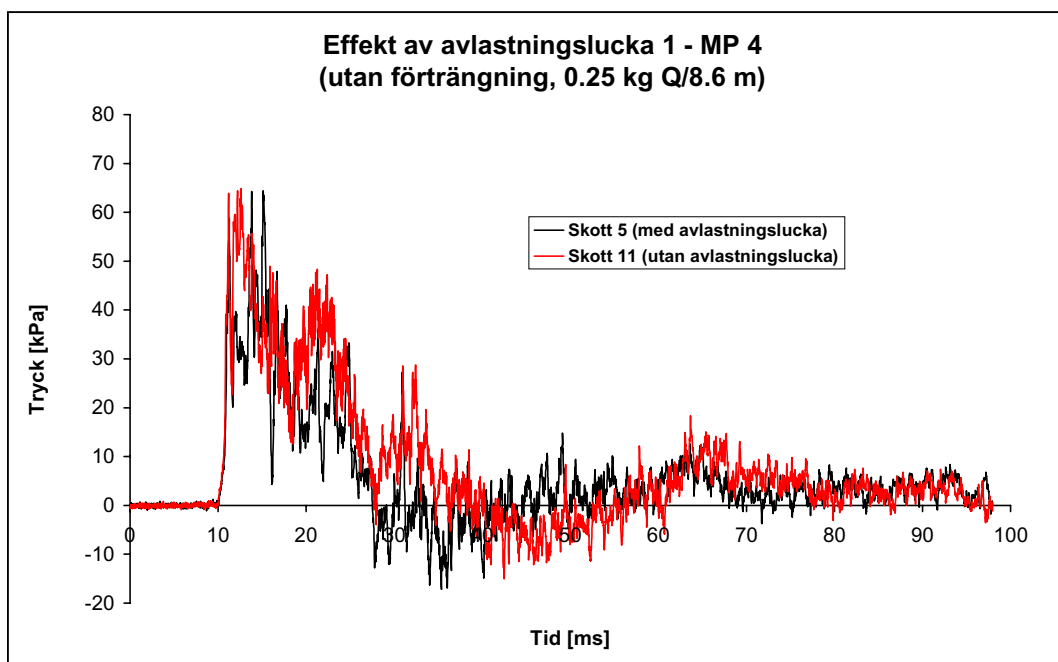
Figur 41. Tryck-tid förlopp i mätpunkt 4 för skott 2 och 8.



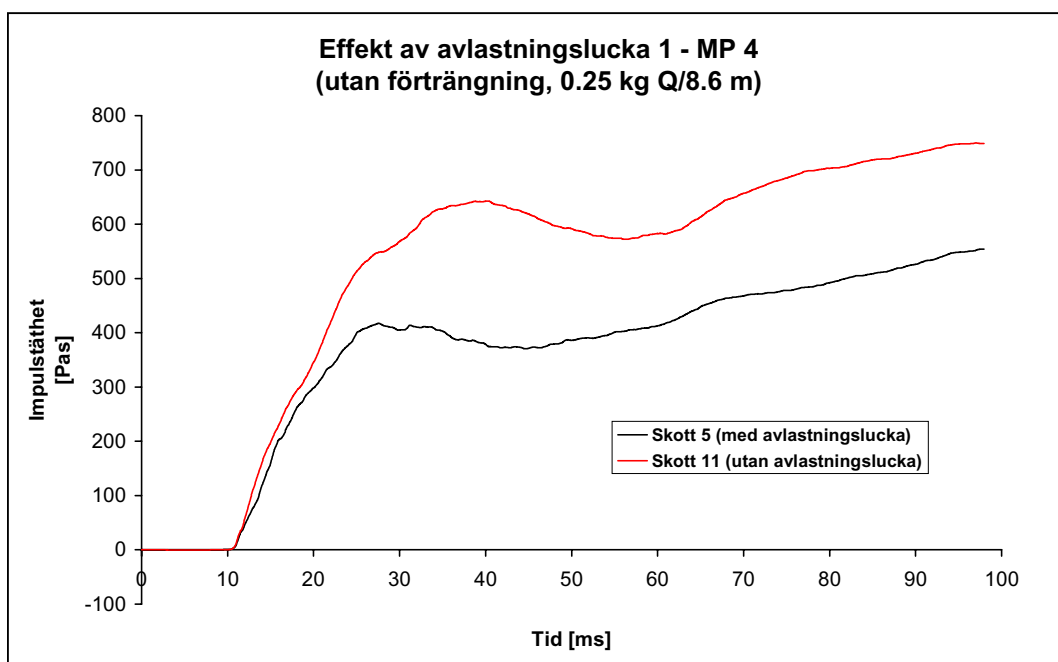
Figur 42. Impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 4 för skott 2 och 8.



Vid användning av avlastningslucka 1 (se figur 13) i kanalsystem ( $\varnothing$  500 mm) utan förträngning 1 och 2 påverkas den maximala trycknivån inte nämnvärt. Impulstätheten (för en bedömd första övertrycksfas) minskar från ca 640 Pas (utan lucka) till ca 415 Pas (med lucka). I figur 43 och 44 redovisas tryck-tid och impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 4 med lucka (skott 5) respektive utan lucka (skott 11).



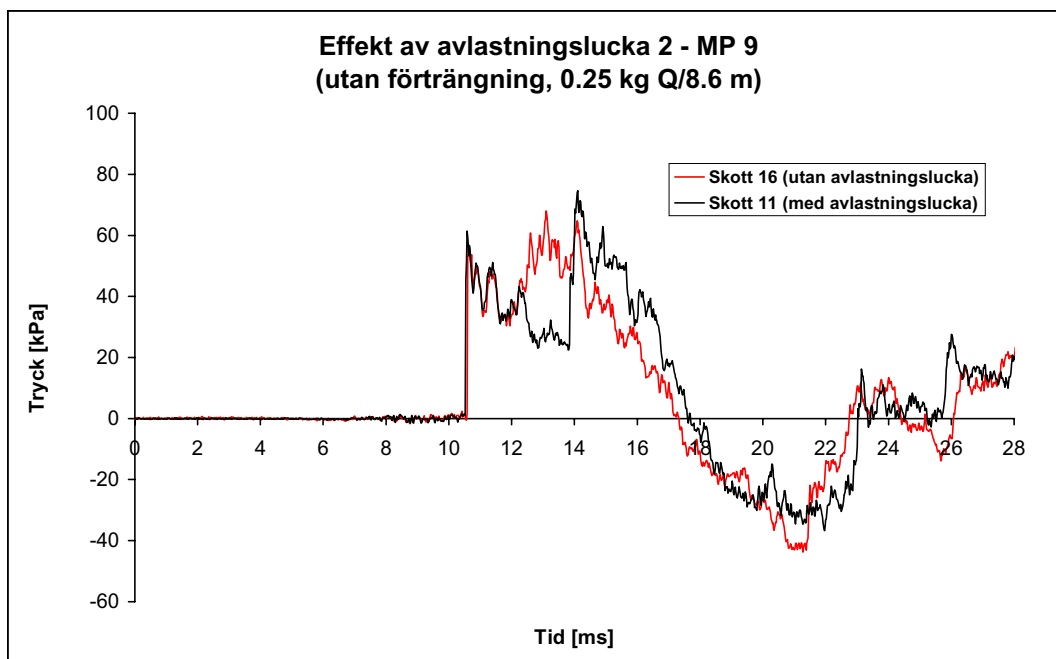
Figur 43. Tryck-tid förlopp i mätpunkt 4 för skott 5 och 11.



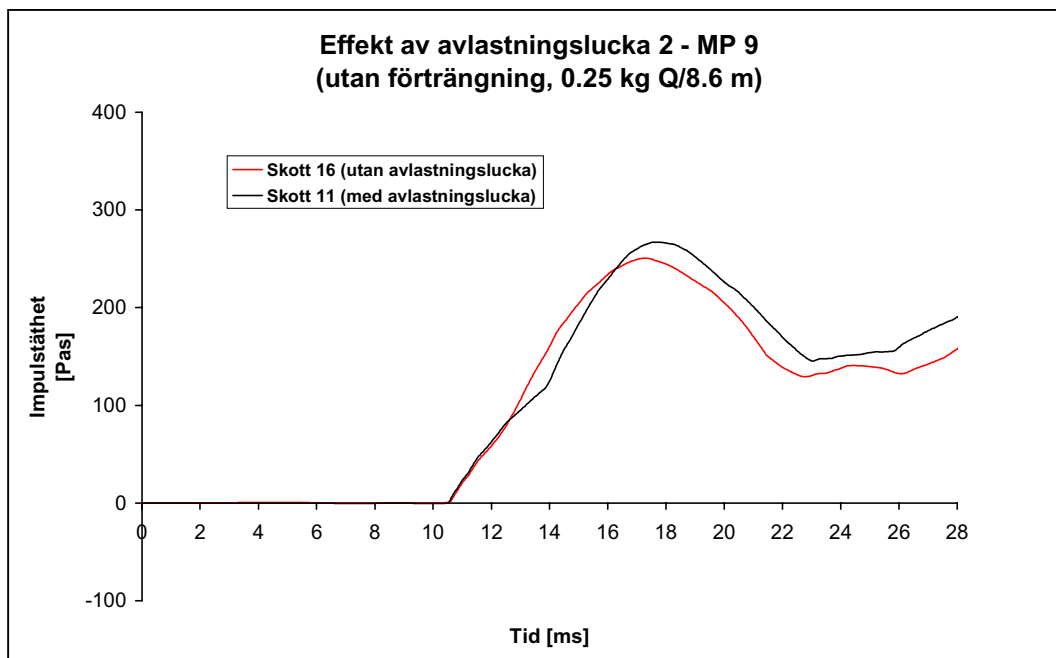
Figur 44. Impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 4 för skott 5 och 11.

#### 4.2.6 Effekt av avlastningslucka 2

Vid användning av avlastningslucka 2 (figur 13, pos 17 enligt figur 9) i kanalsystem ( $\varnothing$  250 mm) utan förträngning 3 påverkas den maximala trycknivån och motsvarande impulstäthet inte nämnvärt för belastningstyp 2 (0.25 kg Q/8.6 m). I figur 45 och 46 redovisas tryck-tid respektive impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 9 med avlastningslucka (skott 11) respektive utan avlastningslucka (skott 16).

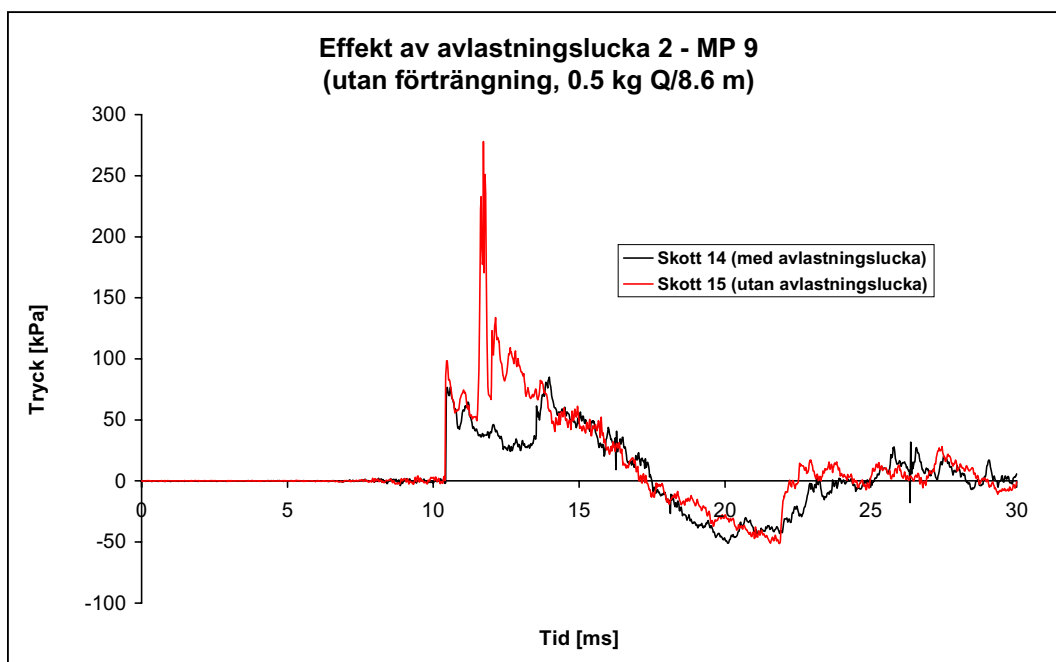


Figur 45. Tryck-tid förlopp i mätpunkt 9 för skott 11 och 16.

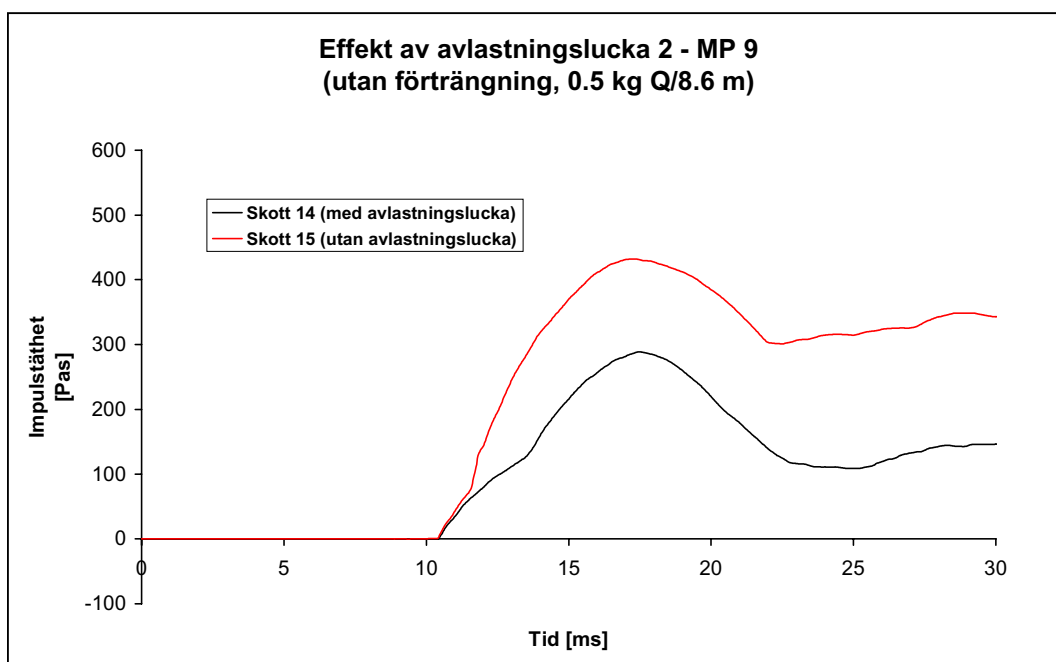


Figur 46. Impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 9 för skott 11 och 16.

Vid användning av avlastningslucka 2 (se figur 13) i kanalsystem ( $\varnothing$  250 mm) utan förträngning 3 sänks den maximala trycknivån från ca 280 kPa (utan lucka) till ca 85 kPa (med lucka) för belastningstyp 4 (0.5 kg Q/8.6 m). Impulstätheten (för en bedömd första övertrycksfas) minskar på motsvarande sätt från ca 430 Pas till ca 290 Pas. I figur 47 och 48 redovisas tryck-tid respektive impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 9 med lucka (skott 14) respektive utan lucka (skott 15).



Figur 47. Tryck-tid förlopp i mätpunkt 9 för skott 14 och 15.



Figur 48. Impulstäthet-tid förlopp i mätpunkt 9 för skott 14 och 15.

### **4.3 Redovisning av skador på komponenter**

I tabell 5 redovisas en sammanställning av observationer efter skott 1 – 19.

Tabell 5. Observationer efter skott 1 – 19.

<b>Skott</b>	<b>Observation</b>
2	Mutter släpper på avlastningslucka 1 (konstruktionsfel, ersätts med ny bult och mutter)
10	Filter i förfilterskåp släpper i ram men funktion berörs ej.
13	Omfattande skador uppstår på radialfläkten (fabrikat ABB). Hölje och lager pressas ut på sidorna. Dukstos ger vika i infästning så att läckor uppkommer samt en av två fläktremmar hoppar av. Filter i förfilterskåp släpper ytterligare i ram men funktion påverkas ej.
14	Dukstos på radialfläkt (fabrikat Gebhardt) slits loss och 1 st av 5 vibrationsdämpare släpper i kedjefäste.
15	Inspektionsluckor på förfilterskåp ger vika så att otätheter uppstår.
16	Jaluispjäll öppnar i helt öppet läge efter att ha varit låst i stängt läge.
18	Dukstos på axialfläkt (fabrikat ABB) slits loss.
19	Filter i förfilterskåp går sönder fullständigt.

#### **4.3.1 Radialfläkt (fabrikat ABB)**

##### Hölje (figur 49-50)

Vid skott 13 uppstår följande skador:

- Hölje mot remskivan utpressat ca 20 mm.
- Hölje och lager på inloppssidan utpressat ca 30 mm.
- Utlopp utpressat ca 15 mm på var sida med veckbildning som skapar otätheter mot anslutningsstos.

##### Fläkthjul

Eftersom hölje pressats ut har avstånd mellan fläkthjul och inloppskona ändrats. I stället för en överlappning på 8 mm har ett avstånd på ca 20 mm uppstått. Fläkthjulet var oskadat.

##### Anslutning/utlopp (figur 51)

Dukstos är hel, men tillhörande profiler i plåt har veckat sig mellan bultar, vilket medför otätheter i anslutningar mot fläkt och kanal.

##### Axel/lager (figur 52)

Lager har pressats ut på motsvarande sätt som höljet. Mot remskivan har lagerhus stoppat mot krysskil medan det på andra sidan återstår 6-7 mm innan lager lossnat från axeln. Axel och lager i övrigt utan skador.

### Ram /infästningar

Inga synliga skador.

### Motor

Inga skador noterades.

### Övrigt

En av drivremmarna hoppade av vid skott 13, men var oskadad.



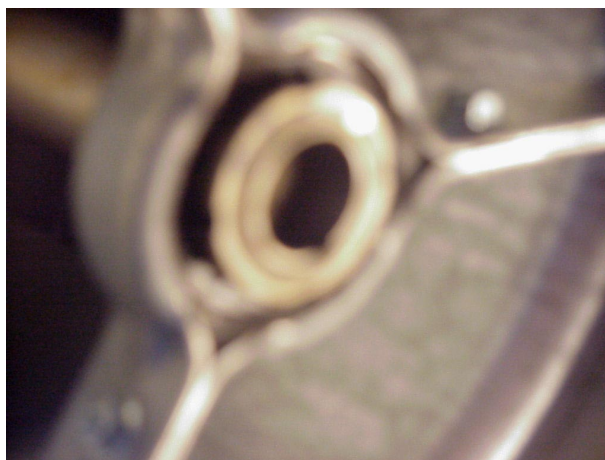
Figur 49. Bild av skadat hölje efter skott 13.



Figur 50. Bild av skadat hölje efter skott 13.



Figur 51. Bild av skador vid anslutning/utlopp efter skott 13.



Figur 52. Bild av skador i lagerhus efter skott 13.

### **4.3.2 Axialfläkt (fabrikat ABB)**

#### Hölje (figur 53)

Inga skador på höljet kunde konstateras efter att fläkten belastats under samtliga 19 skott.

#### Fläkthjul (figur 54)

Följande skador noterades efter skott 19:

- Kåpa på fläkthjulets front (belastad sida) är intryckt.
- 4 st av totalt 8 skovlar på fläkthjulet har ändrat inställningsvinkel med ca 5 grader, samtliga på samma sida.

### Axel/lager

Följande skador noterades efter skott 19:

- Axel har förskjutits ca 5 mm in i motorblocket men stoppat mot krysskil.

### Anslutning/utlopp

Följande skador noterades efter skott 18:

- Dukstos i anslutning mellan fläkt och kanal släpper i ena sidan (klammer) men är hel.

Följande skador noterades efter skott 19:

- Dukstos slits lös och sugas in i fläkt.

### Ram /infästningar

Infästning på gummidämpare kröktes, vilket berodde på att en av två bultar inte var monterade.

### Motor (figur 55)

Följande skador noterades efter skott 19:

- Bakre bultar 4 st i blocket har släppt i gängor när axel förskjutits.
- Remskivans krysskil stoppade ytterligare förskjutning.

### Övrigt

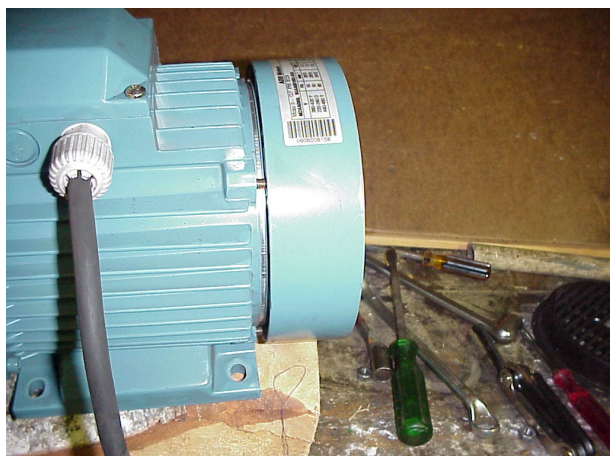
Fläktens verkningsgrad verkar vara något lägre efter försöken, jämfört med diagram för ny fläkt. Ändrade skovelvinklar trolig orsak.



Figur 53. Bild av hölje efter skott 19.



Figur 54. Bild av fläkthjul efter skott 19.



Figur 55. Bild av motor efter skott 19.

### 4.3.3 Radialfläkt (fabrikat Gebhardt)

#### Hölje

Inga skador konstaterades efter skott 14.

#### Fläkthjul

Inga skador konstaterades efter skott 14.

#### Axel/lager

Inga skador konstateras efter skott 14.

#### Anslutning/utlopp (figur 56)

Följande skador noterades efter skott 14:

- Dukstos i anslutning mellan fläkt och kanal släpper helt och sugs in i kanalsystemet.
- Dukstos och dess infästning med glasfiberband verkar klen i förhållande till fläktens kraftiga konstruktion

#### Ram /infästningar

Vibrationsdämpare på vänster sida (2 st) hoppar ur läge efter skott 14. I en av dessa slits kedjan för stoppläge av enligt figur 57.

#### Motor

Inga skador konstaterades efter skott 14.



Figur 56. Bild av skador på anslutning/utlopp efter skott 14.



Figur 57. Bild av defekt vibrationsdämpare efter skott 14.

### 4.3.4 Förfilterskåp

#### Hölje (figur 58)

Följande skador noterades efter skott 15:

- Inspektionsluckor på båda sidor har gett vika ca 15 mm på mitten.

Följande skador noterades efter skott 19:

- Inspektionsluckor på båda sidor har gett vika ytterligare ca 10 mm på mitten.
- Förstärkningskonsoler på inspektionsluckor bedömdes att ha undvikit skador.

### Filter (figur 59)

Följande skador noterades efter skott 10:

- Ram har släppt i ena sidan men håller ändå ihop, filter i övrigt oskadat.

Följande skador noterades efter skott 15:

- Ram har släppt på ytterligare i ett par sidor, men filter fungerade fortfarande.

Följande skador noterades efter skott 19:

- Filter har havererat fullständigt.



Figur 58. Bild av skador på hölje efter skott 19. Figur 59. Bild av skador på filter efter skott 19.

### **4.3.5 Jalousispjäll**

#### Infästning

Inga skador konstaterades efter skott 19.

#### Spjällblad

Efter att ha belastats under samtliga skott och delvis med helt stängda blad kan endast ca 5 mm böjning av spjällbladen påvisas. Påpekas kan att spjällets placering i kanalsystemets bakre del medförde att stötvågens verkning avtagit rejält. Vid ett försök när spjällbladen var helt stängda öppnades bladen vid belastningen, trots att låsning gjorts med reglervredets låsmutter (trolig orsak var för löst dragen låsmutter).

### **4.3.6 Kylbatteri**

#### Hölje

Inga skador konstaterades efter skott 19.

#### Rör/flänsar

Inga skador konstaterades efter skott 19.

#### Infästning

Inga skador konstaterades efter skott 19. Kylbatteriet vid provet var monterat så att stöd runt om erhöles. Med erfarenhet från befintligt befästningsbestånd finns olika lösningar på infästningar som inte representeras i detta försök. Begränsat utrymme i provkammarens infästningselement gjorde också att storleken på batteriet inte blev den önskade.



### **4.3.7 Förvärmningsbatteri**

#### Hölje

Inga skador konstaterades efter skott 19.

#### Infästning

Inga skador konstaterades efter skott 19.

#### Element

Inga skador konstaterades efter skott 19.

#### Kommentar

Förvärmningsbatteriet är av den typ som används i försvarets luftreningsanläggningar. Proven bekräftar att tidigare ställda krav på sådana produkter i luftreningsanläggningar uppfylls.

### **4.3.8 Vridspjäll**

#### Hölje

Inga skador konstaterades efter skott 19.

#### Spjällblad

Inga skador konstaterades efter skott 19.

#### Kommentar

Spjället är av den typ (standard) som används i försvarets luftreningsanläggningar. Proven bekräftar att tidigare ställda krav på sådana produkter i luftreningsanläggningar uppfylls.

### **4.3.9 Gummibälg**

#### Gummi

Inga skador konstaterades efter skott 19.

#### Infästning

Inga skador konstaterades efter skott 19.

#### Kommentar

Denna typ av gummibälg används i försvarets luftreningsanläggningar sedan 1990. Den provade bälgen är från leverans i samband med renovering som utfördes 1989-1991.

### **4.3.10 Kanalsystem**

#### Allmänt

Inga skador konstaterades efter skott 19.

#### **4.3.11 Avlastningslucka 1 och 2**

##### Allmänt

Inga större skador kan konstateras. Motslagsdämpare av gummi och förstärkningar har fungerat som tänkt, nämligen att belastningarna på luckorna har jämnats ut.

#### **4.3.12 Förträngningsstos 1-4**

##### Allmänt

Inga skador konstaterades efter skott 19.

## **5. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG PÅ FORTSATT ARBETE**

### **5.1 Slutsatser**

Följande slutsatser redovisas från försöken:

- Kanalsystem med ingående komponenter erhöll inga märkbara funktionsnedsättningar vid belastning av inläckande luftstötståg med värden på impulstätheten som ligger i nivå med redovisat typiskt värde (ca 700 Pas, reflektion).
- Vid en ökning av impulstätheten till ca 1200 Pas (reflektion) erhölls betydande funktionsnedsättningar på radialfläktar och förfilterskåp.
- Olika tekniska lösningar på kanalsystemen, som förträngningar och avlastningsluckor, har en viss reducerande effekt på uppkomna luftstötstågsbelastningar.

### **5.2 Förslag på fortsatt arbete**

Fortsatt arbete bör omfatta framtagning av tillämpningsanvisningar för projektering av ventilation i skyddade anläggningar med inriktning på att ta hänsyn till de erfarenheter som redovisas i den här rapporten.

Avsnitt som bör behandlas vid framtagning av dessa tillämpningsanvisningarna är för nyproduktion:

- klassning av VVS-komponenter (provande och likvärdiga)
- förslag på lämpliga principlösningar
- detaljerade studier av tryck- och impulsregistreringar från skott 1-19

Motsvarande för befintliga anläggningar är:

- identifiering av svaga länkar i systemen (som t ex fläktar , filter mm)
- studera och ge förslag på nya driftlägen (nivåer)
- ekonomiska aspekter