



# LUND UNIVERSITY

## Textildon som backspjäll - teori och mätresultat

Jensen, Lars

2007

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Jensen, L. (2007). *Textildon som backspjäll - teori och mätresultat*. (TVIT; Vol. TVIT-7013). Avd Installationsteknik, LTH, Lunds universitet.

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

# Textildon som backspjäll - teori och mätresultat

*Lars Jensen*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2007  
Rapport TVIT--07/7013



## Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

## Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rök-spridning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

# Textildon som backspjäll - teori och mätresultat

*Lars Jensen*

© Lars Jensen, 2007

ISRN LUTVDG/TVIT--07/7013--SE(15)

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
22100 LUND

## Innehållsförteckning

1	Inledning och problemställning	5
2	Teoretisk analys av backfunktionen	7
3	Mätobjekt och mätuppställning	9
4	Mätresultat för framriktningen	11
5	Mätresultat för backriktningen	13
6	Sammanfattning och slutsatser	15



# 1 Inledning och problemställning

Brandgasspridning sker i FT-system vid brandflöden något större än det normala ventilationsflödet bortsett samtidigt läckage. Spridning sker via tilluft genom att brandtrycket i den brandutsatta lokalen blir högre än vad trycket är i tilluftskanalsystemet där den brandutsatta lokalen ansluter. Spridning sker till alla lokaler som finns nerströms i tilluftskanalsystemet räknat från där den brandutsatta lokalen ansluter.

Spridning via tilluftskanalsystemet kan förhindras genom att sätta in back- eller brandgasspjäll. Spridningen kan också begränsas genom att använda tilluftsdon med ändringsbar öppningsarea. Ändringen kan vara styrd eller självverkande. Ett exempel på det senare är textiltilluftsdon, vars normala arbetsyta i framriktningen kan vara flera gånger större än den i backriktningen.

Syftet med denna rapport är att teoretiskt och praktiskt undersöka backfunktionen för ett textiltilluftsdon. Ett enkelt överslag är ett cylindriskt textildon med diametern  $d$  och längden  $n$  diametrar. Textildons längd begränsas av att inloppshastigheten inte får vara för hög, annars uppstår fladder vid inloppet. En rekommendation är att det dynamiska trycket helst skall vara hälften av det statiska trycket.

Arbetsytan antas vara lika med cylinderns mantelyta  $\pi nd^2$  och en bottenyta  $\pi d^2/4$ . Geometrin är något osäker, men för det ideala fallet är arbetsytan i backriktningen lika med en tvärsnittsytan  $\pi d^2/4$ . Förhållandet mellan arbetsytan i framriktningen och i backriktningen blir  $4n+1:1$ . Antag att textildonets diameter är 0.1 m och dess längd 0.5 m längd. Detta ger förhållandet 21:1. Läckflödet borde därför kunna bli en avsevärt mindre än det normala ventilationsflödet. Normaltryckfall, brandtryck och textildukens egenskaper har givetvis också betydelse. Textilduken närmast inloppet/anslutningen kan också göras av ett lufttätt material, vilket i princip skall kunna göra backfunktionen helt lufttät.

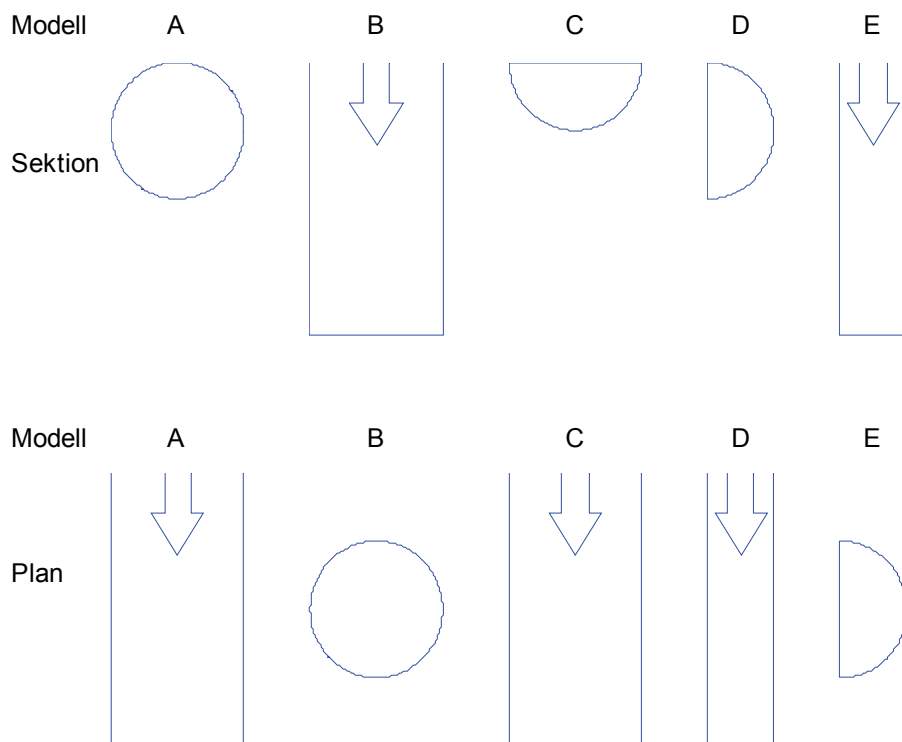
Ett problem för ett textildon är givetvis brandtåligheten, men för ett don placerat nära golvet kan temperaturen vara måttlig ända till dess att brandgaslagret når golvnivå.

Textildon kan utformas på ett flertal olika sätt, när det gäller textildukens form och orientering. Några möjliga textildon redovisas i Figur 1.1 med sektion och plan.

Textildon kan också förses med dysor för att för egenskaper liknade de som gäller för tilluftsdon med höga inblåsningshastigheter. Denna typ är inte av intresse här, eftersom mindre backflöden kan passera dysorna utan att textildonet pressas samman av det yttre övertrycket.

De två textiltilluftsdon som denna rapport behandlar har utformats och tillverkats av företaget ACP. De cylindriska donen betecknas 010 och 030 har båda en anslutningsdiameter på 100 mm och en aktiv längd på 400 mm med textilduk typ 5 respektive 6 och en passiv längd på 100 mm med nästa lufttät textilduk. Den passiva dondelen är tänkt att förbättra backfunktionen. Nominella data är för don 010 20 l/s vid 88 Pa och för don 030 20 l/s vid 45 Pa.





Figur 1.1 Exempel på utformningar av textiltilluftsdon.

Det är uppenbart att tyngdkraften i en del fall försvårar en ihoptryckning och minskning av den möjliga genomströmningsytan i backriktningen. En enkel genomgång av de fem redovisade modellerna A-E är följande:

Modell A är en hängande horisontell cylinder, som sjunker ihop mer eller mindre vid nollflöde.

Modell B är en hängande vertikal cylinder, som knappast ändrar form vid nollflöde.

Modell C är en hängande horisontell halvcylinder, som knappast ändrar form vid nollflöde.

Modell D är en hängande vertikal halvcylinder, som knappast ändrar form vid nollflöde.

Modell E är en hängande horisontell halvcylinder, som sjunker ihop mer eller mindre vid nollflöde.

## 2 Teoretisk analys av backfunktionen

Antag att ett textildon av utförande B enligt Figur 1.1 trycks samman så långt det går. Detta innebär att tryckskillnaden  $\Delta p$  verkande uppåt över tvärsnittsytan lyfter den ihoptryckta textilduken något. Antag att den sammantryckta mantelytans vikt och bottenytans vikt balanseras med tryckskillnaden över tvärsnittsytan enligt samband (2.1) och förenkling ger tryckkravet (2.2).

$$(\pi d^2/4) \Delta p = (\pi n d^2 + \pi d^2/4) m g \quad (\text{N}) \quad (2.1)$$

$$\Delta p = (4n + 1) m g \quad (\text{Pa}) \quad (2.2)$$

där

$\Delta p$	tryckskillnad över textilduk, Pa
$d$	donets diameter, m
$n$	donets längd i antal diametrar, -
$m$	textildukens ytvikt, kg/m <sup>2</sup>
$g$	jordgravitationen, m/s <sup>2</sup>

Ett sifferexempel för vilken tryckskillnad som trycker samman ett don av typ B är följande. Antag att  $n = 5$ ,  $m = 0.3 \text{ kg/m}^2$  och  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ , vilket ger  $\Delta p = 62 \text{ Pa}$ . Slutsatsen är att det krävs rätt höga yttre övertryck för att trycka samman och lyfta ett vertikalt cylindriskt textildon.

Textilduken går inte att böja med försumbar radie. Krökningsradien  $r$  för en plan skiva med bredden 1 m, med materialelasticiteten  $E$ , tröghetsmomentet  $I$  och ett böjande moment  $M$  kan skrivas som (2.3). Momentet ges av (2.4) och insättning i (2.3) ger det sökta sambandet (2.5).

$$r = EI / M \quad (\text{m}) \quad (2.3)$$

$$M = 2 r^2 \Delta p \quad (\text{Nm}) \quad (2.4)$$

$$r = (EI / 2\Delta p)^{1/3} \quad (\text{m}) \quad (2.5)$$

Egenskapen  $EI$  för duken kan uppskattas som för en fritt upplagd rak balk med längden  $x$  och lastkraften  $Q = m x g$  genom att bestämma nerböjningen  $z$  för en bit horisontellt fritt utskjutande och fast inspänd textilduk med längden  $x$  enligt Figur 2.1 och uttrycket (2.6) nedan.

$$z = 5 Q x^3 / 384 EI \quad (\text{m}) \quad (2.6)$$

Nerböjning blev 0.015 m för utsticket 0.045 m. Den fritt upplagda balkens längd blir 0.090 m och värdet för  $EI = 167 \cdot 10^{-6} \text{ Nm}^2$ . Bestämningen av  $EI$  är något osäker och i överkant, eftersom de sju laserskurna färgprovbitar hade delvis smälta kanter. Provbitarnas mått hade längden 108 mm och bredden 39 mm. Ett lämpligt valt sifferexempel är  $2\Delta p$  lika med 167 Pa, vilket ger en krökningsradie på 0.01 m eller 10 mm. Tryckskillnaden är 83.5 Pa. Notera att en halvering av krökningsradien kräver att tryckskillnaden ökas en faktor 8 enligt (2.5).

En ökning av krökningsradien med en faktor 5 till 0.05 m eller 50 mm ger en tryckskillnad på 0.7 Pa (83.5/125) eller egentligen en faktor 125 mindre än det förra exemplet. Detta värde ger en uppfattning om vilken storleksordning som övertrycket skall ha för att kunna pressa samman ett cylindriskt textildon. Den cylindriska mantelytan skall inte betraktas som sluten utan som uppslitsad.

En bättre skattning av den minsta tryckskillnad, som bucklar ett cylindriskt skal, kan göras genom att tillämpa Eulers fjärde knäckfall med fast inspänning i båda ändar enligt (2.7) för en 1 meter lång halvcylinder med fast inspänning (den andra halvcylindern). Eulers knäckfall förutsätter egentligen helt raka balkar, men tillämpningen här ger en överskattning av det nödvändiga bucklingstrycket. I praktiken kommer oregelbundenheter i form göra att textildonet trycks samman tidigare. Det finns ofta en långsgående söm.

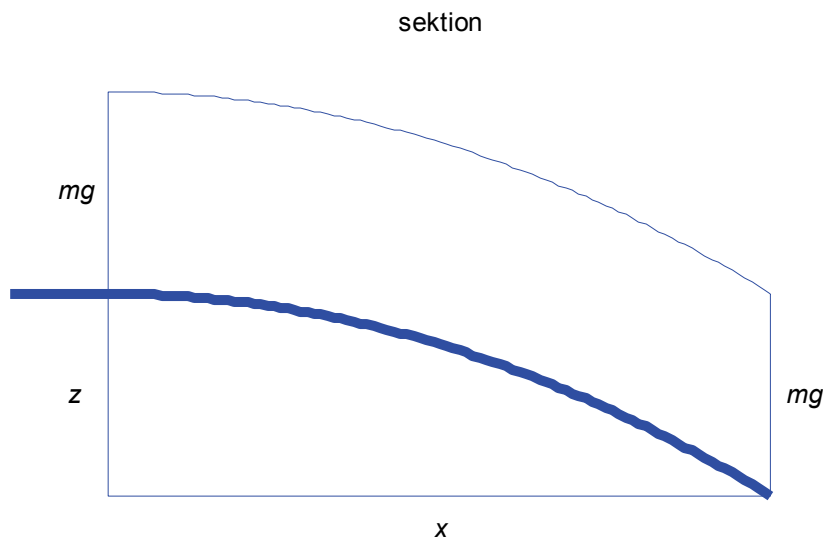
$$F_4 = 4 \pi^2 EI / l^2 \quad (\text{Eulers fjärde knäckfall}) \quad (\text{N}) \quad (2.7)$$

Den krökta balkens längd  $l$  är lika med en halv omkrets  $\pi d/2$ . Knäckkraften  $F_4$  ges av  $\Delta p d/2$ . Insättning i (2.7) ger sambandet (2.8) mellan bucklingstryck  $\Delta p$ , materialdata  $EI$  och diameter  $d$  och tillämpning med  $EI 167 \cdot 10^{-6} \text{ Nm}^2$  och en diameter  $d 0.1 \text{ m}$  ger ett knäcktryck  $\Delta p 5.3 \text{ Pa}$ .

$$\Delta p = 32 EI / d^3 \quad (\text{Pa}) \quad (2.8)$$

Uttrycket (2.8) ovan är snarlikt med (2.5) och omskrivning av  $r = d/2$  i (2.5) ger uttrycket (2.9). Det skiljer en faktor 8 mellan de två tryckskillnaderna.

$$\Delta p = 4 EI / d^3 \quad (\text{Pa}) \quad (2.9)$$



Figur 2.1 Nerböjning av fritt utskjutande och fast inspänd balk med egenvikt.

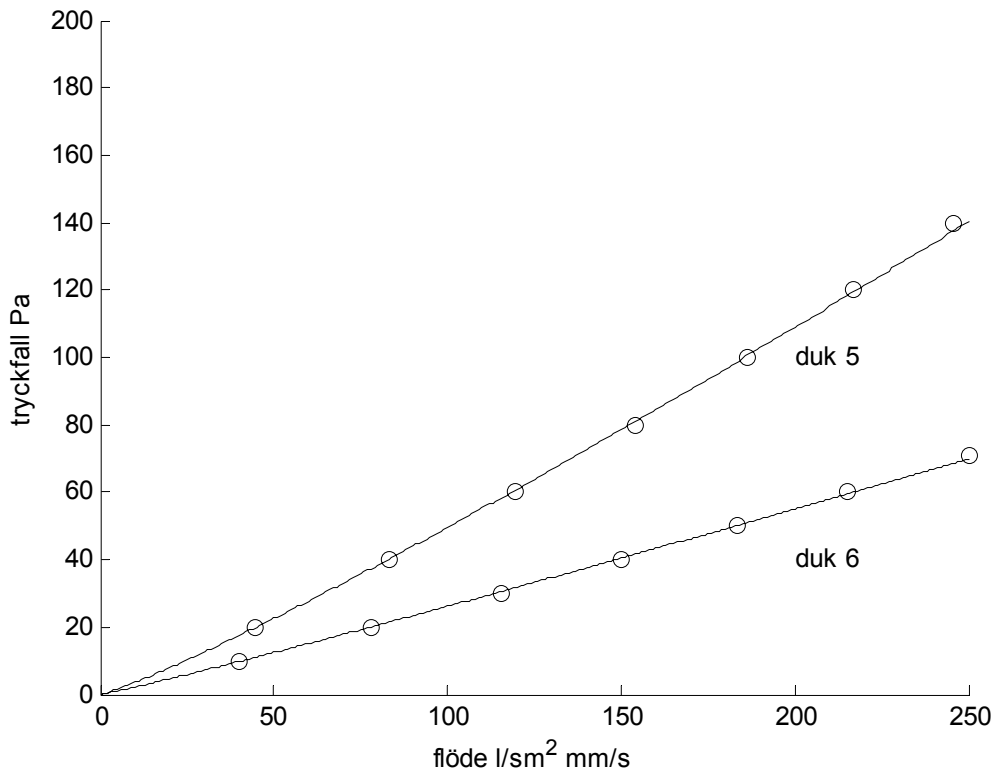
### 3 Mätobjekt och mätuppställning

Två cylindriska textildon med något olika dimensionerande data enligt Tabell 3.1 nedan har genommätts i framriktningen och i backriktningen enligt de två försöksuppställningarna i Figur 3.2 respektive Figur 3.3. Resultaten redovisas i avsnitt 4 respektive 5. Båda textildon har en anslutningsdiameter på 100 mm och en aktiv längd på 400 mm. Det finns också en passiv längd på 100 mm med nästan lufttät duk, vilken skall täta i backriktningen.

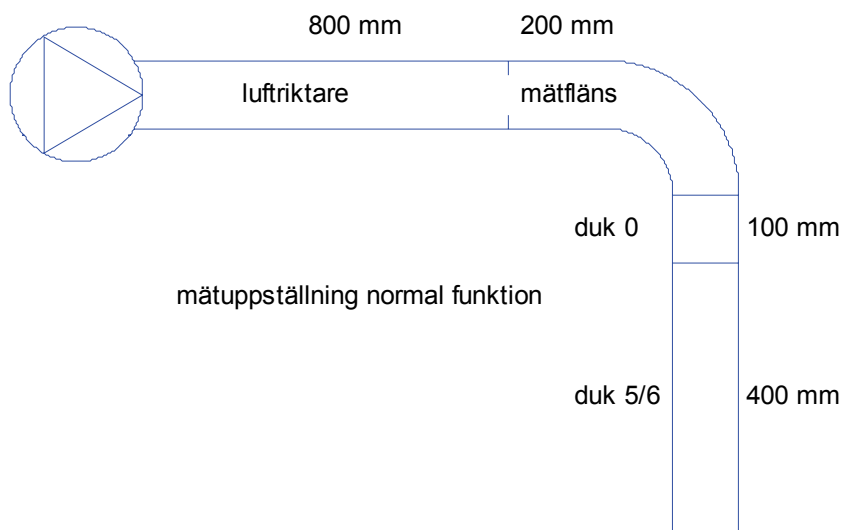
Det som skiljer donen åt är den aktiva duken med något olika egenskaper, vilka redovisas i Figur 3.1 med avlästa värden från diagramblad och anpassade funktioner med tryckfall som funktion av flöde  $l/sm^2$  eller  $mm/s$ . Tryckfallsfunktionen skrivs som  $\Delta p = a q^b$  och parametern  $b$  visar att duktryckfallet är nästan laminärt.

Tabell 3.1 Data för cylindriska textildon

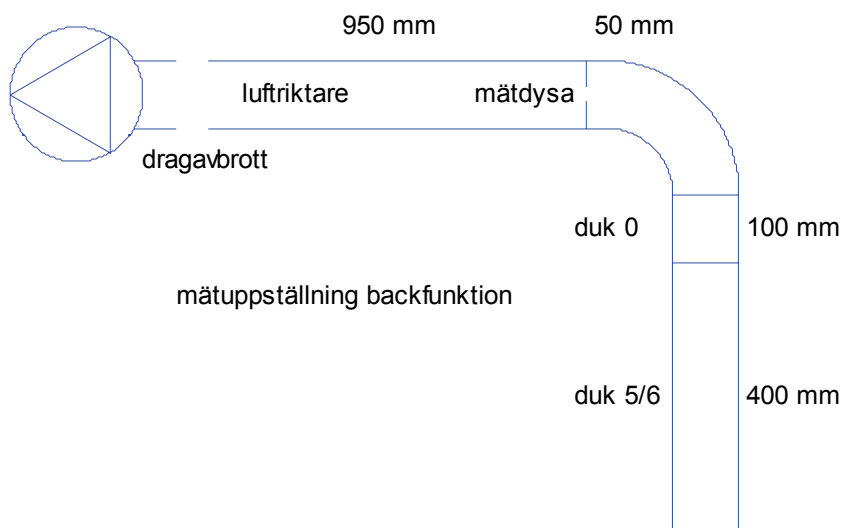
don	duktyp	$\Delta p_n$ Pa	$q_n$ l/s	$a$	$b$
010	5	88	20	0.2653	1.136
030	6	45	20	0.1885	1.072



Figur 3.1 Tryckfall Pa som funktion av flöde  $l/sm^2$  eller  $mm/s$  för duk 5 och 6.



Figur 3.2 Mätuppställning för normal funktion.



Figur 3.3 Mätuppställning för backfunktion.

## 4 Mätresultat för framriktningen

De två textildonen betecknade 010 och 030 med data enligt Tabell 3.1 har genomväts med mätuppställning enligt Figur 3.2. Radialfläktens varvtal styrdes med en enkel tyristor. Flödet uppmättes med en standard strypfläns EHBA 010-2 och elektronisk tryckmätare SI-special instruments. Omräkning av mättryckskillnad till flöde enligt:

$$q = a \Delta p^b \quad (\text{l/s}) \quad (4.1)$$

Parametrar  $a$  och  $b$  har bestämts med kalibreringspunkter 28.5 l/s 20 Pa och 73.0 l/s 150 Pa enligt diagramblad på strypflänsen. Övertryck i textildonet uppmättes med samma instrument genom att växelvis koppla in enbart tryckuttag före textildon eller mätfläns för flödesmätning.

Donens tryckfall som funktion av flödet redovisas i Figur 4.1 och 4.2 för don 010 respektive 030 tillsammans med donens nominella tryckfall och flöde. I Figur 4.1 och 4.2 redovisas även ett beräknat tryckfall som funktion av flödet utifrån uppgifter på textildukyta och duktyp. Flödesintervallet för dessa beräknade kurvor är begränsade till 250 l/sm<sup>2</sup> eller 33 l/s för den aktuella aktiva donytan.

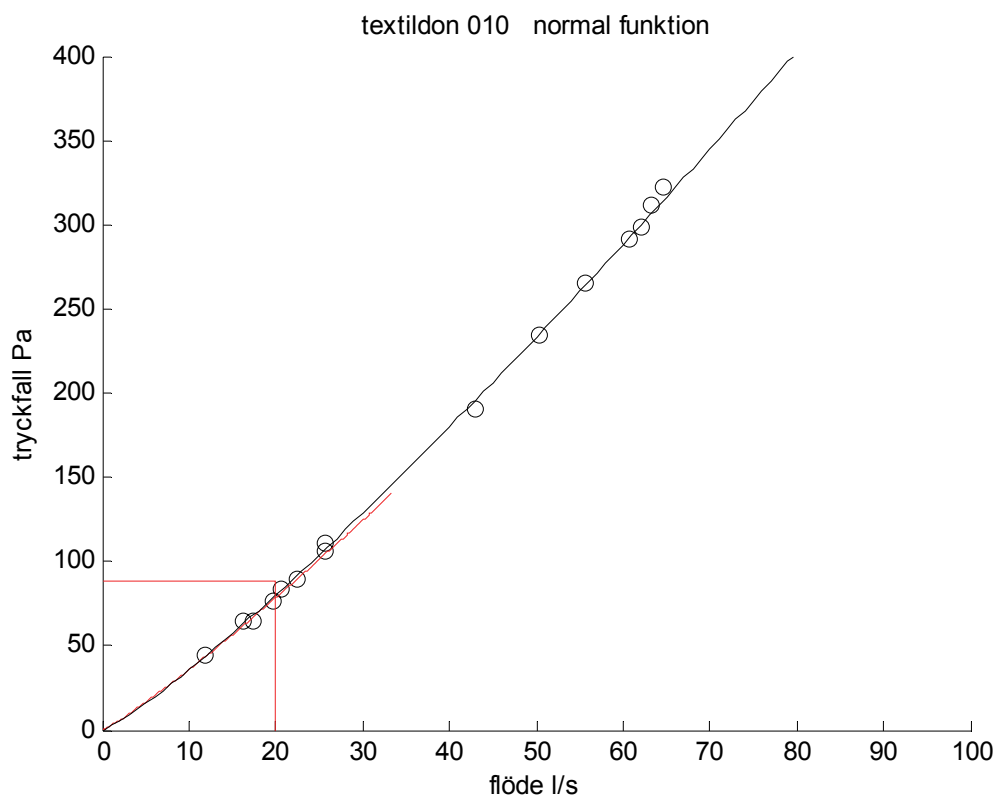
Det redovisade tryckfallet för textildonen inbegriper även tryckfallet för 90°-böj, eftersom tryckuttaget är placerat före böjen.

De redovisade mätvärden i framriktningen ligger genomgående mycket över den nominella värden. Avsikten med detta är att visa att höga dontryckfall kan användas som en åtgärd mot brandgasspridning. Brandtrycket måste bli högre än dontryckfallet om spridning skall kunna ske. Det höga dontryckfallet ökar läckaget och frånluftsflödet betydligt.

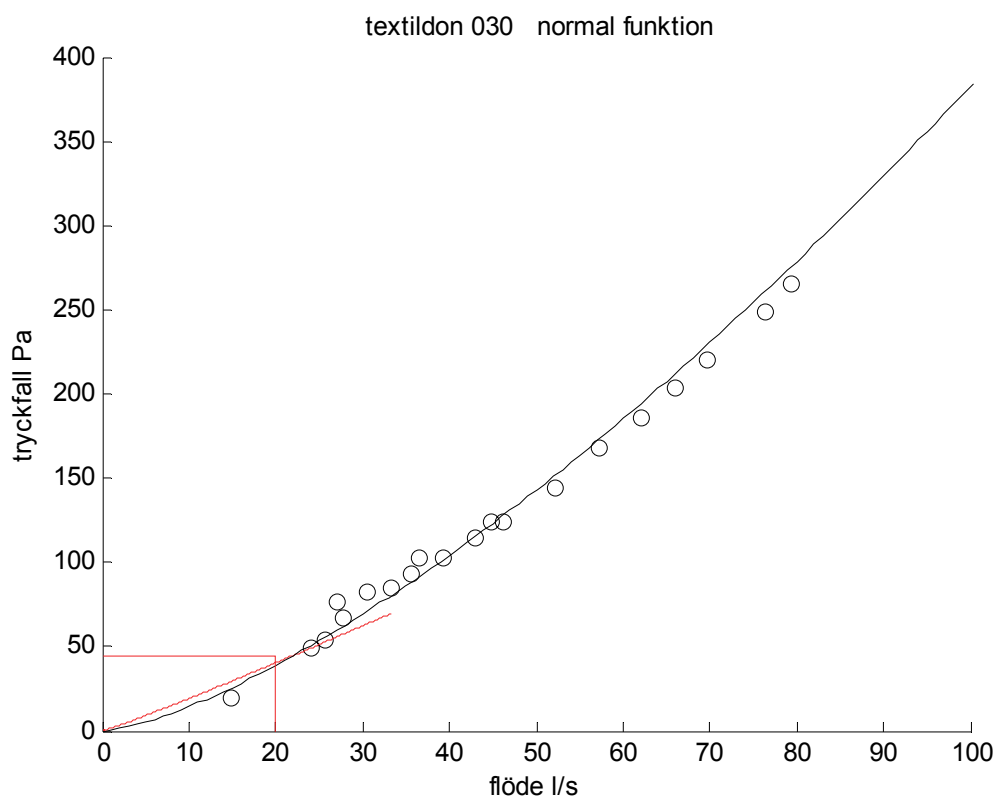
Mätdata har även anpassats till  $\Delta p = a q^b$  och parametrar  $a$  och  $b$  redovisas i Tabell 4.1. Parametern  $b$  i Tabell 4.1 visar att tryckfallet genom textilduken blir mer kvadratisk jämfört med dukdata för lägre flöden och tryckfall.

Tabell 4.1 Data för cylindriska textildon

don	duktyp	$a_{don}$	$b_{don}$	$b_{duk}$
010	5	2.469	1.163	1.136
030	6	0.558	1.418	1.072



Figur 4.1 Tryckfall som funktion av flöde i framriktningen för textildon 010.



Figur 4.2 Tryckfall som funktion av flöde i framriktningen för textildon 030.

## 5 Mätresultat för backriktningen

De två textildonen betecknade 010 och 030 med data enligt Tabell 3.1 har genomväts med mätuppställning enligt Figur 3.3. Radialfläktens varvtal var konstant. Flödet uppmättes med en egentillverkad mätdysa med rundat inlopp och med diametrarna 12 mm och 25 mm. Mätningar av tryck skedde elektronisk tryckmätare från SI-special instruments. Undertryck i textildonet uppmättes med samma instrument genom att växelvis koppla in mätuttag för tryck och mätdysa för flödesmätning.

Det som skiljer de två mätuppställningarna åt är främst dragavbrottet för fallet med backriktning. Orsaken till att ett dragavbrott infördes var att det inte gick att reglera fläkten tillräckligt säkert utan att textilduken drog sig samman, varvid tryckfall och flöde ändrade sig långt mer än önskat. Fläkten fick gå med konstant varvtal och genom att ändra glappet i dragavbrottet kunde undertrycket i textildonet ändras på ett önskat sätt. Ett flertal mätningar har genomförts med ökande flöde och tryckskillnad. Spridningen i mätdata i mätdata beror på att textilduken pressas samman något olika från gång till gång

Donens tryckfall som funktion av flödet redovisas i Figur 5.1 och 5.2 för don 010 respektive 030 för fallen med 0 för med passiv duk och med + för utan passiv duk. Den passiva dukens inverkan har maskats bort med en 100 mm lång spirokanalbit. I Figur 5.1 och 5.2 redovisas även de anpassade sambanden mellan tryckfall och flöde för normal drift, vilka redovisats tidigare i Figur 4.1 respektive 4.2. En idealiserad minsta möjliga läckkurva redovisas också för en läckyta lika med ett kanalvärsnitt och med reservation för extrapolerade dukdata.

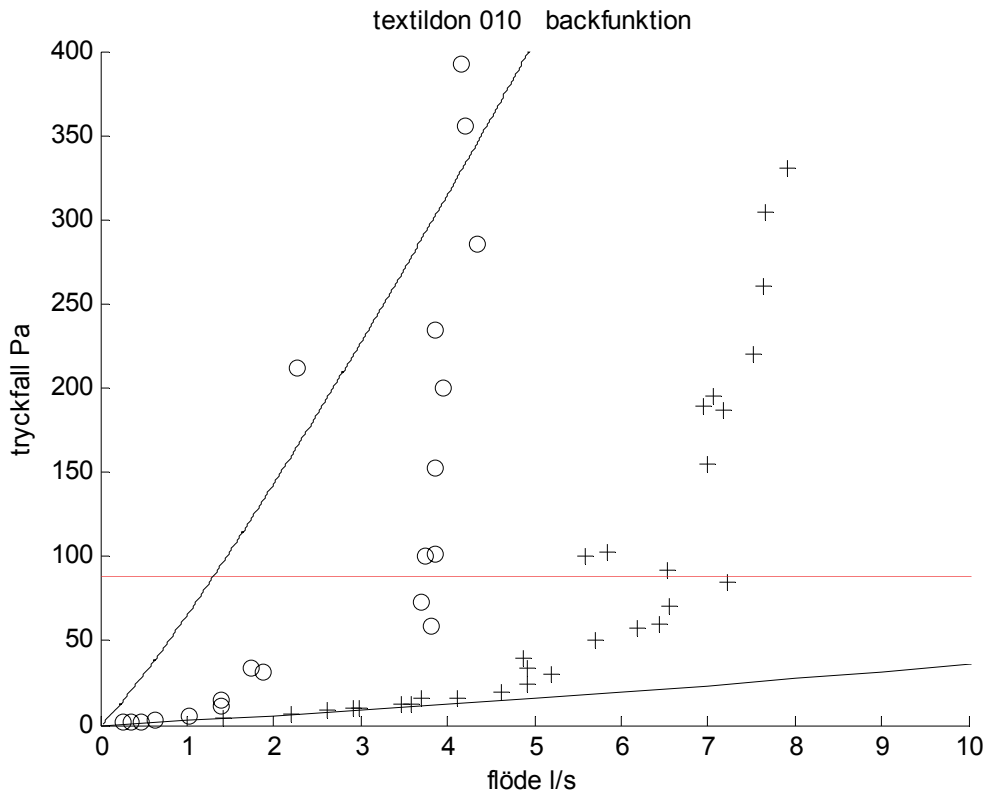
Mätdata i Figur 5.1 och 5.2 visar att tryckfallet ökar betydligt med flödet på grund av att den fria textilytan minskar med ökande tryckskillnad. Några okulära observationer från mätningarna med passiv duk är följande:

< 5 Pa	textildonet trycks samman mittpå till ett oregelbundet Y
100 Pa	aktiv dukyta sammanpressas
200 Pa	passiv dukyta sammanpressas och textildonet lyfts 20 mm
400 Pa	textildonet lyfts ytterligare 20 mm

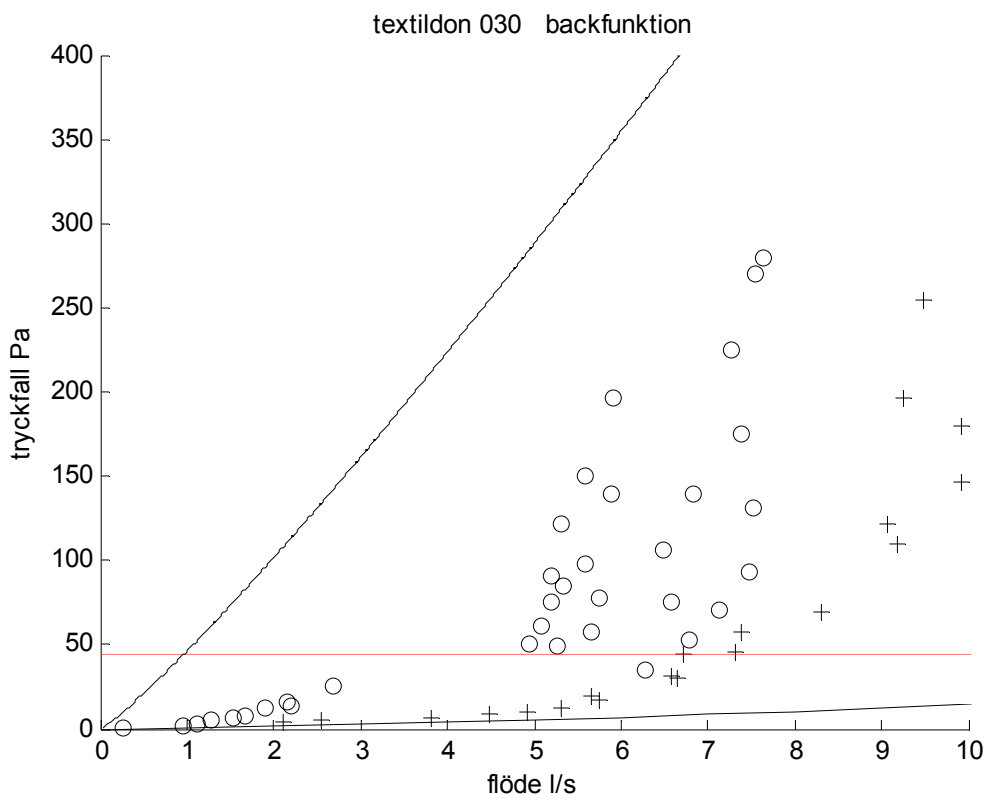
Mätdata i Figur 5.1 för don 010 visar att läckflödena i backriktningen är 4 l/s med passiv duk och 8 l/s utan passiv duk vid höga tryckskillnader. Den passiva duken halverar läckaget. Vid en tryckskillnad på 300 Pa i framriktningen är flödet omkring 60 l/s. Detta ger en ändring i aktiv duk med en faktor 15 för fallet med passiv duk. Detta värde kan jämföras med den teoretiska gränsen eller faktorn 17 ( $4n+1$ ) utan passiv duk. Den självätande funktionen är inte tillräckligt bra. Orsaken är att textilmaterialet har en viss styvhet. Det finns förstävningar som en längsgående söm och en cirkulär söm mellan den aktiva och passiva duken.

Mätdata i Figur 5.2 för don 030 uppvisar större läckage än för don 010. Den passiva duken minskar läckaget endast något. Läcket för fallet med passiv duk är grovt en faktor 8 mindre än normalflödet vid 200 Pa. Det tyder på att läckage sker genom en dukarea lika med två anslutningsareor.





Figur 5.1 Tryckfall som funktion av backflöde för don 010 o med och + utan tät duk.



Figur 5.2 Tryckfall som funktion av backflöde för don 030 o med och + utan tät duk.

## 6 Sammanfattning och slutsatser

Arbetsrapporten kan sammanfattas med följande för de fem avsnitten.

En enkel geometrisk betraktelse för cylindriska textildon visar att den aktiva textilarean kan för det ideala fallet minskas en faktor  $4n+1$  utan passiv duk, där  $n$  är donets längd räknat i diametrar. Flödet i backriktningen minskar med samma faktor vid samma tryckskillnad. Det skall dock påpekas att brandtrycket kan vara flera gånger större än den nominella dontryckfallet och att textildukens egenskaper är nästan laminära, vilket medför att flödena i backriktningen kan blir lika stora som den nominella i framriktningen.

Det går med enkel teoretisk analys att uppskatta att det krävs betydande yttre övertryck för att pressa samman ett vertikalt hängande textildon. Detta är sämsta fallet, eftersom textilduken måste lyftas upp vid ihoppressningen. Textildukens styvhet är inte försumbar och det krävs även här betydande yttre övertryck för att kröka eller vika textilduken. Det går också att uppskatta att den inledande tillplattningen av ett textildon sker vid låga tryckskillnader.

En enkel mätuppställning med en mindre radialfläkt har använts för uppmätning av tryckfallsegenskaper i både framriktning och i backriktning. En standard mätfläns användes i framriktningen och två mindre mätdysor i backriktningen. Ett variabelt dragavbrott och konstant fläktvarvtal användes för att kunna ändra flödet i backriktningen.

Mätdata för framriktningen stämmer väl med nominella data för de två testade textildonen. Mätdata visar också att tryckfallet inte är helt laminärt för höga flöden och tryckfall.

Mätdata för backriktningen visar för don 010 med tätare duktyp 5 att flödet som mest är omkring 4 l/s vid mycket höga tryckfall eller yttre övertryck från 50 upptill 400 Pa. Om den passiva täta textilduken maskas bort fås större flöden i backriktningen uppemot 8 l/s. Detta visar att den passiva textilduken ger en betydlig förbättring. Egenskaperna i backriktningen närmar sig de för en minsta idealiserad textilyta lika med ett kanaltvärsnitt för mycket höga tryck. Tryckskillnaden omkring 300 Pa ger flödena 60 och 4 l/s i fram- respektive backriktningen. Detta ger en faktor 15 i flödesminskning och motsvarande faktor för det ideala areaförhållandet är 17 ((mantelyta+bottenyta)/bottenyta).

Mätdata för backriktningen visar för don 030 med otätare duktyp 6 att flödet begränsas till 8 l/s för fallet med den passiva duken och till 10 l/s för fallet utan den passiva duken. Den passiva duken innebar endast en mindre förbättring. Detta ses också för flödena i fram- och backriktningen som är omkring 75 respektive 7.5 l/s vid en tryckskillnad omkring 250 Pa. Det skattade areaförhållandet är därför omkring 10 vilket är klart mindre än det ideala på 17.

En sammanfattande slutsats blir att backspjällsfunktionen läcker för mycket omkring 4 l/s för don 010 och 8 l/s för don 030 för höga tryckfall eller yttre övertryck. Det två läckflödena motsvarar ett specifikt läckflöde på 0.5 respektive 1 m<sup>3</sup>/sm<sup>2</sup> eller siffermässigt samma hastighet i m/s och uppfyller inte täthetsklass 1. Om läckflödet kan minskas en faktor 10 till endast 0.4 l/s eller 0.05 m<sup>3</sup>/sm<sup>2</sup> vid 400 Pa klarar man täthetsklass 2. Frågan är om detta är möjligt. Det krävs en mycket bättre tätande passiv textilduk närmast kanalanslutningen.