

# Övertrycksventilation

- En studie av fläktplacering och ventilationsförutsättningar

*Oscar Hed*

---

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety  
Lund University, Sweden

Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet

Report 5340, Lund 2010



# **Övertrycksventilation**

**- En studie av fläktplacering och  
ventilationsförutsättningar**

**Oscar Hed**

**Lund 2010**

**Titel**

Övertrycksventilation – En studie av fläktplacering och ventilationsförutsättningar

**Title**

Positive pressure ventilation – A study of fan placement and ventilation conditions

**Författare**

Oscar Hed

**Handledare**

Stefan Särdaqvist

**Report 5340**

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5340--SE

**Keywords**

PPV, PPA, positive pressure ventilation, positive pressure attack, adequate exhaust, air inlet, air outlet, fan placement.

**Sökord**

PPV, PPA, övertrycksventilation, frånluftsöppning, tilluftsöppning, frånluftsarea,  $A_f/A_t$ , fläktplacering

**Abstract**

The report studies the area of positive pressure ventilation, how it can be used to obtain a more effective fire services intervention and how an incorrect initiation could drastically worsen the interior conditions for occupants inclusive of fire services personnel. The tests in the report examine how flow rate and pressure within a building are affected if parameters such as fan placement and ratio between air inlet and air outlet are varied. This report shows that fast response and correctly performed positive pressure ventilation provides an improved working environment for fire services personnel working within the building, resulting in faster performance both in terms of internal fire fighting and search and rescue for occupants. The report also presents recommendations for ratios between air inlet and air outlet as well as for fan placement for different scenarios, depending on the specific scenario for the initiation of positive pressure ventilation.

**Disclaimer**

Författaren ansvarar för innehållet i rapporten

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2010.

---

Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60  
Telefax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering  
and Systems Safety  
Lund University  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60  
Fax: +46 46 222 46 12

## Sammanfattning

Syftet med denna rapport är att studera området övertrycksventilation ur en operativ synvinkel. Arbetet inleds med en litteraturstudie av området övertrycksventilation med övertrycksfläkt. Där identifierades intressanta områden. Dessa områden har sedan legat till grund för de försök som genomförts i fullskala vid MSBs lokaler i Revinge.

Det sker i genomsnitt ca 11000 byggnadsbränder per år i Sverige varav mer än hälften av dessa sker i bostäder. Vid ca 90 % av dessa bränder hade branden inte spridit sig utanför startutrymmet vid räddningstjänstens ankomst. Rapporten visar att en snabb och korrekt utförd övertrycksventilation ger en klart förbättrad arbetsmiljö för personal med invändiga arbetsuppgifter, vilket resulterar i snabbare resultat både vad avser invändig släckning och livräddning. Fördelen för en kvarvarande person är även, förutom en snabbare assistans av räddningstjänsten, att risken att utsättas för toxiska brandgaser reduceras då en korrekt utförd övertrycksventilation kraftigt minskar mängden brandgaser i lokalen. Det finns alltså goda förutsättningar att genom övertrycksventilering öka möjligheterna för en lyckad livräddning samt att begränsa en stor del av byggnadsbränderna till startutrymmet.

En felaktig initiering av övertrycksventilation, framförallt då det inte föreligger fri väg mellan tilluft-brand-frånluft, kan dock drastiskt försämra situationen för såväl egen personal som kvarvarande personer. Är inte fri ventilationsväg säkrad kan brandsituationen snabbt förvärras vid en initiering av övertrycksventilation då oförbrända gaser blandas upp med syre, antänds och strömmar ut genom den öppning som finns; tilluftsöppningen. Det är därför viktigt att befäl på plats är har koll på egen personal då en övertrycksventilering initieras. Felaktiga ventilationsvägar kan även ge upphov till att brandgaser trycks in i angränsande opåverkade utrymmen.

De utförda försöken studerar hur tryck och flödesförhållanden förändras i en lokal när parametrarna fläktplacering och kvoten mellan från- och tilluftsöppning ( $A_f/A_t$ ) varieras.  $A_f/A_t$  varierades från ca 1/2:1 till ca 4:1 och två olika fläktavstånd till tilluftsöppningen användes; 0,60 m och 2,23 m. Försöken resulterade i följande slutsatser:

- Kvoten  $A_f/A_t$  skall vara mellan 1:1 och 2:1 oavsett om fläkten ställs på 0,60 m eller 2,23 m avstånd från tilluftsöppningen. Större kvoter ger inte ett större tryck eller flöde, snarare tvärtom. Detta var oberoende av vilket fläktavstånd som användes.
- Stora frånluftsöppningar blir känsliga för yttre faktorer. Vid en frånluftsarea på 8m<sup>2</sup> blev lokalen känslig även för svaga vindbyar på under 2m/s.
- Om syftet med insatsen är att trycksätta en opåverkad del av en byggnad bör fläkten sättas nära tilluftsöppningen. Ett fläktavstånd på 0,60 m är att föredra framför 2,23 m.
- Om syftet är att driva ut brandgaser bör fläkten sättas nära tilluftsöppningen för att få en effektiv utdrivning. Även här är ett fläktavstånd på 0,60 m att föredra framför 2,23 m. Undantaget är då det är viktigt att hålla utrymmet där fläkten står uppställd fritt från brandgaser. Exempel på detta är om fläkten ställs upp i ett trapphus som samtidigt är evakueringsväg för kvarvarande personer på våningarna ovanför. I detta scenario rekommenderas istället att fläkten placeras så hela tilluftsöppningen täcks in av fläktstrålen, vilket i försöken motsvarade ett avstånd på 2,23 m.

## Summary

The purpose of this report is to study the area of positive pressure ventilation from an operational perspective. The project begins with a literature review of the field positive pressure ventilation with PPV-fan. The literature review identified areas of interest. These areas constitute the basis of the tests performed at full scale at MSB premises in Revinge.

There is an average of around 11,000 building fires per year in Sweden, of which more than half of these are in residences. In about 90 % of these fires the fire had not spread beyond the starting area at arrival of the fire services. This report shows that fast response and correctly performing positive pressure ventilation provides an improved working environment for fire services personnel within the building, resulting in faster performance both in terms of internal fire intervention activities and search and rescue operations. The added advantage for occupants besides faster assistance by the fire services is the reduced risk of exposure to toxic combustion gases through positive pressure ventilation as it serves to limit the fire and smoke to the room of fire origin.

An incorrect initiation of positive pressure ventilation, in a scenario where there is no clear path from the entrance to the fire and out thru the exhaust opening i.e. a blocked ventilation path, could drastically worsen the situation for fire services personnel as well as occupants within the building. If a clear ventilation path does not occur, the fire situation can quickly deteriorate upon initiation of positive pressure ventilation when fire gases mix with oxygen and ignite, thus likely streaming out thru the only available exhaust being the entry point. It is therefore of great importance that the commanding officer know where fire services personnel are located in the building at the initiation of positive pressure ventilation. Inadequate exhaust or blocked ventilation paths could also result in the unwanted circumstance of fire gases pushed into adjacent areas of the building that were not originally contaminated with smoke.

The performed experiments study how the pressure and flow conditions change in a room where parameters such as the fan placement and the ratio between the air inlet and outlet ( $A_f/A_t$ ) is varied.  $A_f/A_t$  were varied between about ½:1 and 4:1, and two different distances from the fan to the entry point were used; 0.60 m and 2.23 m. The experiments resulted in the following conclusions:

- The ratio  $A_f/A_t$  should be between 1:1 and 2:1. Larger ratios do not provide a greater pressure or flow, rather the opposite. This was independent of what distance from the air inlet the fan was placed.
- Large exhaust openings are sensitive to wind factors. With an exhaust area of 8m<sup>2</sup> wind puffs of less than 2 m/s resulted in flow thru the air outlet shifted between out- and inflow.
- If the purpose of the intervention is to pressurize an uncontaminated part of a building, the fan should be placed near the air inlet. A fan distance of 0.60 m is preferable to 2.23 m.
- If the purpose is to expel the combustion gases, the fan should be placed close to the air inlet to obtain an effective expulsion. Again, a fan distance of 0.60 m is preferred to 2.23 m. The exception is where the area outside the air inlet has to be kept clear of smoke. An example is if the fan is set out in a stairwell that is also an emergency escape path for the remaining people on the floors above. In such a scenario it is recommended that the fan is positioned so the air inlet is covered by the fan beam, which in the experiments corresponded to a distance of 2.23 m.

## Förord/Tack

Arbetet som ligger bakom denna rapport har varit tidskrävande men samtidigt mycket givande. För varje fråga som har besvarats har två nya dykt upp. Det är tydligt att det finns mycket att utveckla och förstå inom ämnet övertrycksventilation.

Ett stort tack till följande personer, utan inbördes rangordning, som bidragit med idéer, funderingar och materiel.

- Stefan Särdaqvist, handledare och mycket kunnig inom området. Utan den litteratur, de tips och det kontaktnät som Stefan förmedlade hade arbetet varit mycket svårare.
- Sven-Ingvar Granemark, forskningsingenjör vid brandteknik, LTH. Sven-Ingvar har bidragit med mätinstrument till försöken och dessutom trevliga pratstunder när arbetet stundom gått på tomgång.
- Kriss Garcia, Battalion Chief, Salt Lake City Fire Dept., Utah, USA. Kriss har via mailkorrespondens visat intresse och har bidragit med tankar och råd i ämnet. Detta är speciellt intressant då Kriss själv utarbetat den alternativa initiering av övertrycksventilering som beskrivs i rapporten.
- MSB Revinge som ställt upp med försökslokal och övertrycksfläkt, samt försvarliga mängder bränsle till den senare.
- Stefan Svensson, Teknisk Dr., MSB, som lånat ut det analoga tryckdifferensinstrument som använts samt kommit med intressanta tips och idéer inom ämnet.
- Den person som utan att klaga stått ut med att jag varit borta kväll efter kväll då rapporten skulle färdigställas. Du vet vem du är, tack!

Oscar Hed  
Lund, november 2010





# Innehållsförteckning

1	Inledning .....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte, metod & mål .....	1
1.3	Begränsningar .....	2
1.4	Avgränsningar .....	2
1.5	Disposition .....	2
2	Litteraturstudie .....	3
2.1	Brand i byggnad .....	3
2.1.1	Statistik.....	3
2.1.2	Branddynamik .....	4
2.1.3	Vad är brandgaser?.....	4
2.2	Övertrycksventilation.....	4
2.2.1	Historik .....	5
2.2.2	Nyttan med övertrycksventilation .....	5
2.2.3	Tillvägagångssätt .....	6
2.2.4	Möjliga negativa konsekvenser .....	7
2.2.5	Intressanta områden.....	8
2.3	Slutord till litteraturstudien .....	9
3	Fullskaleförsök .....	10
3.1	Väderförhållanden .....	10
3.2	Försökslokal .....	10
3.2.1	Praktikverkstaden .....	11
3.2.2	Tillluftsöppning T.....	11
3.2.3	Frånluftsöppning A.....	12
3.2.4	Frånluftsöppning B.....	12
3.2.5	Frånluftsöppning C.....	13
3.2.6	Frånluftsöppning D.....	13
3.3	Utrustning samt mätteknik .....	13
3.3.1	Övertrycksfläkt, 24” .....	13
3.3.2	Vindhastighetsmätare.....	14
3.3.3	Digital tryckskillnadsmätare.....	14
3.3.4	Analog tryckskillnadsmätare .....	14

3.4	Försöksbeskrivning.....	14
3.4.1	Mätpunkter tilluftsöppning T.....	15
3.4.2	Mätpunkter frånluftsöppning A.....	16
3.4.3	Mätpunkter frånluftsöppning B.....	16
3.4.4	Mätpunkter frånluftsöppning C.....	17
3.4.5	Mätpunkter frånluftsöppning D.....	17
3.5	Försöksdata.....	18
4	Resultat.....	19
4.1	Tilluftshastighet scenario N och scenario L.....	19
4.2	Flöde samtliga frånluftsöppningar.....	20
4.3	Tryck vid samtliga scenarier.....	21
4.4	Detaljerade mätresultat.....	22
5	Diskussion.....	24
5.1	Tilluftshastighet för scenario N och scenario L.....	24
5.2	Frånluftsflöde för scenario N och scenario L.....	25
5.3	Tryck för scenario N och scenario L.....	26
5.4	Vindpåverkan.....	26
6	Slutsatser.....	28
7	Förslag på fortsatt arbete.....	29
8	Referensförteckning.....	30

# 1 Inledning

Som sista kurs i brandingenjörsutbildningen vid LTH genomförs ett projektarbete omfattande 22,5 högskolepoäng där studenten skall tillämpa och utveckla de kunskaper som tillskansats under utbildningen. Kursen syftar även till att på ett vetenskapligt sätt kunna angripa och studera en frågeställning inom ämnesområdet brand- och riskhantering.

## 1.1 Bakgrund

Det inträffar ca 11000 byggnadsbränder per år i Sverige och det är inte ovanligt att övertrycksventilation används i någon form vid denna typ av insatser, antingen aktivt för att skapa en bättre miljö att arbeta i eller passivt som restvärdeskydd genom att vädra ut brandgaser efter avslutad släckinsats. Författaren har själv under utbildningen kommit i kontakt med övertrycksventilering vid ett flertal tillfällen, såväl vid skarpa förhållanden under praktiktjänstgöring vid Räddningstjänsten Storgöteborg som i utbildningsmiljö på MSB Revinge och i de kurser som ingår i brandingenjörsexamen LTH. Detta väckte intresset för hur övertrycksventilering används och i samband med att examensarbetet skulle påbörjas togs kontakt med Stefan Särdaqvist, Tekn. Dr, brandingenjör vid MSB och erkänt kunnig inom området. Stefan accepterade att bli handledare för projektarbetet och tillsammans diskuterades olika infallsvinklar inom ämnet övertrycksventilation som skulle vara intressanta att studera närmare.

Nya tekniker, ny materiel och nya kunskaper för ständigt ämnet räddningstjänst framåt samtidigt som de befintliga systemen och utrustningen vidareutvecklas. Detta innefattar givetvis även ämnesområdet övertrycksventilation där det på senare år utvecklats kraftfullare fläktar och fläktar med speciella rotorblad vilka genererar en mer koncentrerad fläktstråle, för att nämna några. Samtidigt är fortfarande kunskaperna om hur övertrycksventilering skall utnyttjas för att ge bästa effekt relativt begränsade vilket leder till att utrustningen blir alltmer avancerad medan själva utförandet snarare bygger på gamla rutiner än forskning. Denna skillnad i materielutveckling och kunskap i samband med den stora utbredning som användning av övertrycksventilering har i svensk räddningstjänst har gjort ämnet intressant att studera.

## 1.2 Syfte, metod & mål

Syftet med detta projektarbete är att undersöka intressanta områden inom ämnet övertrycksventilation, samt att belysa de för- och nackdelar som användning av övertrycksventilation kan innebära för en insats. En inledande litteraturstudie genomfördes för att identifiera intressanta områden och med resultatet från litteraturstudien som grund togs en metod för att genomföra projektet fram.

Metoden är att i ett antal olika försök med övertrycksventilation i en lokal variera parametrar som areaförhållande mellan från- och tilluftsöppningarna ( $A_f/A_t$ ) samt fläktens placering, och att vid varje försök genomföra ett antal mätningar av strömningshastighet och tryckförändring. Dessa två parametrar är identifierade i litteraturstudien som intressanta områden. Målsättningen med projektet är i huvudsak nedanstående två punkter;

- Att genom kvantitativa fullskaleförsök ta fram riktvärden för förhållandet mellan från- och tilluftsöppningar samt fläktplacering i samband med övertrycksventilering; och

- Att lägga en grund för ytterligare studier av övertrycksventilering, vilka i skrivande stund är ett relativt outforskat ämne sett ur ett kvantitativt perspektiv.

### 1.3 Begräsningar

Även om litteraturstudien ger en bred översikt inom ämnet övertrycksventilering så ger fullskaleförsöken en ganska snäv relevans för att tolka de data som tas fram. Resultaten beror naturligtvis på faktorer som försökslokalens utformning, val av övertrycksfläkt och omkringliggande faktorer som väder och vind. Således begränsas försöken till ett resultat som är specifikt för den aktuella lokalen där försöken genomfördes och de utomliggande faktorer som rådde under försöken. Även vid situationer med andra förutsättningar än de genomförda försöken anser dock författaren att resultaten utgör en bra grund att utgå ifrån.

### 1.4 Avgränsningar

Projektet avgränsas till att undersöka hur ventilation och fläktplacering skall utformas för att ge en effektiv övertrycksventilering med avseende på frånluftsflöde samt tryckupbyggnad. Det har inte tagits någon hänsyn till hur lång tid det tar att uppnå de olika ventilationskvoterna mellan från- och tilluft eller hur fläktens placering påverkar personalens möjlighet att röra sig in och ut ur byggnaden. Med samma resonemang har det inte heller tagits hänsyn till svårigheter som kan finnas med att ta upp lämplig frånluftsventilation, exempelvis att det kan behövas höjdfordon för att öppna upp frånluftsöppningar på hög höjd.

Fullskaleförsöken baseras på att s.k. steady state-förhållanden råder och att ingen verklig brand har använts i försöken. Detta innebär att flöde och tryck har uppmätts under statiska förhållanden och ingen hänsyn har tagits till det övertryck som en verklig brand hade genererat i lokalen eller hur de varma brandgaser som bildas vid en riktig brand hade påverkat försöken.

### 1.5 Disposition

Rapporten kan delas in i två huvuddelar; Litteraturstudie samt Fullskaleförsök. Dessa två delar representerar även de två faser för själva metodiken som använts för projektarbetet.

*Litteraturstudie;* För att få en kunskapsgrund och för att introducera läsaren till projektet genomfördes en litteraturstudie. Syftet med litteraturstudien är även att belysa intressanta områden inom övertrycksventilation och på så sätt få en mer relevant problemformulering inför kommande fullskaleförsök. Resultatet av litteraturstudien avspeglar sig i de mål som utarbetades med litteraturstudien som grund.

*Fullskaleförsök;* Med de framtagna målen för fullskaleförsöken som grund utarbetades en serie fullskaleförsök i samarbete med Tekn. Dr. Stefan Särdaqvist. Efter att data från försöken sammanställts genomfördes sedan analys, tolkning och diskussion av dessa som i sin tur ledde fram till slutsatser och rekommendationer. Resultaten av fullskaleförsöken har även genererat ett antal nya frågor som ligger till grund för ett avslutande kapitel med förslag till fortsatta studier inom ämnet.

## 2 Litteraturstudie

För att få en kunskapsgrund och för att introducera läsaren till projektet genomfördes en litteraturstudie. För ämnet relevanta publikationer togs fram genom att använda söktjänsten för litteratur vid Lunds Universitet, ELIN (Electronic Library Information Navigator) samt publikationstjänsterna på Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) och Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB). Handledare Stefan Särndqvist, Tekn. Dr och Brandingenjör vid MSB, har även bidragit med en hel del intressanta internationella kontakter där information, publikationer och råd i ämnet har inhämtats. Litteraturstudien även varit underlag för att identifiera intressanta områden inom ämnet övertrycksventilation varav två av dessa områden undersöks närmare i försöksdelen av projektet.

### 2.1 Brand i byggnad

För att sätta övertrycksventilation i sitt sammanhang inleds studien med ett avsnitt om bränder i Sverige och om brand som fenomen.

#### 2.1.1 Statistik

MSB sammanställer aktuell statistik för räddningstjänsten och presenterar statistiken dels i rapportformat, exempelvis *Räddningstjänst i siffror och Dödsbränder*, dels i det webbaserade informationssystemet IDA. MSB, och innan dess Statens räddningsverk, har sammanställt statistik för räddningstjänsten sedan 1996. Äldre statistik finns att tillgå men från 1996 och framåt finns all statistik samlat på ett ställe och är sökbar i IDA.

Den senast sammanställda statistiken över bränder in Sverige är från 2009. Statistiken för 2009 följer i stort genomsnittet sedan 1996, både vad avser antalet bränder och antalet drabbade personer. Trenden är att en svag minskning av såväl antalet bränder som antalet skadade och döda kan synas (Räddningstjänst i siffror, 2009). Antalet döda per dödsbrand ligger alltså på samma nivå, ca 1,13 döda per dödsbrand (Dödsbränder, 2008). Minskningen av brand i bostad skedde främst mellan 1996-1999, efter det har antalet bränder i bostad legat på en jämn nivå. Jämfört med 2008 har dock brand i bostad ökat något, där ökningen uteslutande består utav brand i småhus som ökat med 11 % jämfört med 2008. För brand i allmänna byggnader har en ökning skett sedan 2004 vilket främst beror på det ökade antalet skolbränder de senaste åren. Räddningstjänst i siffror 2009 menar också att den ändring i insatsrapporten som togs i bruk 2005 kan ha bidragit till en statistisk uppgång av brand i allmänna byggnader.

Räddningstjänst i siffror (2009) visar att mellan åren 1999 och 2008 inträffade i snitt 11080 rapporterade bränder i byggnader varav mer än hälften, 57 %, av dessa inträffade i bostäder. Snittvärdet för antalet omkomna i brand 1999-2008 var 97 personer, och hela 87 personer av dessa dödsfall återfanns inom gruppen brand i bostad (Dödsbränder, 2008). På samma sätt så visar preliminär statistik från 2009 att av de 121 döda i brand så återfinns mer än 90 % av dem i kategorin brand i bostad. Det är alltså inom bostadsgruppen merparten av alla dödsfall och allvarliga skador inträffar, och det är även i sådana byggnader där användningen av övertrycksventilation tillämpas bäst (Svensson, 2000).

En vidare studie av Räddningstjänst i siffror (2009) ger att vid räddningstjänstens framkomst hade i över 90 % av bostadsbränderna, där alltså nästan samtliga dödsfall och allvarligt skadade återfinns,

branden inte spridit sig utanför utrymmet där branden startade. Det finns alltså goda förutsättningar att genom en snabb insats kunna begränsa branden till enbart startutrymmet i mer än 90 % av alla bostadsbränder.

### 2.1.2 Branddynamik

Brand i en byggnad kan givetvis uppstå på många olika sätt och utveckla sig i många olika riktningar beroende på parametrar som bränsle- och syretillgång, startutrymme samt byggnadens utformning, för att nämna några (Karlsson, B., Quintere, J. G., 2000). Dock går det att särskilja två olika tillstånd hos bränder; om branden är bränslekontrollerad eller ventilationskontrollerad. En bränslekontrollerad brand innebär att brandens utbredning begränsas av mängden tillgängligt bränsle, medan en ventilationskontrollerad brand innebär på motsvarande sätt att det är mängden syre, och i förlängningen tillgången till ventilation, som avgör brandens utbredning. När branden uppnår en kritisk gräns, med en brandgastemperatur på ca 600-700°C och strålningseffekt på ca 20 kW/m<sup>2</sup>, kommer samtliga brännbara material i ett rum att pyrolyseras och antändas. Detta fenomen benämns av Bengtsson (2001) för övertändning och branden går då över till att vara fullt utvecklad. Vid nyttjandet av övertrycksventilation som understöd inom räddningstjänsten behöver användaren känna till att användandet av övertrycksventilation kan förändra förhållandena vad avser syretillgång, tryckförhållande och omblandning. Detta kan alltså enligt tidigare resonemang innebära att en brand förändras från att vara ventilationskontrollerad till att vara bränslekontrollerad, och då övergå till en fullt utvecklad brand vilket drastiskt kan förändra arbetsmiljön för en rökdykargrupp eller eventuella kvarvarande personer till det sämre. Detta innebär att rökdykargruppens förmåga att lösa en uppgift kan försämrats men det kan även i värsta fall äventyra säkerheten för invändig personal. Mer om detta tas upp i litteraturstudien under kapitel 2.2.4 - *möjliga negativa konsekvenser*. På samma sätt kan förutsättningarna för en rökdykargrupp att utföra sin uppgift förbättras ifall övertrycksventilation används på rätt sätt och med rätt förutsättningar.

### 2.1.3 Vad är brandgaser?

Brandgaser är benämningen på de gaser som genereras vid okontrollerad förbränning. Brandgaser innehåller förutom luft såväl produkter från den fullständiga förbränningen som produkter som genererats vid pyrolys och ofullständig förbränning av olika material. Gaserna kan vara mycket toxiska då de innehåller skadliga eller dödliga halter av framförallt kolmonoxid. Utöver toxiciteten så har brandgaserna i en fullt utvecklad brand en temperatur på ca 800°C vilket medför en stor värmestrålning på oskyddade personer och material. Även om halten av toxiska ämnen är hög i förhållande till vad som är skadligt för människor så består brandgaserna till 99 % av varm luft och uppför sig därefter (Svensson, 2000). När man bedömer och beräknar situationer med brandgaser kan de alltså rent fysikaliskt sett betecknas som varm luft med en viss temperatur. Det är också viktigt att notera att även brandgaser kan vara brännbara ifall de innehåller stora mängder av produkter från ofullständig förbränning.

## 2.2 Övertrycksventilation

Stycket tar upp möjligheterna med övertrycksventilation men belyser också vilka risker som finns vid ett okunnigt handhavande. Ett stycke om speciellt intressanta områden inom övertrycksventilering är medtaget för att belysa möjliga problemformuleringar inför fullskaleförsöken.

### 2.2.1 Historik

Rökdykning som insatsmetod har funnits i några decennier och är idag en väl utarbetad metod vid en räddningsinsats. Det är ett komplicerat och relativt riskfyllt förfarande då arbete i täta brandgaser innebär dålig sikt, toxisk miljö och i många fall även en kraftig värmepåverkan. För att hantera den toxiska miljön används tryckluftsapparat och branddräkten som bärs vid rökdykning medger att vistas och arbeta i mycket höga temperaturer under en begränsad tid. Däremot kvarstår problemet med sikten, som i värsta fall kan vara helt obefintlig. Särndqvist (1994) beskriver hur just detta problem blev startskottet för användningen av övertrycksventilation då man vid en brand i en byggnad i Kalifornien 1983 hade svårigheter med att lokalisera vart i byggnaden branden var. Räddningsledaren beordrade att fläktar skulle användas för att se om man kunde skingra röken och resultatet blev långt över förväntan; redan efter ett par minuter var glödbanden lokaliserad och släckt. Detta goda resultat blev startskottet för vidare forskning och utbildning inom området som senare ledde fram till användandet av fläktar vid insatser. Även om själva användandet av fläktar utvecklades i USA så beskrev svenske Kaare Brandsjö redan 1965 begreppet övertrycksventilation och hur den bör genomföras i sin bok *Brandteknisk handbok, Brandventilation* (Brandsjö, 1965).

Användandet av övertrycksventilation är således relativt nytt, och framför allt att kombinera övertrycksventilation med en snabb insats av en rökdykargrupp. Ett mer traditionellt användande är att vädra ut brandgaser efter avslutad insats som en del av restvärdesräddning.

### 2.2.2 Nyttan med övertrycksventilation

Enligt Svensson (2000) är syftet med övertrycksventilation att med rökdykare snabbt kunna initiera en släckinsats eller en livräddande insats genom att drastiskt förbättra arbetsmiljön inne i den drabbade byggnaden. Särndqvist (1994) beskriver hur rökdykarnas arbetstemperatur ofta går från 300-500°C ned till näst intill rumstemperatur samt att sikten förbättras avsevärt med bättre orienteringsförmåga som följd. Svensson beskriver liknande positiva effekter i rapporten *Brandförsök med spränggram och övertrycksventilation* (Svensson, 1996). Rapporten tar upp ett försök där två likadana brandscenarier i ett rivningsobjekt släcktes med hjälp av övertrycksventilation respektive utan hjälp. Fallet där övertrycksventilering användes resulterade i mycket gynnsamma förhållanden för rökdykarna att kunna genomföra invändig släckning och evakuering av eventuellt kvarvarande personer i byggnaden. Detta beror dels på att sikten förbättrades, dels att kvarvarande personer utsattes för mindre mängder toxiska brandgaser. Just faran med toxiska brandgaser tas upp i *brandventilation* (Lindahl, 2001) där Lindahl menar att 90 % av de som dör i bränder dör av de toxiska brandgaserna och inte av själva elden. Enligt Särndqvist ger det även rökdykare bättre förutsättningar till återhämtning efter en invändig insats i en byggnad vilket resulterar i att rökdykarna tidigare är redo för en andra insats. Det innebär också att rökdykargruppen behöver mindre tid till återhämtning innan de är redo att agera styrka på ett eventuellt nytt larm och på så sätt kan upprätthålla en högre beredskap i kommunen i övrigt.

Vid horisontell håltagning för att skapa en frånluftsöppning, vilket är nödvändigt vid termisk brandgasventilering, är det i första hand tak och liknande konstruktioner som är aktuella för håltagning. Detta är samma områden som troligtvis blivit mest påverkade av branden och kan i värsta fall innebära kollaps av byggnadsdelen där håltagning för frånluft görs (Svensson, 2000). Vid övertrycksventilering med övertrycksfläkt kan istället vertikala öppningar användas vilket minskar behovet att använda personal på taket vid en insats och reducerar därmed riskbilden för räddningstjänstpersonalen.

I rapporten *Brandventilation i teori och praktik* (Bengtsson et. Al, 1996) tar Bengtsson upp flera olika syften med övertrycksventilation och slår fast att insatsens mål skall ligga som underlag till varför övertrycksventilation skall användas. Är syftet livräddning kan övertrycksventilation användas för att underlätta rökdykarnas möjlighet att rädda liv genom att reducera tidsåtgången för en invändig insats genom en förbättrad arbetsmiljö. Bengtsson tar även upp att användandet av övertrycksventilation för att driva ut brandgaser inte är möjlig vid en mycket kraftig brand eller en brand i en stor lokal på grund av att fläktkapaciteten inte räcker till för att skapa de tryckökningar och flöden som krävs för att bedriva en effektiv brandgasventilering. En alternativ användning kan enligt Svensson (2000) vara att använda övertrycksventilation för att trycksätta angränsande utrymmen, exempelvis trapphus eller intilliggande lägenheter. Genom att skapa ett övertryck i dessa utrymmen som är större än trycket i brandrummet hindras brandgasspridning till dessa utrymmen. Metoden att med övertrycksventilation förhindra brandgasspridning kan vara särskilt effektiv i situationer då personer befinner sig i relativt skyddade utrymmen men är i behov av en evakueringsväg fri från brandgaser för att kunna utrymma. Ett exempel på detta är en situation med brand i en av de lägre våningarna i ett flervåningshus där personer som befinner sig i de ännu ej påverkade lägenheterna på de övre våningsplanen måste evakuera genom trapphuset.

Är syftet med räddningsinsatsen brandbekämpning är det istället möjligheten att initiera en snabb insats genom invändig släckning som eftersträvas. Detta kan vara mycket effektivt i en situation då byggnaden är utrymd men det föreligger risk för brandspridning inom byggnaden.

Vid restvärdesräddning läggs tonvikten vid övertrycksventilation på att driva ut brandgaser efter avslutad släckinsats och räddningstjänsten kan på så sätt förhindra ytterligare materiella skador och minska behovet av sanering.

### 2.2.3 Tillvägagångssätt

Den enskilt viktigaste parametern vid övertrycksventilering enligt Svensson (2000) är att man har frånluftsöppningar, och att frånluftsöppningen står i kontakt med brandrummet. Även Särdaqvist (1994) tar upp att när en frånluftsöppning har skapats är det viktigt att se till så den står i samband med brandrummet för att få någon verkan. En inspektion av byggnaden utav räddningstjänsten kan ofta snabbt detektera lämpliga frånluftsöppningar i form av fönster då de snabbt kan öppnas eller slås sönder. Slutsatser från den studerade litteraturen av Svensson ger att frånluftsöppningen vid användandet av övertrycksventilation skall vara i storleksordningen 2:1 av tilluftsöppningen. Svensson använder inga försöksrelaterade argument för detta utan förhållandet mellan från- och tilluftsöppning baseras på erfarenhet och matematiska förhållanden mellan tryck och flöde vid olika öppningskvoter. Rapporten *Övertrycksventilation i medelstora lokaler, försök med mobila fläktar* av Ingason & Fallberg (1998) visar genom försök att kvoter större än 2:1 inte ger några ytterligare fördelar. Dessa försök bygger på att fläkten är placerad så att hela tilluftsöppningen täcks in av fläktstrålen. Inga försök av Ingason och Fallberg undersöker hur kvoten mellan från- och tilluftsöppning påverkar resultatet vid en fläktplacering närmare tilluftsöppningen.

I *Brandventilation i teori och praktik* (Bengtsson et. al., 1996) tas brand i bostadshus upp. I dessa fall används ofta en ytter- eller lägenhetsdörr som tilluftsöppning. Övertrycksfläkten ställs upp några meter från tilluftsöppningen för att fläktstrålen skall täcka in så stor del av öppningen som möjligt och på så sätt fås enbart inflöde genom tilluftsöppningen. Svensson (2000) påtalar i *Brandgasventilation* att en övertrycksfläkt uppställd för nära tilluftsöppningen kan försvåra



rökdykarnas arbete i och med att den blockerar både inträngningsväg och reträttväg. Enligt Svensson (2000) skall fläkten ställas upp på ett sådant avstånd så att hela tilluftsöppningen täcks av luftflödet för att brandgaser inte skall tränga ut genom tilluftsöppningen.

Nya rön säger dock att det finns fördelar med att ställa fläkten nära öppningen och på så sätt lämna en spalt längst upp i tilluftsöppningen för utströmmande brandgaser. För att kontrollera att frånluftsöppningen står i kontakt med brandrummet, och att det därmed finns förutsättningar för en lyckad övertrycksventilering, har en metod utvecklats av framför allt Kriss Garica, Battalion Chief vid Salt Lake City Fire Dept. i Utah, för att lättare kunna läsa ventilationsförutsättningarna. Metoden tas upp i Garcias publikation *Pressurized fire attack precautions: The "Big three"* (Garcia, publikation) och beskriver hur övertrycksfläkten skall ställas upp närmare tilluftsöppningen för att på så sätt skapa en spalt på några decimeter mellan fläktstrålen och tilluftsöppningens övre del. När fläkten startas upp kommer sedan brandgaser att tryckas ut genom denna spalt. Dessa brandgaser benämns av Garcia som brandens barometer. Genom att tyda färgen, transparensen samt hastighetsutvecklingen på brandgaserna kan slutsatser dras om huruvida det är fri väg från tilluftsöppningen, via branden och ut genom frånluftsöppningen, samt om frånluftsöppningen är tillräckligt stor. Mörka, tjocka brandgaser som väller ut med ökande intensitet tyder på att ventilationskedjan är blockerad någonstans på vägen, alternativt att frånluftöppningen är för liten, och att övertrycksventilation därför inte ger önskad effekt. I detta fall bör man enligt Garcia undvika att gå in med rökdykare innan en fri väg för ventilationsflödet har säkerställts eller ytterligare frånluftsöppningar tagits upp. Detta då en initiering av övertrycksventilation i ett oventilerat utrymme kan ge upphov till dramatiska förändringar av branden. Är brandgaserna istället ljusgrå, tunna och utan att tillta i intensitet så kan enligt Garcia slutsatsen dras att det finns fri ventilationsväg samt att frånluftöppningen är tillräckligt stor för att kunna vädra ut brandgaserna, och därmed att den önskade effekten med övertrycksventilation kan uppnås. I denna situation kan en invändig släckinsats påbörjas. Tidsaspekten från det att övertrycksventileringen initieras till dess att ventilationsförutsättningarna med hjälp av teorin om brandens barometer kan avläsas via brandgaserna är i storleksordningen 20-30 sekunder.

Litteraturen tar även upp att flera övertrycksfläktar kan kombineras vid övertrycksventilation. Vid användandet av två eller flera övertrycksfläktar finns det beskrivet i Svensson (2000) att olika fläktuppställningar ger olika effekter med avseende på tryckökning och flöde. Parallell fläktuppställning, alltså två övertrycksfläktar ställda bredvid varandra, ger en stor ökning jämfört med en fläkt både vad avser volymflöde och tryckökning. Att sätta två fläktar i serie, alltså efter varandra med någon meters mellanrum, är ett annat alternativ men ger enligt Svensson inget bra resultat vare sig med avseende på tryckökning eller på volymflöde. Dock så hävdar Särdaqvist (1994), tvärt emot Svensson, att seriekopplade övertrycksfläktar ger en betydande tryckökning jämfört med om bara en fläkt används.

#### **2.2.4 Möjliga negativa konsekvenser**

Även om det finns stora fördelar med att använda övertrycksventilering så kan metoden även innebära vissa risker. När det gäller användning av övertrycksventilation som brandgasutdrivande åtgärd är den enskilt viktigaste faktorn att försäkra sig om att det är fri väg mellan branden och frånluftsöppningen. I en situation då övertrycksventilation används utan fri väg till frånluftsöppningen riskerar brandgaserna enligt Brandventilation i teori och praktik (Bengtsson et. al., 1996) att blandas upp med nytillfört syre och antändas. Brandsituationen kan snabbt förvärras,

och en s.k. backdraft kan uppstå; att brandgaserna antänds och väller ut genom den öppning som finns, dvs. tilluftsöppningen. Även Svensson (2000) tar upp att en brand med mycket oförbrända gaser kan förvärras om det inte finns en frånluftsöppning i anslutning till branden. Vidare menar Svensson att om inte adekvat frånluftsöppning finns kan resultatet även bli att brandgaserna istället trycks till andra utrymmen i byggnaden.

Även om en korrekt frånluftsöppning har tagits upp finns vissa risker med övertrycksventilering, framför allt att branden initialt kommer att öka i intensitet med spridning mot frånluftsöppningen (Svensson, 2000). Därför skall med fördel övertrycksventilation kombineras med en aktiv släckinsats. Det är då viktigt att tänka på att räddningstjänstpersonal ej får befinna sig mellan branden och frånluftsöppningen när övertrycksventilationen initieras. Ytterligare negativa följder kan bli att oförbrända gaser antändas när de trycks ut genom frånluftsöppningen och blandas upp med syrerik luft. En sådan antändning av brandgaser ut genom frånluftsöppningen kan antända såväl byggnadens fasad som intilliggande byggnader om inte brandspridningshindrade åtgärder har vidtagits av räddningstjänsten (Bengtsson et. al., 1996).

Även byggnadens aktiva brandskydd kan försämrats vid en oaktsam användning av övertrycksventilation vilket tas upp av Särdaqvist (1994). Vid brand i ett sprinklat utrymme kan en initiering av övertrycksventilation förändra förutsättningarna för aktivering av de aktiva systemen i och med att plymen av varma brandgaser förflyttas mot frånluftsöppningen. På liknande sätt kan en initiering av övertrycksventilation i en byggnad med ett aktivt brandskydd bestående av gasformiga släckmedel påverka släckmedlets effekt till det sämre då det gasformiga släckmedlet trycks iväg bort från branden vid initieringen av övertrycksventilation. Vid brand i byggnader med dessa aktiva brandskydd rekommenderar Särdaqvist att en traditionell insatstaktik används och att övertrycksventilation används för restvärdesräddning. Detta kan vara särskilt effektivt vid sprinklade byggnader då sprinklerna skapar mycket vattenånga vilket med fördel kan vädras ut genom övertrycksventilering. Alternativt föreslår Särdaqvist att övertrycksventilering kan användas vid sprinklerskyddade byggnader om en invändig släckinsats samtidigt görs för att assistera sprinklerna manuellt.

Det kan nämnas att sprinklersystemet skall vara dimensionerat för att släcka eller begränsa branden. Om detta inte är fallet är sprinklersystemet feldimensionerat och byggnaden kan då betraktas som ett objekt utan aktiva släcksystem.

### 2.2.5 Intressanta områden

Under litteraturstudien har ett antal intressanta områden inom ämnet identifierats. I vissa fall beror det på att litteraturstudien redovisar relativt begränsad information i frågan, i andra fall på att kunskap finns men att den är motstridig av olika källor. De identifierade områdena är;

- **Förhållandet frånluftsöppning/tilluftsöppning.** Svensson (2000) tar upp att det optimala förhållandet mellan från- och tilluftsöppningen,  $A_f/A_t$ , är mellan ca 1:1 och 2:1, medan Ingason & Fallberg (1998) visar att det bör ligga mellan 1,5:1 och 2:1. Detta är i Svenssons fall baserat på beräkningar av hur tryck- och flödesprofiler påverkar ventileringen och i Ingason & Fallbergs studie baserat på praktiska försök med ett fixt fläktavstånd där fläktstrålen täcker in hela tilluftsöppningen.

- **Fläktplacering.** Rådande rekommendation är att fläkten ställs upp på sådant avstånd från tilluftsöppningen att hela öppningen täcks av fläktstrålen, ungefär 2-3 m enligt Särdaqvist (1994) och 1-3 m enligt Svensson (2000). Detta bygger på teorin att man vill driva brandgaserna framför fläkten och ut genom frånluftsöppningen. Nya metoder utvecklade av Kriss Garcia vid Utah Fire Dept. placerar fläkten närmre tilluftsöppningen och lämnar därmed en spalt för utströmmande brandgaser i tilluftsöppningens överkant. Litteraturstudien har inte resulterat i några kvantitativa försök på hur detta påverkar effekterna av övertrycksventilering.
- **Lokalstorlek och effekt.** I den studerade litteraturen finns begränsat med fakta om hur en insats med övertrycksventilation skall dimensioneras mot en lokal av en viss storlek, alltså hur stor lokal en övertrycksfläkt klarar av.
- **Standardrutiner.** Standardrutiner behövs för att skapa en effektiv insats med övertrycksventilering. Särdaqvist (1994) ansåg 1994 att det tar för lång tid i initialskedet att sätta upp och initiera övertrycksventilation utan standardrutin. Enligt Dan Nilsson, insatsledare vid Räddningstjänsten Storgöteborg (RSG), arbetar RSG aktivt med rutiner kring övertrycksventilation; fläkten skall startas upp i ett tidigt skede och vid klartecken från rökdykarna skall övertrycksventileringen sedan initieras. Målet är att detta skall nå ut till hela organisationen under hösten 2010. Hur det ser ut i räddningstjänster i övriga landet är inte klarlagt och vore ett intressant ämne att undersöka vidare.

Av de identifierade områdena ovan avgränsas projektet till att undersöka de två första, det vill säga förhållandet frånluftsöppning/tilluftsöppning samt fläktplacering, och att i fullskaleförsök kombinera dessa två parametrar. Avgränsningen grundas på hur relevanta de olika områdena är för en lyckad övertrycksventilering men även på projektets storlek och vilka försökslokaler som finns tillgängliga vid MSB Revinge.

### 2.3 Slutord till litteraturstudien

Litteraturstudien visar vilket kraftfullt hjälpmedel övertrycksventilation kan vara vid en insats, framförallt vid bostadsbränder och liknande mindre lokaler. Rätt utfört blir arbetsmiljön för personal som arbetar med en invändig insats bättre och risken för eventuellt kvarvarande personer att utsättas för toxiska brandgaser minskas. Studien visar även på svårigheter med att få ut maximal effekt av en övertrycksventilation med övertrycksfläkt då faktorer som frånluftsöppning, fri ventilationsväg och yttre väderfaktorer kan ha stor inverkan på resultatet.

För att en insats med övertrycksventilation skall ha goda förutsättningar för att lyckas gäller dels att befäl på plats i ett tidigt stadium har god information gällande ventilationsförutsättningar för att kunna fatta ett välgrundat beslut, dels att dimensioneringen av till- och frånluft är korrekt utförd.

### 3 Fullskaleförsök

Fullskaleförsöken genomfördes under två dagar i november 2009 och bygger på att variera faktorer som  $A_f/A_t$  och fläktplacering i en övertryckventilerad lokal. Dessa två faktorer identifierades i litteraturstudien som intressanta att studera närmare.

#### 3.1 Väderförhållanden

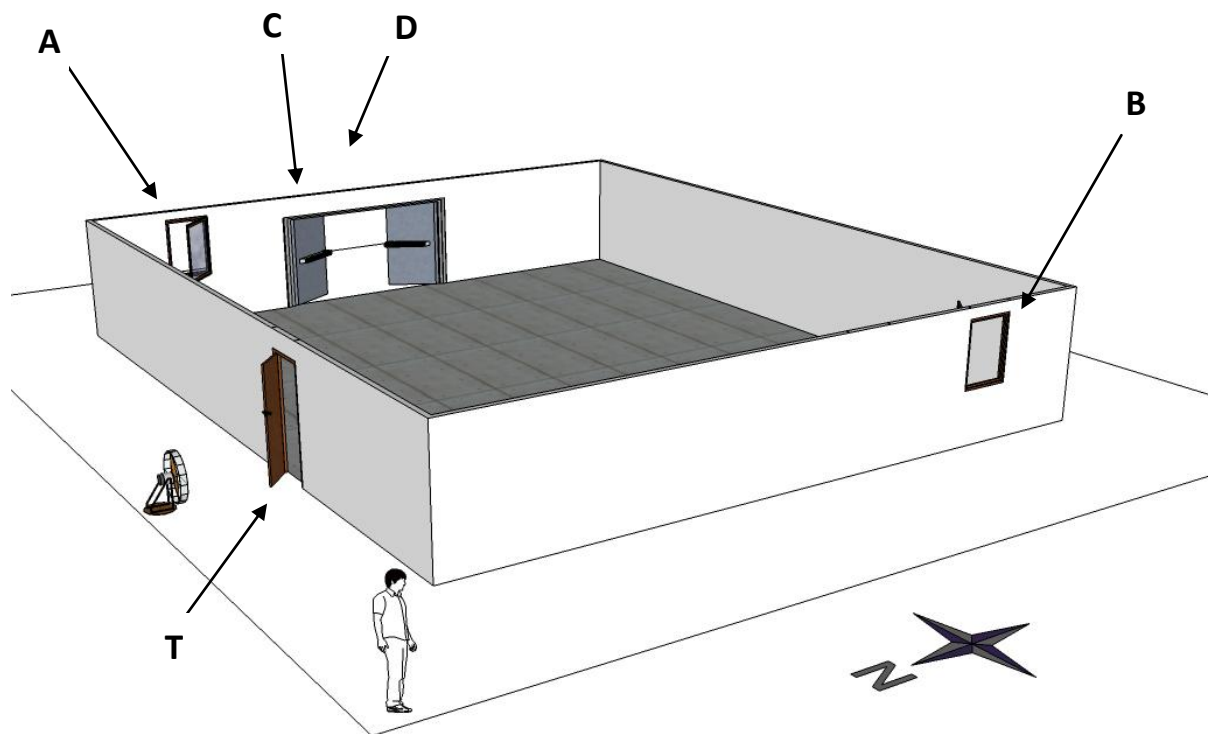
- Väder: 5°C, mulet och torrt.
- Vindriktning: Ingen vind.
- Vindhastighet: Vindstilla, med mindre än 2 m/s i byarna.

#### 3.2 Försökslokal

MSBs övningsfält i skånska Revinge har alla de förutsättningar som behövs för att kunna genomföra relevanta fullskaleförsök och efter en gemensam rundvandring med Stefan Särdaqvist på övningsfältet utsågs en lämplig lokal för försöken.

Försökslokalen är den s.k. praktikverkstaden på räddningsskolan vid MSB i skånska Revinge. Lokalen är friliggande, i ett rum och 164 m<sup>2</sup>. Till vardags används lokalen endast för viss verkstadsaktivitet vilket gör att den är mycket sparsamt möblerad. Taket är vinklat med 2,33 m i takhöjd vid takfoten och 3,56 m vid taknocken. Lokalens volym är ca 483 m<sup>3</sup>, vilket volymmässigt motsvarar en lägenhet på ca 200 m<sup>2</sup> och 2,40 m i takhöjd. Öppningar finns i tre av de fyra väggarna, i fortsättningen benämnda norra, södra, östra och västra väggen. I den norra väggen finns den dörr som används som inflöde vid samtliga försök, benämnd tilluftsöppning T. I den östra väggen finns fönster A, port C samt port D. Fönster B finns i den västra väggen. Dessa öppningar benämns som frånluftsöppningar.

### 3.2.1 Praktikverkstaden



Figur 1 Praktikverkstaden med till- och frånluftsöppningar

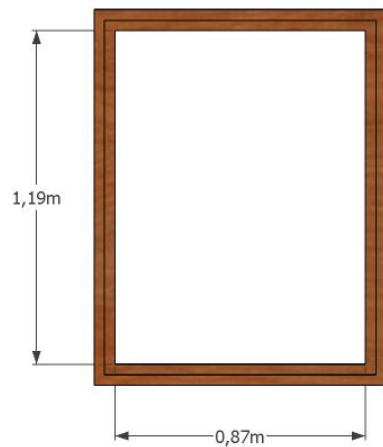
### 3.2.2 Tilluftsöppning T



Figur 2 Tilluftsöppning T

Tilluftsöppning T vetter mot norr, har en låg tröskel och öppnas utåt.

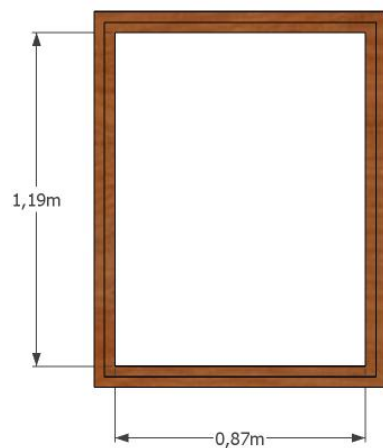
### 3.2.3 Frånluftsöppning A



Figur 3 Frånluftsöppning A

Frånluftsöppning A är fönstret i östra fasaden. Fönstret öppnas inåt och kan öppnas fullt ut.

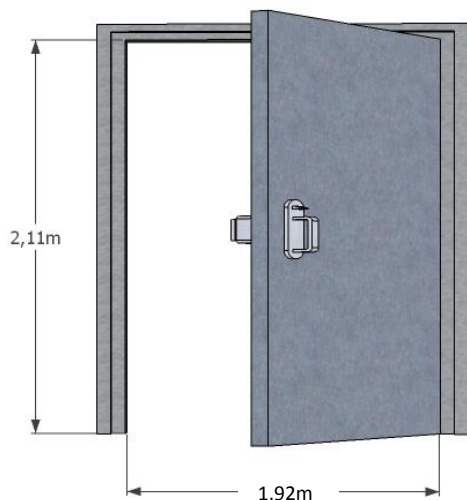
### 3.2.4 Frånluftsöppning B



Figur 4 Frånluftsöppning B

Frånluftsöppning B är placerat i den västra fasaden. Fönstret öppnas inåt och kan öppnas fullt ut.

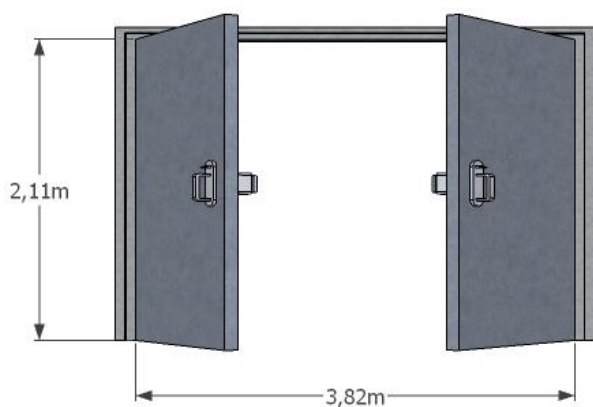
### 3.2.5 Frånluftsöppning C



Figur 5 Frånluftsöppning C

Frånluftsöppning C består av ena halvan av dubbelporten i den östra fasaden. Porten öppnas utåt.

### 3.2.6 Frånluftsöppning D



Figur 6 Frånluftsöppning D

Frånluftsöppning D utgörs av hela dubbelporten i den östra fasaden, där alltså även öppning C ingår. Båda portarna öppnas utåt.

## 3.3 Utrustning samt mätteknik

Vid försöken användes övertrycksfläkt, flödesmätare samt två olika sorters tryckskillnadsmätare; en digital och en analog.

### 3.3.1 Övertrycksfläkt, 24"

Samma övertrycksfläkt av märket Swefan 24" användes under samtliga försök. Fläktmodellen är en av de vanligaste inom svensk räddningstjänst och utvecklades av Dafo brand AB under 1990-talet i samarbete med



Figur 7 Swefan 24"

svensk räddningstjänst. Fläkten har en motoreffekt på 4,8 kW (6,5 hk) och maximalt varvtal på ca 3600 rpm (Dafo brand AB). Fläkten kördes på full styrka under samtliga försök.

### 3.3.2 Vindhastighetsmätare

För mätning av lufthastigheterna genom öppningarna användes en bärbar vindhastighetsmätare av märket TDA Dostaman Ltd. Instrumentet har en funktion för mätning av snittvärde över tid vilket användes under 60s per mätning. Ur dessa värden har sedan in- respektive utflödet beräknats med hjälp av den aktuella frånluftsarean i försöket.



Figur 8 TDA Windmeter

### 3.3.3 Digital tryckskillnadsmätare

För att mäta tryckskillnaden i lokalen användes ett digitalt tryckinstrument från Special Instruments, modellbeteckning SI Digima LP. Instrumentet mäter tryckskillnader mellan 0-20 mbar och har en mätnoggrannhet på 0,5 % enligt tillverkaren (Special instruments GMBH). Instrumentet bygger på att två slangar kopplas på varsin ingång på instrumentet, där den ena slangen sedan placerades utanför byggnaden och den andra inne i lokalen. Instrumentet redovisar sedan tryckskillnaden över ingångarna.



Figur 9 SI Digima LP

### 3.3.4 Analog tryckskillnadsmätare

Det analoga instrumentet är av märket Kimo HP 10 och bygger på de nivåskillnader som olika tryck utövar på en vätska i ett rör. Även här kopplas två slangar på instrumentets ingångar, en utifrån och en inne i lokalen. Tryckskillnaden över ingångarna genererar en förskjutning av en vätskepelare som kan läsas av i mmH<sub>2</sub>O, där 1 mmH<sub>2</sub>O = 9.81 Pa. Det analoga instrumentet lästes först av innan fläkten startades och sedan efter att en tryckskillnad hade inställt sig.



Figur 10 Kimo HP10

För att minimera utslaget av plötsliga vindbyar vindskyddades ingångarna till både det digitala och analoga tryckskillnadsinstrumentet. Utanför lokalen placerades instrumentingången i lä med uppbyggda träskivor runt om och inne i lokalen placerades mätningången i en öppen hink.

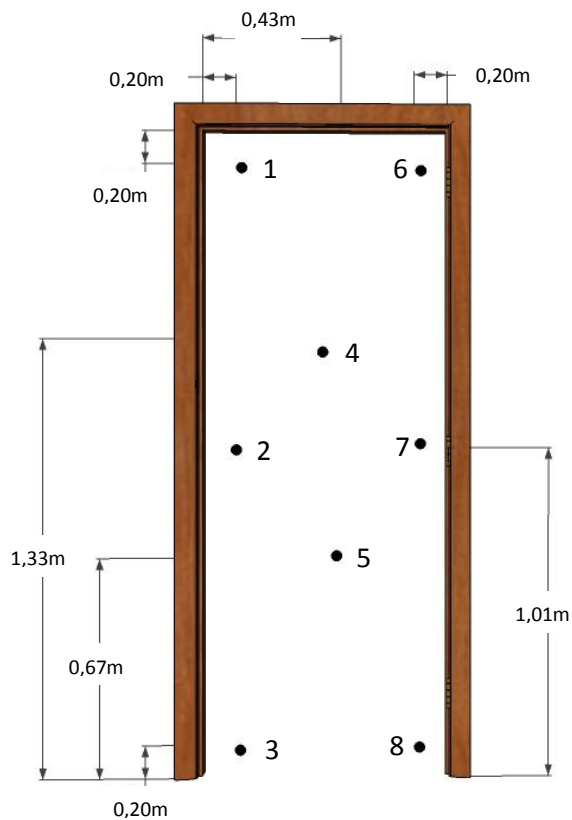
## 3.4 Försöksbeskrivning

Försöken delades in i två olika fläktuppställningar med fläkten på antingen ett avstånd från tilluftsöppningen av 0,60 m eller 2,23 m, i fortsättningen benämnt som scenario N (nära, 0,60 m) eller scenario L (långt ifrån, 2,23 m). Det kortare avståndet motsvarar att fläktstrålen lämnar ett område i tilluftsöppningens överkant för utflöde medan det längre avståndet motsvarar att fläktstrålen täcker in hela tilluftsöppningen. För varje fläktuppställning testades sedan fyra olika frånluftsöppningar, sammanlagt åtta försök. Vid varje fläktuppställning har frånluftsöppningen varierats från att vara cirka hälften av tilluftsöppningens area till cirka fyra gånger tilluftsöppningens area. Arealen på tilluftsöppningen var konstant i alla försöken, 1,67 m<sup>2</sup>.



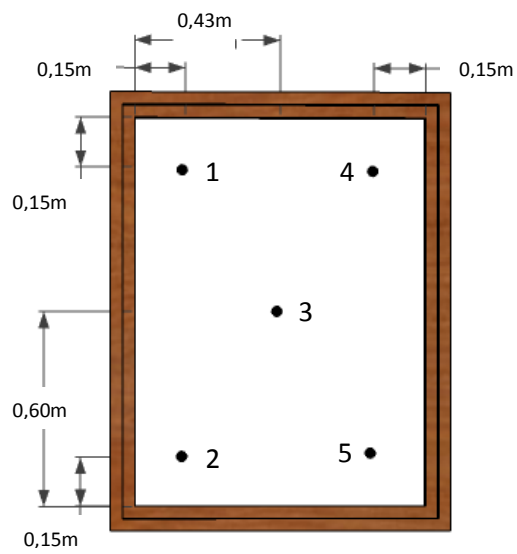
Vid mätning av hastigheterna användes ett antal olika mätpunkter på olika ställen i varje öppning. Mellan 5 och 10 mätpunkter användes beroende på öppningens storlek. Vindhastighetsmätaren hölls på rätt punkt manuellt genom att författaren höll instrument ut från kanten av öppningen för att inte hindra luftflödet. Redovisade grafer i kapitel 4 baseras på ett snittvärde över de olika mätpunkterna i öppningen. Fullständiga resultatdata över alla mätpunkter återfinns i kapitel 4.4.

### 3.4.1 Mätpunkter tilluftsöppning T



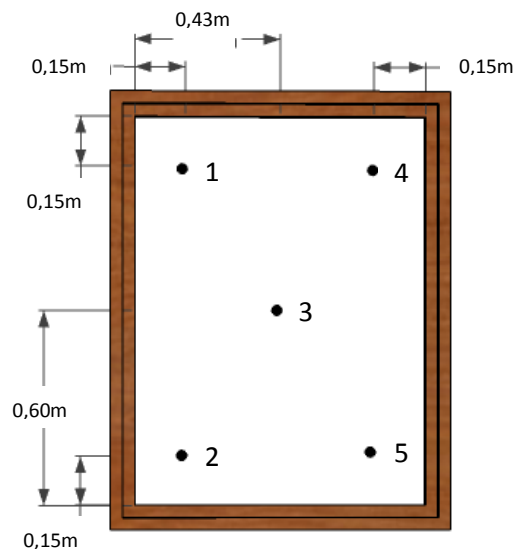
Figur 11 Tilluftsöppning T med samtliga mätpunkter

### 3.4.2 Mätpunkter frånluftsöppning A



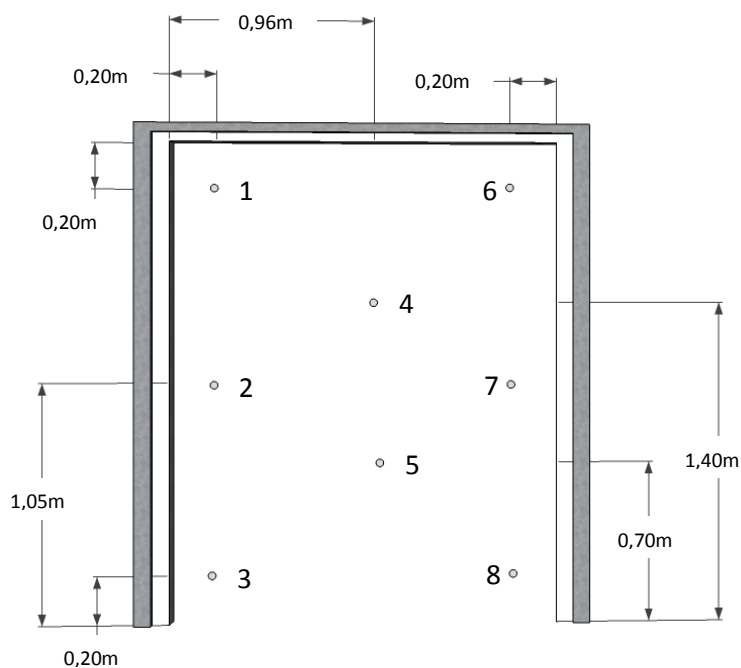
Figur 12 Frånluftsöppning A med samtliga mätpunkter

### 3.4.3 Mätpunkter frånluftsöppning B



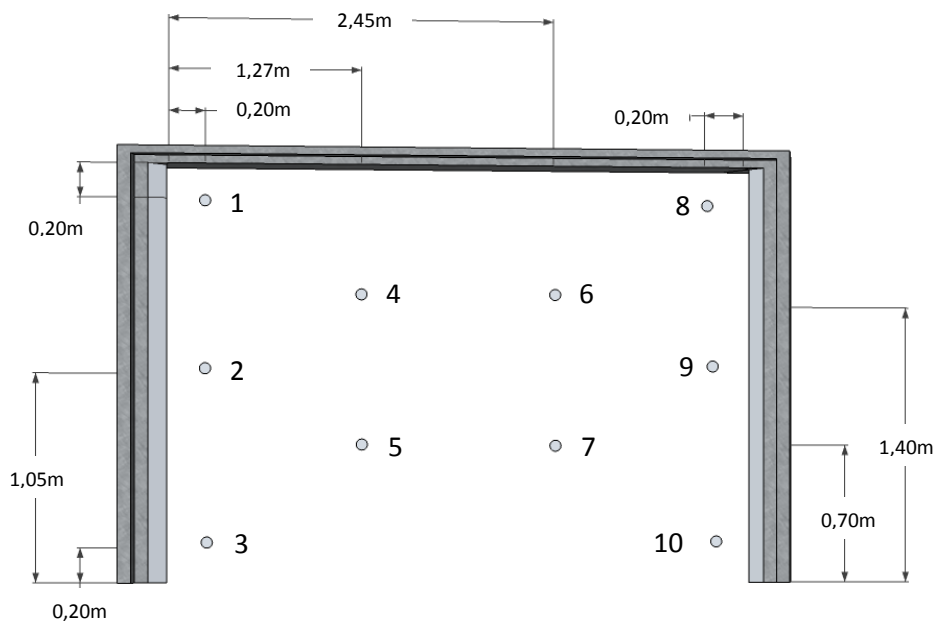
Figur 13 Frånluftsöppning B med samtliga mätpunkter

### 3.4.4 Mätpunkter frånluftsöppning C



Figur 14 Frånluftsöppning C med samtliga mätpunkter

### 3.4.5 Mätpunkter frånluftsöppning D



Figur 15 Frånluftsöppning D med samtliga mätpunkter

Innan fläkten startades kalibrerades det digitala tryckskillnadsinstrumentet till noll och värdet på den analoga tryckskillnadsinstrumentet avlästes. Därefter startades fläkten. Efter det att frånluftsöppningen justerats till aktuellt scenario fick systemet stå i 5 minuter och därefter påbörjades mätningarna. Detta för att korrekta tryck- och flödesförhållanden skulle hinna inställa sig i lokalen.

Vid mätning av flöden har ett snittvärde över 60 s vid varje mätpunkt avlästs. Efter det har tryckförändringen på den digitala tryckskillnadsmätaren avlästs och sedan tryckförändringen på det analoga mätinstrumentet. Därefter har frånluftsöppningen justerats till ett nytt scenario. Efter att nya tryck- och flödesförhållanden fått inställa sig under 5 minuter påbörjades nya mätningar. Proceduren är enhetlig för alla åtta försök.

### 3.5 Försöksdata

Försöksdata för samtliga försök redovisas i Tabell 1. Notera att scenarierna ½:1, 1:1 o.s.v. avser ett ungefärligt förhållande mellan från- och tillluftsöppning, den exakta kvoten syns i kolumnen längst till höger.

Scenario	Fläktavstånd d [m]	Öppningar	Frånluftsarea $A_f$ [m <sup>2</sup> ]	Tillluftsarea $A_t$ [m <sup>2</sup> ]	Kvot $A_f/A_t$ [-]
½:1 N	0,60	A	1,03	1,67	0,62
1:1 N	0,60	A + B	2,07	1,67	1,24
2:1 N	0,60	C	4,05	1,67	2,42
4:1 N	0,60	D	8,06	1,67	4,83
½:1 L	2,23	A	1,03	1,67	0,62
1:1 L	2,23	A + B	2,07	1,67	1,24
2:1 L	2,23	C	4,05	1,67	2,42
4:1 L	2,23	D	8,06	1,67	4,83

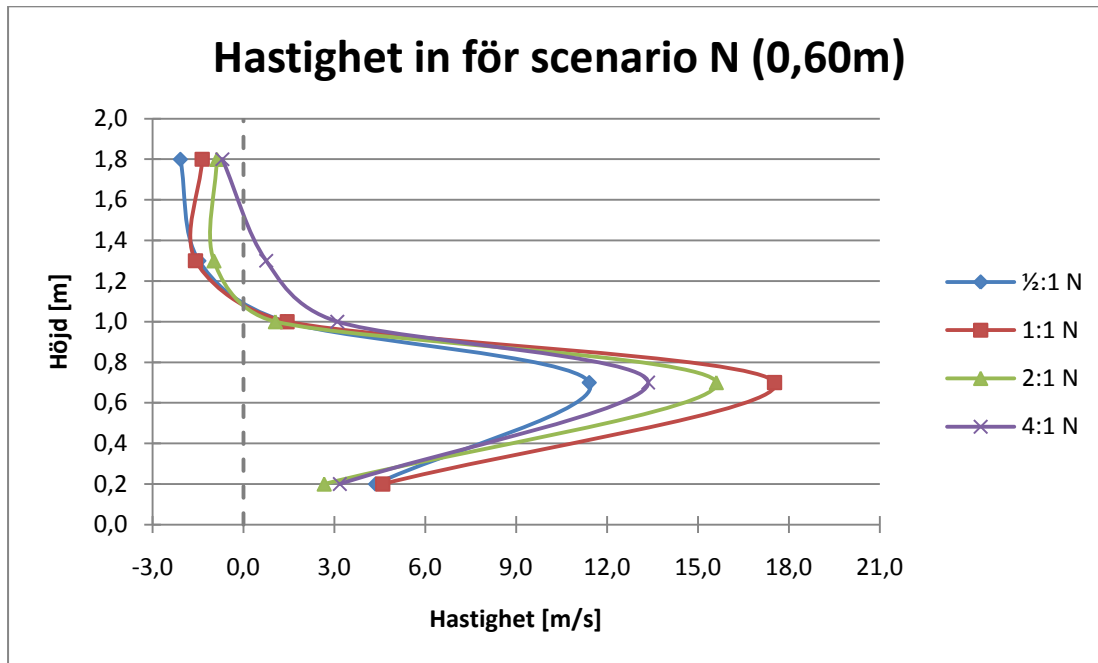
Tabell 1 Försökskuppställningarna i siffror.

## 4 Resultat

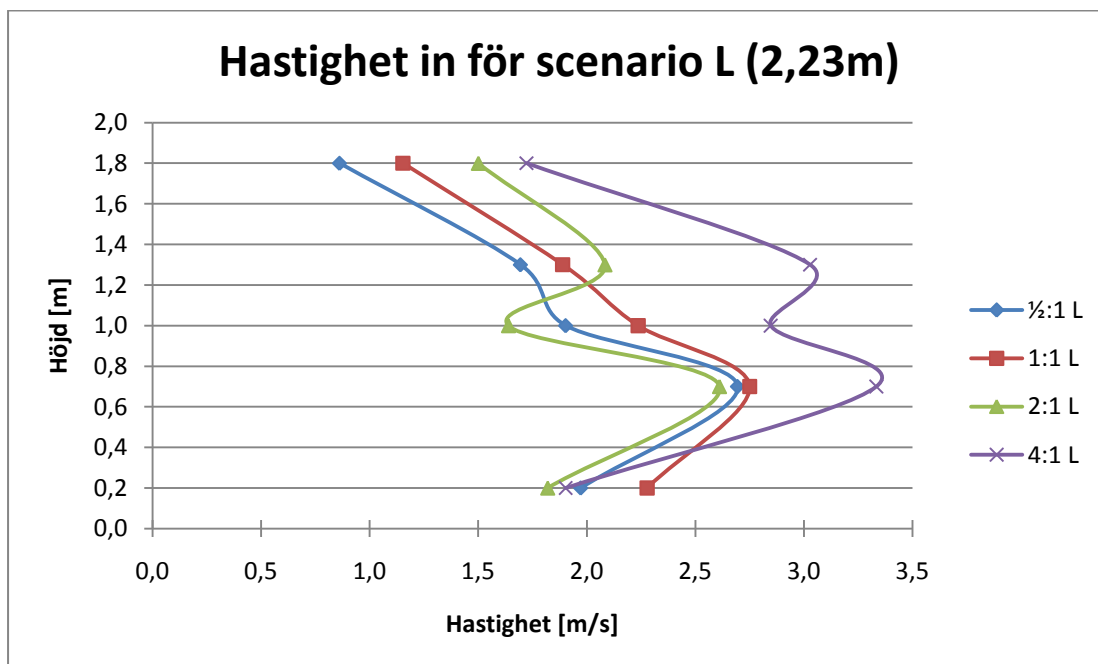
Följande kapitel sammanställer resultaten av fullskaleförsöken. För diskussion kring resultatens betydelse, eventuella avvikelser och felkällor hänvisas till kapitel 5.

### 4.1 Tilluftshastighet scenario N och scenario L

Hastigheten genom tilluftsöppningen presenteras som ett höjdgående snitt genom tilluftsöppningen.



Figur 16 Hastighet in genom tilluftsöppning T, scenario N



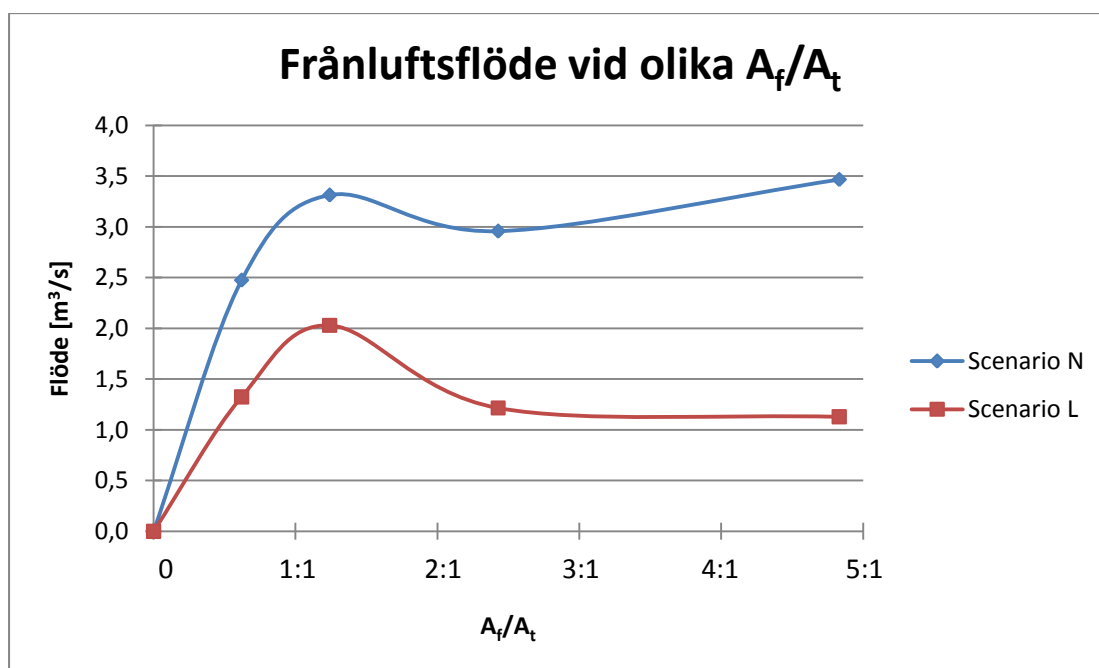
Figur 17 Hastighet in genom tilluftsöppning T, scenario L

## 4.2 Flöde samtliga frånluftsöppningar

Följande grafer visar hur flödet genom frånluftsöppningarna varierar med förhållandet frånluftsöppning/tilluftsöppning. Beräkningarna bygger på de snittvärden på hastighet som tagits fram för respektive öppning. För full resultatdata för varje mätpunkt hänvisas till kapitel 4.4.

Scenario	Hastighet [m/s]	Frånluftsarea $A_f$ [m <sup>2</sup> ]	Flödesberäkning $\cdot A_f$ [m <sup>3</sup> /s]
½:1 N	2,39	1,03	2,46
1:1 N	1,60	2,07	3,31
2:1 N	0,73	4,05	2,96
4:1 N	0,43	8,06	3,47
½:1 L	1,28	1,03	1,32
1:1 L	0,98	2,07	2,03
2:1 L	0,30	4,05	1,22
4:1 L	0,14	8,06	1,13

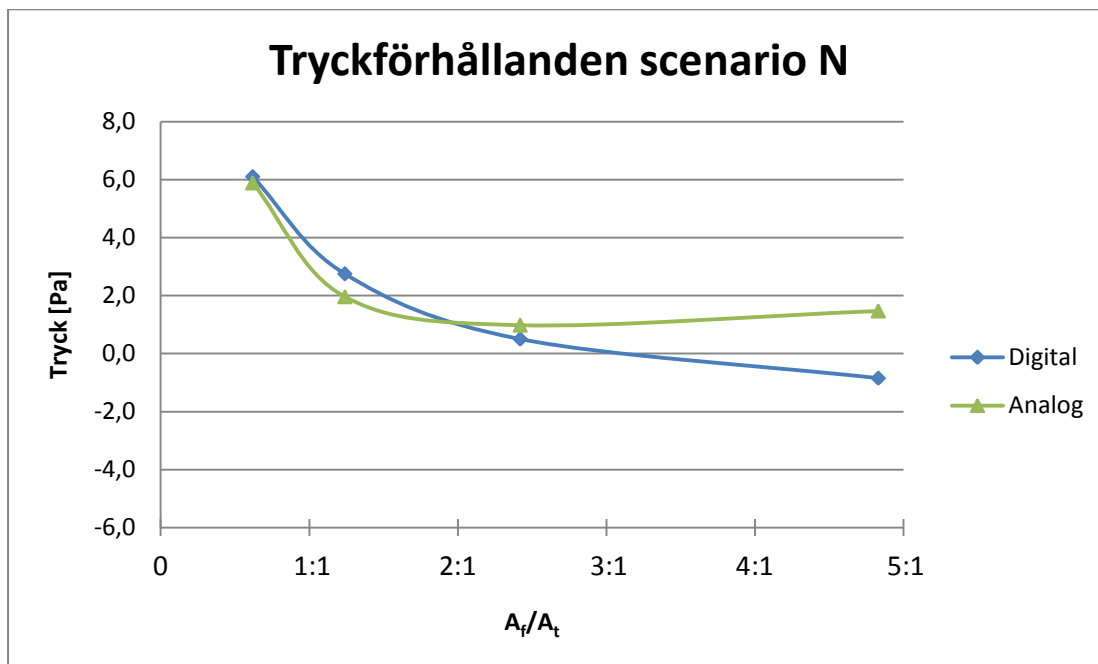
Tabell 2 Beräkningar av utflöde



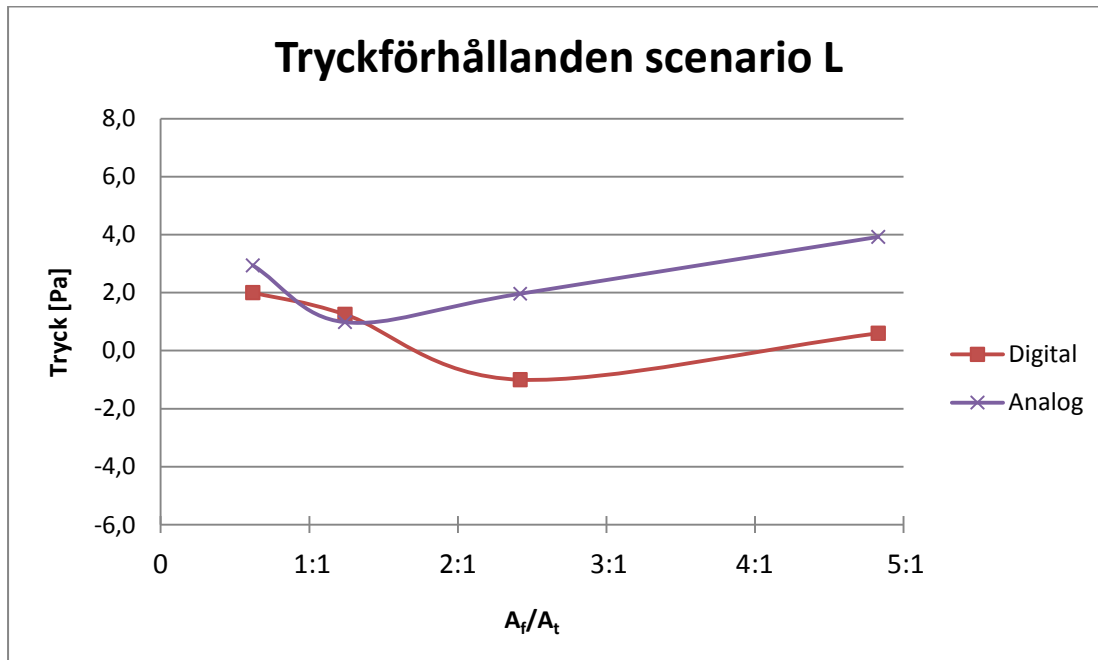
Figur 18 Flöde genom frånluftsöppningarna vid olika kvoter av  $A_f/A_t$

### 4.3 Tryck vid samtliga scenarier

Följande grafer visar hur trycket förändras med olika kvoter av  $A_f/A_t$ .



Figur 19 Tryckförhållande vid olika kvoter  $A_f/A_t$  för scenario N



Figur 20 Tryckförhållande vid olika kvoter  $A_f/A_t$  för scenario L

## 4.4 Detaljerade mätresultat

Resultat för samtliga mätpunkter i frånluftsöppningarna för respektive scenario

### Scenario ½:1 N

Mätpunkt	Hastighet [m/s]
A1	2,47
A2	2,06
A3	2,67
A4	2,67
A5	2,08
Snittvärde	2,39

Tabell 3 Data för samtliga mätpunkter scenario ½:1 N

### Scenario ½:1 L

Mätpunkt	Hastighet [m/s]
A1	0,58
A2	1,17
A3	1,39
A4	1,28
A5	2,00
Snittvärde	1,28

Tabell 6 Data för samtliga mätpunkter scenario ½:1 L

### Scenario 1:1 N

Mätpunkt	Hastighet [m/s]
A1	0,97
A2	1,39
A3	1,08
A4	1,50
A5	1,69
B1	1,86
B2	1,69
B3	2,11
B4	1,64
B5	2,03
Snittvärde	1,60

Tabell 4 Data för samtliga mätpunkter scenario 1:1 N

### Scenario 1:1 L

Mätpunkt	Hastighet [m/s]
A1	0,36
A2	1,06
A3	1,53
A4	0,89
A5	0,69
B1	1,00
B2	1,03
B3	1,39
B4	0,86
B5	1,00
Snittvärde	0,98

Tabell 7 Data för samtliga mätpunkter scenario 1:1 L

### Scenario 2:1 N

Mätpunkt	Hastighet [m/s]
C1	1,47
C2	0,89
C3	0,81
C4	1,03
C5	0,86
C6	0,58
C7	0,22
C8	0,0
Snittvärde	0,73

Tabell 5 Data för samtliga mätpunkter scenario 2:1 N

### Scenario 2:1 L

Mätpunkt	Hastighet [m/s]
C1	0,67
C2	0,25
C3	0,03
C4	0,36
C5	0,75
C6	0,19
C7	0,11
C8	0,06
Snittvärde	0,30

Tabell 8 Data för samtliga mätpunkter scenario 2:1 L



### Scenario 4:1 N

Mätpunkt	Hastighet [m/s]
D1	0,69
D2	0,39
D3	0,19
D4	0,50
D5	0,56
D6	0,58
D7	0,61
D8	0,67
D9	0,14
D10	0,00
Snittvärde	0,43

Tabell 9 Data för samtliga mätpunkter scenario 4:1 N

### Scenario 4:1 L

Mätpunkt	Hastighet [m/s]
D1	0,64
D2	0,11
D3	0,00
D4	0,28
D5	0,06
D6	0,06
D7*	0,03
D8*	0,28
D9	0,00
D10	0,00
Snittvärde	0,14

Tabell 10 Data för samtliga mätpunkter scenario 4:1 L

---

\* Vid dessa två mätpunkter växlade värdet mellan in- och utflöde. Snittvärdet var dock positivt (utflöde).

## 5 Diskussion

### 5.1 Tilluftshastighet för scenario N och scenario L

Det är i detta stycke viktigt att ha med sig att det är strömningshastigheten som mäts i tilluftsöppningen och sedan presenteras i Figur 16 och Figur 17. Flödet har inte beräknats ur dessa värden då det är alltför få mätpunkter. Dessutom skiftar mätpunkterna mellan att vara placerade vid dörrkarmen vid vissa höjder och centralt i öppningen vid andra höjder. Det är därför svårt att få en tillförlitlig bild av flödet. Detta är inte heller avsikten med försöken. Flödet genom tilluftsöppningen kan dock uppskattas grovt genom att hastigheten är uppmätt vid vissa punkter och arean av tilluftsöppningen är känd. Beräkningar för exakta värden av dessa flöden är alltså inte möjliga med de mätningar som gjorts utan resonemanget grundar sig på att en lägre hastighet innebär ett lägre flöde och vice versa.

Grafen för hastighet genom tilluftsöppningen i scenario N, Figur 16, visar tydligt på ett utflöde i överdelen av öppningen, helt i linje med Kriss Garcias metod som tas upp i litteraturstudien. Det är även tydligt att med en mindre frånluftsbarea byggs ett större motstånd upp inne i lokalen vilket försämrar inflödet och ökar utflödet i tilluftsöppningen. Ur perspektivet att man med Garcias teknik vill använda spalten i övre delen av tilluftsöppningen för att bedöma ventilationsförutsättningarna så begränsas dessa möjligheter vid ett förhållande av  $A_f/A_t$  på ca 4:1. Vid dessa öppningskvoter blir utflödet tydligt svagare och begränsas till tilluftsöppningens absolut översta del. Vid öppningskvoter på 2:1 eller lägre så genererar en mindre kvot ett större utflöde, men i samtliga fall syns ett tydligt utflöde från ca 1,2 m höjd och upp till dörrkarmen.

Vad avser resultaten för scenario L syns en mer homogen lufthastighet, med ett tydligt inflöde över hela öppningen. Samtidigt är hastigheten inte alls på samma nivåer som i scenario N, vilket borde innebära ett system som är känsligare för yttre faktorer som vindstyrka och vindhastighet. Även i scenario L syns en tydlig påverkan av det motstånd som byggs upp i lokalen vid mindre kvoter av  $A_f/A_t$ . Ju större  $A_f$  som öppnas upp desto lättare har fläkten att trycka in luft.

Till skillnad mot scenario N så syns i samtliga försök i scenario L en nedgång i hastighet vid ca 1 m höjd. En orsak till denna avvikelse tros vara att mätningarna vid denna höjd gjordes ute vid kanten snarare än i centrumlinjen av tilluftsöppningen, se Figur 11. På grund av den turbulens som uppstår vid dörrkarmen blir hastigheten här lägre än vid centrumlinjen. Detta gäller även mätningarna i tilluftsöppningens nedre och övre kant. Det är alltså rimligt att anta att det faktiska flödet genom tilluftsöppningen är större än vad som kan uppskattas ur Figur 17. En tendens till denna nedgång i hastighet borde återfinnas även i scenario N, då mätpunkterna är konfigurerade på samma sätt i detta scenario. Dock är fläkten är placerad såpass mycket närmare tilluftsöppningen i scenario N att det uppstår en större strömningshastighet ju närmare fläkten mätningen görs, oavsett om mätningarna görs vid dörrkarmen eller i centrum. Detta resulterar i att turbulensens negativa inverkan på hastigheten inte redovisas lika tydligt som i scenario L. Om den faktiska hastigheten i scenario N, Figur 16, sett över hela öppningen är större än redovisat än svårt att veta men det ligger nära till hands att tro att det är så även där.

Till följd av att de olika scenarierna ger olika effekter vad avser utflöde i överkant av tilluftsöppningen så blir de olika fläktuppställningarna bäst lämpade för olika typer av brand i bostad.

Vid en situation där fläkten skall ställas upp i ett trapphus för att trycksätta en brandbelastad lägenhet blir det med ovanstående resonemang fördelaktigt att placera övertrycksfläkten på ett större avstånd för att förhindra ett utflöde av toxiska brandgaser genom tilluftsöppningen och på så sätt försämra miljön för de boende som eventuellt måste utrymma via trapphuset. Vid brand i villa är istället en fläktuppställning nära tilluftsöppningen att föredra då det inte spelar någon roll att det blir ett utflöde genom tilluftsöppningen och ut i det fria. Tvärtom kan situationen då utnyttjas positivt ifall insatspersonalen lär sig tolka utflödet av brandgaser enligt Garcias metod. Att kunna tolka utflödet och snabbt avgöra huruvida fri väg föreligger från fläkten till branden och vidare till frånluftöppningen blir en viktig säkerhetsfaktor för den egna personalen.

Denna rapport fokuserar inte på skillnaderna i inflöde mellan de olika fläktuppställningarna vilket innebär att det finns begränsat med mätdata kring detta. Om man med det i åtanke ändå synar resultaten som finns så är tendensen att det blir ett kraftigare inflöde vid scenario N än vid scenario L. Detta då hastigheten genom tilluftsöppningen i scenario N är relativt sett större än för scenario L, även med hänsyn tagen till att scenario L får ett inflöde över cirka dubbelt så stor area som scenario N. Detta går emot de rön som sammanställts i litteraturstudien där flera källor hävdar att flödet in i lokalen blir i storleksordningen hälften ifall fläkten sätts nära tilluftsöppningen jämfört med att ha fläkten på några meters avstånd. Detta är ett intressant område som med fördel bör undersökas närmare i framtida studier.

## 5.2 Frånluftsflöde för scenario N och scenario L

I samtliga försök redovisas ett större utflöde genom frånluftöppningarna i scenario N än i scenario L. Båda graferna är mycket lika varandra till utseendet, med den skillnaden att scenario N ligger förskjutet med cirka dubbla värdet mot scenario L. En tydlig topp framträder vid kvoter av  $A_f/A_t$  mellan 1:1 och 2:1. Detta stöder således teorin att vid övertrycksventilering skall förhållandet  $A_f/A_t$  vara mellan 1:1 och 2:1 ifall fläkten ställs upp på ett sådant avstånd att hela tilluftsöppningen täcks in av fläktstrålen, vilket tas upp i litteraturstudien. Resultatet visar att även vid en fläktplacering nära tilluftsöppningen är en optimal kvot mellan från- och tilluftsöppning mellan 1:1 och 2:1.

Notera att vid scenario N fås även ett visst utflöde överst i tilluftsöppningen som inte redovisas i resultatgraferna då Figur 18 bara redovisar flöde ut genom frånluftöppningarna. Det är alltså rimligt att anta att flödet i N-försöken är ytterligare lite större än resultaten visar vilket skulle ytterligare framhålla scenario N som ett bättre alternativ än scenario L, sett ur ett utflödesperspektiv. Denna teori stöds av det faktum att försök 4:1N vänder uppåt mot större utflöden. Då mottrycket i lokalen minskar till följd av att större frånluftöppningar tas upp så minskar även utflödet genom tilluftsöppningen. Desto större frånluftöppningar som tas upp, desto mer av frånluftsflödet sker genom de öppnade frånluftöppningarna och mindre ut genom övre delen av tilluftsöppningen. Detta resonemang stärks även av hastighetsdiagrammet över tilluftsöppningen, Figur 16. Där visas att utflödet genom tilluftsöppningen nästan helt saknas i försök 4:1N. Som en följd av detta är det rimligt att anta att försök 4:1N visar det absoluta utflödet, medan de övriga försöken i scenario N redovisar ett utflöde där det saknas ett tillskott från utflödet genom tilluftsöppningen.

Den effektivaste användningen av övertrycksventilation ligger vid en kvot av  $A_f/A_t$  mellan 1:1 och 2:1. Vid kvoter större än 2:1 planar värdet ut och utflödet förändras inte nämnvärt. Vid en insats med övertrycksventilation finns alltså inget att vinna på att öppna upp större frånluftöppningar än

2:1, men däremot blir systemet mer sårbart i och med att det blir känsligare för yttre faktorer som vindriktning och vindhastighet.

### 5.3 Tryck för scenario N och scenario L

I scenario N redovisar såväl det digitala som det analoga tryckskillnadsinstrumentet att tryckuppbyggnaden i lokalen är omvänt proportionell mot kvoten mellan från- och tilluftsöppning. Vid större kvoter redovisas dock ett litet undertryck i lokalen, vilket ger upphov till att ifrågasätta mätdata. För scenario L divergerar resultaten från de olika instrumenten, och även här finns anledningar att ifrågasätta resultatet. Att både det digitala och det analoga tryckskillnadsinstrumentet visar liknande värden överlag styrker dock att mätinstrumenten är tillförlitliga. En tänkbar förklaring till de påvisade negativa tryckförhållandena är att fläktstrålen som genereras genom tilluftsöppningen bidrar till en venturieffekt som skapar ett lokalt undertryck på båda sidor om fläktstrålen. Det faktum att tryckdifferensinstrumenten var placerade strax till höger om tilluftsöppningen, inifrån sett, styrker denna tes. En annan förklaring är att svaga vindbyar kan skapa en venturieffekt förbi de stora öppningarna och på så sätt suga ut luft ur lokalen vilket ger ett undertryck. Ytterligare en förklaring är att vid såpass stora frånluftsöppningar som är fallet i scenario 4:1L påverkar även en svag vindby trycket inne i lokalen vilket kan bidra till en tillfällig förändring när instrumenten lästes av. Överlag kan slutsatsen dras att vid kvoter större än 2:1 så blir systemet sårbart vad avser tryckuppbyggnad inne i lokalen.

Jämförs scenario N och scenario L syns tydligt att störst tryckökning fås med övertrycksfläkten på ett kort avstånd från tilluftsöppningen och små kvoter mellan från- och tilluftsöppningarna, inte överstigande 2:1. Även försök ½:1L ger en viss tryckuppbyggnad men för scenario L är det av än större vikt att frånluftsöppningarna hålls till ett minimum. Detta kan vara av stor vikt vid en insats där syftet med övertrycksventileringen är att förhindra brandgasspridning till ett trapphus eller annat opåverkat område genom trycksättning. Vid dessa situationer är det alltså viktigt att mycket små frånluftsöppningar används. Dock skall nämnas att ju högre tryck inne i lokalen desto större är risken att brandgaser trycks till angränsande utrymmen genom otätheter i konstruktionen eller via andra öppningar som exempelvis ventilationsöppningar. Detta blir ett problem främst då ingen frånluftsöppning tas upp överhuvudtaget, vilket genererar en stor tryckökning. Slutsatser om exakt vilken kvot av från- och tilluftsöppning som krävs för att få tillräckligt utflöde för att slippa läckage genom otätheter går inte att säga då det varierar beroende på lokalen. En kvot på ½:1 redovisade ett relativt stort utflöde i det genomförda försöket och borde vara tillräckligt för att förhindra huvudsaklig spridning via otätheter i konstruktionen i just den aktuella lokalen.

### 5.4 Vindpåverkan

Bengtsson et. al. (1996) tar upp att en insats med vindriktningen mot tilluftsöppningen och vindhastighet på 5 m/s kan ge samma effekt som en övertrycksfläkt. Med samma resonemang kan alltså en vindriktning mot frånluftsöppningen och en hastighet på 5 m/s upphäva effekten av en övertrycksventilation, eller till och med att trycka brandgaserna ut genom tilluftsöppningen ifall vindpåverkan blir ännu större. Storleken på frånluftsöppningen är här en viktig faktor för vilken påverkan en ogynnsam vindriktning och hastighet får vid övertrycksventilering. Då varken byggnadens läge eller vindförhållandena går att påverka så återstår bara storleken på frånluftsöppningen. Det är logiskt att en större frånluftsöppning kommer generera en större påverkan på resultatet vid ogynnsamma vindförhållanden. Vindstyrkan vid försöken var i stort sett vindstilla med vindbyar på <2 m/s. Ändå var detta tillräckligt för att resultera i att två mätpunkter vid

försök 4:1L, D7 och D8, påvisade ett värde som växlade mellan in- och utflöde. Det genomsnittliga värdet var dock positivt (utflöde) för dessa mätpunkter.

## 6 Slutsatser

Följande slutsatser bygger på de resultat som framkommit i kapitel 4 och den efterföljande diskussionen i kapitel 5.

- Vid en insats mot en lägenhet, mindre villa, trapphus eller annan medelstor lokal där syftet med insatsen är att driva ut brandgaser rekommenderar författaren att fläkten ställs upp nära tilluftsöppningen på ett avstånd av ca 0,60 m. Detta då det skapar såväl ett högre övertryck som ett större utflöde av brandgaser än om fläkten ställs på ett avstånd av 2,23 m.

Specialfallet är en situation då det är viktigt att inte få ut brandgaser genom tilluftsöppningen, exempelvis vid användandet av övertrycksventilation mot en lägenhet där fläkten ställs upp inne i ett trapphus. I dessa fall rekommenderas att fläkten ställs upp på sådant avstånd att fläktstrålen täcker in hela tilluftsöppningen, ca 2-3 m från tilluftsöppningen beroende på öppningens storlek. Paradoxalt nog är det i de situationer då det är ont om utrymme, t.ex. i ett trapphus, som fläkten kan behöva placeras nära tilluftsöppningen på grund av platsbrist.

- Vid insatser då det primära målet är att skapa ett övertryck, exempelvis för att skydda ett trapphus eller en lokal som ännu är opåverkad, skall fläkten ställas nära tilluftsöppningen för att bygga upp ett så stort tryck som möjligt inne i lokalen. I dessa fall skall även en mindre frånluftsöppning tas upp, om någon alls. Fördelen med att ta upp en mindre frånluftsöppning är att om det skulle bildas en mindre mängd brandgaser i det trycksatta utrymmet ventileras dessa ut under kontrollerade former genom frånluftsöppningen istället för att eventuellt tryckas in i ett angränsande utrymme. Nackdelen är att för varje frånluftöppning som tas upp minskar övertrycket i lokalen, se Figur 19 och Figur 20, och därmed står trycksättningen sämre emot det övertryck som genereras av branden.
- Övning av aktivt användande av övertrycksventilation bör genomföras vid kommunala räddningstjänster då en snabb initiering är ökar möjligheterna för såväl invändig släckning som livräddning. Skall fördelarna av att placera fläkten nära tilluftsöppningen utnyttjas fullt ut måste personalen dessutom tränas i att kunna läsa av brandgaserna som strömmar ut genom tilluftsöppningen för att på så sätt öka den egna säkerheten.
- Oavsett fläktavstånd bör kvoten mellan från- och tilluftöppning vara mellan 1:1 och 2:1. En större kvot försämrar övertrycket i lokalen, minskar utflödet genom frånluftsöppningarna samt gör situationen mer påverkbar för yttre faktorer som vindstyrka och vindriktning. Vid en kvot på mindre än ½:1 genereras ett övertryck som riskerar att trycka brandgaser in i angränsande utrymmen på grund av att otätheter i byggnadskonstruktionen kommer att fungera som frånluftsöppning eller att tilluftsöppningen även kommer att fungera som frånluftsöppning.
- Vid frånluftsöppningar på ca 8 m<sup>2</sup> kan även mycket svaga vindar påverka övertrycksventilationen negativt. Frånluftsöppningen bör därför understiga 8 m<sup>2</sup> oavsett kvot mellan från- och tilluftsöppning.

## 7 Förslag på fortsatt arbete

Brandgasventilation är om man ser till nyttjandegraden ett relativt outforskat ämne. Även om övertrycksventilation idag användas som rutin vid villa- och lägenhetsbränder så bygger mycket av användningen på tradition. Det finns därför anledning att bygga vidare på forskning inom området övertrycksventilation.

Följande punkter är förslag på framtida studier utifrån frågeställningar som uppkommit under arbetets gång.

- **Två eller flera övertrycksfläktar.** Svenson (2000) hävdar att flera fläktar i serie inte nämnvärt bidrar till någon skillnad jämfört med om en fläkt används, medan Särdaqvist (1994) hävdar tvärtom att det gör en signifikant skillnad. I litteraturstudien redovisar Ingason & Fallberg (1998) hur försök med flera parallellkopplade fläktar ger klart större värden på såväl tryck som flöde medan seriekopplade fläktar inte visar på någon förbättring. Ingason & Fallbergs rapport är den enda i litteraturstudien som baserar sina antaganden på fullskaleförsök. Fler studier inom detta område behövs.
- **Ytterligare fördjupning av olika fläktuppställningar.** Exempelvis hur flödet in i lokalen påverkas av fläktens placering eller om kvoten  $A_f/A_t$  bör förändras vid alternativa fläktuppställningar eller fläktantal.
- **Lokalens utformning.** Hur påverkar en mer komplicerad utformning av lokalen förutsättningarna för övertrycksventilation?
- **Standardrutiner.** Arbetar olika räddningstjänster på olika sätt vad avser övertrycksventilering, och varför är det i så fall så? Det vore intressant att se en sammanställning om hur de olika räddningstjänsterna skiljer sig åt i sitt användande av övertrycksventilering.

## 8 Referensförteckning

*Assemblies, Instruments and Systems*. Special instruments GMBH. Hämtad 2010-11-09.

Tillgänglig: <http://www.special-instruments.de/pdf/englisch/E%2010-11.pdf>

Bengtsson, L-G., Karlsson, B. & Särdaqvist, S. (1996). *Brandgasventilation i teori och praktik* (rapport R53-146/96). Karlstad: Räddningsverket.

Bengtsson, L-G. (2001). *Inomhusbrand*. Karlstad: Räddningsverket.

Dan Nilsson, Insatsledare, Räddningstjänsten Storgöteborg. Personlig kommunikation, 2010-11-21.

*Dödsbränder 2008* (Publ.nr MSB-0085-09, ISBN 978-91-7383-042-3). Karlstad: Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap.

Garcia, Kriss. [Publikation] *Pressurized fire attack precautions: The "Big three"*. Hämtad 2010-05-26.

Tillgänglig: [http://mblfdtraining.com/Documents/Article\\_FEU\\_PPAPPV.pdf](http://mblfdtraining.com/Documents/Article_FEU_PPAPPV.pdf)

Ingason, H., Fallberg, R. (1998). *Övertrycksventilation i medelstora lokaler, försök med mobila fläktar* (SP rapport 1998:41). Borås: Sveriges provnings- och forskningsinstitut.

Karlsson, B., Quintere, J. G. (2000) *Enclosure fire dynamics*. Florida: CRC Press

Lindahl, Hans (2001). *Brandventilation*. Malmö: Icopal AB.

*Räddningstjänst i siffror 2009* (Publ.nr MSB 0185-10, ISBN 978-91-7383-090-4). Karlstad: Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap.

Svensson, Stefan (1996). *Brandförsök med sprängäm samt övertrycksventilation* (rapport R53-132/96). Karlstad: Räddningsverket.

Svensson, Stefan (2000). *Brandgasventilation*. Karlstad: Räddningsverket.

Särdaqvist, Stefan (1994). *Övertrycksventilation, förstudie över brandventilation med mobila fläktar* (rapport P 21-092/94).

*Övertrycksfläkt swedfan 24" produktblad*. Dafo brand AB. Hämtad 2010-11-09.

Tillgänglig: <http://dafo.se/sv/%C3%B6vertrycksfl%C3%A4ktar>

### Referenser foto

Figur 7: Dafo brand AB. Hämtat 2010-11-09.

Tillgänglig: <http://dafo.se/sv/%C3%B6vertrycksfl%C3%A4ktar>

Figur 8: *TFA anemometer*. TFA Dostman Ltd. Hämtad 2010-11-10.

Tillgänglig: [http://www.tfa-dostmann.de/Bedienungsanleitungen/42.6000\\_e.pdf](http://www.tfa-dostmann.de/Bedienungsanleitungen/42.6000_e.pdf)

Övriga foton är källa: författaren





