

# Brand-inducerade takjets i tunnlar under olika ventilationsförhållanden

Brandskydd i byggnadsverk

## Egenskaper hos brandinducerad takplym i tunnlar under olika ventilationsförhållanden

Under de senaste decennierna har forskningen kring tunnelbrand i huvudsak inriktats på design bränder och brandgaskontroll för tunnlar med längsgående luftflöden genererade av impulsfläktar i taket. Det finns en kunskapslucka när det gäller de fysiska egenskaperna hos brandinducerade takplymer (ceiling jets) vid tunnelbränder. Kunskapen kring plymer i vanliga bränder är betydligt högre. Man kan använda etablerade ekvationer för att beräkna flamböjder, gastemperaturer och gashastigheter i plymen som en funktion av höjden och brandeffekten. Men i tunnelbränder finns det begränsat antal tillförlitliga ekvationer för att uppskatta dessa nyckelparametrar i takplymen. Resultaten från detta Brandforsksprojekt kommer att ge oss ny värdefull information om, t.ex. flammalängd och strålning från röken i taket vilket är nödvändigt för att bedöma risken för brandspridning mellan fordon. Risken för brandspridning är en av de viktigaste parametrarna i dimensioneringen av brandsäkerheten i tunnlar.

Projektet har bestått av teoretiska analyser och experimentella arbeten. Försöken har genomförts för att verifiera egenskaperna hos takplymen som består av det horisontella plymflöde som bildas längs taket på grund av förbränningen. Försöken innehåller både varierande flamlängder, gashastigheter och massflöden samt varierande gastemperaturer och strålning. Flammorna tillsammans med de varma brandgaserna möjliggör antändning av material nedströms branden.

### Experiment

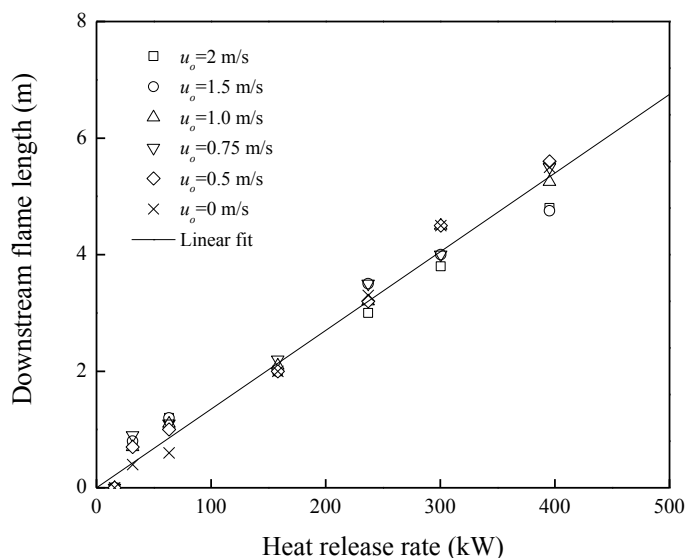
Totalt genomfördes 43 försök i en 1:10 modelltunnel. Flera parametrar ingick i studien, t.ex. brandeffekten (från propan gas), ventilationshastigheten och brandkällans höjd i förhållande till takhöjden. Modelltunneln var 12,5 m lång, 1 m respektive 0,6 m bred och 0,6 m hög. En bild av den 1 m breda modelltunneln visas i figur 1. Antingen var ventilationshastigheten fixerad med en varierande brandeffekt (HRR) eller så var brandeffekten fixerad med en varierande längsgående lufthastighet. Brandeffekten varierade mellan 16 kW och 632 kW, vilket motsvarar i full skala mellan 5 MW och 200 MW. Både naturlig ventilation och längsgående ventilation studerades. Ett antal brännbara materialbitar placerades på olika avstånd och höjder nedströms branden för att dokumentera antändningstider. Målsättningen var att få ungefärlig uppfattning om hur branden kan spridas vid de olika förhållanden som skapades av takplymen i taket.



Figur 1. Försöksuppställning med den 1 m breda modell tunneln i skala 1:10.

## Flamlängder

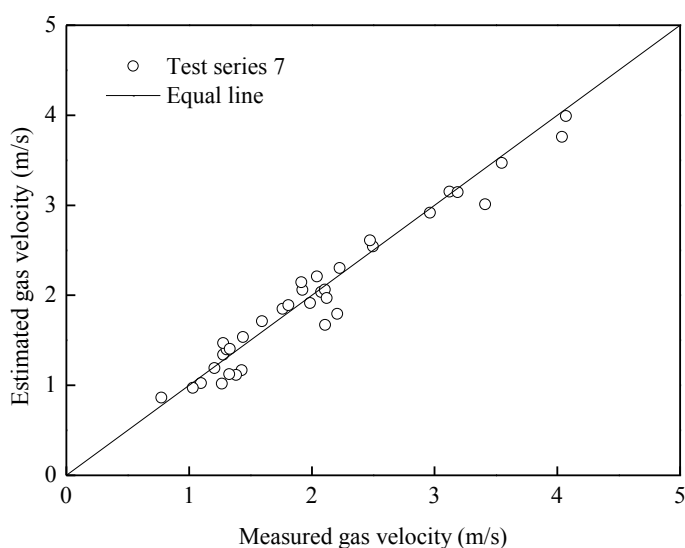
Vid låg ventilation, det vill säga när den dimensionslösa hastigheten är lägre än 0,3, förekommer flammor både uppströms och nedströms branden. Dessa flamlängder minskar linjärt med ökande lufthastighet. Vid hög ventilation, det vill säga när den dimensionslösa hastigheten är större än 0,3, förekommer flammor endast nedströms branden. Oavsett ventilationshastighet så ökar flamlängden linjärt med brandeffekten, och minskar med tunnelns bredd och effektiv tunnelhöjd, se figur 2. Den totala flamlängden, det vill säga summan av flamlängden nedströms och uppströms, kan vara så lång som två gånger flamlängden nedströms. Ekvationer för flamlängder nedströms, uppströms och den totala flamlängden föreslås i försöksrapporten.



Figur 2. Uppmätta flamlängder nedströms branden.

## Hastighet i takplymen

En teoretisk modell för takplymens hastighet under olika ventilationsförhållanden har tagits fram och jämförts mot försöksdata. Vid naturlig ventilation ökar takplymens hastighet med brandeffekten och minskar med den effektiva tunnelhöjden. Vid ökad längsventilation och temperatur ökar plymhastigheten i taket. En jämförelse med uppmätta och beräknade plymhastigheter i taket visas i figur 3.



Figur 3. Jämförelse mellan uppmätta och beräknade takplymhastigheter under ett av försöken.

### **Massflödet i takplymen**

Vid naturlig ventilation i tunneln ökar massflödet i brandplymen med brandeffekten och den effektiva tunnelhöjden. Vid långsgående ventilation ökar rökflödet i brandplymen linjärt med ventilationshastigheten, oberoende av brandeffekten. Det innebär att rökflödet i plymen inte är konstant för en given brandstorlek.

### **Fördelning av gastemperaturen**

Vid stora tunnelbränder kan ett så kallat virtuellt ursprung tas fram. Det är en tänkt geometrisk nollpunkt där alla avstånd från brandkällan refereras till. Mellan det virtuella ursprunget och brandkällans geometriska mittpunkt minskar gas temperaturer mycket långsamt. Detta beror på den stora mängden energi som frigörs inuti den intensiva förbränning zonen som befinner sig uppe vid taket. Samband mellan både gastemperaturer i takplymen och det virtuella ursprunget både för högt och lågt ventilationsflöden föreslås.

### **Strålning från takplymen**

Enkla samband för strålning från takplymen som består av varma gaser och flammor kan ges för beräkning av brandspridning. Hänsyn till synfaktorer och takplymens emissivitet måste tas för objekt som inte är direkt exponerade i de lägre regionerna (dvs. närmare golvet) av tunneln.

### **Brandspridning**

Brandspridning till objekt på golvnivå eller på en viss höjd över golvet inträffade när strålningsvärmeflödet översteg ca 20 kW/m<sup>2</sup>. Nettovärmeflödet mot bränsleytan vid antändningen är ett positivt värde.

Mer information finns i SP Rapport 2015: 23. De korrelationer som föreslås i arbetet kan användas för analytisk dimensionering av brandsäkerheten i tunnlar.

### **Rapport och kontakter:**

Rapport kan laddas ned från [www.brandforsk.se](http://www.brandforsk.se).

För mer information kontakta Haukur Ingason, SP Fire Research, [haukur.ingason@sp.se](mailto:haukur.ingason@sp.se)

Tel: 0105-165197