

# **Känslighetsanalys av FDS och dess undermodeller i ett tunnelscenario**

***Torkel Dittmer***

***Ulf Jämtäng***

---

**Department of Fire Safety Engineering  
Lund University, Sweden**

**Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet**

**Report 5192, Lund 2006**



**Känslighetsanalys av FDS och dess undermodeller  
i ett tunnelscenario**

**Torkel Dittmer  
Ulf Jämtäng  
Lund 2006**

## Känslighetsanalys av FDS och dess undermodeller i ett tunnelscenario

Authors:

Torkel Dittmer

Ulf Jämtäng

**Report 5192**

**ISSN: 1402-3504**

**ISRN: LUTVDG/TVBB--5192--SE**

Number of pages: 114

Illustrations:

Torkel Dittmer

Ulf Jämtäng

Keywords:

CFD, FDS, Tunnel, Sensitivity analysis, Radiation model, Grid, Parallel processing, turbulence

Sökord:

CFD, FDS, Tunnel, Känslighetsanalys, Strålningsmodell, Grid, Parallel beräkningar, turbulens

Abstract:

This report contains CFD-simulations of a tunnel fire in a scaled down road tunnel, 1:8, with the CFD-code FDS. FDS and its different sub models are evaluated by different configurations of grid nets, the radiation model and slight changes in the material database and the results with respect to temperature and u-velocity are compared to each other. Comparisons of the gain and loss in time by using the different configurations are also presented in the report. The aim of the report is to make a sensitivity analysis of FDS and its sub models and to find out how to make a reasonable FDS-simulation of a tunnel fire without spending too many wall-clock hours on it.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2006.

---

Brandteknik  
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  
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

Denna rapport innehåller en djupare känslighetsanalys av CFD-programmet FDS och några av dess undermodeller i två utvalda tunnelsekscenarion i skala 1:8. Dessa två scenarion har brandprovats av FOA och en begränsad jämförelse mot dessa resultat har genomförts där sådana data funnits tillgängliga och varit av en god kvalitet. Scenariona har valts bland många andra då flödena i dessa scenarion endast drivs av branden och inga mekaniska fläktar använts.

Arbetet är genomfört som ett examinerande projektarbete vid Lunds Tekniska Högskola omfattandes 10 akademiska poäng per författare och har utförts i nära samarbete med Brandskyddslaget AB.

Totalt har knappt 100 GB resultatfiler genererats av de beräkningar som tagit cirka ett och ett halvt år i ren processortid att få fram. Detta har varit möjligt tack vare att nästan samtliga simuleringar genomförts på klustret Docenten vid Lunarc, LTH, ett kluster med över 200 processorer.

Stor vikt har lagts vid att bedöma känsligheten hos olika strålningskonfigurationer som kan användas av FDS. Ett flertal simuleringar har genomförts för att kunna bedöma de olika strålningskonfigurationernas inverkan på resultatet vid varierande gridstorlek men även för att se hur dessa konfigurationer kan kombineras med varandra. Tester har även gjorts för att bedöma känsligheten i hur själva gridnätet utformas och om det finns möjlighet att optimera gridnäten så att simuleringen ska ta så kort tid som möjligt.

Gridstorleken är den enskilda faktor som i detta scenario påvisar absolut störst känslighet. Gridstorleken har bland annat en inverkan på förbränningsmodellen vilket leder till att flammhöjden ökar markant med minskande gridstorlek. Detta ger vidare flamman en mer naturlig form vid den finare upplösningen och temperaturen stiger även i flamman varpå strålningsmodellen blir mindre beroende av de hjälpsystem med strålningsfraktioner som FDS är utrustat med.

Resultaten visar även på att strålningsmodellen är en viktig komponent i flödesberäkningarna. Vid de simuleringar som gjorts utan strålningsmodell har flödesprofiler nära branden påvisat orimliga flöden. Trots att strålningsberäkningarna tar cirka 20 procent längre tid att simulera rekommenderas att en enkel strålningskonfiguration används. I detta scenario med relativt låga temperaturer i brandgaslaget och en sotande flamma påvisar ingen av de förfinade strålningsmodellerna på andra resultat än den enklare som används som standard i programmet.

De databasparametrar i form av emissiviteten på väggmaterialet och sotfraktion som varierats har inte påvisat någon direkt känslighet. Någon märkbar känslighet kunde inte heller påvisas mellan körningar med Intel processor och AMD processor.

Gridnätets utformning har dock en viss betydelse då näten, även enligt manualen, inte har samma förmåga att kommunicera mellan varandra som inom sig själva. Om dessa gridnätsskarvar hamnar olämpligt kan resultatet bli förödande. Då gridnätsskarven placerades i brandkällan blev resultaten kraftigt avvikande mot körningar med en bättre placerad skarv.

För att köra FDS effektivt och korrekt krävs tillgång till en stor processorkraft varför en rekommendation är att använda ett kluster på cirka fyra datorer sammankopplade via ett mycket snabbt nätverk. Detta bedöms som en rimlig nivå då FDS visat sig vara tämligen tidseffektiv på kluster av denna storlek, men med ytterligare ökad klusterstorlek ökar även den relativa tidsförlusten.



## Summary

This report contains a sensitivity analysis of FDS and its sub-models. The sensitivity analysis has been performed in two tunnel scenarios where a scaled down road tunnel, 1:8, was used. The results, primarily regarding temperature and u-velocity, was then analysed considering sensitivity and compared, only regarding temperature, to test results from the actual fire tests performed by FOA in 1999. The scenarios used in this analysis have been carefully chosen from a whole series of fire tests performed by FOA. The chosen scenarios contain the least amount of uncertainty regarding the experimental setup.

This report is the result of a diploma work carried out by two students at the programme in Fire Protection Engineering in Lund, Sweden. The diploma work has been carried out in cooperation with Brandskyddslaget AB, Stockholm, Sweden.

The simulations have taken 1,5 years of pure CPU time and have rendered about 100 GB of data. To be able to perform the amount of simulations needed for the sensitivity analysis a network consisting of over 200 computers named Docenten at Lunarc, LTH, was used.

The sensitivity analysis has been performed with emphasis on the radiation model used in FDS but also regarding different grid configurations and database parameters. One aspect of the analysis has been to try to optimize the calculation times in FDS for a tunnel scenario with a reasonable result.

Results of the analysis show that the radiation model plays a crucial part in the solution of the turbulent flow. The simulations without the radiation model have shown unreasonable u-velocity profiles close to the fire source. The radiation model is sensitive to grid size and the resolution of the grid net has to be quite good to (in these tests 5 cm ) be able to predict the radiative losses from the fire without a lower bound set by the user. Even though the radiation model increases the CPU time by about 20 per cent the results of this report show that the model should be turned on in a tunnel scenario.

The results of this analysis have also shown that the flame height is greatly affected by the size of the grid cells and becomes higher with smaller cells. This is due to the better prediction of the entrainment of air into the fire with smaller grid cells.

To run FDS efficiently and within the boundaries of “good CFD practise” more than one processor should be used, preferably four.





## Förord

Denna rapport har genomförts i samarbete med Brandskyddslaget och Brandteknik, LTH.  
Vi vill rikta ett stort tack till följande personer:

Göran Holmstedt, Brandteknik, För sina lärorika och insiktsfulla kommentarer som handledare under arbetets gång.

Bengt Hägglund, Brandskyddslaget, För god vägledning genom den färggranna CFD-världen.


Jonas Lindemann och Magnus Ullner, För ett otroligt öppet bemötande och välvilja att hjälpa oss med att simulera på klustret.

Kevin McGrattan och Simo Hostikka, NIST resp VTT, För deras lärorika förklaringar av FDS.

Men även till Lisa Lundmark och Therese Nilsson för att ni funnits med under resans gång, nu är vi färdiga ;-).

*Med förhoppning om att denna rapport kommer att vara till hjälp för många användare av FDS i framtiden.*

Vi, som författare, svarar för innehållet i rapporten:



---

Torkel Dittmer



---

Ulf Jämtäng



# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b> .....	<b>13</b>
1.1	SYFTE .....	13
1.2	METOD .....	13
1.3	AVGRÄNSNINGAR .....	13
<b>2</b>	<b>CFD</b> .....	<b>15</b>
2.1	RANS, LES OCH DNS .....	15
<b>3</b>	<b>FDS</b> .....	<b>17</b>
3.1	GRIDNÄT.....	17
3.2	FÖRBRÄNNINGSMODELL .....	17
3.3	STRÅLNINGSMODELL .....	17
3.4	OMGIVANDE VÄRDEN .....	18
<b>4</b>	<b>BRANDFÖRSÖK PÅ FOA</b> .....	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING SIMULERINGAR</b> .....	<b>23</b>
5.1	GENERELL .....	23
5.2	SPECIFIK .....	24
5.2.1	<i>Test och gridstorlek</i> .....	24
5.2.2	<i>Övriga förhållanden</i> .....	24
<b>6</b>	<b>RESULTAT OCH JÄMFÖRELSER</b> .....	<b>31</b>
6.1	KÄNSLIGHET MED AVSEENDE PÅ GRIDSTORLEK I TEST 17 .....	31
6.2	KÄNSLIGHET MED AVSEENDE PÅ STRÅLNING I TEST 17 .....	36
6.3	KÄNSLIGHET MED AVSEENDE PÅ GRIDKONFIGURATION I TEST 17 .....	42
6.4	KÄNSLIGHET MED AVSEENDE PÅ DATABASPARAMETRAR OCH PROCESSORTYP I TEST 17 .....	50
6.5	KÄNSLIGHET MED AVSEENDE PÅ GRIDNÄT OCH STRÅLNING I TEST 14 .....	51
6.6	TIDSÅTGÅNG TEST 17 .....	56
6.7	TIDSÅTGÅNG TEST 14 .....	62
<b>7</b>	<b>DISKUSSION OCH SLUTSATS</b> .....	<b>65</b>
7.1	REKOMMENDATIONER VID ANVÄNDNING AV FDS .....	68
<b>8</b>	<b>FÖRSLAG TILL FRAMTIDA FORSKNING</b> .....	<b>69</b>
<b>9</b>	<b>REFERENSER</b> .....	<b>71</b>



# 1 Inledning

Denna rapport är resultatet av ett examinerande projektarbete vid avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Projektet har genomförts av två studenter vid brandingenjörsprogrammet. Arbetet omfattar 10 akademiska poäng för var student och har till största delen genomförts under den andra halvan av 2005.

De simuleringar som ligger till grund för och redovisas i detta arbete motsvarar ett och ett halvt års beräkningstid för en processor och har resulterat i cirka 100 GB utdata. Detta har varit möjligt att genomföra tack vare klustret Docenten med över 200 processorer som drivs av LUNARC, en gemensam resurs vid Lunds Universitet.

I rapporten värderas känsligheten hos några av FDS, Fire Dynamics Simulator, olika undermodeller och känsligheten i hur dessa används och konfigureras. Stor vikt har även lagts vid jämförelser av tidsåtgång och känsligheten i gridoberoendet.

## 1.1 Syfte

Syftet med detta arbete har varit att fördjupa kunskaperna om hur känsliga resultat som levereras av FDS då olika undermodeller och konfigurationer används. Förhoppningen är att detta arbete ska grunda för en vidare forskning och analys av FDS då detta arbete inte ensamt kan ge svar på de frågor som kommer med ett ökande användande av FDS.

Målgruppen för denna rapport är personer med brandbakgrund och viss erfarenhet av CFD, Computational Fluid Dynamics, simuleringar.

## 1.2 Metod

Grundberäkningarna är genomförda som ett ”blindtest” utan att resultatdata var känt av operatörerna och den känslighetsanalys som genomförs syftar i första hand till att resultaten ska jämföras sinsemellan för att på så vis fokusera på känsligheten och inte valideringen. Resultaten jämförs kontinuerligt och nya simuleringar genomförs till viss del grundade på det resultat som tidigare framkommit.

## 1.3 Avgränsningar

Arbetet syftar inte till att validera FDS eller att matematiskt beskriva dess undermodeller djupare. Avgränsningar har även gjorts i omfattningen av simuleringarna då den stora mängden utdata och långa simuleringstiderna lett till en kraftsamling kring en begränsad mängd undermodeller.

Känslighetsanalysen är endast utförd i två tunnelscenarion och analysen har ingen ambition att vara en universell sanning utan kan till stor del vara beroende av de fenomen som kan uppstå i ett långsmalt scenario.

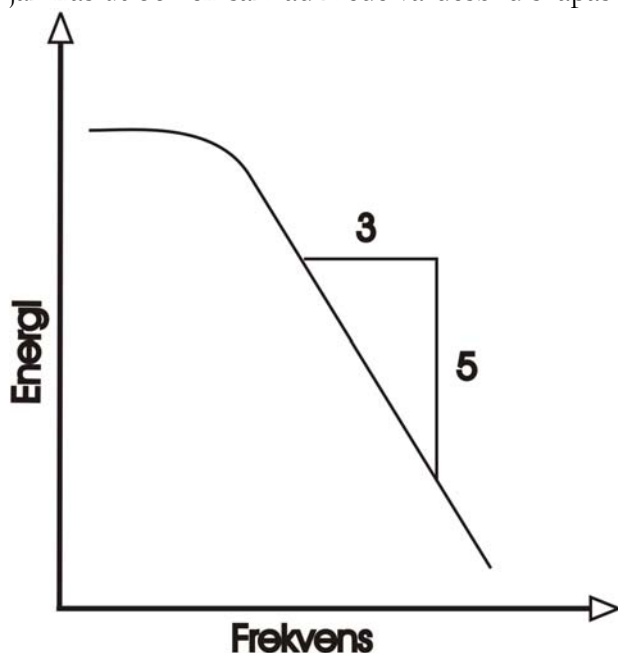


## 2 CFD

Computational Fluid Dynamics (CFD) används idag flitigt inom industrin som ett komplement och/eller ett alternativ till skal- och fullskaleförsök. Inom det brandtekniska området har CFD fått ett allt starkare fotfäste sedan ett antal programvaror riktade specifikt mot brandsimulering blivit tillgängliga på marknaden samtidigt som priset på beräkningskraft sjunkit lavinartat. CFD i brandsammanhang är till skillnad från andra fält inom CFD-världen beroende av ett stort antal antaganden inom områden som förbränningsmodeller och strålningsmodeller då branden är att betrakta som motor för flödena inom beräkningsvolymen. Att inom det brandtekniska området börja använda CFD som ett verktyg har växt fram från det tidigare användandet av tvåzonsmodellen för enkla simuleringar. Detta mycket enkla beräkningsverktyg har fortfarande en roll att fylla vid beräkningar i enstaka rum men har på senare tid fått stryka på foten till förmån för CFD-simuleringar. CFD bygger på principen att beräkningsdomänen delas upp i ett stort antal kontrollvolymen där förenklade flödesekvationer (Navier-Stokes ekvationer) löses. CFD kan användas för att få en bättre bild av brandgasspridningen med möjlighet till bland annat koncentrationsberäkningar av brandgaser och spårämnen men skall användas med förnuft då metoden trots allt är en approximation av verkligheten.

### 2.1 RANS, LES och DNS

Olika CFD program använder sig av olika sätt att modellera turbulens. Vanligt förekommande vid brandgassimuleringar är Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) och Large Eddy Simulation (LES) men teoretiskt kan även modellen Direct Numerical Solution (DNS) användas. Enkelt uttryckt kan RANS beskrivas som en medelvärdesbildande beräkning där all turbulens jämnas ut och en samlad medelvärdesbild skapas. Detta ger fördelar som att beräkningen kan



Figur 2:1 Relationerna mellan energi och frekvens i turbulenta flöden

göras med stora tidssteg och med stora kontrollvolymen men ekvationerna måste då lösas implicit och itereras fram över hela beräkningsvolymen vilket är mycket beräkningstungt /1/. I LES modelleras endast den turbulens som har en diameter mindre än gridens karakteristiska diameter medan den större turbulensen beräknas direkt. Lösningemetoden i LES är explicit med ett tidssteg proportionellt mot gridens storlek. Tidssteget kan av stabilitetsskäl aldrig vara större än den tid det tar för den snabbaste partikeln att röra sig genom en cell. Detta innebär att beräkningen använder resultatet i den föregående beräkningen för att direkt leverera ett entydigt

---

*Känslighetsanalys av FDS och dess undermodeller i ett tunnelscenario*

svar för nästa tidssteg. Denna beräkningsmetod är effektiv per tidssteg men då tidsstegen blir små blir ofta denna typ av beräkningar mer tidskrävande än motsvarande beräkning med RANS /1/. För att LES beräkningen ska bli god krävs dock mindre celler för att en så stor del av energin ska beräknas och inte lämnas till den enkla modellen som får till uppgift att medelvärdesbilda turbulensen med diameter under gridcellens karakteristiska diameter, en storlek som brukar kallas Taylors mikroskala /4/. Figur 2:1 /9/ visar hur energin fördelas mot frekvensen, och därmed diametern, hos de turbulenta strömningarna. En god LES lösning förväntas ligga någonstans i linjens lutande del. Frekvensen är bland annat beroende av effekten på branden och temperaturen. Den tredje metoden att lösa Navier-Stokes ekvationer är genom DNS då ekvationerna löses direkt och all energi ingår i beräkningen. Detta kräver dock att gridcellens storlek är i paritet med den minsta skalenheten hos turbulensen vilket leder till att beräkningen får extremt små tidssteg och väldigt många celler varför beräkningen för rumsbränder blir orimligt tung även för de allra snabbaste datorerna idag.



## 3 FDS

Amerikanska National Institute of Standards and Technology (NIST) har sedan länge distribuerat tvåzonsmodellen CFAST via sin hemsida på Internet. Denna enkla modell har fått ett starkt fotfäste och används än idag flitigt inom brandgassimulering då den finns tillgänglig via Internet och dessutom är gratis. På samma vis har även NIST sedan år 2000 haft en CFD-modell tillgänglig på sin hemsida, även den för gratis nedladdning. Denna programvara heter Fire Dynamics Simulator (FDS). FDS har genom åren utvecklats vidare och finns idag utgiven i en version 4, men utvecklingen har på intet sett avstannat.

FDS kan beräkna flöden med antingen LES eller DNS men har inte möjlighet till RANS simuleringar. Resultaten kan grafiskt presenteras i resultathanteringsprogrammet Smokeview.

Nedan följer en kort genomgång av teorin bakom FDS, för läsare som vill fördjupa sig i detta område hänvisas till FDS manual /7/ som finns att ladda ner från NISTs hemsida.

### 3.1 Gridnät

Den totala beräkningsvolymen delas i FDS in i ett stort antal celler, eller gridar, för vilka de valda kontinuitetsekvationerna löses. I FDS genereras dessa celler som kuber eller rektanglar som i normalfallet antar samma storlek. Två möjligheter att variera cellstorlekarna finns dock varav den ena, stretchning, beskrivs närmare i bilaga 1. Principen är dock att gridnätet kan dras samman över vissa områden på bekostnad av att det blir glesare i andra områden. Det andra och kanske mer användbara sättet att variera gridstorleken är att använda flera olika nät. Detta ger operatören en ökad frihet både vad gäller gridstorlek, då varje nät kan ha sin egen gridstorlek, men också med avseende på det geometriska området beräkningsvolymen ska sträcka sig genom. Att tänka på då gridnät definieras är att FDS är skrivet för kubiska celler och att gridnät endast kan ta upp information vid dess kanter. Det sistnämnda innebär att ett gridnät helt eller delvis inbäddat i ett annat gridnät kan förlora information i skarvarna.

Vid simulering på multipla processorer kan inte två processorer räkna på samma nät varför antalet gridnät måste vara minst lika stort som antalet processorer.

### 3.2 Förbränningsmodell

FDS använder en förbränningsmodell som kallas "Mixture Fraction Model" vilket innebär att allt bränsle som kommer i direktkontakt med syre förbränns momentant, d.v.s. bränsle och syre kan aldrig existera samtidigt i samma gridcell. Denna modell är känslig vid grova gridnät då temperaturen överskattas vid brandkällans rand eftersom en oproportionerlig mängd energi frigörs just här. Detta korrigeras till viss del genom att flamman approximeras till en kon med en flamhöjd som beräknas med hjälp av Heskestads plymmodell. Den överskjutande energin frigörs sedan lika över hela denna kons volym. Den energi som frigörs beräknas enbart från mängden förbrukat syre med ett värde som stämmer väl med de flesta kolväten, 13,1 MJ/kg. En annan begränsning för denna enkla förbränningsmodell är att den inte är avsedd att klara underventilerade förhållanden. En enkel modell för att kompensera för detta finns inbyggd i FDS men denna ska endast ses som ett litet försök att beskriva ett komplext fenomen.

### 3.3 Strålningsmodell

I FDS används en strålningsmodell, Finite Volume Radiation Model, som löses genom en metod som kallas Finite Volume Method (FVM). Denna modell är härledd från den enklaste varianten av Radiative Transfer Equation (RTE). Detta innebär ett antagande att ingen brytning sker i de

celler strålningen passerar igenom. Strålningen kan endast absorberas i en grå gas eller passera rakt genom en cell.

Då delar av den förenklade RTE är spektrumberoende och inte praktiskt kan lösas i en simulering delas strålningsspektrat upp i ett mindre antal band för vilka RTE löses separat. Den totala intensiteten fås sedan genom summering av intensiteten inom varje band. Då det är tidskrävande att lösa RTE för många band har FDS som standard antagit att gaserna beter sig som grå kroppar vilket reducerar antalet band till ett. Denna förenkling bygger på att sotets strålningsspektrum är kontinuerligt och att det i större bränder är just sotbildningen som dominerar strålningen från brandkällan och det varma brandgaslagret /8/. Förutom den förenklade modellen finns även i FDS en "wide band model" där 6 band används.

Absorptionskoefficienten är en funktion av koncentrationen absorberande gaser och partiklar, den lokala temperaturen och den sträcka som strålningen tillryggalägger. Den tillryggalagda sträckan kan variera väldigt mycket och är tidskrävande att beräkna. I FDS antas därför en medellängd på sträckan baserad på de geometriska förutsättningarna i indatafilen när en simulering startas. För att den lokala absorptionen inte skall behöva beräknas varje gång används en smalbandsmodell som kallas RADCAL i början av simuleringen. Denna modell beräknar och tabellerar värden för absorptionskoefficienten så att programmet under simuleringens gång endast behöver söka upp detta värde i tabellerna /3/.

För att lösa RTE delar den FVM upp alla möjliga riktningsvektorer i ett antal sfäriska vinklar, i standardfallet ca 100 st. Integrering över varje cell ger den slutliga ekvationen vilken löses för alla celler och vinklar /3/.

En väldigt viktig del i lösningen av strålning i FDS är i fallet nära branden. Då temperaturen i en cell jämnas ut över hela cellens volym blir temperaturen i celler som skärs av flamman i grova gridnät betydligt lägre än den verkliga flamtemperaturen. Detta innebär att strålningen kraftigt kan underskattas då den klassiska formeln för värmestrålning, som är beroende av temperaturen upphöjt till fyra, används. Därför anges ett värde för minsta strålningsandel i flamzonen för att på så vis kompensera den dåliga upplösningen. I beräkningen väljs sedan det större av dessa värden för celler i flamzonen medan strålningen för celler utanför förbränningszonen endast beräknas med beroendet av temperaturen upphöjt till fyra.

### **3.4 Omgivande värden**

Resultaten från en CFD-beräkning är beroende av hur beräkningsvolymens omgivning behandlas. I FDS kan en mängd värden för omgivningen ställas in och olika undermodeller användas. Detta gör det särskilt viktigt för användaren att sätta sig in i vilka möjligheter som finns i programmet för att kunna uppnå ett så bra beräkningsresultat som möjligt.

Brandkällan brukar räknas till en av de omgivande faktorerna. Vanligtvis används i FDS en modell där pyrolyserat bränsle injekteras in i brandrummet via en ventilationsöppning eller en fast yta och sedan blandas med syre och förbränns, se avsnitt 3.2. När standardmodellen för förbränning används brukar oftast en effektutveckling per area användas för att beskriva brandkällan. Möjligheten att massavbrinningen, och därigenom effektutvecklingen, bestäms av återstrålningen till vätskeytan, den konvektiva värmeöverföringen och vätskans förångningsvärme finns även den i FDS men tillförlitligheten är starkt begränsad av gridstorleken /8/.

De termiska tillstånden hos väggar som omger beräkningsvolymen är viktiga för beräkningarna. I FDS finns fyra olika sätt att termiskt beskriva de omgivande väggarna. Dessa är att väggen är isoterm, termiskt tjock, termiskt tunn eller adiabatisk. I de fall där en värmeöverföring sker mellan

t.ex. en vägg och fluiden i beräkningsdomänen beräknas konvektionen via en korrelation som är en blandning mellan påtvingad och naturlig konvektion och strålningens gränsvärde vid väggen. Starttemperaturen för fluiden samt den yttre temperaturen är även de parametrar som går att variera i FDS.

De gränstillstånd som beskriver fluiden är förutom temperaturen relaterade till fluidens rörelse. De enklaste tillstånden är fluidens hastighet i olika riktningar, volymflöden samt öppningar ut i det fria. Fluidens rörelse vid vanliga väggar modelleras enligt en förenkling av verkligheten, detta genom att hastigheten vid väggen som vanligtvis är noll sätts till en fraktion av värdet i cellen utanför väggen. Bland de övriga finns en möjlighet att spegla domänen genom en yta utan friktion och värmeöverföring för att spara beräkningstid.

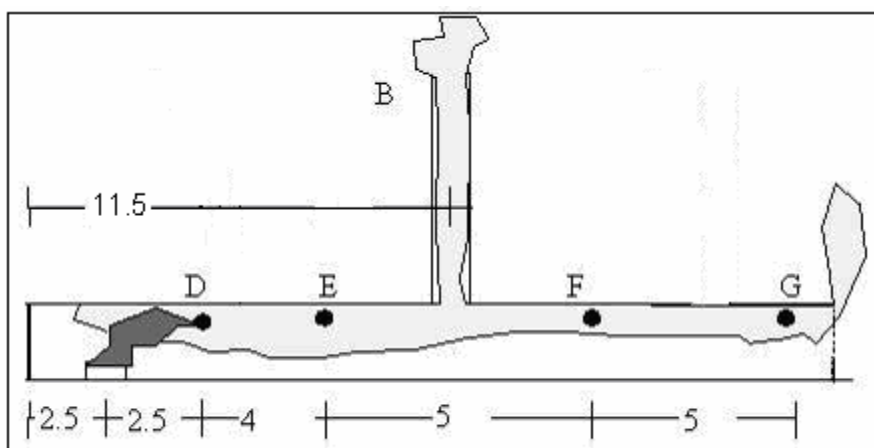


## 4 Brandförsök på FOA

Försöken i fråga /6/ utfördes i oktober 1999 av FOA. Syftet med brandförsöken var att studera hur brandgasspridningen i en vägtunnel påverkas med och utan olika brandgasevakueringssystem. De olika evakueringsmetoderna som testades var longitudinell ventilation, termisk ventilation samt mekanisk punkt ventilation. Ett delsyfte med försöket var att skapa god mätdata för validering av CFD-koder.

I detta avsnitt kommer endast uppställningen för försök 14 och 17 att beskrivas då dessa två försök utgör grunden i känslighetsanalysen. Anledningen till att försök 14 och 17 valts ut är att tunneln i dessa två försök har en enkel geometri jämfört med de övriga försöken. I de övriga försöken introduceras osäkerheter bland annat genom att en vindtunnel med okända mått kopplas till tunnelns vänstra del när longitudinell ventilation testas. För information kring de övriga försökens uppställningar hänvisas läsaren till /6/.

I försöken användes ett nedskalat tvärsnitt av en standard vägtunnel, ca 1:8, med måtten 20 x 2 x 1 m (l x b x h). Alla olika delar i tunneln förutom en långsida bestod i försöken av 12 mm Promatec fibersilikat skivor. Anledningen till att inte alla sidor bestod av Promatec skivor var att man okulärt ville observera och uppskatta brandgaslagrets höjd varför den ena långsidan utgjordes av 5 mm värmetåligt glas. Skillnaden mellan test 14 och 17 är att ett termiskt schakt, B, med måtten 0,4 x 0,4 x 3 m (l x b x h) anslutits till tunneln på 11,5 m avstånd från tunnelns vänstra sida, se fig 4:1.



**Figur 4:1** Geometrisk försöksuppställning för test 14 och 17 i FOAs brandförsök /6/

Brandkällan utgjordes i försöken av en polbrand med fotogen där kärlet var utfört i metall med bredden 0,4 x 0,4 m och ett djup av 50 mm. Kärlet med fotogen placerades symmetriskt i tvärsnittet med avståndet 2,5 m från tunnelns vänstra sida. För att uppnå en stationär massavbrinning kylde 80% av kärlet med vatten. Temperaturen på det utflödande vattnet var ca 30-35°C i alla test och massavbrinningen blev i samtliga fall stationär efter 1-2 min /6/.

Effektutvecklingen i respektive försök uppskattades genom att ta ett medelvärde för massavbrinningen mellan tiden 7-11 min och multiplicera detta värde med  $\Delta H_c = 39,5$  kJ/g.

**Tabell 4:1** Försöksuppställning för test 14 och 17 i FOAs brandförsök /6/

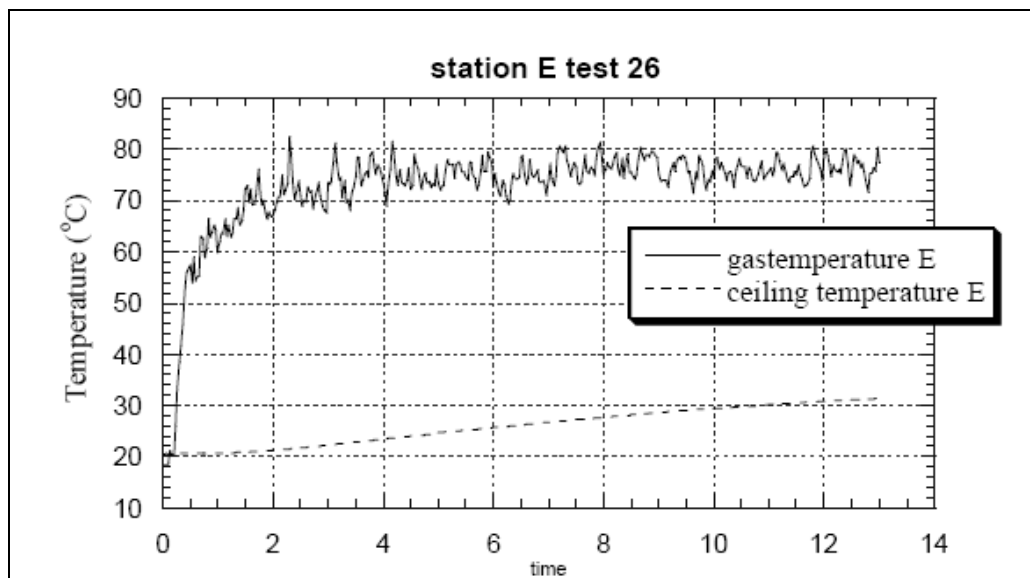
Test nr	Lufthastighet	Schakt	Antal schakt	Brandkälla	Medel $m_f$	Q
	(m/s)	(höjd/bredd)		(m*m)	(g/s)	(kW)
14	0	3/0,4	1	0,4*0,4	1,82	71,9
17	0	stängda	0	0,4*0,4	2,01	79,4

Mätdata insamlades längs tunnelns mittlinje på platserna D, E, F och G, se fig 4:1. Optisk densitet uppmättes vid E (0,75 m), F (0,5 m) och G (0,75 m), mät höjden inom parantes, och konverterades till sotkoncentration genom att dividera det uppmätta värdet med utsläkningskoefficienten  $3300 \text{ m}^2/\text{kg}$ . Syrekoncentrationen mättes genom att suga ut gaser på 0,75 m höjd vid E, F och G med ett kopparrör ( $d=6 \text{ mm}$ ) för vidare analys.

För temperaturdatainsamling användes termoelement av typ K, dvs. med metallerna chromel och alumel som klarar av maximalt  $1250^\circ\text{C}$  /6/. Termoelementens diameter var i alla testen  $0,25 \text{ mm}$  och placerades på höjderna 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,8 och 0,9 m höjd ovan golv vid samtliga av de fyra mätplatserna. Termoelement placerades även ut på 0,9 m höjd ovan golv i hela tunneln med cirka 1 meters mellanrum. Vid mätstationerna E och F placerades även termoelement i Promatecskivan i taket genom att ca 11 mm djupa hål borrades från utsidan och termoelementen limmades fast för att åstadkomma god kontakt med ytan.

Hastigheten mättes med pitotrör på höjden 0,9 m ovan golv vid D, E, F och G och på 0,5 m höjd vid E och F. Strålning uppmättes i taket vid station E.

Alla testen genomfördes under 12 min för att stationära förhållanden skulle uppnås i tunneln. I fig 4:2 visas att stationära förhållanden i gasmassan har uppnåtts i slutet av test 26 medan taket fortfarande värms upp.



**Figur 4:2** Stationära förhållanden har uppnåtts i gasmassan men ej i omslutande ytor /6/

## 5 Försöksuppställning simuleringar

I denna del av rapporten presenteras de olika antaganden och förenklingar som gjorts vid modelleringen av brandförsöken. För att minska osäkerheterna på grund av geometrin i de test som rör longitudinell ventilation av tunneln har endast test 14 och 17 beaktats. Detta avsnitt har delats upp i en generell del där de delar som är gemensamma för alla simuleringar går igenom och en specifik del där de ändringar i indata som endast rör en viss typ av simulering presenteras.

### 5.1 Generell

För att kunna genomföra beräkningar med FDS måste antaganden göras kring den faktiska försöksuppställningen. I simuleringarna utgörs brandkällan av en 10 cm hög låda med termiska egenskaper enligt materialet STEEL i FDS standard databas. Brandkällans höjd varierar inte mellan försöken trots att den verkliga brandkällans höjd är 5 cm. Detta motiveras av att man i FDS endast kan ge ett objekt geometriska egenskaper enligt gridnätets storlek och att det i dessa simuleringar fokuserats på känsligheter i modellen för tre olika gridstorlekar varav 10 cm är den största. För att inte turbulensen vid brännaren skall bidra till vidare osäkerheter i beräkningarna har brännarens höjd hållits konstant genom simuleringsserien. Det bör dock påpekas att en av fördelarna med att använda ett finare gridnät är att man kan beskriva verkliga geometriska förhållanden bättre. Bränslet som valts är Kerosene från FDS standard databas med enda modifieringen att sot fraktionen, soot yield, ändrats till 0,09 istället för 0,042 /5/. Vidare har antagits att temperaturen på den yta som motsvarar branden är 205°C, en approximation av kokpunkten för fotogen/e1/. Den generella modelleringen av försöken innebär även att strålningsmodellen används med restriktionen att minst 35% /11/ av effekten i en cell med effektutveckling blir strålningsförluster.

Omgivningens temperatur och starttemperaturen i tunneln har antagits till 15°C i samtliga simuleringar. Tre av fyra omgivande ytor i tunneln utgörs i simuleringarna av materialet Promatect H /e2/ och den fjärde av materialet "Glass" i FDS standard databas med förändringen att emissiviteten satts till 0,5 /10/. De omgivande ytorna anges i indatafilens geometridel utan tjocklek varför de sedan ritas ut som "tunna" blad. Tjockleken på väggarna anges istället som en egenskap hos materialet i indatafilen där DELTA ändras till tjockleken respektive del hade i de verkliga försöken.

I FDS måste användaren specificera vilken mätdata som önskas redan i indatafilen. I dessa simuleringar ligger fokus på hastighet och temperatur i punkterna D, E, F och G från försöket samt temperaturen på 0,9 m höjd ovan golv genom hela tunneln. Även syrekoncentrationen, koncentrationen sot och infallande strålning har tagits ut i några punkter men ingen större vikt har lagts vid dessa parametrar i simuleringarna.

För att försöken tidsmässigt skall kunna jämföras med varandra har ett kluster, Docenten på LUNARC, med symmetrisk hårdvara använts. Klustret består i detta fallet av 210 noder (datorer) med 2,2 GHz AMD Opteron 148 processorer (64-bitars) och 1 Gb internminne med klockfrekvensen 200 MHz. Då operativsystemet på klustret är Linux CentOS 4.1 x86\_64 behövdes en specialkompilering av FDS göras. Denna kunskap saknades varför yttre programmeringskunskap konsulterades. Detta samarbete resulterade i en mpi version, för flera sammankopplade datorer, och en singelprocessor version av FDS utan några större optimeringar. För mer information om kompileringen, klustret samt hur dessa simuleringarna på klustret praktiskt gick till se bilaga 2 och 3.

## 5.2 Specifik

Då en analys av detta slag renderar många olika typer av uppställningar som skall jämföras mot varandra har en slags kodning av simuleringarna gjorts för att förenkla utdatahantering och beskrivning av simuleringar i grafer. Syftet med detta avsnitt är att klargöra denna kodning och vad som utöver den generella uppställningen är specifikt med respektive simulering samt varför just denna variant är intressant.

### 5.2.1 Test och gridstorlek

De försök som behandlas i simuleringarna är test 14 och 17 med 10-2,5 cm gridstorlek. För att underlätta beskrivningen av detta heter en simulering av test 17 med 10 cm gridstorlek 17\_100, 5 cm grid 17\_050 och 2,5 cm grid 17\_025. De två olika testen simuleras för att se om den termiska ventilationen har någon inverkan på känsligheten hos parametrar som även varierats i simuleringar av test 17. Test 14 och 17 ses som de mest idealiska av de utförda tunnelförsöken i FOAs försöksserie /6/ att simulera då ingen vindpåverkan sker från den vindtunnel som det från försöken saknas dokumentation för.

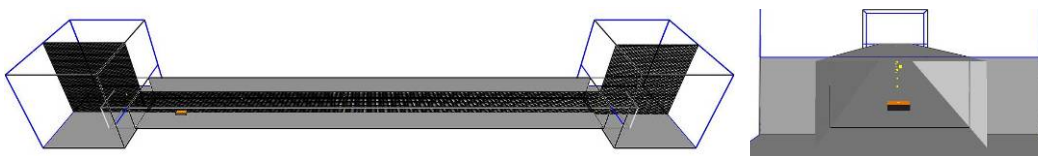
För att kunna spara tid vid eventuella omstarter har DTCCORE=30 lagts till MISC linjen i indatafilen i 10 cm och 5 cm simuleringar och DTCCORE=10 i 2,5 cm simuleringarna. Detta innebär exempelvis att data sparas till en restart fil var 30 s i en simulering med 10 cm gridstorlek. I början av varje 10 cm och 5 cm simulering sker en 60 s tomkörning i början för att stabilisera förhållanden i tunneln vartefter brännaren öppnas och "brandsimuleringen" startas. Då tomkörningen tidsmässigt tar väldigt stor tid när gridstorleken är 2,5 cm startas branden i dessa fall direkt.

### 5.2.2 Övriga förhållanden

I slutet av varje kodning finns en bokstavskombination, t.ex. 17\_100a. Nedan beskrivs vad just dessa bokstäver betyder och varför denna typ av uppställning är intressant i denna känslighetsanalys.

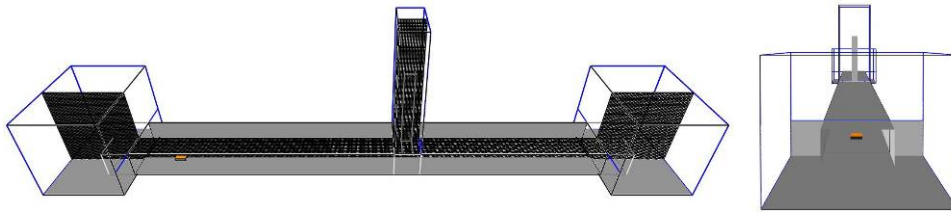
**a**

Denna försöksuppställning innebär att sammanlagt tre gridnät med kontakt i ytterkanten av respektive nät används i simulering utan termiskt schakt och fem nät vid simuleringar med termiskt schakt. De yttersta gridnäten är till för att begränsa randeffekterna som kan uppstå i tunneln när flöden med stor hastighet "försvinner" genom en tryckrand. Denna uppställning är den som valts som "default", dvs den simulering som övriga jämförs mot resultatmässigt vad främst gäller tid, temperatur och hastighet. I de fall där t.ex. endast strålningskonfigurationen ändras är även denna geometriska modell standard.



**Figur 5:1** Grafisk framställning av geometriska förutsättningar för 17\_050a





**Figur 5:2** Grafisk framställning av geometriska förutsättningar för 14\_050a

**b**

I detta fall ändras inte de geometriska förutsättningarna för beräkningarna (se a). Det som beaktas i dessa simuleringar är att strålningsmodellen stängs av, dvs 35% av effektutvecklingen kommer att försvinna från beräkningarna. Detta fall är intressant att beakta då man i manualen till FDS /7/ anger en tidsvinst på ca 20% om strålningsmodellen stängs av.

*Ändring i indata:* RADIATION=.FALSE. läggs till på MISC linjen

**c**

Även i denna uppställning är bara de resultat som fås genom ändring av strålningsförutsättningarna av intresse. I FDS används en strålningsfraktion då modellen enligt manualen /7/ vid grövre gridnät annars underskattar den mängd av effektutvecklingen som strålas ut från en cell med effektutveckling. Syftet med dessa simuleringar är främst att se hur resultaten jämfört med ”default” simuleringen, a, ändras vid olika gridstorlekar.

*Ändring i indata:* RADIATION=.TRUE. på MISC linje och RADIATIVE\_FRACTION=0.0 läggs till på REAC linjen

**d**

I dessa simuleringar visas fortsatt intresse för strålningsmodellen. Wide band model är enligt manualen /7/ en väldigt tidskrävande modell vid sotiga bränder. När denna modell används delas strålningsspektrat in i sex band istället för ett varefter RTE, Radiative Transfer Equation, löses. Anledningen till intresset för denna modell är att se om en markant skillnad i resultat kan uppnås genom denna ”exaktare” lösning av RTE, något som i sådana fall kan innebära att en användare skulle använda modellen trots tidsförluster även vid sotiga bränder.

*Ändring i indata:* &RADI WIDE\_BAND\_MODEL=.TRUE. läggs till

**e**

Här prövas ett annat sätt att exaktare lösa RTE. I detta fall genom att utöka det antal vinklar som RTE löses för från 100 till 200. Även här är det intressant att se ändringen ur ett ”kostnad-nytta” perspektiv för användaren.

*Ändring i indata:* &RADI NUMBER\_RADIATION\_ANGLES= 200 läggs till

**f**

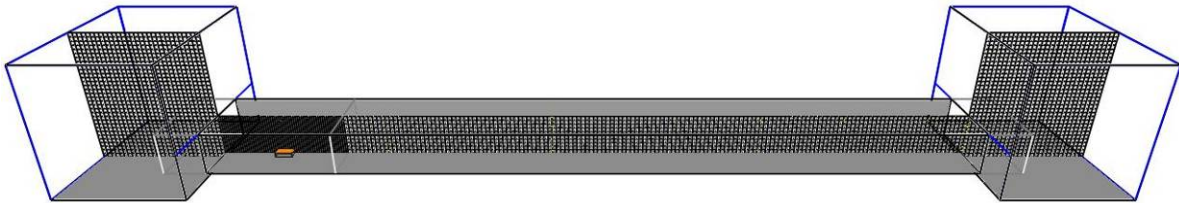
I simuleringar med flera gridnät spelar synkroniseringen mellan dessa enligt manualen stor roll tidsmässigt då simuleringen sker på en dator. Detta då en ständig synkronisering på en dator leder till att processorn belastas med alla näten konstant. Om däremot gridnäten synkroniseras med ett större tidssteg innebär detta att processorkraft för beräkning av de nät där det finns stora gradienter, t.ex. branden och ventilationsluckor, frigörs och beräkningarna går snabbare. I manualen påpekas även att avstängningen av synkroniseringen inte har någon större påverkan

tidsmässigt vid beräkningar på kluster där datorn vars processorkraft frias upp ändå bara står och väntar på att få info från de övriga för att kunna fortsätta sin beräkning. Här är det intressant att se hur mycket tid som kan sparas in på beräkningar av detta slag samt om resultaten avviker mycket från de när synkroniseringen används.

*Ändring i indata:* SYNCHRONIZE=.FALSE. på TIME linjen

### g

Tanken bakom denna uppställning är att se hur ett finare gridnät över branden påverkar resultaten. CFD teori säger att användandet av finare gridnät där det finns stora gradienter leder till en exaktare lösning av de grundläggande ekvationerna. Här läggs ett 5 cm gridnät över ett område nära branden och den övriga domänen utgöres av 10 cm gridnät. Leder denna uppställning till en exaktare lösning som kan jämföras med en simulering med enbart 5 cm gridnät? Eller leder komplikationer i skarvarna mellan gridnäten till icke godtagbara resultat? Även denna variant av simulering skall ses ur ett tidsvinst-resultat perspektiv.



**Figur 5:3** Uppställning av typ g där 5 cm gridnät används över branden och 10 cm gridnät i övriga domänen

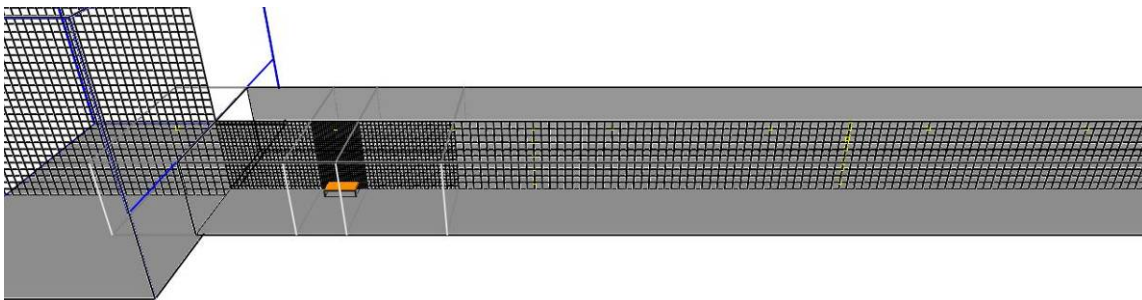
### h

I detta försök pressas tidsgränserna ytterligare. Här testas om en avstängning av synkroniseringen kan leda till instabilitet i beräkningarna i en geometri enligt g eller om den leder till godtagbara resultat med en god tidsvinst.

*Ändring i indata:* Som g men SYNCHRONIZE=.FALSE. på TIME linjen

### i

Här sätts uppdelningen i multipla och finare gridnät ytterligare på prov. Ett 2,5 cm nät placeras direkt ovan branden med ett 5 cm nät på vardera sida. Den totala utsträckningen av de finare näten och området utanför 5 cm näten är densamma som i g. Kan 2,5 cm nätet ge ytterligare noggrannhet i beräkningarna eller leder de multipla ändringarna av gridnätens storlek till beräkningssvårigheter?



**Figur 5:4** Uppställning av typ i där 2,5 cm gridnät används över branden med 5 cm nät på vardera sidan och 10 cm gridnät i övriga domänen

## j

I detta försök pressas tidsgränserna ytterligare. Här testas om en avstängning av synkroniseringen kan leda till instabilitet i beräkningarna i en geometri enligt i eller om den leder till godtagbara resultat med en god tidsvinst.

*Ändring i indata:* Som i men SYNCHRONIZE=.FALSE. på TIME linjen

## k

I simuleringarna har emissiviteten för glaset antagits till 0,5 efter samråd med experter på glas /10/. Glaset utgör en stor yta i dessa simuleringar varför det antagna värdet kan påverka resultaten främst i strålningberäkningarna. För att se påverkan av en drastisk ändring av emissiviteten hos en stor yta på temperaturen och hastigheten i tunneln har därför i detta fall emissiviteten hos Promatec ändrats från 0,9 till 0,5.

*Ändring i indata:* EMISSIVITY= 0.5 på SURF linjen för PROMATEC i databasen

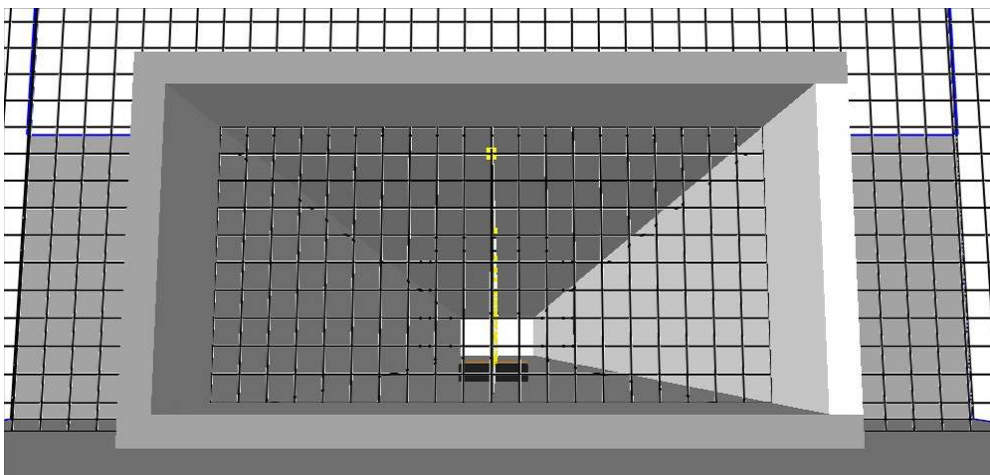
## l

Då sotfraktionen ändrats från de ordinarie 4,2% i FDS databas till 9% är det av intresse vilken påverkan detta får resultatsmässigt. Därför ändras i dessa simuleringar sotfraktionen tillbaka till det ordinarie värdet enligt FDS. Är det bara sotkoncentrationen som ändras i beräkningarna eller ändras även temperaturbilden genom påverkan av strålningen?.

*Ändring i indata:* SOOT\_YIELD=0.042 på REAC linjen

## m

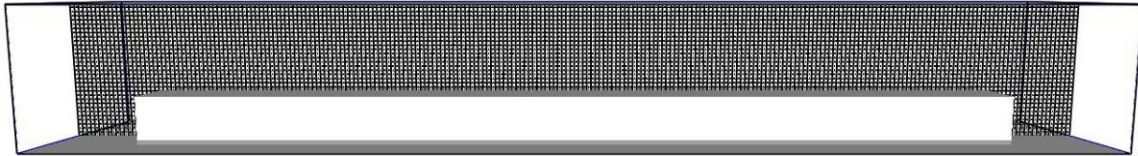
I denna uppställning används gridtjocka väggar enligt fig 5:5 . I manualen till FDS /7/ beskrivs att för full funktionalitet bör åtminstone hinder med en gridcells tjocklek användas. Anledningen till detta är att ett hinder med ”noll” tjocklek endast kan ha en hastighetsvektor på sin yta. Detta innebär enligt manualen att väggar med noll tjocklek fungerar bra som flödesbarriärer men kan få problem i andra fall, t.ex. nära branden. I större delen av tunneln bör de omgivande ytorna fungera som flödesbarrärer men problem kan uppstå nära branden. Det är därför intressant att se hur gridtjocka väggar påverkar resultaten.



**Figur 5:5** Uppställning av typ m med gridtjocka väggar

## n

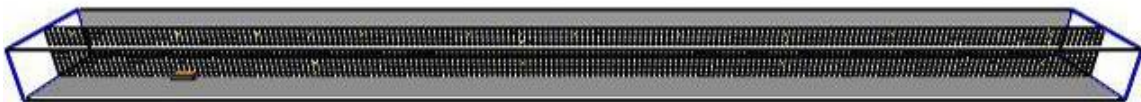
Då default uppställningen består av multipla sammanlänkade gridnät behövs en jämförelse mot ett uniformt gridnät för att se betydelsen av flera gridnät. Resultatet av jämförelse när intressant både tidsmässigt och sett till temperatur och hastighet då det visar hur beräkningarna påverkas av flera gridnät enligt uppställningen i a samt hur mycket tid som kan sparas in om dessa olika uppställningar leder till samma resultat.



**Figur 5:6** Uppställning av typ n med ett uniformt gridnät

## o

För att ytterligare spara in på gridceller och därmed den tid en simulering tar samt det minne fler gridceller upptar på datorn kan default uppställningen i a förenklas ännu mer geometriskt. Detta görs genom att de två yttersta gridnäten tas bort och ett uniformt gridnät placeras genom hela tunneln. Detta är särskilt intressant då hastigheterna in och ut ur tunneln om de är stora nog kan skapa randeffekter när flödet rör sig genom tryckranden i tunnelöppningarna.



**Figur 5:7** Uppställning av typ o med en uniform grid endast i tunnel

## o(siffr)

I dessa olika uppställningar delas den uniforma griden från ett standard o försök upp i flera (det antal som siffran anger) lika stora gridnät. Detta är särskilt intressant för att se tidsvinsten i att använda sig av ett kluster med olika många datorer (lika många som siffran) och därmed se var gränsen för optimal användning av flera datorer med mpi versionen av FDS ligger. Ingen hänsyn har i simuleringarna tagits till att göra nätet vid branden mindre vilket kan leda till ökad effektivitet då mycket av beräkningstiden ligger just där. I vissa fall ligger gränsen mellan två gridnät mitt över brandkällan vilket kan vara intressant för att se hur bra informationsutbytet är mellan de olika näten i en klustersimulering med multipla gridnät.



**Figur 5:8** Uppställning av typ o10 med tunneln uppdelad i 10 lika stora gridnät simulerad på 10 datorer i ett kluster

## p

En parameter som påverkar siktbarheten i en simulering är massutsläkningskoefficienten. För att se om detta bara är en konstant för att beräkna sikten eller om den påverkar övriga resultat ändras massutsläkningskoefficienten från  $7600 \text{ m}^2/\text{Kg}$ , standard värdet i FDS till värdet  $10200 \text{ m}^2/\text{Kg}$  som anges i /7/.

*Ändring i indata:* MASS\_EXTINCTION\_COEFFICIENT= 10200 på REAC linjen

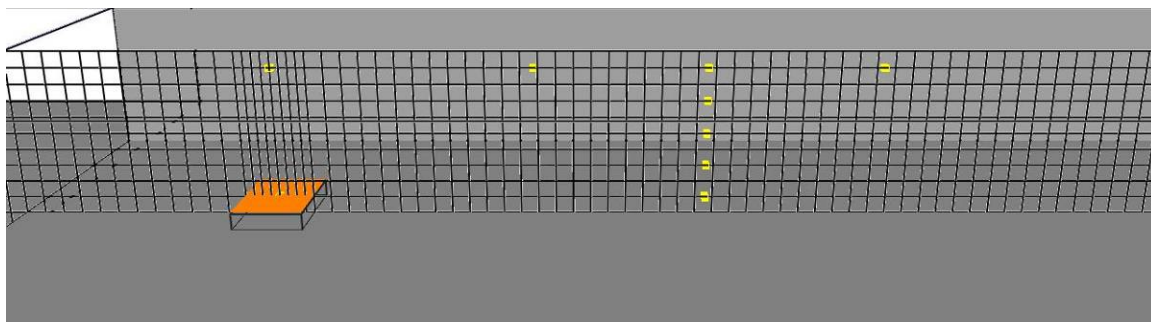
#### q

I FDS används enligt NIST hemsida /e4/ en slumpvalsgenerator för att bryta upp symmetriska flöden som kan uppstå när de initiala förhållandena är symmetriska med gränsvärdenas förhållanden. Dessa slumpvalsgeneratorer är olika i AMD och Intel och ger enligt /e4/ en väldigt liten skillnad, inte större än verkliga försöksosäkerheter med samma indata och procedurer. För att se hur stor påverkan denna parameter har på resultatet användes en dator med Intel P4 3,2 GHz processor och 2Gb 400MHz RAM minne.

#### r

I FDS finns som nämnt i avsnitt 3.1 en möjlighet att dra ihop och dra isär gridnätet i två olika riktningar. Detta innebär att det totala antalet gridceller är detsamma som i en default simulering men att de enskilda gridcellerna får olika form. Anledningen till att detta är intressant är för att se hur FDS klarar av att beräkna dessa ”udda” geometrier då koden främst är skriven för kuber.

*Ändring i indata:* &TRNX CC=2.2, PC=2.3, MESH\_NUMBER=1  
&TRNX CC=3.0, PC=2.7, MESH\_NUMBER=1

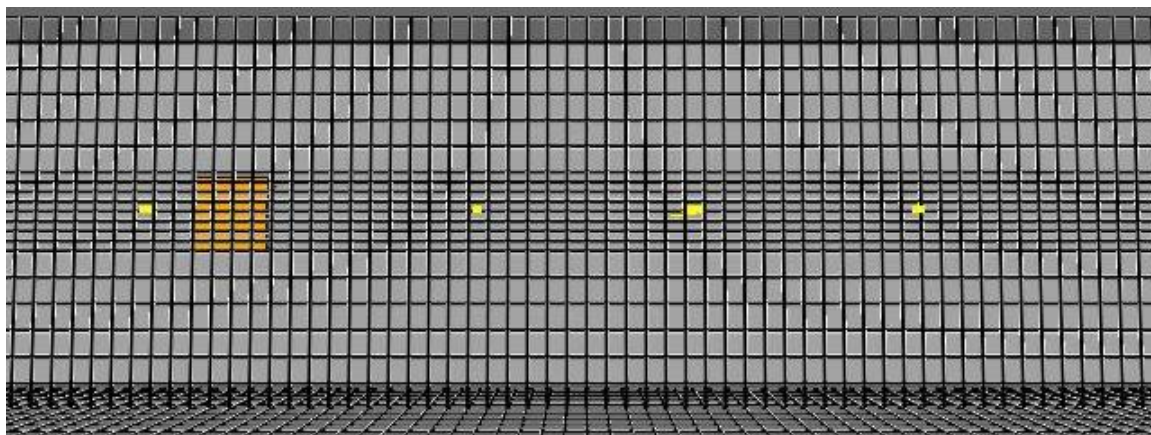


**Figur 5:9** Uppställning av typ r med gridnät ihopdraget i X-led till 5 cm gridstorlek ovan brand

#### s

I denna uppställning dras istället gridnätet ihop i Y-led ovan brand. Detta leder till större celler vid väggar och finare (5 cm) ovan brand vilket kan leda till sämre resultat då beräkningarna av förhållanden vid väggen påverkas av gridstorleken eller bättre då finare upplösning uppnås ovan branden.

*Ändring i indata:* &TRNY CC=0.6, PC=0.8, MESH\_NUMBER=1  
&TRNY CC=1.4, PC=1.2, MESH\_NUMBER=1

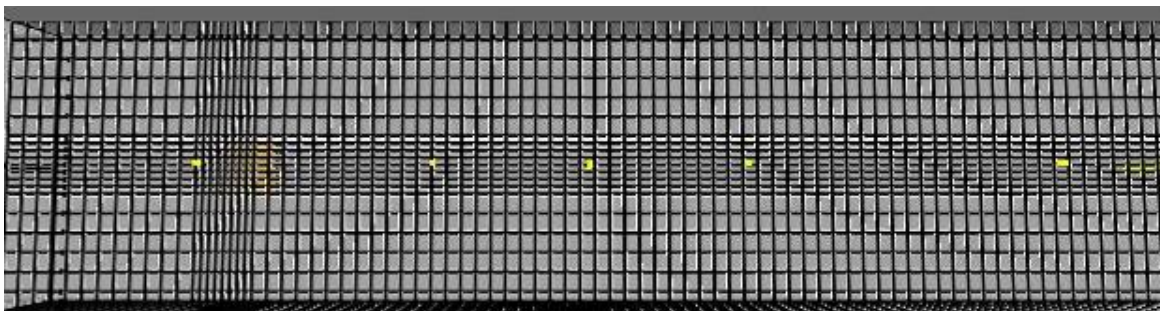


**Figur 5:10** Uppställning av typ s med gridnät ihopdraget i Y-led till 5 cm gridstorlek ovan brand

### rs

Här används både ihopdragning i X-led (5 cm) och Y-led (5 cm) ovan brandkällan.

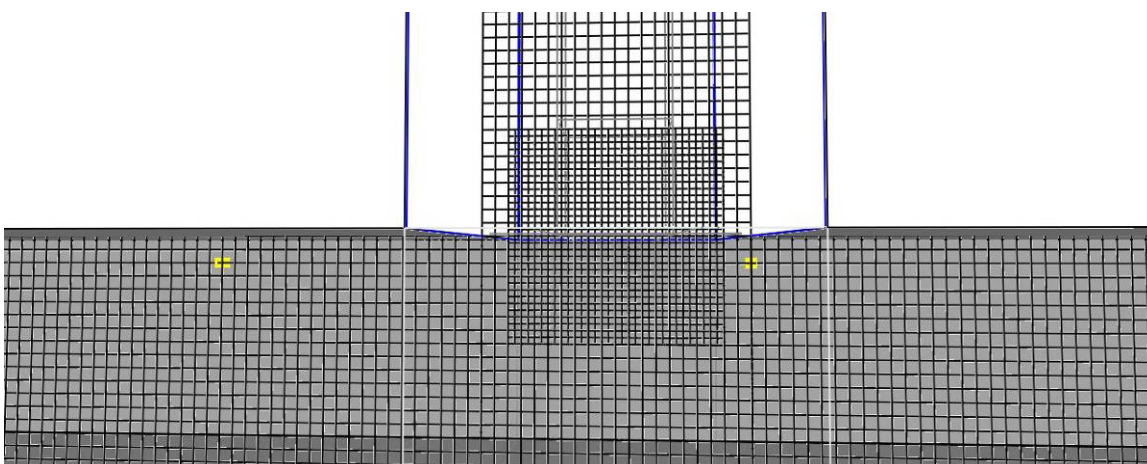
*Ändring i indata:* &TRNX CC=2.2, PC=2.3, MESH\_NUMBER=1  
&TRNX CC=3.0, PC=2.7, MESH\_NUMBER=1  
&TRNY CC=0.6, PC=0.8, MESH\_NUMBER=1  
&TRNY CC=1.4, PC=1.2, MESH\_NUMBER=1



**Figur 5:11** Uppställning av typ RS med gridnät ihopdraget i X- och Y-led till 5 cm gridstorlek ovan brand

### t

I denna konfiguration placeras ett finare gridnät i ett grövre enligt figur 5:12. Enligt manualen till FDS /7/ skall ett nät som ligger ”fritt” i ett annat nät kunna ta emot information av det omgivande gridnätet men inte föra någon information vidare. Denna uppställning är av intresse i situationer där fin upplösning krävs, t.ex. i öppningen till ett schakt eller andra platser där en noggrannare mätning är av intresse. Observera att det grövre gridnätet inte påverkas av det finare nätet då informationen från det finare nätet inte förs vidare.



**Figur 5:12** Uppställning av typ t med ett ”finare” gridnät placerat ”fritt” i ett grövre gridnät

### u

I denna uppställning ändras temperaturen hos den yta som fungerar som brandkälla från 205°C till 15°C. Detta är av intresse för att se om de antaganden angående brandkällans egenskaper som gjorts vid modelleringen är av stor eller marginell betydelse.

## 6 Resultat och jämförelser

I detta avsnitt presenteras och beskrivs resultat från de olika simuleringarna i form av temperatur- och U-hastighetsgrafer och bilder från Smokeview. Sist i avsnittet redovisas en jämförelse mellan tidsåtgången för de olika simuleringarna. Resultaten från simuleringarna, för temperatur och hastighet, delas upp i känslighet med avseende på gridstorlek, känslighet med avseende på strålningsmodellen samt känslighet med avseende på olika gridkonfigurationer.

För att förenkla för läsaren har en enkel simuleringsförteckning samt en bild av tunnelns geometri lagts in som bilagor på rapportens sista sidor, bilaga 5 och 6.

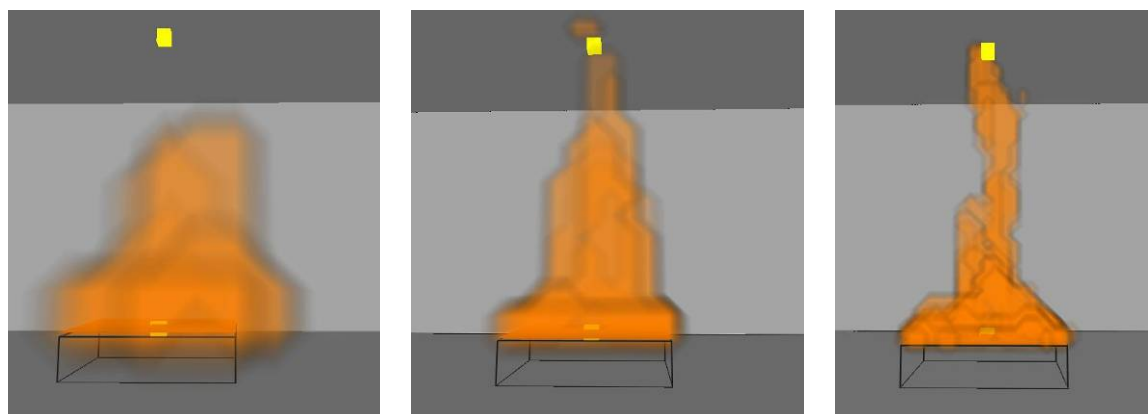
I samtliga grafer i resultatdelen har en funktion i Excel använts där samtliga punkter sammanbinds med en jämn linje. Detta medför att linjerna mellan de verkliga mätpunkterna endast är approximationer och att slutsatser främst dras från mätvärden i respektive mätpunkt.

De uppmätta och simulerade temperaturerna som redovisas i grafer med temperaturprofilen längsleds i tunneln på 0,9 m höjd är placerade på följande avstånd i tunneln: 0,5 m, 2,5 m, 4 m, 6 m, 8 m, 10 m, 12 m, 14 m, 16 m och 18 m. Vid de vertikala mätpunkterna för temperatur saknas simuleringsdata för höjden 0,8 m men försöksdata har ändå presenterats för denna höjd. Övriga mätthöjder för temperaturen är 0,1 m, 0,3 m, 0,5 m, 0,7 m och 0,9 m. För hastigheten saknas relevant försöksdata helt varför ingen sådan presenteras. För mätstation D och F är mätpunkterna för U-hastighet placerade på 0,1 m, 0,3 m, 0,5 m, 0,7 m och 0,9 m höjd medan mätpunkterna för mätstationerna G och E är placerade på 0,2 m, 0,4 m, 0,6 m och 0,8 m höjd.

### 6.1 Känslighet med avseende på gridstorlek i test 17

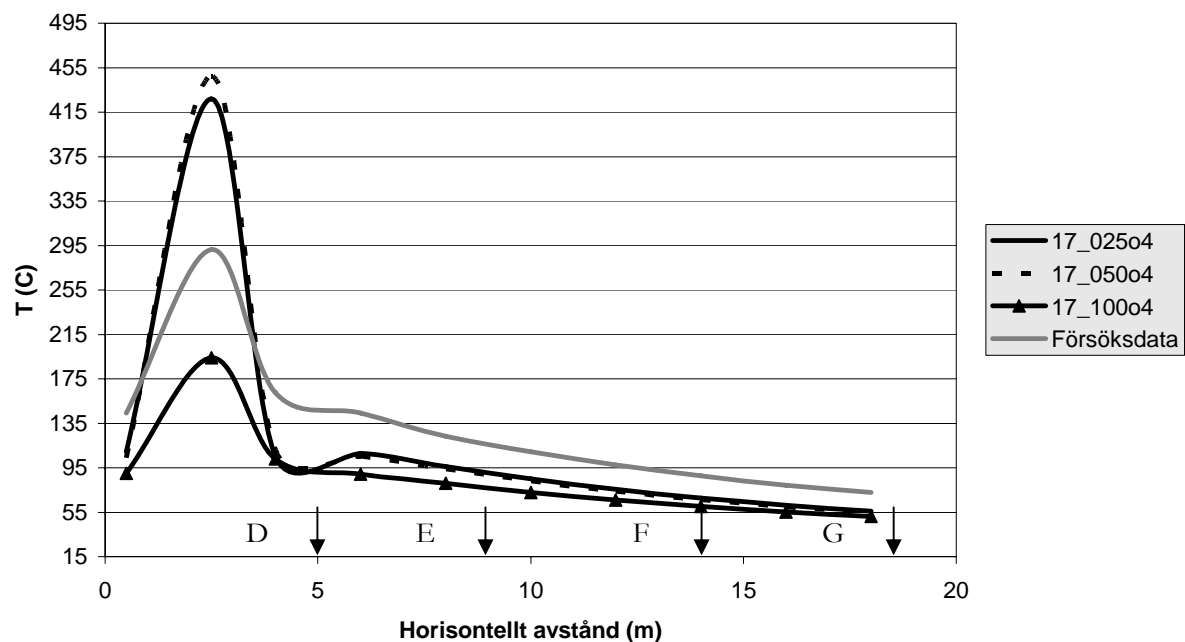
I denna del beaktas resultaten med avseende på gridberoende, d.v.s. gridstorleken inverkan på temperatur- och hastighetsprofiler, i simuleringarna av test 17. Simuleringarna har i detta fall genomförts med en tunnelkonfiguration av typ o, d.v.s. gridnät endast i tunneln, med fyra stycken lika stora gridnät. Anledningen till att tunneln delats upp i fyra delar är att simuleringarna genomfördes på fyra datorer då en simulering med 2,5 cm gridstorlek renderar i ett stort antal celler, vilket kräver större mängd minne än vad en dator på klustret kan medge. Den enda variabeln i försöken är därför gridstorleken då det är känsligheten av denna som beaktas.

Figur 6:1 visar hur den minskande gridstorleken påverkar flamhöjden. Flamhöjden tenderar tydligt att stiga vid de mindre gridstorlekarna.



**Figur 6:1** Brandkälla , effektutveckling per volymsenhet, vid 10 cm, 5 cm respektive 2,5 cm gridstorklek

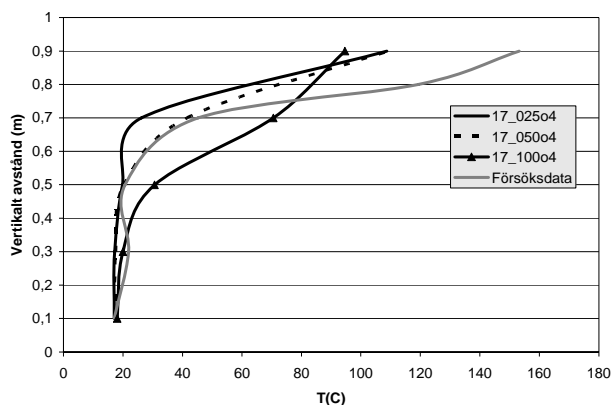
Figur 6:2 visar att temperaturen på 0,9 m höjd ovan golv i stora delar av tunneln i alla simuleringarna där gridstorleken beaktas blir lägre än de uppmätta. Figur 6:2 visar även att temperaturen på 0,9 m ovan golvet i stort sett är densamma då 2,5-5 cm gridstorlek används. Temperaturen ovan brandkällan blir dock högre för de finare gridstorlekarna, 5 cm och 2,5 cm, vilket förklaras av att flamhöjden blir högre med de finare gridnäten, se fig 6:1 .



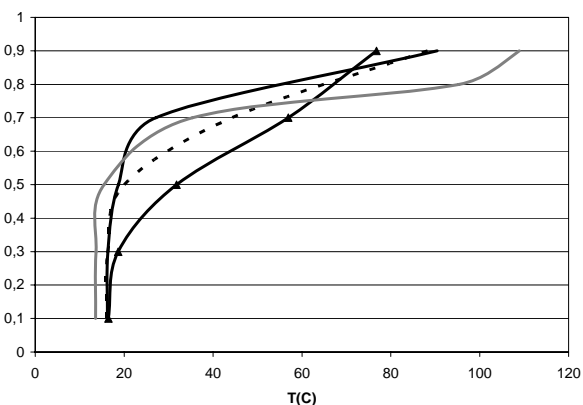
**Figur 6:2** Temperatur på 0,9 m höjd längsleds i tunneln för olika gridstorlekar



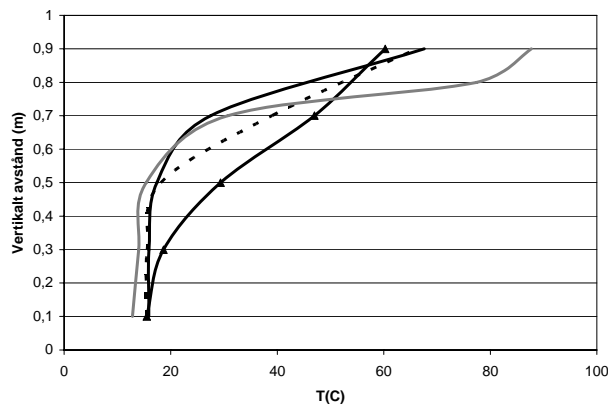
I figur 6:3-6:6 visas känsligheten m.a.p. gridstorlek för uppmätta temperaturer i ett vertikalt tvärsnitt vid mätpunkterna D, E, F och G. Figur 6:3-6:6 visar att brandgaslagret blir tunnare, d.v.s. ligger högre upp, desto finare gridnätet blir.



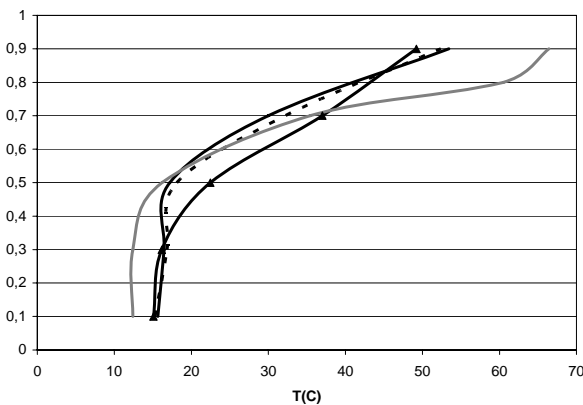
**Figur 6:3** Temperaturprofil vid mätpunkt D



**Figur 6:4** Temperaturprofil vid mätpunkt E

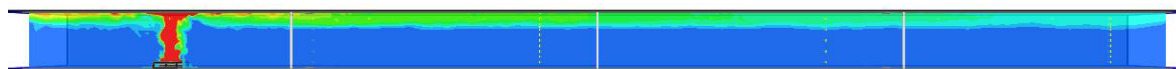


**Figur 6:5** Temperaturprofil vid mätpunkt F

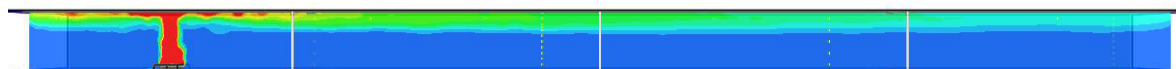


**Figur 6:6** Temperaturprofil vid mätpunkt G

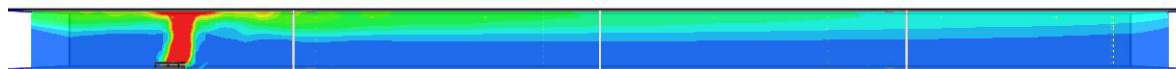
Figur 6:7-6:9 visar momentana plot-3d bilder, med samma temperaturskala, av temperaturen längs tunnelns centrumtvärsnitt vid tiden  $t = 690$  s för de olika gridstorlekarna. Ur figurerna kan utläsas att brandgaslagret längs hela tunneln blir tunnare med mindre gridstorlek, dock ej med en markant skillnad mellan 2,5-5 cm gridstorlek.



**Figur 6:7** Temperaturprofil längs tunnelns centrumtvärsnitt vid  $t=690$ s och gridstorleken 2,5 cm

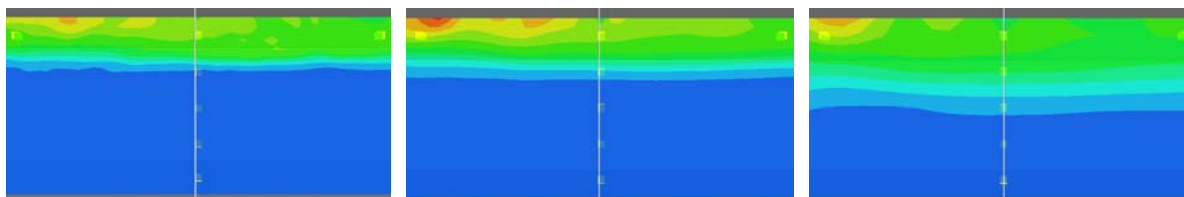


**Figur 6:8** Temperaturprofil längs tunnelns centrumtvärsnitt vid  $t=690$ s och gridstorleken 5 cm

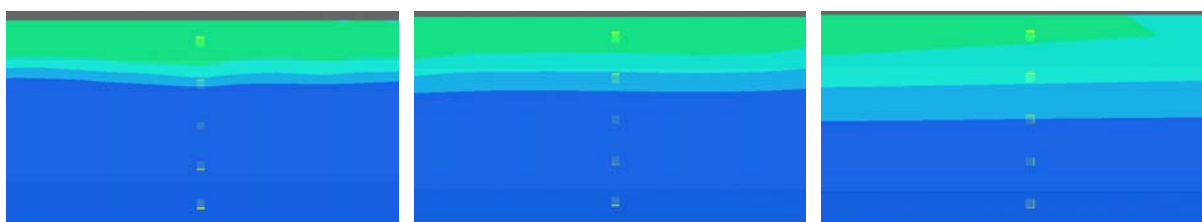


**Figur 6:9** Temperaturprofil längs tunnelns centrumtvärsnitt vid  $t=690$ s och gridstorleken 10 cm

Figur 6:10 och 6:11 visar plot 3d bilder av temperaturen i ett centrumtvärsnitt i tunneln vid mät punkt D och F. De termoelement som är utplacerade i simuleringen syns svagt gula i mitten av respektive bild. I figurerna syns tydligt att brandgaslagret höjts främst mellan 5 cm och 10 cm gridstorlek.

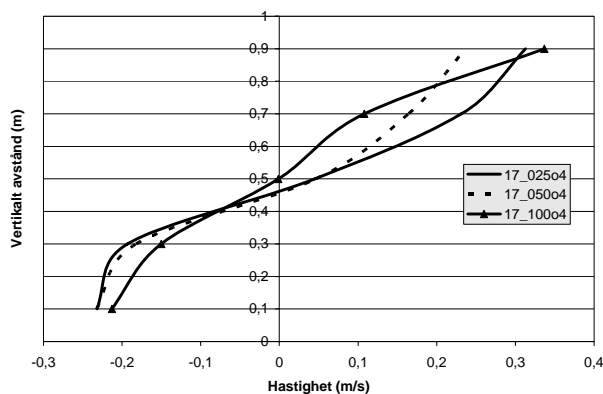


**Figur 6:10** Brandgaslagrets höjd vid mät punkt D för gridstorlekarna 2,5 cm , 5 cm och 10 cm

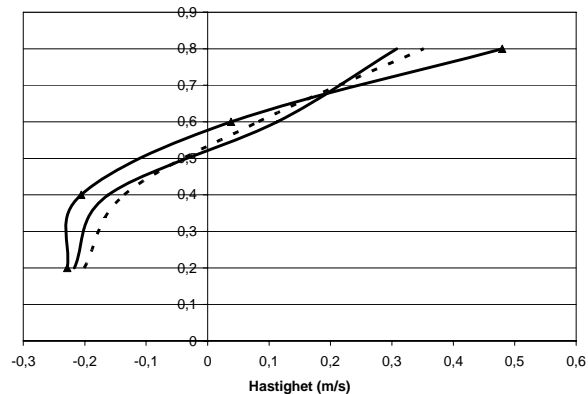


**Figur 6:11** Brandgaslagrets höjd vid mät punkt F för gridstorlekarna 2,5 cm , 5 cm och 10 cm

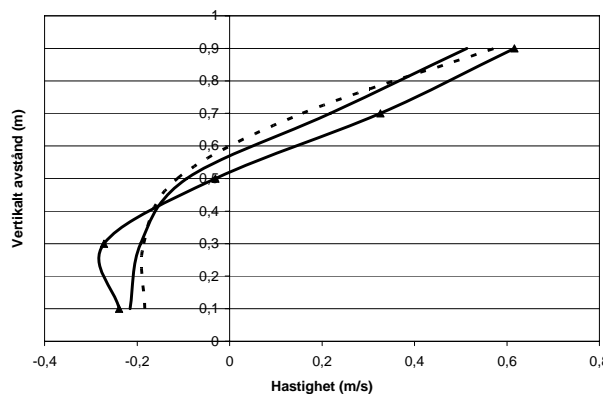
Figur 6:12-6:15 visar gridberoendet med avseende på U-hastigheten i punkterna D-G i vertikala tvärsnitt.



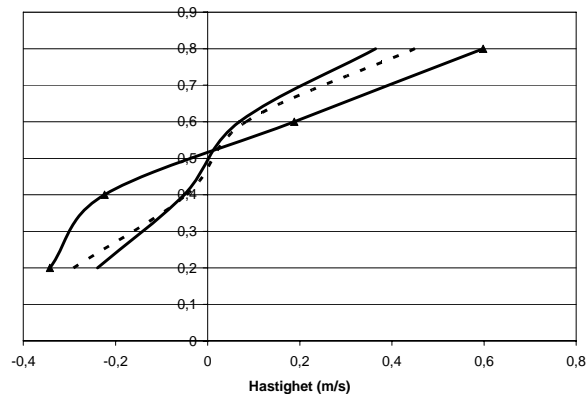
**Figur 6:12** U-hastighetsprofil vid mät punkt D



**Figur 6:13** U-hastighetsprofil vid mät punkt E

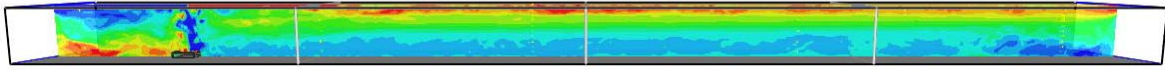


**Figur 6:14** U-hastighetsprofil vid mät punkt F

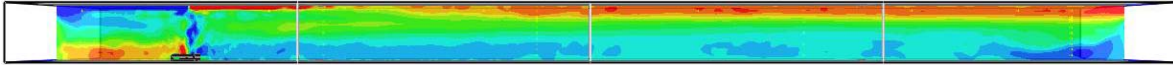


**Figur 6:15** U-hastighetsprofil vid mät punkt G

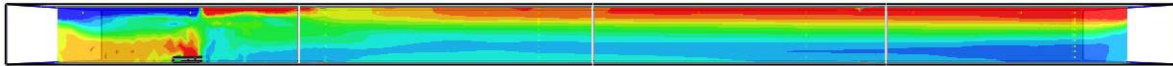
Figur 6:16-6:18 visar att de turbulenta flödena blir mer markanta vid finare gridnät samt att resultaten går mot gridberoende vid 2,5-5 cm grid.



**Figur 6:16** U-hastighetsprofil längs tunnelns centrumsnitt vid t=690s och gridstorleken 2,5 cm



**Figur 6:17** U-hastighetsprofil längs tunnelns centrumsnitt vid t=690s och gridstorleken 5 cm



**Figur 6:18** U-hastighetsprofil längs tunnelns centrumsnitt vid t=690s och gridstorleken 10 cm

Tabell 6:1 visar att strålningsmängden i taket vid mätpunkt E och massprocenten syre vid mätpunkt E och G, på 0,75 m höjd, inte ändras nämnvärt mellan de olika gridstorlekarna. Däremot ändras sotkoncentrationen vid mätpunkten F, på 0,5 m höjd, från 67,2 mg/m<sup>3</sup> vid 10 cm gridstorlek till 10,6 mg/m<sup>3</sup> vid 2,5 cm gridstorlek. Detta kan förklaras av att brandgaslagret höjs p.g.a. minskad luftinblandning när gridstorleken minskas.

**Tabell 6:1** Strålning, syremängd och sot koncentrationer

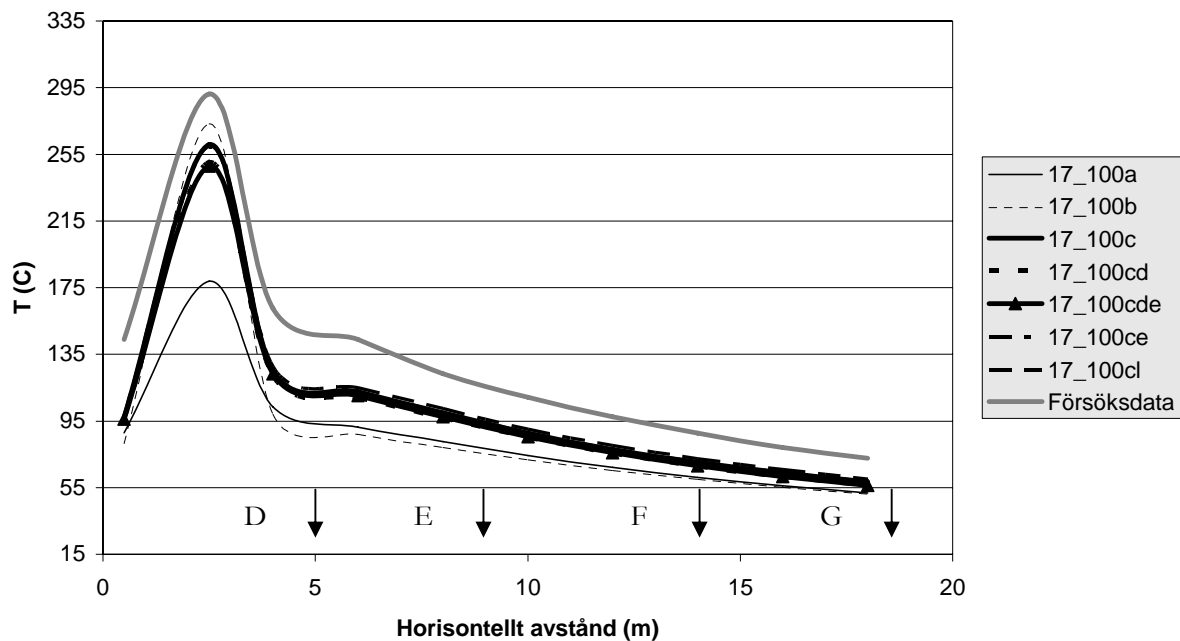
Simulering	Strålning tak	syre mass proc	syre mass proc	Sot konc (mg/m <sup>3</sup> )
	vid E	vid E h=0.75	vid G h=0.75	vid F h=0.5
	(kW/m <sup>2</sup> )	(kg/kg)	(kg/kg)	(mg/m <sup>3</sup> )
17_025o4	1,85	0,226	0,225	10,6
17_050o4	1,85	0,223	0,225	19,7
17_100o4	1,80	0,224	0,226	67,2

## 6.2 Känslighet med avseende på strålning i test 17

I denna del beaktas resultaten m.a.p. olika sätt att ta hänsyn till strålningen. Simuleringarna har i detta fall genomförts med en tunnelkonfiguration av typ a som grund, d.v.s. gridnät i tunneln och i respektive ände av tunneln, totalt 3 st gridnät. De variabler som finns i försöken beskrivs här kortfattat, för djupare beskrivning se avsnitt 5.2.2.

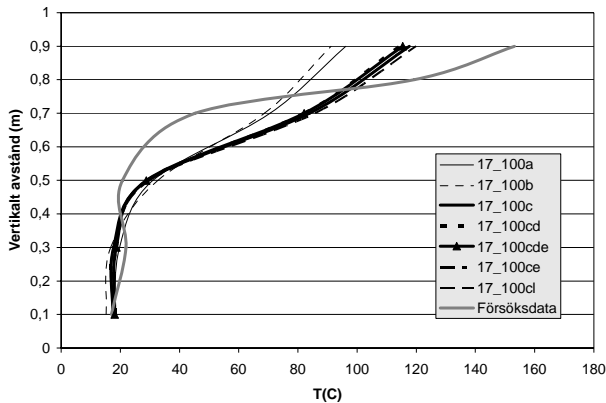
a= grundkonfiguration med strålningsmodell på och rad frac=0.35  
b= grundkonfiguration med strålningsmodell av och rad frac=0.35  
c= grundkonfiguration med strålningsmodell på och rad frac=0  
d= grundkonfiguration med utökad strålningsmodell på  
e= grundkonfiguration med strålningsmodell på och 200 strålningsvinklar  
l= grundkonfiguration med sot fraktion 4,2%

Figur 6:19 visar att temperaturen på 0,9 m höjd ovan golv i hela tunneln i alla simuleringarna där strålningen beaktas blir lägre än de uppmätta. Figur 6:19 visar även att temperaturen på 0,9 m inte påverkas nämnvärt när strålningsfraktionen sätts till noll och olika ytterligare strålningskonfigurationer används. Ovanför brandkällan ger en simulering av typ a betydligt lägre temperaturer än de övriga strålningskonfigurationerna.

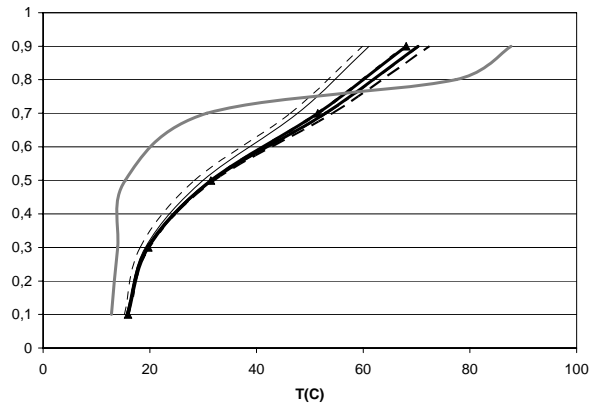


Figur 6:19 Temperatur på 0,9 m höjd längsleds i tunneln för olika strålningskonfigurationer och 10 cm grid

Figur 6:20 och 6:21 visar en lägre höjd för brandgaslagret än vad uppmätta temperaturprofiler i det verkliga försöket ger. Ur känslighetssynpunkt skiljer sig i stort sett endast försöksuppställning a, b och c från varandra. De simuleringar som utförts med en förfinad strålningsmodell, med t.ex. wide band model, utökad antal strålningsvinklar och ändrad sotmängd ger ingen större känslighet utöver resultat från grundscenariot, c, med avseende på temperatur.

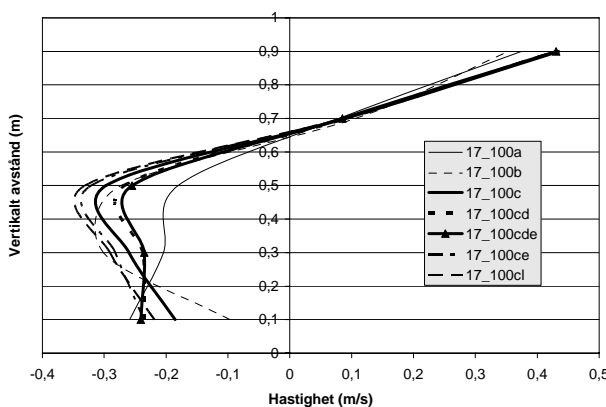


Figur 6:20 Temperaturprofil vid mätpunkt D

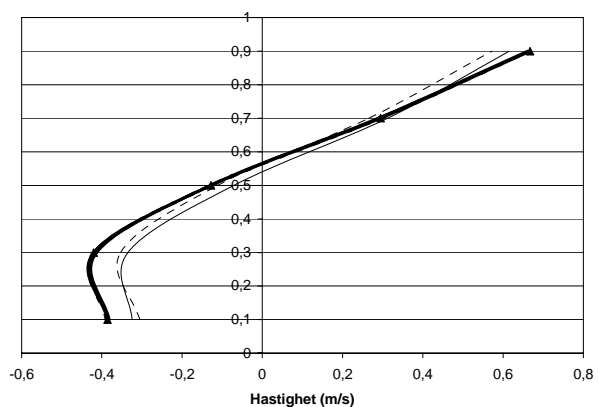


Figur 6:21 Temperaturprofil vid mätpunkt F

Figur 6:22 och 6:23 visar även de att den största känsligheten ligger mellan simuleringar av typ a, b och c. Dock finns en mindre känslighet nära brandkällan m.a.p. de övriga variablerna. Även här skiljer sig typ a från de övriga nära brandkällan. Konfiguration b uppvisar en märklig hastighetsprofil i den nedre delen av tunneln nära branden.

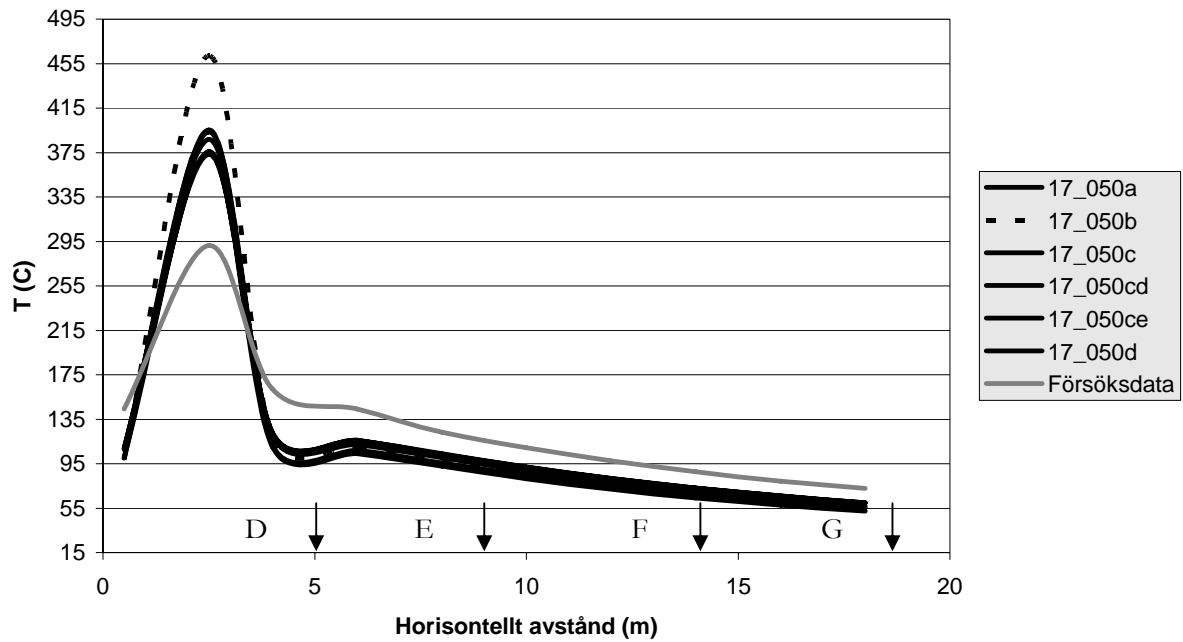


Figur 6:22 U-hastighetsprofil vid mätpunkt D



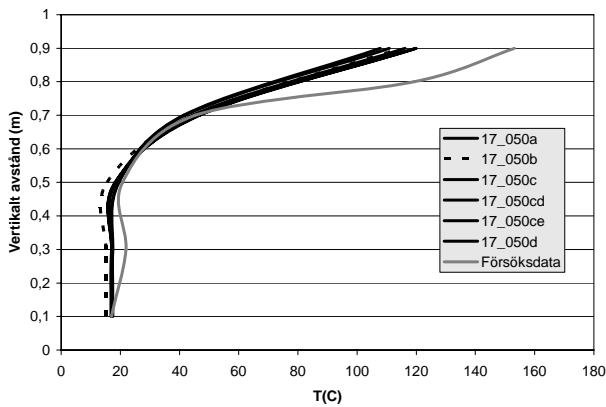
Figur 6:23 U-hastighetsprofil vid mätpunkt F

Figur 6:24 visar temperaturen på 0,9 m höjd längsleds i ett centrumtvärsnitt av tunneln för olika strålningskonfigurationer och 5 cm gridstorlek. I figuren visas att temperaturbilden inte påverkas nämnvärt i de olika respektive simuleringarna förutom vid brandkällan där konfiguration b utmärker sig med en högre temperatur än de övriga.

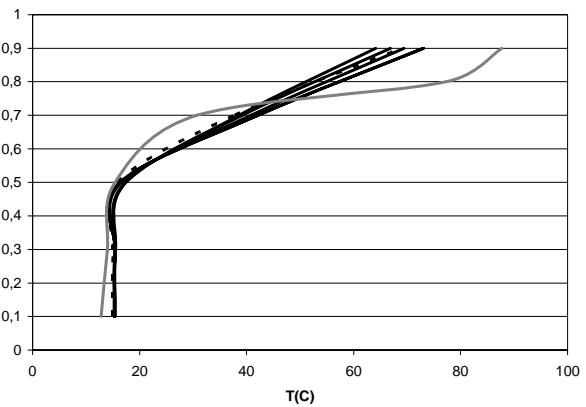


**Figur 6:24** Temperatur på 0,9 m höjd längsleds i tunneln för olika strålningskonfigurationer och 5 cm grid

I figur 6:25 och 6:26 visas temperaturen i ett vertikalt tvärsnitt vid mätpunkterna D och F. Ingen större känslighet i temperatur kan påvisas på dessa avstånd från branden med 5 cm stor grid. Grafer från punkterna E och G redovisas ej då även dessa visar snarlika resultat med avseende på känslighet.

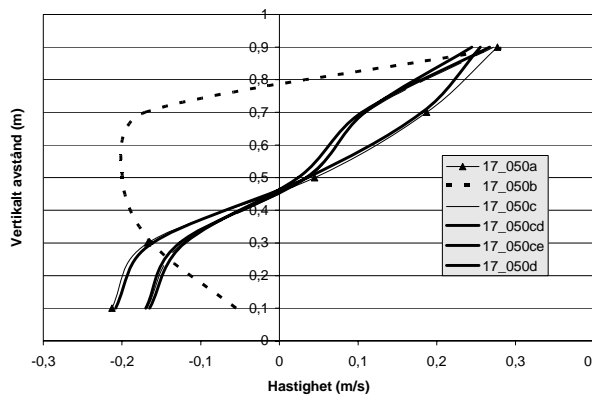


**Figur 6:25** Temperaturprofil vid mätpunkt D

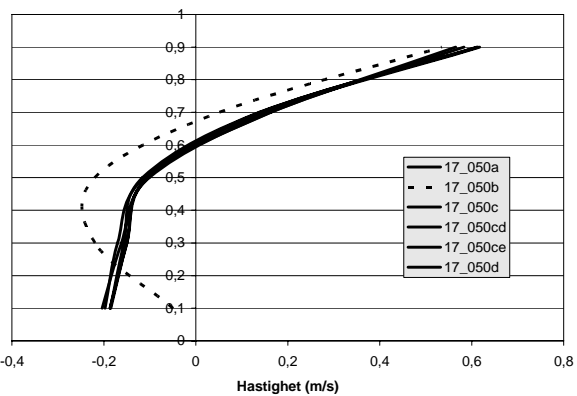


**Figur 6:26** Temperaturprofil vid mätpunkt F

Hastighetsmässigt, se fig 6:27 och 6:28, är det en skillnad mellan a, b och c nära branden, en skillnad som utjämnas närmare tunnelns slut där enbart b är den känsliga variabeln. Dock kan b anses som den känsligaste variabeln, med ett orimligt resultat, medan de utökade strålningsmodellerna återigen inte ger någon större förändring av resultaten utöver grundförutsättningarna.

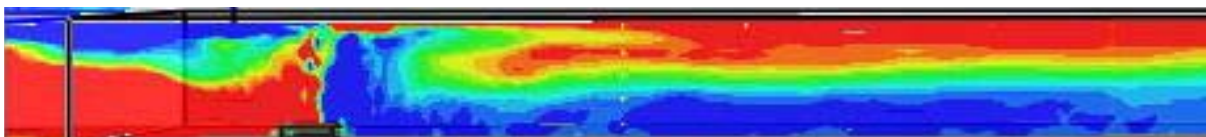


**Figur 6:27** U-hastighetsprofil vid mätpunkt D

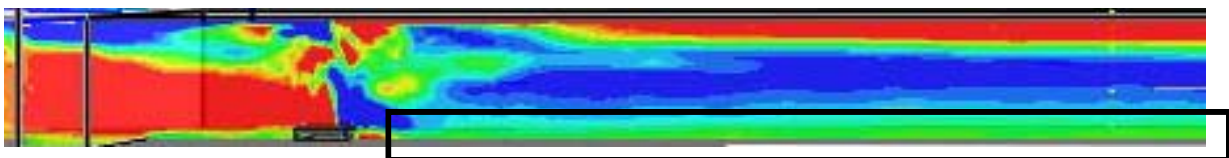


**Figur 6:28** U-hastighetsprofil vid mätpunkt F

Figur 6:29 och 6:30 tydliggör den markanta skillnaden mellan en simulering med strålningen avslagen, typ b, och de övriga simuleringarna, här representerat av typ a. De båda figurerna har samma hastighetsskala och det gröna i figurerna innebär cirka noll i U-hastighet medan rött är hastighet åt höger och blått till vänster. Det anmärkningsvärda här är det skikt av stillastående luft längs med golvet vid den strålningsfria simuleringen, i fig. 6:30 markerat med en rektangel.

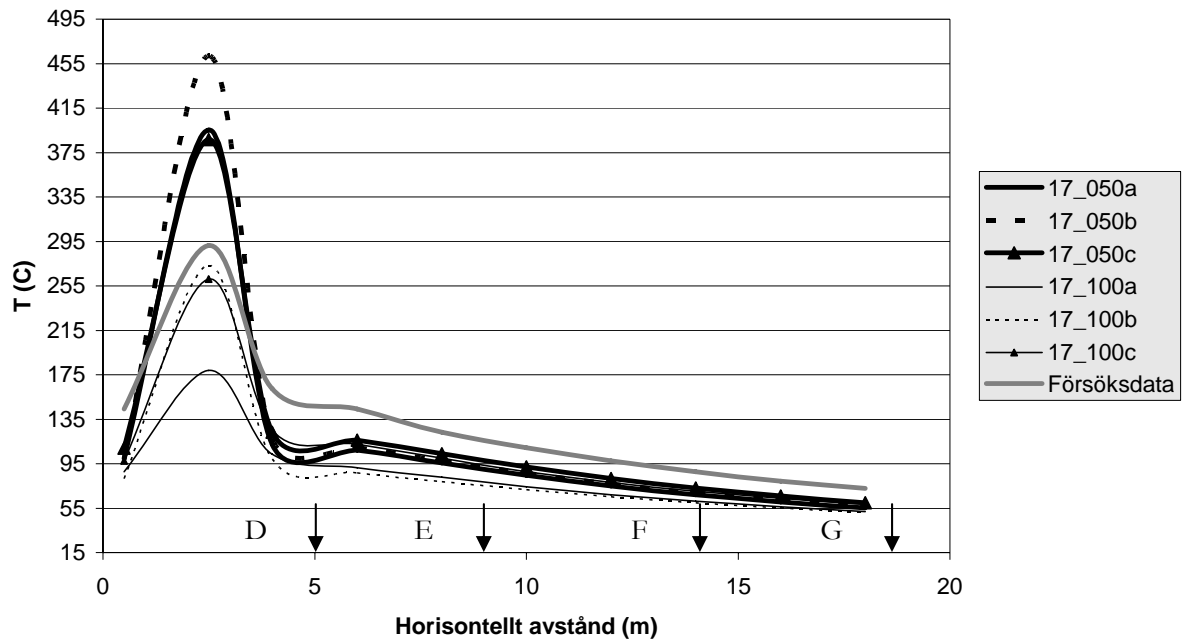


**Figur 6:29** Plot-3d bild över U-hastigheten i tunneln vid simulering 17\_050a och tiden t=780s



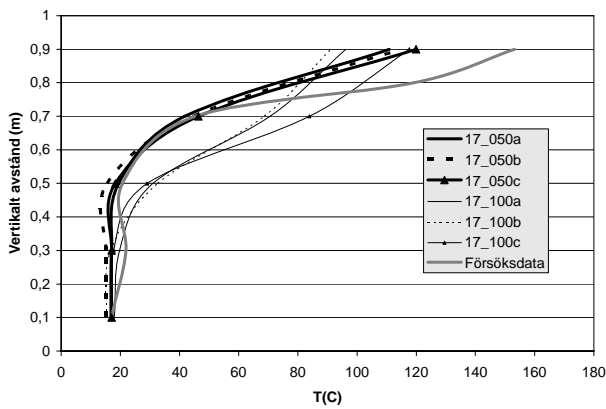
**Figur 6:30** Plot-3d bild över U-hastigheten i tunneln vid simulering 17\_050b och tiden t=780s

I figur 6:31 jämföres temperatur- och hastighetsprofiler för fallen a, b och c med gridstorlekarna 5-10 cm. Detta för att visa hur känsligheten av de olika variablerna påverkas av gridstorleken.

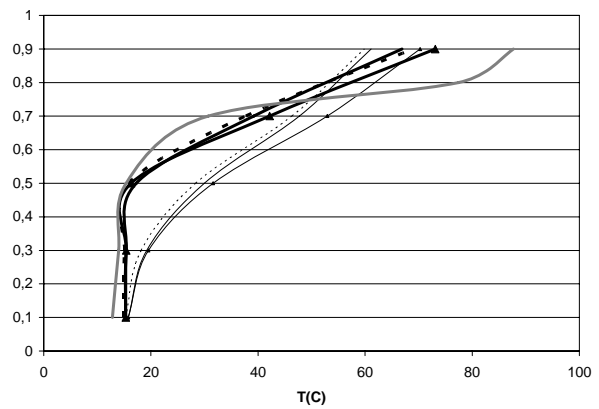


**Figur 6:31** Temperatur på 0,9 m höjd längsleds i tunneln för olika strålningskonfigurationer och gridstorlek

Fig 6:32 och 6:33 visar en god överensstämmelse med försöksdata vid mindre gridstorlek och visar även att brandgaslagret höjs när gridnätet minskas och att känsligheten för de olika strålningsvariablerna är som störst vid större celler.



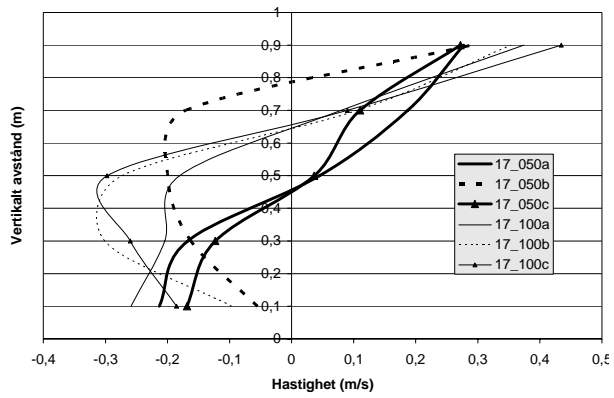
**Figur 6:32** Temperaturprofil vid mätpunkt D



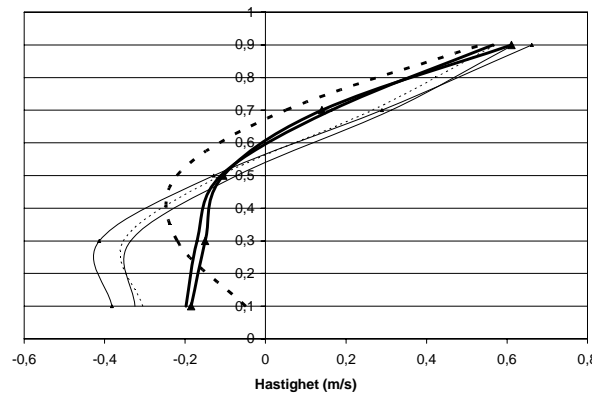
**Figur 6:33** Temperaturprofil vid mätpunkt F

I figur 6:34 och 6:35 visas att en stor känslighet råder både inom varje gridstorlek och mellan de olika gridstorlekarna med avseende på U-hastigheten. Även här minskar känsligheten med minskad cellstorlek och med avståndet från brandkällan.





**Figur 6:34** U-hastighetsprofil vid mätpunkt D



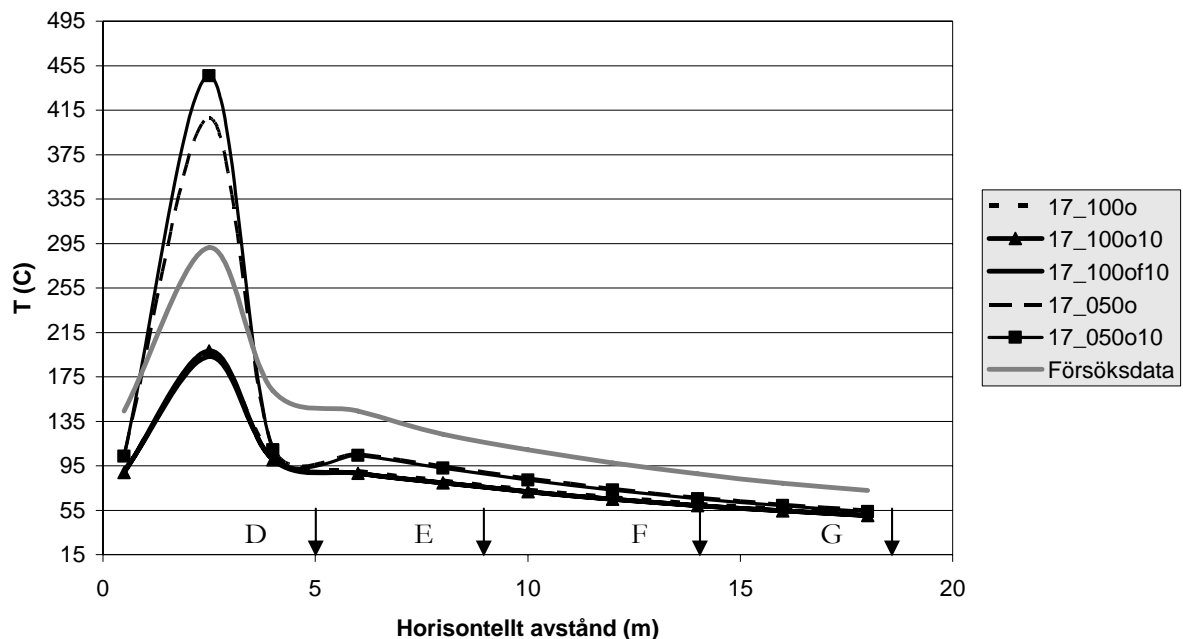
**Figur 6:35** U-hastighetsprofil vid mätpunkt F

### 6.3 Känslighet med avseende på gridkonfiguration i test 17

I denna del beaktas resultaten m.a.p. olika sätt att modellera gridnätets uppbyggnad i tunneln. De variabler som finns i försöken beskrivs nedan kortfattat, för djupare beskrivning se avsnitt 5.2.2.

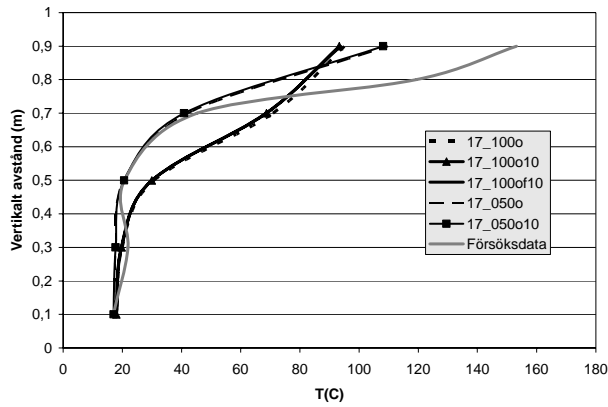
a= grundkonfiguration med totalt tre gridnät  
f= synkronisering mellan gridnäten är avstängd  
g= som a men med 5 cm gridnät runt brandkällan, totalt fyra gridnät  
h= som g men ingen synkronisering mellan gridnäten  
i= som a men med 2,5 cm gridnät direkt vid brandkälla följt av 5 cm gridnät, totalt sex gridnät  
j= som i men ingen synkronisering mellan gridnäten  
m= gridtjocka väggar  
n= en och samma grid över hela beräkningsdomänen (även yta utanför)  
o= en och samma grid över hela beräkningsdomänen (endast i tunnel)  
o XX= gridnät endast i tunnel: dock uppdelat i XX antal gridnät för parallellberäkningar  
r= Ihopdragning av gridnätet över brandkällan i x-led  
s= Ihopdragning av gridnätet över brandkällan i y-led

Figur 6:36 visar känsligheten i temperatur på 0,9 m höjd ovan golv i en simulering av typ o , d.v.s. med gridnät endast i tunnel, när antalet gridnät ändras i denna volym och när synkroniseringen mellan dessa nät stängs av. Endast fallen med ett gridnät respektive tio stycken gridnät redovisas då detta är de två ytterligheter som observerats resultatmässigt i simuleringarna när inte gränsen mellan två stycken gridnät skär brandkällan.

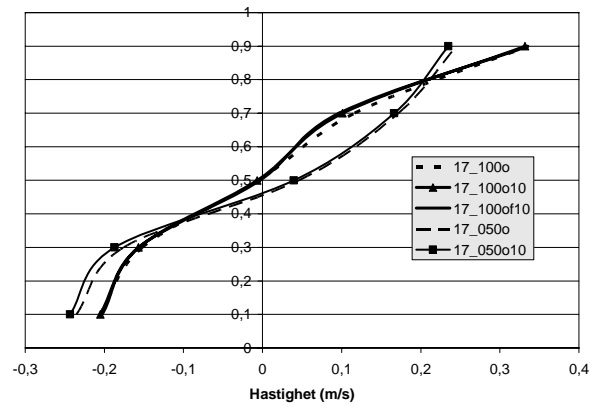


Figur 6:36 Temperatur på 0,9m höjd längsledd i tunneln för olika gridkonfigurationer och gridstorlek

I figur 6:37 och 6:38 observeras ingen större känslighet mellan en simulering med ett gridnät och en simulering med flera gridnät i samma beräkningsvolym varken vid 5 cm eller 10 cm gridstorlek. Ingen markant skillnad har heller observerats mellan simuleringar med synkroniseringen på eller av.

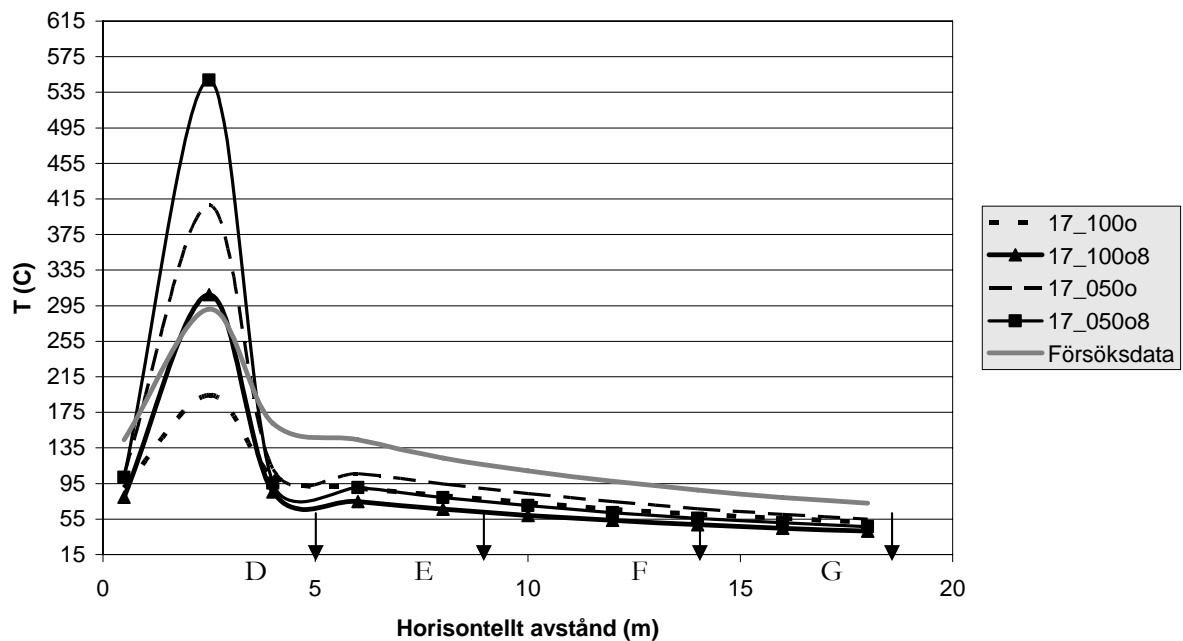


**Figur 6:37** Temperaturprofil vid mätpunkt D



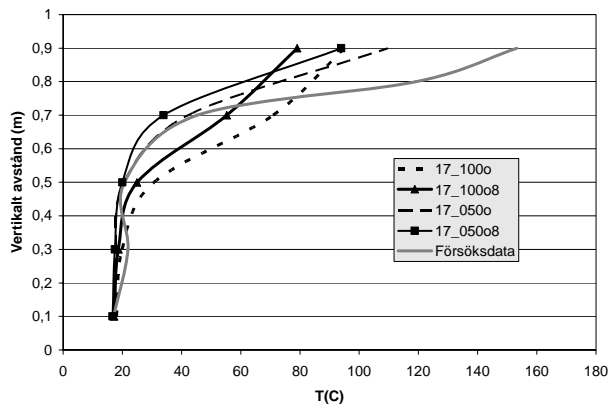
**Figur 6:38** U-hastighetsprofil vid mätpunkt D

Figur 6:39 visar känsligheten i en simulering av typ o där gränsen mellan två stycken gridnät ligger i brandkällans mitt. Ur figuren kan utläsas att känsligheten i temperatur nära brandkällan är väldigt stor medan den avtar med avståndet från brandkällan men att den fortfarande är markant.

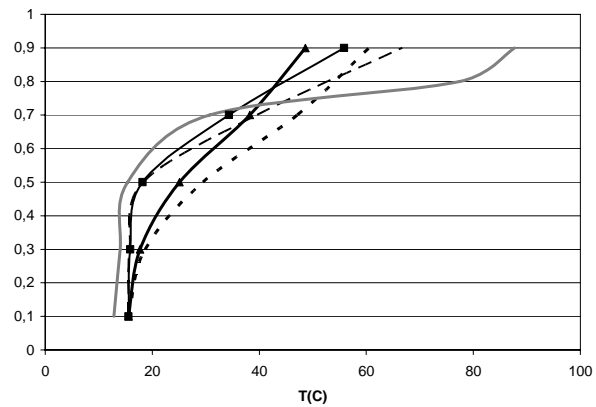


**Figur 6:39** Temperatur på 0,9 m höjd längsleds i tunneln när gridnät skär brandkällan i konfiguration o

I Figur 6:40 och 6:41 visas känsligheten i temperatur i mätpunkt D och F när två gridnät skär brandkällan i en flerprocessorsimulering. Ur figurerna kan utläsas att känsligheten i temperatur är stor och att känsligheten minskar vid finare grid.

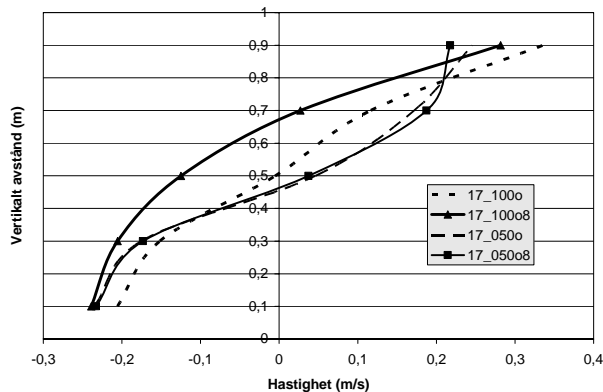


**Figur 6:40** Temperaturprofil vid mätpunkt D

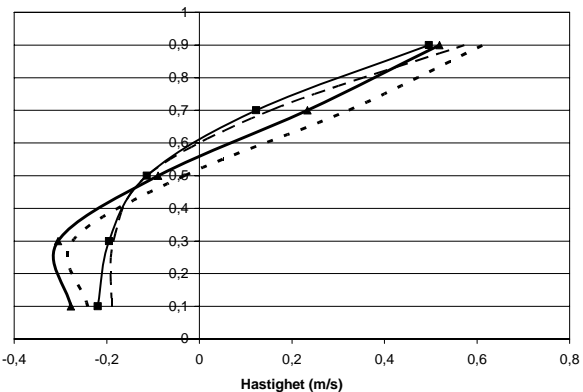


**Figur 6:41** Temperaturprofil vid mätpunkt F

I figur 6:42 och 6:43 visas känsligheten med avseende på U-hastighet i mätpunkt D och F när brandkällan skärs av två stycken gridnät i en flerprocessorsimulering. Figuren visar att känsligheten i U-hastighet främst är stor vid 10 cm grid nära brandkällan och avtar med avståndet från denna.



**Figur 6:42** U-hastighetsprofil vid mätpunkt D

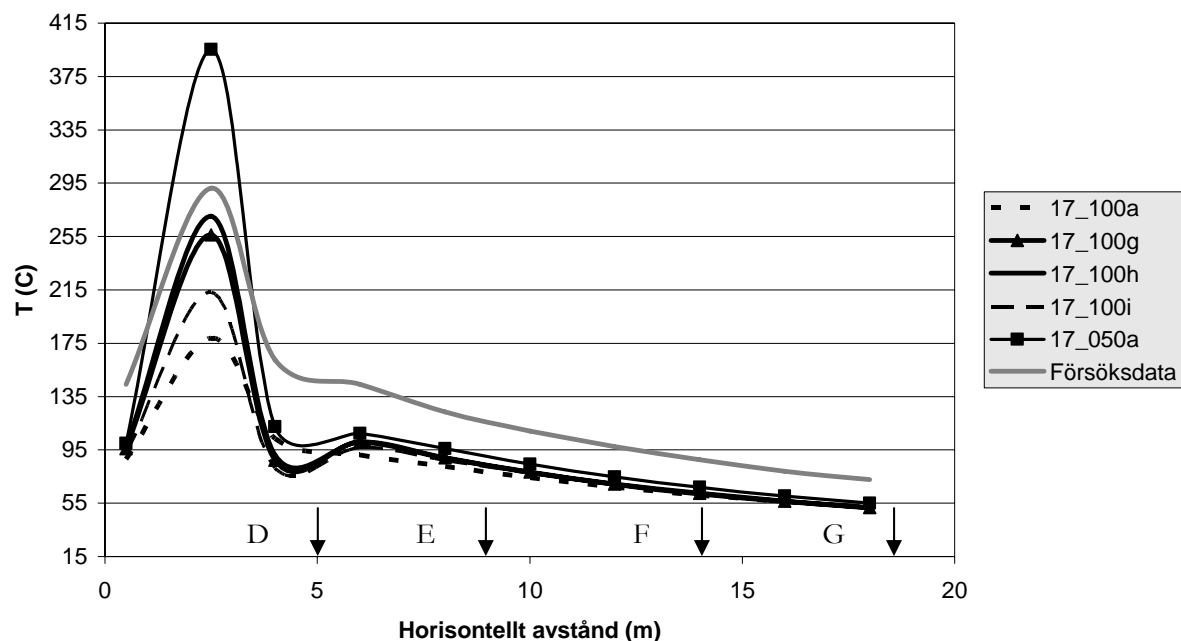


**Figur 6:43** U-hastighetsprofil vid mätpunkt F

I figur 6:44 jämförs olika konfigurationer med varierande gridtätheter över branden med 17\_050a och 17\_100a för att se om finare nät kring brandkällan kan ge lösningar liknande de med finare gridnät i hela domänen. Mätpunkterna är placerade 0,9 m över golvet.

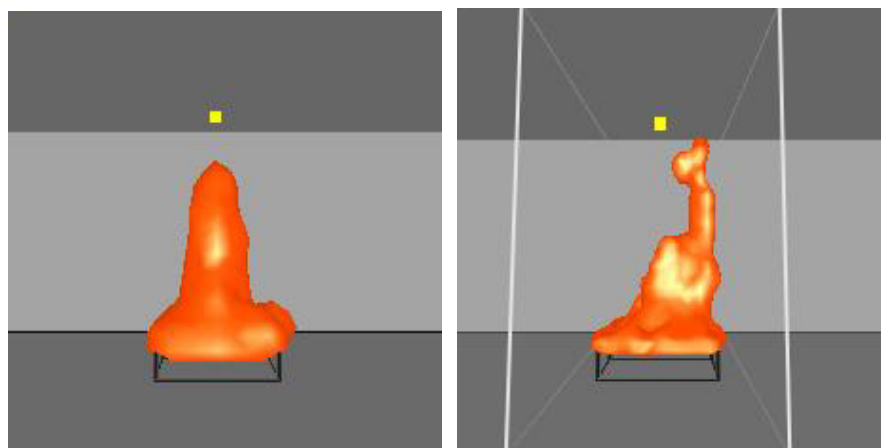
Den stora variationen i temperatur rakt ovanför brandkällan beror på att flammen i de olika 17\_100 försöken lutar något in åt tunnelns mitt. Detta fenomen uteblir vid tätare grid i hela tunneln varför temperaturen ovanför 17\_050a avviker så kraftigt.

Tidssynkroniseringen mellan gridnäten med olika storlekar på cellerna är inte en känslig parameter för temperaturen i detta utförande men noteras ska att 17\_100j, simulering med 2,5 cm gridnät runt branden övergående i 5 vidare till 10 cm gridnät utan tidssynkronisering, avbröts av FDS efter endast 5 sekunder på grund av numerisk instabilitet i beräkningarna.



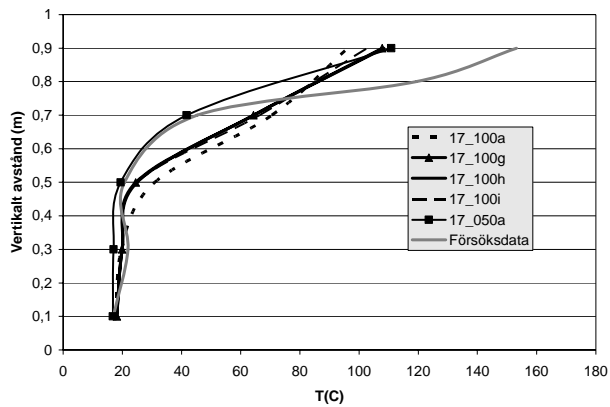
**Figur 6:44** Temperatur på 0,9 m höjd längsledd i tunneln för olika gridkonfigurationer och gridstorlek

Figur 6:45 tydliggör fenomenet med den lutande flammen även i de finmaskiga 17\_100 simuleringarna.

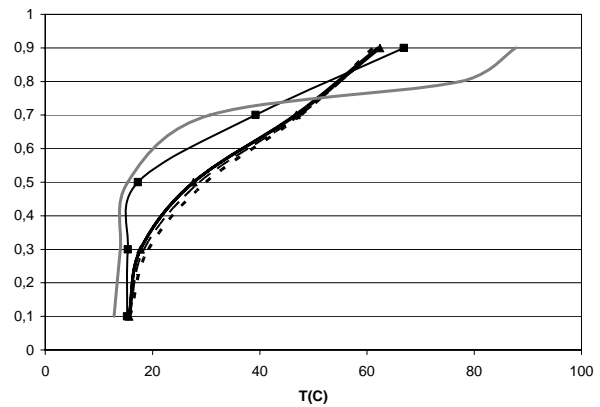


**Figur 6:45** Effektutveckling per volymenhet. T.v. 17\_050a, t.h. 17\_100i

Samtliga mätstationer ligger i det område som utgörs av 10 cm gridnät vilket förklarar att temperaturen i dessa simuleringar inte är en känslig variabel i enlighet med figur 6:46 och 6:47.

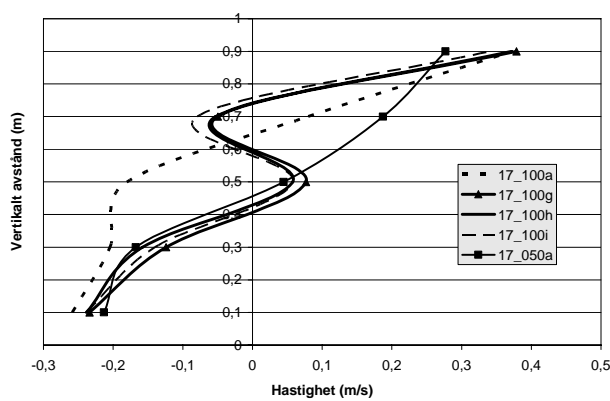


**Figur 6:46** Temperaturprofil vid mätpunkt D

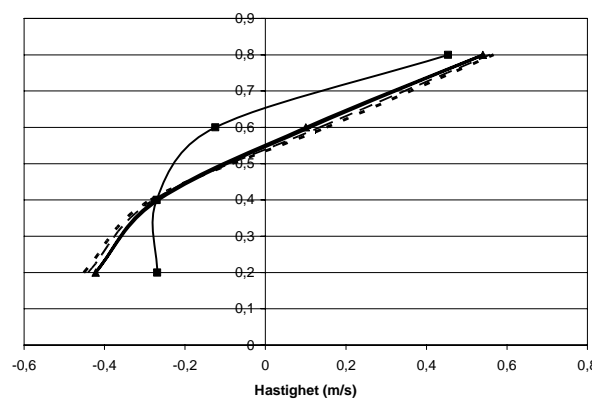


**Figur 6:47** Temperaturprofil vid mätpunkt F

Figur 6:48 och 6:49 visar känsligheten i U-hastighet för olika gridnättskonfigurationer där ett finare nät läggs vid brandkällan och ett grövre nät ansluter till det finare i kanten av detta. Resultaten visar att gridnättskonfigurationen med finare nät över brandkällan starkt påverkar U-hastighetsprofilen nära brandkällan, en effekt som avtar längre bort i tunneln.

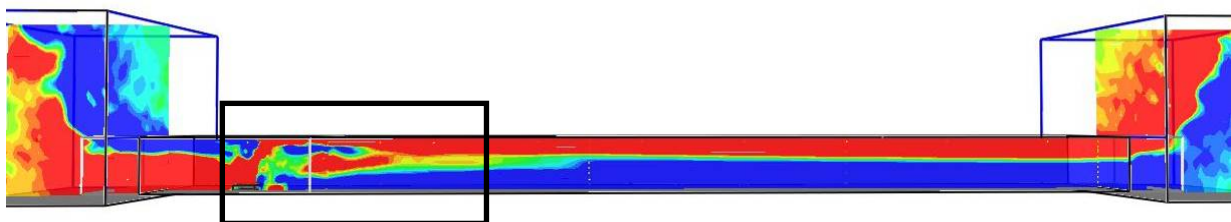


**Figur 6:48** U-hastighetsprofil vid mätpunkt D

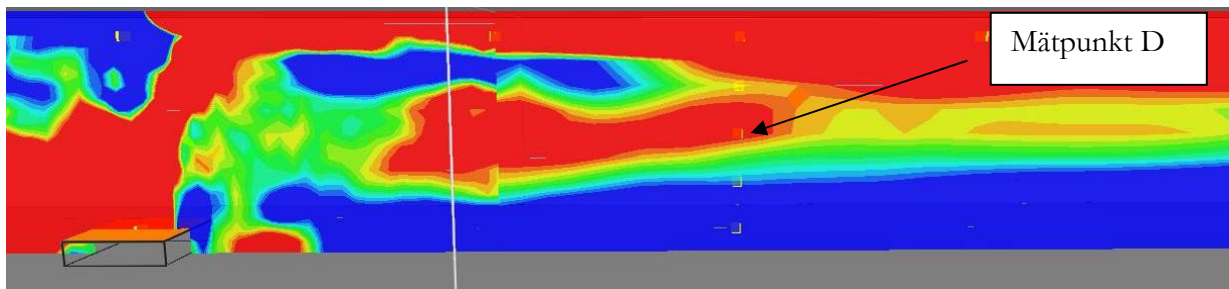


**Figur 6:49** U-hastighetsprofil vid mätpunkt G

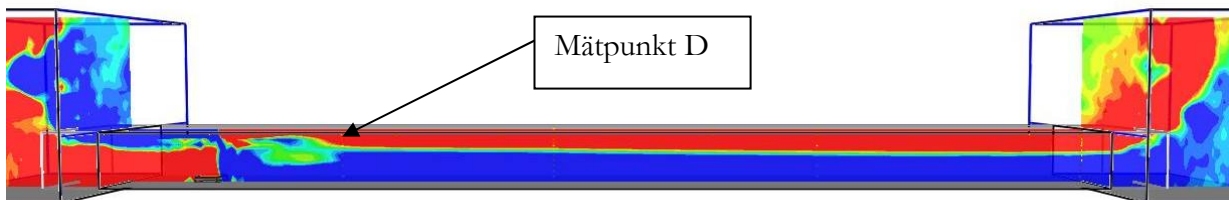
Figur 6:50-6:53 visar det fenomen som beskrivs i fig 6:48. Positiv riktning i figurerna är åt höger vilket innebär att ett inflöde till höger om brandkällan (blå färg) blir ett utflöde på vänster sida om brandkällan. Röd och blå färg i figurerna betyder en hastighet högre än 0,1 m/s och har satts till detta för att tydliggöra de turbulenta detaljerna vid brandkällan. I simuleringarna med ett finare gridnät ovanför branden sträcker sig den bildade turbulensen t.o.m. mätpunkt D vilket förklarar de något annorlunda hastighetsprofilerna i figur 6:48. I simuleringarna med konstant gridstorlek uppstår även där en viss turbulens kring brandkällan men den sträcker sig inte till mätpunkt D.



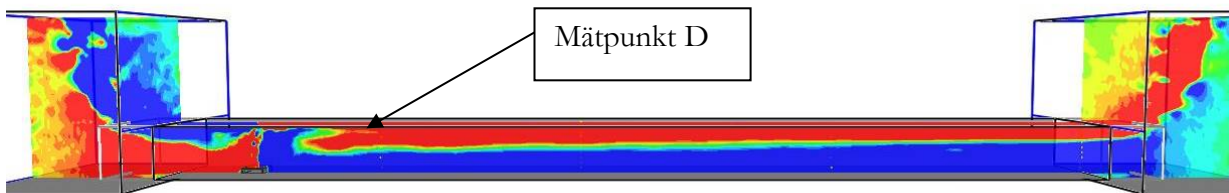
**Figur 6:50** U-hastighetsprofil över simulering 17\_100g vid t= 780 s



**Figur 6:51** U-hastighetsprofil av i det markerade området i figur 6:50

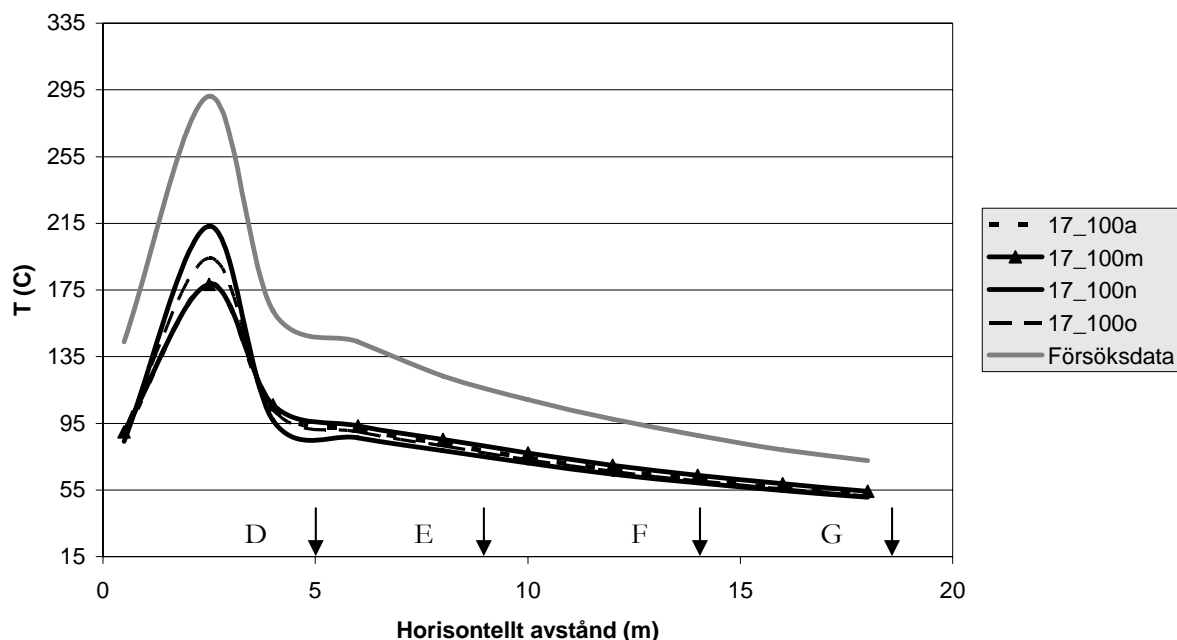


**Figur 6:52** U-hastighetsprofil över simulering 17\_100a vid t= 780 s



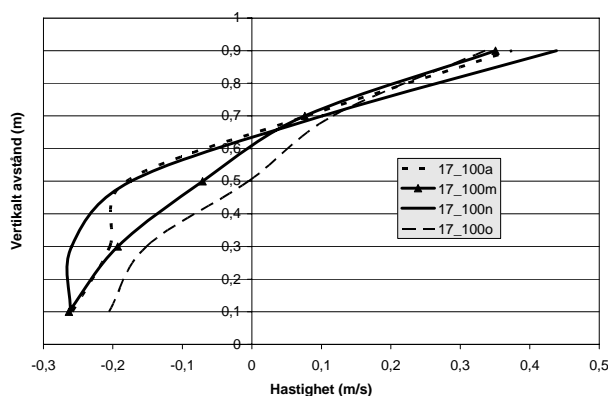
**Figur 6:53** U-hastighetsprofil över simulering 17\_050a vid t= 780 s

I figur 6:54 visas känsligheten i temperatur m.a.p. gridkonfigurationen längsleds i tunneln på höjden 0,9 m ovan golvet. De variabelna som redovisas är gridtjocka väggar (m), en och samma grid i och utanför tunnel (n) och ett gridnät endast i tunneln (o). I figur 6:54 kan utläsas att konfiguration n och o är känsliga för temperaturbilden nära brandkällan. Ett beroende som avtar med avståndet till brandkällan.

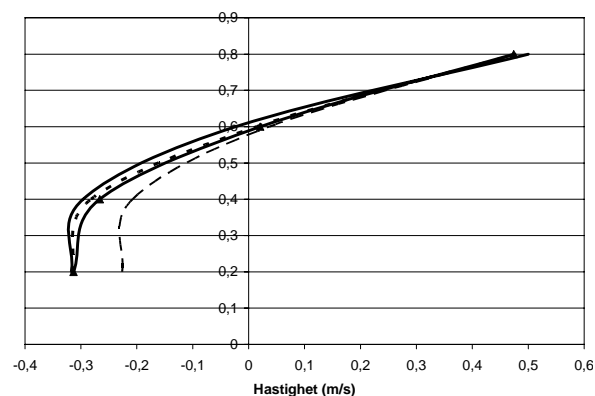


**Figur 6:54** Temperatur på 0,9 m höjd längsleds i tunneln för olika gridkonfigurationer

Figur 6:55 och 6:56 visar att U-hastigheten nära branden är känslig för samtliga olika gridkonfigurationer (m, n, o) och att beroendet avtar med avståndet till brandkällan. I mätpunkt E är U-hastigheten endast känslig för gridkonfiguration av typ o.



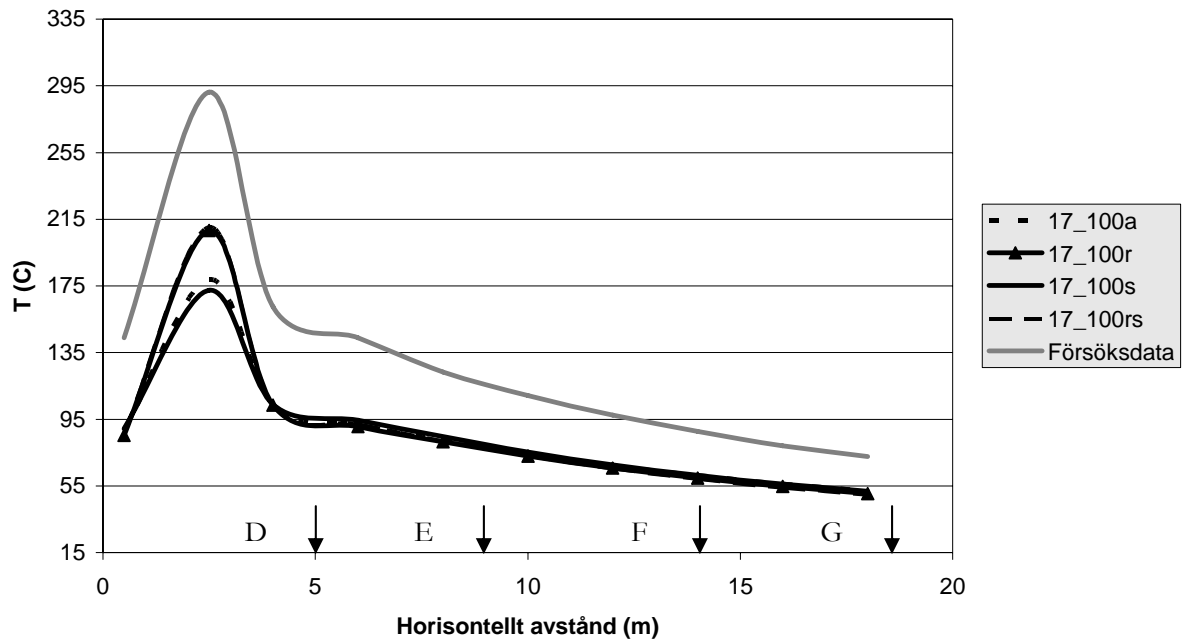
**Figur 6:55** U-hastighetsprofil vid mätpunkt D



**Figur 6:56** U-hastighetsprofil vid mätpunkt E

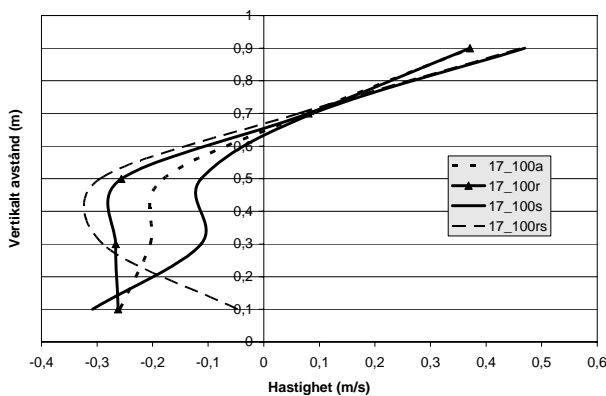
I figur 6:57 visas känsligheten i temperatur på 0,9 m höjd ovan golv m.a.p. stretchning av grid. I figur 6:57 kan utläsas att känsligheten i temperatur är som störst för stretchning av gridnätet i x-leds nära branden, ett beroende som avtar längre bort från brandkällan. I mätpunkterna D, E, F och G kan ingen större skillnad i temperatur mellan de olika konfigurationerna utläsas.



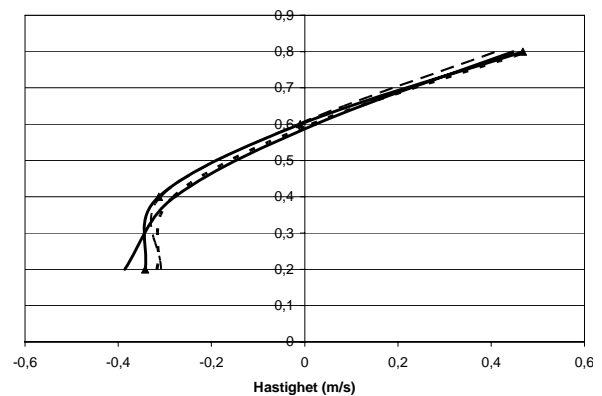


**Figur 6:57** Temperatur på 0,9 m höjd längsledd i tunneln för olika gridkonfigurationer m.a.p. stretchning av grid

I figur 6:58 och 6:59 visas känsligheten i U-hastighet i mätpunkterna D och E. I figurerna kan utläsas att de olika gridkonfigurationerna (R, S och RS) har en stor påverkan på U-hastigheterna under brandgaslagret nära brandkällan, ett beroende som avtar med avståndet till brandkällan.



**Figur 6:58** U-hastighetsprofil vid mätpunkt D



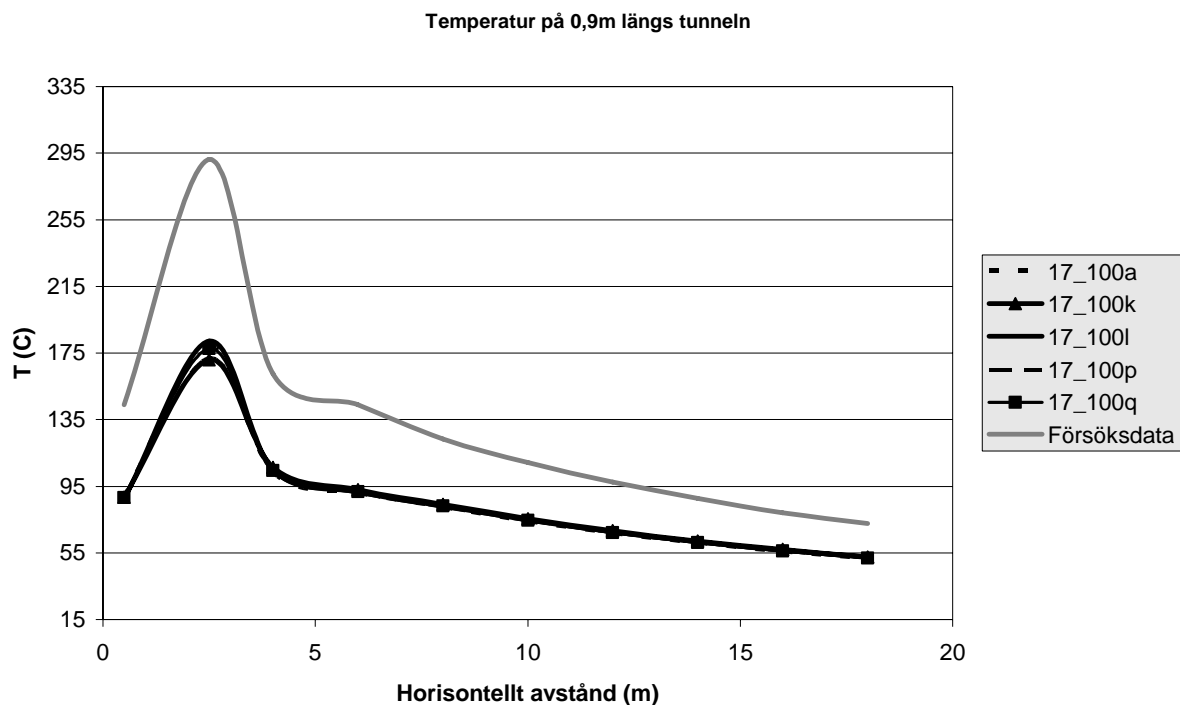
**Figur 6:59** U-hastighetsprofil vid mätpunkt E

## 6.4 Känslighet med avseende på databasparametrar och processortyp i test 17

I denna del beaktas resultaten m.a.p. ändring av databasparametrar och simulering med Intel processor istället för AMD processor. De variabler som finns i försöken beskrivs nedan kortfattat, för djupare beskrivning se avsnitt 5.2.2.

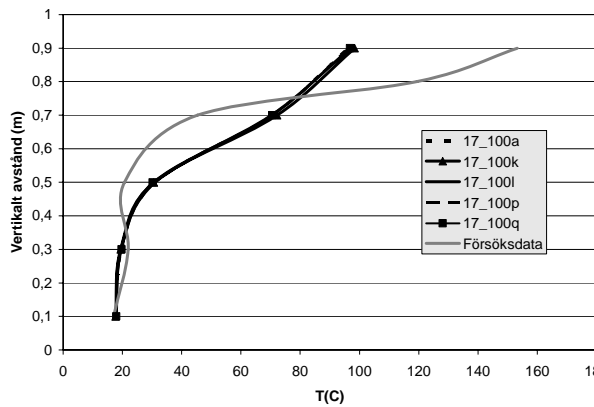
a= grundkonfiguration med totalt tre stycken gridnät  
k= som a men med emissiviteten för Promatec 0,5 istället för 0,9  
l= som a men med sot fraktion 4,2% istället för 9% hos bränslet  
p= massutsläkningskoefficienten ändras till 10200 m<sup>2</sup>/kg istället för 7600 m<sup>2</sup>/kg  
q= som a men med intel processor istället för AMD  
u= som a men temperaturen för brandkällans yta 15°C istället för antagna 205°C

I figur 6:60 redovisas känsligheten i temperatur på 0,9 m höjd ovan golv för diverse databasparametrar och användandet av Intel processor istället för AMD. Ur figurerna går att utläsa att ingen större känslighet för dessa parametrar (k, l, p och q) råder. Ovan nämnda gäller även för simuleringar med 5 cm grid. Ingen data presenteras för simulering av typ u då en ändring av brandkällans yttemperatur inte ger några skillnader i temperaturer och hastigheter värda att nämnas.

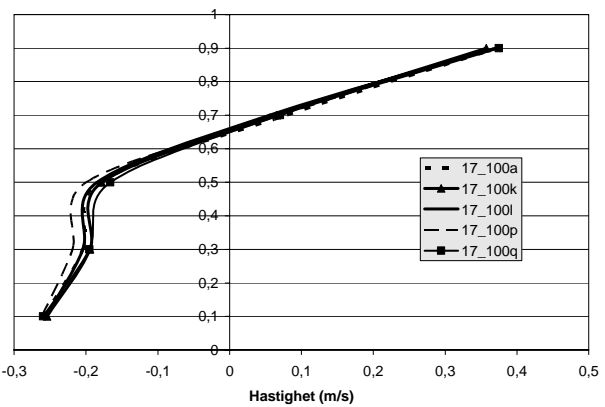


**Figur 6:60** Temperatur på 0,9 m höjd längs i tunneln för olika databasparametrar och processortyper

Även i figur 6:61 och 6:62 visas att ändring av de olika databasparametrarna samt annan typ av processor inte ger någon nämnvärd påverkan på resultatet.



Figur 6:61 Temperaturprofil vid mätpunkt D



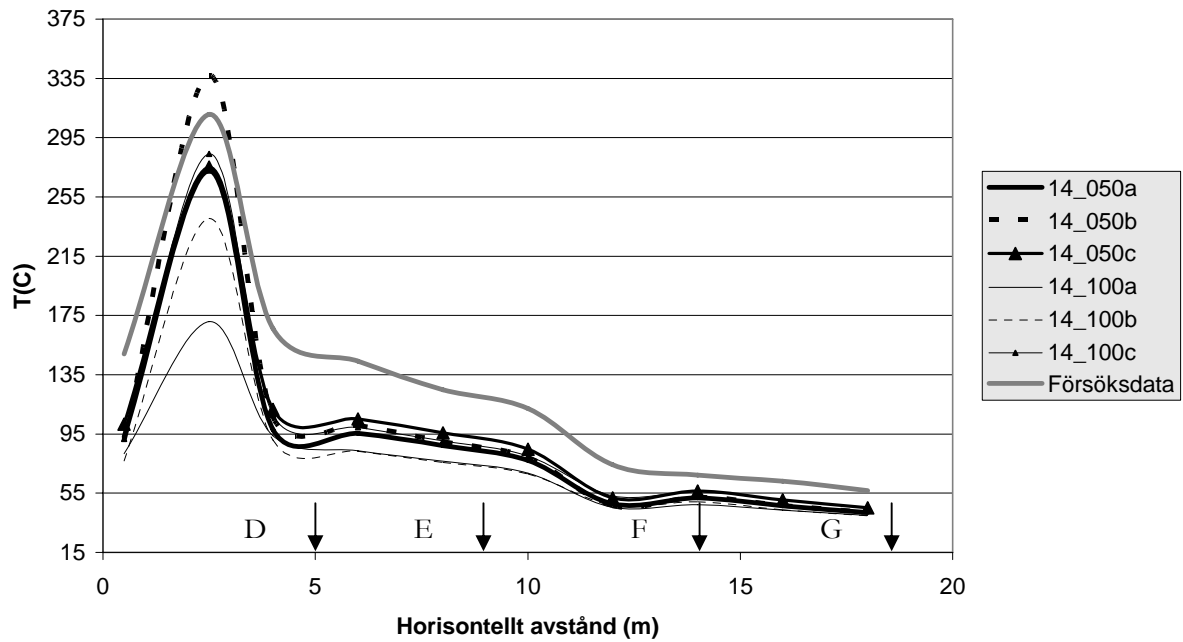
Figur 6:62 U-hastighetsprofil vid mätpunkt D

## 6.5 Känslighet med avseende på gridnät och strålning i test 14

I denna del beaktas resultaten med avseende på olika sätt att ta hänsyn till strålningskonfigurationer, gridstorlek och gridkonfigurationen. Simuleringarna har i detta fall genomförts med en tunnelkonfiguration av typ a som grund, d.v.s. gridnät i tunneln, i respektive ände av tunneln och i schaktet, totalt 5 st gridnät. De variabler som finns i försöken beskrivs nedan kortfattat, för djupare beskrivning se avsnitt 5.2.2

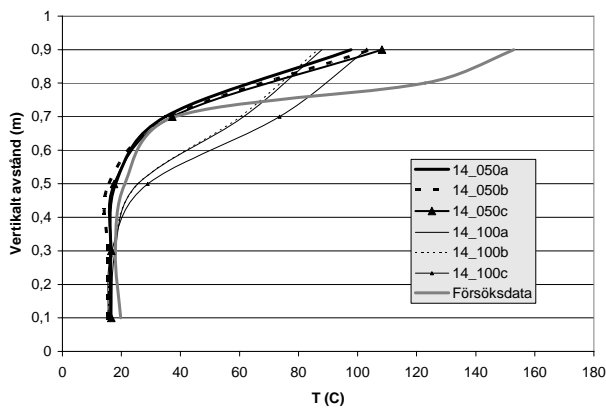
a= grundkonfiguration med strålningsmodell på och rad frac=0.35  
 b= grundkonfiguration med strålningsmodell av och rad frac=0.35  
 c= grundkonfiguration med strålningsmodell på och rad frac=0  
 t= grundkonfiguration med ett finare gridnät placerat "fritt" i schaktet

I figur 6:63 visas att temperaturen på 0,9 m höjd ovan golv blir lägre än den uppmätta i försöken för de flesta simuleringarna. Endast i simulering 14\_050b, 5 cm grid och strålningen av, överskrids temperaturen uppmätt i försöken och då endast vid brandkällan. Vid brandkällan är resultatet väldigt känsligt för de olika gridstorlekarna och de olika sätten att ta hänsyn till strålningen på. Känsligheten för de olika variablerna är inte lika stor vid 5 cm gridstorlek som vid 10 cm gridstorlek.

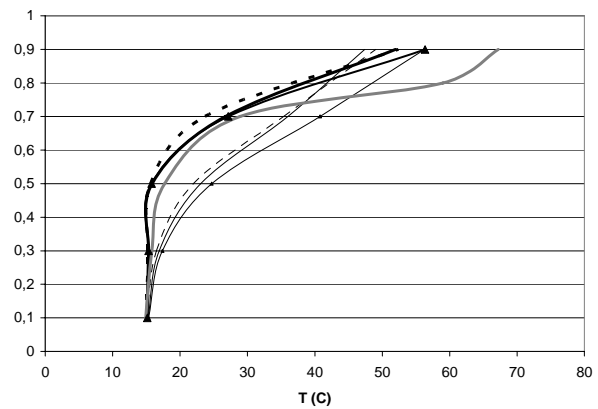


**Figur 6:63** Temperatur på 0,9m höjd längsleds i tunneln för olika strålningskonfigurationer och gridstorlek

I figur 6:64 och 6:65 framgår det vid mätpunkt D och F att simuleringen av typ c, strålningsmodell på och strålningsfraktion=0, är den variabel som är mest känslig vid gridstorleken 10 cm.

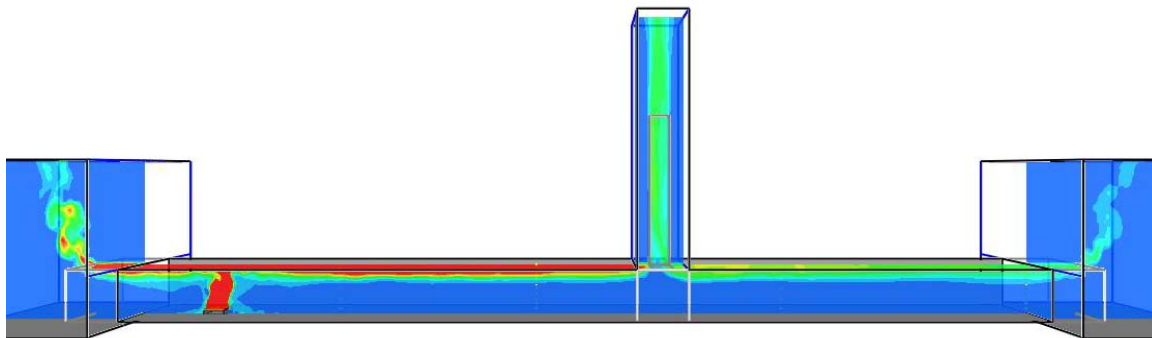


**Figur 6:64** Temperaturprofil vid mätpunkt D

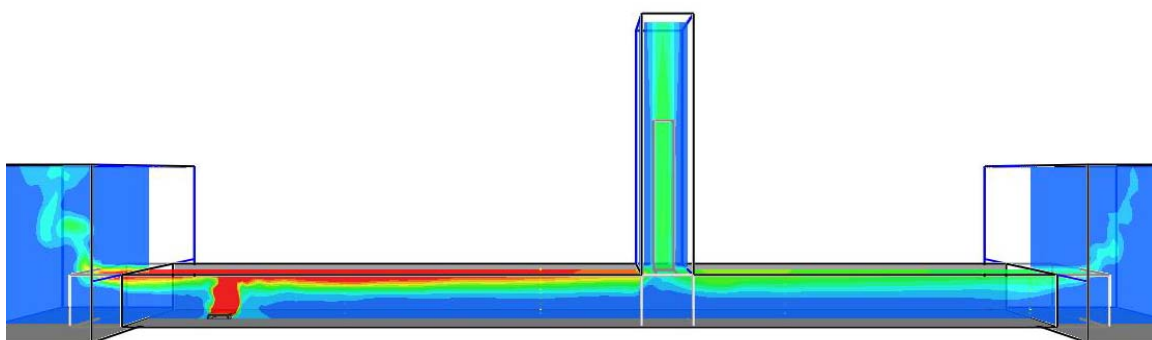


**Figur 6:65** Temperaturprofil vid mätpunkt F

Figur 6:66 och 6:67 visar temperaturprofilen längs tunnelns centrumtvärsnitt vid tiden 780 s. Dessa figurer, samt figur 6:64 och 6:65 visar att brandgaslagrets höjd minskar när gridnätet blir finare.

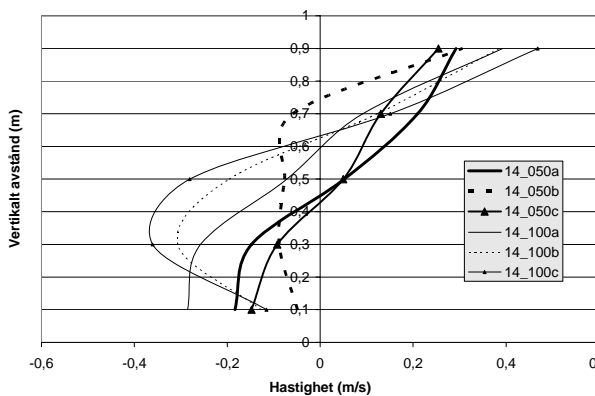


**Figur 6:66** Temperaturprofil längs tunnelns centrumsnitt vid t=780s och test 14\_050a

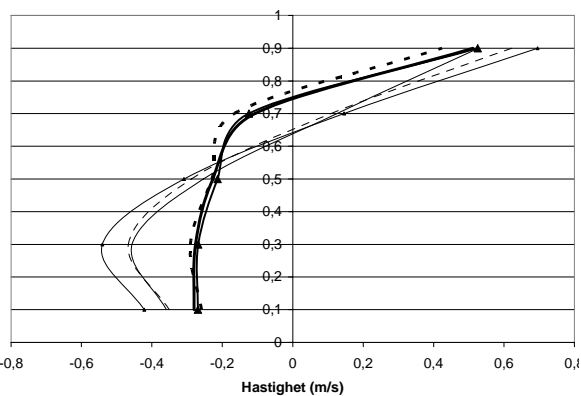


**Figur 6:67** Temperaturprofil längs tunnelns centrumsnitt vid t=780s och test 14\_100a

Figur 6:68 och 6:69 visar känsligheten i U-hastighet m.a.p. gridstorlek och olika sätt att ta hänsyn till strålningen på. I figur 6:68 går att utläsa att känsligheten är stor på grund av alla variabler nära branden medan figur 6:69 visar att känsligheten avtar med avståndet från brandkällan och där är det främst gridstorleken som är den känsliga parametern.

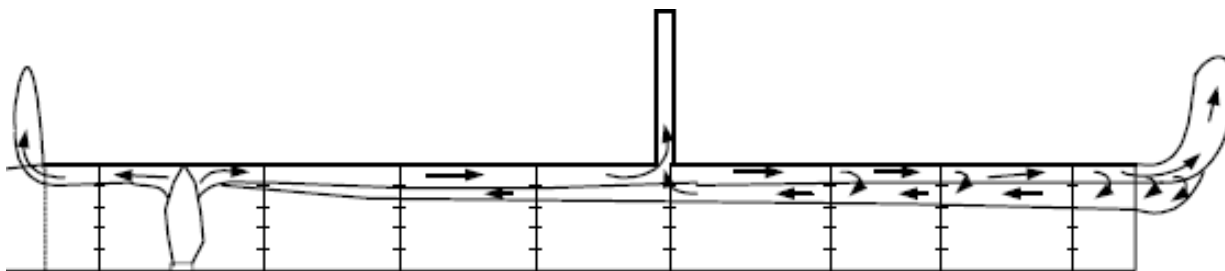


**Figur 6:68** U-hastighetsprofil vid mätpunkt D

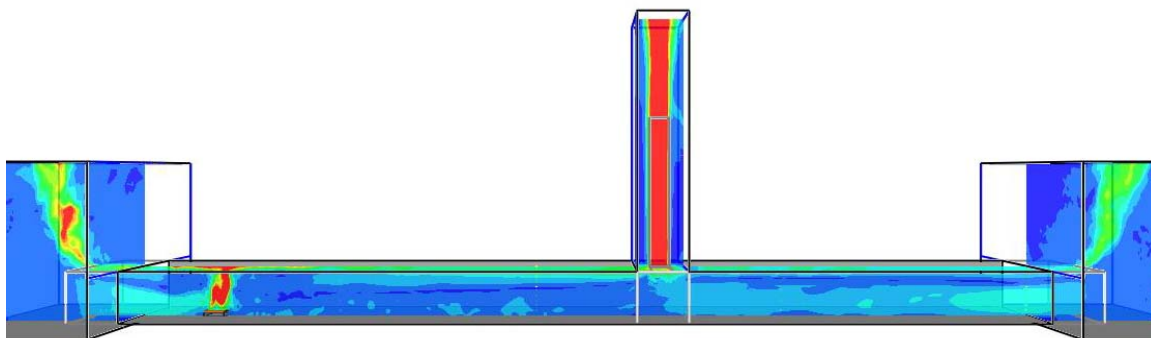


**Figur 6:69** U-hastighetsprofil vid mätpunkt F

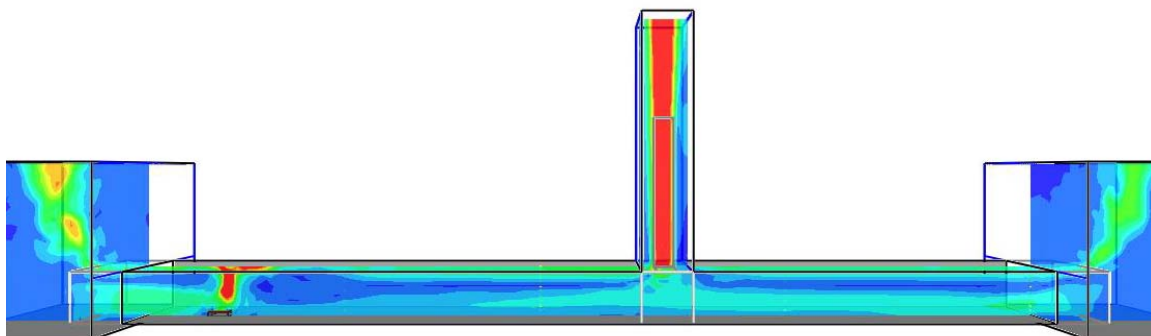
I figur 6:70 visas de flöden som uppskattats under det verkliga försöket. En jämförelse av figur 6:70 med resultaten från simuleringarna, figur 6:71 och 6:72, visar på en god överensstämmelse mellan de olika resultaten för det övre varma lagret. Figur 6:71 och 6:72 visar även en större skillnad i det nedre, kalla, lagret för de olika gridstorlekarna.



**Figur 6:70** Uppskattade flöden och brandgaslagrets höjd i försök /6/



**Figur 6:71** Hastighetsprofil, absolut hastighet, längs tunnelns centrumtvärsnitt vid t=780 s och test 14\_050a



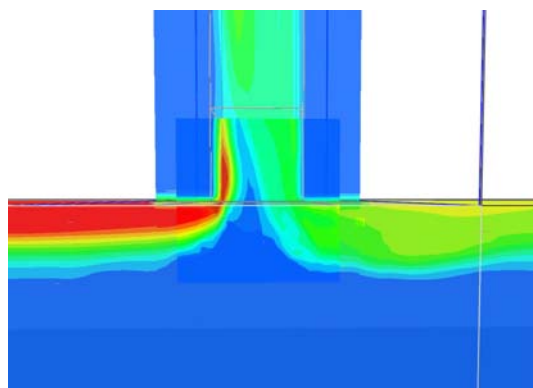
**Figur 6:72** Hastighetsprofil, absolut hastighet, längs tunnelns centrumtvärsnitt vid t=780 s och test 14\_100a

Tabell 6:2 visar känsligheten i några punktvärden i tunneln. Störst känslighet för strålningen i punkt E fås i simulering av typ B, när strålningsmodellen slås av, och för schakttemperaturen uppnås den största känsligheten vid grov grid och simulering av typ c, d.v.s. strålningsmodell på och strålningsfraktionen satt till noll. I övrigt kan nämnas att sot koncentrationen i punkt F skiljer sig kraftigt mellan de bägge gridstorlekarna men detta beror på att brandgaslagret höjs. Dessa kan jämföras med mätdata från försöket: schakt temp 48,3°C, strålning vid E 1,31 kW/m<sup>2</sup>, massflöde schakt 0,29 kg/s.

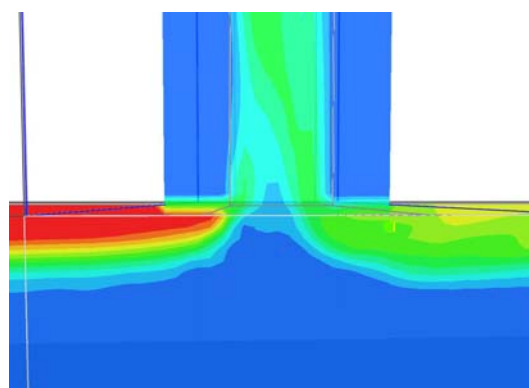
**Tabell 6:2** Strålning, syremängd och sot koncentrationer

Simulering	Strålning tak vid E (kW/m <sup>2</sup> )	Sot konc vid F h=0.5 (mg/m <sup>3</sup> )	Temperatur i schakt B (C)	Massflöde i schakt (kg/s)
14_050a	1,78	8,6	37,0	0,32
14_050b	1,56	7,5	41,1	0,31
14_050c	1,81	6,7	40,6	0,33
14_100a	1,75	45,4	41,9	0,33
14_100b	1,56	45,6	40,6	0,32
14_100c	1,80	46,6	47,2	0,35

Figur 6:73 visar hur det inbäddade finare gridnätet med 2,5 cm gridar ökar upplösningen vid schaktets mynning jämfört med figur 6:74 där inget finare nät är inplacerat. Som synes ges en markant bättre upplösning när de varma gaserna smiter runt hörnet men i enlighet med teorin bakom gridnätets kommunikation påverkar inte denna uppställning det vidare flödet i schaktet.



**Figur 6:73** Temperatur i schakt sim 14\_050t



**Figur 6:74** Temperatur i schakt sim 14\_050a

## 6.6 Tidsåtgång test 17

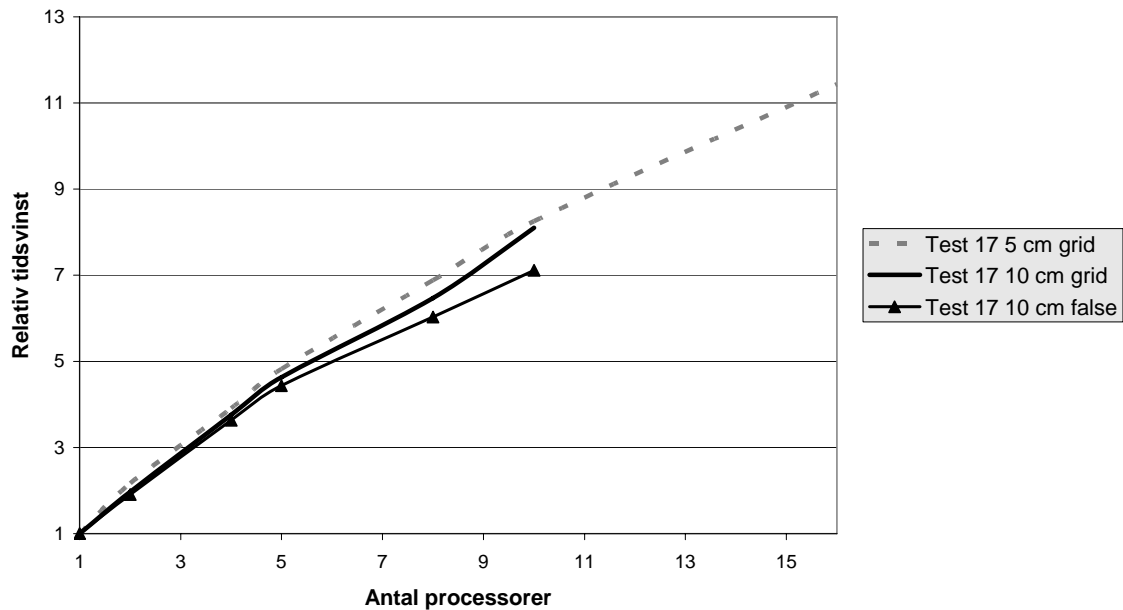
I detta avsnitt presenteras och jämförs tidsåtgången för de olika simuleringarna av test 17. Nedan presenteras en kort beskrivning av vad de olika bokstäverna i simuleringens beteckningarna betyder, för mer information se avsnitt 5.2.2.

a= grundkonfiguration med totalt tre stycken gridnät
b= grundkonfiguration med strålningsmodell av och rad frac=0.35
c= grundkonfiguration med strålningsmodell på och rad frac=0
d= grundkonfiguration med utökad strålningsmodell på
e= grundkonfiguration med strålningsmodell på och 200 strålningsvinklar
f= synkronisering mellan gridnäten är avstängd
g= som a men med 5 cm gridnät runt brandkällan, totalt fyra stycken gridnät
h= som g men ingen synkronisering mellan gridnäten
i= som a men med 2,5 cm gridnät direkt vid brandkälla följt av 5 cm gridnät
j= som i men ingen synkronisering mellan gridnäten
k= som a men med emissiviteten för promatect 0,5 istället för 0,9
l= grundkonfiguration med sot fraktion 4,2%
m= gridtjocka väggar
n= en och samma grid över hela beräkningsdomänen (även yta utanför)
o= en och samma grid över hela beräkningsdomänen (endast i tunnel)
o XX= gridnät endast i tunnel: dock uppdelat i XX antal gridnät för parallellberäkningar
p= massutsläkningskoefficienten ändras till 10200 m <sup>2</sup> /kg istället för 7600 m <sup>2</sup> /kg
q= som a men med intel processor istället för AMD
r= ihopdragning av gridnätet över brandkällan i x-led
s= ihopdragning av gridnätet över brandkällan i y-led

I figur 6:75 redovisas den relativa tidsvinst som uppnåddes genom att dela upp beräkningsdomänen i lika många gridnät som processorer. Den relativa tidsvinsten innebär att den tid som simuleringen på en processor tagit delas med den tid som varje simulering tagit, d.v.s. den beskriver hur många gånger snabbare simuleringen gick jämfört med grundsimuleringen. Genom att jämföra den relativa tidsvinsten med antalet processorer som användes i simuleringen fås ett mått på hur effektiv flerprocessorberäkningar i FDS i detta scenario är. Att påpekas med detta test är att beräkningsdomänen, av typ o med gridnät endast i tunneln, delats upp i lika många uniforma gridnät vilket innebär att vidare tidsvinster kan göras genom att t.ex. minska gridnäten i zoner med starka flöden och öka storleken på gridnät där flödena inte är lika starka. Den variant av FDS som använts till flerprocessorsimuleringarna är en specialkompilerad version för att passa klustret Docenten, se bilaga 2, och är inte optimerad för nätverket vilket innebär att vidare tidsvinster eventuellt kan göras. Faktorer som kan påverka resultatet av dessa simuleringstider är b.l.a. nätverkstrafiken på klustret, men då tre olika tester genomförts vid olika tidpunkter och med olika förutsättningar bedöms denna osäkerhet som liten.

Figur 6:75 visar att tidsvinsten är i princip linjär fram till fyra processorer (ca 3,8 ggr relativ tidsvinst) och att synkroniseringen mellan de olika beräkningarna påverkar i positiv riktning då en avstängning av synkroniseringen mellan gridnäten ger en lägre tidsvinst.





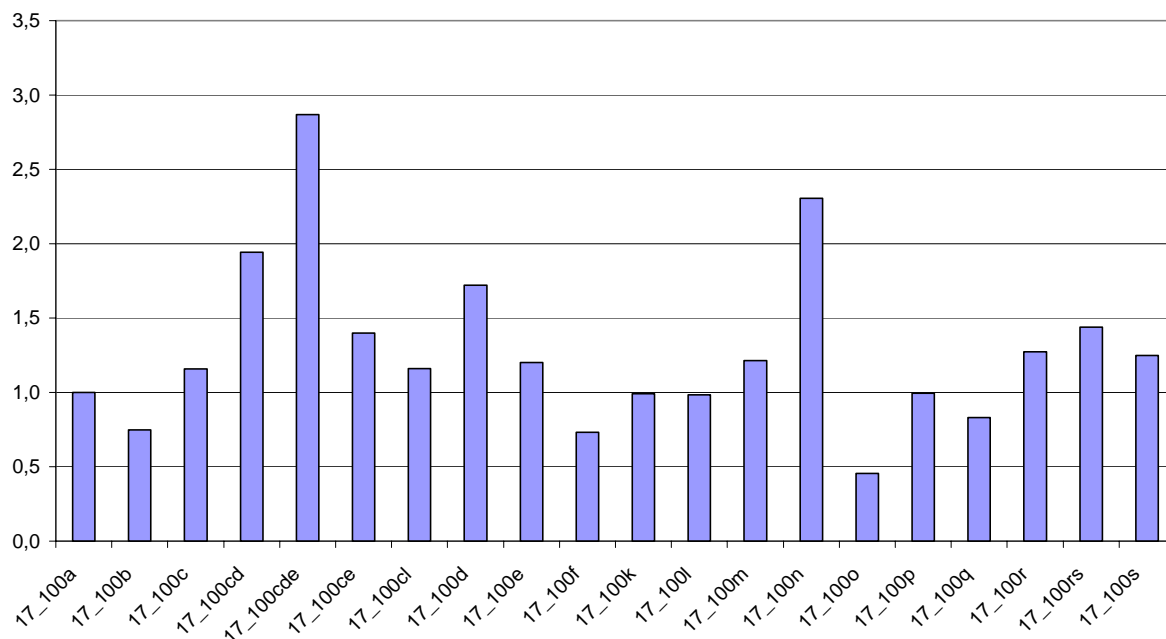
**Figur 6:75** Jämförelse av relativ tidsvinst genom användandet av multipla processorer

I tabell 6:3 visas antalet gridceller som använts i de olika typerna av simuleringar. Antalet celler påverkar tiden en simulering tar och redovisas här för att ge läsaren en bild av proportionerna mellan tidsåtgången för de olika gridnätskonfiguratinerna och antalet celler.

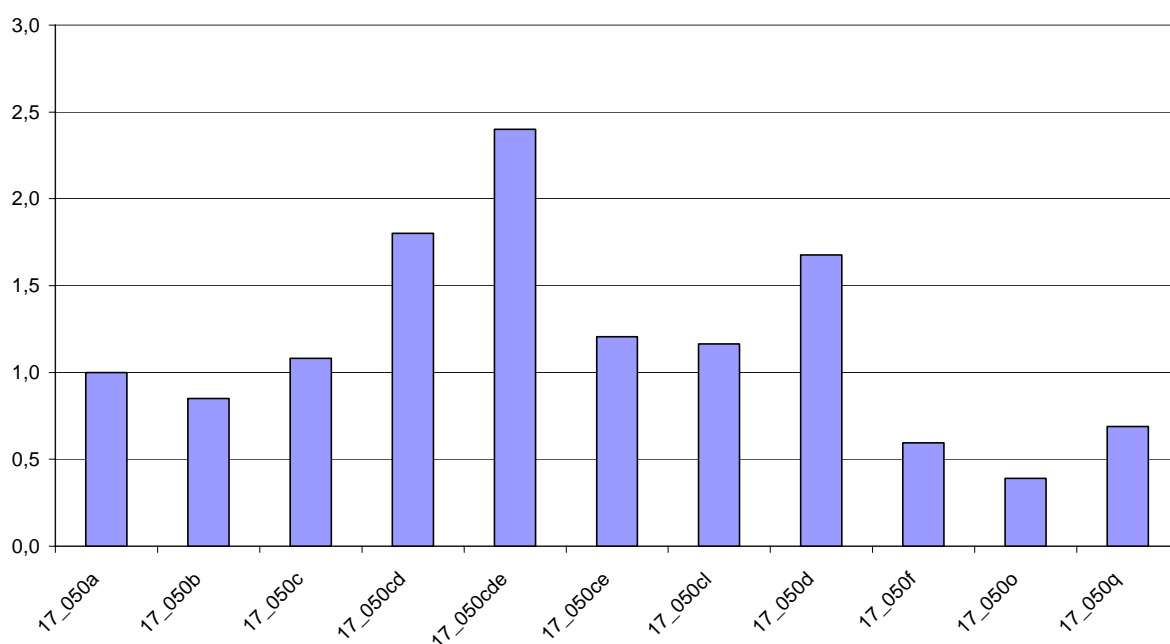
**Tabell 6:3** Antalet gridceller i de olika simuleringarna

Simulering	Celler vid 10 cm grid	Celler vid 5 cm grid	Celler vid 2,5 cm grid
17 (a-f)	112800	902400	Simuleras ej
17 (g-h)	154800	Simuleras ej	Simuleras ej
17 (i)	222000	Simuleras ej	Simuleras ej
17 (k-l)	112800	Simuleras ej	Simuleras ej
17 (m)	128640	Simuleras ej	Simuleras ej
17 (n)	307200	Simuleras ej	Simuleras ej
17 (o)	40000	320000	2560000
17 (p-s)	112800	902400	Simuleras ej

Figurerna 6:76 och 6:77 visar en jämförelse av den tid de respektive simuleringarna tar normerat mot grundsimuleringen, d.v.s. tid för simulering dividerat med tid för simulering 17\_XXXa. Resultaten visar att de utökade strålningsmodellerna är väldigt tidskrävande, speciellt om de kopplas samman. Detta är i linje med vad som sägs i manualen då där nämns att wide band model endast är att föredra när bränslet är icke sotande. I övrigt visar figurerna att mängden gridceller samt storleken på dessa ger en stor inverkan på tidsåtgången då en större mängd gridceller innebär mer volymer att beräkna och en stor hastighetsgradient i en liten cell ger ett kortare tidssteg för att stabilitetskriteriet skall uppnås vilket ger längre beräkningstider. Om synkroniseringen stängs av ges en 25-40 procentig tidsvinst gentemot grundscenariot.



**Figur 6:76** Tidsjämförelse mellan de simuleringar som genomförts i känslighetsanalysen i test 17\_100



**Figur 6:77** Tidsjämförelse mellan de simuleringar som genomförts i känslighetsanalysen i test 17\_050

Utöver tidsjämförelsen, som även presenteras grafiskt i fig 6:76 och 6:77, presenteras i tabell 6:4 och 6:5 den genomsnittliga effektutveckling som FDS använde mellan 7:e och 11:e minuten i respektive simulering. Strålningsandelen är uppskattad genom att dela medelvärdet för avgiven strålning i medelvärdet för HRR i ett mindre iterationsintervall. Den uppskattade strålningsandelen visar att den avgivna strålningen vid simuleringar av typ c, med strålningsmodell på och strålningsfraktion noll, är väldigt låg vid grov grid och endast blir något högre när den utökade strålningsmodellen slås på och påverkas knappt då antalet vinklar i strålningsmodellen dubblas. Strålningsandelen ökas dock med mindre grid då strålningsmodellen blir bättre. Att

påpekas är att effektutvecklingen i FDS påverkas när gridnätet trycks ihop ovan brandkällan och bildar icke kvadratiska beräkningsvolym. Detta gäller även när finare gridnät används.

**Tabell 6:4** Tidsjämförelse, strålningsandel och HRR för de simuleringar som genomförts i känslighetsanalysen i test 17\_100

Simulering	t (h)	Tid relativt 17_100a	Strålningsandel (%)	HRR (kW)
17_100a	9	1,0	37	79,3
17_100b	7	0,7	35	79,0
17_100c	11	1,2	11	79,4
17_100cd	18	1,9	16	79,4
17_100cde	27	2,9	16	79,5
17_100ce	13	1,4	11	79,4
17_100cl	11	1,2	8	79,4
17_100d	16	1,7	37	79,3
17_100e	11	1,2	37	79,3
17_100f	7	0,7	37	79,3
17_100g	40	4,2	41	79,1
17_100h	18	1,9	40	79,1
17_100i	137	14,5	47	78,0
17_100k	9	1,0	34	79,3
17_100l	9	1,0	37	79,3
17_100m	11	1,2	37	79,3
17_100n	22	2,3	36	79,1
17_100o	4	0,5	38	79,3
17_100p	9	1,0	36	79,3
17_100q	8	0,8	37	79,3
17_100r	12	1,3	38	77,7
17_100rs	14	1,4	41	80,1
17_100s	12	1,2	37	77,7

**Tabell 6:5** Tidsjämförelse, strålningsandel och HRR för de simuleringar som genomförts i känslighetsanalysen i test 17\_050

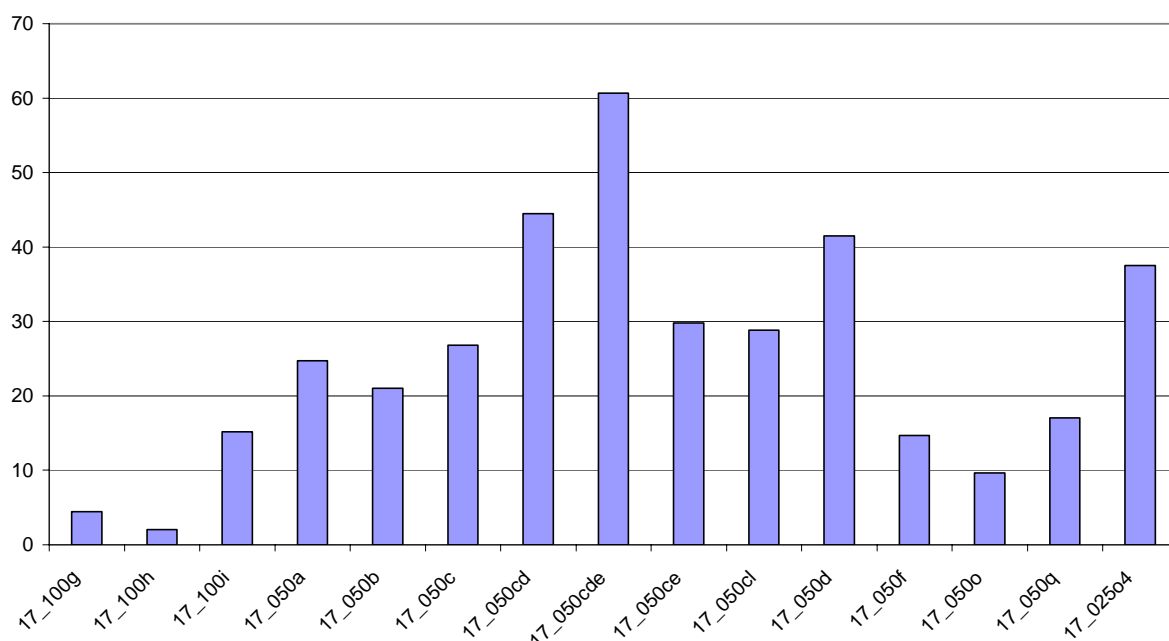
Simulering	t (h)	Tid relativt 17_050a	Strålningsandel (%)	HRR (kW)
17_050a	223	1,0	41	79,1
17_050b	189	0,8	35	79,0
17_050c	241	1,1	29	79,0
17_050cd	401	1,8	34	79,0
17_050cde	546	2,4	34	79,0
17_050ce	268	1,2	30	79,0
17_050cl	259	1,2	25	78,9
17_050d	373	1,7	42	79,1
17_050f	132	0,6	42	79,1
17_050o	87	0,4	41	79,1
17_050q	153	0,7	41	79,1

I tabell 6:6 redovisas tid, strålningsandel och HRR i enlighet med tidigare tabeller. Viktigt att påpeka gällande tidsåtgången för dessa simuleringar är att tiden som presenteras är den verkliga tiden för simuleringen, alltså inte den totala processortiden.

**Tabell 6:6** Tidsjämförelse, strålningsandel och HRR för de simuleringar som genomförts i känslighetsanalysen i test 17\_025

Simulering	t (h)	Tid relativt 17_025o4	Strålningsandel (%)	HRR (kW)
17_025o4	338	1,0	46	78,0
17_025oc4	355	1,1	39	77,7
17_025o5	279	0,8	47	78,0
17_025o10	165	0,5	46	78,0

I figur 6:78 jämförs tidsåtgången för de simuleringar som innehåller gridnät som är 5 cm eller mindre. Tidsåtgången för respektive simulering är normerad mot tidsåtgången för test 17\_100a. I figuren går det att utläsa att simuleringar med förfinad strålningsmodell med 5 cm grid tar i storleksordning 30-45 gånger längre tid än simulering 17\_100a och att en simulering med 2,5 cm grid endast i tunneln tar ca 35 gånger längre tid, dock är det värt att påpekas att denna simuleringstid är för fyra processorer och ej total processortid. Speciellt för 17\_050cde är att denna körning är gjord på en processornod med extra stort arbetsminne då det visat sig att 1 GB arbetsminne inte räckte till.



**Figur 6:78** Tidsjämförelse mellan de simuleringar som genomförts i känslighetsanalysen i test 17 normerade mot 17\_100a

I tabell 6:7 visas en jämförelse av den tid en halvering av gridstorleken innebär. Generellt visar de att en halvering av gridstorleken i hela beräkningsdomänen ger en cirka 20 gånger längre beräkningstid.

**Tabell 6:7** Jämförelse av simuleringstider för 5 cm simuleringar mot respektive 10 cm simulering

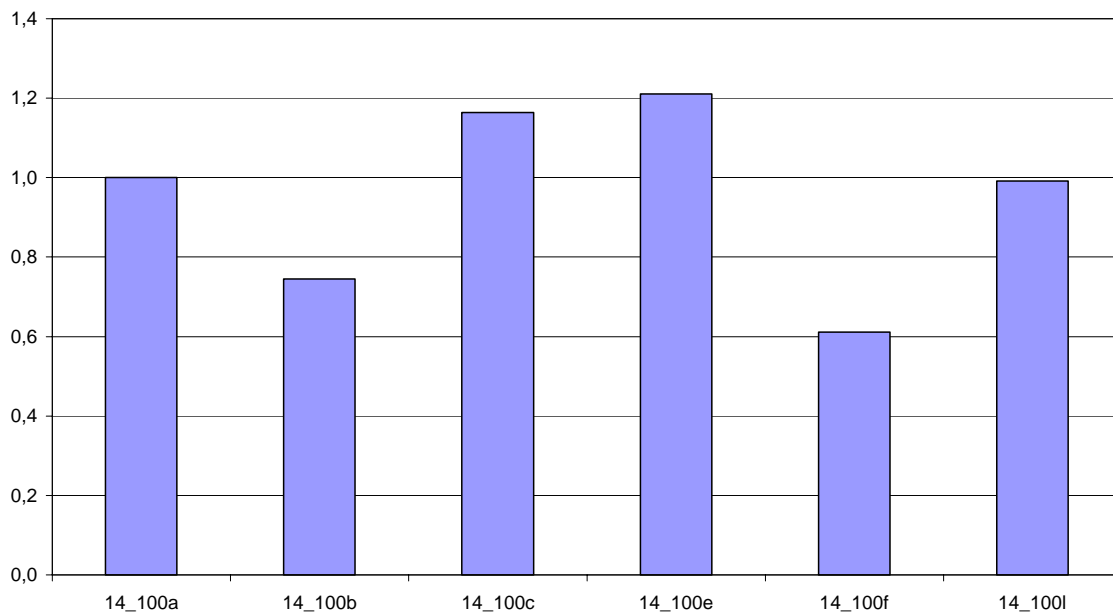
<b>Simulering</b>	<b>Tid relativt resp 17_100 simulering</b>
17_050a	24
17_050b	27
17_050c	22
17_050cd	22
17_050cde	20
17_050ce	20
17_050cl	24
17_050d	23
17_050f	19
17_050o	20
17_050q	20
17_050o2	18
17_050o4	20
17_050o5	19
17_050o8	19
17_050o10	20

## 6.7 Tidsåtgång test 14

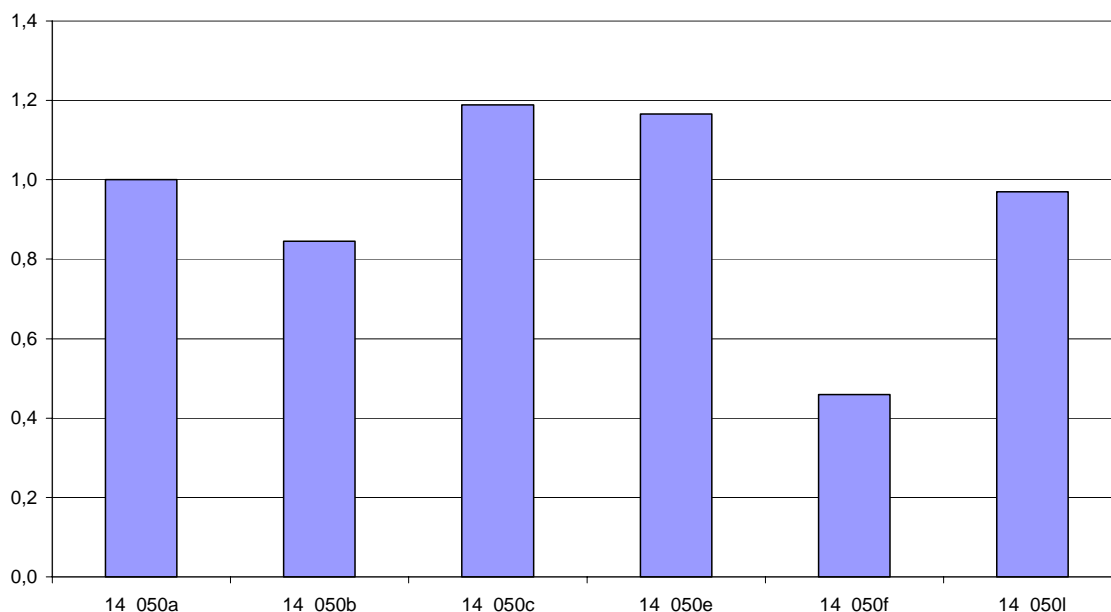
I detta avsnitt presenteras och jämförs tidsåtgången för de olika simuleringarna av test 17. Nedan presenteras en kort beskrivning av vad de olika bokstäverna i simuleringsbeteckningarna betyder, för mer information se avsnitt 5.2.2

a= grundkonfiguration med totalt fem stycken gridnät  
b= grundkonfiguration med strålningsmodell av och rad frac=0.35  
c= grundkonfiguration med strålningsmodell på och rad frac=0  
e= grundkonfiguration med strålningsmodell på, rad frac=0.35 och 200 strålningsvinklar  
f= synkronisering mellan gridnäten är avstängd  
l= som a men med sot fraktion 4,2% istället för 9% hos bränslet

I figur 6:79 och 6:80 visas en jämförelse av tidsåtgången för de genomförda simuleringarna i test 14. Ur dessa figurer går det att utläsa att en ca 20-30 procent tidsvinst går att göras om strålningsmodellen stängs av medan en användning av strålningsmodellen utan begränsningar och en förbubbling av strålningsvinklarna bägge innebär att simuleringstiden ökar med ca 20 procent. Även simuleringarna av test 14 visar att en rejäl tidsvinst kan göras, i detta fall 40-50%, om synkroniseringen stängs av när simuleringen sker på en processor. Även i dessa fall blir strålningsandelen väldigt låg vid grov grid samt simuleringstyp c och ökar nämnvärt när gridstorleken förfinas.



**Figur 6:79** Tidsjämförelse mellan de simuleringar som genomförts i känslighetsanalysen i test 14\_100



**Figur 6:80** Tidsjämförelse mellan de simuleringar som genomförts i känslighetsanalysen i test 14\_050

Tabell 6:8 och 6:9 belyser samma fenomen som påvisats i 17 serien där c simuleringarna får en markant lägre strålningsandel med grov grid vilken förbättras med finare grid. I övrigt visar tabellerna det som grafiskt framgår i figur 6:79 och 6:80.

**Tabell 6:8** Tidsjämförelse, strålningsandel och HRR för de simuleringar som genomförts i känslighetsanalysen i test 14\_100

Simulering	t (h)	Tid relativt 14_100a	Strålningsandel (%)	HRR (kW)
14_100a	10	1,0	36	71,9
14_100b	8	0,7	35	71,6
14_100c	12	1,2	12	71,7
14_100e	13	1,2	36	71,8
14_100f	6	0,6	36	71,8
14_100i	10	1,0	36	71,8

**Tabell 6:9** Tidsjämförelse, strålningsandel och HRR för de simuleringar som genomförts i känslighetsanalysen i test 14\_050

Simulering	t (h)	Tid relativt 14_050a	Strålningsandel (%)	HRR (kW)
14_050a	234	1,0	40	71,7
14_050b	198	0,8	35	71,6
14_050c	279	1,2	28	71,6
14_050e	273	1,2	40	71,6
14_050f	107	0,5	40	71,7
14_050i	227	1,0	38	71,6

I tabell 6:10 visas en jämförelse av den tid en halvering av gridstorleken innebär. Generellt visar den att en halvering av gridstorleken i hela beräkningsdomänen ger en cirka 20 gånger längre beräkningstid.

**Tabell 6:10** Jämförelse av simuleringstider för 5 cm simuleringar mot respektive 10 cm simulering

<b>Simulering</b>	<b>Tid relativt resp 14_100 simulering</b>
14_050a	23
14_050b	26
14_050c	23
14_050e	22
14_050f	17
14_050l	22



## 7 Diskussion och slutsats

Även om denna rapport inte syftar till att validera FDS mot ett brandförsök måste ett par ord nämnas om det brandförsök som trots allt använts i vissa jämförelser. De försök som här använts är båda utan mekanisk ventilation och samtliga flöden induceras av brandkällan. Detta för att minimera de fenomen som kan uppstå vid ett påtvingat flöde och ge så relevanta jämförelsedata som möjligt. Temperaturmätningarna i brandförsöken torde ha en mycket god kvalitet eftersom temperaturerna hålls på en relativt låg nivå och ingen större strålningspåverkan därför sker vilket annars kan vara ett problem vid temperaturmätning i brandförsök. Den fysiska uppbyggnaden av försökstunneln med en långsida helt i glas och eventuella läckage kan anses vara en felkälla jämfört med simuleringarna. Då temperaturerna hålls på rimliga nivåer bör dock inte glasväggens något förhöjda transmissivitet inverka på resultatet i någon större omfattning. Då ett flertal experiment genomförts i samma tunnelkonfiguration kan konstruktionen ha lagrat en del värme varför flöden vid väggar etc. kan påverkas. Då mätdata är taget mellan den sjunde och elfte minuten bör inte heller detta påverka resultaten i någon nämnvärd omfattning. Inga jämförelsedata gällande hastigheter har använts då dessa mätdata anses mindre pålitliga eftersom hastigheterna är så pass låga att mätutrustningen inte är känslig nog.

I enlighet med de teorier som FDS bygger på med avseende på modellering av turbulens och utformning förefaller det vara just den enskilde beräkningscellens storlek som är mest avgörande för en god och robust beräkning. I FDS manual /7/ nämns en riktlinje om att tio gridceller över brandens diameter är önskvärdt för ett gott beräkningsresultat. Detta stämmer väl överens med slutsatserna i denna rapport som tyder på att gridceller på 5 cm ger ett resultat snarlikt de simuleringar med 2,5 cm gridceller. Branden i detta fall är kvadratisk med sidan 40 cm vilket ger 8 respektive 16 gridceller över branden. Då samtliga körningar i denna försöksserie har haft samma brandstorlek är detta ingenting som har kunnat analyseras vidare. Det är dock av stort intresse för en operatör huruvida en gridoberoende lösning kan nås då ett visst antal gridceller fås över branden eller om det är gridcellens absoluta storlek som avgör.

Mätpunkterna i indatafilen har inte avmarkerats med `"/` vilket har medfört att endast varannan mätpunkt kommit med. Manualen nämner två sätt att avmarkera en rad, `"enter"` eller `"/`, varav `"enter"` här visat sig inte duga. Detta framkom som ett problem i mitten av försöksserien men har inte åtgärdats då ingen vital data gått förlorad och en enhetlig indatafil genom hela försöksserien eftersträvat. En viktig lärdom av detta är dock att avmarkering med tecknet `"/` skall ske efter varje inmatning som startas med tecknet `"&`. Detta har i denna försöksuppställning inte påverkat geometrin då varje inmatning med avseende på geometrin har avmarkerats med `"/`.

Färginställningarna med kommandot `"COLOR"` fungerade inte vid körningar på dataklustret Docenten. Att beskriva ytor med detta kommando resulterade i att indatafilen inte accepterades av FDS. Lösningen blev att beskriva objekten i indatafilen med `"RGB"` (Red Green Blue) enligt FDS manualen /7/. Huruvida detta beror på operativsystemet, vilket är en version av Linux på Docenten, eller om det beror på kompileringen av FDS är inte fastställt.

En tumregel som används vid CFD simulering är att 1 GB arbetsminne räcker till 1 000 000 celler. Detta är, som nämnts, endast en tumregel vilket framgår vid körning `17_050cde` som består av 902 400 celler men inte kunde köras effektivt på en dator med 1 GB arbetsminne. Detta påvisar att utökade strålningsmodeller utnyttjar mer arbetsminne varför behovet av arbetsminne ökar. Om inte tillräckligt arbetsminne finns tillgängligt övergår datorn till att mellanlagra den extra informationen på hårddisken vilket resulterar i helt orimliga tidsförluster.

Tidsförlusten vid en halvering av gridcellernas storlek visar sig bli cirka 20 gånger vilket ska jämföras med det teoretiska värdet 16 gånger då halveringen sker i fyra dimensioner.

Att ha flera olika gridnät i en och samma körning är kvalitetsmässigt inte av ondo för resultatet. Det är i vissa fall det enda sättet att utforma ett effektivt gridnät. Vissa fallgropar finns dock även här då FDS endast besitter förmågan att kommunicera mellan gridnät i gridnätets ytterkanter. Detta ger att ett finmaskigt nät helt inbäddat i ett större nät bara kan vara till fördel för mätningar inom just detta begränsade område, men det större gridnätet får ingen glädje av den mer detaljerade beräkningen i det finare nätet. Denna metod kan användas för att lokalt få förbättrad upplösning runt vissa specifika platser. Den förbättrade upplösningen ger möjligheten att fokusera på fenomen som sker t.ex. vid öppningar och schakt. Detta har dock endast testats i ringa omfattning och ingen validering mot mätdata har genomförts men det studerade grafiska materialet ger ett rimligt intryck.

Gridnät som ligger kant i kant kommunicerar bra då storleken på de angränsande cellerna är av samma storlek eller möjligen den halva. Andra storleksförhållanden mellan de angränsande gridnäten har inte undersökts i tillräcklig omfattning för att här kunna göra ett uttalande av mer generell natur. De gridnätsskarvar som använts vid dessa simuleringar har alla haft för avsikt att passa väl in i varandra för att på så vis ge en så stabil beräkningsgrund som möjligt. Gridnätsskarvarna har i samtliga fall utom flerprocessorskörningar av typ ”o” medvetet placerats för att inte hamna där turbulenta fenomen kan tänkas uppstå. Vid körningarna av typ ”o” då tidsåtgången var det primära undersökningssyftet delades dock beräkningsvolymen helt sonika upp i lika stora delar för att ge ett så jämförbart värde som möjligt. Detta resulterade i att när beräkningsvolymen delades i åtta delar hamnade en skarv rakt genom brandkällan vilket gav markant avvikande simuleringsresultat. Lärdomen är att medvetet placera de gridnätsskarvar som behövs för att ge en tillförlitlig lösning.

Funktionen att stretcha gridnäten och trycka ihop dem vid intressanta platser i beräkningsvolymen ger en betydligt långsammare beräkning samtidigt som resultaten blir känsligare. Beräkningen tycks också påverkas av hur stor andel av cellerna som dras samman och därmed hur stora de förstörade cellerna blir. Körningen 17\_100r när gridnätet dragits samman i X-led tycks ge rimligare resultat med avseende på flöden nära branden än 17\_100s då stretchningen sker i Y-led. Detta kan bero just på att en så stor andel av cellerna dragits samman och därmed lämnar en orimligt stor storlekspåverkan på de övriga cellerna. Värt att notera är också att FDS trots att möjligheten till stretchning är utformat för kubiska celler och även manualen /7/ nämner att detta är en tveksam metod att använda.

Då simuleringar körts på flera processorer måste varje processor tilldelas ett eget gridnät. Tidsvinsten som uppstår då flera processorer delar på en körning är då god om de olika gridnäten är av snarlik storlek, både i antal gridar och i gridstorlek. Om variationen är för stor blir körningens effektivitet helt beroende på den långsammaste processen då de övriga processorerna får vänta in den långsamma. Intressant är här att körningar på fler processorer med kommandot `SYNCHRONIZE=.FALSE.` inskrivet på Time raden tog längre tid än de körningar som givits kommandot `SYNCHRONIZE=.TRUE.`. Detta beror troligen på att mer tid går åt till den synkronisering som trots allt sker mellan processorerna vid `.FALSE.` fallet. Näten har då olika tidsstorheter och en viss instabilitet kan tänkas uppstå som förefaller kräva en del processorkraft för att korrigera. Vid de simuleringar som här genomförts har dock inga stora avvikelser uppmäts mellan de båda fallen och ingenting tyder på att resultaten blir mindre robusta för att kommandot `SYNCHRONIZE=.FALSE.` använts. Simulering 17\_100j med gridnät i 2,5 cm, 5 cm och 10 cm storlek med synkronisering avslagen kunde dock inte genomföras då numerisk instabilitet uppstod. Simulering 17\_100h med gridnät endast i 5 cm och 10 cm och synkronisering

avslagen gick dock att genomföra med god tidsvinst och utan större känslighet. Slutsatsen blir att då flera olika nät körs på samma processor och det dessutom rör sig av gridar i olika storlekar finns här goda möjligheter till att spara in tid utan att få några till synes mindre robusta resultat. FDS förefaller vara självindikerande såtillvida att beräkningen inte kan genomföras då instabilitet uppstår.

De tidsvinster som observerats vid klusterkörningar är i vissa simuleringar större än ett, alltså två processorer tillsammans verkar jobba bättre än två processorer var för sig. Detta kan bero på att minnen och annan hårdvara utnyttjas effektivare när en lägre beräkningslast läggs på den enskilda processorn. Dessa fördelar tas dock ut av den ökande kommunikationen mellan processorerna när allt för många processorer deltar i en och samma process. En liten osäkerhet finns dock inbyggd i de jämförelser mellan olika flerprocessorkörningar som presenteras i rapporten då ingen kontroll haft över den totala nätverkstrafiken på klustret vid var tillfälle. Om mycket annan nätverkstrafik belastat klustret under enstaka körningar kan dessa ha blivit långsammare än beräkningen grundar för. Detta anses dock inte vara en stor felkälla.

Strålningsalternativen som testats här har visat att strålningsmodellen har en positiv inverkan på flödesbilden. Detta har observerats genom att körningar av typ "b" utan någon strålningsberäkning aktiverad ger orimliga flödesbilder nära brandkällan. Vissa skillnader mellan de olika påslagna strålningsalternativen har dock påvisats. De mest avvikande av dessa resultat fås vid körningar av typ "XX\_100c" då `RADIATIVE_FRACTION=0` och den verkliga strålningsfraktionen blir betydligt lägre än vid de övriga körningarna då upplösningen inte är hög nog. Detta leder till lägre temperaturer i flamman som förklarar den låga strålningsfraktionen. Då upplösningen förbättras stiger flamtemperaturen och ett rimligare värde fås även vid körningar av typ "c". Övriga varierade strålningskonfigurationer såsom utökat antal strålningsvinklar eller "wide band model" ger här inte några direkt avvikande resultat i relation till en simulering utan dessa utökade konfigurationer. Detta kan bero på de relativt låga gastemperaturer som uppnås i detta scenario vilket gör strålningsmodellen mindre betydelsefull i sammanhanget.

Vid samtliga körningar med strålningsmodell påslagen och 10 cm gridnät visar sig flamman luta. Detta belyses extra tydligt i körningar med finare gridnät över branden eftersom flamman här blir högre. Flamtoppen hamnar då bredvid den mätpunkt som är placerad rakt ovanför brännaren vilket förklarar de lägre temperaturerna i denna mätpunkt på 0,9 m höjd ovan golv jämfört med de övriga körningarna. Detta förklarar också varför den annars så tvivelaktiga körningen utan strålningsmodell påkopplad får temperaturer närmare de finare upplösningarna direkt ovanför branden då denna körning inte påvisar några lutande tendenser.

Flamhöjden har visat sig öka med en minskad cellstorlek över branden. Detta torde bero på den mer realistiska inblandningen som sker vid den finare upplösningen. Den ökade inblandningen tillsammans med förbränningsmodellen leder till den lägre flamhöjden vid större cellstorlekar. Detta återspeglas även på brandgaslagrets höjd längre bort i tunneln då de grövre gridnäten genomgående ger ett lägre, svalare, brandgaslager.

Ingen större känslighet har observerats med avseende på de databasparametrar som varierats. De varierade parametrarna har förvisso till stor del varit bundna till strålningen och den har som tidigare nämnts inte någon avsevärd inverkan på detta scenario då brandgastemperaturerna hamnar på en relativt låg nivå.

## 7.1 Rekommendationer vid användning av FDS

För att köra FDS på ett effektivt vis rekommenderas att så få celler som möjligt placeras utanför beräkningsvolymen, men det är fortfarande viktigt att celler placeras i direkt anslutning till öppningar ut i det fria för att på så vis förminska de randeffekter som annars kan uppstå där. För att definiera sin beräkningsvolym enligt dessa önskemål krävs hantering av flera gridnät vilka med fördel kan beräknas på skilda processorer om ett sådant kluster finns att tillgå. En rimlig storlek för ett beräkningskluster för FDS bedöms vara fyra datorer då detta ger en god tidsvinst per extra processor. Användandet av beräkningskluster för körningar med FDS är i dagsläget nästan ett måste då gridstorleken behöver vara tämligen liten för att relevanta lösningar ska frambringas och tidsåtgången inte ska bli orimligt stor.

Vid körningar på en processor och flera gridnät kan med fördel kommandot `SYNCHRONIZE= .FALSE.` användas för att spara tid. Då flera processorer används bör synkroniseringen i stället vara påslagen för att vinna tid och få en stabilare beräkning.

Även om beräkningar med strålningsmodellen påslagen tar cirka 20-30% längre tid att beräkna jämfört med den avslagna så är resultaten från beräkningar utan strålningsmodellen påslagen så tvivelaktiga att detta inte kan rekommenderas som en metod att spara tid i detta scenario.

För att säkerställa att en rimlig strålningsfraktion uppnås rekommenderas att beräkningar görs i enlighet med körning typ "a" med ett minimivärde för strålningsfraktionen och inte typ "c" där strålningsmodellen allena avgör strålningsförlusterna.

## 8 Förslag till framtida forskning

Denna typ av forskning är extremt resurskrävande och enbart detta projekt grundas på data som motsvarar en processors arbete i drygt ett och ett halvt års tid och har levererat utdata på drygt 100 GB. Detta material innehåller säkerligen mer resultat än vad som här analyserats varför intresse kan finnas att analysera dessa data vidare. Intressant vore om en institution, förslagsvis avdelningen för Brandteknik vid LTH, samlar in data av denna typ för att möjliggöra för kunskapsförstärkt brandingenjörer att här söka nya samband och slutsatser.

I detta projekt har möjligheten att använda modellen "heat of vaporization", en modell för pölbränder där vätskan förångas, medvetet valts bort då det i manualen /7/ klart framgår att mycket små gridceller behövs för att denna skall fungera. Då bränslet i detta fall är fotogen kan det vara av intresse att med klustrets hjälp undersöka hur litet gridnätet behöver vara för att en godtagbar lösning skall kunna uppnås.

En annan fråga som kommit upp under arbetets gång är huruvida det är det antalet gridceller över brandkällan eller gridcellens absoluta storlek i hela beräkningsvolymen som är avgörande för lösningens gridberoende.

Detta projekt har enbart fokuserat på känsligheten av olika parametrar och undermodeller hos FDS i ett tunnelscenario. Ett framtida forskningsområde bör kunna vara att göra liknande undersökningar på andra geometrier och därmed kunna svara på frågan om hur en generell användning av FDS bör se ut. Detta går hand i hand med att FDS bör valideras mot ett större antal scenarier än i dagsläget för att det skall kunna användas med förtroende.



## 9 Referenser

- /1/ Anderson, J. D., *Computational Fluid Dynamics*, McGraw-Hill, USA, New York, 1995
- /2/ Croarkin C., Mulholland G., *Specific extinction coefficient of flame generated smoke*, Fire and materials, Vol. 24 , NIST, USA, september 2000
- /3/ Floyd, J. E. et al., *CFD fire simulation using mixture fraction combustion and finite volume radiative heat transfer*, Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 13, 2003
- /4/ Holmstedt, G. et al., *Flamspridningsprojektet slutrapport*, Rapport 3132, Brandteknik, LTH , Lund, 2005
- /5/ Hägglund et al., *Jämförande och tillämpande studier av brandgasers spridning mellan våningsplan i en flerplansbyggnad*, SRV, Karlstad, 2000
- /6/ Ingasson, H., Werling, P., *Experimental Study of Smoke Evacuation in a Model Tunnel*, FOA Projekt E2761, FOA, Tumba, oktober 1999
- /7/ McGrattan, K. et al., *FDS (Version 4) User's Guide*, NIST, Washington, USA, 2005
- /8/ McGrattan, K. et al., *FDS (Version 4) Technical reference guide*, NIST, Washington, USA, 2005
- /9/ Sedin G., Personlig kommunikation, juni 2005
- /10/ Tewarson, *Generation of heat and chemical compounds in fires*, SFPE handbook of fire protection engineering third edition, Quincy, Massachusetts, 2002

Elektroniska källor:

- /e1/ Kokpunkt fotogen,  
<http://home.att.net/~cat6a/fuels-IV.htm> ,  
<http://www.chemcool.com/regents/physicalbehaviorofmatter/aim2.htm>, besökt juli 2005
- /e2/ Materialdata Promatect H,  
[http://www.tepro.se/UPLOADED\\_FILES/documents/411.pdf](http://www.tepro.se/UPLOADED_FILES/documents/411.pdf) , besökt juli 2005
- /e3/ Användningsområde chromel alumel termoelement,  
<http://www.megatron.co.il/Thermocouple.html>, besökt juli 2005
- /e4/ Slumptalsgenerator  
<http://fire.nist.gov>, besökt juli 2005





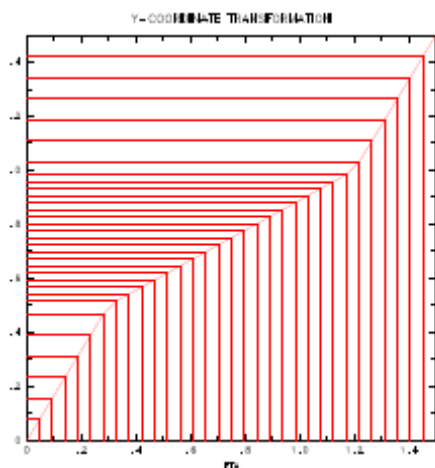
# Bilagor

<b>1</b>	<b>BILAGA – STRETCHNING AV GRIDNÄT.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>BILAGA – ATT SIMULERA PÅ KLUSTRET DOCENTEN PÅ LUNARC .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>BILAGA – MAKEFILE FÖR FDS 4.0.5 PÅ DOCENTEN.....</b>	<b>8</b>
3.1	FDS-4.05 (SERIELL): .....	8
3.2	FDS-4.05 (PARALLEL): .....	9
<b>4</b>	<b>BILAGA – INDATAFILER.....</b>	<b>10</b>
4.1	TEST 17 .....	10
4.1.1	Ändringar av huvudindatafil test 17 .....	20
4.2	TEST 14 .....	28
4.2.1	Ändringar av huvudindatafil test 14 .....	39
<b>5</b>	<b>BILAGA – SIMULERINGSFÖRTECKNING .....</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>BILAGA –FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING.....</b>	<b>42</b>

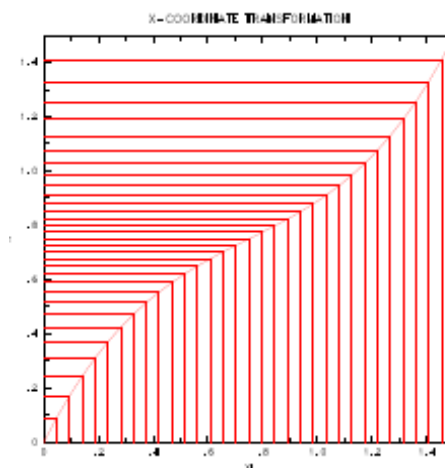


## 1 Bilaga – Stretchning av gridnät

I FDS kan det annars uniforma gridnätet dras ihop eller isär i två av tre riktningar. För att kunna göra detta finns två olika transformeringsmöjligheter, linjär- och polynomial transformation (se figur b1:1 och b1:2).



Figur b1:1 Linjär transformation /7/



Figur b1:2 Polynomial transformation /7/

I den linjära modellen anges i indatafilen ett antal punkter i ett koordinatsystem för det gridnät som skall transformeras. Koordinatsystemet består av en horisontell axel där det uniforma gridnätet beaktas och en vertikal axel ändringen beaktas. Maxvärdet i horisontell som vertikal led i koordinatsystemet utgörs av gridnätets mått i den riktningen som transformationen önskas. För att kontrollera hur gridnätet kommer att transformeras i FDS kan användaren själv ställa upp det koordinatsystem som angivits med papper och penna och sammanbinda punkterna med varandra och min- resp. maxvärdet i koordinatsystemet. Om två punkter angivits kan ett liknande resultat som det i figur b1:1 uppnås. Vad grafen figur b1:1 visar är att en sluttning  $>1$  ger en isärdragning av gridceller och en sluttning  $<1$  ger en ihopdragning av gridceller/7/. Användaren kan därigenom bestämma var de olika transformerings effekterna önskas och beräkna gridnätets utseende med enkla matematiska samband. Att beaktas är att antalet celler inte ändras genom denna metod och att en ihopdragning av celler på ett ställe i beräkningsdomänen måste innebära att gridcellerna dras isär på en annan plats i gridnätet.

Den polynomiala transformationen är något mer komplicerad och baseras på att en mjukare övergång i gridstorlek eftersträvas, jämför fig. b1:2 och fig. b1:1. I indatafilen anges även i detta fall ett antal punkter men skillnaden är att derivatan i punkten även måste anges då en monoton kubisk funktion skapas i FDS med hjälp av de angivna punkterna tillsammans med grundförutsättningen att  $f(\text{XBAR0}) = \text{XBAR0}$  och att  $f'(\text{XBAR0}) = \text{XBAR0}$ .



## 2 Bilaga – Att simulera på klustret Docenten på LUNARC

LUNARC är ett center för vetenskapligt och tekniskt användande av datorer som är baserat i södra Sverige. De som får möjlighet att använda dessa resurser är bl.a. anställda och inskrivna studenter vid Lunds Universitet. Resurserna är åtkomliga från vilken dator som helst varför eventuella användare först måste registrera sig (på [www.lunarc.lu.se](http://www.lunarc.lu.se)) . Med hjälp av programmen Putty och Winscp3 sköts sedan köandet av simuleringar på systemet och upp respektive nerladdning av filer. I skrivande stund finns FDS 4.0.5 kompilerat för Linuxvarianten CentOS 4.1 x86\_64 och installerat på Docenten.

På docenten uppstår problem med färgsättning av geometriska då ”vanliga” färgbenämningar används. Dessa klartextfärger genererar felmeddelanden redan vid start varför alla färger måste definieras i RGB (Red, Green, Blue) enligt tabell i manualen.

Programmet Winscp3 används för att lägga upp xxx.data filen i en mapp i antingen `home/ användarnamn` eller `global1/ användarnamn`. Med fördel läggs all data som vanligen används från databasen in i indatafilen för att förenkla för FDS vid klusterkörningar. För att sedan arbetet skall ställas i kö och sedan köras på klustret måste även en xxx.scr fil skapas och läggas in i samma mapp som xxx.data filen. I klusterscriptet (xxx.scr) lägger användaren in information om antalet noder (datorer) som önskas för simuleringen samt önskad tid. Max 8 veckors datatid (sammanlagt för alla noder man bokar) kan bokas samtidigt på klustret. För en enprocessorsimulering är dessa två filer allt som behöver finnas i simuleringsmappen. För en flerprocessorsimulering ser klusterscriptfilen något annorlunda ut och innehållet i mappen måste kompletteras med en fil som heter `fds.data` där namnet på indatafilen till simuleringen skrivs in. Att beakta i fallet med flerprocessorsimuleringar är att användaren måste definiera ett lika stort antal nät i indatafilen till FDS som önskas användas vid simuleringen med flera processorer.

När alla filer är upplagda med Winscp3 loggar användaren in på klustret via Putty. För att ändra vilken mapp som används till sin användarmapp på global1 skrivs följande kommando in:

```
cd /disk/global1/ användarnamn/ mappnamn
```

När användaren väl är i mappen ställs klusterscriptet i kö genom att ange:

```
qsub xxx.scr
```

För att se hur simuleringen ligger till kan följande kommandon användas:

```
showq  
showq | grep ” användarnamn”  
qstat  
qstat | grep ” användarnamn”
```

För att efter slutförd simulering hämta hem informationen laddas mappen med fördel hem med Winscp3.

Nedan följer exempelfiler på klusterscript till enprocessorsimuleringar, flerprocessorsimuleringar samt kort info om DOCENTEN.

#### Enprocessor klusterscript (xxx.scr)

```
#!/bin/sh
#PBS -l nodes=1
#PBS -l walltime=604800
#PBS -o stdout.txt
#PBS -e stderr.txt
#PBS -j oe
#PBS -m bea
#PBS -M e-mailadress
cd $PBS_O_WORKDIR
. use_modules
module add pgi
module add mpich-pgi5
module add fds
# Execute rendering
fds4 < xxx.data
```

#### Flerprocessor klusterscript (xxx.scr)

```
#!/bin/sh
#PBS -l nodes=2
#PBS -l walltime=21600
#PBS -o stdout.txt
#PBS -e stderr.txt
#PBS -j oe
#PBS -m bea
#PBS -M e-mailadress
cd $PBS_O_WORKDIR
. use_modules
module add pgi
module add mpich-pgi5
module add mpiexec
module add fds
# Execute rendering
mpiexec fds4_mpi
```

#### Flerprocessor klusterscript (fds.data)

xxx.data

#### Kort information om DOCENTEN:

Antal noder: 210  
Processor: AMD 64-bit Opteron 148 (2,2 Ghz)  
Minne: 1Gb  
Linux version: CentOS 4.1 x86\_64 (RHEL4 kompatibel)

Kontakten mellan noderna sker med hjälp av ett Gigabit Ethernet nätverk kopplat via en D-link switch.

## 3 Bilaga – Makefile för FDS 4.0.5 på Docenten

### 3.1 FDS-4.05 (seriell):

```
# Makefile for Docenten

FFLAGS   = -O2
CFLAGS   = -O2
obj       = fds4_linux
VPATH    = ../fds-4.05
FCOMPL   = pgf90
CCOMPL   = pgcc

.SUFFIXES:
.SUFFIXES: .c .f .o

.f.o:
    $(FCOMPL) -c $(FFLAGS) $<
.c.o:
    $(CCOMPL) -c $(CFLAGS) $<

OBJECTS = mods.o \
    pois.o misc.o radi.o sprk.o \
    dump.o read.o mass.o pres.o \
    divg.o init.o \
    isob.o velo.o main.o \

APPLIC: $(INLINE1) $(INLINE2) $(OBJECTS)
        $(FCOMPL) $(FFLAGS) -o $(obj) $(OBJECTS)

INLINE1 = mods.f
INLINE2 = pois.f misc.f radi.f
INLINE3 = divg.f init.f dump.f sprk.f read.f mass.f pres.f velo.f

mods.o : mods.f
pois.o : pois.f $(INLINE1)
misc.o : misc.f $(INLINE1)
radi.o : radi.f $(INLINE1)
sprk.o : sprk.f $(INLINE1)
divg.o : divg.f $(INLINE1)
mass.o : mass.f $(INLINE1) $(INLINE2)
init.o : init.f $(INLINE1) $(INLINE2)
read.o : read.f $(INLINE1)
pres.o : pres.f $(INLINE1) $(INLINE2)
velo.o : velo.f $(INLINE1)
dump.o : dump.f $(INLINE1) $(INLINE2)
main.o : main.f $(INLINE1) $(INLINE2) $(INLINE3)
isob.o : isob.c
```

### 3.2 FDS-4.05 (Parallel):

```
# Makefile for Docenten (MPI version)

FFLAGS    = -O2
CFLAGS    = -O2
obj       = fds4_mpi_linux
VPATH     = ../SOURCE
FCOMPL    = mpif90
CCOMPL    = mpicc
INCLUDEDIR=/usr/local/include

.SUFFIXES:
.SUFFIXES: .c .f .o

.f.o:
    $(FCOMPL) -c $(FFLAGS) $<
.c.o:
    $(CCOMPL) -c $(CFLAGS) $<

OBJECTS = mods.o \
    pois.o misc.o radi.o sprk.o \
    dump.o read.o mass.o pres.o \
    divg.o init.o \
    isob.o velo.o main_mpi.o \

APPLIC: $(INLINE1) $(INLINE2) $(OBJECTS)
    $(FCOMPL) $(FFLAGS) -I $(INCLUDEDIR) -o $(obj) $(OBJECTS)

INLINE1 = mods.f
INLINE2 = pois.f misc.f radi.f
INLINE3 = divg.f init.f dump.f sprk.f read.f mass.f pres.f velo.f

mods.o : mods.f
pois.o : pois.f $(INLINE1)
misc.o : misc.f $(INLINE1)
radi.o : radi.f $(INLINE1)
sprk.o : sprk.f $(INLINE1)
divg.o : divg.f $(INLINE1)
mass.o : mass.f $(INLINE1) $(INLINE2)
init.o : init.f $(INLINE1) $(INLINE2)
read.o : read.f $(INLINE1)
pres.o : pres.f $(INLINE1) $(INLINE2)
velo.o : velo.f $(INLINE1)
dump.o : dump.f $(INLINE1) $(INLINE2)
main_mpi.o : main_mpi.f $(INLINE1) $(INLINE2) $(INLINE3)
isob.o : isob.c
```



## 4 Bilaga – Indatafiler

Nedan redovisas de olika indatafilerna för simuleringarna av försök 14 och 17. Då merparten av simuleringarna behandlar test 17 kommer indatafiler för detta försök att presenteras först. Många simuleringar har genomförts på respektive försök och dessa renderar i ett antal indatafiler med ungefär samma indata. I framställningen av indatafilerna kommer därför en ”huvudfil” av varje grundsimulering att visas och efter denna kommer de förändringar som gjorts för varje simulering att presenteras. De gråmarkerade raderna i presentationen visar de rader som beskriver geometriska och fysikaliska förhållanden i simuleringarna. De övriga, ommarkerade, raderna utgör den mätdata som eftersökts i simuleringarna. De ändringar som gjorts i känslighetsanalysen behandlar den gråmarkerade delen varför den ommarkerade förblir oförändrad i alla simuleringar av test 17.

### 4.1 Test 17

```
&HEAD CHID='17_100a'  
      TITLE='17_100a'  
/ Test "XX" Gridstorlek "YYY" i mm Ändring "z"  
  
&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 1  
&PDIM XBAR=1.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1  
      XBAR0=-2.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet  
  
&GRID IBAR=180, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 2  
&PDIM XBAR=19.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0  
      XBAR0=1.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet  
  
&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 3  
&PDIM XBAR=22.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1  
      XBAR0=19.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet  
  
&TIME TWFIN=780  
      SYNCHRONIZE=.TRUE. / Simuleringstid 60+720s Sync  
  
&MISC SURF_DEFAULT='PROMATEC'  
      REACTION='KEROSENE'  
      DTCORE=30  
      TMPO=15  
      TMPA=15  
      RADIATION=.TRUE.  
  
&SURF ID='FIRE'  
      HRRPUA=496.25  
      TMPWAL=205  
/ 79.4kw / 0.16m2 = 496.25  
  
&SURF ID                = 'PROMATEC'  
      FYI                 = 'Thermally thick'  
      RGB                 = 0.50, 0.50, 0.50  
      BACKING             = 'EXPOSED'  
      EMISSIVITY          = 0.9  
      DENSITY             = 870.  
      C_P                 = 1.13  
      RAMP_KS             = 'rampks'  
      DELTA               = 0.012
```

---

*Känslighetsanalys av FDS och dess undermodeller i ett tunnelscenario*

```

&RAMP ID='rampks',T= 25.0,F=0.175
&RAMP ID='rampks',T=250.0,F=0.188

&SURF ID                = 'STEEL'
  RGB                   = 0.10, 0.10, 0.10
  C_DELTA_RHO           = 20.0
  DELTA                  = 0.005
  TMPWAL                 = 35 /

&SURF ID                = 'GLASS'
  FYI                   = 'Quintiere, Fire Behavior'
  RGB                   = 0.9, 0.9, 0.9
  DELTA                  = 0.005
  KS                     = 0.76
  C_P                    = 0.84
  DENSITY                = 2700.
  BACKING                = 'EXPOSED'
  EMISSIVITY             = 0.5

&REAC ID='KEROSENE'
  FYI='Kerosene, C_14 H_30, Tewarson, SFPE Handbook'
  MW_FUEL=198.0
  NU_O2=21.5
  NU_CO2=14.0
  NU_H2O=15.0
  EPUMO2=12700.
  CO_YIELD=0.012
  SOOT_YIELD=0.09
  RADIATIVE_FRACTION=0.35

&OBST XB=0.0, 20.0, 0.0, 2.0, 0.0, 0.0/  Golv
&OBST XB=0.0, 20.0, 0.0, 2.0, 1.0, 1.0/  Tak
&OBST XB=0.0, 20.0, 2.0, 2.0, 0.0, 1.0/  Vagg i promatec
&OBST XB=0.0, 20.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0,
      SURF_ID='GLASS'/  Vagg i glas
&OBST XB=2.3, 2.7, 0.8, 1.2, 0.0, 0.1
      SURF_ID='STEEL'/  brannare

&VENT XB=2.3, 2.7, 0.8, 1.2, 0.1, 0.1
  T_OPEN=60
  SURF_ID='FIRE'
  RGB=1.0, 0.5, 0.0/  vatskeyta

  tunnelstart
&VENT XB=-2.0, -2.0, -1.0, 3.0, -0.1, 3.1
  SURF_ID='OPEN' RGB=0.0, 0.0, 1.0/  Utflöde 1
&VENT XB=-2.0, 1.0, -1.0, -1.0, -0.1, 3.1
  SURF_ID='OPEN'
  RGB=0.0, 0.0, 1.0/  Utflöde 2
&VENT XB=-2.0, 1.0, 3.0, 3.0, -0.1, 3.1
  SURF_ID='OPEN'
  RGB=0.0, 0.0, 1.0/  Utflöde 3
&VENT XB=-2.0, 1.0, -1.0, 3.0, 3.1, 3.1
  SURF_ID='OPEN'
  RGB=0.0, 0.0, 1.0/  Utflöde 4
&VENT XB=1.0, 1.0, -1.0, 3.0, 1.0, 3.1
  SURF_ID='OPEN'
  RGB=0.0, 0.0, 1.0/  Utflöde 5

  tunnelslut

```

```

&VENT XB=22.0, 22.0, -1.0, 3.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1
&VENT XB=19.0, 22.0, -1.0, 3.0, 3.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2
&VENT XB=19.0, 19.0, -1.0, 3.0, 1.0, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 3
&VENT XB=19.0, 22.0, -1.0, -1.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 4
&VENT XB=19.0, 22.0, 3.0, 3.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 5

&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE'
      VALUE(1)=50.0
      VALUE(2)=150.0
      VALUE(3)=200.0
      VALUE(4)=300.0
      VALUE(5)=400.0

&SLCF PBX=0.0, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBX=2.5, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBX=20.0, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBX=1.0, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBZ=0.5, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.

&SLCF PBX=0.0, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE.
&SLCF PBX=2.5, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE.
&SLCF PBX=20.0, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE.
&SLCF PBX=1.0, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE.
&SLCF PBZ=0.5, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE.

&THCP xyz=5.0,1.0,0.1, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid D
h=0.1'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.2, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid D
h=0.2'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.3, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid D
h=0.3'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.4, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid D
h=0.4'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.5, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid D
h=0.5'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.6, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid D
h=0.6'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.7, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid D
h=0.7'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.8, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid D
h=0.8'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid D
h=0.9'

&THCP xyz=9.0,1.0,0.1, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid E
h=0.1'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.2, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid E
h=0.2'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.3, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid E
h=0.3'

```

```

&THCP xyz=9.0,1.0,0.4, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid E
h=0.4'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.5, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid E
h=0.5'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.6, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid E
h=0.6'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.7, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid E
h=0.7'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.8, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid E
h=0.8'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid E
h=0.9'

&THCP xyz=14.0,1.0,0.1, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid F
h=0.1'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.2, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid F
h=0.2'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.3, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid F
h=0.3'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.4, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid F
h=0.4'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid F
h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.6, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid F
h=0.6'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.7, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid F
h=0.7'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.8, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid F
h=0.8'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid F
h=0.9'

&THCP xyz=19.0,1.0,0.1, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid G
h=0.1'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.2, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid G
h=0.2'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.3, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid G
h=0.3'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.4, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid G
h=0.4'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.5, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid G
h=0.5'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.6, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid G
h=0.6'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.7, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid G
h=0.7'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.8, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid G
h=0.8'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hast vid G
h=0.9'

&THCP xyz=5.0,1.0,0.1, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D
h=0.1'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.2, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D
h=0.2'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.3, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D
h=0.3'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.4, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D
h=0.4'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.5, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D
h=0.5'

```

```

&THCP xyz=5.0,1.0,0.6, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D
h=0.6'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.7, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D
h=0.7'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.8, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D
h=0.8'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D
h=0.9'

&THCP xyz=9.0,1.0,0.1, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E
h=0.1'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.2, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E
h=0.2'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.3, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E
h=0.3'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.4, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E
h=0.4'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.5, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E
h=0.5'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.6, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E
h=0.6'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.7, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E
h=0.7'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.8, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E
h=0.8'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E
h=0.9'

&THCP xyz=14.0,1.0,0.1, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.1'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.2, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.2'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.3, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.3'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.4, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.4'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.6, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.6'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.7, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.7'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.8, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.8'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.9'

&THCP xyz=19.0,1.0,0.1, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.1'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.2, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.2'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.3, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.3'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.4, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.4'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.5, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.5'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.6, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.6'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.7, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.7'

```

```

&THCP xyz=19.0,1.0,0.8, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.8'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.9'

&THCP xyz=5.0,1.0,0.1, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid D
h=0.1'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.2, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid D
h=0.2'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid D
h=0.3'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.4, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid D
h=0.4'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.5, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid D
h=0.5'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid D
h=0.6'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.7, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid D
h=0.7'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.8, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid D h=0.8'

&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid D
h=0.9'
&THCP xyz=5.0,1.0,1.0, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp tak vid D'

&THCP xyz=9.0,1.0,0.1, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid E
h=0.1'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.2, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid E
h=0.2'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid E
h=0.3'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.4, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid E
h=0.4'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.5, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid E
h=0.5'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid E
h=0.6'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.7, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid E
h=0.7'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.8, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid E
h=0.8'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid E
h=0.9'
&THCP xyz=9.0,1.0,1.0, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp tak vid E'

&THCP xyz=14.0,1.0,0.1, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid F
h=0.1'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.2, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid F
h=0.2'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid F
h=0.3'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.4, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid F
h=0.4'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid F
h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid F
h=0.6'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.7, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid F
h=0.7'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.8, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp vid F
h=0.8'

```

```

&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid F
h=0.9'
&THCP xyz=14.0,1.0,1.0, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp tak vid F'

&THCP xyz=19.0,1.0,0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid G
h=0.1'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.2, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid G
h=0.2'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid G
h=0.3'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.4, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid G
h=0.4'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.5, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid G
h=0.5'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid G
h=0.6'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.7, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid G
h=0.7'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.8, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid G
h=0.8'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid G
h=0.9'
&THCP xyz=19.0,1.0,1.0, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp tak vid G'

&THCP xyz=5.0,1.0,0.1, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.1'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.2, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.2'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.3, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.3'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.4, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.4'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.5, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.5'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.6, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.6'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.7, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.7'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.8, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.8'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.9'
&THCP xyz=5.0,1.0,1.0, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur tak vid D'

&THCP xyz=9.0,1.0,0.1, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.1'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.2, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.2'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.3, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.3'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.4, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.4'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.5, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.5'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.6, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.6'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.7, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.7'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.8, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.8'

```

```

&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.9'
&THCP xyz=9.0,1.0,1.0, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur tak vid E'

&THCP xyz=14.0,1.0,0.1, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.1'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.2, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.2'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.3, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.3'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.4, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.4'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.6, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.6'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.7, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.7'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.8, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.8'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.9'
&THCP xyz=14.0,1.0,1.0, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur tak vid F'

&THCP xyz=19.0,1.0,0.1, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.1'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.2, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.2'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.3, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.3'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.4, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.4'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.5, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.5'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.6, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.6'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.7, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.7'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.8, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.8'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.9'
&THCP xyz=19.0,1.0,1.0, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur tak vid G'

&THCP xyz=0.5,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=0.5'
&THCP xyz=1.5,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=1.5'
&THCP xyz=2.5,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=2.5'
&THCP xyz=3.2,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=3.2'
&THCP xyz=4.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=4.0'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=5.0'
&THCP xyz=6.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=6.0'
&THCP xyz=7.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=7.0'
&THCP xyz=8.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=8.0'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=9.0'
&THCP xyz=10.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=10.0'
&THCP xyz=11.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=11.0'

```



```

&THCP xyz=12.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=12.0'
&THCP xyz=13.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=13.0'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=14.0'
&THCP xyz=15.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=15.0'
&THCP xyz=16.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=16.0'
&THCP xyz=17.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=17.0'
&THCP xyz=18.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=18.0'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=19.0'

&THCP xyz=0.5,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=0.5'
&THCP xyz=1.5,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=1.5'
&THCP xyz=2.5,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=2.5'
&THCP xyz=3.2,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=3.2'
&THCP xyz=4.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=4.0'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=5.0'
&THCP xyz=6.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=6.0'
&THCP xyz=7.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=7.0'
&THCP xyz=8.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=8.0'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=9.0'
&THCP xyz=10.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=10.0'
&THCP xyz=11.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=11.0'
&THCP xyz=12.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=12.0'
&THCP xyz=13.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=13.0'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=14.0'
&THCP xyz=15.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=15.0'
&THCP xyz=16.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=16.0'
&THCP xyz=17.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=17.0'
&THCP xyz=18.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=18.0'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=19.0'

&THCP xyz=9.0,1.0,1.0, QUANTITY='RADIANT_INTENSITY',
DIAMETER=0.00025, LABEL='Strålning tak vid E'

```

```

&THCP xyz=9.0,1.0,0.75, QUANTITY='oxygen',LABEL='syre vol proc vid E
h=0.75'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.75, QUANTITY='oxygen mass fraction',LABEL='syre
mass proc vid E h=0.75'

&THCP xyz=19.0,1.0,0.75, QUANTITY='oxygen',LABEL='syre vol proc vid G
h=0.75'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.75, QUANTITY='oxygen mass fraction',LABEL='syre
mass proc vid G h=0.75'

&THCP xyz=9.0,1.0,0.75, QUANTITY='soot density',LABEL='Soot part conc
(mg/m3)E h=0.75'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.75, QUANTITY='visibility',LABEL='Vis dist(m)E
h=0.75'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.75, QUANTITY='extinction
coefficiant',LABEL='light ext coeff (1/m)E h=0.75'

&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='soot density',LABEL='Soot part conc
(mg/m3)F h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='visibility',LABEL='Vis dist(m)F
h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='extinction
coefficiant',LABEL='light ext coeff (1/m)F h=0.5'

&THCP xyz=19.0,1.0,0.75, QUANTITY='soot density',LABEL='Soot part
conc (mg/m3)G h=0.75'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.75, QUANTITY='visibility',LABEL='Vis dist(m)G
h=0.75'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.75, QUANTITY='extinction coefficiant',
LABEL='(1/m)G h=0.75'

&THCP XB=-4.9, -4.9, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0, QUANTITY='MASS
FLOW',LABEL='mass flow fläkt'
&THCP XB=-4.9, -4.9, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0, QUANTITY='VOLUME
FLOW',LABEL='volume flow fläkt'
&THCP XB=19.0, 19.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0, QUANTITY='MASS
FLOW',LABEL='mass flow ut'
&THCP XB=19.0, 19.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0, QUANTITY='VOLUME
FLOW',LABEL='volume flow ut'
&THCP XB=2.3, 2.7, 0.8, 1.2, 0.1, 0.1, QUANTITY='MASS
FLOW',LABEL='mass flow burner'
&THCP XB=2.3, 2.7, 0.8, 1.2, 0.1, 0.1, QUANTITY='VOLUME
FLOW',LABEL='volume flow burner'

&BNDF QUANTITY='WALL_TEMPERATURE'
&BNDF QUANTITY='HEAT_FLUX'
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE_FLUX'
&BNDF QUANTITY='RADIANT_INTENSITY'
&BNDF QUANTITY='CONVECTIVE_FLUX'

&PL3D DTSAM=30.0
      QUANTITIES='TEMPERATURE'
              'U-VELOCITY'
              'V-VELOCITY'
              'W-VELOCITY'
              'HRRPUV'

&TAIL

```

## 4.1.1 Ändringar av huvudindatafil test 17

### Halvering av gridstorlek

För simulering av t.ex. scenario 17\_050a, dvs samma förutsättningar som för 17\_100a men med 5 cm grid, ändras endast &GRID linjerna för de olika gridnäten till det dubbla värdet celler i I-J- och KBAR riktningen. Detta gäller för samtliga simuleringar där endast gridstorleken halveras.

### Simulering 17\_XXXb

Strålningen på &MISC linjen ändras till RADIATION=.FALSE.

### Simulering 17\_XXXc

Strålningsmodellen är på, dvs. RADIATION=.TRUE. på &MISC linjen men RADIATIVE\_FRACTION=0.0 på &REAC linjen

### Simulering 17\_XXXcd

Strålningsmodellen är på, dvs. RADIATION=.TRUE. på &MISC linjen men RADIATIVE\_FRACTION=0.0 på &REAC linjen.  
&RADI WIDE\_BAND\_MODEL=.TRUE. läggs till även till.

### Simulering 17\_XXXcde

Strålningsmodellen är på, dvs. RADIATION=.TRUE. på &MISC linjen men RADIATIVE\_FRACTION=0.0 på &REAC linjen.  
&RADI WIDE\_BAND\_MODEL=.TRUE.  
NUMBER\_RADIATION\_ANGLES=200 läggs till även till.

### Simulering 17\_XXXce

Strålningsmodellen är på, dvs. RADIATION=.TRUE. på &MISC linjen men RADIATIVE\_FRACTION=0.0 på &REAC linjen.  
&RADI NUMBER\_RADIATION\_ANGLES=200 läggs till även

### Simulering 17\_XXXcl

Strålningsmodellen är på, dvs. RADIATION=.TRUE. på &MISC linjen men RADIATIVE\_FRACTION=0.0 på &REAC linjen.  
Värdet på sotfraktionen för fotogen ändras till SOOT\_YIELD=0.042 på &REAC linjen

### Simulering 17\_XXXd

&RADI WIDE\_BAND\_MODEL=.TRUE. läggs till

### Simulering 17\_XXXe

&RADI NUMBER\_RADIATION\_ANGLES=200 läggs till

### Simulering 17\_XXXf

Synkroniseringen mellan gridnäten ändras till SYNCHRONIZE=.FALSE. på &TIME linjen.

### Simulering 17\_XXXg

Gridnätet ändras till

```
&GRID IBAR=60, JBAR=40, KBAR=20, / Grid 1
&PDIM XBAR=4.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=1.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

```
&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 2
&PDIM XBAR=1.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1
      XBAR0=-2.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet

&GRID IBAR=150, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 3
&PDIM XBAR=19.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=4.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 4
&PDIM XBAR=22.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1
      XBAR0=19.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet
```

### **Simulering 17\_XXXh**

Gridnätet ändras till

```
&GRID IBAR=60, JBAR=40, KBAR=20, / Grid 1
&PDIM XBAR=4.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=1.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 2
&PDIM XBAR=1.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1
      XBAR0=-2.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet

&GRID IBAR=150, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 3
&PDIM XBAR=19.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=4.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 4
&PDIM XBAR=22.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1
      XBAR0=19.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet
```

Synkroniseringen mellan gridnäten ändras till SYNCHRONIZE=.FALSE. på &TIME linjen.

### **Simulering 17\_XXXi**

Gridnätet ändras till

```
&GRID IBAR=24, JBAR=80, KBAR=40, / Grid 1
&PDIM XBAR=2.8, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=2.2, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=24, JBAR=40, KBAR=20, / Grid 2
&PDIM XBAR=2.2, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=1.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 3
&PDIM XBAR=1.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1
      XBAR0=-2.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet

&GRID IBAR=24, JBAR=40, KBAR=20, / Grid 4
&PDIM XBAR=4.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=2.8, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=150, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 5
&PDIM XBAR=19.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=4.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 6
&PDIM XBAR=22.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1
```

XBAR0=19.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet

### Simulering 17\_XXXj

Gridnätet ändras till

&GRID IBAR=24, JBAR=80, KBAR=40, / Grid 1  
&PDIM XBAR=2.8, YBAR=2.0, ZBAR=1.0  
XBAR0=2.2, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=24, JBAR=40, KBAR=20, / Grid 2  
&PDIM XBAR=2.2, YBAR=2.0, ZBAR=1.0  
XBAR0=1.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 3  
&PDIM XBAR=1.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1  
XBAR0=-2.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet

&GRID IBAR=24, JBAR=40, KBAR=20, / Grid 4  
&PDIM XBAR=4.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0  
XBAR0=2.8, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=150, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 5  
&PDIM XBAR=19.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0  
XBAR0=4.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 6  
&PDIM XBAR=22.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1  
XBAR0=19.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet

Synkroniseringen mellan gridnäten ändras till SYNCHRONIZE=.FALSE. på &TIME linjen

### Simulering 17\_XXXk

Emissiviteten ändras genom EMISSIVITY= 0.5 på &SURF linjen för PROMATEC

### Simulering 17\_XXXl

Värdet på sotfraktionen för fotogen ändras till SOOT\_YIELD=0.042 på &REAC linjen

### Simulering 17\_XXXm

Gridnätet ändras till

&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 1  
&PDIM XBAR=1.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1  
XBAR0=-2.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet

&GRID IBAR=180, JBAR=24, KBAR=12, / Grid 2  
&PDIM XBAR=19.0, YBAR=2.2, ZBAR=1.1  
XBAR0=1.0, YBAR0=-0.2, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet

&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 3  
&PDIM XBAR=22.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1  
XBAR0=19.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet

Tunnelns geometri ändras till

&OBST XB=0.0, 20.0, -0.1, 2.1, -0.1, 0.0/ Golv  
&OBST XB=0.0, 20.0, -0.1, 2.1, 1.0, 1.1/ Tak  
&OBST XB=0.0, 20.0, 2.0, 2.1, 0.0, 1.0/ Vågg i promatec

---

*Känslighetsanalys av FDS och dess undermodeller i ett tunnelscenario*

```

&OBST XB=0.0, 20.0, -0.1, 0.0, 0.0, 1.0,
      SURF_ID='GLASS'/ Vägg i glas
&OBST XB=2.3, 2.7, 0.8, 1.2, 0.0, 0.1
      SURF_ID='STEEL'/ brännare

&VENT XB=-2.0, -2.0, -1.0, 3.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN' RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1
&VENT XB=-2.0, 1.0, -1.0, -1.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2
&VENT XB=-2.0, 1.0, 3.0, 3.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 3
&VENT XB=-2.0, 1.0, -1.0, 3.0, 3.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 4
&VENT XB=1.0, 1.0, -1.0, 3.0, 1.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 5

&VENT XB=22.0, 22.0, -1.0, 3.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1
&VENT XB=19.0, 22.0, -1.0, 3.0, 3.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2
&VENT XB=19.0, 19.0, -1.0, 3.0, 1.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 3
&VENT XB=19.0, 22.0, -1.0, -1.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 4
&VENT XB=19.0, 22.0, 3.0, 3.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 5

```

## Simulering 17\_XXXn

Gridnätet ndras till

```

&GRID IBAR=240, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 1
&PDIM XBAR=22.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1
      XBAR0=-2.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord for nätet

```

Tunnelns geometri ändras till

```

&OBST XB=0.0, 20.0, 0.0, 2.0, -0.1, 0.0/ Golv
&OBST XB=0.0, 20.0, 0.0, 2.0, 1.0, 1.0/ Tak
&OBST XB=0.0, 20.0, 2.0, 2.0, 0.0, 1.0/ Vagg i promatec
&OBST XB=0.0, 20.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0,
      SURF_ID='GLASS'/ Vagg i glas

&VENT XB=22.0, 22.0, -1.0, 3.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN' RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1
&VENT XB=-2.0, -2.0, -1.0, 3.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2
&VENT XB=-2.0, 22.0, -1.0, 3.0, 3.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 3

```

```
&VENT XB=-2.0, 22.0, -1.0, -1.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 4
&VENT XB=-2.0, 22.0, 3.0, 3.0, -0.1, 3.1
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 5
```

### **Simulering 17\_XXXo**

Gridnätet ändras till

```
&GRID IBAR=200, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 1
&PDIM XBAR=20.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=0.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

Tunnelns geometri ändras till

```
&VENT XB=0.0, 0.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1

&VENT XB=20.0, 20.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2
```

### **Simulering 17\_XXXo2**

Gridnätet ändras till

```
&GRID IBAR=100, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 1
&PDIM XBAR=10.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=0.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=100, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 2
&PDIM XBAR=20.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=10.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

Tunnelns geometri ändras till

```
&VENT XB=0.0, 0.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1

&VENT XB=20.0, 20.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2
```

### **Simulering 17\_XXXo4**

Gridnätet ändras till

```
&GRID IBAR=50, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 1
&PDIM XBAR=5.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=0.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=50, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 2
&PDIM XBAR=10.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=5.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

```
&GRID IBAR=50, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 3
&PDIM XBAR=15.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=10.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

```
&GRID IBAR=50, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 4
&PDIM XBAR=20.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=15.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

Tunnelns geometri ändras till

```
&VENT XB=0.0, 0.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1
```

```
&VENT XB=20.0, 20.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2
```

### **Simulering 17\_XXXo5**

Gridnätet ändras till

```
&GRID IBAR=40, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 1
&PDIM XBAR=4.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=0.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

```
&GRID IBAR=40, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 2
&PDIM XBAR=8.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=4.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

```
&GRID IBAR=40, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 3
&PDIM XBAR=12.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=8.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

```
&GRID IBAR=40, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 4
&PDIM XBAR=16.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=12.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

```
&GRID IBAR=40, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 5
&PDIM XBAR=20.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=16.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

Tunnelns geometri ändras till

```
&VENT XB=0.0, 0.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1
```

```
&VENT XB=20.0, 20.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2
```

### **Simulering 17\_XXXo8**

Gridnätet ändras till

```
&GRID IBAR=25, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 1
&PDIM XBAR=2.5, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
```



```

        XBAR0=0.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=25, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 2
&PDIM XBAR=5.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
        XBAR0=2.5, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=25, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 3
&PDIM XBAR=7.5, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
        XBAR0=5.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=25, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 4
&PDIM XBAR=10.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
        XBAR0=7.5, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=25, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 5
&PDIM XBAR=12.5, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
        XBAR0=10.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=25, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 6
&PDIM XBAR=15.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
        XBAR0=12.5, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=25, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 7
&PDIM XBAR=17.5, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
        XBAR0=15.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=25, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 8
&PDIM XBAR=20.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
        XBAR0=17.5, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

```

Tunnelns geometri ändras till

```

&VENT XB=0.0, 0.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1

&VENT XB=20.0, 20.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2

```

### **Simulering 17\_XXXo10**

Gridnätet ändras till

```

&GRID IBAR=20, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 1
&PDIM XBAR=2.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
        XBAR0=0.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=20, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 2
&PDIM XBAR=4.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
        XBAR0=2.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=20, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 3
&PDIM XBAR=6.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
        XBAR0=4.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=20, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 4
&PDIM XBAR=8.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
        XBAR0=6.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

```

```

&GRID IBAR=20, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 5
&PDIM XBAR=10.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=8.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=20, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 6
&PDIM XBAR=12.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=10.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=20, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 7
&PDIM XBAR=14.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=12.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=20, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 8
&PDIM XBAR=16.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=14.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=20, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 9
&PDIM XBAR=18.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=16.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

&GRID IBAR=20, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 10
&PDIM XBAR=20.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=18.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet

```

Tunnelns geometri ändras till

```

&VENT XB=0.0, 0.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1

&VENT XB=20.0, 20.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0
      SURF_ID='OPEN'
      RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2

```

### **Simulering 17\_XXXof 2-10**

Som 17\_100o2-10 men med synkroniseringen mellan gridnäten ändras till SYNCHRONIZE=.FALSE. på &TIME linjen.

### **Simulering 17\_XXXp**

MASS\_EXTINCTION\_COEFFICIENT= 10200 på &REAC linjen

### **Simulering 17\_XXXr**

Gridnätet ändras till

```

&TRNX CC=2.2, PC=2.3, MESH_NUMBER=1 /
&TRNX CC=3.0, PC=2.7, MESH_NUMBER=1 /

```

### **Simulering 17\_XXXrs**

Gridnätet ändras till

```

&TRNX CC=2.2, PC=2.3, MESH_NUMBER=1 /
&TRNX CC=3.0, PC=2.7, MESH_NUMBER=1 /
&TRNY CC=0.6, PC=0.8, MESH_NUMBER=1 /
&TRNY CC=1.4, PC=1.2, MESH_NUMBER=1 /

```

### **Simulering 17\_XXXs**

Gridnätet ändras till

```
&TRNY CC=0.6, PC=0.8, MESH_NUMBER=1 /
&TRNY CC=1.4, PC=1.2, MESH_NUMBER=1 /
```

### Simulering 174\_XXXu

Yttemperaturen på brännarytan ändras från 200 grader celsius till omgivningens temperatur genom att följande ändring i indatafilen görs.

```
&SURF ID='FIRE'
      HRRPUA=496.25
```

## 4.2 Test 14

```
&HEAD CHID='14_100a'
      TITLE='14_100a' / Test "XX" Gridstorlek "YYY" i mm Ändring "z"
```

```
&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 1
&PDIM XBAR=1.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1
      XBAR0=-2.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet
```

```
&GRID IBAR=100, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 2
&PDIM XBAR=11.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=1.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

```
&GRID IBAR=10, JBAR=20, KBAR=60, / Grid 3
&PDIM XBAR=12.0, YBAR=2.0, ZBAR=6.0
      XBAR0=11.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

```
&GRID IBAR=70, JBAR=20, KBAR=10, / Grid 4
&PDIM XBAR=19.0, YBAR=2.0, ZBAR=1.0
      XBAR0=12.0, YBAR0=0.0, ZBAR0=0.0/ Koord för nätet
```

```
&GRID IBAR=30, JBAR=40, KBAR=32, / Grid 5
&PDIM XBAR=22.0, YBAR=3.0, ZBAR=3.1
      XBAR0=19.0, YBAR0=-1.0, ZBAR0=-0.1/ Koord för nätet
```

```
&TIME TWFIN=780
      SYNCHRONIZE=.TRUE. / Simuleringstid 60+720s Sync
```

```
&MISC SURF_DEFAULT='PROMATEC'
      REACTION='KEROSENE'
      DTCORE=30
      TMPO=15
      TMPA=15
      RADIATION=.TRUE.
```

```
&SURF ID='FIRE'
      HRRPUA=449.4
      TMPWAL=205
/ 71.9kw / 0.16m2 = 449.4
```

```
&SURF ID                = 'PROMATEC'
      FYI                 = 'Thermally thick'
      RGB                 = 0.50, 0.50, 0.50
      BACKING             = 'EXPOSED'
      EMISSIVITY          = 0.9
      DENSITY             = 870.
      C_P                 = 1.13
      RAMP_KS             = 'rampks'
      DELTA               = 0.012
```

```

&RAMP ID='rampks',T= 25.,F=0.175
&RAMP ID='rampks',T=250.,F=0.188

&SURF ID                = 'STEEL'
  RGB                    = 0.10, 0.10, 0.10
  C_DELTA_RHO            = 20.0
  DELTA                   = 0.005
  TMPWAL                 = 35 /

&SURF ID                = 'GLASS'
  FYI                    = 'Quintiere, Fire Behavior'
  RGB                    = 0.9, 0.9, 0.9
  DELTA                   = 0.005
  KS                     = 0.76
  C_P                    = 0.84
  DENSITY                 = 2700.
  BACKING                 = 'EXPOSED'
  EMISSIVITY              = 0.5

&REAC ID='KEROSENE'
  FYI='Kerosene, C_14 H_30, Tewarson, SFPE Handbook'
  MW_FUEL=198.0
  NU_O2=21.5
  NU_CO2=14.0
  NU_H2O=15.0
  EPUMO2=12700.
  CO_YIELD=0.012
  SOOT_YIELD=0.09
  RADIATIVE_FRACTION=0.35

&OBST XB=0.0, 20.0, 0.0, 2.0, 0.0, 0.0/  Golv
&OBST XB=0.0, 20.0, 0.0, 2.0, 1.0, 1.0/  Tak
&OBST XB=0.0, 20.0, 2.0, 2.0, 0.0, 1.0/  Vagg i promatec
&OBST XB=0.0, 20.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0,
  SURF_ID='GLASS'/  Vagg i glas

schakt

&HOLE XB=11.3, 11.7, 0.8, 1.2, 0.98, 1.02 / schakthal
&OBST XB=11.3, 11.3, 0.8, 1.2, 1.0, 4.0 /  Schaktvagg V
&OBST XB=11.7, 11.7, 0.8, 1.2, 1.0, 4.0/  Schaktvagg O
&OBST XB=11.3, 11.7, 0.8, 0.8, 1.0, 4.0/  Schaktvagg S
&OBST XB=11.3, 11.7, 1.2, 1.2, 1.0, 4.0/  Schaktvagg N

&OBST XB=2.3, 2.7, 0.8, 1.2, 0.0, 0.1
  SURF_ID='STEEL'/  brannare

&VENT XB=2.3, 2.7, 0.8, 1.2, 0.1, 0.1
  T_OPEN=60
  SURF_ID='FIRE'
  RGB=1.0, 0.5, 0.0/  vatskeyta

tunnelstart

&VENT XB=-2.0, -2.0, -1.0, 3.0, -0.1, 3.1
  SURF_ID='OPEN' RGB=0.0, 0.0, 1.0/  Utflöde 1
&VENT XB=-2.0, 1.0, -1.0, -1.0, -0.1, 3.1
  SURF_ID='OPEN'

```

---

*Känslighetsanalys av FDS och dess undermodeller i ett tunnelscenario*

```

        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2
&VENT XB=-2.0, 1.0, 3.0, 3.0, -0.1, 3.1
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 3
&VENT XB=-2.0, 1.0, -1.0, 3.0, 3.1, 3.1
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 4
&VENT XB=1.0, 1.0, -1.0, 3.0, 1.0, 3.1
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 5

```

#### schakt

```

&VENT XB=11.0, 12.0, 0.0, 2.0, 6.0, 6.0
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1
&VENT XB=11.0, 11.0, 0.0, 2.0, 1.0, 6.0
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2
&VENT XB=12.0, 12.0, 0.0, 2.0, 1.0, 6.0
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 3
&VENT XB=11.0, 12.0, 0.0, 0.0, 1.0, 6.0
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 4
&VENT XB=11.0, 12.0, 2.0, 2.0, 1.0, 6.0
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 5

```

#### tunnelslut

```

&VENT XB=22.0, 22.0, -1.0, 3.0, -0.1, 3.1
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 1
&VENT XB=19.0, 22.0, -1.0, 3.0, 3.1, 3.1
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 2
&VENT XB=19.0, 19.0, -1.0, 3.0, 1.0, 3.1
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 3
&VENT XB=19.0, 22.0, -1.0, -1.0, -0.1, 3.1
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 4
&VENT XB=19.0, 22.0, 3.0, 3.0, -0.1, 3.1
        SURF_ID='OPEN'
        RGB=0.0, 0.0, 1.0/ Utflöde 5

```

```

&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE'
        VALUE(1)=50.0
        VALUE(2)=150.0
        VALUE(3)=200.0
        VALUE(4)=300.0
        VALUE(5)=400.0

```

```

&SLCF PBX=0.0, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBX=2.5, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBX=20.0, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBX=1.0, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBZ=0.5, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.

```

```

&SLCF PBX=0.0, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE.

```

```

&SLCF PBX=2.5, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE.
&SLCF PBX=20.0, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE.
&SLCF PBX=1.0, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE.
&SLCF PBZ=0.5, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE.

&THCP xyz=5.0,1.0,0.1, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid D
h=0.1'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.2, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid D
h=0.2'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.3, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid D
h=0.3'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.4, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid D
h=0.4'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.5, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid D
h=0.5'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.6, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid D
h=0.6'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.7, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid D
h=0.7'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.8, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid D
h=0.8'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid D
h=0.9'

&THCP xyz=9.0,1.0,0.1, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid E
h=0.1'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.2, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid E
h=0.2'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.3, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid E
h=0.3'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.4, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid E
h=0.4'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.5, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid E
h=0.5'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.6, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid E
h=0.6'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.7, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid E
h=0.7'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.8, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid E
h=0.8'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid E
h=0.9'

&THCP xyz=14.0,1.0,0.1, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid
F h=0.1'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.2, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid
F h=0.2'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.3, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid
F h=0.3'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.4, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid
F h=0.4'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid
F h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.6, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid
F h=0.6'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.7, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid
F h=0.7'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.8, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid
F h=0.8'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid
F h=0.9'

```

&THCP xyz=19.0,1.0,0.1, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid G h=0.1'  
&THCP xyz=19.0,1.0,0.2, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid G h=0.2'  
&THCP xyz=19.0,1.0,0.3, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid G h=0.3'  
&THCP xyz=19.0,1.0,0.4, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid G h=0.4'  
&THCP xyz=19.0,1.0,0.5, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid G h=0.5'  
&THCP xyz=19.0,1.0,0.6, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid G h=0.6'  
&THCP xyz=19.0,1.0,0.7, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid G h=0.7'  
&THCP xyz=19.0,1.0,0.8, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid G h=0.8'  
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='U-VELOCITY',LABEL='u-hastighet vid G h=0.9'

&THCP xyz=5.0,1.0,0.1, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D h=0.1'  
&THCP xyz=5.0,1.0,0.2, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D h=0.2'  
&THCP xyz=5.0,1.0,0.3, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D h=0.3'  
&THCP xyz=5.0,1.0,0.4, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D h=0.4'  
&THCP xyz=5.0,1.0,0.5, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D h=0.5'  
&THCP xyz=5.0,1.0,0.6, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D h=0.6'  
&THCP xyz=5.0,1.0,0.7, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D h=0.7'  
&THCP xyz=5.0,1.0,0.8, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D h=0.8'  
&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid D h=0.9'

&THCP xyz=9.0,1.0,0.1, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E h=0.1'  
&THCP xyz=9.0,1.0,0.2, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E h=0.2'  
&THCP xyz=9.0,1.0,0.3, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E h=0.3'  
&THCP xyz=9.0,1.0,0.4, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E h=0.4'  
&THCP xyz=9.0,1.0,0.5, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E h=0.5'  
&THCP xyz=9.0,1.0,0.6, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E h=0.6'  
&THCP xyz=9.0,1.0,0.7, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E h=0.7'  
&THCP xyz=9.0,1.0,0.8, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E h=0.8'  
&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid E h=0.9'

&THCP xyz=14.0,1.0,0.1, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F h=0.1'

```

&THCP xyz=14.0,1.0,0.2, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.2'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.3, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.3'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.4, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.4'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.6, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.6'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.7, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.7'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.8, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.8'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid F
h=0.9'

&THCP xyz=19.0,1.0,0.1, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.1'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.2, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.2'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.3, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.3'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.4, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.4'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.5, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.5'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.6, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.6'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.7, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.7'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.8, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.8'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet vid G
h=0.9'

&THCP xyz=5.0,1.0,0.1, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid D
h=0.1'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.2, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid D
h=0.2'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid D
h=0.3'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.4, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid D
h=0.4'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.5, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid D
h=0.5'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid D
h=0.6'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.7, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid D
h=0.7'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.8, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid D
h=0.8'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid D
h=0.9'
&THCP xyz=5.0,1.0,1.0, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp tak vid D'

&THCP xyz=9.0,1.0,0.1, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid E
h=0.1'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.2, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid E
h=0.2'

```



```

&THCP xyz=9.0,1.0,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid E
h=0.3'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.4, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid E
h=0.4'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.5, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid E
h=0.5'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid E
h=0.6'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.7, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid E
h=0.7'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.8, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid E
h=0.8'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid E
h=0.9'
&THCP xyz=9.0,1.0,1.0, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp tak vid E'

&THCP xyz=14.0,1.0,0.1, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
F h=0.1'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.2, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
F h=0.2'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
F h=0.3'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.4, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
F h=0.4'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
F h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
F h=0.6'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.7, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
F h=0.7'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.8, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
F h=0.8'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
F h=0.9'
&THCP xyz=14.0,1.0,1.0, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp tak vid F'

&THCP xyz=19.0,1.0,0.1, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
G h=0.1'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.2, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
G h=0.2'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.3, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
G h=0.3'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.4, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
G h=0.4'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.5, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
G h=0.5'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
G h=0.6'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.7, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
G h=0.7'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.8, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
G h=0.8'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur vid
G h=0.9'
&THCP xyz=19.0,1.0,1.0, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temp tak vid G'

&THCP xyz=5.0,1.0,0.1, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.1'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.2, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.2'

```

```

&THCP xyz=5.0,1.0,0.3, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.3'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.4, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.4'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.5, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.5'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.6, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.6'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.7, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.7'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.8, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.8'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid D h=0.9'
&THCP xyz=5.0,1.0,1.0, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur tak vid D'

&THCP xyz=9.0,1.0,0.1, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.1'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.2, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.2'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.3, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.3'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.4, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.4'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.5, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.5'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.6, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.6'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.7, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.7'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.8, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.8'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid E h=0.9'
&THCP xyz=9.0,1.0,1.0, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur tak vid E'

&THCP xyz=14.0,1.0,0.1, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.1'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.2, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.2'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.3, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.3'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.4, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.4'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.6, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.6'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.7, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.7'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.8, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.8'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid F h=0.9'
&THCP xyz=14.0,1.0,1.0, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur tak vid F'

&THCP xyz=19.0,1.0,0.1, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.1'

```

```

&THCP xyz=19.0,1.0,0.2, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.2'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.3, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.3'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.4, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.4'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.5, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.5'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.6, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.6'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.7, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.7'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.8, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.8'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid G h=0.9'
&THCP xyz=19.0,1.0,1.0, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur tak vid G'

&THCP xyz=0.5,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temperatur vid
X=0.5'
&THCP xyz=1.5,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=1.5'
&THCP xyz=2.5,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=2.5'
&THCP xyz=3.2,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=3.2'
&THCP xyz=4.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=4.0'
&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=5.0'
&THCP xyz=6.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=6.0'
&THCP xyz=7.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=7.0'
&THCP xyz=8.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=8.0'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid X=9.0'
&THCP xyz=10.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=10.0'
&THCP xyz=11.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=11.0'
&THCP xyz=12.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=12.0'
&THCP xyz=13.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=13.0'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=14.0'
&THCP xyz=15.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=15.0'
&THCP xyz=16.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=16.0'
&THCP xyz=17.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=17.0'
&THCP xyz=18.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=18.0'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='temp vid
X=19.0'

&THCP xyz=0.5,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=0.5'
&THCP xyz=1.5,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=1.5'
&THCP xyz=2.5,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=2.5'
&THCP xyz=3.2,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=3.2'
&THCP xyz=4.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=4.0'

```

```

&THCP xyz=5.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=5.0'
&THCP xyz=6.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=6.0'
&THCP xyz=7.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=7.0'
&THCP xyz=8.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=8.0'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=9.0'
&THCP xyz=10.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=10.0'
&THCP xyz=11.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=11.0'
&THCP xyz=12.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=12.0'
&THCP xyz=13.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=13.0'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=14.0'
&THCP xyz=15.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=15.0'
&THCP xyz=16.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=16.0'
&THCP xyz=17.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=17.0'
&THCP xyz=18.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=18.0'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur vid X=19.0'

&THCP xyz=9.0,1.0,1.0, QUANTITY='RADIANT_INTENSITY',
DIAMETER=0.00025, LABEL='Strålning tak vid E'

&THCP xyz=9.0,1.0,0.75, QUANTITY='oxygen', LABEL='syre vol proc vid E
h=0.75'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.75, QUANTITY='oxygen mass fraction', LABEL='syre
mass proc vid E h=0.75'

&THCP xyz=19.0,1.0,0.75, QUANTITY='oxygen', LABEL='syre vol proc vid G
h=0.75'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.75, QUANTITY='oxygen mass fraction', LABEL='syre
mass proc vid G h=0.75'

&THCP xyz=9.0,1.0,0.75, QUANTITY='soot density', LABEL='Soot part conc
(mg/m3)E h=0.75'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.75, QUANTITY='visibility', LABEL='Vis dist(m)E
h=0.75'
&THCP xyz=9.0,1.0,0.75, QUANTITY='extinction
coefficiant', LABEL='light ext coeff (1/m)E h=0.75'

&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='soot density', LABEL='Soot part conc
(mg/m3)F h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='visibility', LABEL='Vis dist(m)F
h=0.5'
&THCP xyz=14.0,1.0,0.5, QUANTITY='extinction
coefficiant', LABEL='light ext coeff (1/m)F h=0.5'

&THCP xyz=19.0,1.0,0.75, QUANTITY='soot density', LABEL='Soot part
conc (mg/m3)G h=0.75'

```

```

&THCP xyz=19.0,1.0,0.75, QUANTITY='visibility',LABEL='Vis dist(m)G
h=0.75'
&THCP xyz=19.0,1.0,0.75, QUANTITY='extinction
coefficiant',LABEL='(1/m)G h=0.75'

&THCP XB=-4.9, -4.9, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0, QUANTITY='MASS
FLOW',LABEL='mass flow fläkt'
&THCP XB=-4.9, -4.9, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0, QUANTITY='VOLUME
FLOW',LABEL='volume flow fläkt'
&THCP XB=19.0, 19.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0, QUANTITY='MASS
FLOW',LABEL='mass flow ut'
&THCP XB=19.0, 19.0, 0.0, 2.0, 0.0, 1.0, QUANTITY='VOLUME
FLOW',LABEL='volume flow ut'
&THCP XB=2.3, 2.7, 0.8, 1.2, 0.1, 0.1, QUANTITY='MASS
FLOW',LABEL='mass flow burner'
&THCP XB=2.3, 2.7, 0.8, 1.2, 0.1, 0.1, QUANTITY='VOLUME
FLOW',LABEL='volume flow burner'

&BNDF QUANTITY='WALL_TEMPERATURE'
&BNDF QUANTITY='HEAT_FLUX'
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE_FLUX'
&BNDF QUANTITY='RADIANT_INTENSITY'
&BNDF QUANTITY='CONVECTIVE_FLUX'

&PL3D DTSAM=30.0
      QUANTITIES='TEMPERATURE'
                'U-VELOCITY'
                'V-VELOCITY'
                'W-VELOCITY'
                'HRRPUV'

/ special för schakt

&SLCF PBZ=3.8, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBX=11.4,QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBX=11.5,QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBX=11.6,QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.FALSE.

&SLCF PBX=11.4,QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBX=11.5,QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBX=11.6,QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.FALSE.
&SLCF PBZ=3.8, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE.

&THCP xyz=11.5,1.0,3.8, QUANTITY='TEMPERATURE',LABEL='temperatur
schakt B'
&THCP xyz=11.5,1.0,3.8, QUANTITY='THERMOCOUPLE', DIAMETER=0.00025,
LABEL='s-temperatur schakt B'
&THCP xyz=11.5,1.0,3.8, QUANTITY='W-VELOCITY',LABEL='w-hastighet
schakt B'
&THCP xyz=11.5,1.0,3.8, QUANTITY='VELOCITY',LABEL='hastighet schakt
B'

&THCP XB=11.3, 11.7, 0.8, 1.2, 3.5, 3.5, QUANTITY='MASS
FLOW',LABEL='mass flow schakt' /
&THCP XB=11.3, 11.7, 0.8, 1.2, 3.5, 3.5, QUANTITY='VOLUME
FLOW',LABEL='volume flow schakt' /

&TAIL

```

## 4.2.1 Ändringar av huvudindatafil test 14

### Halvering av gridstorlek

För simulering av t.ex. scenario 14\_050a, dvs samma förutsättningar som för 14\_100a men med 5 cm grid, ändras endast &GRID linjerna för de olika gridnäten till det dubbla värdet celler i I-J- och KBAR riktningen. Detta gäller för samtliga simuleringar där endast gridstorleken halveras.

### Simulering 14\_XXXb

Strålningen på &MISC linjen ändras till RADIATION= .FALSE .

### Simulering 14\_XXXc

Strålningsmodellen är på, dvs. RADIATION= .TRUE . på &MISC linjen men RADIATIVE\_FRACTION=0 . 0 på &REAC linjen

### Simulering 14\_XXXe

&RADI NUMBER\_RADIATION\_ANGLES=200 läggs till

### Simulering 14\_XXXf

Synkroniseringen mellan gridnäten ändras till SYNCHRONIZE= .FALSE . på &TIME linjen

### Simulering 14\_XXXI

Värdet på sotfraktionen för fotogen ändras till SOOT\_YIELD=0 . 042 på &REAC linjen

### Simulering 14\_XXXt

Ett finare gridnät läggs till i schaktets mynning genom att nedanstående läggs till bland gridnäten i indatafilen.

```
&GRID IBAR=32, JBAR=32, KBAR=32, / Grid 6
&PDIM XBAR=11.9, YBAR=1.4, ZBAR=1.4
      XBAR0=11.1, YBAR0=0.6, ZBAR0=0.6/
```

## **5 Bilaga – Simuleringsförteckning**

För att förenkla läsandet av resultatdelen har denna bilaga producerats. Bilagan är i A4 format och läggs förslagsvis bredvid huvudrapporten under läsandet av resultatdelen.

Se nästa sida.

Kodningen av simuleringarna är av typen 17\_050a där siffran 17 betyder försök 17 och 050 betyder att gridstorleken är 5 cm . Två olika försök beaktas, test 14 och 17, och gridstorleken varierar mellan 2,5-10 cm ( med koder 025, 050, 100).

Nedan kommer en kort beskrivning av vad bokstaven i slutet av kodningen betyder, för djupare beskrivning se avsnitt 5.2.2.

Flera bokstäver kan finnas i slutet av kodningen och det innebär att samtliga ändringar som dessa bokstäver betyder har gjorts utifrån grundscenariot, a.

**a** : Denna försöksuppställning innebär att sammanlagt tre gridnät med kontakt i ytterkanten av respektive nät används i simulering utan termiskt schakt och fem nät vid simuleringar med termiskt schakt. Denna uppställning används som ”default” och de övriga simuleringarna jämförs mot denna

**b** : Det som beaktas i dessa simuleringar är att strålningsmodellen stängs av, dvs 35% av effektutvecklingen kommer att försvinna från beräkningarna.

**c** : Strålningsmodellen används men strålningsfraktionen sätts till noll, dvs enbart s-modellen avgör strålningsförluster.

**d** : Den utökade strålningsmodellen med Wide band model används istället för standard grågas approximation.

**e** : Den ordinarie strålningskonfigurationen utökas från att lösa RTE för 100 vinklar till att använda sig av 200 vinklar.

**f** : Synkroniseringen mellan gridnäten stängs av

**g** : Ett finare gridnät , 5 cm, läggs över brandkällan följt av 10 cm gridnät i övriga domänen.

**h** : Som g men med synkroniseringen avstängd.

**i** : Ett fint gridnät , 2,5 cm, över brandkällan följt av ett 5 cm gridnät som övergår i ett 10 cm gridnät för stora delar av domänen.

**j** : Som i men med synkroniseringen avstängd.

**k** : Emissiviteten för Promatec sätts till 0,5 istället för 0,9.

**l** : Sotfraktionen ändras från 9 % till 4,2 %.

**m** : Gridtjocka väggar används istället för de bladtunna.

**n** : Ett stort gridnät över hela beräkningsdomänen används, inklusive område utanför tunnel, istället för flera små.

**o** : Ett gridnät över hela beräkningsdomänen används, endast i tunnel.

**oXX** : Gridnät endast i tunnel men uppdelat i XX antal gridnät för simulering på flera processorer.

**p** : Massutsläkningskoefficienten för fotogen ändras från 7600 m<sup>2</sup>/Kg till 10200 m<sup>2</sup>/Kg.

**q** : Simuleringen sker på en Intel procesor istället för en AMD processor.

**r** : Gridnätet dras ihop i X-led ovanför brandkällan.

**s** : Gridnätet dras ihop i Y-led ovanför brandkällan.

**t** : Ett finare gridnät placeras ”fritt” i öppningen till det termiska schaktet i test 14.

**u** : Temperaturen på brandens ”vätskeyta” sätts till 15°C istället för 205°C.



## **6 Bilaga –Försöksuppställning**

För att förenkla läsandet av resultatdelen har denna bilaga producerats. Bilagan är i A4 format och läggs förslagsvis bredvid huvudrapporten under läsandet av resultatdelen.

Se nästa sida.

