

Jämförelse av FDS-simuleringar

Användarens påverkan och kvalitetssäkring

Madelene Ekholm

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

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5488, Lund 2015

Jämförelse av FDS-simuleringar

Madelene Ekholm

Lund 2015

Titel/Title

Jämförelse av FDS-simuleringar / Comparison of FDS simulations

Av/By

Madelene Ekholm

Rapport/Report 5488

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB-5488-SE

Number of pages: 70 (appendices are not included)

Illustrations: Madelene Ekholm

Keywords

FDS, simulations, Round robin, user impact, quality assurance, Fire Safety Consultant.

Sökord

FDS, simuleringar, Round robin, användarens påverkan, kvalitetssäkring, brandskyddskonsult.

Abstract

The aim of this report is to investigate how and if FDS simulations performed by experienced fire protection consultants varies in result, and how different Swedish fire protection companies works with quality assurance of calculations carried out by FDS. This was examined by allowing eight fire protection consultants from different companies simulate a specific scenario with FDS 5, without prior access to the results of an experiment performed under identical conditions. The simulation task was designed so that the participants received relatively well-defined information about the building, fire, initial conditions and the measurements that were to be performed. In addition, the eight participants and an additional three fire protection consultants from other companies were asked to answer a questionnaire regarding how their company deals with quality assurance of FDS simulations. The results of the study indicated variation among the participants in all requested parameters, and the largest were that of mass loss rate and heat release rate which also led to differences in temperature. The methodology and choice of input data also differed to some extent between the participants. The questionnaire results found that quality assurance of FDS simulations does occur in Swedish consulting companies, but to what extent often varies depending on purpose and complexity.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2015.

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

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

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

Telephone: +46 46 222 73 60

Förord

Efter såväl toppar som dalar har denna lärorika resa äntligen nått sitt mål! Jag har många att tacka för detta och är väldigt glad för alla tips, idéer och den stöttning jag fått under arbetets gång. Först och främst vill jag rikta ett stort tack till alla de brandskyddskonsulter/företag som frivilligt deltagit i studien, utan ert engagemang hade den inte varit genomförbar:

Brandskyddslaget, Stockholm

Brand och Riskanalys

Fast Engineering

Bengt Dahlgren, Malmö

Fire and risk engineering

SWECO

FSD, Göteborg

Fire Tech Engineering, Malmö

Brandkonsulten

Briab

WSP, Malmö

Vidare vill jag även tacka följande personer för sitt engagemang i arbetet:

Nils Johansson, handledare (LTH) - som alltid har ställt upp och gett värdefulla synpunkter och kommentarer till arbetet.

Axel Jönsson (Brandskyddslaget) – för många kloka idéer, givande tips och genomläsningar samt framför allt peppning! Har fått mig att ”tänka utanför boxen” och se saker ur olika perspektiv, vilket varit nyttigt och intressant.

Jonathan Wahlqvist (LTH) – för hjälp med kluriga FDS-frågor och granskning.

Min förhoppning med detta arbete är främst att det väcker tankar och skapar diskussioner – så länge det sker kan utvecklingen föras framåt och förbättringar ske!

Vid eventuella frågor om arbetet når du mig på: madelene.ekholm@gmail.com

Trevlig läsning!

Madelene

Lund, januari 2015

Sammanfattning

Ett allt mer vanligt förekommande verktyg för brandgasfyllnadsberäkningar vid brandskyddsprojekteringar i Sverige är datorprogrammet Fire Dynamics Simulator (FDS). FDS är en avancerad CFD-modell som ställer höga krav på användaren, både vad gäller kunskap om programmet och branddynamik, då användarens val och angreppssätt är av stor betydelse för resultaten. I tidigare studier har det dessutom konstaterats att användaren är den viktigaste faktorn vid CFD-simuleringar.

Problematiken med variationer i resultat orsakade av utövaren har undersökts inom andra områden än brandgasfyllnadsberäkningar, så som riskanalyser och konstruktionsberäkningar. Det konstaterades då att en relativt stor spridning i resultat mellan ett antal deltagare erhöles, trots att alla utgick från samma uppgift och information. Med tanke på dessa slutsatser är det rimligt att samma problematik skulle kunna förekomma även vid brandskyddsprojekteringar utförda med exempelvis FDS. Detta eftersom de tidigare studerade områdena har flera gemensamma nämnare med brandskyddsområdet.

Med detta som bakgrund bedömdes det därmed vara intressant att undersöka om variationer förekommer vid FDS-simuleringar utförda av erfarna brandskyddskonsulter, samt hur olika svenska brandskyddskonsultföretag arbetar med kvalitetssäkring av utförda beräkningar med FDS. Frågeställningarna som undersöktes i studien var därmed:

1. Uppstår en spridning i simuleringsresultat mellan ett flertal erfarna FDS-användare vid en a-priori-studie av en specifik experimentell uppställning? Om ja, hur stor är spridningen? Skiljer sig användarens val, så som metodik och val av indata?
2. Hur förhåller sig simuleringsresultaten i jämförelse med experimentellt uppmätta värden?
3. Hur genomförs kvalitetssäkringar vid FDS-simuleringar hos svenska brandskyddskonsultföretag?

Frågeställningarna undersöktes genom att låta åtta brandskyddskonsulter från olika företag simulera ett specifikt scenario med FDS 5, utan att i förväg ha tillgång till resultat från ett försök utfört med samma förutsättningar. Scenariot baserades på ett fullskaleförsök utfört i en trerumslägenhet med tillhörande trapphus på MSB:s övningsområde i Revinge. Simuleringsuppgiften utformades så att deltagarna erhöles relativt väldefinierad information om byggnaden, branden, initiala förhållanden och de mätningar som skulle utföras. Dessutom fick de åtta deltagarna, samt ytterligare tre brandskyddskonsulter från andra företag, besvara en enkät gällande hur företagen hanterar kvalitetssäkring av FDS-simuleringar.

Resultatet av studien visade att en spridning för samtliga efterfrågade parametrar erhöles mellan deltagarna. Spridningens storlek varierade för de olika parametrarna och störst var den för massavbrinningshastighet och effektutveckling, vilket även medförde skillnader i temperatur. Även deltagarnas metodik och indataval skiljde sig till viss del åt, vilket delvis förklarar ovanstående variationer.

Vid jämförelsen av uppmätta parametrar från fullskaleförsöket, det vill säga temperatur och massavbrinningshastighet, och motsvarande simuleringsresultat konstateras att de överensstämmer olika väl. Gällande massavbrinningshastigheten överensstämmer vissa deltagare med den experimentella medan andra avviker med upp till cirka 55 procent jämfört med försöket. Punktmätningar av temperatur i brandrummets övre del resulterade i skillnader med mellan cirka 15-55 procent från försöket, exklusive ett extremvärde. I de intilliggande rummen var spridningen betydligt mindre. Värt att poängtera är dock att flertalet faktorer, inklusive osäkerheter i försöket, kan förklara skillnader mellan simuleringarna och försöket.

Utifrån resultatet av enkätundersökningen konstaterades att kvalitetssäkring av FDS-simuleringar förekommer hos företagen, men att omfattningen ofta varierar beroende på syfte och komplexitet. Majoriteten av företagen hade även någon form av uttalade riktlinjer/rutiner i form av punkt- och checklistor. Det rådde dock delade meningar mellan företagen om huruvida ett gemensamt regelverk för kvalitetssäkring i branschen vore positivt eller negativt.

Summary

An increasingly common tool for smoke filling calculations for fire protection designing in Sweden is the computer program Fire Dynamics Simulator (FDS). FDS is an advanced CFD model that is demanding for the user, both in terms of program knowledge and fire dynamics since both of these aspects are of great importance for the results. Previous studies confirm that the user is the most important factor in CFD simulations.

The problem of variation in results caused by the operator has been studied in other areas than smoke filling calculations, such as risk analysis and design calculations. These studies indicate a relatively large variation in results between participants, even though all received the same task and information. Given these findings, it is feasible that the same problem might occur with fire protection designing made by for example FDS. This is because the previously studied areas have several common features with the fire protection field.

Based on this information, it seemed interesting to investigate how and if FDS simulations performed by experienced fire protection consultants varies in result, and how different Swedish fire protection consulting companies works with quality assurance of calculations carried out by FDS. Hence, the issues examined in the study were:

1. Is there variation in the simulation results between a number of experienced FDS users in an a-priori study of a specific experimental setup? If yes, what is this variation like? Does the methodology and choice of input data of the users differ?
2. How does the simulations results correspond to the experimentally measured values?
3. How are quality assurances of FDS simulations performed at Swedish fire protection consulting companies?

The issues were examined by allowing eight fire protection consultants from different companies simulate a specific scenario with FDS 5, without prior access to the results of an experiment performed under identical conditions. The scenario was based on a full-scale experiment carried out in a three-room apartment connected to a stairwell on the MSB practice area in Revinge. The simulation task was designed so that the participants received relatively well-defined information about the building, fire, initial conditions and the measurements that were to be performed. In addition, the eight participants and an additional three fire protection consultants from other companies were asked to answer a questionnaire regarding how their company deals with quality assurance of FDS simulations.

The results of the study indicated variation among the participants in all the requested parameters. The variation sizes varied between different parameters and the largest were that of mass loss rate and heat release rate, which also led to differences in temperature. The methodology and choice of input data also differed to some extent between the participants, which partly explains the abovementioned variations.

In comparison with the measured parameters from the full-scale experiment, i.e. temperature and mass loss rate, the equivalent simulation results are found to vary between parameters and

participants. According to the mass loss rate some of the participants results are coherent with the experimental values, while others differ by up to 55 percent. The point measurements of temperature in the upper part of the fire room resulted in deviations of approximately 15-55 percent from the experiment, excluding an outlier. In the adjacent rooms the variation was considerably smaller. Worth pointing out, however, is that a number of factors including uncertainties in the experiment may explain differences between the simulations and the experiment.

The questionnaire results found that quality assurance of FDS simulations does occur in Swedish consulting companies, but to what extent often varies depending on purpose and complexity. The majority of the companies also had some form of explicit guideline/procedure, such as bullet- and checklists. Still, there were disagreements between the companies regarding whether a common regulation for quality assurance would be positive or negative for the industry.

Akronymer

BBR	Boverkets byggregler
BBRAD	Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd
BIV	Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap
CFAST	Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport
CFD	Computational Fluid Dynamics
FDS	Fire Dynamics Simulator
MSB	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
NIST	National Institute of Standards and Technology
PBF	Plan- och byggförordningen
PBL	Plan- och bygglagen
SP	Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Nomenklatur

X	Förbränningseffektivitet	[-]
ΔH_c	Förbränningsvärme	[kJ/kg]
ε	Emissivitet	[-]
ρ	Densitet	[kg/m ³]
c_p	Specifik värmekapacitet	[J/(kg*K)]
k	Värmeledningsförmåga	[W/(m*K)]

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och mål	3
1.3	Frågeställningar	3
1.4	Begränsningar	3
1.5	Avgränsningar	4
2	Metod och arbetsprocess	5
2.1	Litteraturstudie.....	5
2.2	Simuleringsuppgift	5
2.2.1	Rekrytering av deltagare	5
2.2.2	Utformning	6
2.2.3	Hantering av simuleringsresultat.....	6
2.3	Enkätundersökning	7
2.4	Resultatanalys, diskussion och slutsatser	8
3	Teori och tidigare studier	9
3.1	Brandmodellering	9
3.1.1	CFD och FDS	9
3.2	Osäkerheter och fel.....	11
3.3	Jämförelser av studier med lika förutsättningar	11
3.3.1	Jämförelse av konstruktion av byggnad	11
3.3.2	Jämförelse av riskanalys vid processindustri	12
3.3.3	Jämförelse av utrymningsdimensioneringar.....	12
3.3.4	Egen reflektion av tidigare studier	13
3.4	Kvalitetssäkring	13
3.4.1	Vägledningar	14
4	Fullskaleförsök	17
4.1	Val av scenario	17
4.2	Objektsbeskrivning.....	17
4.3	Försöksuppställning.....	18
4.3.1	Begynnelsevillkor.....	19
4.3.2	Mätosäkerheter	19
5	Simuleringsuppgiften	21

5.1	Utformning av uppgift	21
5.1.1	Förenklingar	22
5.1.2	Givna förutsättningar.....	22
5.2	Information om deltagarna	22
6	Sammanställning av indata till simuleringarna	29
6.1	Geometri	29
6.2	Byggnadsmaterial och konstruktion	30
6.3	Brandkällan.....	31
6.3.1	Bränsle.....	31
6.3.2	Brännare	32
6.4	Väderförhållanden/begynelsevillkor	33
6.5	Mätparametrar	34
6.5.1	Temperatur	34
6.5.2	Strålning	34
6.5.3	Sikt	35
6.5.4	Gashastighet	35
7	Sammanställning av utdata.....	37
7.1	Massavbrinningshastighet	37
7.2	Effektutveckling	37
7.3	Temperatur.....	38
7.4	Sikt.....	42
7.5	Infallande strålning	44
7.6	Gashastighet.....	45
8	Uppföljning av simuleringsuppgiften via enkäten	47
8.1	Åsikter om simuleringsuppgiften	47
8.1.1	Svårigheter	47
8.1.2	Viktiga antaganden.....	47
8.1.3	Övriga kommentarer	47
8.2	Deltagarnas egna bedömningar om kunskap och kvalitet	48
9	Analys av simuleringsuppgiften	51
9.1	Analys av indata	51
9.1.1	Brandkällan	51
9.1.2	Uppbyggnad av geometrin	52

9.1.3	Mätningar	53
9.1.4	Övrigt	53
9.2	Analys av utdata	54
9.2.1	Massavbrinningshastighet och effektutveckling	54
9.2.2	Temperatur	55
9.2.3	Sikt	56
9.2.4	Infallande strålning.....	56
9.2.5	Gashastighet	57
9.3	Återkoppling och reflektion.....	57
10	Kvalitetssäkring av FDS-simuleringar	59
10.1	Sammanställning av enkätsvar.....	59
10.2	Reflektion.....	60
11	Allmän diskussion	63
11.1	Förbättringsförslag	63
11.2	Felkällor/begränsningar	63
11.3	Enkätens utformning	64
12	Slutsatser	65
13	Fortsatta studier	67
14	Referenser.....	69
	Bilaga A – Intresseanmälan.....	71
	Bilaga B – Instruktion till simuleringsuppgiften.....	73
	Bilaga C – Resultat simuleringsuppgift	81
	Bilaga D - Enkätundersökning	91

1 Inledning

I följande kapitel beskrivs studiens bakgrund, syfte, mål, frågeställningar och avgränsningar samt begränsningar.

1.1 Bakgrund

I Sverige regleras all byggnation i Plan- och bygglagen (SFS 2010:900) och den tillhörande Plan- och byggförordningen (SFS 2011:338). Avseende brandsäkerhet redogör lagen endast för att ”ett byggnadsverk ska ha de tekniska egenskaper som är väsentliga i fråga om säkerhet i händelse av brand”. I förordningen anges att detta ska uppfyllas genom att:

”Ett byggnadsverk ska vara projekterat och utfört på ett sätt som innebär att:

- 1. byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid,*
- 2. utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas*
- 3. spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas*
- 4. personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt, och*
- 5. hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand”*

(SFS 2011:338)

Då dessa bestämmelser endast beskriver övergripande funktionskrav ger Boverket ut kompletterande tillämpningsföreskrifter, som exempelvis Boverkets byggregler (BBR), i vilka det mer detaljerat beskrivs hur PBL och PBF ska uppfyllas. I BBR finns ett antal föreskrifter, vilka alltid ska uppfyllas, och till varje föreskrift följer ett allmänt råd som beskriver hur detta kan utföras (Boverket, 2014).

I BBR framgår att en byggnads brandskydd ska dimensioneras genom antingen förenklad eller analytisk dimensionering. Förenklad dimensionering innebär att föreskrifterna uppfylls genom att de lösningar som beskrivs i de allmänna råden tillämpas fullt ut. Denna metod används vanligtvis som utgångspunkt i all brandskyddsprojektering (Boverket, 2014). Det finns även möjlighet att frånga de allmänna råden och visa att föreskriften uppfylls på annat sätt, vilket kallas analytisk dimensionering. Dock måste det då påvisas att byggnaden, trots avsteg från de allmänna råden, har en minst likvärdig skyddsnivå som vid förenklad dimensionering. Detta ska verifieras genom kvalitativ bedömning, scenarioanalys eller kvantitativ riskanalys alternativt genom en kombination av dessa eller motsvarande metoder (Boverket, 2013). Detaljer kring hur analytisk dimensionering ska genomföras beskrivs i ett av Boverkets särskilt utgivet allmänt råd, Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BBRAD).

Vid analytisk dimensionering kan datormodeller användas för att prediktera hur brandgaser produceras och sprids inom en byggnad. Detta är en avgörande faktor för att vid utrymningsdimensioneringar kunna avgöra hur lång tid personer har på sig att utrymma utan att utsättas för kritiska förhållanden orsakade av branden. Utöver detta kan brandgasfyllnadsberäkningar med datormodeller exempelvis användas för att dimensionera

brandgasventilation och undersöka hur bärande konstruktioner påverkas av ett brandförlopp. Dessutom kan påverkan på känslig utrustning, så som kretskort och kablar, bedömas.

Det ökade kravet på verifiering vid analytisk dimensionering i kombination med en ständig strävan efter att bygga mer innovativa och unika byggnader har lett till ett ökat behov av avancerade simuleringsmodeller och datorprogram. Detta har även medfört att brandsimuleringar de senaste årtiondena fått allt större betydelse i beslutsfattandeprocessen inom brandskyddsprojektering. I sin tur leder detta naturligtvis till att högre krav ställs på trovärdiga resultat och att både modeller och dess användare följer med utvecklingen (Audouin et al, 2011).

Ett vanligt förekommande verktyg för brandgasfyllnadsberäkningar vid brandskyddsprojekteringar i Sverige är CFD-modellen Fire Dynamics Simulator (FDS) (van Hees, 2013). Detta är ett avancerat beräkningsprogram som kräver kunskap om både branddynamik och bakomliggande modeller (Nystedt & Frantzich, 2011). I en FDS-simulering kan användaren i och med sina val och angreppssätt påverka resultaten. Då exempelvis ett brandförlopp simuleras kan brandens kemiska och fysiska egenskaper påverkas och dess strålning regleras. I tidigare studier har det även bekräftats att användaren är den viktigaste faktorn vid CFD-simuleringar (Keski-Rahkonen et al, 1998).

Att kvalitetssäkra beräkningar utförda med FDS är därmed viktigt, inte minst för att kunna påvisa rimlighet och verklighetsförankring i arbetet. Då det inte finns några formella krav för vilka steg en kvalitetssäkring ska innehålla är det rimligt att anta att tillvägagångssättet skiljer sig åt mellan svenska brandskyddskonsulter. Detta skulle kunna vara problematiskt om det medför att resultat varierar beroende på vem eller vilket företag som genomför en simulering eftersom det i sin tur skulle kunna medföra att säkerhetsnivån i liknande svenska byggnader inte är likvärdig.

Problematiken med variationer i resultat beroende på utövaren har undersökts inom ett flertal andra områden än brandgasfyllnadsberäkningar, så som riskanalyser (Lauridsen et al, 2001a, 2001b) konstruktionsberäkningar (Fröderberg, 2014) och utrymningssimuleringar (Knutsmark, 2013). I samtliga studier erhöll alla deltagare samma uppgift och förutsättningar men trots detta konstaterades en relativt stor spridning i resultat mellan deltagarna. Med tanke på resultatet från dessa studier är det inte orimligt att tänka sig att samma problematik även kan förekomma vid brandskyddsprojekteringar, och då även vid brandgasfyllnadsberäkningar med FDS. Detta eftersom flera gemensamma faktorer även finns inom brandskyddsområdet, som exempelvis att stor kompetens krävs och att avancerade datormodeller förekommer.

En studie har även genomförts i Skottland av Rein et al (2011) i syfte att jämföra hur resultatet av brandsimuleringar med CFD-modeller varierar mellan olika deltagare. Studien genomfördes både a-priori och a-posteriori, det vill säga blint respektive öppet, genom att deltagarna fick simulera brand- och brandgasspridning i en fullt möblerad lägenhet. I a-priori-fallet fick deltagarna endast övergripande information om brandbelastning, tändkälla och ventilationsförhållanden vilket innebar att de fick uppskatta hela brandförloppet själva. Detta resulterade i avvikelser på upp till 800 % i temperatur för vissa punktmätningar. I a-posteriori-fallet fick deltagarna tillgång till samtlig experimentell mätdata från det verkliga försöket och

läts göra om sina simuleringar utifrån de nya förutsättningarna. Avvikelserna blev då betydligt mindre och uppgick istället till 200 %. En slutsats från studien var att uppskattningen av branden var den främsta orsaken till de stora variationerna i studien. Det var dock svårt att differentiera osäkerheterna hos användarna och datormodellerna eftersom de var tvungna att simulera brandspridning, vilket är ett komplext fenomen som är svårt att modellera med befintliga datormodeller (Rein et al, 2011).

Det faktum att användandet av avancerade beräkningsverktyg, så som FDS, ökar med tiden medför en risk att skillnader i säkerhetsnivån blir allt större om det visar sig att resultaten skiljer sig beroende på vem eller vilka som utför simuleringen.

1.2 Syfte och mål

Syftet med detta examensarbete är att undersöka om en spridning fås i resultat och bakomliggande parameterintervall, och i så fall hur stor spridningen är, mellan erfarna FDS-användare för ett specifikt scenario. Detta sker genom att låta ett flertal erfarna användare självständigt simulera scenariot utifrån samma information, men utan att i förväg ha tillgång till resultat från ett försök utfört med samma förutsättningar. Vidare syftar arbetet till att undersöka hur svenska brandskyddskonsulter arbetar med kvalitetssäkring av FDS-simuleringar.

Målet med projektet är att undersöka hur ett flertal erfarna konsulter simulerar ett relativt väldefinierat/enkelt scenario, utifrån variationen av val av indata och förenklingar, samt beskriva vilken påverkan det ger på slutresultaten. Vidare studeras och kommenteras variationen i hantering av kvalitetssäkring för FDS-simuleringar.

1.3 Frågeställningar

Med utgångspunkt i den beskrivna bakgrunden samt formulerat syfte och mål avser examensarbetet att besvara följande frågeställningar:

1. Uppstår en spridning i simuleringsresultat mellan ett flertal erfarna FDS-användare vid en a-priori-studie av ett specifikt scenario? Om ja, hur stor är spridningen? Skiljer sig användarens val, så som metodik och val av indata?
2. Hur förhåller sig simuleringsresultaten i jämförelse med experimentellt uppmätta värden?
3. Hur genomförs kvalitetssäkring av FDS-simuleringar hos svenska brandskyddskonsultföretag?

1.4 Begränsningar

Då studien endast baseras på ett specifikt scenario med givna förutsättningar bör resultat och slutsatser användas med försiktighet och ses i sin kontext. För att studien inte ska ta för mycket tid i anspråk för deltagarna, och därmed göra det möjligt för flera att delta, används ett relativt enkelt och avgränsat scenario. Vidare deltar endast ett representativt urval av svenska företag i studien vilket medför att resultatet inte nödvändigtvis är representativt för andra

länder. Trots att deltagarna arbetar aktivt med brandsimuleringar i CFD finns det av naturliga skäl skillnader i erfarenhet gällande olika sorters projekt och antalet simuleringar som har utförts.

En viktig förutsättning för studiens trovärdighet är att erfarna deltagare som representerar flertalet av de stora brandskyddskonsultfirmorna i Sverige ställer upp. En begränsning gällande rekryteringen är att deltagarna inte får någon ekonomisk ersättning utan kräver att de ställer upp frivilligt. Detta kan medföra att deltagarna inte hinner lägga den tid på uppgiften som de önskat och att djupare granskning uteblir. Det är viktigt att hålla i åtanke att uppgiftens kvalité inte nödvändigtvis behöver spegla det vardagliga arbetet. Tidsaspekten och tekniska resurser är faktorer som även medför osäkerheter och skillnader i resultat.

1.5 Avgränsningar

Studien avgränsas till att endast beröra CFD-modellen FDS version 5 då detta vid förfrågan visade sig vara det vanligast förekommande verktyget vid brandgasfyllnadsberäkningar, i samband med analytisk dimensionering, hos de deltagande svenska brandskyddskonsulterna. I och med denna avgränsning underlättas även jämförelsen av deltagarnas arbete.

I arbetet beskrivs inte de olika funktionerna i CFD-modellen i detalj utan fokus ligger på jämförelsen av hur användarna hanterar funktioner och möjliga val. Det faktiska syftet är alltså inte att validera simuleringsmodellerna utan att försöka konstatera hur användaren påverkar resultatet och hur det skiljer sig. Anledningen till att resultaten även jämförs med experimentell data är att det tillför ytterligare en intressant aspekt genom att skapa en uppfattning om hur realistiska resultaten är samt om de överskattas eller underskattas.

Efter att resultatet från deltagarnas simuleringar erhållits valdes att göra en avgränsning gällande mätningarna i schaktet, och således redovisas eller analyseras därför inte dessa resultat vidare i rapporten. Detta eftersom resultathanteringen visade sig bli allt för omfattande och tidskrävande, samt att brandrummet och rummen närmast detta prioriterades. Dessutom bedömdes osäkerheterna för mätningarna i schaktet vara stora på grund av låga temperaturer och stor omblandning.

2 Metod och arbetsprocess

I följande kapitel beskrivs den arbetsprocess som ledde fram till frågeställningarnas svar. De delmoment som användes är en litteraturstudie, en simuleringsuppgift med uppföljande enkätundersökning samt en sammanställning och analys av resultat.

2.1 Litteraturstudie

Det främsta syftet med att studera litteratur var att ge såväl författaren som läsaren grundläggande bakgrundsinformation inom området. För författarens del medförde det en förståelse för problematiken inom området, kunskap om tidigare utförda studier samt underbyggde valet av frågeställningar. Vidare var avsikten att ge läsaren tillräcklig information för att kunna tillgodogöra sig innehållet.

De referenser som litteraturstudien baserades på erhöles bland annat genom sökningar på sökmotorerna Google, Google scholar och Lunds Universitets Bibliotek (LUB). Ett urval av intressanta träffar gjordes genom att läsa respektive sammanfattning och därefter konstaterades om de var relevanta för arbetet. Vidare undersöktes även referenser till de utvalda skrifterna. För att utöka kunskapen om aktuella datorprogram, i detta fall FDS och Pyrosim, studerades även aktuella manualer. Gällande information om kvalitetssäkring av FDS-simuleringar studerades utgivna rekommendationer och erfarna kontaktpersoner tillfrågades.

2.2 Simuleringsuppgift

Nedan beskrivs hur rekryteringen av deltagare till simuleringsuppgiften genomfördes, hur uppgiften utformades samt hanteringen av resultat genomfördes.

2.2.1 Rekrytering av deltagare

En förutsättning för att kunna genomföra studien var att erfarna deltagare som representerar flertalet av de stora brandskyddskonsultfirmorna i Sverige kunde tänka sig att simulera uppgiften och besvara enkäten. Därför prioriterades det i ett tidigt skede att undersöka intresset för deltagande i studien, vilket gjordes genom att kontakta företag som erbjuder brandskyddskonsultjänster via en intresseanmälan. Denna innehöll övergripande information om projektet och presenteras i sin helhet i bilaga A. Det framgick även att resultaten behandlas konfidentiellt för att fler förhoppningsvis skulle vilja ställa upp. Vidare uppmanades de som kunde delta att ange vilken CFD-modell de vanligtvis använder och en rimlig deadline. För att deltagarna skulle vara relativt erfarna önskades att de har erfarenhet av minst ett tiotal projekt som inkluderat CFD/FDS.

För att rekrytera potentiella deltagare genomfördes först en sökning på Google där sökordet ”brandkonsulter” angavs. Detta genererade en mängd träffar på företag som var mer eller mindre relevanta för uppgiften. Utifrån informationen på företagens hemsidor valdes de ut som angav att de arbetar med analytisk dimensionering, eftersom FDS kan användas vid denna typ av projektering. Totalt tillfrågades 19 brandskyddskonsultföretag, varav elva angav att de vill delta, sex stycken svarade inte och två avböjde att delta. De som avböjde motiverade detta med bristande erfarenhet och att företagets kunder prioriteras framför deltagande i studien. I ett senare skede avböjde dock tre av företagen som tidigare hade tackat

ja på grund av otillräckliga resurser. Två av dessa samt en av de som i första skedet avböjde besvarade dock enkätfrågorna om kvalitetssäkring. Totalt sett utförde alltså åtta brandskyddskonsulter simuleringsuppgiften och elva besvarade enkäten.

Utöver deltagande brandskyddskonsulter undersöktes även möjligheten att rekrytera andra kunniga deltagare för att utöka studien. Bland annat kontaktades FDS-kunniga på Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) men det konstaterades att dessa inte hade möjlighet att delta och att antalet brandskyddskonsulter var tillräckligt för att kunna fullfölja studien. Avdelningen för brandteknik (LTH) deltog inte då de äger provningsresultaten som simuleringsuppgiften baseras på.

2.2.2 Utformning

Simuleringsuppgiften syftade primärt till att jämföra deltagarnas simuleringsresultat och tillvägagångssätt samt undersöka variationer mellan dessa. Vidare jämfördes resultaten med data från ett tidigare genomfört försök för att få en uppfattning om simuleringsresultaten var realistiska. Den experimentella delen gavs dock mindre utrymme i arbetet eftersom både osäkerheter i försöket och begränsningar i modellen kan orsaka skillnader i resultat.

Uppgiften utgjordes av ett relativt enkelt och väldefinierat scenario eftersom det exempelvis är lättare att isolera orsaker till skillnader samt att FDS-simuleringar är tidskrävande. Dessutom visade litteraturstudien på flera fördelar med att använda ett relativt enkelt fall. Tanken var även att ingen av deltagarna skulle ha tillgång till de experimentella resultaten innan simuleringen, och då resultaten från utförda fullskaleförsök ofta är publicerade valdes ett scenario som beskrivs av Johansson et al (2014) där den publicerade informationen var väldigt knapphändig. Då det inte fanns möjlighet att ersätta deltagarna ekonomiskt var avsikten att utforma uppgiften så att den inte skulle ta allt för mycket tid i anspråk och resultaten skulle deltagarna inte behöva sammanställa innan de skickades in.

I simuleringsuppgiften ombads deltagaren att efterlikna ett verkligt scenario. För att kunna göra detta, och undvika att stora skillnader på grund av fundamentala antaganden, angavs relativt mycket information om branden, byggnaden och de initiala förhållanden som rådde vid försöket. Trots att det i brandskyddskonsultens vardagliga arbete kanske inte ingår att efterlikna ett specifikt försök och att tillgången på detaljerad indata ofta är begränsad ansågs uppgiften vara väl lämpad för att besvara de frågeställningar som formulerats. De parametrar som efterfrågades i uppgiften var sikt, brandgastemperatur, strålningsintensitet och gashastighet. Majoriteten av dessa utgör parametrar som kan användas för att studera de kriterier för kritiska förhållanden som förekommer i BBRAD (Boverket, 2013).

En instruktion till uppgiften skapades där information om förutsättningarna, uppgiften och resultatrapportering beskrevs, se bilaga B. Denna skickades ut till samtliga deltagare för att ge samma information och lika förutsättningar.

2.2.3 Hantering av simuleringsresultat

Data från respektive simulering erhöles genom att deltagarna översände resultat i form av en OUT-fil och Excelfiler för effektutveckling och utdata efter genomförd simulering. Vilka utdata som skulle levereras samt mätpunkternas beteckning finns beskrivna i instruktionen i

bilaga B. Deltagarna ombads inte sammanställa resultaten vilket medför att data som översändes utgjordes av rådata. Detta val gjordes för att deltagarna inte skulle behöva lägga ytterligare tid på uppgiften samt att sammanställningen av resultaten skulle bli enhetligare. Även indatafilerna från respektive simulering samlades in för att erhålla information om användarens tillvägagångssätt, förenklingar och olika val av indata.

2.3 Enkätundersökning

Först när simuleringsresultaten hade erhållits fick deltagarna besvara enkäten. Detta var ett medvetet val för att hålla uppe kontakten med deltagarna och även kunna ställa frågor om simuleringsuppgiften.

Det första steget i utformningen av enkäten var att besluta vilken information som var mest intressant och relevant för att besvara frågeställningen om kvalitetssäkring och komplettera simuleringsuppgiften. Det som prioriteras rörde bland annat deltagarens bakgrund, tillvägagångssättet för kvalitetssäkringar av FDS-simuleringar på företaget samt åsikter om simuleringsuppgiften. Innan enkäten skapades undersöktes vilka begränsningar metoden har.

En enkätundersökning är en enkel och effektiv metod för insamling av data, men som samtidigt kräver en hel del förarbete för att ge svar på det som faktiskt eftersträvas. Fördelarna med metoden är bland annat att alla deltagare får precis samma information och förutsättningar samt att de själva kan besvara den när det passar. En nackdel är dock att respondenten kanske inte tolkar eller förstår frågan som det var avsett och därmed riskerar att besvara frågor man inte förstår eller har misstolkat. Vidare kan inte direkta följdfrågor ställas om det skulle behövas. För att hantera denna problematik och upptäcka svårigheter innan en enkät används kan ett flertal personer låtas testa och utvärdera den (Foddy, 1993).

Värt att beakta är att formuleringen av frågor är viktig, och det rekommenderas att hålla frågorna så korta som möjligt och undvika komplicerade och abstrakta ord. Vidare bör det undvikas att ställa fler frågor i en och samma fråga (Trost, 1994).

En enkät kan utformas med hjälp av öppna och slutna frågor, men vilket som är bäst är omdiskuterat (Foddy, 1993). En öppen fråga besvaras genom egenformulerad text och tillåter respondenten att svara fritt. En fördel med detta är att svaret inte styrs av givna svarsalternativ och att större frihet i svaret fås. Nackdelen är dock att det är svårt att jämföra och presentera fritextsvar och att information som upplevs vara känslig eller för uppenbar utelämnas (Trost, 1994). Slutna frågor besvaras genom att välja bland förutbestämda svarsalternativ. Till skillnad från öppna frågor är dessa lätta att sammanställa och behovet att tolka fritextsvaren utelämnas. Risken är dock att svarsalternativen inte täcker in alla de möjliga svaren och att respondenten tvingas välja något som inte passar. Därmed är det alltså även mycket viktigt att lägga stor vikt vid de alternativ som ges i samband med slutna frågor (Foddy, 1993).

Utifrån ovanstående information och frågornas karaktär valdes mestadels slutna frågor men även vissa öppna. En blandning bedömdes lämplig för att kunna ta vara på båda tillvägagångssättens fördelar. Då enkäten innehöll relativt många frågor var en förutsättning för att möjliggöra en sammanställning att välja mest slutna frågor. De öppna frågorna användes i de fall där motiveringar eller specifika tillvägagångssätt önskades. För att främst

undvika att viktiga svarsalternativ då utelämnades i de slutna frågorna fanns även ett alternativ som kunde fyllas i fritt. Vidare kontrollerades enkäterna genom att ett flertal personer fick besvara dem innan de skickades ut för att undersöka om formuleringar och frågor var lämpliga. Tack vare dessa synpunkter kunde enkäten förtydligas.

Då enkäten innehöll relativt många frågor beslutades att den skulle vara webbaserad för att underlätta besvarandet för deltagarna. Gratistjänst Google Forms från Google (2014) användes för ändamålet. Utöver de som genomförde simuleringsuppgiften ställde ytterligare tre andra företag upp på att besvara frågorna om kvalitetssäkring. Till dessa skapades en egen version av enkäten där övriga frågor togs bort.

2.4 Resultatanalys, diskussion och slutsatser

Resultat och indata för uppgiften jämfördes främst deltagarna emellan men även gentemot experimentella temperaturmätningar. Därefter sammanställdes även resultatet från den uppföljande enkätundersökningen som besvarades efter att simuleringsuppgiften utförts. Både resultat från simuleringsuppgiften och enkätundersökningen låg till grund för besvarandet av frågeställningarna. Diskussionen inriktades mot att reflektera över de faktorer, förutsättningar och osäkerheter som kunnat påverka resultatet av studien och samtidigt försökte återkopplingar till litteraturstudien genomföras. Med resultat och diskussion som grund besvarades frågeställningarna och slutsatser kunde formuleras.

3 Teori och tidigare studier

I följande kapitel beskrivs grundläggande teori, bakgrundsinformation och tidigare genomförda studier.

3.1 Brandmodellering

Vid analys av brandförlopp i en byggnad kan olika beräkningsmodeller användas. Det enklaste alternativet är handberäkningsmodeller, vilka kräver minst resurser och indata. CFD-modeller (t ex FDS) och zonmodeller (t ex CFAST) är mer tidskrävande och kräver att mer indata specificeras. Det är viktigt att överväga valet av modell och att anpassa det efter hur komplex byggnaden och brandscenariot är samt analysens omfattning och syfte. För att kunna göra ett lämpligt val krävs att användaren förstår de styrkor och svagheter som modellen medför till analysen samt att den kan representera de förhållanden som råder (Nystedt & Frantzych, 2011). Det är alltså nödvändigtvis inte så att en mer avancerad och tidskrävande modell ger ett mer pålitligt resultat. Dessutom kräver dessa modeller ofta mer detaljerad indata, så som effektutveckling och materialegenskaper, samt högre krav på användarens modelleringskunskaper. En kombination av olika modeller kan ofta vara att rekommendera eftersom resultaten och dess giltighetsområden kan komplettera varandra (Nystedt & Frantzych, 2011).

3.1.1 CFD och FDS

Computational Fluid Dynamics (CFD) är avancerade numeriska datormodeller som används för att beskriva fluiders kontinuerliga flöden i en avgränsad volym. Modellerna baseras på grundläggande fysikaliska flödessamband för bevarande av massa, rörelsemängd och energi som förenklas till lösbara och volymsintegrerade ekvationer, de så kallade Navier Stokes-ekvationerna. Detta möjliggörs genom att volymen som önskas simuleras delas in i ett antal mindre delvolym, även kallade celler, som bildar ett rutnät för vilka ekvationerna är tillämpbara och lösbara. Simuleringens noggrannhet är starkt beroende av delvolymernas storlek, och ju mindre dessa är desto bättre resultat fås och mindre numeriska fel uppstår (Blazek, 2001).

En vanligt förekommande CFD-modell vid brandgasfyllnadsberäkningar är Fire Dynamics Simulator (FDS) som har utvecklats av National Institute of Standards and Technology (NIST) i USA. Programvaran utvecklas successivt och nya versioner med uppdateringar och kompletteringar ges ut efter hand. FDS löser en särskild form av Navier Stokes-ekvationerna anpassade för de relativt långsamma termiskt drivna flödena som uppstår vid en brand. En simulering är starkt beroende av cellernas storlek och kan därför vara mycket tidskrävande. För att reducera simuleringstiden kan beräkningsdomänen delas upp i flera delar, så kallade mesher, eftersom det i FDS finns möjlighet till att genomföra parallella beräkningar så att olika mesher beräknas på varsin processor (McGrattan, 2010).

Metoden som FDS använder för att hantera turbulens kallas Large Eddy Simulation (LES). Denna bygger på att stora energirika virvlar, som är större än cellstorleken, löses exakt av programmet utan att förenklas. De virvlar som är mindre än cellstorleken approximeras med en subgrid-modell, vilken kallas Smagorinskys modell, som bygger på empiriskt framtagna formler (McGrattan, 2010).

Branden i FDS modelleras vanligtvis med hjälp av en förbränningsmodell som bygger på att förbränningen sker momentant då bränsle och syre blandas och inte är temperaturberoende. Denna förenkling är tillämpbar vid välventilerade förhållanden, men kan orsaka problem vid underventilerade fall eftersom syre och bränsle i verkligheten kan blandas utan att förbrännas. Förbränningsmodellen som beskrivs kan endast beakta ett specificerat bränsle i taget, och då flera bränslen är involverade i en brand får användaren försöka vikta dessa egenskaper (McGrattan, 2010).

Den vanligaste värmestrålningsmodellen delar upp den sfäriska värmestrålningen i ett antal strålningsvinklar som sänds ut symmetriskt i beräkningsdomänen. En följd av detta är att resultatet försämras med ett ökat avstånd från strålningskällan, på grund av att strålarna sprids ut mer. Genom att öka antalet strålningsvinklar kan resultaten förbättras, men detta medför samtidigt betydligt längre beräkningstider (McGrattan, 2010).

FDS-simuleringar baseras på en indatafil i form av en textfil, i vilken användaren specificerar all nödvändig indata som krävs för simuleringen. För flertalet parametrar finns det förinställda värden, så kallade default-värden, som används om inget annat specificeras av användaren. Eftersom en FDS-simulering är helt beroende av indatafilen och inte har någon funktion som varnar för orimliga val av indata eller icke tillförlitliga resultat ställs höga krav på användaren som själv måste kunna värdera resultaten. Användaren behöver således inte bara ha goda kunskaper om FDS och underliggande modeller utan även om branddynamik generellt sett (Nystedt & Frantzich, 2011).

3.1.1.1 Validering

Ett problem med CFD-modeller är att det råder viss brist på omfattande valideringsstudier (Holmstedt et al, 2008). En anledning till detta är att det finns få utgivna fullskaleförsök som är lämpliga att använda som underlag för jämförelse med beräkningar. Dessa saknar ofta viktig information om försöksuppställning och genomförande samt att försöken inte har repeterats (Johansson et al, 2014). Förklaringen till bristen på goda fullskaleförsök är troligen att de är mycket kostsamma och krävande att genomföra, särskilt ett flertal gånger. Vidare kan ett problem vara att försöken är för komplexa och inkluderar exempelvis brandspridning som är svåra att modellera med datorprogram (Johansson et al, 2014).

I utförda valideringsstudier jämförs vanligtvis endast simuleringsresultat med experimentell data, vilken användaren ofta har tillgång till från början. Problematisk med detta skulle kunna vara att användaren kan anpassa och förbättra sin simulering för att slutligen uppnå ett resultat som överensstämmer bättre med de experimentella (Holmstedt et al, 2008). Vid vardagliga projekteringsarbeten saknas dock denna information för olika objekt vilket både omöjliggör en justering av simuleringen och försvårar bedömningen av hur realistiska och representativa resultaten faktiskt är (Holmstedt et al, 2008).

3.1.1.2 Pyrosim

Pyrosim är ett grafiskt hjälpmedel till FDS som används för att underlätta skapandet av indatafiler. I programmet kan modellen överskådas under hela uppbyggnaden och placering av mätpunkter och byggnadsdelar kan då succesivt kontrolleras. Därmed kan eventuella fel lättare upptäckas jämfört med om indatafilen skrivs för hand. Programmet utför även vissa

kontroller och ger varningsmeddelanden om fel i modellen hittas (Thunderhead Engineering, 2014).

3.2 Osäkerheter och fel

Beräkningsmodeller är, som namnet antyder, endast ett verktyg för att *försöka* efterlikna verkligheten. Då modellerna innefattar antaganden och förenklingar är det viktigt att vara medveten om att osäkerheter alltid införs i resultaten. Denna typ av osäkerhet, modellosäkerheter, är svår att reducera men kan hanteras genom att exempelvis öka kunskapen om modellens begränsningar och att konsultera experter inom området (Räddningsverket, 2003).

Ytterligare osäkerheter införs i samband med att användaren själv gör egna antaganden och val av indata vilka ligger till grund för beräkningarna som utförs med modellerna. Exempelvis genom att användaren avsiktligt väljer att försumma faktorer som denna anser vara för komplexa eller icke betydelsefulla. Dessutom kan användaren oavsiktligt införa osäkerheter genom att sakna tillräcklig kunskap och förståelse för parametrar, modeller samt bakomliggande fysikaliska och matematiska samband. Dessa osäkerheter kan endast minskas genom att öka kraven på användarens kompetens och erfarenhet (Räddningsverket, 2003).

Utöver de osäkerheter som beskrivits finns alltid en risk att användaren inför fel. Ett fel, till skillnad från en osäkerhet, kännetecknas av att det känns igen och inte beror på bristande kunskap hos användaren (van Hees, 2013). Detta medför att de är lätta att upptäcka och hantera genom exempelvis granskning och kontrollberäkningar. I datormodeller finns även en risk att matematiska fel uppstår i beräkningar och att programmet innehåller okända programmeringsfel.

Eftersom osäkerheter och fel är oundvikligt vid användandet av datormodeller, och så även för FDS, blir följden att även resultaten blir osäkra. Detta är mycket viktigt att vara medveten om för att de ska kunna hanteras och för att påverkan på kvalitén ska kunna bedömas, särskilt då avgörande beslut kan fattas baserat på resultaten. Genom att diskutera och försöka värdera osäkerheternas påverkan kan beslutsunderlag och förståelsen förbättras både hos den som utför en analys och ska fatta beslut (Räddningsverket, 2003).

3.3 Jämförelser av studier med lika förutsättningar

Principen att låta ett flertal personer utföra samma uppgift och jämföra resultat och kvalitet har redan genomförts inom andra områden (riskanalys i processindustri och konstruktioner). I dessa har stora skillnader i kvalitet och tillvägagångssätt kunnat påvisas och problemet aktualiserats. Även då väldefinierade uppgifter har utförts skiljer sig resultaten en hel del. Att en uppgift inte utförs precis likadant av alla är välkänt och i princip oundvikligt. Problemet med detta är dock när skillnaderna blir stora och det riskerar att påverka säkerhetsnivån i olika byggnader.

3.3.1 Jämförelse av konstruktion av byggnad

En intressant studie har genomförts av Fröderberg (2014) om variationen i kvalitet för olika konstruktörers arbete. Bakgrunden till studien var att flera byggnader de senaste åren troligtvis har raserat på grund av fel som konstruktören begått. Fröderberg genomförde därför

en round robin-studie där 16 erfarna konstruktörer skulle dimensionera betongpelare samt genomföra last- och stabilitetsberäkningar i ett och samma femvåningshus. Resultaten visade på stor spridning i resultat och att flera hade räknat fel eller angett orimliga lastfördelningar.

Då studien omskrevs i Ny Teknik påpekar Fröderberg även problematiken med att man förlitar sig allt mer på datorprogram (Nohrstedt, 2013a, 2013b). Detta då han menar att risken för att göra fel är större vid användandet av datorprogram och att konstruktörens rimlighetsbedömningar minskar. Dessutom tenderade de som använde datorprogram att inte använda någon säkerhetsmarginal till skillnad från de som handberäknade. I artiklarna diskuteras att problemet kan bero på vissa brister i kunskap hos konstruktörerna. För att få bukt med problemen föreslås nya säkerhetssystem, tredjepartsgranskning och att oerfarna konstruktörer får stöd från kollegor. Vidare påpekas även att kontrollansvariga personer inte alltid räcker till eftersom de ibland saknar den djupa kunskapen som krävs för tillräckliga kontroller (Nohrstedt, 2013a, 2013b).

3.3.2 Jämförelse av riskanalys vid processindustri

Även inom kontexten kvantitativ riskanalys av processindustri har liknande forskning genomförts. Ett av dessa är det europeiska projektet ASSURANCE som avsåg att undersöka skillnader mellan utförda kvantitativa riskanalyser för en och samma lagringsanläggning för ammoniak (Lauridsen et al, 2001a, 2001b). I studien ingick nio europeiska institutioner varav sju läts analysera risken för ammoniakhanteringen. För att dessa skulle ha realistiska och likvärdiga förutsättningar fick samtliga börja med att bekanta sig med anläggningen genom ett platsbesök. Samtliga deltagare fick även tillgång till svar på de frågor som uppstått under arbetets gång. Deltagarna tog tillsammans fram elva referensscenarier, som låg till grund för analysen, för vilka individ- och samhällsrisk skulle bestämmas. Vid jämförelse av tillvägagångssätt och resultat visade det sig att valet av riskanalysmetod varierade samt att signifikanta skillnader erhöles för riskuppskattningarna, trots att alla hade samma förutsättningar. Slutsatser som dras i studien är bland annat att riskanalytikerns bedömningar, främst gällande scenarier, antaganden och förenklingar, märkbart påverkar resultaten. Eftersom dessa även påverkar eventuella beslut som fattas utifrån analysen är det viktigt att uppmärksamma osäkerheternas betydelse och även att försöka mäta dem (Lauridsen et al, 2001a, 2001b).

3.3.3 Jämförelse av utrymningsdimensioneringar

Vid utrymningsdimensioneringar av byggnader kan olika datorprogram användas för att beräkna förflyttningstiden för personer som utrymmer. I ett examensarbete av Knutsmark (2013) undersöktes variationer i utrymningstid mellan olika användare och utrymningsprogram samt motsvarande utrymningsförsök. Försöken genomfördes i en biosalong och detta utrymningsscenario ombads nio svenska brandskyddskonsulter att simulera utifrån samma information. Resultaten påvisade stora variationer mellan brandskyddskonsulterna gällande både val av indataparametrar och den totala utrymningstiden. För att minska variationen, och därigenom även öka likvärdigheten av brandskydd i samhället, föreslår Knutsmark (2013) att riktvärden för olika parametrar ska fastställas samt att användarens kunskap om programmets inställningar och kvalitetssäkring ökas.

3.3.4 Egen reflektion av tidigare studier

Studierna visar att stora variationer i resultat och antaganden kan uppstå trots att alla deltagare utgår från samma information och uppgift. Anledningar till detta är bland annat användarens antaganden/förenklningar, val av beräkningsmodell och teoretiska kunskap inom aktuellt område. Viss problematik beskrivs även kunna uppstå vid användandet av datorprogram, genom minskade rimlighetskontroller och värderingar av resultat.

Studierna är utförda inom andra projekteringsområden men då flera gemensamma faktorer, så som människor, avancerade datorprogram och att stor kompetens krävs vid kontroller, finns även inom brandskyddsbranschen är det rimligt att tro att liknande variationer skulle kunna fås där. Likväl som att ett konstruktionsfel har visat sig kunna få allvarliga konsekvenser, så som byggnadskollaps, skulle felprojekteringar och bristande kvalitetssäkring även inom brandområdet kunna medföra risker för personsäkerheten.

En intressant del att reflektera över är även hur eventuella fel kan upptäckas och hur de olika dimensioneringsområdena testas. En konstruktion blir kontinuerligt påfrestad eftersom den utsätts för laster, och om den har underdimensionerats kan det resultera i ras. Desto svårare är det att testa brandskyddet i en byggnad eftersom dimensioneringen inte testas förrän det faktiskt brinner. Därmed är det svårt att veta hur väl våra byggnader faktiskt är skyddade mot brand. Rent hypotetiskt skulle det alltså kunna vara betydligt sämre ställt inom brand- än konstruktionsområdet eftersom den kontinuerliga påfrestningen inte förkommer på samma sätt.

3.4 Kvalitetssäkring

Vid analytisk dimensionering av brandskydd är kvalitetssäkring en mycket viktig del eftersom den syftar till att verifiera avsteg från förenklad dimensionering enligt BBR och ofta berör mer komplicerade objekt. Kvalitetskontrollen omnämns i BBRAD men innehåller inga specifika krav på hur den ska utföras, vilket framgår av det allmänna rådet i BBRAD avsnitt 6.2 Kontroll av verifiering (Boverket, 2013):

”Allmänt råd

Kontrollplanen enligt 10 kap. 6-8 §§ PBL bör innehålla följande kontrollpunkter:

- Att samtliga avvikelser från förenklad dimensionering är verifierade.*
- Att dimensioneringskontroll är genomförd.*
- Att dimensioneringsförutsättningarna är riktiga.*

Om beräkningar används som underlag till scenarioanalys eller kvantitativ riskanalys bör beräkningarnas riktighet styrkas genom dimensioneringskontroll. Med dimensioneringskontroll avses kontroll av dimensioneringsförutsättningar, bygghandlingar och beräkningar. Denna kontroll bör utföras av en person som inte tidigare har varit delaktig i projektet.”

(BFS 2013:12)

Boverket anger alltså inte hur beräkningar ska genomföras och utgår från att bakomliggande analyser genomförts korrekt. Det finns inte heller några regler för hur CFD-beräkningar ska

utföras eller hur kvalitetssäkringen av dessa ska ske. I BBRAD finns det dock viss specificerad indata angiven för olika fall, så som brandens dimensionerande effektutveckling, tillväxthastighet, förbränningsvärme och sotfraktion som bör användas vid modelleringar (Boverket, 2013).

Ett beräkningsverktyg som kan användas vid analytisk dimensionering är FDS, vilket tidigare har konstaterats vara ett avancerat program som ställer högra krav på användaren (Nystedt & Frantzych, 2011). Då användaren till stor del kan påverka resultatet, som olika beslut ofta baseras på, och därmed även säkerhetsnivån i samhället kan det tyckas anmärkningsvärt att det saknas tydliga gemensamma krav för hur beräkningarna och kvalitetssäkring av dem ska genomföras.

Dessutom ställs inte några formella kunskapskrav på den som utför CFD-beräkningar vilket, i kombination med otydliga regler, eventuellt skulle kunna medföra ytterligare konsekvenser. Detta eftersom en person utan några bakomliggande kunskaper om vare sig branddynamik eller CFD-modeller skulle kunna utföra en beräkning. Därmed är det rimligt att anta att företagets policy för användarens bakgrund, utbildning och kunskap men även kvalitetssäkring av beräkningarna är av stor betydelse.

3.4.1 Vägledningar

I brist på tydliga regler för kvalitetssäkring har vägledningar tagits fram de senaste åren för att hjälpa användare av CFD-modeller att hålla en acceptabel kvalitetsnivå. I rapporten *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar* ger Nystedt och Frantzych (2011) vägledning för kvalitetssäkring av FDS-beräkningar. Utöver denna har vägledningsdokument även bland annat tagits fram i Danmark av Best Practice gruppen (2009) och i Sverige av Briab (2012), som är ett brandskyddskonsultföretag. Dessutom har Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap (BIV) gett ut ett tillämpningsdokument för CFD-beräkningar med FDS (BIV, 2013), vilket är det senast publicerade av de tre. Vid en genomgång av skrifterna konstaterades att de vara relativt lika innehållsmässigt och då studiens deltagare uppgav att BIV:s tillämpningsdokument ofta används beskrivs denna närmare i följande avsnitt.

3.4.1.1 Översikt av BIV:s tillämpningsdokument

Detta dokument sammanställdes av BIV genom ett samarbete mellan representanter från både brandskyddskonsultföretag och forskningsinstitutioner i Sverige år 2013. Avsikten var att den skulle ge stöd för tillämpning av CFD-beräkningar i samband analytisk dimensionering enligt BBRAD. I och med detta skulle såväl användare, granskare som beställare få ökad förståelse för beräkningarna samt hur en acceptabel kvalitetsnivå vid tillämpningen av BBRAD kan uppnås. Dokumentet är huvudsakligen framtaget för FDS version 5.5.3 och avgränsas till att beröra brandgasfyllnad i det tidiga brandförloppet som ofta modelleras i utrymningsanalyser (BIV, 2013).

Tillämpningsdokumentet riktar sig till användare och granskare av FDS, myndigheter samt beställare. Användaren och granskaren förutsätts vara erfarna och ha god förståelse för beräkningsprogrammet och dess begränsningar. Dessutom förutsätts tillfredsställande kunskaper om branddynamik för ett begränsat utrymme för att beräkningsresultaten ska kunna

värderas och kontrolleras. Det poängteras även att användaren alltid har till ansvar att kritiskt granska och kontrollera rimligheten i arbetet. De delar som behandlas är grundläggande arbetsmetodik, kvalitetssäkring, beräkningsteknisk vägledning samt viktiga utdataparametrar (BIV, 2013).

I dokumentet rekommenderas att beräkningens kvalitet ska säkerställas genom granskning både av användaren själv och utsedda granskare. Den interna kontrollen sker genom egenkontroll och med hjälp av intern operatör, som utsetts till kvalitetsgranskare. Vid mer komplexa och omfattande analyser, som kräver särskild granskning, rekommenderas att granskning även sker externt. Granskaren ska ha en oberoende roll och inte föreslå egna lösningar, men ändå hjälpa analysen framåt (BIV, 2013).

Granskningsprocessen beskrivs med ett antal punkter, som minst bör ingå, för såväl användaren som granskaren (intern eller extern). Dessa behandlar övergripande delar samt saker som ska kontrolleras både innan och efter simulering. De övergripande delarna består bland annat av att kontrollera analysens syfte och mål, de valda brandscenarioernas lämplighet samt att bedöma om förenklingarna som görs i FDS är acceptabla. Innan simuleringen ska kontroll genomföras av exempelvis beräkningsdomänen, branden, ytor och material, geometri, specificerad utdata samt koden i indatafilen. Detta sker första gången genom ett fysiskt möte mellan användare och granskare, där användaren ska presentera sin lösning och granskaren ifrågasätta den. Efter simuleringen ska kontroll ske av exempelvis effektutvecklingskurvan i utdatafilen, flamtemperaturen och strömningshastigheter i öppningar och mesh-gränser. De punkter som tas upp i granskningsprocessen är kritiska faktorer för resultatets kvalitet och därmed viktiga att beakta (BIV, 2013).

4 Fullskaleförsök

Studiens huvudsyfte är att jämföra simuleringsresultaten deltagarna sinsemellan, men experimentell data används även för att ge en uppfattning om hur de förhåller sig till verkligheten. I följande avsnitt beskrivs val av försöksobjekt och scenario samt försöksuppställning och begynnelsevillkor.

4.1 Val av scenario

Vid val av scenario beaktades begränsningar hos FDS som uppmärksammats vid litteraturgenomgången, som exempelvis att det inte är tillförlitligt vid underventilerade förhållanden. Till uppgiften söktes därför ett försöksobjekt i full skala med enklare geometri och goda ventilationsförhållanden. Eftersom det inte fanns utrymme att genomföra egna försök, vare sig ekonomiskt eller tidsmässigt, söktes bland redan utförda fullskaleförsök. Som tidigare poängterats råder dock brist på publicerade väldokumenterade fullskaleförsök varför valmöjligheten var relativt begränsad. Vidare skulle deltagarna inte ha tillgång till experimentella resultat i förväg, vilket ytterligare begränsade valet.

Det valda försöket utgörs av ett scenario som beskrivs av Johansson et al (2014) i artikeln ”*A Study of Reproducibility of a Full-Scale Multi-Room Compartment Fire Experiment*”. Försöket genomfördes i brandövningshuset i Revinge, och är relativt väldokumenterat med information om mätinstrument, försöksuppställning, temperaturförhållanden och vind. Närheten till objektet möjliggjorde även kontrollmätning av byggnadens dimensioner.

De data som återfinns är temperaturmätningar i respektive rum och trapphus. I artikeln redovisas endast minimalt med mätresultat för det utvalda scenariot vilket gör att deltagarna inte bör kunna dra nytta av den i uppgiften. Författaren har dock fått tillgång till de icke-publicerade mätresultaten. I en valideringsstudie hade fler uppmätta parametrar önskats, men då huvudfokus i denna studie ligger på att jämföra deltagarna sinsemellan bedöms detta inte vara en betydande svaghet.

Publikationen bygger på försök med varierande ventilationsförhållanden, som har upprepats under flera års tid. Att samma scenario har reproducerats gör att spridningen i resultaten kan undersökas och osäkerheter påvisas/härledas. Dock försvåras detta på grund av variationen i förutsättningar gällande väder och vind samt begynnelsestemperatur i byggnaden. Det scenario som valdes var dock resultatmässigt likt övriga försök för samma scenario, vilket talar för att det är behäftat med färre experimentellt slumpmässiga fel. Tanken med det valda scenariot var att begynnelsevillkoren inte skulle få allt för stor påverkan skulle i simuleringen och att förutsättningarna för simulering skulle vara rimliga. Exempelvis valdes ett försök med relativt låg vindhastighet med förhoppningen att denna parameter inte skulle få avgörande påverkan vid jämförelse av resultat.

4.2 Objektsbeskrivning

Brandövningshuset, i vilket fullskaleförsöket genomförs, ligger på Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps (MSB) övningsområde i Revinge och används främst till diverse praktiska övningar för räddningstjänsten och laborationer i utbildnings syfte.

Byggnaden är utformad som ett trevåningshus med tillhörande trapphus i fyra plan, se figur 1 och figur 2.



Figur 1- Brandövningshuset sett från nordväst.



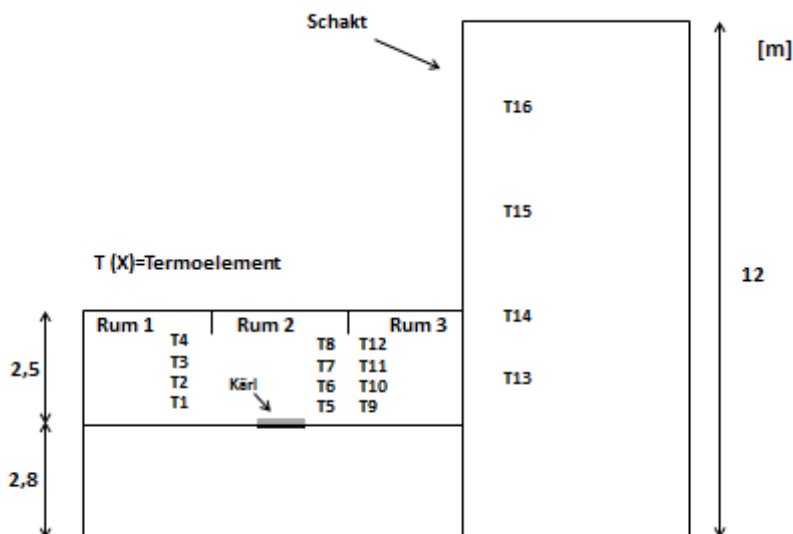
Figur 2 – Brandövningshuset sett från öster.

Det andra våningsplanet utgörs av tre rum vilka totalt sett motsvarar en golvyta på cirka 40 m². Rummen och trapphuset förbinds med dörrar och även öppningar ut i det fria finns tillgängliga, se figur 4. Trapphusets golvyta är cirka 13 m² och dess nivåplan och trappsteg utgörs av metallnät. Bjälklag består av plattsjuten betong och väggarna är uppförda av leca-block täckta med cementbaserad puts. Väggarna är sotiga från tidigare övningar i utrymmet.

4.3 Försöksuppställning

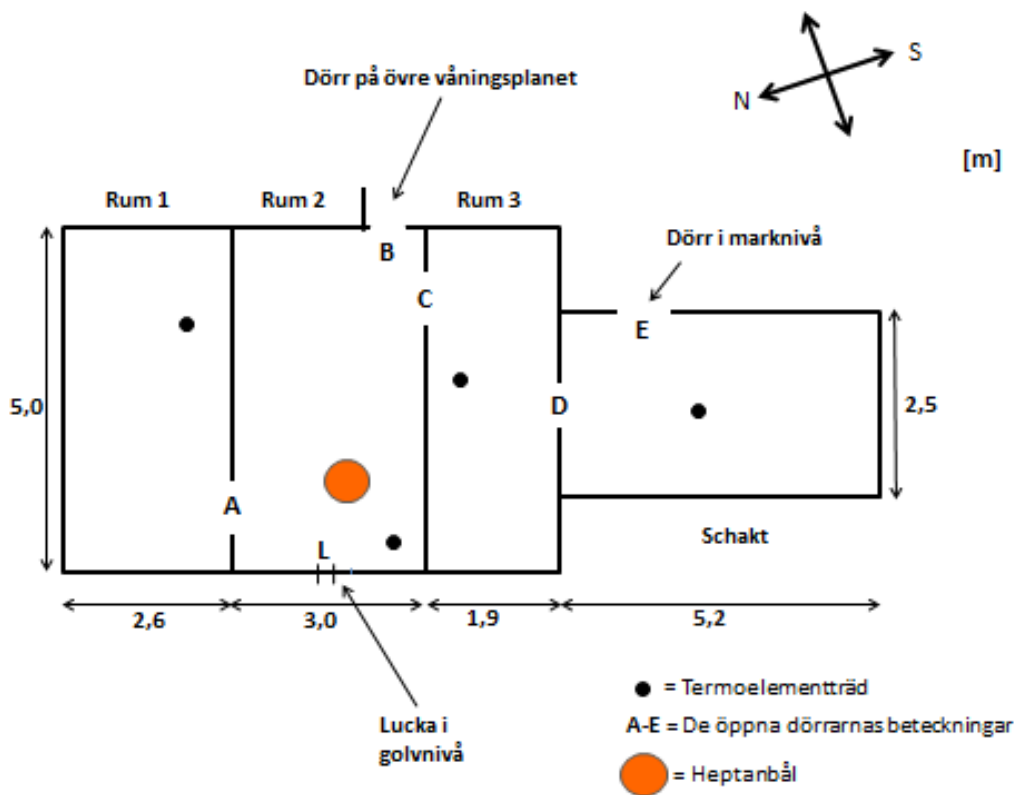
I det mittersta av de tre rummen i figur 4 placerades ett stålkärl som fylldes med cirka 20 liter heptan. Detta placerades på en lastcell som kontinuerligt mätte hur mängden bränsle minskade under försöket. Bränslet antändes med en tändsticka och förloppet fortgick i cirka tio minuter.

Under försöket mättes temperatur upp i fyra punkter i respektive utrymme, se figur 3. Mätningen utfördes med termoelement (typ K) som var 0,51 mm tjocka.



Figur 3 - Byggnaden i profil med angivna innermått och placering av termoelement och kärlet med heptan.

Under hela försöket var dörr B och E, se figur 4, öppna ut mot det fria. Dörr B var endast 90° öppen och dörr E 180°. Luckan L var helt öppen under försöket. De tre rummen förbinds även via dörr A och C samt trapphuset med dörr D.



Figur 4 - Byggnaden sett ovanifrån med utmarkerad placering av termoelementträd, heptanbål och öppningar. Samtliga mått är innermått och anges i meter.

4.3.1 Begynnelsevillkor

Information om väderförhållandena vid försökstillfället har hämtats från Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) och bygger på beräkningar från närliggande väderstationer. Tillgängliga data är luftfuktighet, utomhustemperatur, vindhastighet och vindriktning. Inomhustemperaturen i byggnaden mättes med termoelementen i försöksuppställningen innan heptanbålet antändes. Byggnaden ligger relativt fritt och utan nära angränsande byggnader.

För ytterligare information om exempelvis byggnadens mått och begynnelsevillkor hänvisas till artikeln av Johansson et al (2014) och instruktionen i bilaga B.

4.3.2 Mätosäkerheter

I dokumentationen från försöket anges inte en exakt placering av termoelementträden eller brandkällan eftersom det varierade något mellan åren. Vidare är termoelementens höjder uppmätta för hand och anger ungefärliga värden. I samråd med försöksledaren, som deltagit vid alla försök under flera år, bedöms dock angivna placeringar överensstämma relativt väl. Mätosäkerheten hos termoelementen uppskattades i artikeln vara 2-3 procent genom tidigare upprepade försök. I befintliga ritningar visade sig angivna dimensioner för byggnaden inte vara korrekta varför en kontrollmätning genomfördes i efterhand.

5 Simuleringsuppgiften

I följande avsnitt motiveras uppgiftens utformning samt förenklingar och givna förutsättningar beskrivs. Dessutom presenteras information om deltagarna i studien som erhöles i den uppföljande enkäten.

5.1 Utformning av uppgift

Uppgiften gick ut på att simulera ett specifikt scenario, vilket baserades på den experimentella uppställningen som beskrivs i kapitel 4.2. Strategin i uppgiften var att ge deltagarna detaljerad information om försöket och de förhållanden som kan vara viktiga för ett brandförlopp. De skulle alltså ha förutsättningarna att efterlikna försöket så långt det gick, och själva få bedöma vad de ville prioritera, beakta och förenkla. Däremot fick de inte tillgång till några mätresultat från försöket. Instruktionen till uppgiften presenteras i bilaga B.

I tidigare studier nämns att det har varit svårt att härleda vad variationer i resultat beror på då mer komplexa fall, som inkluderat exempelvis brandspridning, har använts. I den skotska studien läts deltagarna uppskatta en egen brandeffekt, och det konstaterades att denna uppskattning var svår och låg bakom skillnaderna (Rein et al, 2011). Detta är ytterligare en orsak till att det bedömdes intressant att undersöka ett enklare fall för att se om skillnader ändå uppstår.

Information som deltagarna delgavs var väder- och vindförhållanden, byggnadens placering och de öppna dörrarnas position framgick. Detta eftersom väder- och ventilationsförhållanden samt olika hinder kan påverka flöden av luft och varma gaser och vara av stor betydelse i verkliga bränder (Johansson et al, 2014). Utöver temperaturökning undersöktes även andra parametrar, även om de inte kunde jämföras med experimentell data. De som efterfrågades var infallande värmestrålning, sikt och gashastighet. Deltagarna antogs vara välbekanta med mätningar av strålning, sikt och temperatur eftersom dessa utgör kritiska exponeringsnivåer som normalt sett utvärderas vid utrymningsdimensionering enligt BBRAD. I BIV:s tillämpningsdokument, se kapitel 3.4.1.1, rekommenderas även att kontrollera hastighet i öppningar varför gashastigheten även den antogs vara en känd parameter.

Uppgiften skiljer sig i vissa avseenden från normal brandskyddsprojektering. I sin vardag har brandskyddskonsulten oftast inte tillgång till lika detaljerad information om exempelvis branden och i BBRAD är bränsle- och brandegenskaper standardiserade. I uppgiften angavs en massavbrinningshastighet för branden och inte en effekt som i BBRAD, men då denna kan översättas till en effekt förutsattes det inte skapa problem. Vissa likheter finns mellan uppgiften och en projekteringssituation och exempel på detta är att parametrarna som efterfrågas ingår i BBRAD, byggnaden finns i verkligheten och att en brandeffekt kan bestämmas. Trots att skillnader finns bedöms det vara intressant att undersöka om erfarna personer gör på samma sätt för att ta fram ett antal eftersökta variabler.

De allra flesta brandskyddskonsulter angav vid den första kontakten att de använde FDS 5, och för att underlätta jämförelserna av resultat och utesluta skillnader i resultatet beroende på versionstyp bestämdes att samtliga skulle använda FDS 5. Det finns olika versioner av FDS 5

och deltagarna rekommenderades att använda version 5.5.3, men det var inte uteslutet att använda andra versioner.

5.1.1 Förenklingar

För att deltagarna inte skulle känna igen byggnaden och scenariot i förväg justerades och utelämnades viss information:

- Ingen information om var försöket hade utförts angavs
- Trapphuset förenklades till ett tomt schakt

För att underlätta FDS-modelleringen något utfördes följande förenklingar:

- Temperaturen i samtliga rum och trapphuset antogs vara lika (-3° C)

Vidare angavs inte mindre hål och ojämnheter i väggar eftersom de bedömdes ha liten påverkan på förloppet. Tjockleken på väggarna varierade även något, men då branden endast pågick en kortare tid bedömdes påverkan vara försumbar i sammanhanget.

5.1.2 Givna förutsättningar

I uppgiften presenterades all den information som fanns tillgänglig från försöket för att deltagaren själv skulle ha möjligheten att avgöra vad som var viktigt att ta hänsyn till. Samtliga deltagare hade samma förutsättningar och erhöll samma information. Gällande byggnaden angavs material, innermått och dörröppningarnas position. Även försöksuppställningen beskrevs med placering av mätpunkter, tjocklek på termoelement och rådande ventilationsförhållanden. Brandkällans placering och utformning visades samt den experimentellt uppmätta massavbrinningshastigheten. Följande villkor från försöket gavs även:

- Inomhustemperatur (samma för rum 1,2,3 och schaktet)
- Utomhustemperatur
- Vindhastighet och vindriktning
- Luftfuktighet
- Sotiga väggar
- Dörrarnas position (öppna 90° eller 180°)
- Byggnaden ligger relativt fritt utan närliggande byggnader

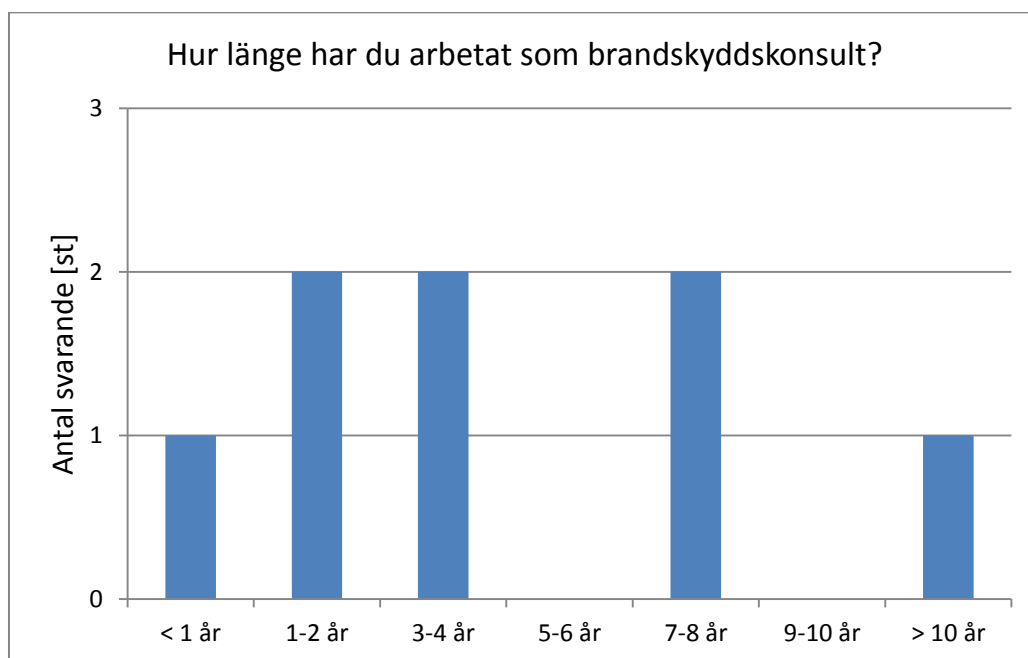
För utförligare information om givna förutsättningar och uppgiften se instruktionen i bilaga B.

5.2 Information om deltagarna

I detta avsnitt presenteras den bakgrundsinformation om deltagarna och de företag de representerar som samlades in via enkätundersökningen. Frågorna berör bland annat erfarenhet av FDS, brandskyddskonsultyrket samt deltagarnas uppskattning av sin egen kunskapsnivå.

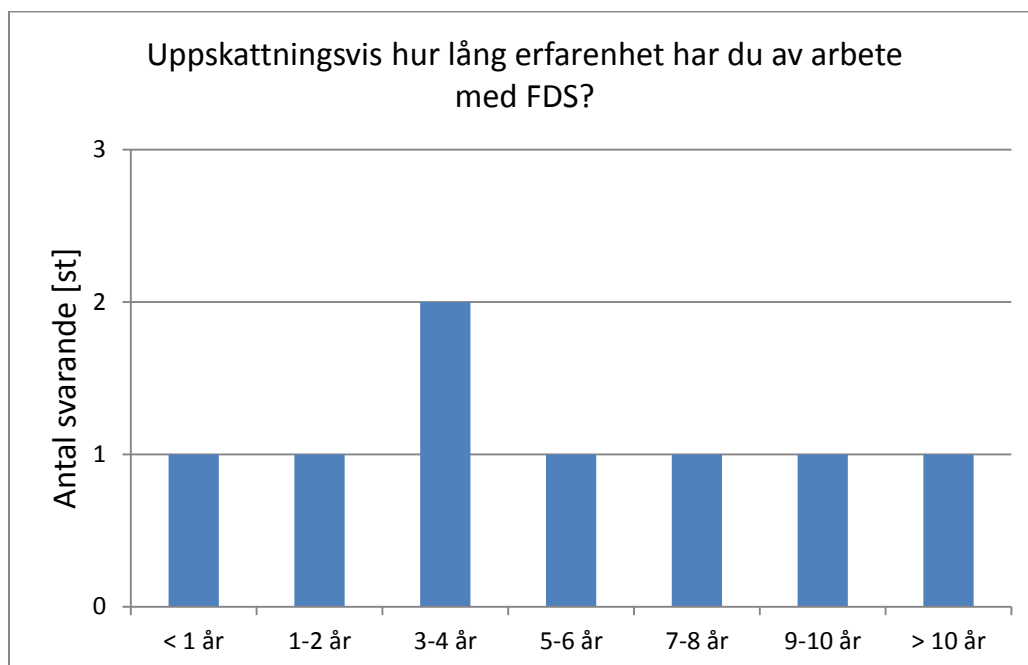
Det framgår att samtliga åtta deltagare är utbildade till brandingenjörer och arbetar på svenska brandskyddskonsultföretag. Sex av dessa är även civilingenjörer i riskhantering. Deltagarnas

medelålder är 30 år och de har i genomsnitt arbetat som brandskyddskonsulter i cirka fyra år. En översikt av spridningen i antal arbetade år som brandskyddskonsult presenteras i figur 5.



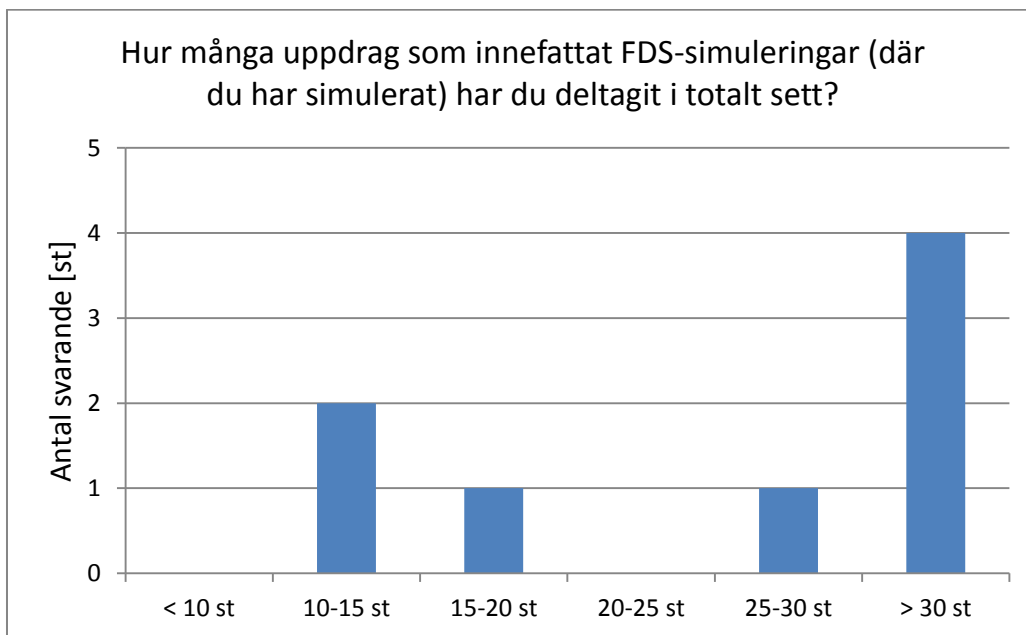
Figur 5 – Sammanställning av deltagarnas antal arbetade år som brandskyddskonsult.

Deltagarna har i genomsnitt cirka sex års erfarenhet av arbete med FDS och en översikt av spridningen visas i figur 6.



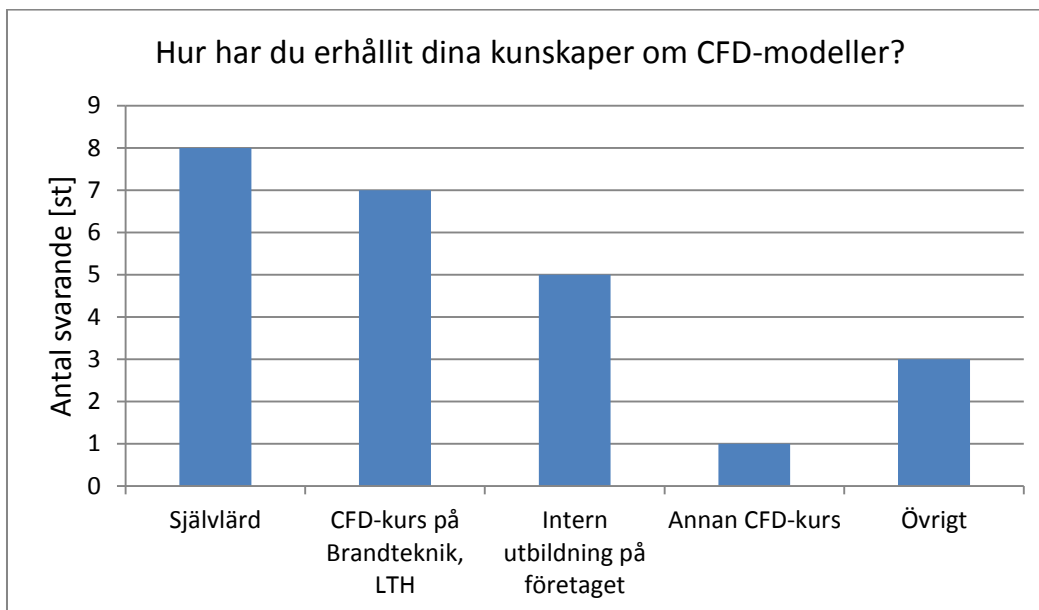
Figur 6 - Sammanställning av deltagarnas erfarenhet av arbete med FDS i antal år.

Samtliga deltagare har genomfört minst tio projekt som innefattat FDS, vilket var en förutsättning för att delta i studien. Majoriteten har dock genomfört betydligt fler projekt vilket framgår av figur 7.



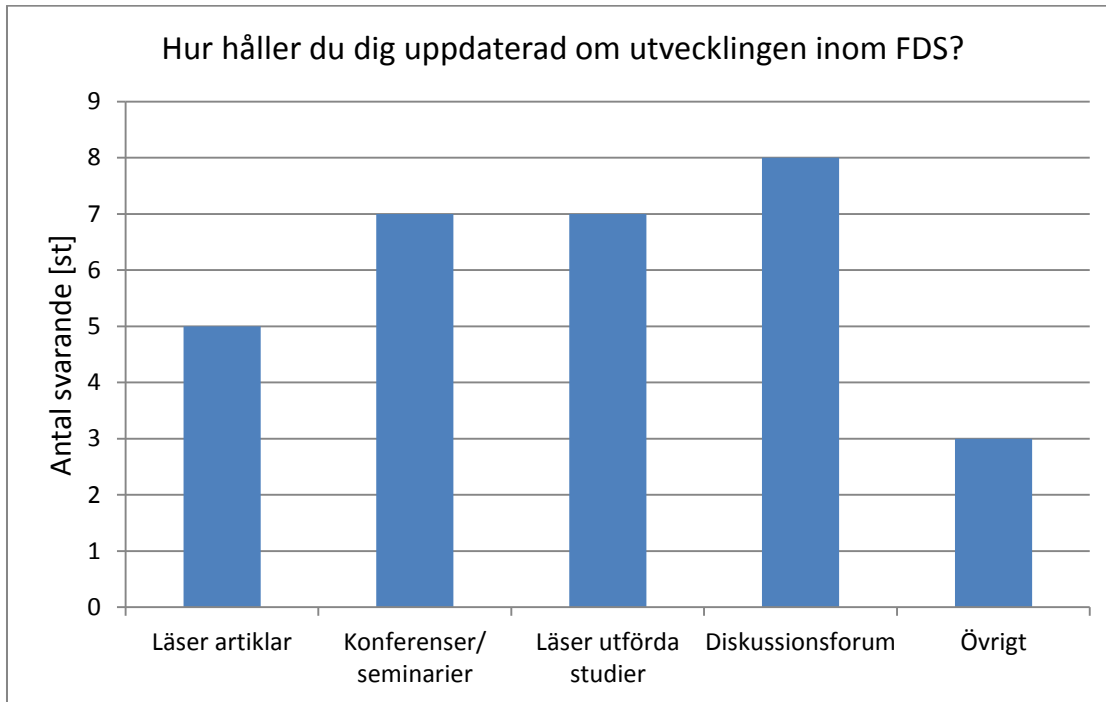
Figur 7 - Sammanställning av antalet uppdrag med FDS-simuleringar som deltagarna deltagit i totalt sett.

Majoriteten av deltagarna har erhållit sin kunskap om CFD-modeller genom en kombination av CFD-kurs vid Brandteknik, LTH, intern utbildning på företaget samt att lära sig själva. Deltagarna kunde ange flera svarsalternativ på denna fråga. Som framgår av figur 8 anger samtliga åtta att de är självlärda, sju att de läst CFD-kurs vid LTH och fem att de utbildats internt på företaget. De övriga kunskapskällorna som anges är konferenser, examensarbete på SP samt möte/kurs med BIV.



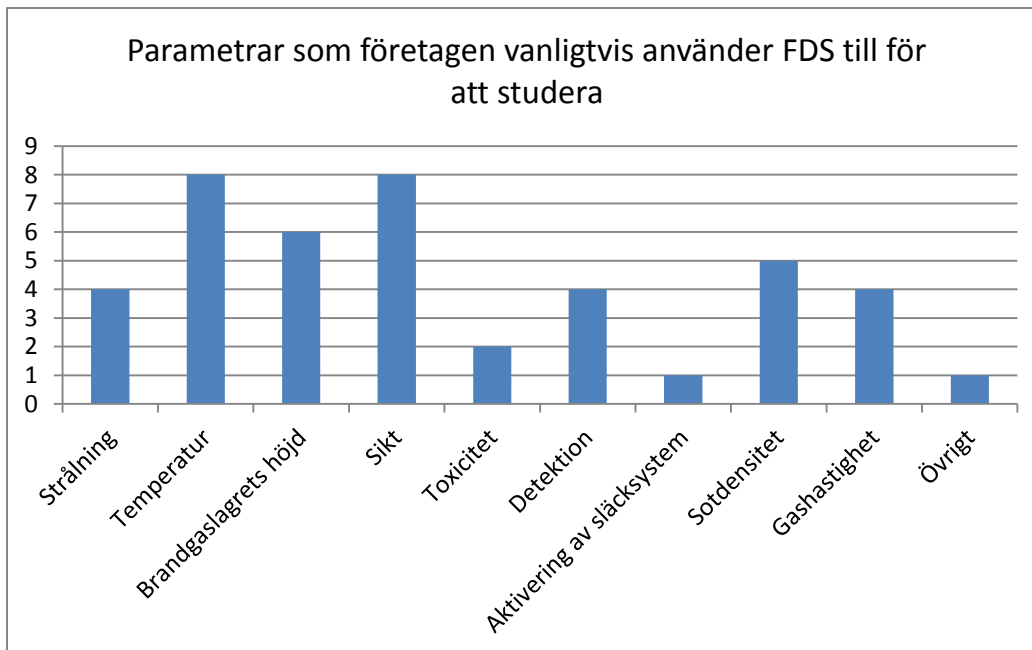
Figur 8 – Sammanställning av deltagarnas hur deltagarna erhållit sin kunskap om CFD-modeller.

Majoriteten av deltagarna håller sig uppdaterade om FDS via diskussionsforum, genom att gå på konferenser/seminarier samt att läsa om utförda studier inom området, vilket framgår av figur 9. Ett flertal läser även artiklar som berör området. I övrigt nämndes diskussioner med vänner och kollegor, medverkan i framtagande av rekommendationer, utvecklande av tekniska vägledningar samt att man håller föreläsningar och skriver om ämnet. Deltagarna kunde ange flera svarsalternativ på denna fråga.



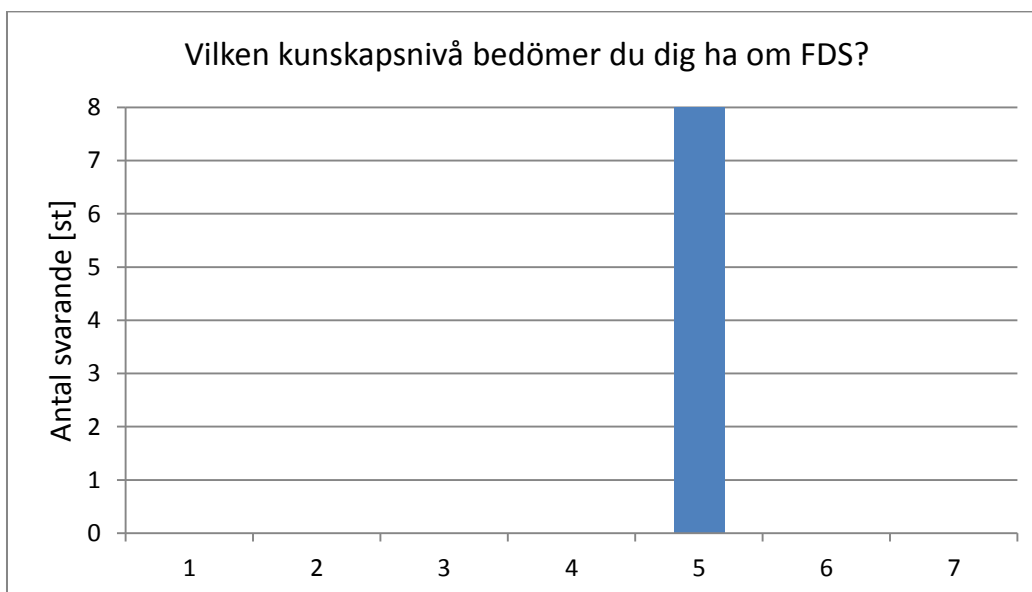
Figur 9 – Sammanställning av tillvägagångssätt för hur deltagarna uppdaterar sig om utvecklingen inom FDS.

De parametrar som vanligtvis studeras med hjälp av FDS framgår av figur 10. Temperatur och sikt används av samtliga och därefter kommer brandgaslagrets höjd följt av soddensitet. Hälften angav även att strålning, gashastighet och detektion studeras. En kommentar som även erhöles var att vissa parametrar aldrig blir kritiska och endast kontrolleras för att de måste enligt BBRAD.



Figur 10 – Sammanställning av parametrar som företagen vanligtvis studerar med hjälp av FDS.

Deltagarna läts även skatta den egna kunskapsnivå om FDS samt hur den förhåller sig till andra i branschen. Samtliga angav alternativet 5 gällande sin egen kunskapsnivå, vilket framgår av figur 11, där 1 motsvarar mycket låg och 7 mycket hög.



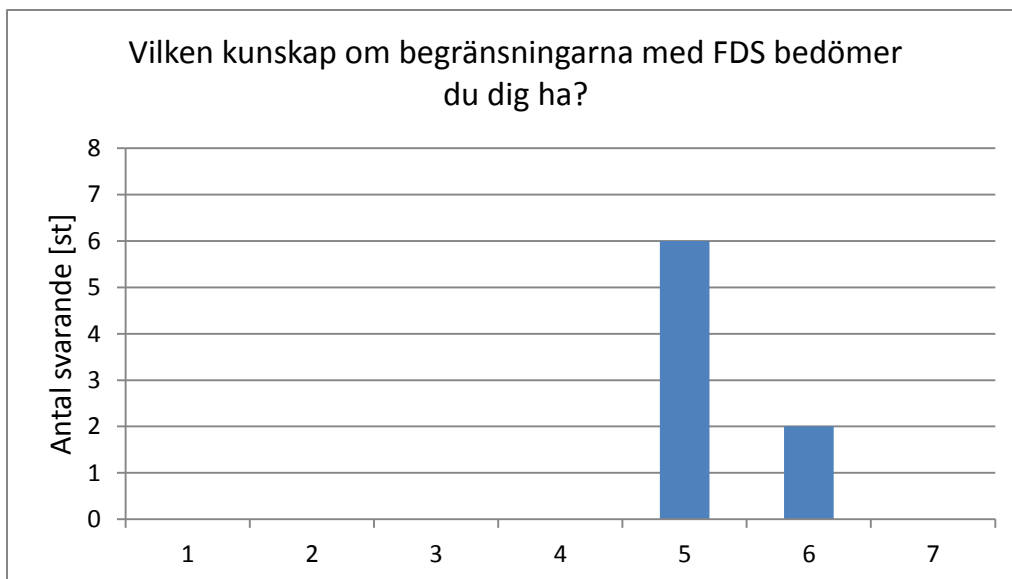
Figur 11 – Sammanställning av deltagarnas bedömning av sin kunskapsnivå om FDS.

Vid skattningen av hur den egna kunskapsnivån förhåller sig till andra brandingenjörer som arbetar med FDS varierade svaren mellan 4-6, vilket framgår av figur 12. Alternativ 1 motsvarar mycket lägre och 7 mycket högre. Hälften av deltagarna angav det mittersta alternativet 4 medan övriga svarade 5 eller 6.



Figur 12– Sammanställning av deltagarnas egen bedömda kunskapsnivå om FDS i förhållande till andra som arbetar med programmet.

Vid bedömningen av den egna kunskapen om begränsningarna med FDS valde majoriteten alternativ 5 och övriga alternativ 6, vilket framgår av figur 13. Alternativ 1 motsvarar mycket liten och 7 mycket stor.



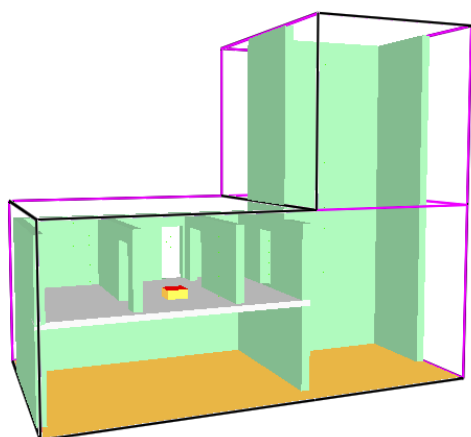
Figur 13 – Sammanställning av deltagarnas egen bedömda kunskap om begränsningarna med FDS.

6 Sammanställning av indata till simuleringarna

I följande avsnitt sammanställs de val av indata som framgår av respektive deltagares kod i indatafilen. Totalt deltog åtta personer från åtta olika företag. Sju av dessa deltagare använde FDS 5 version 5.5.3 medan deltagare D använde FDS 5 version 5.4.3. Sex av åtta deltagare använde sig av Pyrosim medan de övriga två skrev koden för hand.

6.1 Geometri

Samtliga deltagare byggde upp geometrin på ett sätt som motsvarade försöksobjektet, och ett exempel på detta visas i figur 14. Vissa skillnader fanns gällande hur markplanet hanterades, och i några fall togs detta bort helt. Samtliga tog hänsyn till dörrarnas angivna öppningsgrad. För ytterligare information om respektive deltagares utformande av geometri hänvisas till figurerna i bilaga C.



Figur 14 – Exempel på uppbyggd geometri i FDS som visualiseras med hjälp av Smokeview.

Utformandet av beräkningsdomänen varierade både med avseende på cellstorlek och antal mesher, vilket framgår i tabell 1. Utöver deltagare D har samtliga använt en och samma cellstorlek för alla sina mesher. Majoriteten använde celler med en storlek av 10 cm, men förekom även 20 cm och 5 cm celler. Det totala antalet celler blev för de flesta ungefär en miljon, men betydligt lägre för deltagare D och H och högre för C och E.

Tabell 1- Sammanställning av vald cellstorlek , antal mesher samt resulterande antal celler för respektive deltagare.

Deltagare	Mesher [st]	Cellstorlek vid brand [m]	Cellstorlek övrigt [m]	Totalt antal celler [st]
A	3	0,1	0,1	1 321 920
B	4	0,1	0,1	1 641 600
C	1	0,1	0,1	2 016 000
D	4	0,1	0,2	360 000
E	4	0,05	0,05	3 419 040
F	2	0,1	0,1	960 000
G	2	0,1	0,1	1 399 680
H	4	0,1	0,1	511040

6.2 Byggnadsmaterial och konstruktion

Den information som deltagarna erhöll om byggnadens material och konstruktion var att väggarna var uppbyggda av 30 cm tjocka leca-block med cirka 5 mm cementbaserad puts samt att bjälklag bestod av betong med en tjocklek av 20 cm. Dessutom beskrevs att samtliga invändiga ytor var sotiga vid försökets start.

I tabell 2 framgår hur respektive deltagare valde att specificera väggarnas byggnadsmaterial. Där mer än ett material anges innebär det att väggen har skapats av flera material, där det först nämnda kommer ytterst på väggen. Då deltagare A har använt inerta väggar och deltagare G adiabatiska väggar presenteras inga materialspecifika data för dessa. Deltagare E och F specificerade ingen emissivitet för de angivna materialen, vilket innebär att FDS då använder standardvärdet 0,9 (McGrattan et al, 2010).

Tabell 2 – Sammanställning av de materialegenskaper för väggarna som respektive deltagare har specificerat.

Deltagare	Specificerat material	c_p [J/(kg*K)]	ρ [kg/m ³]	k [W/(m*K)]	ϵ [-]
A	Nej <i>INERT</i>	-	-	-	-
B	Ja Leca	1,0	725	0,2	0,7
C	Ja Leca	1,05	650	0,2	0,9
D	Ja Leca	1,05	650	0,205	0,95
E	Ja Betong/leca	1,04/1,0	2280/650	1,8/0,2	-/-
F	Ja Betong/lättbetong	1,04/1,0	2280/500	1,8/0,15	-/-
G	Nej <i>ADIABATIC</i>	-	-	-	-
H	Ja Kalciumsilikat/Tegel	1,25-1,55 ¹ / 0,82	720/1500	0,12/0,37	0,83/-

¹ Värdet *RAMPAS* från 1,25 (T=20 °C) till 1,55 (T=600 °C).

Samtliga deltagare, med undantag för A och G, skapade ytor (*SURF*) av materialen och angav med hjälp av dessa materials tjocklek. Ytorna användes sedan på samtliga väggar. Deltagare B, C och D använde 30 cm tjocka ytor bestående av ett material för att återskapa leca-väggarna. Även deltagare E, F och H använde 30 cm tjocka ytor för att återskapa leca-väggarna, men adderade dessutom ett 5 mm tjockt lager ytterst på ytan, motsvarande putsskiktet. Tjocklekarna som beskrivs ovan syftar alltså till materialens tjocklek vilka specificeras på *SURF*-raden och skall inte blandas ihop med byggnadsdelarnas tjocklek som specificeras på *OBST*-raden, vilken samtliga deltagare anpassade efter cellstorleken.

I tabell 3 framgår hur respektive deltagare valde att specificera bjälklagens byggnadsmaterial. Då deltagare A använde inerta bjälklag och deltagare G adiabatiska presenteras inga materialspecifika data för dessa. Deltagare A, E, F, G och H specificerade ingen emissivitet för de angivna materialen.

Tabell 3 - Sammanställning av de materialegenskaper för bjälklag som respektive deltagare har specificerat.

Deltagare	Specificerat material		c_p [J/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]	k [W/(m·K)]	ϵ [-]
A	Nej	<i>INERT</i>	-	-	-	-
B	Ja	Betong	1,04	2280	1,8	0,7
C	Ja	Betong	0,88	2300	1,7	0,9
D	Ja	Betong	1,04	2280	1,8	0,95
E	Ja	Betong	1,04	2280	1,8	-
F	Ja	Betong	1,04	2280	1,8	-
G	Nej	<i>ADIABATIC</i>	-	-	-	-
H	Nej	Betong	0,9	2300	1,63-0,45 ¹	-

¹ Värdet *RAMPAS* från 1,63 (T=0 °C) till 1,55 (T=1300 °C).

Samtliga deltagare, med undantag för A och G, skapade ytor (*SURF*) av materialet och angav med hjälp av dessa bjälklagens tjocklek. Samtliga angav bjälklagens tjocklek till 20 cm på *SURF*-raderna.

Gällande hänsyn till värmegenomgång i konstruktionens valde deltagare C att ange *BACKING*= '*INSULATED*' för samtliga ytor medan deltagare E angav *BACKING*= '*EXPOSED*'. De övriga specificerade inte detta vilket innebär att de erhöll default-värdet *BACKING*= '*VOID*' (McGrattan et al, 2010).

6.3 Brandkällan

I följande avsnitt beskrivs indata för respektive deltagares bränsle och brännare.

6.3.1 Bränsle

Den information som deltagarna fick om bränslet vid försöket var att det utgjordes av heptan. Samtliga deltagare angav bränslets sammansättning med det antal kol- och väteatomer som motsvarar heptans uppbyggnad. En avvikelse är dock att deltagare A ofrivilligt använde propan istället för heptan då koden inte skrevs fullständigt, vilket innebär att FDS istället använder default-värden och inte de värden som deltagaren själv specificerar för bränslet.

I tabell 4 presenteras vad deltagarna använde för bränsle och tillhörande parametrar så som kolmonoxidfraktion, sotfraktion, förbränningsvärme samt om förbränningsvärmets är idealt eller ej. Som framgår av tabellen specificerade inte alla något värde för förbränningsvärme eller om det var idealt eller effektivt i indatafilen. Om *IDEAL* inte specificeras av användaren används default-värdet *FALSE*, vilket innebär att ett effektivt förbränningsvärme ska anges.

För att i kommande analys kunna göra en mer rättvis jämförelse deltagarna sinsemellan presenteras även det förbränningsvärme som använts av FDS i respektive simulering, vilka erhållits ur utdatafilerna.

Tabell 4 – Sammanställning av parametrar för bränslet som respektive deltagare specificerat.

Deltagare	Bränsle	ΔH_c Angiven [kJ/kg]	ΔH_c Erhållen [kJ/kg]	IDEAL	CO- fraktion [kg/kg]	Sot- fraktion [kg/kg]
A	Propan	44500 ¹	47281 ²	- ¹	0,008 ¹	0,015 ¹
B	Heptan	44600	44600 ²	-	0,01	0,037
C	Heptan	41200	39856 ²	TRUE	0,01	0,037
D	Heptan	44000	44000 ²	-	0,008	0,015
E	Heptan	-	45533 ²	-	0,006	0,015
F	Heptan	44600	44600 ²	-	0,006	0,015
G	Heptan	-	45533 ²	-	0,006	0,015
H	Heptan	-	45533 ²	-	0,006	0,015

¹ Ofullständigt skriven reaktion resulterade i bränslet propan, men de värden som deltagare A specificerade gäller för heptan.

² Av FDS använd förbränningsvärme, erhållen ur respektive utdatafil.

6.3.2 Brännare

Brandkällan i försöket utgjordes av ett cirkulärt kärl med en area om 0,5 m², som var upphöjd 250 mm ovanför golvet. Samtliga deltagare anpassade denna yta till en kvadrat, för att passa de kubiska cellerna, med en area om 0,49 m² vilket framgår av tabell 5. För att definiera branden användes två olika metoder, där antingen en effektutveckling per ytenhet eller massavbrinningshastighet per ytenhet angavs enligt tabell 5.

För att underlätta jämförelsen har den totala maximala massavbrinningshastigheten för respektive deltagare beräknats. Den givna kurvan för massavbrinningshastigheten återfinns i instruktionen i bilaga B.

Samtliga använde *RAMP* för att styra effektutvecklingen och hur noga denna anpassades efter den givna kurvan för massavbrinningshastigheten varierade. Till skillnad från övriga valde deltagare C att dela upp sin brännare i tre delar, vilka hade samma maximala effektutveckling men olika snabb stegring.

Tabell 5 – Sammanställning av parametrar gällande brännarytan för respektive deltagare.

Deltagare	Area [m ²]	Antal celler motsvarande brandytan	MLRPUA [kg/(s·m ²)]	HRRPUA [kW/m ²]	Maximal MLR [kg/s]
A	0,7 x 0,7	49	0,068	-	0,033 ¹
B	0,7 x 0,7	49	0,035	-	0,017 ¹
C	0,7 x 0,7	49	-	1516	0,02 ³
D	0,7 x 0,7	49	-	2671	0,029 ²
E	0,7 x 0,7	196	0,07	-	0,034 ¹
F	0,7 x 0,7	49	-	2294	0,025 ²
G	0,7 x 0,7	49	0,0716	-	0,035 ¹
H	0,7 x 0,7	49	0,067	-	0,033 ¹

¹ Maximal MLR = Area · MLRPUA

² Maximal MLR = Area · (HRRPUA / $\Delta H_{c,effektiv}$) · $\Delta H_{c,effektiv}$ hämtas från Tabell 4.

³ Maximal MLR = Area · (HRRPUA / ($\Delta H_c \cdot X$)). ΔH_c hämtas från Tabell 4 och förbränningseffektiviteten antas till 0,9 (SFPE, 2002).

Samtliga deltagare placerade brännarytan på ovansidan av en låda med höjden 20-30 cm. Övriga sidor på brännaren definierades som inerta av deltagare A, E, F, G och H, som adiabatiska av deltagare C, som av stål av deltagare B samt som av betong för deltagare D.

6.4 Väderförhållanden/begynnelsevillkor

Vid fullskaleförsöket erhöles information om begynnelsevillkoren för vindhastighet, vindriktning, luftfuktighet samt inomhus- och utomhustemperatur. I tabell 6 sammanställs vilka begynnelsevillkor deltagarna valde att ta hänsyn till.

Att inomhus- och utomhustemperaturen skiljde sig åt beaktades av sex deltagare. Dessa angav omgivningstemperaturen (*TMPA*) till -8,5°C och en initial temperatur på -3°C inomhus. De två övriga deltagarna angav *TMPA* till antingen -8,5°C eller -3°C för både inomhus- och utomhustemperatur. Samtliga deltagare angav luftfuktigheten till 90 procent.

Tabell 6- Sammanställning av de begynnelsevillkor som deltagarna använde.

Deltagare	Vindpåverkan	Omgivningstemperatur (<i>TMPA</i>) [°C]	Inomhustemperatur [°C]	Luftfuktighet [%]
A	Nej	-8,5	-3	90
B	Nej	-8,5	-3	90
C	Ja	-8,5	-3	90
D	Ja	-8,5	-3	90
E	Nej	-8,5	-8,5	90
F	Ja	-8,5	-3	90
G	Ja	-8,5	-3	90
H	Ja	-3	-3	90

I tabell 7 framgår att tre deltagare modellerade vinden genom att ange vektorer, en genom att använda ett dynamiskt tryck samt genom att en skapade en yta med angiven hastighet. Övriga tre modellerade inte vindpåverkan.

Tabell 7 – Tillvägagångssätt för modellering av vindpåverkan.

Deltagare	Tillvägagångssätt
C	Dynamiskt tryck
D	Yta med hastighet
F	Vektor
G	Vektor
H	Vektor

6.5 Mätparametrar

I följande avsnitt beskrivs de parameterintervall som gjordes för mätningar av temperatur, infallande strålning, gashastighet och sikt.

6.5.1 Temperatur

I fullskaleförsöket mättes temperaturen med ett antal termoelement (typ K) av tjockleken 0,51 mm. I tabell 8 anges om deltagarna valde att använda termoelement vid mätningen, och om dess tjocklek då specificerades. Detta innebär att deltagare C som inte specificerade termoelementets tjocklek erhöll default-värdet 0,001 mm (McGrattan et al, 2010).

Tabell 8 – Sammanställning av parametrar för temperaturmätning för respektive deltagare.

Deltagare	Quantity [°C]	Tjocklek termoelement [mm]
A	<i>TEMPERATURE</i>	
B	<i>THERMOCOUPLE</i>	0,51
C	<i>THERMOCOUPLE</i>	-
D	<i>THERMOCOUPLE</i>	0,51
E	<i>THERMOCOUPLE</i>	0,51
F	<i>THERMOCOUPLE</i>	0,51
G	<i>THERMOCOUPLE</i>	0,51
H	<i>THERMOCOUPLE</i>	0,51

Det noterades att deltagare C inte hade angett den översta mätpunkten i rum 2 samt att samtliga fyra mätpunkter i rum 3 placerats på samma höjd. Vid kommande jämförelser av mätpunkter som deltagare C utelämnat representeras deltagaren därmed inte.

6.5.2 Strålning

Deltagarna ombads mäta den infallande strålningen i mittpunkten av taket i rum 1 samt på golvet i rum 2 och rum 3. Som framgår av tabell 9 använde fyra deltagare *RADIATIVE HEAT FLUX*, två *GAUGE HEAT FLUX*, en *INCIDENT HEAT FLUX* respektive *RADIATIVE HEAT FLUX GAS*. Samtliga angav $IOR=3$ (+ eller -) som anger en mätriktning i z-led. Dock noterades att deltagare C hade angivit ett positivt *IOR*-värde i rum 1 vilket medför att

strålningen mäts från taket och inte mot det. Hälften av deltagarna använde default-inställningarna som innebär 104 strålningsvinklar och en strålningsandel 0,35 (McGrattan et al, 2010). De övriga valde att utöka antalet strålningsvinklar inom ett spann på 300-2000 vinklar. Endast två deltagare, B och F, valde att inte använda default-värdet för strålningsandelen.

Tabell 9 – Sammanställning av samtliga deltagares val av antal strålningsvinklar, strålningsandel och vald output.

Deltagare	Antal strålningsvinklar [st]	Strålningsandel [-]	Quantity
A	104	0,35	RADIATIVE HEAT FLUX
B ²	1040	0,305	GAUGE HEAT FLUX
C	104	0,35	RADIATIVE HEAT FLUX
D	104	0,35	RADIATIVE HEAT FLUX GAS
E	1000	0,35	INCIDENT HEAT FLUX
F	2000	0,33	RADIATIVE HEAT FLUX
G ²	300 ¹	0,35	GAUGE HEAT FLUX
H	104	0,35	RADIATIVE HEAT FLUX

¹NMIEANG=45 angavs även. 15 motsvarar default-värdet (McGrattan, 2010).

² Angav att strålningsmätaren hade begynnelsestemperaturen -3°C.

6.5.3 Sikt

Deltagarna ombads mäta sikten på 1,8 m höjd i mittpunkten av rum 1, 2 och 3 samt på 5 m höjd i schaktets mittpunkt. Samtliga deltagare använde outputen *VISIBILITY* för siktmätningen och sex av dessa valde att mäta i en enskild punkt. Deltagare B gjorde dock en volymmätning men endast över en cell, vilket alltså motsvarar en punktmätning. Endast deltagare F gjorde en volymmätning över fler celler, åtta stycken, runt mittpunkten. Väsentliga parametrar för sikt är förbränningsvärme och sotfraktion, vilka presenteras i tabell 4. Sex av åtta deltagare valde sotfraktionen 0,015 kg/kg och resterande två 0,037 kg/kg.

6.5.4 Gashastighet

Deltagarna ombads mäta den horisontella gashastigheten i dörröppning B och D på fyra efterfrågade höjder i respektive öppning. Den funktion som valdes för respektive dörr framgår av tabell 10. Hastigheten i x-riktning fås genom att ange *U-VELOCITY* och i y-riktning av *V-VELOCITY*. Om endast *VELOCITY* anges fås den totala hastigheten vilken alltid är positiv.

Tabell 10 – Sammanställning av respektive deltagares hastighetsfunktion.

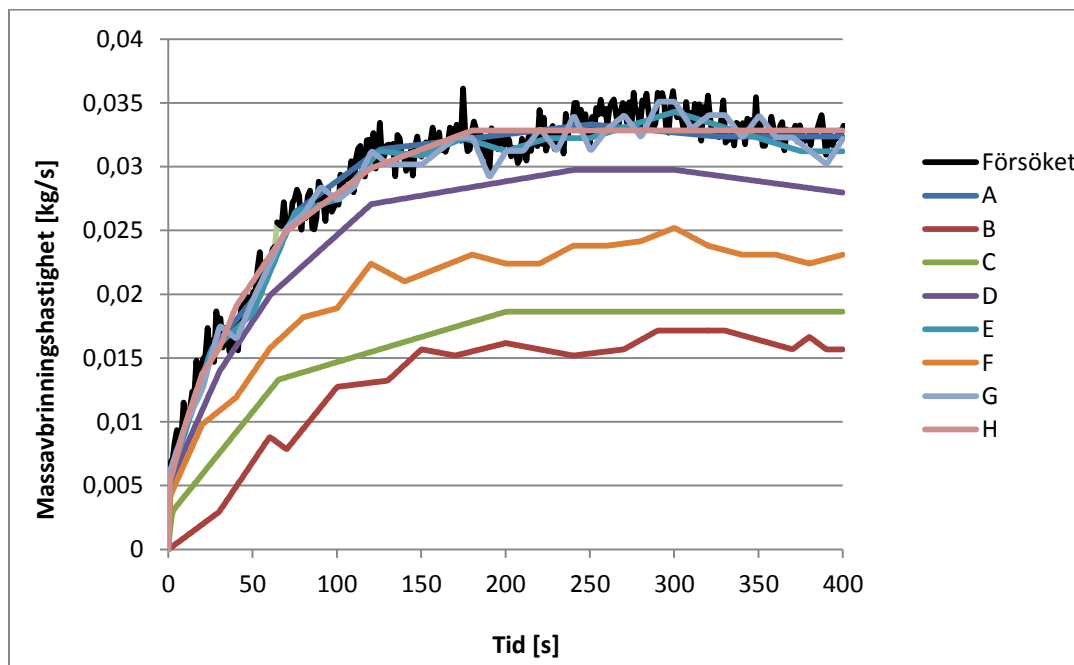
Deltagare	Quantity Dörr B	Quantity Dörr D
A	V-VELOCITY	U-VELOCITY
B	V-VELOCITY	U-VELOCITY
C	V-VELOCITY	U-VELOCITY
D	U-VELOCITY	U-VELOCITY
E	V-VELOCITY	U-VELOCITY
F	U-VELOCITY	U-VELOCITY
G	VELOCITY	VELOCITY
H	VELOCITY	VELOCITY

7 Sammanställning av utdata

I följande avsnitt presenteras och jämförs de efterfrågade resultaten som erhållits från deltagarnas utdatafil. För att tolka mätresultaten hänvisas till angivna mätpunkter i instruktionen, se bilaga B. De indata som resultaten bygger på presenteras i kapitel 6. Vissa val av indata har gett stora skillnader i resultat och för att möjliggöra en tydlig presentation har de som avviker markant uteslutits ur diagram/grafer och istället kommenterats i texten.

7.1 Massavbrinningshastighet

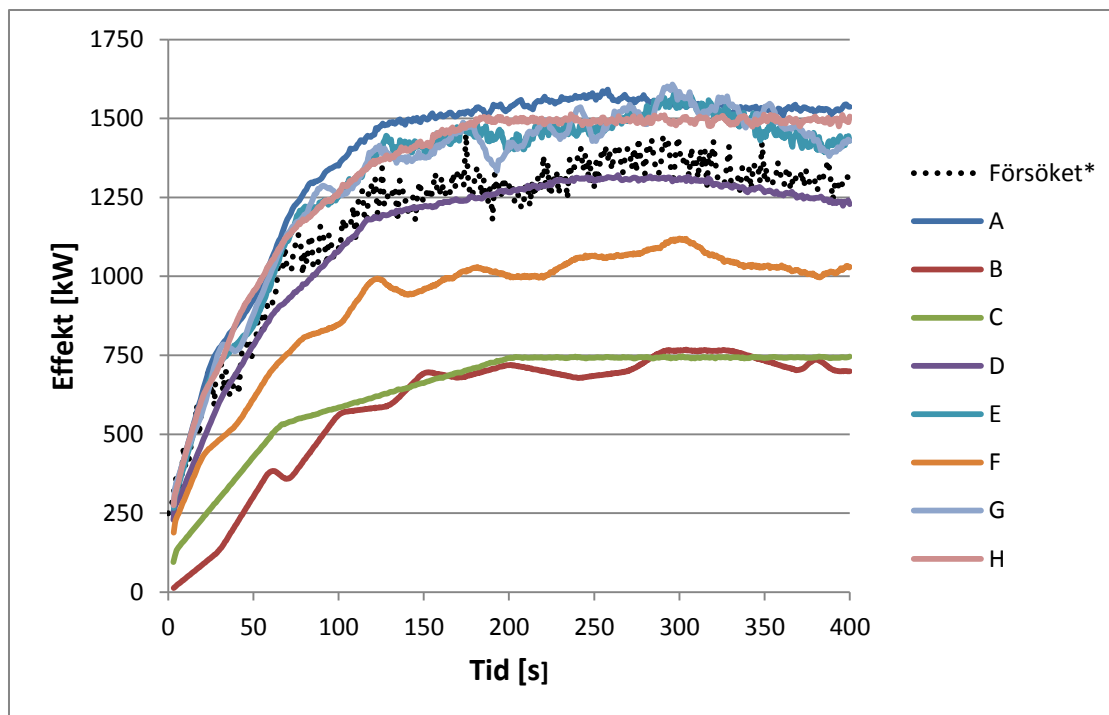
Vid en kontroll av massavbrinningshastigheten som erhållits vid simuleringarna konstateras en relativt stor spridning mellan vissa deltagare. I figur 15 jämförs dessa värden med den experimentellt uppmätta massavbrinningshastigheten och det framgår att deltagare A, E, G och H ligger relativt nära både varandra och försöket. Deltagare B, C, D och F avviker däremot från dessa.



Figur 15 – Sammanställning av de massavbrinningshastigheter som erhållits i simuleringen samt jämförelse med experimentellt uppmätt massavbrinningshastighet.

7.2 Effektutveckling

I figur 16 presenteras de effektutvecklingar som respektive deltagare erhöi i sin simulering, samt en uppskattad effektutveckling från försöket. Vid en jämförelse konstaterades en spridning mellan deltagarna likt för massavbrinningshastigheten i figur 15. Även här avviker deltagare B, C och F från övriga.



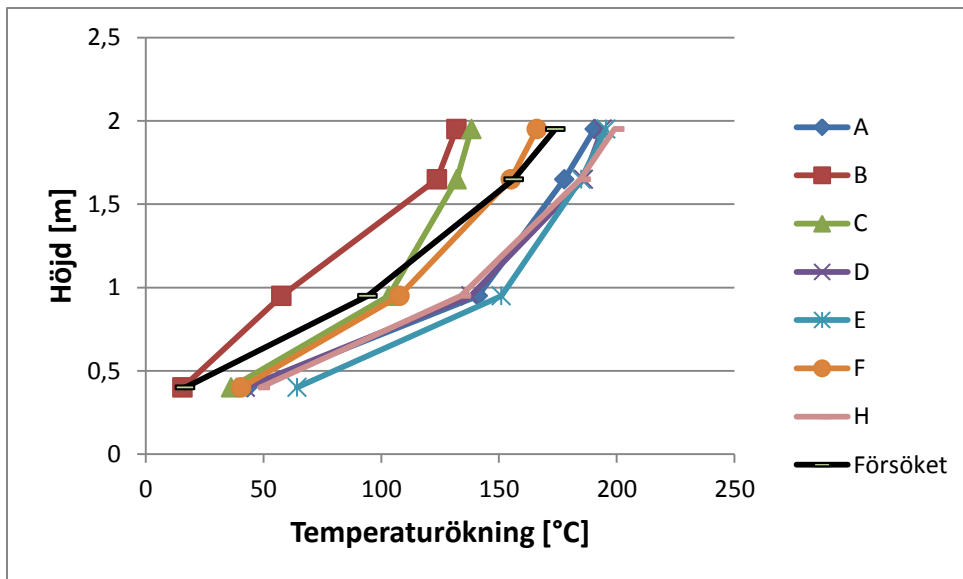
Figur 16 - Sammanställning av effektutveckling som erhållits i respektive simuleringen. Dessutom presenteras en uppskattad effektutveckling från det verkliga försöket.

Det ska poängteras att endast massavbrinningshastigheten, och därmed inte effektutvecklingen, uppmättes vid det verkliga försöket. Den effektutveckling som presenteras i figur 16 är således endast en uppskattning vilken har beräknats genom att multiplicera värden för massavbrinningshastighet, enligt figur 15, med förbränningseffektiviteten 0,9 och förbränningsvärmets 44 600 kJ/kg (SFPE, 2002).

Det finns dock inget som säkerställer att förbränningseffektiviteten var 0,9 i det verkliga försöket, varför effektutvecklingen från försöket som presenteras i figuren endast syftar till att ge en fingervisning om hur effektutvecklingen i det verkliga försöket skulle kunna ha sett ut. Därmed görs ingen djupare analys i kapitel 9.2 när deltagarnas effektutveckling jämförs med den från försöket uppskattade.

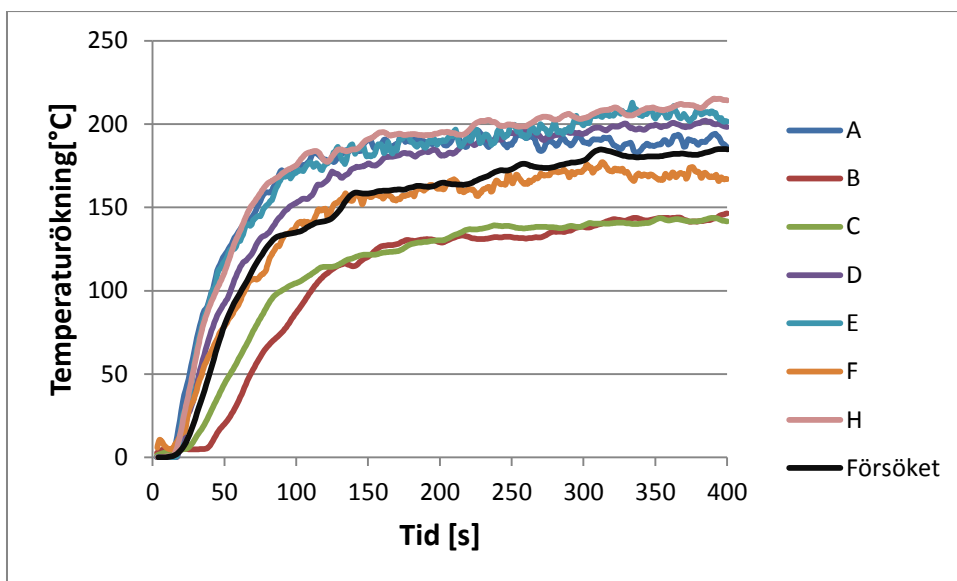
7.3 Temperatur

Temperaturmätningarna presenteras som temperaturprofiler samt som temperaturökning över tid för den översta mätpunkten i respektive rum. Då deltagare G avviker med nästan 300 °C i samtliga resultat försämrar grafernas tydlighet och därför tas denna bort i presentationen. Motsvarande grafer som även inkluderar deltagare G återfinns dock i bilaga C för en helhetsbild. Samtliga grafer baseras på ett glidande medelvärde av 6 sekunder. I figur 17 presenteras temperaturprofilen i rum 1, se figur 3 och figur 4, efter 250 sekunder.



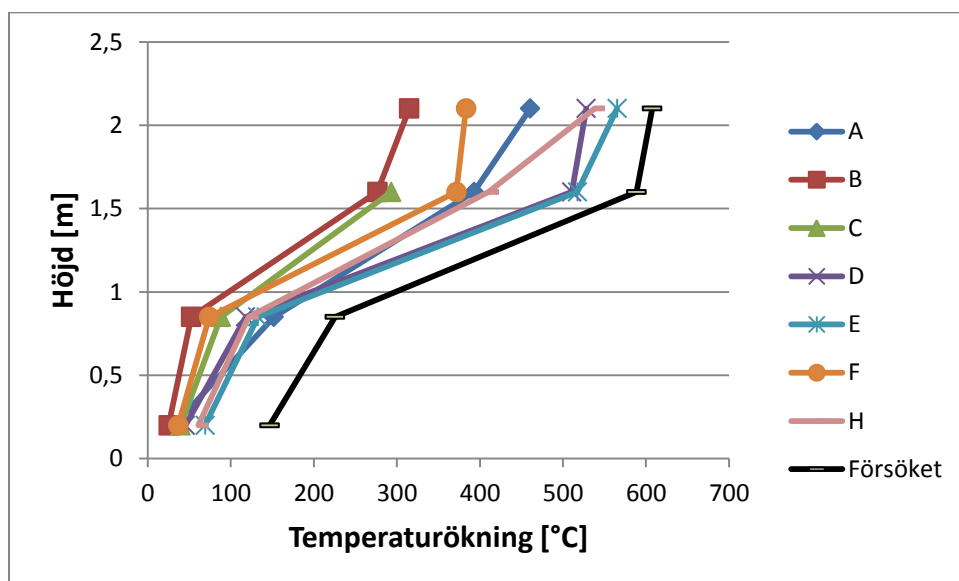
Figur 17- Temperaturprofil i rum 1 efter 250 sekunder för deltagarna och försöket.

I figur 18 visas temperaturökningen över tid i den översta mätpunkten i rum 1 för respektive deltagares simulering och försöket.



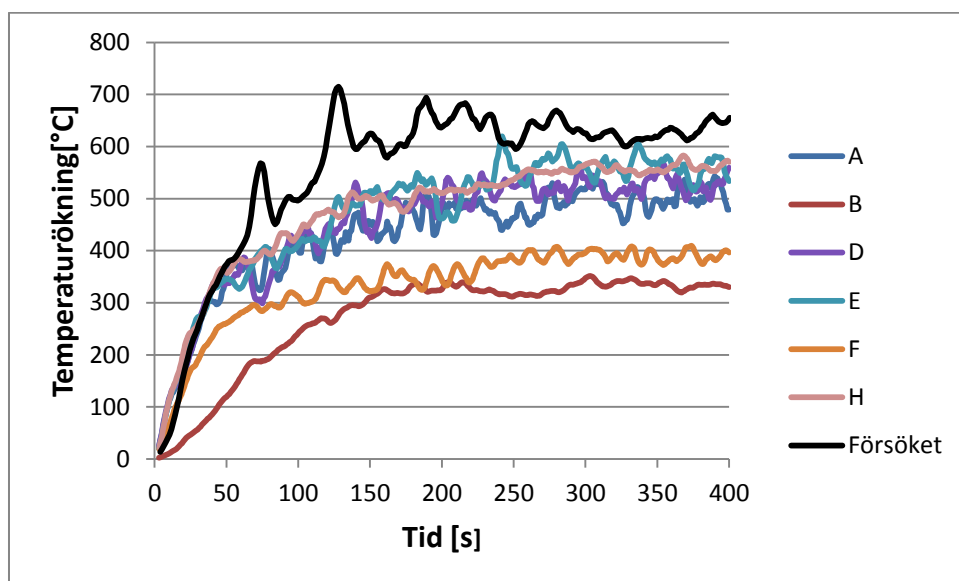
Figur 18 – Temperaturökning som funktion av tiden för den översta mätpunkten (T4) i rum 1.

I figur 19 presenteras temperaturprofilen i rum 2 (brandrummet) efter 250 sekunder. Deltagare C mätte inte temperaturen i den översta punkten där av grafens utseende.



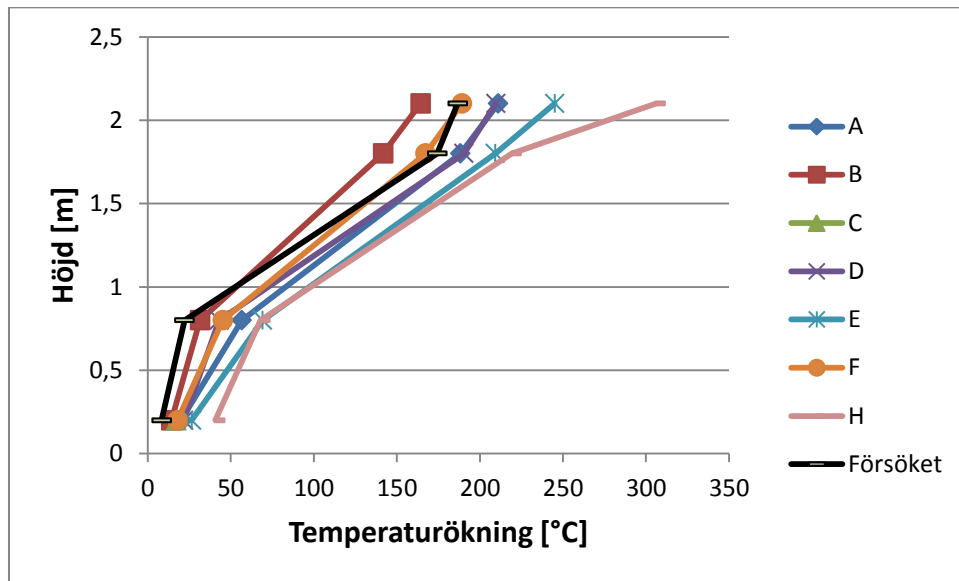
Figur 19- Temperaturprofil i rum 2 efter 250 sekunder för deltagarna och försöket.

I figur 20 visas temperaturökningen över tid i den översta mätpunkten i rum 2 för respektive deltagares simulering och försöket. Deltagare C saknade denna mätpunkt i indatafilen och finns därför inte representerad.



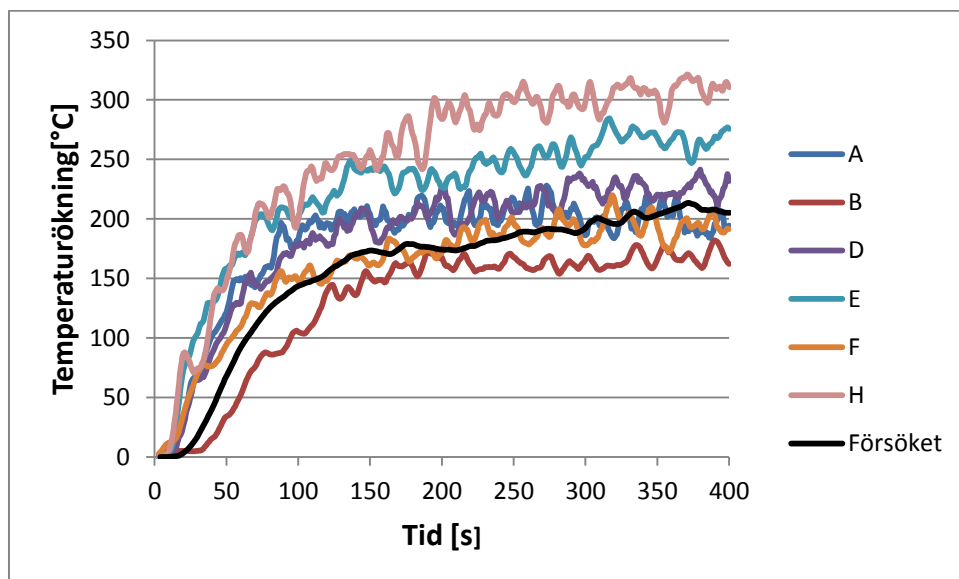
Figur 20 - Temperaturökning som funktion av tiden för den översta mätpunkten (T8) i rum 2.

I figur 21 presenteras temperaturprofilen i rum 3 efter 250 sekunder. Deltagare C angav endast den nedersta av de fyra mätpunkterna.



Figur 21 - Temperaturprofil i rum 3 efter 250 sekunder för deltagarna och försöket.

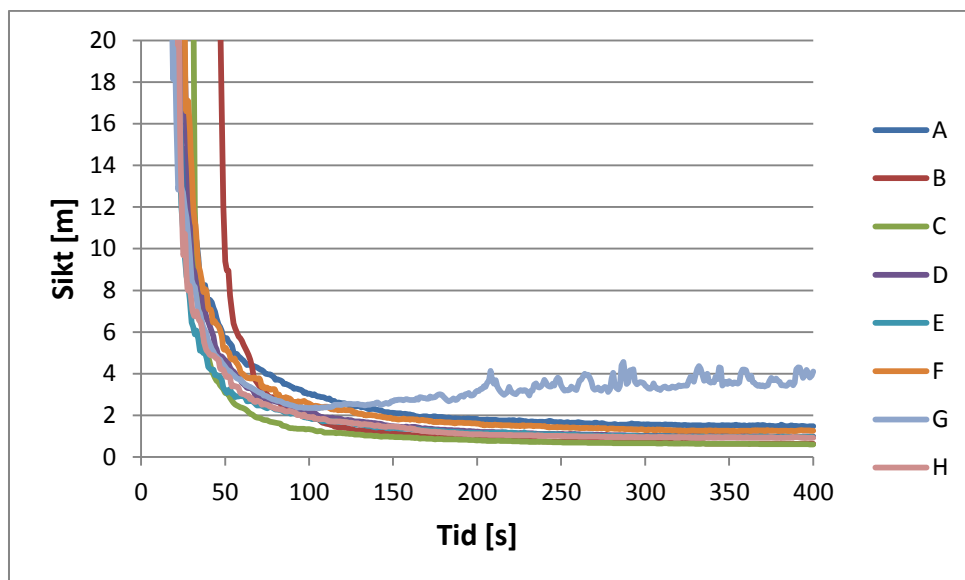
I figur 22 visas temperaturökningen över tid i den översta mätpunkten i rum 3 för respektive deltagares simulering och försöket. Deltagare C specificerade inte denna mätpunkt och representeras därför inte.



Figur 22 - Temperaturökning som funktion av tiden för den översta mätpunkten (T12) i rum 3.

7.4 Sikt

Siktmätningarna presenteras som funktion av tiden samt som tidpunkter då sikten är tio meter respektive fem meter i samtliga rum. Graferna baseras på ett glidande medelvärde över sex sekunder. I figur 23 presenteras variationen i sikt över tid på 1,8 meters höjd i rum 1 för samtliga deltagare.



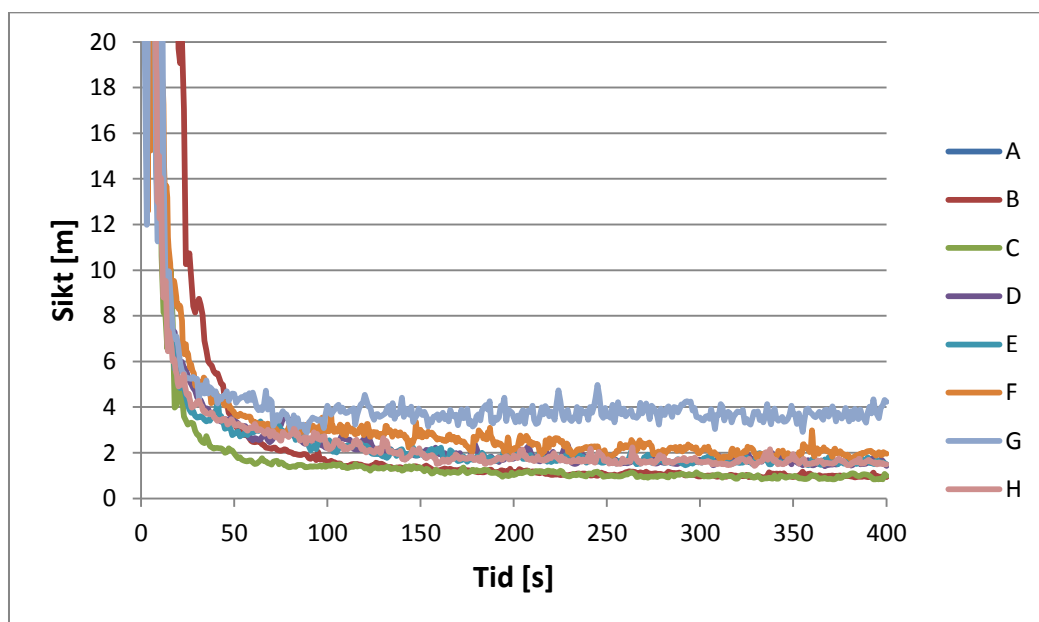
Figur 23 – Sikten som funktion av tid på 1,8 m höjd i rum 1 för respektive deltagare.

I tabell 11 visas den tid tills sikten i rum 1 är tio meter respektive fem meter för deltagarna. Tiderna är avrundade till närmsta fem sekunder.

Tabell 11 – Sammanställning av tiden till 10 m respektive 5 m sikt på 1,8 m höjd i rum 1 för samtliga deltagare.

Deltagare	Tid till 10 m sikt [s]	Tid till 5 m sikt [s]
A	30	55
B	50	65
C	35	40
D	30	45
E	25	40
F	35	55
G	30	45
H	25	40

I figur 24 presenteras variationen i sikt över tid på 1,8 meters höjd i rum 2 för samtliga deltagare.



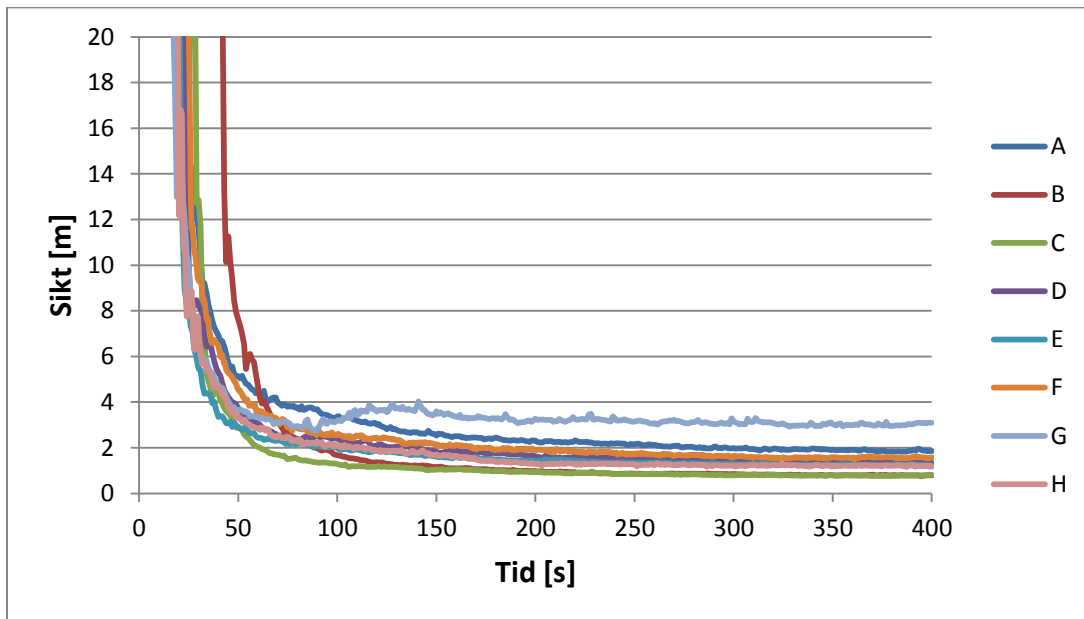
Figur 24 – Sammanställning av tiden till 10 m respektive 5 m sikt i rum 2 på 1,8 m höjd för samtliga deltagare.

I tabell 12 visas den tid tills sikten i rum 2 är tio meter respektive fem meter för deltagarna. Tiderna är avrundade till närmsta femtal.

Tabell 12 - Sammanställning av tiden till 10 m respektive 5 m sikt på 1,8 m höjd i rum 2 för samtliga deltagare.

Deltagare	Tid till 10 m sikt [s]	Tid till 5 m sikt [s]
A	20	50
B	25	45
C	10	15
D	15	25
E	15	20
F	15	30
G	15	30
H	10	20

I figur 25 presenteras variationen i sikt över tid på 1,8 meters höjd i rum 3 för samtliga deltagare.



Figur 25- Sikten som funktion av tid på 1,8 m höjd i rum 3 för respektive deltagare.

I tabell 13 visas den tid tills sikten i rum 3 är tio meter respektive fem meter för deltagarna. Tiderna är avrundade till närmsta femtal.

Tabell 13 - Sammanställning av tiden till 10 m respektive 5 m sikt på 1,8 m höjd i rum 3 för samtliga deltagare.

Deltagare	Tid till 10 m sikt [s]	Tid till 5 m sikt [s]
A	30	50
B	45	60
C	30	35
D	25	40
E	20	30
F	30	45
G	25	40
H	25	35

7.5 Infallande strålning

Resultatet av deltagarnas strålningsmätningar i respektive mätpunkt efter 250 sekunder sammanställs i tabell 14. Punktvärdena motsvarar glidande medelvärden över sex sekunder. Det framgår att deltagare G genomgående uppmäter en betydligt högre strålning än övriga. För ytterligare information hänvisas till bilaga C där variationen över tid presenteras.

Tabell 14- Sammanställning av den strålning respektive deltagare erhöill efter 250 s (avrundat till en decimal).

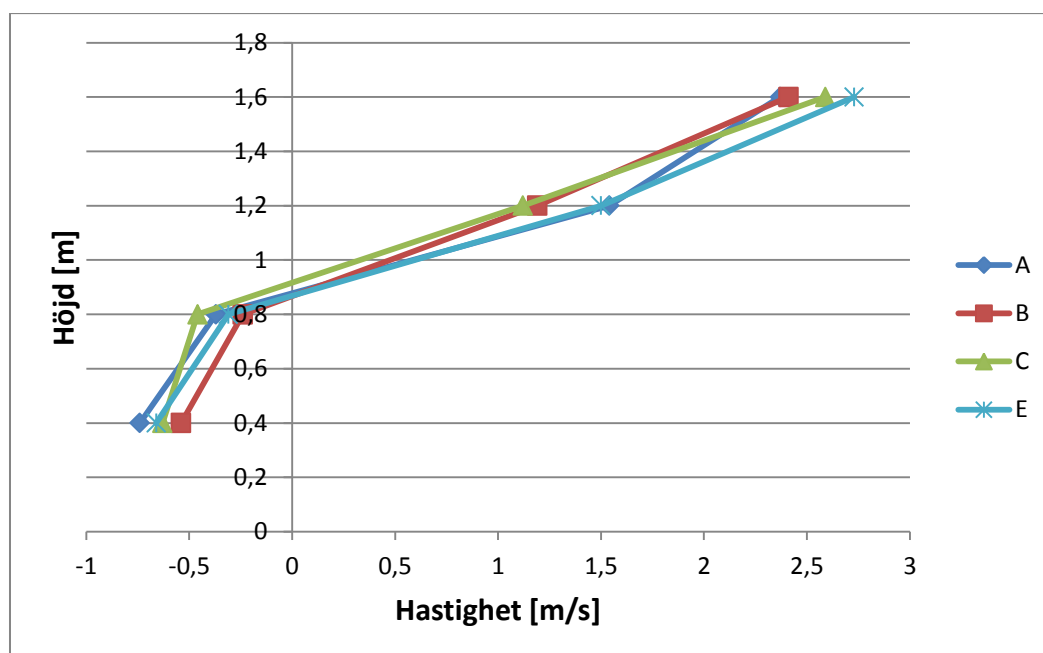
Deltagare	Tak, rum 1 [kW/m ²]	Golv, rum 2 [kW/m ²]	Golv, rum 3 [kW/m ²]
A	1,6	8,2	0,5
B	2,2	7,3	0,5
C	0,01 ¹	4,6	0,4
D	2,4	8,9	1,0
E	5,5	7,1	1,0
F	1,0	6,4	0,4
G	36,7	80,4	26,5
H	1,8	12,7	0,9

¹ Har angivit IOR=3 vilket medför att strålningen mäts från och inte mot taket.

7.6 Gashastighet

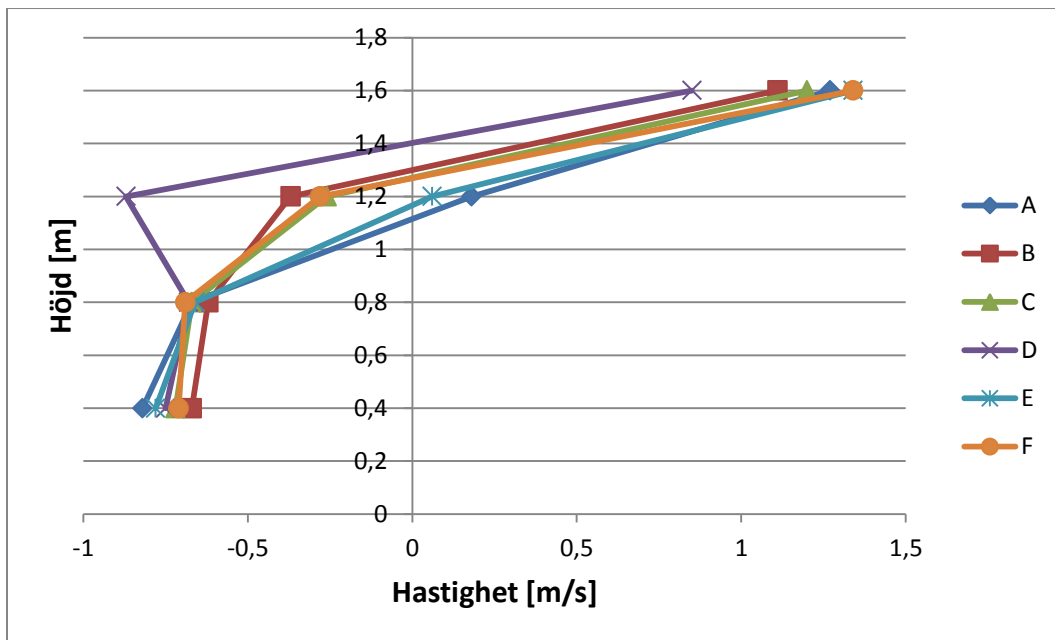
Resultatet av deltagarnas mätning av gashastigheten i dörröppning B och D presenteras med hastighetsprofiler. Deltagare G och H mätte den totala hastigheten och inte den horisontella som efterfrågades, se tabell 10 för vald parameter, och dessa presenteras därför inte.

I figur 26 presenteras hastighetsprofilen i dörr B efter 250 sekunder. Deltagare D och F mätte till skillnad från övriga deltagare hastigheten horisontellt längs med öppningen och inte genom den, se tabell 10, och utelämnas därför i grafen.



Figur 26 - Hastighetsprofil för dörr B efter 250 sekunder för deltagare A, B, C och E.

I figur 27 presenteras hastighetsprofilen i dörr D efter 250 sekunder.



Figur 27 – Hastighetsprofil för dörr D efter 250 sekunder för alla deltagare utom G och H.

8 Uppföljning av simuleringsuppgiften via enkäten

I den uppföljande enkätundersökningen samlades information in för att ge en uppfattning om hur deltagarna upplevde uppgiften, vilka svårigheter som fanns samt vilka antaganden de själva trodde var mest avgörande i uppgiften. Delar av informationen i detta avsnitt används vid kommande analyser och diskussioner. Fullständiga frågor och svar återfinns i bilaga D.

8.1 Åsikter om simuleringsuppgiften

Samtliga deltagare upplevde att uppgiften skiljde sig mycket från det vardagliga arbetssättet med brandsimuleringar i FDS. Anledningarna till detta var flera, men det vanligast förekommande var att det inte styrdes av BBRAD, att bränslet brukar ges som en effekt istället för massavbrinningshastighet samt att mycket känd data fanns tillgänglig. Det framhölls av vissa att det är stor skillnad mellan att projektera och återskapa ett försök, och att mycket mer förenklingar kan göras i vanliga projekt. Exempelvis angavs att byggnadsmaterialen brukar kunna förenklas samt att information om omgivningsförhållanden, så som vind, luftfuktighet och annan begynnelsestemperatur än 20 °C, var något som inte brukar beaktas.

Vindpåverkan var vissa deltagare bekanta med sedan tidigare och andra inte. En deltagare påpekade att det alltid är en utmaning att beakta denna påverkan i FDS, och särskilt då vinden som i detta fall var snett riktad mot byggnaden. Gällande mätningarna angav två deltagare att de sällan gör punktmätningar utan förlitar sig på *slicefiles* samt tre stycken att strålning inte brukar mätas med FDS. Vissa påpekade även att byggnaden var mindre jämfört med vanliga objekt samt att uppgiften inte var lika prioriterad som andra uppdrag. Tre av deltagarna kunde identifiera byggnaden och visste att den ligger i Revinge.

8.1.1 Svårigheter

Sex av deltagarna tyckte att vissa saker i uppgiften var extra svåra, och den största svårigheten var vindpåverkan. Därefter nämndes valet av strålningsvinklar och mätinstrument för strålningen. Enstaka kommentarer gällde bristen på tid och resurser och skillnad i temperatur inne och utomhus. En deltagare skrev även att vissa saker förenklades eller bortsågs ifrån då det saknades kunskap om det och tiden inte fanns för att sätta sig in i den punkten. Detta gällde exempelvis sotiga väggar, simulering av pölbrand samt vindriktningen.

8.1.2 Viktiga antaganden

Deltagarna fick ange vilket av deras antaganden i uppgiften som de trodde påverkade simuleringsresultatet mest. Vissa angav dock ett flertal svar på detta och detaljeringsgraden skiljde sig åt mellan svaren. Det som var vanligast förekommande handlade om branden, så som avläsning och definiering av massavbrinningshastighet och antaganden rörande effektutveckling. Även sättet att simulera vindpåverkan eller utelämna den kommenterades av flera. Andra parametrar så som cellstorlek, antal strålningsvinklar och antagande om adiabatiska ytor nämndes.

8.1.3 Övriga kommentarer

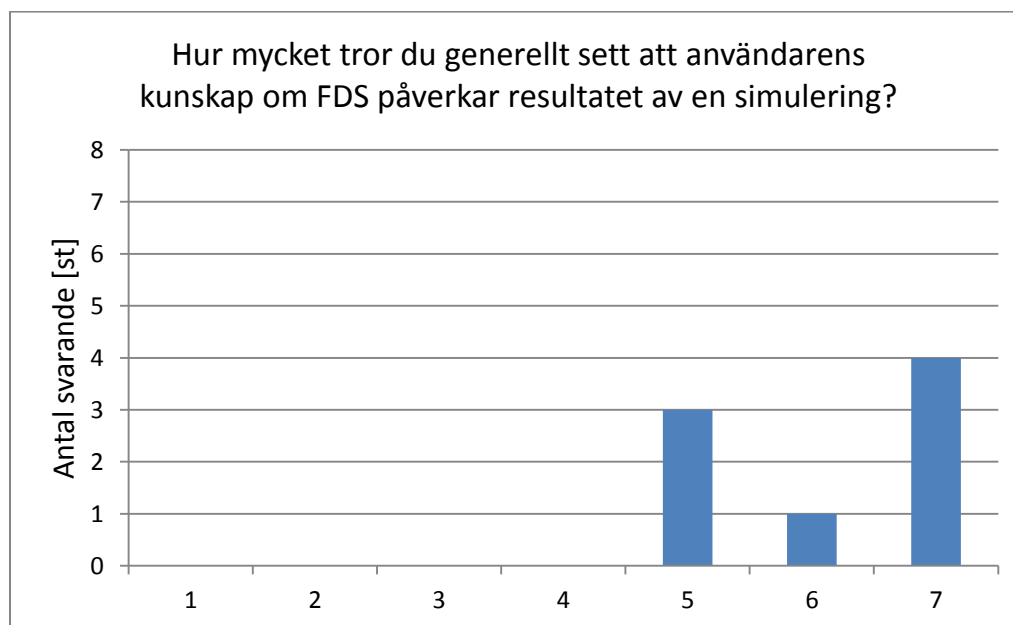
Fem av deltagarna valde att lämna kompletterande kommentarer. En kommenterade att det är ett intressant ämne medan en annan misstänkte att det kan skilja en hel del mellan konsulter

som är vana att arbeta med BBRAD jämfört med de som har större vana av att efterlikna verkliga detaljer. En deltagare påpekade också att uppgiften tog väldigt lång tid att genomföra samt att det hade krävts mer tid för validering för att göra den bra. Utöver tidsåtgången gjorde efterfrågad programversion (FDS 5) att en deltagare fick välja grövre celler eftersom den privata datorn med lägre kapacitet fick användas, då FDS 6 normalt sett används på företagets beräkningsservrar. Det fanns även önskemål om diskussioner av val av utdata för strålning, cellstorlek samt mesh-indelning. Slutligen svarade en deltagare att anledningen till val och förenklingar skulle ha efterfrågats eftersom det ofta finns resonemang bakom dessa som baseras på kunskap.

8.2 Deltagarnas egna bedömningar om kunskap och kvalitet

Då det tidigare i teorin, se kapitel 3, har beskrivits att användarens bakgrundskunskaper, om såväl FDS och branddynamik, är viktiga är det intressant att undersöka deltagarnas uppfattning om detta. Trots att skattningarna endast är subjektiva bedömningar, som troligen beror mycket på deltagarens egna åsikter och olika erfarenheter, är det ändå av värde att i stora drag se vilken inställning erfarna brandskyddskonsulter har och om åsikterna skiljer sig. Värt att ha i åtanke är även att de angivna svarsalternativen kan tolkas olika och att alla inte bedömer exempelvis väldigt mycket likadant.

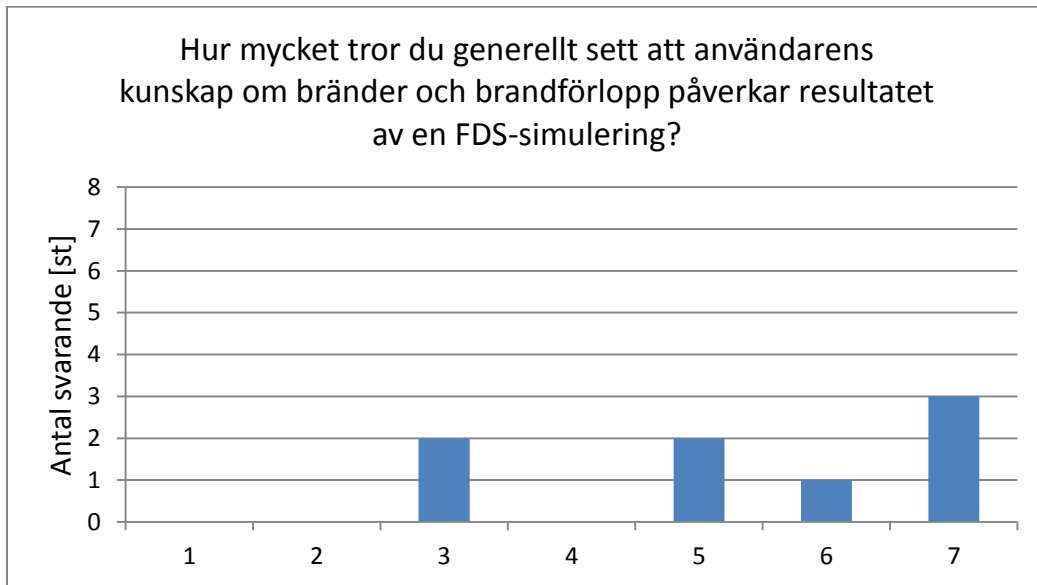
Samtliga deltagare är överens om att användarens kunskap om FDS påverkar resultatet av en simulering. Hur mycket det bedöms påverka varierar mellan alternativ 5-7, se figur 28, där 1 motsvarar väldigt lite och 7 väldigt mycket. Hälften av deltagarna är överens om att användarens kunskap om FDS påverkar simuleringsresultatet väldigt mycket.



Figur 28 – Sammanställning av svaren för hur mycket användarens kunskap om FDS påverkar simuleringsresultatet. Alternativ 1 motsvarar väldigt lite och 7 väldigt mycket.

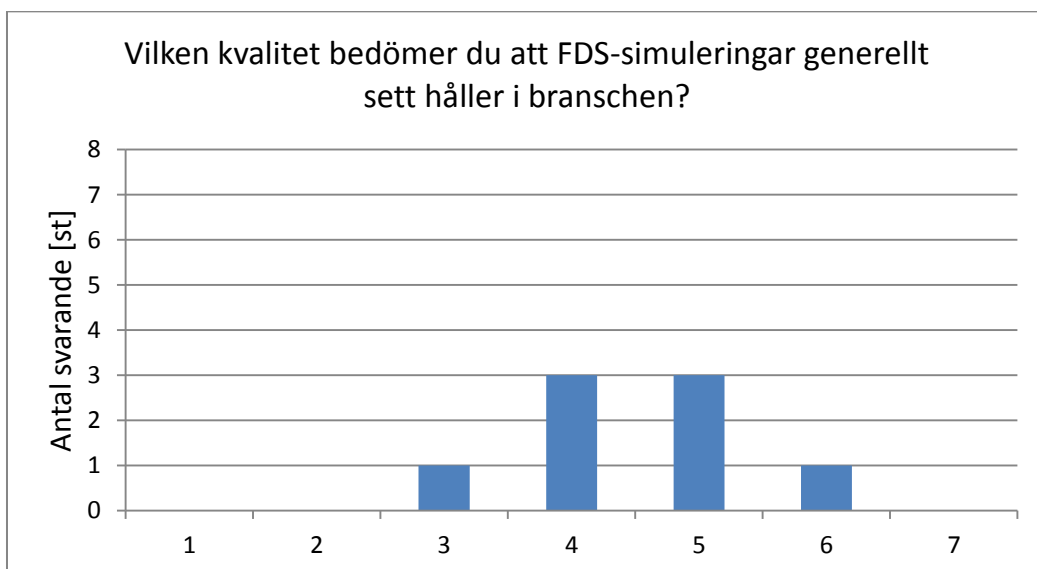
Gällande betydelsen av användarens kunskap om bränder och brandförlopp är deltagarna inte helt eniga, se figur 29. Majoriteten bedömer att denna kunskap påverkar resultatet mycket (alternativ 5-7) men det finns även de som bedömer den ha en mindre påverkan (alternativ 3).

Alternativ 1 motsvarar väldigt lite och alternativ 7 väldigt mycket. Vid en jämförelse av figur 28 och figur 29 konstateras att kunskapen om bränder och brandförlopp inte bedöms påverka resultatet lika mycket som kunskapen om FDS.



Figur 29 - Sammanställning av svaren för hur mycket användarens kunskap om bränder och brandförlopp påverkar simuleringsresultatet. Alternativ 1 motsvarar väldigt lite och 7 väldigt mycket.

I figur 30 framgår att majoriteten av deltagarna bedömde att FDS-simuleringar i branschen generellt sett håller en medelhög (alternativ 4) eller hög kvalitet (alternativ 5). Alternativ 1 motsvarar mycket låg och 7 mycket hög. En kommentar som uppmärksammades i enkätens övriga frågor var att man inte har insyn i simuleringar som utförs på andra företag, och att det därmed var svårt att bilda sig en uppfattning om hur kvaliteten är.



Figur 30 - Sammanställning av deltagarnas bedömning av vilken kvalitet FDS-simuleringar i branschen håller. Alternativ 1 motsvarar mycket låg och 7 mycket hög.

9 Analys av simuleringsuppgiften

I följande kapitel analyseras in- och utdata för simuleringarna samt ges en reflektion och återkoppling.

9.1 Analys av indata

Följande analys behandlar deltagarnas indataval som presenteras i kapitel 6. Eftersom de indata som användaren anger ligger till grund för hela simuleringen och är avgörande för resultatet är det viktigt att koden skrivs korrekt och kontrolleras. Vid granskning av deltagarnas indatafiler noterades vissa variationer och användarmisstag. Misstagen gäller bland annat att mätpunkter utelämnats eller placerats fel, att brännarens egenskaper inte överensstämmer med given experimentdata samt att koden inte skrivits fullständigt.

9.1.1 Brandkällan

Ett exempel på en ofullständigt skriven kod gällde definieringen av bränsle då en deltagare utelämnade ett &-tecken i kodens början, vilket genererade ett annat bränsle än avsett. Ett sådant misstag skulle kunna få konsekvenser för resultatet, och då FDS inte varnar för denna typ av fel är det mycket viktigt att granskning av koden sker och att användaren är uppmärksam på detaljer. Detta fel undviks dock om Pyrosim används.

De värden som specificerats för heptan, så som sotfraktion och förbränningsvärme bedöms vara rimliga, med undantag av att de deltagare som själva specificerat ett förbränningsvärme (fyra stycken) förmodligen har använt *IDEAL* på felaktigt sätt. Tre av dessa fyra deltagare angav ett förbränningsvärme som motsvarar det ideala men använde inte *TRUE* utan grundinställningen *FALSE*. Detta medför att FDS inte beräknar ett effektivt förbränningsvärme utan förutsätter att förbränningen sker fullständigt, och dessa deltagare får alltså ut för mycket energi per kilogram bränsle. En deltagare angav däremot ett effektivt värde för förbränningsvärme men använde *TRUE*, vilket gör att FDS beräknar ett effektivvärde på ett redan effektivt förbränningsvärme. Detta medför istället att för lite energi per kilogram bränsle erhålls i simuleringen. I de fyra simuleringarna där ett förbränningsvärme inte definierades beräknar FDS ett förbränningsvärme.

Vid en jämförelse av den maximala massavbrinningshastigheten, som redovisas i tabell 5, noterades att deltagare B, C och F låg relativt mycket under den experimentellt givna, men även deltagare D låg under denna. Tre av dessa fyra deltagare (C, D och F) hade valt att omvandla massavbrinningshastigheten till en effektutveckling istället för att ange denna direkt i indatafilen. Möjliga orsaker varför deltagare B och C erhöll en massavbrinningshastighet som motsvarade cirka halva den angivna kan troligtvis bero på att de angav ett totalt värde för massavbrinningshastighet/effektutveckling som inte hade anpassats efter brännarytans area, vilken var cirka $0,5 \text{ m}^2$.

Avseende deltagare D och F, som låg närmare massavbrinningshastigheten från försöket än deltagare B och C men hade ändå en betydande avvikelse, kan avvikelserna förmodligen förklaras av parameterval vid beräkning av den effektutveckling som angavs i indatafilen. Omvandlingen till effekt kräver antaganden om både förbränningseffektivitet och förbränningsvärme vilket medför osäkerheter och att steget från försökets givna

förutsättningar blir större. För att undvika detta kunde brännaren istället ha definierats med en massavbrinningshastighet per ytenhet, vilket fler än hälften av deltagarna gjorde. Anledningen till att flera ändå använde sig av en effektutveckling är troligtvis på grund av att de är mer vana vid den metoden. Detta då det i BBRAD ges en specificerad effektutveckling för olika brandscenarier.

Det visade sig alltså att flera deltagare gjorde misstag när det gällde att definiera brandens egenskaper. Något som kanske kan ha förvirrat deltagarna var att branden definierades just som en massavbrinningshastighet, men detta borde inte ha vållat så stora problem för en erfaren FDS-användare med goda kunskaper om branddynamik. Eftersom branden är en avgörande faktor är det rimligt att deltagarna skulle prioritera att kontrollera att denna definierats korrekt, även om det var ont om tid.

9.1.2 Uppbyggnad av geometrin

Den största skillnaden som uppmärksammades gällande uppbyggnaden av geometri var huruvida undervåningen beaktades eller ej. Tre deltagare (A, E och H) förenklade bort undervåningen helt medan resterande behöll den. Förmodligen skulle turbulens och gasflöden kunna påverkas något beroende på om och hur undervåningen beaktades samt hur omgivningen omkring den utformades. Att ta bort byggnadsdelar kan vara förknippat med vissa risker och det är särskilt viktigt att inte påverka områden där flöden förväntas. En anledning till att förenkla geometrin är sannolikt att färre celler krävs och att beräkningstiden därmed reduceras. Förenklingar är troligtvis nödvändiga i de flesta fall av FDS-beräkningar eftersom verkligheten ofta är för komplicerad för att beakta fullt ut alternativt är okänd. Det är dessutom en viktig faktor för brandskyddskonsulterna eftersom beräkningstid innebär pengar.

Någon avvikelse från den rumsgeometri som deltagarna erhöll har inte noterats. Majoriteten av deltagarna valde att specificera material på väggar, tak och golv med snarlika materialegenskaper. En deltagare valde dock adiabatiska byggnadsdelar medan en deltagare valde inertia. Dessa är i princip varandras motsatser vad gäller värmeförlust till omgivningen. I det adiabatiska utrymmet fås inga värmeförluster vilket inte bedöms särskilt realistiskt i jämförelse med försöket. Dock bör inte val av materialegenskaper vara av avgörande betydelse då brandförloppet pågår en kortare tid.

Majoriteten av deltagarna valde samma cellstorlek (0,1 m) och använde sig dessutom av denna cellstorlek i hela beräkningsdomänen. En av deltagarna använde sig dock av en mindre cellstorlek (0,05 m) medan en i huvudsak använde grövre celler (0,2 m). Deltagaren med grövre celler använde dock finare celler (0,1 m) i brandrummet, vilket är fördelaktigt med tanke på flöden och turbulens. Det totala antalet celler var för majoriteten omkring 1 miljon celler, men varierade från cirka 0,5 - 3 miljoner. Variationen beror på valet av cellstorlek, förenklingar i geometrin samt hur griden utformades. Storleken på griden varierade på grund av att den i vissa fall placerades mycket nära byggnadens ytterväggar och i andra fall på större avstånd.

Det konstaterades att antalet mesher i simuleringarna varierade mellan en till fyra stycken. En risk med att dela upp beräkningsdomänen i flera mesher är att beräkningsfel kan uppstå i övergångarna mellan dessa, men en fördel är att simuleringstiden reduceras. Sannolikt är

deltagarna medvetna om denna problematik men tycker att det var nödvändigt för att simuleringen inte skulle ta för lång tid.

9.1.3 Mätningar

Något som vållade problem för hälften av deltagarna var mätningen av gashastighet i dörröppningarna. Felen utgjordes av att hastigheten antingen mättes i fel riktning i någon av dörrarna eller att den totala hastigheten mättes istället för den horisontella i angiven riktning. Det var förvånande att så pass många gjorde dessa fel då gasflöden i öppningar förutsattes vara något som generellt sett kontrolleras samt att detta beskrivs i BIV:s tillämpningsdokument. Felen kan förmodligen bero både på okunskap, att instruktionen inte lästes ordentligt eller att den uppfattades otydlig.

Gällande mätningen av infallande strålning varierade både valet av mätfunktion och antalet strålningsvinklar mellan deltagarna. Valet av strålningsandel var däremot snarlik. Hälften av deltagarna använde grundinställningen på 104 vinklar, men detta kan förmodligen även i ett mindre utrymme vara för lite. För en bättre strålningsbild kan antalet vinklar behöva ökas till något tusental, vilket några av deltagarna gjorde (BIV, 2013). Anledningen till att fler inte ökade antalet kan troligen bero på att beräkningstiden ökar avsevärt med ökat antal strålningsvinklar eller att default-värdet bedömdes vara tillräckligt. Det är kanske inte så förvånande att variationer finns eftersom strålningsmodellen förknippas med stora begränsningar och strålningsmätningar enligt enkätundersökningen inte används frekvent av alla. Troligtvis är handberäkningar ett vanligare alternativ för denna parameter. Det är dock anmärkningsvärt att totalt fyra olika mätfunktioner användes för samma mätning.

9.1.4 Övrigt

Flera av deltagarna modellerade vindpåverkan och använde olika tillvägagångssätt, men kommenterade samtidigt i den uppföljande enkäten att det var svårt och nytt för dem. En positiv aspekt är medvetenheten om att vinden kan påverka scenariot och inte är självklar att bortse från. Det är dock ändå inte självklart om det är klokast att försöka modellera vinden när man anser att det är svårt och ibland även opassande i FDS, vilket påpekades i enkäten av vissa deltagare.

Vidare uppmärksammades misstag så som glömda eller felplacerade mätpunkter samt att fel riktning på mätinstrument angivits. Dessa fel beror troligen inte på okunskap och är enkla att göra. I det långa loppet tjänar man förmodligen tid genom att göra arbetet noggrant från början, eftersom man annars måste göra om hela simuleringen. En bidragande faktor till uppenbara slarvfel kan förmodligen vara stress och tidsbrist för uppgiften. Detta kan till viss del vara förståeligt då en begränsning i arbetet var att ingen ersättning kunde ges. Uppgiften konkurrerade därmed med deltagarnas ordinarie arbetsuppgifter och det är möjligt att de inte kunde lägga så mycket tid de önskade på uppgiften.

9.2 Analys av utdata

Vid jämförelse mellan experimentell data och simuleringsresultat bör det beaktas att andra faktorer än användaren kan förklara avvikelser. Exempel på detta är simuleringsmodellens begränsningar och mätosäkerheter förknippade med försöket. Då syftet med studien dock främst är att jämföra simuleringsresultaten inbördes är dessa felkällor de samma för alla resultat. Däremot bör försiktighet tas när simuleringsresultaten jämförs med försöksresultaten.

9.2.1 Massavbrinningshastighet och effektutveckling

Vid en jämförelse av samtliga deltagares erhållna massavbrinningshastigheter, figur 15, konstateras en spridning på mellan cirka 0.015 – 0.033 kg/s, 200 sekunder in i brandförloppet. Hälften av deltagarna överensstämmer med det experimentella värdet för massavbrinningshastighet medan övriga avviker med upp till 55 procent. Motsvarande spridning fås även som förväntat vid jämförelse av de effektutvecklingar respektive deltagare erhöll, då effektutvecklingen är direkt beroende av massavbrinningshastigheten.

Deltagare B och C avviker som väntat mest från det experimentella värdet och detta kan förmodligen förklaras av att de angav den massavbrinningshastighet/effektutveckling de önskade totalt sett i indatafilen, där parametrarna ska anges per ytenhet. Detta resulterade i omkring en halvering av det eftersträvade värdet eftersom brännaren har en area motsvarande 0,5 m² vilket även diskuteras i kapitel 9.1.

Därutöver avviker deltagare D och F från den experimentellt uppmätta massavbrinningshastigheten, om än mindre än B och C. Gemensamt för dessa två deltagare är att de angav en effektutveckling istället för en massavbrinningshastighet när branden specificerades. Dessa deltagares avvikelser skulle kunna bero på att antagande om förbränningseffektivitet krävs vid omvandling till den effektutveckling vilket tidigare även diskuteras i kapitel 9.1. Möjligtvis skulle även det faktum att deltagare D och F angav ett för högt förbränningsvärme, då funktionen *IDEAL* användes felaktigt när bränslet specificerades, kunna bidra till en något lägre erhållen massavbrinningshastighet. Samtliga fyra deltagare som överensstämmer väl med den experimentella massavbrinningshastigheten har definierat brännaren med en massavbrinningshastighet och inte omvandlat den till en effekt. Detta bedöms vara rimligt då färre egna indataval, som medför osäkerheter och avsteg från försöket, införs om omvandlingen inte genomförs.

Vidare kan ingen exakt jämförelse göras mellan den verkliga och deltagarnas simulerade effektutvecklingar. Detta eftersom effektutvecklingen inte uppmättes vid försöket och den aktuella förbränningseffektiviteten därmed inte är känd. En uppskattning av storleksordning för den verkliga effektutvecklingen gjordes dock vilken presenteras i kapitel 7.2. Då den verkliga effektutvecklingen som presenteras är just en uppskattning dras inga slutsatser av denna graf. Intressant är dock att de fyra deltagare som låg väldigt nära massavbrinningshastigheten från försöket nu alla ligger över den uppskattade effektutvecklingen. Gemensamt för dessa fyra deltagare är att de inte angav ett förbränningsvärme när bränslet specificerades. Ur dessa fyra deltagares utdatafiler framgick att ett högre värde än det ideala som anges i litteratur (SFPE, 2002) användes, vilket skulle kunna förklara dessa deltagares höga effektutveckling.

Det oavsiktliga fel som deltagare A gjorde resulterade i att bränslet propan användes vid beräkningarna. Detta har inte noterats ge några utmärkande skillnader i resultatet, vilket sannolikt beror på att propan och heptan har liknande egenskaper.

Avslutningsvis konstateras att skillnaderna vid definiering av bränsle och brännare var relativt stora, vilket även får följd effekter för massavbrinningshastighet och effektutveckling. Skillnaden var överraskande eftersom det bör vara allmänt känt att brandens egenskaper är en av de viktigaste parametrarna, och med tanke på detta kan det tyckas vara rimligt att en kontroll av just detta prioriteras av deltagarna. Det kanske inte vore så förvånande om de som använt en massavbrinningshastighet gjorde misstag eftersom de till vardags oftast inte använder detta. Däremot är det oroande att de som angett en effekt inte gjorde det rätt trots att det är ett vanligt förekommande tillvägagångssätt.

9.2.2 Temperatur

Vid temperaturmätningarna avvek deltagare G genomgående med cirka 300 °C jämfört med övriga. Denna bedömdes vara ett extremvärde och ingår därför inte i jämförelserna. Temperaturskillnaden kan troligtvis till viss del ha orsakats av indata valet med adiabatiska väggar, tak och golv. Detta då inga värmeförluster fås till omgivande byggnadsdelar och värmen bevaras i rummet, vilket i sin tur naturligtvis leder till högre en temperatur. Deltagaren kommenterade även i enkäten att valet av adiabatiska ytor var en av de faktorer som kan påverka resultatet mest.

Deltagare A valde att inte mäta temperaturen med hjälp av termoelement. Skillnaden mellan dessa tillvägagångssätt är att termoelementen har en termisk tröghet och därmed ökar i temperatur något långsammare. Detta medför att fluktuationer inte registreras i lika stor omfattning. Detta är dock inget som noterats påverka resultaten i detta fall och dessutom presenteras temperaturökningarna som glidande medelvärden.

Jämförelsen mellan deltagarna visar att de som erhöll en låg effektutveckling genomgående uppmätte lägre temperaturökningar än övriga. Detta är naturligt då uppvärmningen beror av hur mycket energi som branden utvecklar, och visar hur stor betydelse den definierade brandens egenskaper har för temperaturen. Dessutom konstateras att deltagare A, D, E och H, som hade tämligen lika massavbrinningshastighets- och effektutvecklingskurvor, även uppmätte relativt lika temperaturer.

I brandrummet (rum 2) erhöll samtliga deltagare en lägre temperaturökning i alla mätpunkter jämfört med försöket. I den övre delen av brandgaslagret, på 2,1 meters höjd, konstateras en spridning mellan deltagarna på cirka 300-550 °C. Detta innebär att den lägsta uppmätta temperaturökningen är cirka 45 procent lägre än den högst uppmätta, vilket är en relativt stor skillnad men ändå betydligt mindre än skillnaderna i den skotska studien (Rein et al, 2011).

Jämfört med det experimentella värdet avviker deltagarna med mellan cirka 15 och 55 procent. En orsak till att de experimentella värdena i brandrummet är högre skulle kunna förklaras med att termoelementen i försöket i större utsträckning påverkas och värms upp av brandens värmestrålning. I simuleringen kan begränsningar med strålningsmodellen i FDS samt deltagarnas val av exempelvis antal strålningsvinklar påverka.

I intilliggande rum (1 och 3) är temperaturdiagrammen relativt lika varandra till utseendet, men med skillnaden att temperaturökningen i rum 1 är cirka 100 °C högre än i rum 3. Spridningen av temperaturökningarna är i rum 1 och 3 betydligt lägre än i brandrummet, vilket delvis beror på att temperaturen inte ökar lika mycket i dessa utrymmen. Jämfört med försöket uppmätte de deltagare som erhöll en högre effektutveckling än den från försöket uppskattade effektutvecklingen, som visas i figur 16, högre temperaturer. Likaså uppmätte de som erhöll en lägre effektutveckling också lägre temperaturer. Detta var väntat då temperaturökningen korrelerar med mängden energi som frigörs vid förbränningen.

9.2.3 Sikt

Vid jämförelsen av sikten finns inga experimentellt uppmätt värden att jämföra resultaten med, varför endast deltagarnas metodik, indataval och resultat kan jämföras. Samtliga valde att mäta sikten på motsvarande sätt med undantaget att två deltagare använde en volymmätning istället för en punktmätning. Även valen av sotfraktion är rimliga och likvärdiga. Ovanstående talar för att skillnaderna i uppmätt sikt skulle vara små i absoluta mått mätt, vilket de även visade sig vara.

Överlag var siktmätningarna relativt lika och den parameter som varierade minst mellan deltagarna. Majoriteten av siktkurvorna var lika med avseende på när sikten började försämrans, hur snabbt den försämrades samt vilket värde sikten stabiliserades på. Avvikande var dock att det för deltagare B tog något längre tid för sikten att försämrans och att deltagare G fick något bättre sikt med tiden. Definieringen av branden, främst genom sotfraktion och effektutveckling, är av stor betydelse för sikten. Dock kan skillnaderna i dessa fall inte härledas till detta.

Med tanke på den stora variationen i erhållen massavbrinningshastighet, och sambandet mellan detta och sikt, förväntades även en stor skillnad mellan siktmätningarna. Så var dock inte fallet utan som tidigare beskrivits var variationen inte så stor.

9.2.4 Infallande strålning

Likt fallet med sikt finns inga experimentella strålningsvärden att jämföra med. Till skillnad från sikten varierade här valet av mätfunktion och fyra olika tillvägagångssätt användes. Detta gör det svårt att göra jämförelser mellan resultaten deltagarna sinsemellan.

Avvikande var även för denna parameter deltagare G som fick betydligt högre strålningsnivåer än övriga, vilket troligen till viss del förklaras av valet av adiabatiska ytor som medförde mycket höga gastemperaturer. Denna avvikelse medför även att en jämförelse av värden uppmätta med mätfunktionen *GAUGE HEAT FLUX* inte går att göra eftersom endast deltagare G och B använde just denna funktion.

Vanligast förekommande var *RADIATIVE HEAT FLUX* som användes av fyra deltagare. Av dessa valde alla i princip samma strålningsandel och tre samma antal strålningsvinklar (104 stycken). En av dessa fyra deltagarna använde dock betydligt fler strålningsvinklar (2000 stycken). Inga större skillnader noterades mellan dessa fyra med undantag av nivåerna i rum 2. Skillnaderna till detta kan dock inte förklaras med antalet strålningsvinklar. Troligtvis beror skillnaderna snarare på de stora temperaturdifferenserna i brandgaslagret i brandrummet.

9.2.5 Gashastighet

Likt fallet med sikt och infallande strålning finns inga experimentella värden för gashastighet att jämföra med. För hastighetsmätningarna varierade både valet av mätfunktion och mätriktningar till viss del, vilket försvårar jämförelser av resultaten deltagarna sinsemellan.

Deltagare G och H mätte exempelvis i båda fallen den totala hastigheten istället för i den angivna horisontella riktning som efterfrågades. Dessa utgår därför helt vid jämförelserna. Deltagare D och F mätte den horisontella hastigheten i dörröppningarna, men angav dock fel mätriktning för dörr B vilket medförde att de mätte den längs med och inte genom öppningen, varför dessa ingår inte heller i denna jämförelse. Resultaten för dörröppning B överensstämmer dock väl för de övriga fyra deltagarna som mätte det som var avsett. I dörröppning D noterades en något större skillnad mellan vissa deltagare och lägst hastighet uppmäter deltagare D.

En faktor som eventuellt skulle kunna påverka gashastigheten är vindpåverkan och sättet den modellerades på. Då detta utfördes på flera olika sätt är det dock svårt att se samband med detta. De två som modellerade vindpåverkan på samma sätt går inte heller att jämföra då den ena mätte den totala hastigheten och inte den horisontella.

Sammanfattningsvis överensstämmer resultaten generellt sett väl för de som angav rätt mätriktning och mätfunktion.

9.3 Återkoppling och reflektion

Utifrån analysen konstateras att även om indata är relativt väldefinierad så varierar resultatet mellan de olika deltagarnas beräkningar påtagligt. I den tidigare nämnda studien från Skottland hävdades att det är uppskattningen av branden som är svår och orsakar skillnader. Dock visar det sig i den här studien att stora skillnader även kan förekomma för en och samma givna brand. Likheter med Fröderbergs (2014) studie är att markanta skillnader i resultat erhålls för ett väldefinierat fall trots att deltagarna har relativt lik utbildning och bakgrund.

Byggnaden i scenariot används i kursen Branddynamik på LTH och var bekant för vissa, men detta verkar utifrån resultaten inte ha underlättat eller gett någon fördel vid simuleringen. Detta bedöms rimligt eftersom de inte hade tillgång till de experimentella resultaten för det givna scenariot.

Faktorer som delvis kan ha bidragit till utfallet är att deltagarna inte fick någon ekonomisk ersättning och därmed kanske inte hann göra uppgiften eller granska resultatet så noga som de önskat. Även det faktum att simuleringsuppgiften inte var utformad som ett projekteringsuppdrag och att samtliga kanske inte är vana vid att använda vissa mätningar och parametrar i FDS har sannolikt bidragit. Några deltagare påpekade att mer förenklingar görs i verkligheten och att tillgången på indata är mindre. Ett problem i konsultens vardag bör vara just att tillräcklig indata saknas och det bör snarare vara en fördel att ha tillgång till mycket information om man kan hantera programmet väl.

Flera menade även att det är stor skillnad att följa BBRAD och efterlikna verkligheten. Det är lite märkligt då det enda som egentligen berör FDS och är standardiserat i BBRAD är bränsle- och brandegenskaper. Oavsett vilken simulering som genomförs bör den göras så verklig som möjlig efter givna förutsättningar, och om de är BBRAD eller ett försök bör inte spela en betydande roll. För den som utför beräkningarna borde målet vara detsamma. Det är troligen även så att det för vissa verksamheter skulle kunna vara mer lämpligt att försöka efterlikna ett verkligt brandförlopp än att helt följa standardiserade värden i BBRAD.

Mycket av spridningen mellan deltagarna kan troligen förklaras av skillnader i effektutvecklingen och därmed är det rimligt att tro att mindre variationer fås vid en verklig dimensionering av brandskydd, eftersom dessa nödvändigtvis inte fås om BBRAD följs. Det är alltså möjligt att BBRAD har träffat rätt när det gäller att specificera just effekten. Dock finns förmodligen en viss risk med att alltid använda sådana värden på rutin eftersom de förmodligen inte är optimala i alla sammanhang.

Viktigt att nämna är dock att mindre variationer i princip är oundvikligt och inte nödvändigtvis behöver vara ett stort problem. Det kritiska är när variationerna blir stora och det medför att lägstanivån för acceptabel brandsäkerhet i samhället underskrids.

10 Kvalitetssäkring av FDS-simuleringar

I följande avsnitt sammanställs information om kvalitetssäkring av FDS-simuleringar på företagen. Totalt representeras elva brandskyddskonsultföretag, varav åtta har utfört simuleringsuppgiften och tre enbart bevarade dessa frågor i enkäten. Deltagarnas enkätsvar återfinns i sin helhet i bilaga D.

10.1 Sammanställning av enkätsvar

Det visade sig att FDS är det vanligaste beräkningssättet för brandgasfyllnadsberäkningar hos de företag som deltagit, sett till antalet projekt, samt att nio av elva tillfrågade företag genomför kvalitetssäkring för samtliga utförda simuleringar.

På frågan om vilka övergripande steg som ingår i kvalitetssäkringar för FDS-simuleringar på företagen svarade de flesta att granskning av indatafilen sker innan simulering startas samt att kontroll av utdata sker efter. Flertalet svarande anger att de använder tillvägagångssätt i enlighet med tillgängliga handböcker och vägledningar från BIV och Briab, till viss del eller fullt ut. Vissa förtydligar att extra vikt vid kvalitetssäkringar av FDS-simuleringarna läggs på att exempelvis kontrollera cellstorlek, flöden, temperaturer, brandens egenskaper, eventuell turbulens i gridgränser samt att förenklingar är rimligt utförda.

Samtliga företag anger att utförda FDS-simuleringar genomgår kontroller av något slag. Alla svarar att kontroll av annan konsult inom företaget genomför och att andra vanligt förekommande metoder är rimlighetskontroll baserat på egen erfarenhet samt att flera simuleringar i samma program utförs. Dessutom använder sig drygt hälften av företagen av handberäkningar. Färre än hälften av företagen svarar att det sker kontroll av tredje part, jämförelse med annat simuleringsprogram eller jämförelse med liknande experiment/kända förutsättningar. Det framgår även av vissa svarande att projektets storlek och syfte påverkar omfattningen av granskningen.

Nio av elva uppgav att man har uttalade riktlinjer/rutiner för hur kvalitetssäkring av FDS-simuleringar ska genomföras. För majoriteten av dessa utgörs de av punkt- och checklistor som baseras på BIV:s tillämpningsdokument för CFD-beräkningar. På ett av de två företagen som inte har uttalade riktlinjer/rutiner uppges dock att granskning sker och diskussioner om scenarion förs, ofta med utgångspunkt i Briab:s vägledning. Ett av dessa två företag uppger att de skulle vilja ha tydliga riktlinjer för detta inom företaget.

På frågan om företagen skulle föredra att alla användare som utför beräkningar med FDS i Sverige skulle ha samma regler för kvalitetssäkring går åsikterna isär. Tre anger att de skulle föredra gemensamma regler, medan fyra är osäkra och fyra svarar nej. De som är negativa till ett mer styrande regelverk ställer sig frågande till om det ens är praktiskt möjligt att ta fram något gemensamt som fungerar för alla projekt och företag. Detta då det är svårt att åstadkomma något som på samma gång är både tillräckligt generellt för att passa olika sorters och omfattande projekt men samtidigt tillräckligt tydliga för att fylla sin funktion. Ytterligare argument mot styrande regler är att utvecklingen tros hämmas om alla gör likadant samt att ingenjörsmässigheten försvinner. De som är osäkra motiverade likt ovanstående och att risken är att arbetet begränsas om det blir för styrande. Det påpekas även att det kan vara svårt att

genomföra granskning på mindre företag som endast har en eller ett par som kan FDS. De positivt inställda anser att gemensamma regler skulle medföra ökad kvalitet, tydlighet, transparens samt färre misstag.

Endast ett av de elva tillfrågade företagen anger att andra inblandade aktörer efterfrågar kvalitetssäkring av utförda FDS-simuleringar. Exempel på sådana som nämns är vissa beställarorganisationer med höga krav gällande redovisning och spårbarhet, så som anläggningar med radioaktivt material. En deltagare som angett att ingen kräver det specifikt tror att det är underförstått av kunderna att arbetet granskas, eftersom företaget har ett kvalitetsledningssystem. Därmed kanske de inte känner behov av att efterfråga det.

10.2 Reflektion

Av enkätundersökningen framgår att flera av företagen, mer eller mindre, använder sig av BIV:s och Briab:s utgivna vägledningar. Detta tyder på att det finns behov av riktlinjer, både gällande beräkningstekniska aspekter samt kvalitetssäkringen, och att dessa är till hjälp vid FDS-beräkningar.

Fördelar kan sannolikt vara att kvalitetssäkringsprocessen i branschen blir mer strukturerad, enhetlig och tydlig genom att vägledningsdokumenten på ett förståeligt och konkret sätt beskriver hur och vilka moment som bör ingå. Dessutom kan dokumenten troligtvis även medföra ökad förståelse och leda till att färre fel görs. Det är dock viktigt att inse att det troligtvis även finns vissa negativa aspekter med vägledningar. En utförlig vägledning skulle kunna medföra att användaren börjar tänka mindre själv och att det öppnar upp för personer som saknar tillräcklig kunskap om såväl FDS som branddynamik. Det är viktigt att inse att det krävs tillräcklig bakgrundkunskap hos användaren och att vägledningarna riktar sig till erfarna personer, och det vore problematiskt om vägledningarna medför att företagen inte satsar på hög kunskapsnivå hos användarna. Ytterligare en möjlig aspekt är att dokumenten skulle kunna skapa en falsk trygghet genom att eventuella felaktigheter i dem ”blir sanning”. Det är alltså oerhört viktigt att vägledningar granskas mycket noga innan de används.

Det är rimligtvis också av intresse att beakta vilken organisation som tagit fram vägledningen för att undvika att eventuella vinstintressen i branschen tar över. Det bör ge tyngd om flera instanser ingår i utvecklandet av vägledningar, likt BIV:s som togs fram genom samarbete mellan brandskyddskonsultföretag, SP och LTH. Detta då de kan bidra med olika kunskaper och syn på frågor och förhoppningsvis komma fram till det bästa möjliga. Det blir även mindre opartiskt vilket givetvis är en fördel. Det är dock viktigt att vara medveten om att vägledningarna sannolikt inte har någon juridisk tyngd i en rättsprocess.

Det förekommer varierade åsikter om huruvida gemensamma regler för kvalitetssäkring av FDS-simuleringar vore bra eller ej. Givetvis kan valfrihet vara bra och möjliggöra anpassade val för varje situation, men det lägger samtidigt stort ansvar på användaren och förutsätter att den tar beslut utifrån tillräckliga grunder och kunskap. Utan tydliga riktlinjer och regler försvåras även verifiering och granskningen av arbetet, och detta skulle kunna leda till att lösningar som understiger samhällets säkerhetsgräns inte upptäcks. Att den tekniska utvecklingen skulle stanna upp om gemensamma regler införs bör inte ske om reglerna

uppdateras i takt med utvecklingen, likt andra regelverk i branschen. Det huvudsakliga målet bör dock vara att kvalitetssäkring sker på ett enhetligt sätt på olika företag, oavsett om den regleras detaljerat eller generellt i lagstiftningen. Om det skulle visa sig att tillämpningsdokument likt BIV:s blir praxis i branschen, och därmed skapar en transparens och enhetlighet avseende kvalitetssäkring av FDS-simuleringar, kan det vara en fördel med att fortsätta hålla regelverket generellt. Detta eftersom projektören då fortfarande har möjlighet att avvika från vägledningen vid de undantagsfall då andra tillvägagångssätt passar situationen bättre. Dessutom behöver då inte Boverket skriva ett detaljreglerat regelverk inom ett område där de troligtvis saknar den spetskompetens som erfordras.

Enkätsvaren tyder på att flera företag har tydliga interna riktlinjer för kvalitetssäkringen av FDS-simuleringar, medan andra verkar göra olika från fall till fall. Givetvis behöver det inte vara sämre att variera tillvägagångssättet mellan olika fall, så länge det alltid utförs på ett relevant och tillräckligt sätt. Dock är det inte omöjligt att omfattningen av kvalitetssäkringen skulle kunna minska vid tidspress i den konkurrensutsatta branschen, då denna process tar tid. Därför kan det troligtvis vara en fördel att ha genomarbetade rutiner/riktlinjer att utgå från eftersom det rimligtvis är svårare att glömma eller hoppa över vissa moment. Dessutom blir det tydligt vad som förväntas av användaren, vad som ska prioriteras och vad en granskare bör kontrollera. Sannolikt är det även en trygghet för brandskyddskonsulten att ha riktlinjer för vad som minst bör kontrolleras och att alla inom företaget jobbar efter samma förutsättningar.

Som framgick av enkätundersökningen frågar ytterst få aktörer om kvalitetssäkring av FDS-simuleringar. Det är i sig inte särskilt förvånande eftersom man förväntar sig att den man anlitar är expert och därmed levererar pålitliga resultat med tillräcklig kvalitet. Dock skulle detta kunna vara en fara om företagen sänker nivån om de vet att arbetet inte granskas av utomstående. I enkäten nämndes även att en orsak till att kunden inte efterfrågar kvalitetssäkring är företagets kvalitetsledningssystem. Värt att reflektera över är dock om detta faktiskt medför högre kvalitet för simuleringarna, eftersom dessa system nödvändigtvis inte är branschspecifika eller fördjupade inom specifika områden.

För att granskning ska kunna utföras på ett trovärdigt sätt är det rimligtvis viktigt att företagen har tillräckliga resurser för att hantera avancerade datormodeller. Det bör vara problematiskt om det inte finns flera FDS-kunniga på ett företag, både eftersom kvaliteten kan minska genom att diskussionsmöjligheterna begränsas och att granskning av personer utan kunskap om FDS förekommer och därmed riskerar att bli bristfällig. För att undvika denna problematik kan dock små men seriösa företag ta in granskning från ett annat konsultföretag i branschen.

Sammanfattningsvis är det inte helt enkelt att dra några slutsatser om hur man bäst säkerställer att alla företag i branschen uppfyller rimlig och likvärdig kvalitet. En viktig del är åtminstone att inse att makt medför ansvar, och att det därmed är mycket viktigt att utföra arbetet på ett tillfredsställande sätt.

11 Allmän diskussion

Responsen under studiens gång har mestadels varit positiv och rekryteringen av deltagare gick lättare än förväntat, trots att ingen ersättning kunde ges till deltagarna. Det som skapade viss tveksamhet hos vissa tillfrågade företag var tidsbrist samt oron att bli uthängda, men då det förtydligades att resultaten inte skulle kunna kopplas till respektive deltagare ställde de flesta upp. Vad gällde tidsåtgången var det svårt att i förväg avgöra hur omfattade uppgiften skulle upplevas, hur mycket tid den skulle ta i anspråk samt hur snabbt deltagarna skulle kunna påbörja och avsluta uppgiften.

En förhoppning är att arbetet bidrar till att väcka tankar, skapa diskussion samt till att identifiera problemområden, och på så sätt kunna bidra till förbättring inom branschen. Genom att öka medvetenheten, påvisa brister samt betydelsen av noggrannhet och kvalitetssäkring ökar förhoppningsvis möjligheterna att utveckla arbetet med FDS och höja kvaliteten. Syftet med studien har således aldrig varit att försöka sätta dit någon deltagare, utan endast att försöka identifiera övergripande branschproblem och skillnader.

11.1 Förbättringsförslag

För att minska skillnader och öka kvaliteten på FDS-simuleringar i branschen skulle förmodligen en utbildning om programmet vara en bra idé. Eftersom programmet är komplicerat och ständigt utvecklas kan det förmodligen vara svårt att hålla sig uppdaterad, och den grundutbildning som många har med sig från LTH kanske inte alltid räcker till. Dock ger den en bra grund men det krävs sannolikt att man kontinuerligt upprätthåller sin kunskap och följer med i utvecklingen. Därför skulle det kunna vara bra för branschen om exempelvis en uppfräschningskurs hålls varje år och nyheter och svårigheter kan diskuteras. Det är rimligtvis inte möjligt att införa ett krav på deltagande men seriösa företag skulle förhoppningsvis prioritera detta frivilligt och skicka en till två personer, som sedan kan föra information vidare inom företaget. Generellt sett är ökad kunskap och förståelse förmodligen en väg till bättre brandskydd och en enhetligare nivå i samhället.

Ytterligare en faktor som sannolikt kan gynna enhetlighet, kvalitet och utveckling är öppenhet mellan företagen. Om vissa företag satsar på att höja sin kvalitet följer förhoppningsvis andra efter och vill hålla samma takt. Dessutom är fortsatta samarbeten mellan olika instanser, likt BIV:s tillämpningsdokument, troligen fördelaktigt för utvecklingen i branschen.

Gällande kvalitetssäkring av FDS-simuleringar vore det förmodligen bra om alla företag inför någon form av genomarbetade rutiner för hur detta ska ske, både för personalens och kundernas skull. Detta skulle förhoppningsvis medföra att man prioriterar granskningen mer och lättare vet vilken nivå som ska uppfyllas.

11.2 Felkällor/begränsningar

Då studien innefattade hantering och sammanställning av en mängd olika data finns alltid en risk att fel kan ha uppstått. Dessutom namngavs samtliga deltagare med varsitt kodnamn vid enkätundersökningen och simuleringen som sedan även ändrades till rapporten för att hemlighålla vem som utfört vilken simulering. Detta skulle kunna leda till förväxlingar men resultaten har granskats ett antal gånger för att minska risken för sådana fel.

Det finns även, som tidigare nämnts, felkällor och begränsningar förknippade med försöket. Det hade förmodligen varit mer fördelaktigt att genomföra ett eget fullskaleförsök för att dokumentera all nödvändig information och även kunna mäta fler parametrar. Dock fanns inte vare sig ekonomiska eller tidsmässiga möjligheter till detta.

11.3 Enkätens utformning

Området kvalitetssäkring visade sig vara ett stort och brett område och mer omfattande arbete hade behövts för att kunna få en djupare förståelse av tillvägagångssätten. Att undersöka företagens arbete med kvalitetssäkring av FDS-simuleringar genom enkätfrågor var relativt svårt, och det finns troligtvis bättre alternativ för att få en tydligare bild av metodiken. I startskedet var avvägningen av antalet frågor, och om de skulle utformas som slutna eller öppna, inte helt enkel att göra. För att undvika att missa något intressant användes ett relativt stor antal frågor i enkäten, vilket i efterhand inte var optimalt då det försvårade sammanställningen. Förmodligen hade det varit bättre att avgränsa enkäten till en viss del och studera den delen djupare.

Balansgången mellan öppna och slutna frågor var svår eftersom de slutna frågorna riskerade att styra deltagarnas svar samtidigt som de öppna gav olika utförliga svar och är svårare att sammanställa och presentera på ett lämpligt sätt. Att svarens tydlighet och detaljeringsgrad varierade kan vara ett tecken på att frågorna var formulerade på ett sätt som gav utrymme för egna tolkningar. Det är alltså inte nödvändigtvis så att de tillfrågade som skrev kortare svar gör ett mindre arbete i verkligheten. Det hade förmodligen krävts ytterligare eftertanke och andra tillvägagångssätt för djupare kunskap om hur kvalitetssäkring av FDS-simuleringar utförs.

12 Slutsatser

Nedan besvaras kortfattat de tre frågeställningar som formulerades i arbetets början. Slutsatserna bör ses i sin kontext med rådande förutsättningar och begränsningar.

Uppstår en spridning i simuleringsresultat mellan ett flertal erfarna FDS-användare vid en a-priori-studie av ett specifikt scenario? Om ja, hur stor är spridningen? Skiljer sig användarens val, så som metodik och val av indata?

Vid en jämförelse av deltagarnas resultat konstaterades att en spridning uppstod för samtliga parametrar. Hur stor spridningen var varierade mellan de olika eftersökta parametrarna. De största variationerna noterades för massavbrinningshastigheten och effektutvecklingen, vilket naturligtvis även medför skillnader i temperaturökning. Resultaten för gashastighet och infallande strålning baserades till stor del på olika val av mätfunktioner samt felaktiga mätriktningar vilket försämrade jämförelsemöjligheterna.

Även deltagarnas metodik och indataval skiljde sig till viss del åt, vilket delvis förklarar ovanstående variationer. Skillnader i indatafilerna som främst noterades är hur branden definierades samt hur strålnings- och hastighetsmätningarna utfördes. Vissa variationer förekom även vid utformandet av griden och förenklingar gällande byggnadens utformning.

Vissa fel kan sannolikt förklaras av slarv och skulle kunna undvikas genom ordentlig kvalitetsgranskning, både före och efter simulering.

Hur förhåller sig simuleringsresultaten i jämförelse med experimentellt uppmätta värden?

Vid jämförelsen av uppmätta parametrar från fullskaleförsöket, det vill säga temperaturer och massavbrinningshastighet, och motsvarande simuleringsresultat konstaterades att de överensstämmer olika väl. Gällande massavbrinningshastigheten matchade vissa deltagare den experimentella medan andra avvek med upp till cirka 55 procent jämfört med försöket.

Den största spridningen i temperaturökningar erhöles i brandrummets övre del och deltagarna avvek där med mellan cirka 15-55 procent från försöket, exklusive extremvärdet. Spridningen var betydligt mindre i intilliggande rum. Värt att poängtera är dock att flertalet faktorer, inklusive osäkerheter i försöket, kan förklara skillnader mellan simuleringarna och försöket.

Hur genomförs kvalitetssäkring av FDS-simuleringar hos svenska brandskyddskonsultföretag?

Kvalitetssäkring förekommer hos företagen men omfattningen varierar ofta beroende på syfte och komplexitet i projektet. Majoriteten har någon form av uttalade riktlinjer/rutiner för detta i form av punkt- och checklistor, som mer eller mindre baseras på utgivna vägledningar. Det råder dock delade meningar om huruvida ett gemensamt regelverk för kvalitetssäkring i branschen vore positivt eller negativt.

13 Fortsatta studier

Under arbetets gång har flera idéer relaterade till denna studie uppstått och förslag på områden som kan vara intressanta för framtida studier nämns nedan.

- **Variationer av FDS-simuleringar vid verklig projektering**
Blir skillnaderna större eller mindre än i denna studie vid en samkalibreringsstudie (round-robin) där brandskyddskonsulter får genomföra en simulering av ett verkligt fall helt utifrån BBRAD? För att spegla verkligheten så mycket som möjligt vore det fördelaktigt att ekonomisk ersättning fås samt att arbetet utförs utan vetskapen om att det ingår i en studie.
- **Undersöka variationer för andra parametrar i FDS**
En motsvarande studie likt denna skulle kunna utföras men där ytterligare parametrar undersöks, så som exempelvis sprinkleraktivering och detektion.
- **Uppfylls valideringsområden för FDS?**
Hur hanterar brandskyddskonsulterna situationer då valideringsområden och rekommendationer för FDS inte uppfylls? Undersöka och diskutera val av exempelvis cellstorlek och mätfunktioner för strålning i FDS.
- **Samband mellan kvalitet och tidsåtgång**
Blir kvalitetssäkringen och resultatet lidande vid tidspressad projektering och simulering? Hur förhåller man sig till giltighetsområden som program har och det faktum att ökad noggrannhet ofta medför ökad beräkningstid?
- **Jämförelse av kvalitetssäkringsprocess för ett och samma projekt**
Hur genomförs kvalitetssäkring vid en analytisk dimensionering för ett och samma verkliga projekt av olika företag/brandskyddskonsulter? Intressant då både FDS och andra verktyg används.
- **Granskarens betydelse och inverkan vid kvalitetssäkring**
Gör olika granskare likvärdiga bedömningar av FDS-simuleringar alternativt hel projektering? Om inte, vilka orsaker finns det som bidrar till skillnader? Detta skulle kunna undersökas genom att låta flera brandskyddskonsulter granska en och samma simulering alternativt projektering och avgöra om den på ett lämpligt sätt uppfyller aktuella krav.
- **Hur sker granskning av projekteringar/simuleringar av remissinstanser?**
Har exempelvis räddningstjänster tillräckliga kunskaper om beräkningsmodeller för att kunna identifiera felaktigheter och avgöra om brandskyddskonsultens utförda arbete uppfyller aktuella krav? Skiljer det sig mellan exempelvis större och mindre kommuner?

14 Referenser

- Audouin, L. et al., (2011). Quantifying differences between computational results and measurements in the case of a large-scale well-confined fire scenario. *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 241, Nr. 1, ss. 18-31.
- Best Practice gruppen. (2009). *CFD Best Practice*. (Elektronisk) Tillgänglig: <http://www.brand.kk.dk/Soegeresultat.aspx?SI_sw=cfd> (2014-09-05).
- BIV. (2013). *CFD-beräkningar med FDS*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.sfpe-biv.se/memberspages/tillaempning>> (2014-09-05).
- Blazek, J. (2001). *Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications*. Oxford: El-sevier Science.
- Boverket. (2013). *Boverkets ändring av allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd – BFS 2013:12 BBRAD 3*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2014). *Boverkets författningssamling - BFS 2014:3 BBR 21*. Karlskrona: Boverket.
- Briab. (2012). *Vägledning brandgasfyllnad - extern version*. (Elektronisk) Tillgänglig: <www.briab.se/download> (2014-09-05).
- Foddy, W. (1993). *Constructing Questions for Interviews and Questionnaires*. Cambridge: Press Syndicate, Cambridge University.
- Fröderberg, M. (2014). *The human factor in structural engineering – A source of uncertainty and reduced structural safety*. Lic.-avh. Lunds Tekniska Högskola. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för konstruktionsteknik.
- Google. (2014). *Google Forms*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.google.com/forms/about/>> (2014-10-01).
- Holmstedt, G., Bengtsson, S., Blomqvist, P., Dittmer, T., Hägglund, B., Tuovinen, H & van Hees, P. (2008). *Kvalitetssäkring av olycks- och skadeförebyggande arbete med brandskydd i byggnader*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för brandteknik och riskhantering.
- Johansson, N., Svensson, S. & van Hees, P. (2014). *A Study of Reproducibility of a Full-Scale Multi-Room Compartment Fire Experiment*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för brandteknik och riskhantering.
- Keski-Rahkonen, O., Björkman, J., Hostikka, S. & Mangs, J. (1998). Fire Safety. Från: Jussi, S., Sarkimo, M., Merja, A. & Åvall, Å. *Finnish Res. Program. Struct. Integr. Nucl. Power Plants Synth. Achiev. 1995–1998*. VTT, Espo, Finnand, ss. 281–307 s.283.
- Knutsmark, M. (2013) *Utrymningsprogram – Program och användares påverkan på utrymningstiden*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för brandteknik och riskhantering.

Lauridsen, K., Christou, M., Amendola, A., Markert, F., Kozine, I., & Fiori, M. (2001a). Assessing the Uncertainties in the Process of Risk Analysis for Chemical Establishments: Part I. *Towards a Safer World, European Conference on Safety and Reliability. ESREL*. Torino, Italy.

Lauridsen, K., Christou, M., Amendola, A., Markert, F., Kozine, I., & Fiori, M. (2001b). Assessing the Uncertainties in the Process of Risk Analysis for Chemical Establishments: Part II. *Towards a Safer World, European Conference on Safety and Reliability. ESREL*. Torino, Italy.

McGrattan, K., McDermott, R., Hostikka, S. & Floyd, J. (2010). *Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide*. Maryland : NIST Special Publication 1019-5, NIST Building and Fire Research Laboratory.

Nohrstedt, L. (2013a). Studie: Var tredje räknade fel. (Elektronisk) *nyteknik.se*. Tillgänglig: <<http://www.nyteknik.se/nyheter/bygg/byggartiklar/article3703502.ece>> (2014-09-05).

Nohrstedt, L. (2013b). "Borde inte vara så stora skillnader". (Elektronisk) *nyteknik.se*. Tillgänglig: < <http://www.nyteknik.se/nyheter/bygg/byggartiklar/article3710316.ece>> (2014-09-05).

Nystedt, F. & Frantzich, H. (2011). *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för brandteknik och riskhantering.

Rein, G., Jahn, W. & Torero, J. (2011). *Modeling of the growth phase of dalmarnock fire test one*. 12th International Fire and Materials Conference, San Francisco, Feb 2011.

Räddningsverket. (2003). *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Räddningsverket.

SFPE. (2002). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition*. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association, Inc.

SFS 2010:900. (2010). *Plan- och bygglag (2010:900)*.

SFS 2011:338. (2011). *Plan- och byggförordning (2011:338)*.

Thunderhead Engineering. (2014). *Pyrosim User Manual*. Manhattan: Thunderhead Engineering.

Trost, J. (1994). *Enkätboken*. Lund: Studentlitteratur AB.

van Hees, P. (2013). Validation and Verification of Fire Models for Fire Safety Engineering. *Procedia Engineering*, Vol. 62, ss. 154-168.

Bilaga A - Intresseanmälan

Nedan presenteras den intresseanmälan som skickades ut till de tillfrågade företagen:



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

2014-09-02

Till teknikansvarig

Intresseanmälan för deltagande i examensarbete HT 2014

Skiljer sig resultat och metod för en CFD-simulering mellan erfarna användare i branschen?

Detta ska jag, brandingenjörstudent Madelene Ekholm, undersöka i mitt examensarbete som berör ämnet användarosäkerheter vid brandsimuleringar med CFD-modeller. Syftet med arbetet är att presentera en bild över spridningen i resultat mellan erfarna CFD-användare för en specifik experimentell uppställning.

Detta sker genom att låta ett flertal erfarna CFD-användare självständigt simulera ett specifikt scenario utifrån samma information, men utan att i förväg ha tillgång till resultat från ett experiment. Målet med projektet är att ge en fingervisning om hur stor användarosäkerheten är vid brandtekniska beräkningar med CFD-modeller. Förhoppningsvis kan projektet även hjälpa till att identifiera eventuella förbättringsområden eller tillägg i befintliga kurser i användandet av CFD-modeller.

För att kunna genomföra arbetet behöver jag er hjälp, och jag undrar om ni kan tänka er att bidra med en deltagare i studien. För att delta krävs att personen arbetar aktivt med brandsimuleringar i CFD, och har deltagit i minst 10 olika simuleringsprojekt. För att det inte ska ta för mycket tid i anspråk för deltagarna kommer försöksuppställningen att vara enkel och uppgiften avgränsad. Arbetet bedöms uppskattningsvis ta en halv till en hel dag, exklusive simuleringstid. Samtliga deltagares resultat behandlas anonymt i rapporten. Ytterligare information om projektets upplägg kommer att delges efter hand.

I samband med arbetet önskar jag även att ett frågeformulär besvaras. Detta kommer att bestå av frågor gällande bland annat rutiner för kvalitetssäkring och metodiken vid CFD-simuleringar.

Ert deltagande bidrar framför allt till ökad kunskap inom området användarosäkerheter, men ger er samtidigt möjligheten att se hur ni ligger till jämfört med andra i branschen. Vidare kan ni även gentemot kund visa att ni är öppna med ert arbete.

Jag är mycket tacksam för snabbt svar oavsett om ni kan ställa upp eller ej. Svar skickas till bra11mek@student.lu.se. Om ni kan ställa upp, vilket jag hoppas, önskar jag att ni samtidigt anger följande:

- en kontaktperson på företaget för vidare kontakt
- vilken CFD-modell ni använder er av
- en rimlig deadline för ert arbete (i början av hösten)

Om ni har några frågor eller funderingar är ni välkomna att höra av er!

Tack på förhand!

Madelene Ekholm

BI 11

bra11mek@student.lu.se

0733-810940

Nils Johansson

Handledare, Avdelningen för
brandteknik, LTH

Nils.johansson@brand.lth.se

046-2884821

Bilaga B - Instruktion till simuleringsuppgiften

Nedan presenteras den instruktion till simuleringsuppgiften som deltagarna erhöill:



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Tack för att du ställer upp i denna studie!

Studien ingår i mitt examensarbete som berör ämnet användarosäkerheter vid brandsimuleringar med CFD-modellen FDS. Syftet med arbetet är att presentera en bild över spridningen i resultat mellan erfarna FDS-användare för en specifik experimentell uppställning. Detta sker genom att låta ett flertal erfarna användare självständigt simulera ett specifikt scenario utifrån samma information, men utan att i förväg ha tillgång till resultat från motsvarande experiment. Observera att det inte handlar om att göra ”rätt” eller ”fel” utan att målet med studien är att ge en fingervisning om hur stor användarosäkerheten är vid brandtekniska beräkningar med CFD-modellen FDS. Vidare undersöks frågor gällande bland annat rutiner för kvalitetssäkring och metodiken vid simuleringar.

Vad ska du som deltagare göra?

1. Läs förutsättningarna och beskrivningen av scenariot.
2. Försök efterlikna det verkliga scenariot som beskrivs i kapitel 2.
3. Genomför de mätningar som efterfrågas i kapitel 3.
4. Kör simuleringen med **FDS 5** (gärna version 5.5.3 om möjlighet finns).
5. Rapportera in dina resultat, så som det beskrivs i kapitel 4.
6. Besvara det frågeformulär som skickas ut efter att resultaten skickats in.

Vid frågor eller funderingar är du välkommen att höra av dig!

/ Madelene Ekholm

0733-810940

madelene.ekholm@gmail.com

1. Förutsättningar

Uppgiften går ut på att självständigt efterlikna den experimentella uppställning som beskrivs i kapitel 2 med FDS 5. Först beskrivs den experimentella uppställningen och därefter punktas mer detaljerad information upp för respektive del. Vidare presenteras vilka mätningar som ska utföras, och vilka beteckningar dessa ska anges med.

Samtliga deltagares svar kommer att vara anonyma och inte kunna härledas i rapporten. Dock vill jag gärna skriva ett tack till de företag/personer som ställer upp i studien för att visa min uppskattning. Detta förutsätter givetvis först ett godkännande från er och företagets sida.

Efter att du har rapporterat in dina resultat skickas ett frågeformulär ut som gärna ska besvaras så snart som möjligt. Om något speciellt avviker eller skiljer sig mycket mellan simuleringarna önskar jag även att få återkomma med vissa kompletterande följdfrågor.

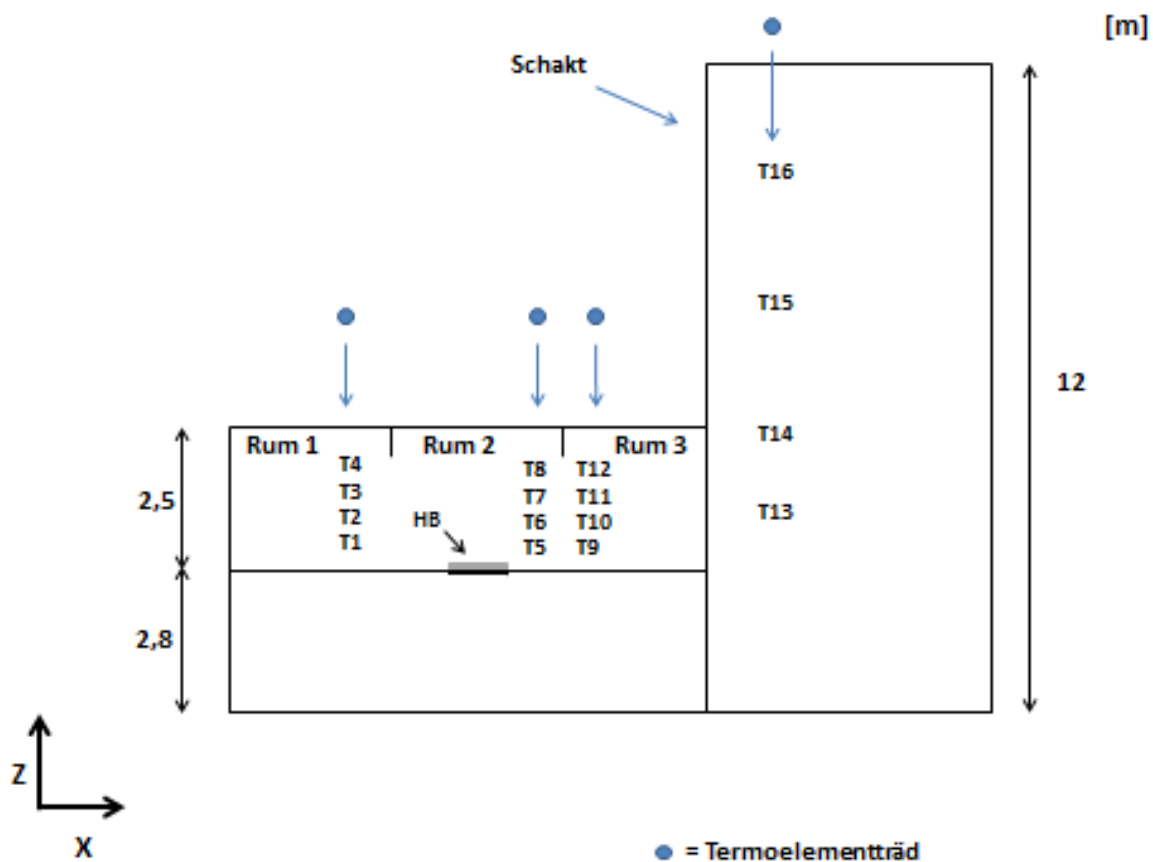
Jag är tacksam om resultaten rapporteras in så snart som möjligt så att jag kan påbörja resultatsammanställningen och skicka ut frågeformulären. För att hålla min tidsplan och kunna färdigställa arbetet behöver jag få in:

- Simuleringsresultaten **senast den 10/10**.
- Frågeformulären besvarade **senast den 17/10**.

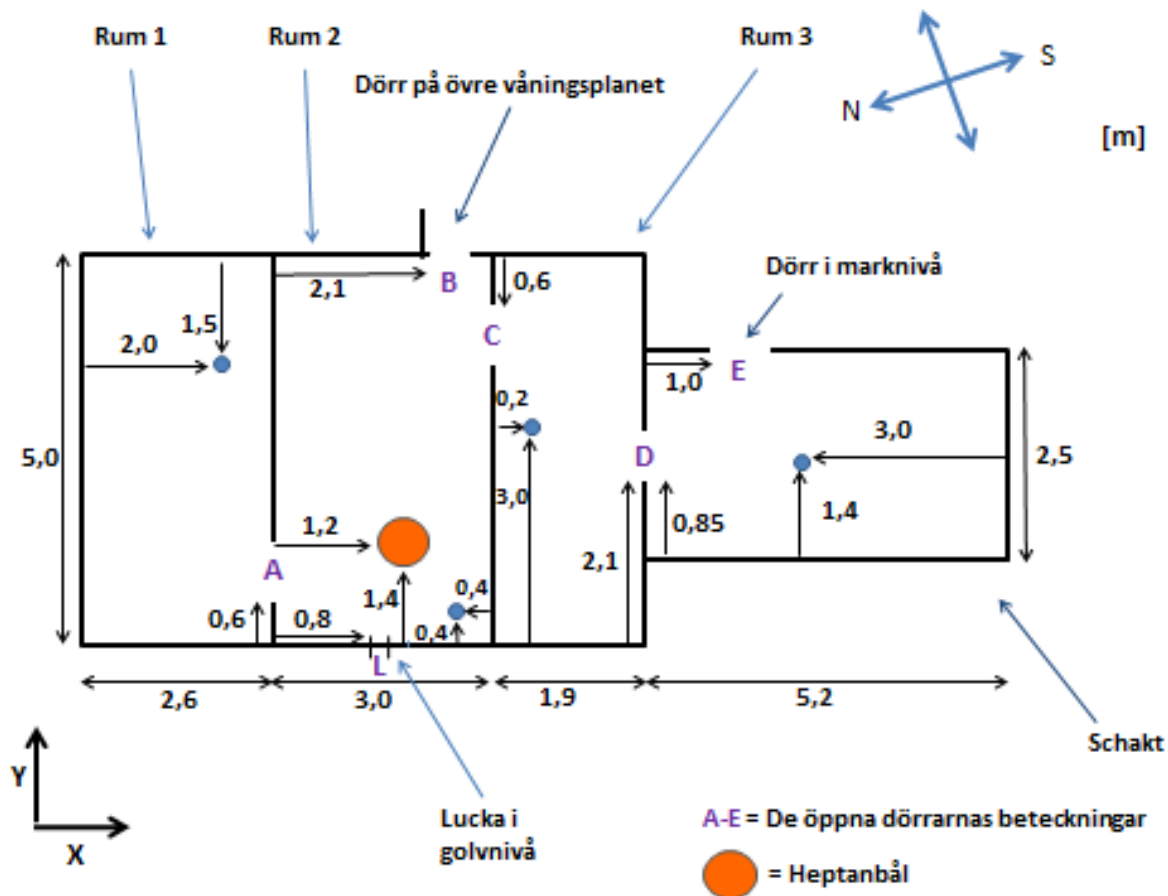
Om du redan nu vet att dessa datum blir svåra att hålla ber jag dig informera dig om dina förutsättningar. Du får gärna skicka iväg ett mail, till madelene.ekholm@gmail.com, och berätta när du har kört igång din simulering, så att jag vet hur du ligger till tidsmässigt.

2. Beskrivning av scenario

Byggnaden som scenariot utspelar sig i är ett tvåvåningshus med ett tillhörande schakt, se figur 1. Det ligger på en öppen plats utan några närliggande byggnader. Det översta våningsplanet utgörs av tre rum som sammanbinds via dörr A och C, se figur 2. Det översta våningsplanet förbinds även med schaktet via dörr D. Det nedre planet förbinds *inte* med varken schaktet eller det övre våningsplanet. Samtliga dörrar och luckor som är utmarkerade i figur 2 är öppna under hela försöket. Brandkällan är placerad i rum 2 och utgörs av ett heptanbål, vilket markeras HB i figur 1. Heptanbålet antänds och massavbrinningen mäts kontinuerligt. Nedan anges mer detaljerad information om de parametrar och förhållanden som råder.



Figur 1 - Byggnaden i profil med angivna mått och termoelementens placering. Samtliga mått är innermått och anges i meter. Golv och tak är 20 cm tjocka och samtliga väggar är 30 cm tjocka.



Figur 2 - Byggnaden ovanifrån med utmarkerade termoelementträd, heptanbål och öppningar. Samtliga mått är innermått och anges i meter. Alls väggar är 30 cm tjocka. Observera att dörr B endast går att öppna 90°.

2.1 Begynnelsevillkor

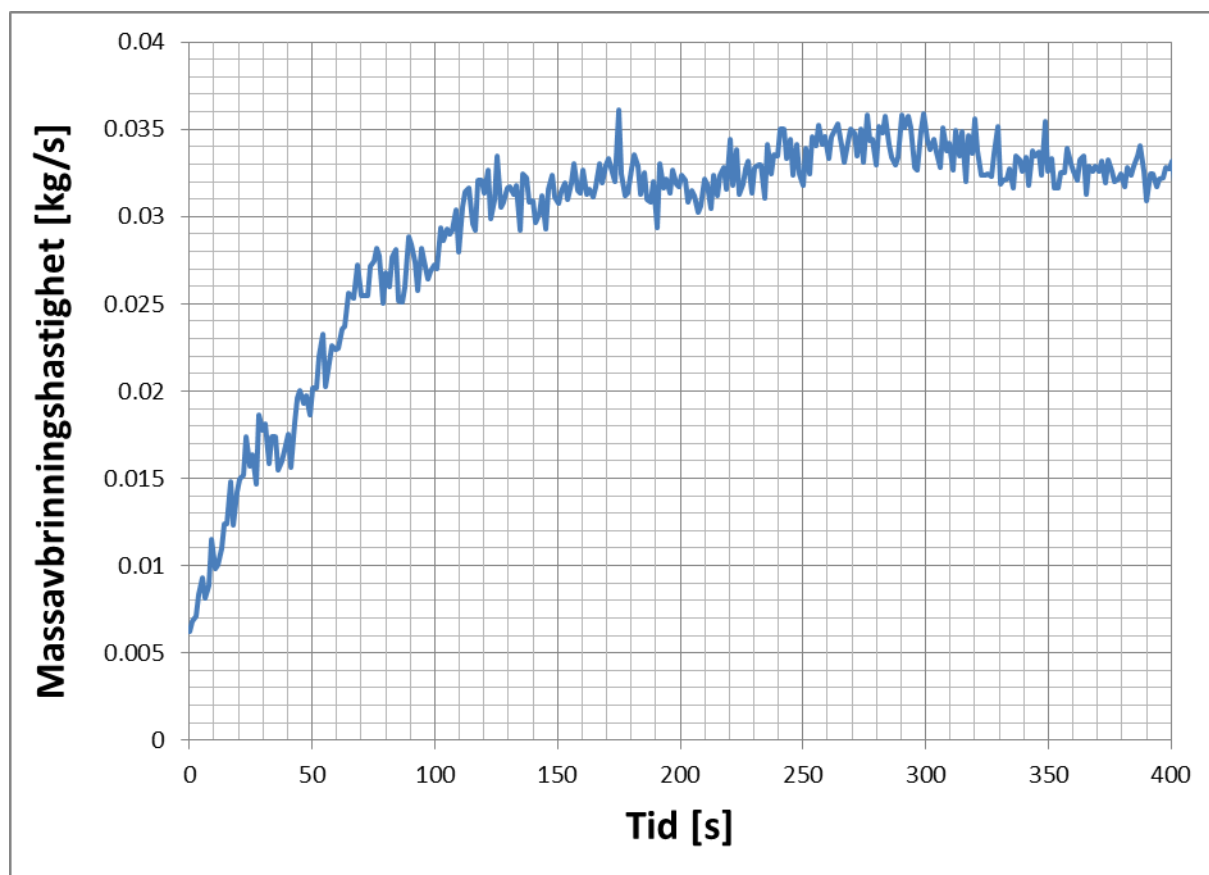
- I rum 1, 2, 3 och i schaktet är begynnelsestemperaturen -3°C .
- Utomhus är begynnelsestemperaturen $-8,5^{\circ}\text{C}$.
- Vindhastigheten är 1,3 m/s och har riktningen 340° .
(0° motsvarar nordlig vind, 90° östlig osv. Riktningen anger det håll det blåser **från**)
- Luftfuktigheten är 90 %

2.2 Byggnadsdelar och material

Golv och tak består av 20 cm tjocka betongplattor. Samtliga väggar är 30 cm tjocka och består av leca-block med ett cirka 5 mm tjockt lager cementputs. Både väggar, tak och golv är sotiga från start.

2.3 Brandkällan

Bålet är cirkulärt, har en diameter på 800 mm och är tillverkat av 1,5 mm tjockt stål. Det är placerat på en våg vilket gör att det står 250 mm ovanför golvnivån. Bålet fylls med cirka 20 liter heptan och antänds med en tändsticka. I figur 3 redovisas den uppmätta massavbrinningshastigheten från försöket.



Figur 3 - Heptanbålets uppmätta massavbrinningshastighet som funktion av tiden.

2.4 Ventilationsförhållanden

Under försöket är dörr A, C, D, E och luckan L helt uppställda (180°). Dörr B är däremot endast öppen 90°. Måtten på öppningarna anges i tabell 1.

Tabell 1 - Sammanställning av öppningarnas mått.

Beteckning	Bredd [m]	Höjd från golvnivå [m]
A	1,2	2,0
B	0,8	2,0
C	1,2	2,0
D	0,9	2,0
E	0,8	1,9
L	0,6	0,3*

* Luckan är placerad 10 cm ovanför golvnivån och är alltså totalt 20 cm hög.

3. Instruktion till mätningar

Nedan följer en beskrivning av de parametrar som ska undersökas i studien. **För att underlätta sammanställningen av resultat önskar jag att samtliga mätpunkter betecknas på samma sätt som anges i givna figurer och tabeller.** I de fall då du anger egna värden, som för exempelvis bränsle och material, får du gärna hänvisa till källan. Simuleringen ska köras i 400 sekunder och frekvensen för utdata anges för varje sekund.

3.1 Temperatur

Temperaturen mäts i rum 1, 2, 3 och i schaktet med varsitt termoelementtråd. Varje termoelementtråd består av fyra termoelement, med tjockleken 0,51 mm, som är utplacerade på olika höjder. Dessa höjder framgår av tabell 2-5. Mät temperaturen i samtliga 16 punkter, det vill säga T1-T16.

Tabell 2 - Höjd ovanför golvnivån (för det översta planet) för respektive termoelement i rum 1.

Rum 1

Beteckning	Höjd över rummets golvnivå [cm]
T1	40
T2	95
T3	165
T4	195

Tabell 3 - Höjd ovanför golvnivån (för det översta planet) för respektive termoelement i rum 2.

Rum 2

Beteckning	Höjd över rummets golvnivå [cm]
T5	20
T6	85
T7	160
T8	210

Tabell 4 - Höjd ovanför golvnivån (för det översta planet) för respektive termoelement i rum 3.

Rum 3

Beteckning	Höjd över rummets golvnivå [cm]
T9	20
T10	80
T11	180
T12	210

Tabell 5 - Höjd ovanför golvnivån (för det översta planet) för respektive termoelement i schaktet

Schaktet	
Beteckning	Höjd över <i>schaktets</i> golvnivå [cm]
T13	330
T14	575
T15	740
T16	1100

3.2 Strålning

Uppskatta den infallande värmestrålningen [kW/m^2]:

- I mittpunkten av taket i rum 1. Använd beteckningen "StrålningT1".
- På golvet i mittpunkten av rum 2. Använd beteckningen "StrålningG2".
- På golvet i mittpunkten av rum 3. Använd beteckningen "StrålningG3".

3.3 Sikt

Uppskatta sikten [m]:

- På 1,8 m höjd ovanför golvet i mittpunkten av rum 1. Använd beteckningen "SiktR1".
- På 1,8 m höjd ovanför golvet i mittpunkten av rum 2. Använd beteckningen "SiktR2".
- På 1,8 m höjd ovanför golvet i mittpunkten av rum 3. Använd beteckningen "SiktR3".
- På 5 m ovanför schaktets golvnivå i schaktets mittpunkt. Använd beteckningen "Sikt5".

3.4 Gashastighet

Mät den horisontella gashastigheten mitt i dörröppning D (x-led) på följande höjder ovanför golvet:

- 0,4 m. Använd beteckningen "GasD1".
- 0,8 m. Använd beteckningen "GasD2".
- 1,2 m. Använd beteckningen "GasD3".
- 1,6 m. Använd beteckningen "GasD4".

Mät den horisontella gashastigheten mitt i dörröppning B (y-led) på följande höjder ovanför golvet:

- 0,4 m. Använd beteckningen "GasB1".
- 0,8 m. Använd beteckningen "GasB2".
- 1,2 m. Använd beteckningen "GasB3".
- 1,6 m. Använd beteckningen "GasB4".

4. Resultatrapportering

När du är färdig med simuleringen önskar jag att följande skickas till mig på mailadress madelene.ekholm@gmail.com:

- Indatafil
- Utdatafil (OUT-fil och Excelfiler för hrr & devc)
- Att du anger den version av FDS 5 som har använts (dvs version 5.5.3 eller liknande).
- Att du anger om Pyrosim har använts.
- Att du anger om ditt och/eller företagets namn får användas vid ett tack i rapporten.

Innan filerna skickas ber jag dig kontrollera att du använt samma beteckningar för mätpunkter som anges i beskrivningen i uppgiften.

5. Besvara frågeformulär

När resultaten har skickats in kommer ett frågeformulär att skickas ut. Detta innehåller frågor gällande bland annat kvalitetssäkring, metodik och erfarenhet av FDS-simuleringar. Jag önskar få detta besvarat **senast den 17/10**.

Tack för din medverkan!

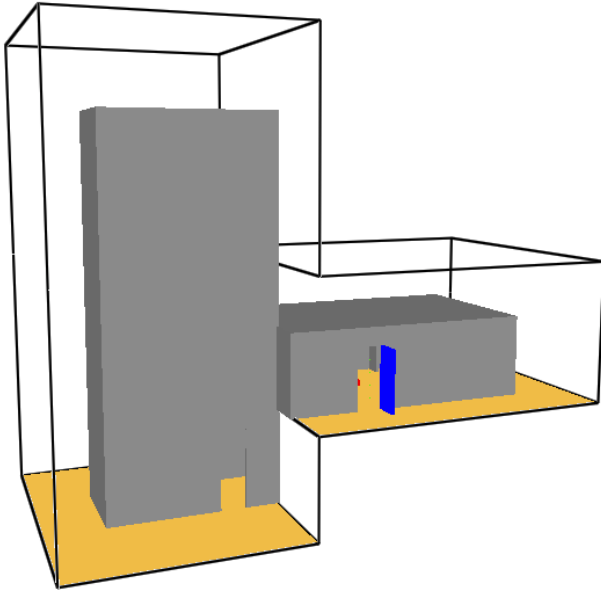


Bilaga C - Resultat simuleringsuppgift

I denna bilaga presenteras kompletterande information från simuleringsuppgiften i form av uppbyggd geometri samt temperatur- och strålningsmätningar.

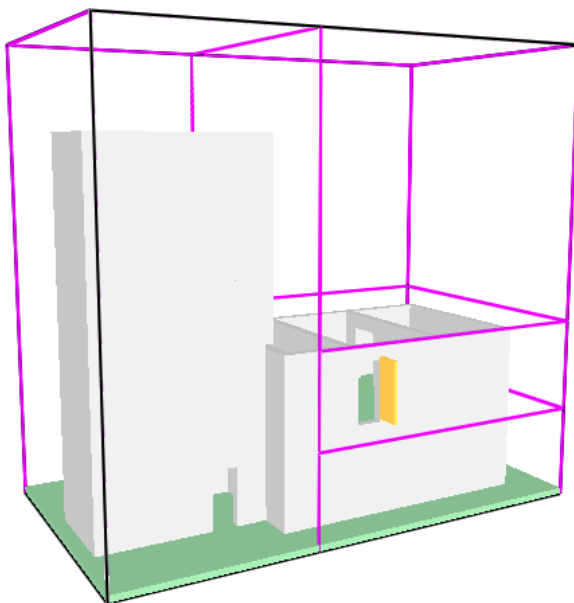
C1. Geometri

Nedan presenteras, med hjälp av visualisering i Smokeview, hur respektive deltagare byggde upp geometrin. I figur 31 presenteras geometrin som deltagare A skapade.



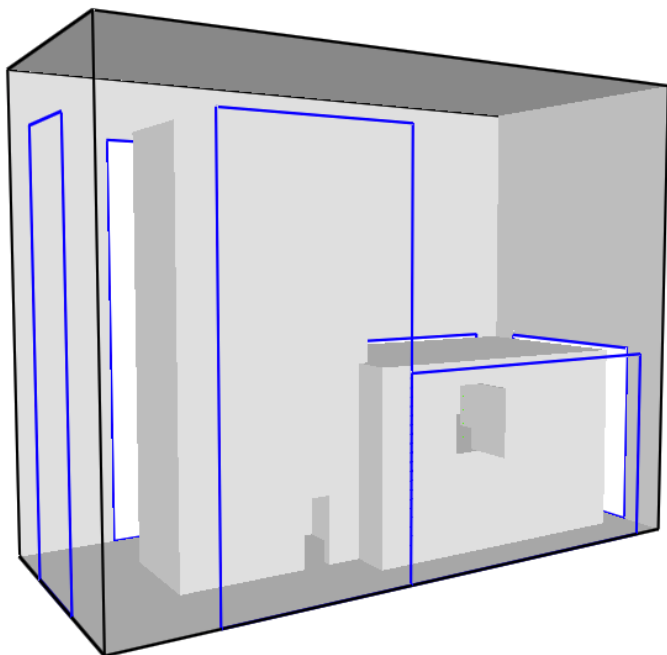
Figur 31- Illustration av geometri för deltagare A.

I figur 32 presenteras geometrin som deltagare B skapade.



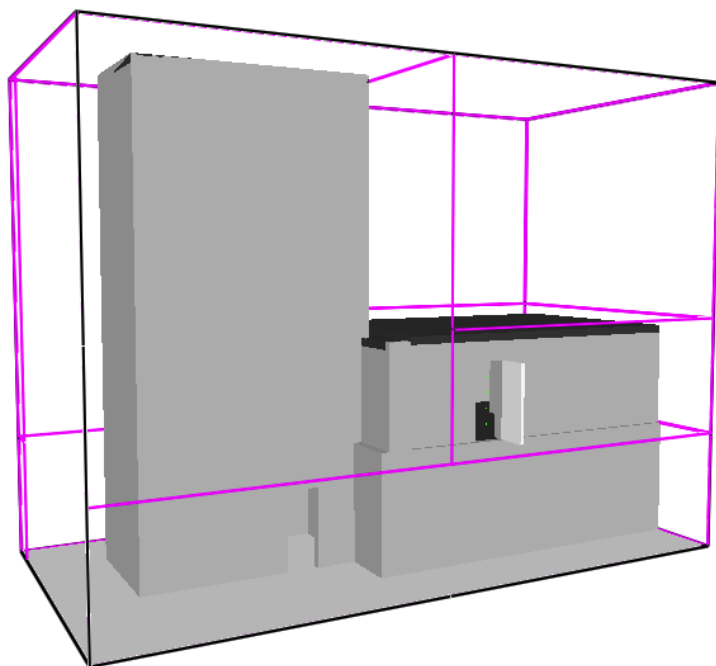
Figur 32- Illustration av geometri för deltagare B.

I figur 33 presenteras geometrin som deltagare C skapade.



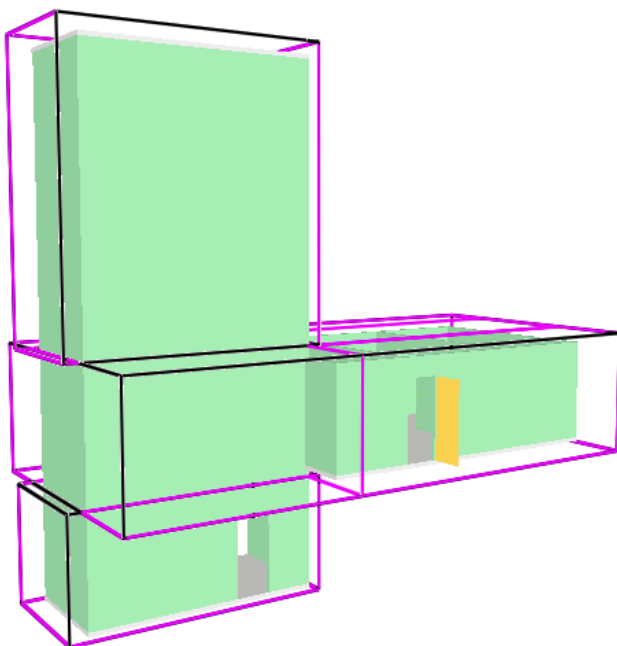
Figur 33- Illustration av geometri för deltagare C.

I figur 34 presenteras geometrin som deltagare D skapade.



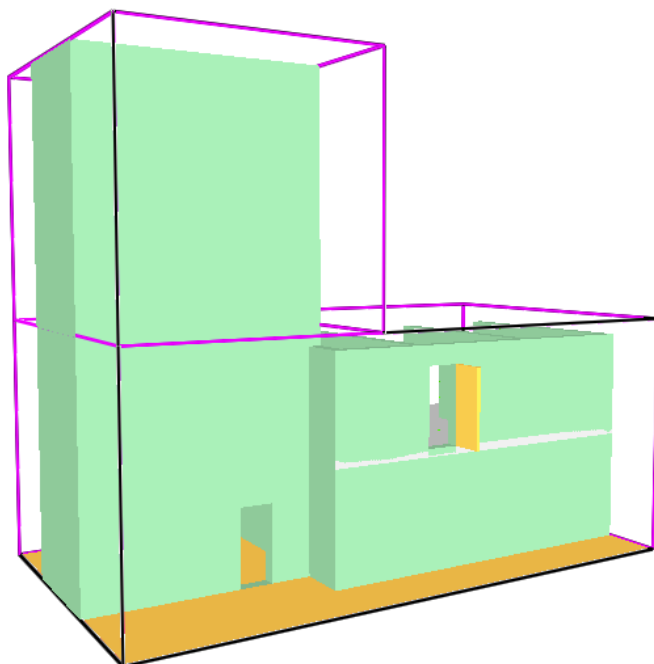
Figur 34- Illustration av geometri för deltagare D.

I figur 35 presenteras geometrin som deltagare E skapade.



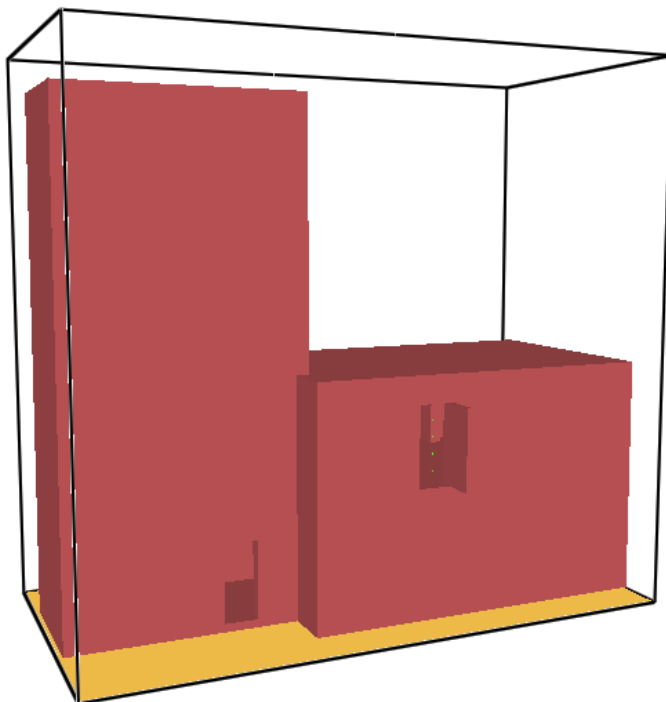
Figur 35- Illustration av geometri för deltagare E.

I figur 36 presenteras geometrin som deltagare F skapade.



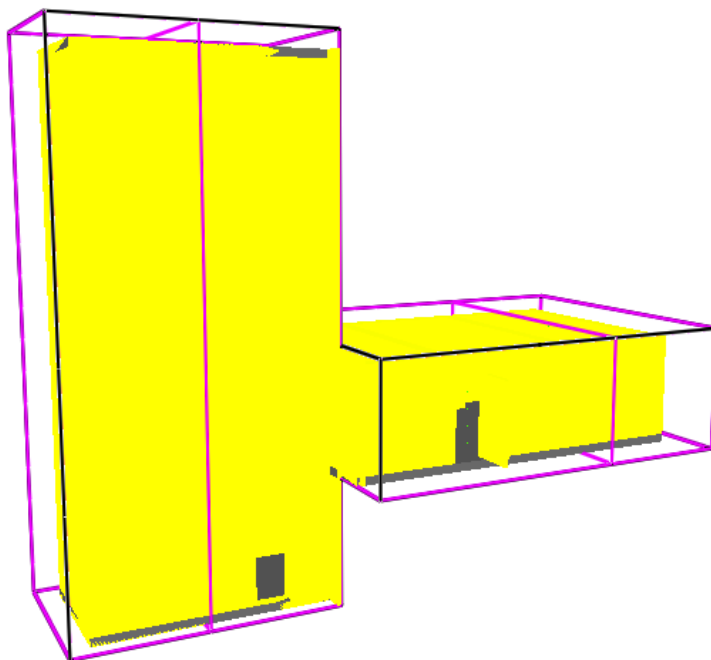
Figur 36- Illustration av geometri för deltagare F.

I figur 37 presenteras geometrin som deltagare G skapade.



Figur 37- Illustration av geometri för deltagare G.

I figur 38 presenteras geometrin som deltagare H skapade.

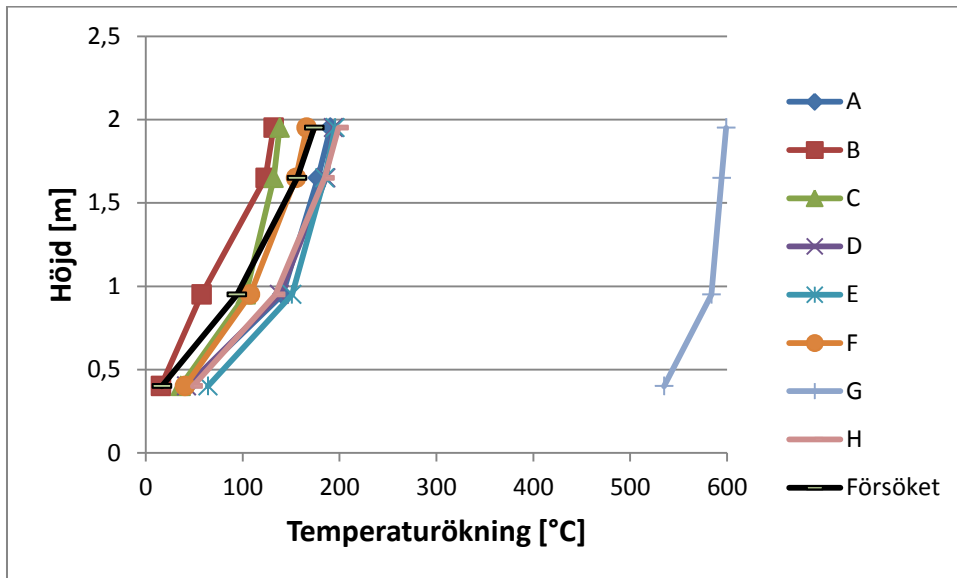


Figur 38- Illustration av geometri för deltagare H.

C2. Temperatur

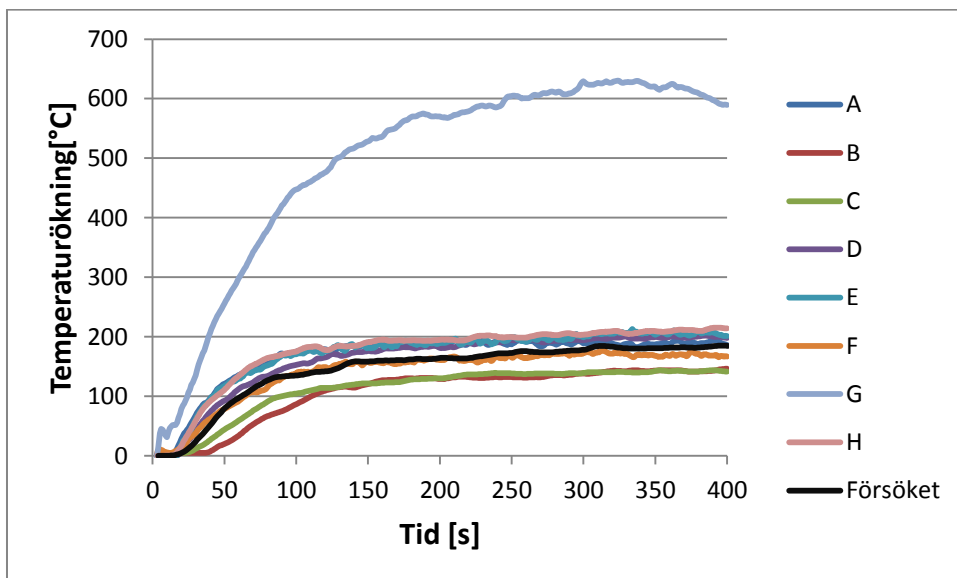
Nedan redovisas kompletterande resultat för temperaturmätningarna i simuleringsuppgiften som inte tidigare har presenterats. För respektive rum presenteras temperaturprofiler och temperaturökningar för den översta mätpunkten för samtliga deltagare.

I figur 39 presenteras temperaturprofilen i rum 1 för samtliga deltagare.



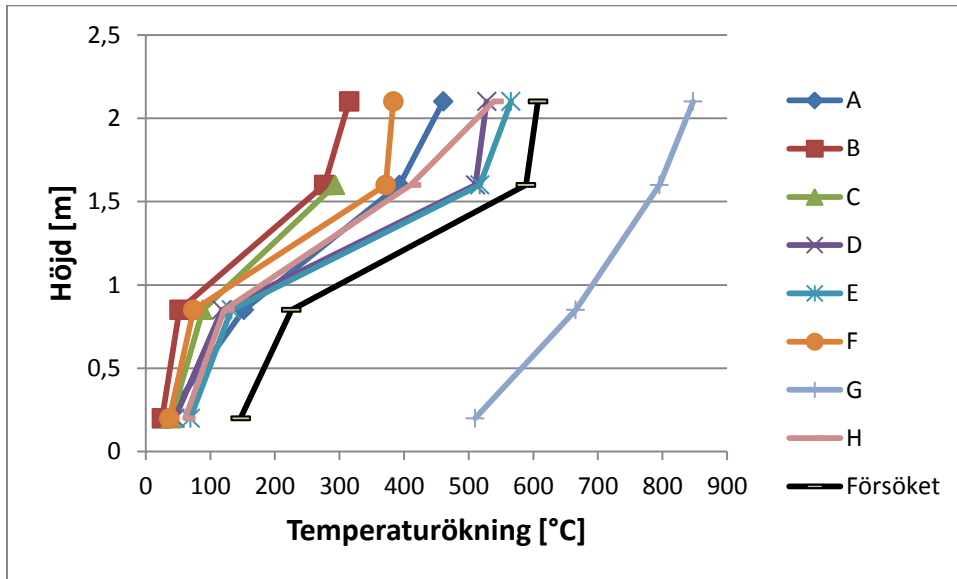
Figur 39 - Temperaturprofil i rum 1 efter 250 sekunder för samtliga deltagare och försöket.

I figur 40 redovisas temperaturökningen som funktion av tiden i rum 1 för den översta mätpunkten, för samtliga deltagare.



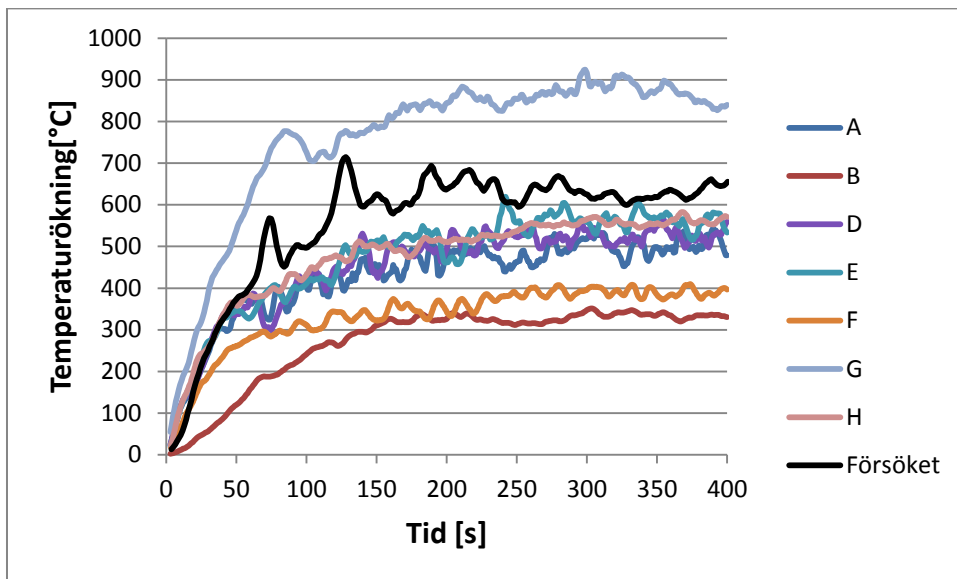
Figur 40 - Samtliga deltagares uppmätta temperaturökning som funktion av tiden i punkt T4, rum 1.

I figur 41 presenteras temperaturprofilen i rum 2, brandrummet, för samtliga deltagare. Deltagare C angav inte den översta mätpunkten därav grafens utseende.



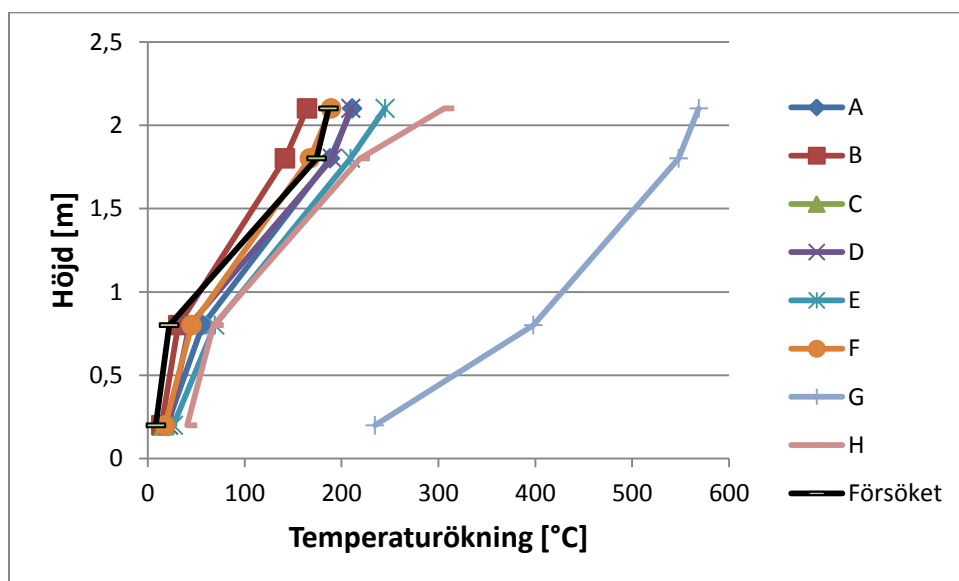
Figur 41 - Temperaturprofil i rum 2 efter 250 sekunder för samtliga deltagare och försöket.

I figur 42 redovisas temperaturökningen som funktion av tiden i rum 2 för den översta mätpunkten, för samtliga deltagare ut om C som inte angav denna mätpunkt.



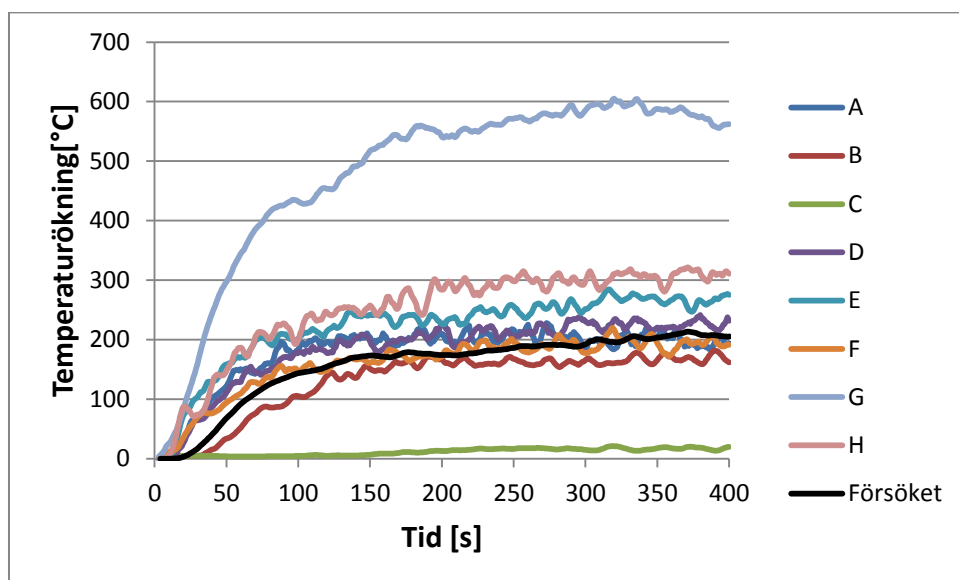
Figur 42 - Samtliga deltagares, förutom C, uppmätta temperaturökning som funktion av tiden i punkt T8, rum 2.

I figur 43 presenteras temperaturprofilen i rum 3 för samtliga deltagare. Deltagare C angav samtliga fyra mätpunkter i samma position, därav grafernas utseende i Figur 43 och Figur 44.



Figur 43- Temperaturprofil i rum 3 efter 250 sekunder för samtliga deltagare och försöket.

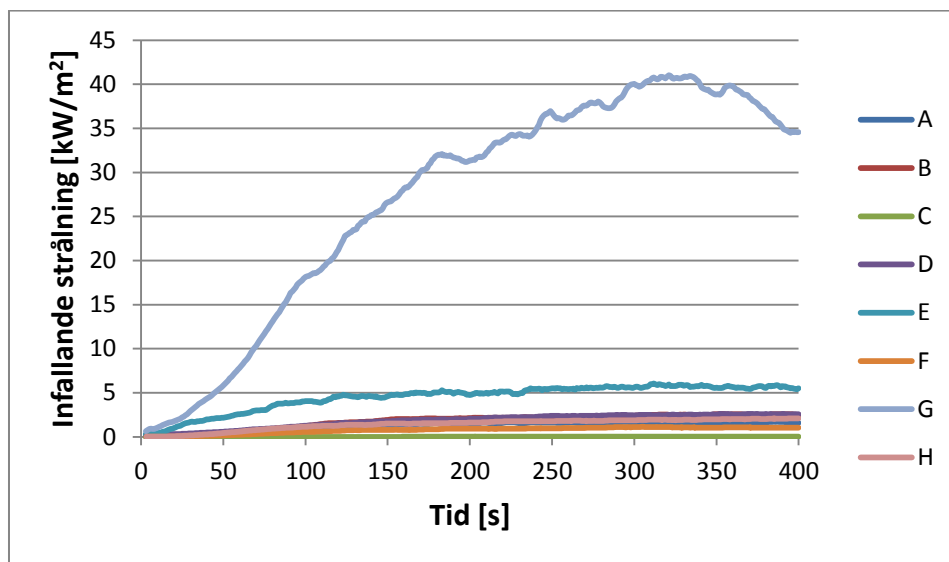
I figur 44 redovisas temperaturökningen som funktion av tiden i rum 3 för den översta mätpunkten, för samtliga deltagare.



Figur 44- Samtliga deltagares uppmätta temperaturökning som funktion av tiden i punkt T12, rum 3.

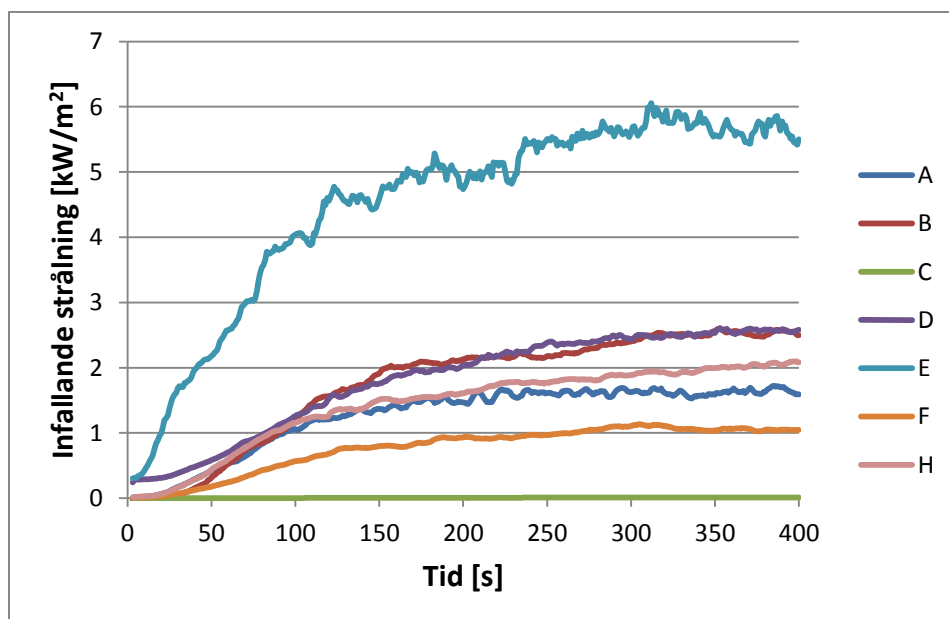
C3. Strålning

Nedan redovisas kompletterande resultat för strålningsmätningarna i simuleringsuppgiften som inte tidigare har presenterats. För respektive mätpunkt presenteras hur den infallande strålningen varierar med tiden för respektive deltagare. Då deltagare G avviker från övriga och försvårar jämförelsen presenteras en motsvarande graf utan G:s resultat. Observera att flera olika mätfunktioner och indata för strålningen användes. I figur 45 presenteras hur den infallande strålningen varierar med tiden i mittpunkten av taket i rum 1 för samtliga deltagare.



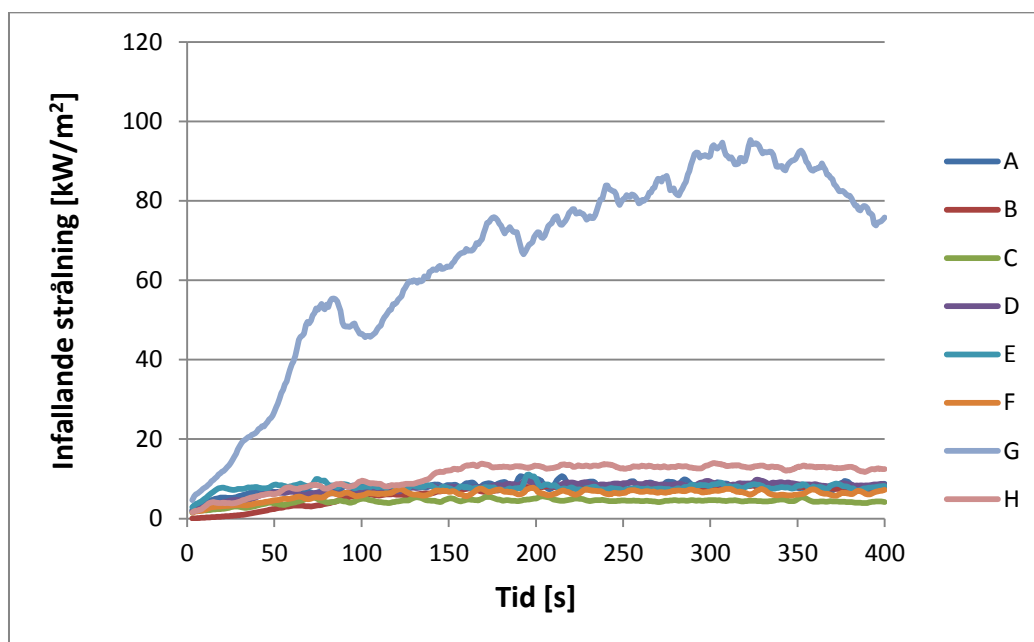
Figur 45 – Samtliga deltagares uppmätta infallande strålning som funktion av tiden i punkt T1, rum 1.

I figur 46 presenteras hur den infallande strålningen varierar med tiden i mittpunkten av taket i rum 1 för alla deltagare utom G. Deltagare C använde fel mätriktning på mätinstrumentet och erhöll därför en avsevärt lägre strålning.



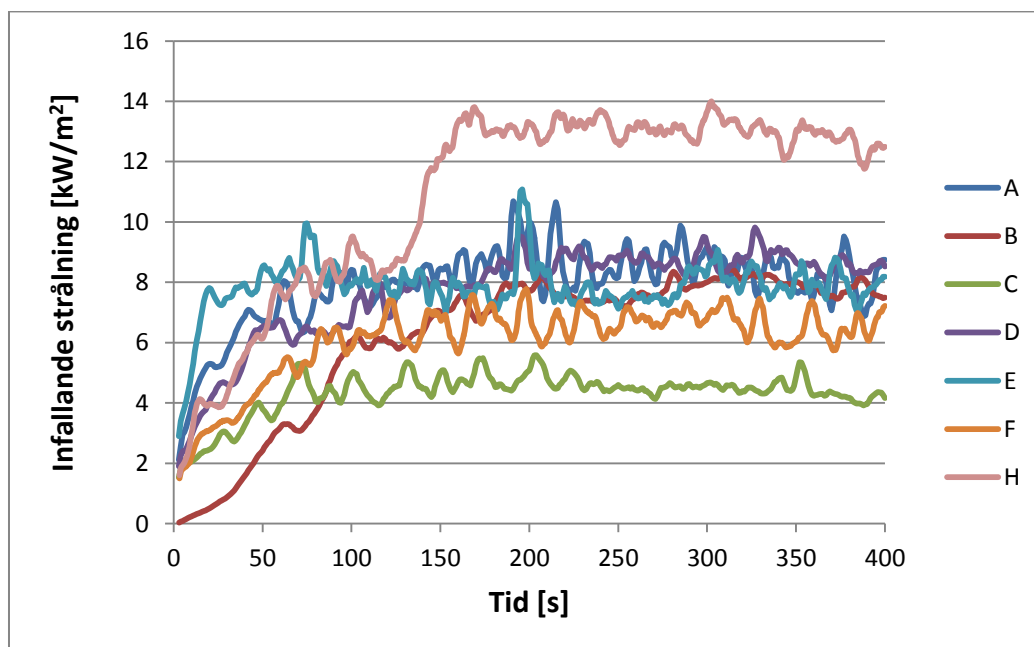
Figur 46 – Uppmätt infallande strålning som funktion av tiden i punkt T1, rum 1 för samtliga utom deltagare G.

I figur 47 presenteras hur den infallande strålningen varierar med tiden i mittpunkten av golvet i rum 2 för samtliga deltagare.



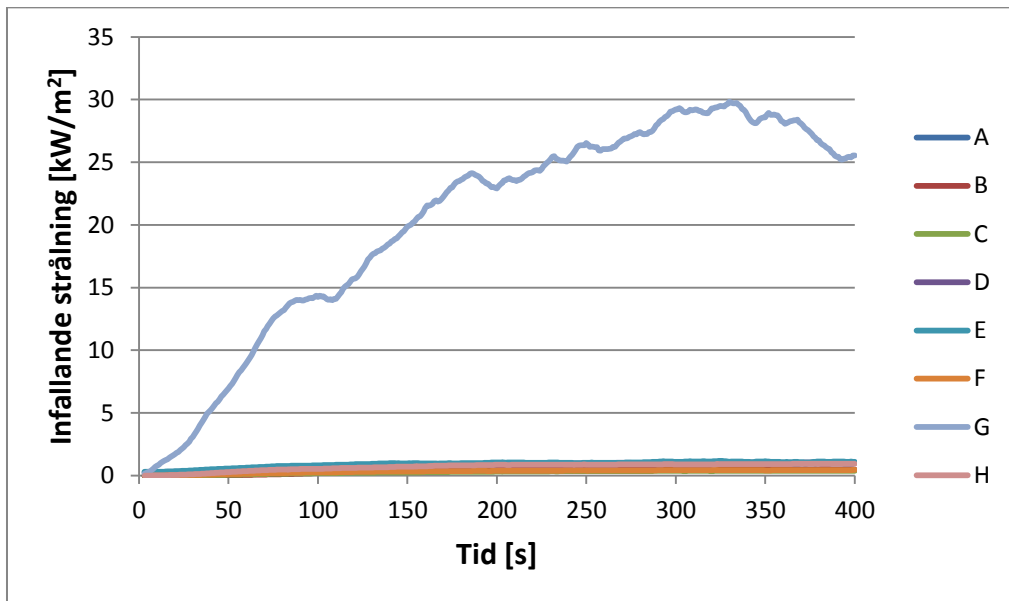
Figur 47 - Uppmätt infallande strålning som funktion av tiden i punkt G2 för samtliga deltagare.

I figur 48 presenteras hur den infallande strålningen varierar med tiden i mittpunkten av golvet i rum 2 för samtliga deltagare utom G.



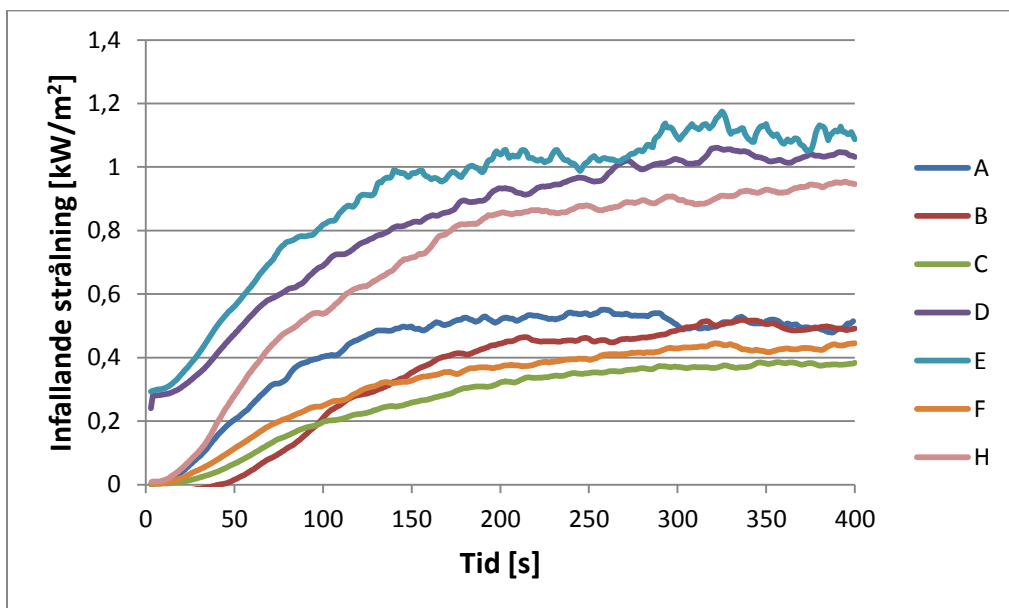
Figur 48 - Uppmätt infallande strålning som funktion av tiden i punkt G2 för samtliga utom deltagare G.

I figur 49 presenteras hur den infallande strålningen varierar med tiden i mittpunkten av golvet i rum 3 för samtliga deltagare.



Figur 49 - Infallande strålning i punkt G3 för samtliga deltagare.

I figur 50 presenteras hur den infallande strålningen varierar med tiden i mittpunkten av golvet i rum 3 för samtliga deltagare utom G.



Figur 50- Infallande strålning i punkt G3 för alla deltagare utom G.

Bilaga D - Enkätundersökning

I denna bilaga presenteras frågor och svar till den uppföljande enkäten. Fråga 1-3 och 10- 26 besvaras av de åtta deltagarna i studien, medan fråga 4-9 även besvaras av ytterligare tre brandskyddskonsulter. Samtliga fritextsvar är identiska med originalet, men i de fall då svaret identifierar deltagare/företag stryks texten över. Ordningföljden på deltagarnas fritextsvar är även slumpmässigt omblandade.

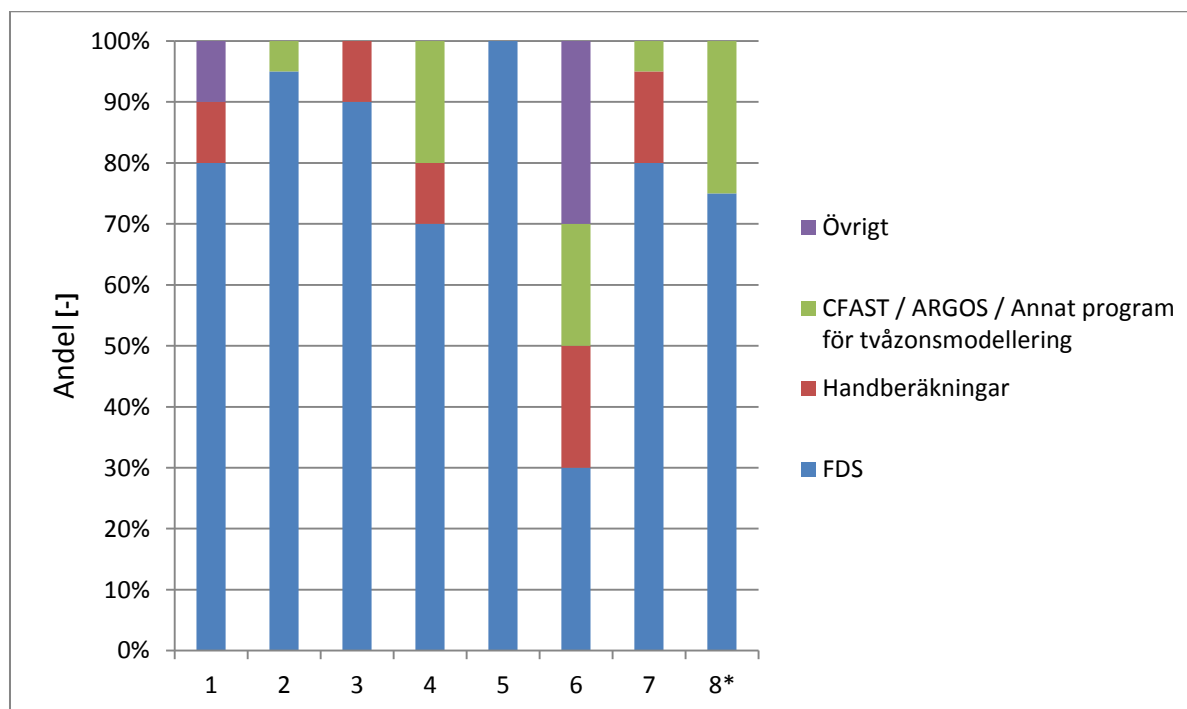
D1. Om företaget och FDS

1. a) Markera de/det beräkningssätt som används för brandgasfyllnadsberäkningar på företaget. (Flera svarsalternativ möjliga)

Svarsalternativ	Antal svar
FDS	8
CFAST / ARGOS / Annat program för tvåzonsmodellering	6
Handberäkningar	6
Övrigt	1

1. b) Uppskatta hur ofta (sett till antal projekt, inte antal timmar) de markerade alternativen i 1 a) används i förhållande till varandra. (Ange en procentsats för respektive alternativ med hela tiotal. Summera till 100 %.)

Deltagaren som har markerats med 8* angav att handberäkningar även används 100 %.
Siffernumreringen av deltagarna är slumpmässig och används endast för att namnge dem.



2. Uppskattningsvis hur stor andel av företagets uppdrag som involverar brandteknisk projektering inkluderar FDS?

Svarsalternativ	Antal svar
< 5 %	2
5-10 %	5
10-15 %	1
15-20 %	0
20-25 %	0
> 25 %	0

3. Kryssa för de parametrar som företaget vanligtvis använder FDS till för att studera. (Flera svarsalternativ möjliga)

Svarsalternativ	Antal svar
Strålning	4
Temperatur	8
Brandgaslagrets höjd	6
Sikt	8
Toxicitet	2
Detektion	4
Aktivering av släcksystem	1
Sotdensitet	5
Gashastighet	4
Övrigt	1

D2. Kvalitetssäkring för FDS-simuleringar

4. Genomförs kvalitetssäkring för alla företagets FDS-simuleringar?

Ja	Nej
9	2

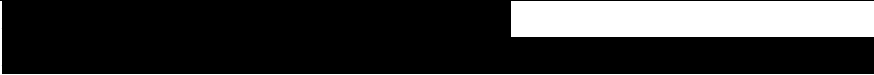
5. a) Har företaget några uttalade riktlinjer/rutiner för hur kvalitetssäkring av FDS-simuleringar ska genomföras?

Ja	Nej
9	2

Valfri kommentar

Det finns inga uttalade rutiner, men vi som använder det och granskar varandra gör det kontinuerligt under uppbyggnaden med mera genom diskussion kring scenarier, hur det ska modelleras med mera. Ofta utgår vi ifrån de förslag på riktlinjer som BRIAB gett ut som "best practice"

5.b) Om ja, hur ser dessa rutiner/riktlinjer ut?

Checklista för egenkontroll som till stora delar följer exempel på kvalitetsgranskning enligt BIV:s riktlinjer för CFD beräkningar.
Muntliga (vi är få som använder fds på firman)
Företagets vanliga kvalitetssystem. I möjligaste mån följa rekommendationer i BIV-CFD Stöd för tillämpning
Lite beroende på omfattning och hur avancerat, men generellt tre nivåer: Nivå 1 Egenkontroll, Nivå 2 Internkontroll och Nivå 3 Fristående kontroll.
Kvalitetssäkringsdokument för analytisk dimensionering.
Oberoende konsult med särskilda konskaper oftast placerad på annan ort granskar data innan och efter beräkningen. PRocessen följer BIV:s stöd för tillämpning av CFD
Punktlista som grundar sig på BIV:s vägledning för CFD
Checklista
 vägledning kring CFD-analyser vid utrymning. utöver denna vägledningen finns även interna checklistor. Dock är dessa kontroller anpassade dels utifrån beräkningstekniska aspekter men främst utifrån projekterande aspekter och legala perspektiv. Den uppgift vi gjort är dock helt skilt från en projekterande uppgift.

5. c) Om nej, skulle du vilja att det fanns tydliga regler för detta inom företaget?

Ja	Nej
1	1

6. Skulle du föredra att alla användare som utför beräkningar med FDS i Sverige har samma regler för kvalitetssäkring?

Ja	Nej	Osäker
3	4	4

Varför/ varför inte?

Motiveringar till svaret nej
Orimligt att ha exakt samma kvalitetsgranskning. Behovet av kvalitetsgranskning skiljer sig tom åt mellan olika projekt, hur skulle det då vara möjligt att ta fram riktlinjer för olika personer/företag.
BBRAD har begränsat användningsområdet för CFD enormt. Tanken är jättrebra men när dokument blir indirekt bindande försvinner mycket av ingenjörskonsten. Tror att ytterligare regler skulle göra att programmet brukas mindre.
Det finns så många specialfall och enskilda förutsättningar att det kommer bli svårt. Försöker man anpassa sådana riktlinjer att vara generella ger de inte så mycket, och om man gör massa specialfall så kommer det bli sjukt detaljerat och svårt att anpassa efter de enskilda förutsättningarna. Jag tycker det är bättre att personer som kan FDS och jobbar med det får tänka lite fritt gällande det.
Utvecklingen förs framåt av att man gör olika och diskuterar med varandra. Om alla gör lika hämmas utvecklingen.
Utvecklingen förs framåt av att man gör olika och diskuterar med varandra. Om alla gör lika hämmas utvecklingen.

Motiveringar till svaret ja
Ökad transparens och färre misstag om reglerna håller rätt nivå
Öka kvalitén.
Tydlighet och transparens.

Motiveringar till svaret osäker
Tror det är svårt att ta fram regler som är såpass generella att de fungerar på samtliga företag samtidigt som de är tillräckligt tydliga och styrande så att de fyller sin funktion.
Bra med riktlinjer om vad som bör kvalitetssäkras. Risken är dock att det begränsar arbetet om det blir för styrande.
Svårt för de mindre företagen som kanske bara har en eller ett par som kan FDS. Svårt att få granskning i mindre kommuner. I storstäderna och de stora kontoren är det sannolikt lättare.

7. a) Brukar er kvalitetssäkring av FDS-simuleringar efterfrågas vid kontroller av andra aktörer?

Ja	Nej
1	10

7. b) Om ja, av vilka aktörer?

Vissa beställarorganisationer med höga krav på sig gällande redovisning och spårbarhet. (anläggningar med tex radioaktivt material)

Ingen kräver det specifikt, men vårt kvalitetsledningssystem anger att allting ska kvalitetsgranskas, vilket också görs. Därför kanske det finns underförstått av kunderna att dom vet att det blir granskat och att dom inte behöver efterfråga det.

8. Beskriv övergripande de steg en kvalitetssäkring av FDS-simuleringar genomgår på företaget. (Observera att tabellen fortsätter på nästa sida)

Gemensam genomgång av indata-filen med projektör och granskare. Löpande samråd mellan granskare och projektör under arbetets gång. Slutgranskning av rapport samt slutligen eventuell revidering av rapport.

Tillräckligt dokumenterad
Redovisning av beräkningsmodell
beräkningsmodell giltig
dimensionerande brand korrekt vald
dimensionerande förutsättningar korrekt valda
dimensioneringskriterier uppfyllda
känslighetsanalys utförd

Många och mycket utefter BBRAD samt tillämpbara "handböcker" och guidelines

Löpande diskussion under framtagandet av scenario.
Löpande diskussion gällande hur modelleringen ska göras.

Genomläsning av den färdiga rapporten med resultatet.
Snabbare genomgång av indatafilen (i Pyrosim) där man kollar igenom vilka förenklingar som gjorts, och hur olika saker modellerats.
Genomgång av de slutsatser som dragits utifrån resultatet.

Granskning sker oftast i slutet av projektet men vid större projekt sker granskning av geometrier och indata tidigare för att ett fel inte ska resultera i för mycket merarbete.
Granskning görs/ska göras av ritningsunderlag, indata-fil (ofta importerar FDS.fil i pyrosim för att enkelt se struktur) samt rapport.

Kontroll av relevanta parametrar innan simulering.
Kontroll av relevanta parametrar efter simulering.
Kontroll av upprättad rapport över beräkningarna och slutsatser.

Samma som anges i BIV:S stöd för tillämpning

<p>Internkontroll av annan konsult samt egenkontroll av handläggare av indata innan simulering.</p> <p>Internkontroll av annan konsult samt egenkontroll av handläggare av utdata efter simulering.</p> <p>Vanligtvis brukar cellstorlek (D^*/dx, MTR, ev. ytterligare körningar), Q^*, flöden, temperaturer mm att kontrolleras. Även val av materialegenskaper, brandens egenskaper, aktiva system mm kontrolleras. Förenklingar i modellen diskuteras.</p>
<p>vägledning på http://www.briab.se/download</p>
<p>Förutsättningar för analys, dimensionerande scenarier etc- Startmöte Avstämning modellantaganden- kontinuerligt när modell byggs Gemensam kontroll av resultat- efter första körningar Internkontroll rapport –Färdigställande</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Genomgång av valda scenarier (rätt dimensionerande brand? brandplacering? etc) - Kontroll av indata och avgränsningar/förenklingar (lämpliga?) - Kontroll av indatafil (inga fel i koden eller saker som saknas i indatafilen och där defaultvärdet blir felaktigt?) - Kontroll av gridstorlek (Q^*/dx etc) - Kontroll av resultatfil (ingen turbulens i gridgräns, förbränning på fel ställe eller andra felkällor) - Kontroll av rapport
<p>Vid större simuleringar och simuleringar som rör personsäkerhet granskas input-filen innan simulering. Färdigställd rapport granskas, dock inte alltid av en FDS-användare.</p>

9. a) Välj de/det alternativ som används för att kontrollera genomförda FDS-simuleringar på företaget.

Svarsalternativ	Antal svar
Handberäkningar	6
Kontroll av annan konsult inom företaget	11
Jämförelse med annat simuleringsprogram	3
Jämförelse med liknande experiment/kända förutsättningar	4
Kontroll av tredje part	4
Flera simuleringar i samma program	8
Rimlighetskontroll baserat på egen erfarenhet	10
Ingen kontroll sker	0
Övrigt	0

9. b) Rangordna de markerade alternativen i 9 a) efter hur ofta de utförs i förhållande till varandra. (Börja med att ange det som utförs oftast)

<p>Rimlighetskontroll är genomsyrande i alla projekt. Dock ska det understrykas att iom BBRAD så blir inte målet med en simulering att reflektera verkligheten utan endast den BBRAD-verklighet som blivit norm. Rimlighetkontroll görs av den anledning mot tidigare projekt o simuleringar men inte på samma vis mot om branden representerar verkligheten.</p> <p>Handberäkningar görs alltid men endast för att kontrollera meshen. Kontroll av annan konsult sker så gott som alltid Känslighetsanalys görs ofta genom flera simuleringar. Kontroll av tredjepart sker på begäran.</p>
<p>Samtliga tre alternativ (kontroll av annan konsult inom företaget, flera simuleringar i samma program, rimlighetskontroll baserat på egen erfarenhet) används vid varje genomförd simulering.</p>
<p>annan konsult rimlighet baserat på erfarenhet flera simuleringar handberäkningar</p>
<p>Kontroll av annan konsult inom företaget Flera simuleringar i samma program Jämförelse med annat simuleringsprogram Handberäkningar</p>
<p>Rimlighetskontroll Flera simuleringar i samma program Kontroll av annan konsult Jämförelse liknande</p>
<p>Flera simuleringar i samma program Rimlighetskontroll baserat på egen erfarenhet Kontroll av annan konsult Handberäkningar Jämförelse med annat simuleringsprogram Kontroll av tredje part</p>
<p>Rimlighetskontroll (görs alltid) Kontroll av annan konsult (görs alltid) Kontroll av tredje part</p>
<p>helt beroende på syftet med analysen. Dock sker alltid en kontroll via Handberäkningar, Kontroll av annan konsult inom företaget, Flera simuleringar i samma program, Rimlighetskontroll baserat på egen erfarenhet. Vi ha standardiserade processer för dels handläggarkontroll (dvs den konsult som knappar kod) kontrollerar systematiskt indatafiler och utdatafiler. Utöver detta sker alltid en intern systematisk kontroll av annan konsult inom företaget. Detta sker dels under uppstart, innan simulering och kontroll av utdata och resultat</p>

10. Vilken kvalitet bedömer du att FDS-simuleringar generellt sett håller i branschen?

Svarsalternativ	Antal svar
1 (Mycket låg)	0
2	0
3	1
4	3
5	3
6	1
7 (Mycket hög)	0

11. Hur mycket tror du generellt sett att användarens kunskap om FDS påverkar resultatet av en simulering?

Svarsalternativ	Antal svar
1 (Väldigt lite)	0
2	0
3	0
4	0
5	3
6	1
7 (Väldigt mycket)	4

12. Hur mycket tror du generellt sett att användarens kunskap om bränder och brandförlopp påverkar resultatet av en FDS-simulering?

Svarsalternativ	Antal svar
1 (Väldigt lite)	0
2	0
3	2
4	0
5	2
6	1
7 (Väldigt mycket)	3

D3. Information om deltagarna

13. Vilket år är du född?

Årtal
1984
1984
1987
1988
1985
1977
1979
1988

14. Hur länge har du arbetat som brandskyddskonsult? (Anges i antal år)

De deltagare som angav tiden i halva år har avrundats uppåt till närmsta heltal.

Antal år
3
2
<1
2
4
11
8
7

15. Ange det alternativ som passar bäst in på din utbildning.

Utbildning	Antal svar
Brandingenjör & civilingenjör i riskhantering	6
Brandingenjör	2
Brandingenjör & civilingenjör i brandteknik	0
Civilingenjör i riskhantering (men annan bakgrund än brandingenjör)	0
Annan högskole-/universitetsutbildning	0
Annan utbildning	0

16. Uppskattningsvis hur lång erfarenhet har du av arbete med FDS? (Anges i antal år)

De deltagare som angav tiden i halva år har avrundats uppåt till närmsta heltal.

Antal år
3
2
<1
4
6
11
10
7

17. Uppskattningsvis hur många uppdrag som har innefattat FDS-simuleringar (där du har simulerat) har du deltagit i totalt sett?

Svarsalternativ	Antal svar
< 10 st	0
10-15 st	2
15-20 st	1
20-25 st	0
25-30 st	1
> 30 st	4

18. Hur har du erhållit dina kunskaper om CFD-modeller? (Flera svarsalternativ möjliga)

Svarsalternativ	Antal svar
Sjävlärd	8
CFD-kurs på Brandteknik, LTH	7
Intern utbildning på företaget	5
Annan CFD-kurs	1
Övrigt*	3

*BIV möte/kurs, konferens, examensarbete SP nämndes under övrigt.

19. Vilken kunskapsnivå bedömer du dig ha om FDS?

Svarsalternativ	Antal svar
1 (Mycket låg)	0
2	0
3	0
4	0
5	8
6	0
7 (Mycket hög)	0

20. Vilken kunskapsnivå om FDS tror du dig ha i förhållande till andra brandingenjörer som arbetar med programmet?

Svarsalternativ	Antal svar
1 (Mycket lägre)	0
2	0
3	0
4	4
5	3
6	1
7 (Mycket högre)	0

21. Vilken kunskap om begränsningarna med FDS bedömer du dig ha?

Svarsalternativ	Antal svar
1 (Mycket liten)	0
2	0
3	0
4	0
5	6
6	2
7 (Mycket stor)	0

22. Hur håller du dig uppdaterad om utvecklingen inom FDS?

(Flera svarsalternativ möjliga)

Svarsalternativ	Antal svar
Läser artiklar	5
Går på konferenser/seminarier	7
Läser om utförda studier (t ex valideringsstudier)	7
Läser och diskuterar på forum	8
Övrigt*	3

* Diskussioner med vänner och kollegor, medverkan i framtagande av rekommendationer, utvecklande av tekniska vägledning samt håller föreläsningar och skriver om ämnet.

D4. Om simuleringsuppgiften

23. a) Kände du igen scenariot i simuleringsuppgiften?

Ja	Nej
3	5

23. b) Om ja, från vad?

Ett av husen på Revinge
Revinge
Utbildning i Lund

24. a) Upplevde du att uppgiften skilde sig mycket från det vardagliga arbetssättet med brandsimuleringar i FDS?

Ja	Nej
8	0

24 b) Om ja, på vilket sätt? (Observera att tabellen fortsätter på nästa sida)

Ej BBRAD-styrt. Mindre objekt. Strålning mättes. Ej lika prioriterat, dvs. lika mycket tid lades inte ned som på FDS-simuleringar i skarpa projekt.
Uppgifter om vindförhållanden, luftfuktighet samt annan begynnelsestemperatur än 20°C stöter man sällan på. Massavbrinningshastighet är ovanligt att använda. Använder aldrig FDS för att mäta strålningsnivåer.
Ingen uppgift som vi gör dagligdags inom "branschen". Vi är ett projekterande företag och uppgiften handlar om validering av ett försök. Helt skilda frågeställningar.
Om du ska mäta användarosäkerheter bör uppgiften spegla det vi arbetar med.
Uppgiften va framtagen ur forskningssyfte och inte utrymningssäkerhet. Ej skalenligt underlag försvårade uppbyggnad av geometrin. Mycket data med mätpunkter. Brukar istället förlita oss på slice-files. Hänsyn till utomhus-temp va nytt för min del.

Vind brukar vi inte ha med även om det inte va helt nytt för min del.
Bränslet brukar anges i kW och inte avbrinning av bränsle

Detta var ju ett klassiskt experimentförsök som skulle återskapas. Mycket som skiljde sig och en del funktioner som jag inte vanligtvis använder vid simuleringar.

Ex:

- Geometrin liknar ju inget normalt.
- Storleken på byggnad (liten)
- Detaljerat i många avseenden, kanske framförallt avstånd och storlek på celler.
- HRR utifrån en uppmätt massavbrinning, aldrig använt innan.
- Ramp-funktionen har jag endast använt nån enstaka gång förut.
- Utdata i form av termoträd använder jag heller aldrig, med undantag för att mäta temperatur i branden som säkerhetskoll.
- Använder oftast Slice-files eller plot3D
- Specifika omgivningsförhållanden som utomhustemperaturer och vindhastighet används jag inte. Kan inte spå framtiden.
- Sällan jag använder specifika mtrl på väggar och golv. Brukar ha adiabatisk för att erhålla konservativa resultat.*

Utgår inte från vanliga dimensionerande standardbränder.

Material i väggar etc kan ofta förenklas mer beroende vad man tittar på.

- I brandprojektering förenklas alltid problemen. Detta görs genom att göra konservativa antaganden. Det kan man inte göra på samma sätt om man ska försöka efterlikna ett experiment så långt som möjligt.

- FDS är inte en CFD-modell utformat för vindpåverkan på byggnader och det ställer därför alltid till stora utmaningar att försöka få med den påverkan i modellen. Det är första gången någonsin jag försökt mig på att simulera vind snett mot byggnaden.

- Jag skulle inte välja att beräkna strålning med FDS eftersom den submodellen är så oerhört förenklad. Jag skulle föredra att göra det med handberäkningar där jag hade bättre överblick över förenklingarna (t ex av flammans höjd)

Mängden känd data sedan innan.

* Deltagaren använde dock inte adiabatiska ytor utan missförstod innebörden av det.

25. a) Tyckte du att något speciellt i uppgiften var extra svårt?

Ja	Nej
6	2

25. b) Om ja, vad? (Observera att tabellen fortsätter på nästa sida)

Ej skalenligt underlag försvårade uppbyggnad av geometrin.
Hänsyn till utomhus-temp
(Inget va det va dock särskilt svårt)

Strålningsnivåer, använda rätt mätinstrument samt komma fram till antalet strålningsvinklar.
Ja, bristen på tid och resurser för att säkerställa den kvalitén vi brukar kräva på våra leveranser.
Finns olika sätt att ta hänsyn till vindpåverkan, anpassning till angiven vindriktning mm.
Vinden
Vissa saker kunde jag ej sedan innan och jag la inte heller tid på att sätta mig in i det, varför jag antingen förenklade eller bortsåg från just den punkten. Detta berörde vindriktning 340 grader, sotiga väggar från start samt simulering av pölbrand.

26. Vilket av de antaganden som du gjorde i uppgiften tror du påverkar simuleringsresultatet mest?

Avläsning av avbränningshastighet från diagram
Följande förenklingar har vi gjort med hänsyn till begränsningar i tid och resurser: cellstorlek och med detta aktuell geometri Modellering av branden (förenkling i massavbrinning etc) antal strålningsvinklar gridindelning sett till rådande tidsbrist Antagna värden på termoelement Exkludering av vind pga av tidsbrist materialdata och uppbyggnad av väggar, tak och golv återstrålning till brandrummet
Sättet att simulera vindpåverkan.
Antaganden rörande effektutveckling på branden. Jag har inte skapat en riktig pölbrand där effekten är beroende av återstrålning mm utan kört på HRRPUA och rampat branden.
Om du menar de förenklingar jag gjorde så är det sannolikt att jag utelämnade vinden.
Att definiera branden efter massavbrinningen
Sikt: soot_yield Temperatur: att använda en förenklad tryckbild kring byggnaden för att generera "vind"flödet genom byggnaden istället för att simulera vinden som en velocity (det senare skulle ge betydligt större flöde genom byggnaden) Strålning: temperaturen hos den strålade ytan (defaultvärdet 900C användes) Hastighet: att använda en förenklad tryckbild kring byggnaden för att generera "vind"flödet genom byggnaden
Mesh-storlek, antalet strålningsvinklar samt adiabatiska ytor.

D5. Övriga kommentarer/synpunkter

Är det någonting annat du vill kommentera eller ge dina synpunkter på?

Misstänker att det kan skilja en hel del mellan konsulter som är vana att arbeta med BBRAD jämfört med andra CFD-användare som är vana vid försöka efterlikna verkligheten i mer detalj.

Intressant ämne!

Frågan: Vilken kvalitet bedömer du att FDS-simuleringar generellt sett håller i branschen? Jag har ingen aning, jag har inte sett alls många riktiga simuleringar utanför vårt företag med undantag från utbildningen.

Uppgiften tog väldigt mycket tid i anspråk och för att göra den bra behövs ytterligare tid för att validera resultatet. Levererat resultat är inget vi kunnat leverera till en kund

Eftersom vi skulle använda version 5.5.3 fick jag göra en kompromiss med gridstorleken. Jag hade valt att använda 5 cm istället för 10 cm om jag kunnat använda våra beräkningsserverar (där vi nu har FDS 6)

Är det någonting annat som du tycker borde ha tagits upp i enkäten?

Om man använder sig av BIV:s "Best Practice" när man simulerar. Tror att många har svårt att leva upp till antalet celler som blir följden av att simulera enligt denna, hade varit intressant att veta hur folk förhåller sig till det. Samt hur/om man kontrollerar några av de dimensionslösa tal, tex Q prick stjärna, D^*/dx , D^*/H m.m. och hur man förhåller sig till när man hamnar utanför de områden som FDS är validerade för.

En diskussion rörande val av cellstorlek och meshindelning är alltid intressant. Även en diskussion om val av utdata för strålning.

Att du borde frågat om varför vi gjort antaganden och förenklingar. I många fall finns det resonemang bakom varför vi gjort som vi gjort, utifrån den kunskap vi har.

